

# MANUALE D'USO

Dicembre 2024





# INDICE

PRESENTAZIONE.....	1
AIUTO CONTESTUALE.....	3
VIDEO E GUIDA DI APPRENDIMENTO .....	4
AGGIORNAMENTO AUTOMATICO DI MODEST.....	4
<b>CONCETTI GENERALI.....</b>	<b>4</b>
IL PROGETTO E LE STRUTTURE.....	4
<b>GESTIONE DEI PROGETTI, STRUTTURE E FILE.....</b>	<b>5</b>
PROGETTO .....	5
STRUTTURE.....	5
ALTRI DISEGNI E FILE .....	6
<b>ORGANIZZAZIONE DEI DATI .....</b>	<b>6</b>
I PROGETTI .....	6
I DATI DEI PROGETTI .....	6
I DATI DELLE STRUTTURE.....	7
I DISEGNI DI LIBRERIA .....	7
<b>INTERFACCIA UTENTE.....</b>	<b>8</b>
INTERFACCIA GRAFICA.....	8
ALBERO DEL PROGETTO .....	9
STRUMENTI DI VISUALIZZAZIONE.....	10
MINI BARRA DEGLI STRUMENTI .....	10
STRUMENTI PERSONALIZZABILI.....	10
LINEA DI COMANDO .....	11
TIPI DI FINESTRE.....	11
<b>USO DEL PROGRAMMA .....</b>	<b>12</b>
COMANDI GRAFICI GENERICI.....	12
MENU A COMPARSA .....	12
ANNULLA - RIPRISTINA .....	12
TASTI DI SCELTA RAPIDA .....	12
TASTI FUNZIONE .....	13
STAMPA .....	14
USO DA LINEA DI COMANDO.....	14
Esecuzione dei comandi.....	14
Interruzione comandi.....	14
Struttura gerarchica e ambiente dei comandi.....	15
Richieste dati .....	15
Modificatori.....	15
Ambiente .....	16
Sottocomandi.....	17
Ridefinizione dei comandi tramite macro.....	17
Sintassi .....	17
PERSONALIZZAZIONE DEL PROGRAMMA .....	18
Opzioni .....	18

Aspetto grafico dei testi.....	18
Schemi di colore.....	18
Schemi di colore per diagrammi .....	24
Definizione dei layer CAD .....	25
<b>MODELLAZIONE STRUTTURA.....</b>	<b>26</b>
<b>FILOSOFIA DI BASE .....</b>	<b>26</b>
Introduzione.....	26
Finestre di modellazione.....	27
Visualizzazione struttura .....	27
Distanza fra due nodi/punti .....	28
Fattori di scala .....	28
Proprietà correnti/elementi selezionati.....	29
Selezioni .....	29
Gruppi .....	31
Griglia.....	32
Snap .....	32
Coordinate relative .....	32
Archivi dati .....	33
<b>SISTEMI DI RIFERIMENTO E CONVENZIONI .....</b>	<b>33</b>
Unità di misura.....	33
Convenzioni sui segni.....	33
Sistema di riferimento attivo.....	34
Sistema di riferimento globale .....	34
Sistema di riferimento utente.....	35
Sistemi di riferimento locali .....	35
<b>USO DI UN DISEGNO ARCHITETTONICO PER L'INSERIMENTO DATI .....</b>	<b>37</b>
Trasformazione file DXF/DWG in lucido.....	37
Trasformazione file IFC in lucido.....	38
Visualizzazione di un lucido .....	39
<b>DEFINIZIONE DELLE PROPRIETÀ .....</b>	<b>40</b>
Definire le proprietà di un elemento .....	40
Materiali.....	40
Impalcati.....	40
Vincoli nodi.....	41
Vincoli aste.....	41
Sezioni aste.....	41
Parametri aste .....	42
Tipi muri/bidimensionali .....	43
Tipi plinti/pali.....	43
Tipi solai.....	43
Tipi tamponature.....	44
Tipi reticolari .....	44
Tipi link .....	45
Esposizioni al fuoco .....	45
Isolanti al fuoco.....	45
Unità geotecniche .....	46
Colonne stratigrafiche.....	47
Prove geotecniche.....	47
<b>INSERIMENTO DEGLI ELEMENTI .....</b>	<b>48</b>
Nodi .....	48
Aste.....	49

Muri.....	50
Elementi bidimensionali .....	51
Plinti/Pali.....	52
Solai.....	53
Tamponature .....	53
Reticolari in acciaio.....	54
Link su linea.....	55
Link su nodi.....	55
Integratori .....	56
<b>MODIFICA DEGLI ELEMENTI.....</b>	<b>57</b>
Modifica delle proprietà .....	57
Eliminazione.....	58
Copia e Incolla proprietà .....	58
Copia .....	59
Sposta .....	59
Estrudi.....	59
Specchia .....	60
Spezza aste e muri.....	60
Unifica le aste .....	61
Mesh muri/elementi bidimensionali.....	61
Unifica gli elementi bidimensionali .....	62
Sostituisci nodo .....	62
Generazione.....	63
Filo fisso e scostamento dal filo fisso.....	64
Rotazione aste .....	66
Strumenti .....	66
<b>NUMERAZIONE DEGLI ELEMENTI .....</b>	<b>71</b>
Numerazione automatica e manuale .....	71
<b>INFORMAZIONI SUGLI ELEMENTI.....</b>	<b>73</b>
Introduzione.....	73
Volumi e superfici .....	74
Tabellari .....	74
Tabelle proprietà degli elementi.....	74
Tabelle nodi ed elementi .....	75
Grafiche .....	75
Visualizzazione nodi.....	75
Visualizzazione aste.....	76
Visualizzazione muri/elementi bidimensionali .....	76
Visualizzazione plinti/pali .....	77
Visualizzazione solai .....	77
Visualizzazione tamponature .....	77
Visualizzazione nuclei.....	78
Visualizzazione reticolari.....	78
Visualizzazione collegamenti .....	78
Visualizzazione colonna stratigrafica.....	78
Visualizzazione link.....	79
Visualizzazione integratori .....	79
<b>APPROFONDIMENTI E NOTE .....</b>	<b>79</b>
Modellazione struttura .....	79
Impalcati e piani rigidi .....	79
Aste con sezione fittizia .....	80

Asta virtuale.....	80
Differenza fra muri ed elementi bidimensionali .....	81
Note sulla mesh degli elementi bidimensionali .....	81
Nuclei.....	82
Definizione nuclei .....	82
Note sui nuclei .....	83
Note sui vincoli di tipo plinto .....	83
Schemi strutturali .....	84
Piani rigidi e tetti inclinati.....	84
Coperture prefabbricate.....	84
Nodi - vincoli e fondazioni .....	85
Aste - connessione e posizione .....	85
Fondazioni su plinti.....	86
<b>CARICHI.....</b>	<b>87</b>
GESTIONE DEI CARICHI .....	87
CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI.....	87
CARICHI AUTOMATICI .....	88
CARICHI MANUALI .....	90
CARICHI NODALI DA FILE .....	91
RIPARTIZIONE DEI CARICHI DA SOLAI .....	93
RIPARTIZIONE DEI CARICHI DA TAMPONATURE.....	94
ANALISI DEI CARICHI DA NEVE E VENTO .....	96
INFORMAZIONI NUMERICHE DEI CARICHI .....	96
DIAGRAMMI O MAPPE DEI CARICHI .....	98
<b>CONTROLLO STRUTTURA .....</b>	<b>98</b>
CONTROLLO CONGRUENZA DATI.....	98
<b>CALCOLO STRUTTURA .....</b>	<b>99</b>
INTRODUZIONE .....	99
PARAMETRI GENERALI DEL CALCOLO.....	100
DATI STRUTTURA.....	102
DATI DI PIANO .....	104
DATI DI CALCOLO .....	104
AMBIENTI.....	108
COMBINAZIONI .....	109
OPZIONI PUSHOVER .....	111
OPZIONI GENERALI.....	111
OPZIONI SOLUTORE.....	113
ANALISI PUSHOVER .....	116
Generalità sul metodo pushover.....	116
Strutture in c.a. e acciaio .....	117
Concetti generali.....	117
Suggerimenti per la modellazione della struttura .....	117
Metodo a plasticità diffusa .....	118
Modellazione della struttura.....	118
Ricerca stati limite .....	119
Metodo a plasticità concentrata .....	121

Modellazione della struttura.....	121
Cerniere plastiche .....	121
Inserimento armature.....	122
Impostazione dei parametri di calcolo .....	122
Strutture in muratura.....	123
Modellazione della struttura.....	123
Generazione telaio equivalente .....	124
Differenze tra il telaio equivalente standard e avanzato.....	127
Modalità di calcolo e criteri di verifica .....	128
Consigli e suggerimenti .....	129
Strutture in muratura e c.a. e/o acciaio.....	130
Modalità di calcolo ed analisi dei risultati .....	130
<b>NOTE TECNICHE .....</b>	<b>131</b>
Cenni sul metodo degli elementi finiti .....	131
Analisi non lineari.....	131
Analisi P-Delta .....	132
Analisi di buckling .....	132
Tabelle delle storie di carico .....	133
Legame costitutivo Drucker-Prager.....	133
Schematizzazione piani rigidi .....	134
Schematizzazione muri.....	135
Schematizzazione link su linea.....	136
Zone rigide e offset dai nodi.....	137
Spettri di progetto ai sensi D.M. 17/01/18.....	137
Recupero masse secondarie .....	138
Generazione masse .....	139
Combinazione delle condizioni di carico .....	139
Trasferimento dati al solutore .....	141
Il metodo degli stati limite .....	141
<b>COMBINAZIONE RISULTATI DI DUE CALCOLI.....</b>	<b>142</b>
Introduzione.....	142
Esempi di combinazione di più calcoli.....	143
<b>ANALISI RISULTATI DEL CALCOLO.....</b>	<b>145</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>145</b>
<b>RISULTATI NUMERICI.....</b>	<b>145</b>
Tabelle risultati.....	145
Opzioni tabelle risultati del calcolo .....	147
<b>RISULTATI GRAFICI .....</b>	<b>147</b>
Sollecitazione e risultato corrente .....	147
Deformata della struttura.....	148
Mappe spostamenti relativi.....	148
Disegno reazioni vincolari .....	149
Mappe tensioni sul terreno.....	149
Mappe sovrappressioni sul terreno.....	150
Diagrammi o mappe sollecitazioni aste .....	150
Disegno masse e forze sismiche .....	150
Disegno trasferimento masse secondarie .....	151
Disegno curva carico-spostamento .....	151
Disegno labilità.....	151
Solai controventati.....	151
Mappe stato tensionale e sollecitazioni unitarie elementi bidimensionali.....	152

Pushover c.a. e acciaio .....	153
Pushover muratura .....	153
Mappa deformazione volumetrica plastica .....	154
Visualizzazioni animate dei risultati .....	154
<b>NOTE TECNICHE .....</b>	<b>154</b>
Sollecitazioni prive di segno .....	154
Valori nodali elementi bidimensionali .....	155
Piano di tensione .....	156
Tecniche di integrazione .....	156
Rigidezze teoriche .....	157
<b>PROGETTO E VERIFICA STRUTTURE IN C.A. ....</b>	<b>158</b>
<b>ARMATURA TEORICA .....</b>	<b>158</b>
Mappe armatura teorica aste .....	158
Mappe armatura teorica elementi bidimensionali .....	159
Mappe differenza fra momento e momento ultimo elementi bidimensionali .....	160
Mappe differenza fra taglio e taglio ultimo elementi bidimensionali .....	160
<b>INVILUPPI .....</b>	<b>161</b>
Definizione inviluppi .....	161
Colorazione inviluppi .....	162
<b>PROGETTAZIONE AUTOMATICA .....</b>	<b>162</b>
<b>PROGETTAZIONE INTERATTIVA .....</b>	<b>163</b>
<b>COPIA ED ASSEGNA PROGETTAZIONE .....</b>	<b>164</b>
<b>RIVERIFICA AUTOMATICA .....</b>	<b>164</b>
<b>MAPPE TASSI DI SFRUTTAMENTO .....</b>	<b>165</b>
<b>VERIFICHE A FESSURAZIONE .....</b>	<b>165</b>
<b>PROGETTAZIONE E MODIFICA INTERATTIVA ARMATURE .....</b>	<b>166</b>
Introduzione .....	166
Finestre di progettazione interattiva .....	166
Ms-Cad e progettazione interattiva .....	167
Posizionamento armature .....	167
Linee guida .....	168
<b>TRAVI .....</b>	<b>168</b>
Introduzione .....	168
Progettazione interattiva travi .....	169
Note tecniche .....	173
Denominazioni .....	173
Individuazione della travata .....	174
Individuazione delle campate .....	174
Punti di blocco .....	175
Punti di progetto .....	176
Copriferrì di calcolo e di disegno .....	176
Progetto armatura longitudinale .....	176
Calcolo e controllo tensioni tangenziali .....	177
Progetto armatura teorica a torsione .....	178
Progetto armatura teorica a taglio .....	179
Progettazione agli stati limite .....	179
Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18 .....	180
Fasi di progetto .....	182
Cordoli e solette rampanti .....	184



Criteri di progetto e disegno .....	184
Criteri generali di progetto e disegno armatura travi .....	184
Criteri di progetto armatura travi .....	189
<b>PILASTRI.....</b>	<b>201</b>
Introduzione.....	201
Progettazione interattiva pilastri.....	202
Note tecniche .....	203
Denominazioni .....	203
Individuazione della pilastrata.....	203
Individuazione dei pilastri .....	203
Punti di blocco .....	204
Punti di progetto .....	204
Progetto armatura teorica .....	204
Calcolo e controllo tensioni tangenziali.....	204
Presso-tenso flessione retta.....	204
Verifiche di stabilità .....	204
Armatura a taglio .....	205
Progettazione in gerarchia delle resistenze .....	206
Pilastri gettati in opera.....	207
Verifiche nodi trave-pilastro.....	207
Verifiche di duttilità .....	208
Pilastri prefabbricati.....	208
Progettazione dei muri/elementi bidimensionali come pilastri.....	208
Disegno pilastrate e tabelle pilastri .....	209
Strategie di progetto .....	209
Criteri di progetto e disegno .....	213
Criteri generali di progetto e disegno armatura pilastri .....	213
Criteri di progetto armatura pilastri .....	216
<b>PARETI.....</b>	<b>226</b>
Introduzione.....	226
Progettazione interattiva pareti .....	226
Note tecniche .....	227
Verifiche e sistemi di riferimento .....	227
Gestione aperture .....	229
Progettazione e verifica armature .....	229
Pareti con cassero a perdere (ISOTEX o simili) .....	231
Criteri di progetto .....	231
Criteri generali di progetto e disegno armatura pareti.....	231
Criteri di progetto armatura pareti.....	231
<b>NUCLEI .....</b>	<b>236</b>
Introduzione.....	236
Progettazione interattiva nuclei .....	237
Note tecniche .....	238
Progetto armature .....	238
Verifiche secondo il D.M. 17/01/18 .....	239
Verifiche a pressoflessione.....	240
Verifiche a taglio .....	240
Criteri di progetto e disegno .....	241
Criteri generali di progetto e disegno armatura nuclei.....	241
Criteri di progetto armatura nuclei.....	242
<b>SOLETTE/PLATEE .....</b>	<b>246</b>

Introduzione.....	246
Progettazione interattiva solette/platee .....	247
Note tecniche.....	250
Denominazioni .....	250
Individuazione della soletta/platea.....	250
Modalità di creazione disegni armatura.....	250
Progetto armatura teorica a flessione.....	250
Verifiche a taglio .....	250
Progetto armatura teorica a punzonamento.....	250
Progettazione automatica armature.....	251
Progettazione agli stati limite .....	252
Metodo di Wood.....	252
Criteri di progetto e disegno .....	252
Criteri generali di progetto e disegno armatura solette/platee .....	252
Criteri di progetto armature solette/platee.....	255
<b>PLINTI/PALI .....</b>	<b>260</b>
Introduzione.....	260
Progettazione interattiva plinti/pali .....	260
Note tecniche.....	262
Progettazione plinti indipendenti ai sensi D.M. 17/01/18 .....	262
Calcolo tensioni sul terreno.....	262
Plinti tozzi .....	262
Plinti snelli .....	263
Micropali.....	264
Criteri di progetto e disegno .....	264
Criteri generali di disegno armatura plinti/pali .....	264
Criteri di progetto armatura plinti/pali.....	265
<b>SOLAI .....</b>	<b>273</b>
Introduzione.....	273
Definizione schemi di calcolo dei solai .....	274
Archivi combinazioni ferri solai.....	274
Modifica armatura schema solaio .....	274
Progettazione interattiva solai.....	275
Note tecniche.....	276
Calcolo delle sollecitazioni .....	276
Limitazioni sugli schemi di calcolo dei solai .....	276
Progetto armature .....	276
Verifiche di deformabilità e fessurazione .....	280
Criteri di progetto e disegno .....	281
Criteri generali di disegno armatura solai .....	281
Criteri di progetto armatura solai .....	282
<b>SEZIONI .....</b>	<b>285</b>
Introduzione.....	285
Progettazione interattiva sezioni.....	286
Modalità di ricalcolo e verifiche .....	288
Gestione staffe .....	288
Note tecniche - Tensioni ammissibili.....	289
Verifiche effettuate .....	289
Circolare 65 del 10/4/97 .....	290
Verifiche a taglio .....	290
Note tecniche - Stati limite .....	291

D.M. 16/01/96 - Verifiche effettuate .....	291
Circolare 65 del Ministero dei LL.PP. del 10/4/97.....	293
Verifiche a presso-tenso flessione .....	293
Verifiche a taglio .....	295
Criteri di progetto e disegno .....	295
Criteri generali armatura sezioni in c.a. ....	295
Criteri di verifica armatura sezioni in c.a. ....	295
<b>DISTINTE FERRI .....</b>	<b>300</b>
<b>RINFORZI STRUTTURALI.....</b>	<b>300</b>
Introduzione.....	300
Note sul calcolo delle strutture rinforzate .....	300
Rinforzi dei nodi trave-pilastro .....	301
Rinforzi con FRP .....	303
Introduzione.....	303
Note tecniche sulle verifiche .....	303
Rinforzi con incamiciature in acciaio o CAM.....	305
Introduzione.....	305
Rinforzi con incamiciature in c.a.....	305
Introduzione.....	305
Note tecniche sulle verifiche .....	306
<b>MODELLAZIONE E VERIFICA STRUTTURE IN MURATURA .....</b>	<b>307</b>
INTRODUZIONE .....	307
INDIVIDUAZIONE AUTOMATICA DEI MASCHI E DELLE FASCE .....	307
INSERIMENTO ED ELIMINAZIONE DEI MASCHI E DELLE FASCE MANUALI .....	310
SELEZIONE E MODIFICA DEI MASCHI E DELLE FASCE MANUALI .....	311
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA.....	311
VERIFICHE EFFETTUATE .....	315
MAPPE TASSI DI SFRUTTAMENTO STRUTTURE IN MURATURA.....	318
VERIFICHE PER AZIONI STATICHE E SISMICHE.....	318
Verifica automatica ed interattiva .....	318
Verifiche statiche .....	319
Verifiche sismiche .....	319
VERIFICHE DEI CINEMATISMI (MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO) .....	319
Introduzione.....	319
Meccanismi locali di collasso.....	320
Verifica automatica ed interattiva .....	323
MURATURE ARMATE .....	324
Introduzione.....	324
Definizione e posizionamento armature .....	324
CRITERI DI VERIFICA .....	325
Criteri generali di verifica murature .....	325
Criteri di verifica murature.....	328
<b>PROGETTO E VERIFICA STRUTTURE IN ACCIAIO .....</b>	<b>332</b>
VERIFICA DELLE ASTE .....	332
Introduzione.....	332
Verifiche effettuate .....	332
Definizione automatica ed interattiva delle membrature.....	337
Visualizzazione risultati e ricerca sezioni ottimizzanti .....	337

Mappe tassi di sfruttamento .....	338
Mappe snellezza .....	339
Note tecniche .....	339
Classificazione delle sezioni .....	339
Calcolo tensioni .....	340
Sezioni accoppiate .....	341
Sezioni generiche .....	341
Normativa .....	341
Varie .....	342
Criteri di verifica .....	342
Criteri generali di verifica aste in acciaio .....	342
Criteri di verifica aste in acciaio .....	343
<b>PROGETTAZIONE DEI COLLEGAMENTI .....</b>	<b>348</b>
Inviluppi .....	348
Definizione inviluppi .....	348
Colorazione inviluppi .....	349
Progettazione automatica .....	349
Progettazione interattiva .....	349
Copia ed assegna progettazione .....	350
Riverifica automatica .....	350
Mappe tassi di sfruttamento .....	350
IDEA StatiCa Steel .....	350
Reticolari in acciaio .....	351
Introduzione .....	351
Progettazione interattiva reticolari .....	352
Note tecniche .....	353
Continuità e posizionamento .....	353
Forma delle piastre di collegamento .....	353
Telai in acciaio .....	354
Introduzione .....	354
Progettazione interattiva collegamenti .....	356
Note tecniche .....	357
Individuazione elementi .....	357
Nome dei collegamenti .....	357
Sistemi di riferimento .....	357
Sollecitazioni di verifica .....	357
Modalità di progettazione .....	358
Modalità di verifica .....	358
Piastra di fondazione .....	359
Flange, continuità con flangia e flangia a T .....	359
Squadrette .....	360
Coprigiunti .....	360
Saldatura a completa penetrazione .....	361
Saldatura a cordone d'angolo .....	361
Piastra d'anima .....	361
Criteri di progetto e disegno .....	362
Criteri generali di disegno nodi in acciaio .....	362
Criteri di progetto nodi in acciaio .....	362
<b>PROGETTO E VERIFICA STRUTTURE IN LEGNO .....</b>	<b>365</b>
<b>VERIFICA DELLE ASTE .....</b>	<b>365</b>
Introduzione .....	365

Tipi di legno.....	366
Verifiche effettuate.....	366
Definizione automatica ed interattiva delle membrature.....	369
Mappe tassi di sfruttamento .....	369
Mappe snellezza .....	370
Criteri di verifica.....	371
Criteri generali di verifica aste in legno.....	371
Criteri di verifica aste in legno .....	372
<b>PROGETTAZIONE PANNELLI X-LAM.....</b>	<b>374</b>
Introduzione.....	374
Consigli sulla modellazione .....	375
Caratteristiche meccaniche dei pannelli X-LAM .....	376
Progettazione interattiva .....	376
Progettazione interattiva pannelli.....	376
Riverifica automatica.....	378
Verifica interattiva sezioni pannelli.....	378
Verifiche effettuate.....	379
Mappe tassi di sfruttamento pannelli.....	381
Criteri di progetto .....	381
Criteri generali di progetto.....	381
Criteri di progetto pannelli X-LAM .....	382
<b>VERIFICA TAMPONATURE.....</b>	<b>383</b>
INTRODUZIONE .....	383
VERIFICHE EFFETTUATE .....	384
PUNTONI EQUIVALENTI .....	384
MAPPE TASSI DI SFRUTTAMENTO .....	384
CRITERI DI VERIFICA TAMPONATURE .....	385
<b>CONTROLLO DELLE PROGETTAZIONI.....</b>	<b>386</b>
STATUS.....	386
VISUALIZZAZIONE PROGETTAZIONI E RINFORZI NELLA MODELLAZIONE .....	386
<b>MODELLAZIONE E VERIFICHE GEOTECNICHE.....</b>	<b>387</b>
MODELLAZIONE.....	387
Definizioni.....	387
Introduzione.....	387
Parametri geotecnici.....	388
Prove in sito .....	390
Inserimento e modifica.....	391
Filosofia di base.....	391
Caratterizzazione geotecnica .....	392
Introduzione.....	392
Densità relativa .....	393
Angolo d'attrito.....	394
Coesione non drenata .....	395
Correlazioni con prove CPT .....	395
Correlazioni con proprietà indice .....	395
Calcolo con pressione verticale efficace .....	395
Caratteristiche litostatiche .....	396
Parametri elastici .....	397
Note tecniche.....	399

Calcolo delle pressioni litostatiche.....	399
Criteri di verifica.....	399
Criteri specifici caratterizzazione strati.....	399
Modellazione delle fondazioni.....	402
Introduzione.....	402
Vincoli valutati in funzione della stratigrafia.....	403
Sollecitazioni di progetto.....	403
Note generali.....	404
<b>VERIFICHE.....</b>	<b>405</b>
Introduzione.....	405
Mappe tassi di sfruttamento.....	405
Fondazioni superficiali.....	405
Verifiche di capacità portante.....	405
Introduzione.....	405
Rottura generale.....	406
Rottura locale.....	408
Punzonamento.....	408
Scorrimento.....	409
Sollevamento.....	409
Verifiche in condizioni sismiche.....	410
Calcolo dei cedimenti.....	411
Introduzione.....	411
Metodi utilizzati.....	411
Criteri di verifica.....	413
Criteri generali fondazioni superficiali.....	413
Fondazioni profonde.....	415
Analisi dei pali.....	415
Metodo di calcolo.....	415
Visualizzazione dei risultati.....	417
Verifiche di capacità portante.....	417
Introduzione.....	417
Carichi verticali.....	418
Carichi orizzontali.....	419
Calcolo di cedimenti e spostamenti.....	420
Metodo utilizzato.....	420
Calcolo delle tensioni limite.....	420
Introduzione.....	420
Attrito laterale limite da prove in sito.....	421
Pressione limite alla base da prove in sito.....	423
Pressione limite alla base secondo formule statiche.....	426
Attrito laterale limite per trazione.....	427
Pressione limite per carichi orizzontali.....	427
Calcolo della risposta elastica.....	427
Carichi verticali.....	427
Carichi orizzontali.....	428
Criteri di verifica.....	429
Criteri generali fondazioni profonde.....	429
Criteri specifici fondazioni profonde.....	431
<b>VERIFICA STRUTTURE ESISTENTI.....</b>	<b>433</b>
INTRODUZIONE.....	433
CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DELL'ANALISI SISMICA LINEARE.....	434

VERIFICA A TAGLIO CICLICO .....	435
INDICE DI SICUREZZA.....	436
Introduzione.....	436
Analisi non lineari (pushover) .....	436
Analisi lineari con fattore di comportamento.....	437
Classe di rischio.....	439
<b>VERIFICA RESISTENZA AL FUOCO.....</b>	<b>440</b>
INTRODUZIONE .....	440
Cemento armato .....	440
Propagazione del calore nell'elemento.....	440
Note tecniche sulle verifiche .....	441
Acciaio .....	441
Verifica delle aste.....	441
Legno.....	442
Verifiche delle aste .....	442
<b>PROGETTO STRUTTURE ISOLATE.....</b>	<b>443</b>
INTRODUZIONE .....	443
MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	443
CALCOLO STRUTTURA .....	444
DEFINIZIONE ISOLATORI .....	444
ARCHIVIO ISOLATORI .....	445
CONTROLLI DI NORMATIVA .....	448
<b>CREAZIONE DISEGNI CARPENTERIE DI PIANO .....</b>	<b>448</b>
INTRODUZIONE .....	448
CRITERI DI DISEGNO CARPENTERIE DI PIANO.....	449
NOTE TECNICHE .....	450
<b>ASSEMBLAGGIO TAVOLE .....</b>	<b>451</b>
INTRODUZIONE .....	451
CREAZIONE DELLE TAVOLE .....	451
CREAZIONE O MODIFICA DEI PROTOTIPI .....	452
<b>RELAZIONE DI CALCOLO .....</b>	<b>452</b>
INTRODUZIONE .....	452
IMPOSTAZIONI RELAZIONE DI CALCOLO .....	453
OPZIONI .....	454
COPERTINA .....	454
RELAZIONE DI CONFRONTO.....	455
RELAZIONE PER SISMABONUS.....	455
APPROFONDIMENTI E NOTE .....	455
<b>PIANO DI MANUTENZIONE .....</b>	<b>457</b>
REDAZIONE PIANO DI MANUTENZIONE.....	457
<b>MS-CAD .....</b>	<b>457</b>
INTRODUZIONE .....	457
MODALITÀ OPERATIVE .....	457
SCALA E DIMENSIONE FOGLIO .....	458

LAYER .....	458
INSERIMENTO DISEGNI .....	459
GESTIONE DISEGNI .....	460
Creazione e modifica disegni .....	460
Stampa e plottaggio disegni .....	460
Criteri generali di disegno .....	461
<b>IMPORTAZIONE .....</b>	<b>464</b>
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA UN BACKUP .....	464
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA AUTO_C.A. ....	464
STRUTTURA DA REVIT .....	465
Importazione struttura da Revit .....	465
Configurazione Revit .....	465
Elementi esportabili da Revit .....	465
Elementi esportabili da Revit 2022 .....	468
Elementi non importabili .....	471
Suddivisione degli elementi .....	471
File generati .....	471
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA SAP2000 .....	472
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA MIDAS .....	472
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA TEKLA STRUCTURES .....	474
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA SCIA AUTOCONVERTER .....	475
IMPORTAZIONE STRUTTURA DA IFC .....	476
<b>ESPORTAZIONE .....</b>	<b>477</b>
ESPORTAZIONE STRUTTURA IN DXF .....	477
ESPORTAZIONE IMMAGINI .....	477
ESPORTAZIONE STRUTTURA IN VRML .....	478
ESPORTAZIONE STRUTTURA PER MIDAS .....	479
STRUTTURA PER REVIT .....	480
Introduzione .....	480
Elementi esportabili da ModeSt .....	480
Elementi importabili in Revit .....	481
ESPORTAZIONE STRUTTURA PER TEKLA STRUCTURES .....	482
ESPORTAZIONE STRUTTURA PER IDEA STATICA CHECKBOT .....	484
ESPORTAZIONE STRUTTURA IN IFC .....	484
ESPORTAZIONE STRUTTURA PER MODEST VER. 7.14 .....	485
ESPORTAZIONE STRUTTURA IN UN BACKUP .....	485
<b>MACRO .....</b>	<b>486</b>
MACRO E PERSONALIZZAZIONE COMANDI .....	486
USO DELLE MACRO DA MODEST .....	486
COLLEZIONI .....	487
OGGETTO MODEST .....	488
OGGETTO CONFIGURAZIONE .....	489
OGGETTO OPZIONI GENERALI .....	489
OGGETTO CARTELLE .....	489
OGGETTO FILE .....	489



OGGETTO PROGETTO.....	489
OGGETTO STRUTTURA.....	490
OGGETTO CORRENTI.....	490
OGGETTO UNITADIMISURA.....	491
OGGETTO SELEZIONI.....	491
OGGETTO PARAMETRIRICERCA PUNTI.....	492
OGGETTO C3D.....	493
OGGETTO C6D.....	493
OGGETTO MATERIALE.....	493
OGGETTO NODO.....	493
OGGETTO IMPALCATO.....	494
OGGETTO VINCOLO NODO.....	494
OGGETTO ASTA.....	494
OGGETTO SEZIONE.....	496
OGGETTO VINCOLO ASTA.....	497
OGGETTO RIFERIMENTO.....	498
OGGETTO BIDIMENSIONALE.....	498
OGGETTO TIPO BIDIMENSIONALE.....	499
OGGETTO SOLLECITAZIONE BIDI NODALE.....	500
OGGETTO PLINTO.....	500
OGGETTO TIPO PLINTO.....	500
OGGETTO SOLAIO.....	501
OGGETTO TIPO SOLAIO.....	501
OGGETTO TAMPONATURA.....	502
OGGETTO TIPO TAMPONATURA.....	502
OGGETTO RETICOLARE.....	502
OGGETTO TIPO RETICOLARE.....	503
OGGETTO LINK SU LINEA.....	503
OGGETTO TIPO LINK SU LINEA.....	503
OGGETTO UNITA GEOTECNICA.....	503
OGGETTO CCE.....	504
OGGETTO TIPO CCE.....	504
OGGETTO CARICO NODO.....	504
OGGETTO CARICO ASTA.....	505
OGGETTO CARICO BIDIMENSIONALE.....	505
OGGETTO CALCOLO.....	506
OGGETTO COMBINAZIONE.....	507
OGGETTO DEFORMATA.....	507
ELENCO MACRO DISPONIBILI E LORO USO.....	507
<b>PER GLI UTENTI DELLE VERSIONI PRECEDENTI.....</b>	<b>511</b>
ELENCO INNOVAZIONI.....	511
Dalla versione 8.34 alla 8.35.....	511
Dalla versione 8.33 alla 8.34.....	512
Dalla versione 8.32 alla 8.33.....	513

Dalla versione 8.31 alla 8.32.....	513
Dalla versione 8.30 alla 8.31.....	514
Dalla versione 8.29 alla 8.30.....	514
Dalla versione 8.28 alla 8.29.....	515
Dalla versione 8.27 alla 8.28.....	515
Dalla versione 8.26 alla 8.27.....	516
Dalla versione 8.25 alla 8.26.....	517
Dalla versione 8.24 alla 8.25.....	517
Dalla versione 8.23 alla 8.24.....	518
Dalla versione 8.22 alla 8.23.....	519
Dalla versione 8.21 alla 8.22.....	520
Dalla versione 8.20 alla 8.21.....	520
Dalla versione 8.19 alla 8.20.....	521
Dalla versione 8.18 alla 8.19.....	522
Dalla versione 8.17 alla 8.18.....	523
Dalla versione 8.16 alla 8.17.....	523
Dalla versione 8.15 alla 8.16.....	524
Dalla versione 8.14 alla 8.15.....	525
Dalla versione 8.13 alla 8.14.....	526
Dalla versione 8.12 alla 8.13.....	526
Dalla versione 8.11 alla 8.12.....	527
Dalla versione 8.10 alla 8.11.....	527
Dalla versione 8.9 alla 8.10.....	528
Dalla versione 8.8 alla 8.9.....	529
Dalla versione 8.7 alla 8.8.....	530
Dalla versione 8.6 alla 8.7.....	531
Dalla versione 8.5 alla 8.6.....	532
Dalla versione 8.4 alla 8.5.....	533
Dalla versione 8.3 alla 8.4.....	533
Dalla versione 8.2 alla 8.3.....	534
Dalla versione 8.1 alla 8.2.....	534
Dalla versione 8.0 alla 8.1.....	535
Dalla versione 7.28 alla 8.0.....	536
AGGIORNAMENTO STRUTTURE.....	536
Aggiornamento strutture dalla versione 6.0 e successive.....	536
<b>RICHIESTA ASSISTENZA.....</b>	<b>537</b>

# Presentazione

---

Con ModeSt si possono modellare in grafica interattiva tramite tastiera o mouse strutture spaziali o piane costituite da elementi monodimensionali e bidimensionali quali travi, pilastri, setti, solette, reticoli di fondazione, platee, plinti/pali, pareti contro terra, nuclei irrigidenti, strutture reticolari, serbatoi, cupole e altre strutture meno comuni realizzate anche con materiali diversi.

Le strutture possono avere nodi con qualsiasi tipo di vincolo esterno (anche elastico), aste con eventuali svincolamenti d'estremità completamente definibili, aste su suolo elastico, elementi bidimensionali (a tre o a quattro nodi) membranali, flessionali o su suolo elastico. Elementi bidimensionali semplici come pareti verticali o muri di scantinato possono anche essere schematizzati automaticamente come un reticolo equivalente di aste.

Le strutture di fondazione (anche a quote diverse) possono essere costituite da graticci di travi e/o da platee di fondazione e/o da plinti diretti o su pali con o senza bicchiere.

Per l'inserimento dei dati geometrici della struttura è possibile utilizzare come lucido di costruzione il progetto architettonico, partendo dal formato DXF/DWG, sia bidimensionale che tridimensionale.

È possibile assegnare alle aste in c.a. sezioni di forma qualunque (anche cave) ed alle aste in acciaio profili normalizzati singoli e doppi disposti e accoppiati in vari modi.

Vengono calcolati automaticamente i carichi dovuti al peso proprio degli elementi strutturali e i carichi sulle travi dovuti alle tamponature e ai solai di qualunque forma e direzione di orditura (anche a sbalzo).

È possibile trattare, oltre ai tipi di carico più comuni (uniformemente distribuiti, trapezoidali, parziali, concentrati, ecc.), anche le variazioni termiche uniformi e a farfalla e le pressioni idrostatiche sugli elementi bidimensionali (dovute ad esempio alla spinta della terra).

È possibile modellare il sottosuolo attraverso la definizione dei parametri geotecnici caratteristici utili al calcolo degli elementi di fondazione, a tale scopo è possibile utilizzare anche correlazioni con risultati di prove in sito (SPT, CPT, DP, ecc.).

È possibile modellare elementi di fondazione superficiali (plinti, reticoli di travi e platee di qualunque forma) e profonde (pali singoli, plinti su pali, travi e platee su pali di qualunque forma) associando loro caratteristiche di risposta elastica del terreno valutata in automatico rispetto alla loro geometria ed al sottosuolo modellato.

Sia per le fondazioni superficiali che profonde vengono effettuate le verifiche di capacità portante, il calcolo dei cedimenti e la progettazione strutturale con riferimento alla normativa vigente. La progettazione delle fondazioni profonde avviene attraverso un'analisi elasto-plastica di interazione palo-terreno.

In fase di calcolo è possibile eseguire l'analisi sismica statica o dinamica secondo le normative Italiane o l'analisi modale. Posso essere condotte analisi sia lineari sia non lineare in regime di grandi spostamenti, l'analisi sismica statica non lineare (pushover) e analisi di stabilità (buckling) sia lineare che non lineare anche memorizzando i risultati intermedi dell'analisi per avere una rappresentazione visiva dell'evolversi della deformata.

ModeSt è collegato in modo completamente automatico con i solutori ad elementi finiti più diffusi e affidabili: SAP2000, Xfinest, OpenSees. Per le strutture in muratura è possibile effettuare l'analisi sismica statica non lineare (pushover) utilizzando il modello a telaio equivalente o effettuare il calcolo agli elementi finiti.

Possono essere visualizzati interattivamente la deformata elastica o nodale della struttura, i diagrammi delle sollecitazioni nelle aste e delle tensioni sul terreno. Per quanto riguarda gli elementi bidimensionali vengono visualizzati mediante mappe a colori gli stati tensionali, le direzioni principali di tensione e la pressione sul terreno.

È possibile ottenere informazioni numeriche su tutti i risultati del calcolo per tutti gli elementi (spostamenti, sollecitazioni, reazioni vincolari, ecc.).

È possibile, per elementi bidimensionali associati a formare un nucleo irrigidente, ottenere i valori delle sollecitazioni risultanti complessive.

Per strutture calcolate alle tensioni ammissibili, la rappresentazione a colori delle armature teoriche negli elementi in calcestruzzo (travi, pilastri ed elementi bidimensionali) consente un controllo immediato sul pre-dimensionamento effettuato prima di procedere al progetto vero e proprio delle armature.

Per gli elementi in acciaio sono visualizzabili, mediante mappe a colori, i tassi di sfruttamento del materiale, le snellezze e le verifiche di stabilità locali e globali. La progettazione è aiutata dalla possibilità di ricercare automaticamente nell'archivio la sezione che verifica la membratura massimizzandone il tasso di sfruttamento o minimizzandone il peso.

Per gli elementi in legno sono visualizzabili, mediante mappe a colori, i tassi di sfruttamento del materiale, le snellezze e le verifiche di stabilità locali e globali.

Con diagrammi a colori è anche possibile visualizzare l'entità degli spostamenti relativi fra i nodi di testa e di piede delle aste verticali.

Sia il progetto degli elementi in c.a. che la verifica di quelli in acciaio, vengono completamente gestiti tramite appositi criteri di progetto e verifica che permettono al progettista di ottenere l'armatura più idonea alle proprie necessità.

Vengono progettate automaticamente le armature di travi, pilastri, pareti, nuclei, solette, platee, plinti/pali e creati i disegni esecutivi in formato DXF.

Per le aste in acciaio vengono effettuate le verifiche di stabilità, svergolamento, stabilità laterale e imbozzamento con riferimento alla normativa vigente.

È possibile progettare i collegamenti bullonati o saldati di tutte le aste componenti una reticolare in acciaio, tenendo conto delle sollecitazioni indotte dallo sforzo normale, dal momento con asse normale al piano della reticolare e dal taglio nel piano della reticolare.

Per le strutture intelaiate in acciaio è possibile progettare i collegamenti del tipo a squadretta, flangia, coprigiunto, piastra di fondazione e saldato a completo ripristino.

Per tutti gli elementi in c.a. progettati viene calcolato in automatico il computo completo del volume di calcestruzzo e del peso delle armature, distinto elemento per elemento, con le quantità di ferro utilizzato divise per diametro.

È possibile effettuare la verifica di resistenza al fuoco di membrature in c.a. progettate come travi, pilastri o sezioni generiche e membrature in acciaio o in legno. Le verifiche vengono eseguite in accordo con UNI EN 1992-1-2, al quale il D.M. 17/01/18 fa esplicito riferimento.

Per le strutture in muratura vengono effettuate sia le verifiche a pressoflessione e taglio nel piano che a pressoflessione fuori dal piano della parete. Nelle verifiche per carichi verticali, vengono considerate in automatico le riseghe di elevazione, la modalità di appoggio dei solai in testa alla muratura e le ulteriori eccentricità che influenzano le verifiche. Per calcoli sismici vengono effettuate anche le verifiche per le azioni sismiche ortogonali al piano della parete e le verifiche dei meccanismi locali di collasso. Vengono effettuate quando necessario le verifiche per carichi fuori piano dovuti al vento.

Sono visualizzabili le mappe dei tassi di sfruttamento per compressione e taglio e l'evolversi del comportamento della struttura durante l'analisi non lineari.

È possibile verificare gli edifici esistenti in c.a. con l'analisi statica lineare o dinamica modale con fattore  $q$  oppure con l'analisi sismica statica non lineare (pushover). L'analisi con spettro elastico non è attualmente implementata in ModeSt.

È anche possibile progettare o modificare interattivamente l'armatura delle travi, dei pilastri, delle pareti, dei nuclei, delle solette/platee, operando direttamente sul disegno esecutivo dell'oggetto e non su una rappresentazione schematica dello stesso. Interattivamente è possibile ad esempio modificare il diametro di un ferro o modificare una staffatura, controllando immediatamente che le verifiche siano soddisfatte, con la certezza che le modifiche apportate si rifletteranno sulla relazione di calcolo e sul computo delle armature. Nello stesso tempo è anche possibile inserire particolari costruttivi, note esplicative e tutto quanto generalmente necessario a completare un disegno esecutivo.

In progettazione interattiva armatura travi è possibile visualizzare e controllare i diagrammi di momento, taglio, sforzo normale, momento torcente e dei relativi involuppi, area di ferro teorica ed effettiva, scorrimento agente ed assorbito, staffatura necessaria ed effettiva, interfero, spazio disponibile nella trave.

È possibile inserire, allungare, togliere, modificare ferri dritti, sagomati, cavallotti, ferri di parete, variare la lunghezza e la posizione delle diverse zone di staffatura.

Non è necessario scegliere i ferri da un sagomario predefinito, ma è sufficiente "disegnare" il ferro che viene posizionato, quotato e ancorato in tempo reale con l'aggiornamento immediato dei diagrammi di copertura.

ModeSt controlla ed impedisce l'inserimento di ferri in posizioni non valide, controllando quando, dove e come ancorare i ferri, distinguendo fra zone tese e compresse, lasciando comunque la possibilità di forzare comportamenti diversi per far fronte a particolari esigenze di cantiere.

È possibile effettuare la progettazione automatica dell'armatura dei pilastri di qualunque forma, imporre strategie personalizzate di ricerca e progetto dell'armatura, involuppare i pilastri uguali, con varie tipologie di rappresentazione grafica (tabelle pilastri, disegno pilastrate, ecc.).

In progettazione interattiva armatura pilastri è possibile modificare sia l'armatura verticale sia la staffatura della pilastrate progettata automaticamente o al limite armare in modo manuale la pilastrate.

In progettazione interattiva armatura nuclei è possibile modificare l'armatura delle singole pareti, inserire o modificare barre verticali di armatura concentrata, modificare la tipologia dell'armatura orizzontale, visualizzare lo stato tensionale nel calcestruzzo e nelle singole barre d'armatura a tutti i livelli del nucleo. ModeSt considera e valuta la presenza di aperture, effettuando le verifiche in tutti i punti necessari.

In progettazione interattiva armatura solette/platee è possibile modificare l'armatura diffusa, inserire e modificare zone aggiuntive d'armatura concentrata, con individuazione automatica del perimetro della soletta/platea, con possibilità di centrare una zona d'armatura rispetto ad un pilastro, e inserire e modificare zone d'armatura a taglio. Le verifiche ed il progetto a punzonamento vengono effettuate calcolando in automatico l'interferenza fra le superfici di rottura ed il perimetro della soletta/platea.

In progettazione interattiva armatura plinti è possibile modificare l'armatura sia sul disegno tecnico che sul modello tridimensionale dell'oggetto e visualizzare gli stati tensionali sul calcestruzzo e sull'acciaio relativamente ai vari piani di verifica. Le modifiche apportate alla geometria ed ai criteri di progetto si riflettono in tempo reale sull'armatura.

In progettazione interattiva armatura plinti/pali è possibile visualizzare i domini di rottura e il diagramma di deformazione allo stato limite ultimo relativamente alle varie sezioni del palo. Le modifiche apportate alla geometria ed ai criteri di progetto si riflettono in tempo reale sull'armatura. In progettazione interattiva armatura plinti/pali è inoltre possibile visualizzare i risultati dell'analisi elasto-plastica di interazione palo-terreno in termini di spostamenti, sollecitazioni sul palo e tensioni di contatto palo-terreno.

In progettazione interattiva armatura solai è possibile definire gli schemi di calcolo, progettare le armature di solai gettati in opera o prefabbricati del tipo a travetti tralicciati (monotrave o bitrave), a pannelli e a lastre predalles. In progettazione interattiva solai è possibile modificare l'armatura progettata automaticamente, inserire in campata dei carichi concentrati e/o rompitratta (note anche come corree di ripartizioni), specificare la larghezza di eventuali fasce piene all'estremità di ogni singola campata.

In progettazione interattiva armatura sezioni è possibile progettare e verificare alle tensioni ammissibili o agli stati limite sezioni di forma poligonale qualsiasi anche con fori all'interno. Le barre possono essere posizionate in modo automatico o semiautomatico, eventualmente in doppio strato mentre le staffe possono essere anche disegnate manualmente dall'utente. Le sollecitazioni possono essere prelevate da una struttura calcolata o inserite manualmente. Si può progettare interattivamente l'armatura di una ipotetica sezione in cemento armato definita come la sezione di un insieme di elementi bidimensionali o di muri presente nel modello. In questo modo sono progettabili ad esempio elementi come le solette delle scale, i muri di sostegno anche con sproni o rinforzi, le solette di un balcone, le nervature di una soletta o le travi parete che siano stati schematizzati nel modello con elementi "muro" o con elementi bidimensionali veri e propri. Si possono visualizzare le mappe degli stati tensionali nel calcestruzzo, nell'acciaio e i diagrammi della tensione tangenziale e dello scorrimento. Nelle verifiche agli stati limite è possibile inoltre visualizzare i domini di rottura e il diagramma di deformazione allo stato limite ultimo.

In progettazione interattiva reticolari è possibile allontanare o avvicinare al nodo le estremità delle aste, interrompere o definire continuità, cambiare la tipologia di collegamento (bullonata o saldata) o personalizzarlo completamente, scegliere lo spessore e la forma della piastra (rettangolare o poligonale).

In progettazione interattiva collegamenti è possibile modificare il collegamento progettato in automatico o progettarlo in modo manuale. Durante la modifica dei dati del collegamento, la vista viene automaticamente adattata al dato e in qualsiasi momento è possibile controllare la correttezza dei dati inseriti. Il collegamento può essere scelto tra le soluzioni determinate automaticamente dal programma o caricato da un archivio in cui possono essere memorizzate le tipologie di uso più frequente o configurazioni già studiate e personalizzate, permettendone anche il facile riutilizzo in altre strutture.

È possibile eseguire il calcolo di strutture con elementi portanti costituiti da pannelli in legno X-LAM e di eseguirne le verifiche.

Vengono creati automaticamente i disegni delle carpenterie di tutti gli impalcati della struttura e la pianta dei fili fissi.

I disegni esecutivi possono essere assemblati in tavole. La squadratura e le dimensioni del foglio possono essere personalizzate dall'utente. L'assemblaggio avviene trascinando uno o più disegni all'interno della tavola e posizionandoli manualmente nel punto desiderato oppure in modo automatico disponendoli in modo da ottimizzare lo spazio a disposizione o per nome. Oltre ai disegni strutturali creati in automatico possono essere inseriti anche particolari costruttivi. Le tavole assemblate sono gestite dinamicamente, infatti eventuali modifiche al disegno originale si riflettono automaticamente anche in tutte le tavole che lo contengono.

Viene creata una relazione di calcolo in formato RTF, PDF o TXT completamente configurabile da parte dell'utente.

È possibile generare automaticamente il Piano di manutenzione. Tale procedura è pensata per essere utilizzata per redigere il piano di manutenzione di strutture modellate con ModeSt, ed in tal senso viene fornita con un database di default relativo agli elementi strutturali. Essendo però una procedura completamente configurabile e personalizzabile da parte dell'utente, con l'inserimento preliminare delle necessarie voci, può essere utilizzata per la redazione dei piani di manutenzione di qualsiasi tipo (impianti, finiture, ecc.).

## Aiuto contestuale


---

Oltre al normale utilizzo dell'aiuto di ModeSt attraverso il menu dell'applicazione  selezionando **Aiuto**



e poi **Guida in linea**



oppure cliccando nella barra dei menu su , è possibile ottenere informazioni sui comandi e sui parametri dei criteri di progetto attraverso la pressione del tasto funzione F1 che comporta l'apertura della guida in linea con l'help relativo.

In questo modo è possibile continuare a inserire i dati con l'ausilio delle informazioni contenute nella guida in linea.

È possibile ottenere informazioni sui comandi anche attraverso la linea di comando con il comando **AIUTO** (specificando il comando su cui si richiede l'aiuto) oppure digitando **AIUTO** in qualunque momento durante l'esecuzione di un comando, anche durante la richiesta di dati.

## Video e guida di apprendimento

Per facilitare l'apprendimento del programma oltre alla guida in linea è possibile dal menu dell'applicazione



selezionando **Aiuto**



e poi **Video di apprendimento e webinar**



visualizzare i video di apprendimento. È disponibile anche un tutorial, che illustra la realizzazione completa di una struttura partendo

dalla modellazione fino alla creazione degli esecutivi, visualizzabile cliccando sul menu dell'applicazione



selezionando **Aiuto**



e poi **Guida all'apprendimento**



## Aggiornamento automatico di ModeSt

Se è attiva l'opzione "Consenso alla connessione internet" nella scheda "Generali" delle **opzioni** di ModeSt, all'avvio del programma viene controllato in automatico se sul nostro server sono disponibili aggiornamenti della versione in esecuzione. Se sono disponibili, viene richiesto se si vogliono installare e in caso affermativo vengono automaticamente scaricati e installati. In caso di interruzione del collegamento internet durante la fase di download, il programma non esegue l'installazione, ma attende la successiva esecuzione del programma per ritentare l'operazione.

## Concetti generali

### Il progetto e le strutture

Uno dei concetti principali in ModeSt è il concetto di **progetto**.

Un **progetto** è un contenitore che raggruppa a livello logico tutti quei dati e risultati necessari al completamento di un "progetto" nel senso ingegneristico del termine. In particolare in un progetto possono essere contenute **strutture**, disegni, documenti, fogli elettronici e quant'altro l'utente desidera considerare come un tutto unico.

Per **struttura** si intende un corpo di fabbrica in senso stretto, ovvero un insieme di nodi, aste, elementi bidimensionali e plinti completi dei carichi, dei vincoli e di quant'altro necessario per definire una struttura, insieme ai risultati del calcolo, ai disegni creati automaticamente e ad eventuali altri disegni creati manualmente ma correlati con gli stessi dati (ad esempio il particolare di un balcone o delle scale).

ModeSt si occupa della gestione del progetto, delle strutture in esso contenute e di eventuali disegni tecnici creati con il CAD interno (Ms-Cad). Tali disegni possono essere associati ad una struttura specifica o correlati logicamente con tutto il progetto. Per chiarimenti sulle diverse modalità di associazione dei disegni si veda anche **Ms-Cad - Introduzione**.

In uno stesso progetto si possono quindi ad esempio inserire:

- diverse strutture completamente indipendenti (ad esempio diversi corpi di fabbrica);
- diverse versioni della stessa struttura (ad esempio fasi diverse dello studio della struttura);
- sotto-strutture della stessa struttura (ad esempio la fondazione e l'elevato nel caso di calcolo senza interazione suolo-struttura);
- diverse versioni del calcolo della stessa struttura (ad esempio calcolo termico, calcolo sismico e combinazione dei risultati);




e si possono aggiungere:




- disegni tecnici a carattere generale creati con Ms-Cad e non associati ad una singola specifica struttura (ad esempio i disegni dei muri di contenimento del terreno dell'intera lottizzazione);
- lucidi realizzati mediante trasformazione di architettonici (da file DXF/DWG/IFC) da utilizzare come ausilio nell'inserimento dati;



- documenti e file relativi al progetto redatti o elaborati con altri programmi (Word, Excel, AutoCAD, ecc.).
- Insieme al progetto è inoltre sempre possibile gestire una libreria di disegni da cui prelevare particolari costruttivi o ripetitivi.
- ModeSt opera solamente su una struttura per volta. Se nel progetto sono presenti più strutture, occorre stabilire di volta in volta quale sia la **struttura corrente**.

## Gestione dei progetti, strutture e file





### Progetto





La **creazione di un nuovo progetto** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Nuovo**  e poi **Progetto** , oppure con il **tasto di scelta rapida** Ctrl+N.


L'**apertura di un progetto esistente** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Apri**  e poi **Progetto** , oppure con il **tasto di scelta rapida** Ctrl+A.


È possibile configurare ModeSt in modo che automaticamente apra l'ultimo progetto e renda corrente l'ultima struttura attraverso le opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** .





### Strutture




La **creazione di una nuova struttura** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Nuovo**  e poi **Struttura nel progetto** , oppure dal pannello **Progetto** cliccando su **Nuova struttura nel progetto** . Nella creazione della struttura è anche possibile associare un commento. La struttura viene automaticamente resa corrente.


L'**importazione di una struttura** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Struttura** , oppure dal pannello **Progetto** cliccando su **Importa struttura nel progetto** . La conversione di strutture create con versioni precedenti viene effettuata automaticamente.


**Rendere corrente una struttura** si può effettuare selezionando il nome della struttura nell'albero del progetto e dal pannello **Progetto** cliccando su . La stessa operazione è effettuabile con il **Tasto destro** sul nome della struttura nell'albero del progetto ► *Corrente*, o con il **Tasto destro** sul nome del progetto nell'albero del progetto ► *Struttura corrente* e quindi selezionare il nome della struttura.

L'**eliminazione della struttura dal progetto** si può effettuare selezionando la struttura nell'albero del progetto e poi cliccando nel pannello **Progetto** su **Elimina struttura dal progetto** . La stessa operazione è effettuabile con il **Tasto destro** sul nome della struttura nell'albero del progetto ► *Rimuovi*, o con il **Tasto destro** sul nome del progetto nell'albero del progetto ► *Rimuovi* e quindi selezionare il nome della struttura. Nel caso non sia selezionata nessuna struttura o nessun file, ModeSt propone l'elenco delle strutture e dei file. Dopo aver chiesto conferma dell'operazione, ModeSt chiede se si intende rimuovere fisicamente i file, ossia se si desidera cancellarli. È infatti possibile rimuovere le strutture o i file dal progetto solo dal punto di vista **logico**, mantenendone l'esistenza, il che può essere utile per procedere all'archiviazione o per trasferire i dati in un altro progetto.




Il **salvataggio con nome della struttura corrente** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Salva con nome**  e poi **Struttura nel progetto** , oppure cliccando nel pannello **Progetto** su **Salva struttura con nome nel progetto** .




L'**eliminazione delle definizioni non utilizzate nella struttura** si effettua dal menu dell'applicazione  selezionando **Salva con nome**  e poi **Struttura compattata nel progetto** . ModeSt permette di scegliere quali elementi inutilizzati eliminare. In questo caso la struttura viene "compattata" ossia vengono eliminate tutte le definizioni (sezioni, materiali, ecc.) inutili non effettivamente utilizzate nella struttura. Si perdono i risultati del calcolo ed eventuali progettazioni già effettuate.

La **modifica del commento alla struttura** si effettua selezionando la struttura nell'albero del progetto e poi cliccando nel pannello **Progetto** su **Modifica il commento della struttura** .

La **visualizzazione della sola struttura corrente o di tutte le strutture presenti nel progetto** si effettua cliccando nel pannello **Progetto** su **Nasconde o visualizza solo la struttura corrente** .

## Altri disegni e file

L'**importazione di un disegno Ms-Cad** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Disegno Ms-Cad** .

L'**importazione di file correlati al progetto** si può effettuare dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **File correlati** .



I file inseriti vengono copiati nella cartella del progetto e associati al progetto stesso. La rimozione di tali file è effettuabile dal pannello del **Progetto**.

## Organizzazione dei dati

### I progetti

È possibile memorizzare i file relativi ai progetti in qualunque locazione del disco rigido o della rete, ma per default ModeSt organizza i dati in alcune cartelle predefinite, che aiutano a mantenere ordinati la numerosa quantità di file correlati con un progetto.

Sotto la cartella di installazione di ModeSt è presente una cartella di nome PROGETT che è per default la cartella dove vengono memorizzati i progetti. Può essere modificata attraverso la scheda *Cartelle* delle opzioni

di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** .

### I dati dei progetti

Per ogni nuovo progetto vengono create una cartella (con lo stesso nome) destinata a contenere i dati ed un file con lo stesso nome ed estensione MPR (ModeSt PProject) con le specifiche del progetto.

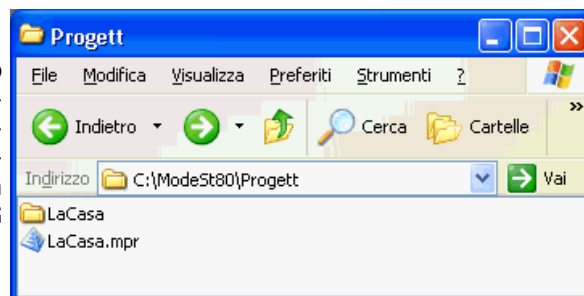
Ad esempio creando un progetto di nome **LaCasa** e specificando come cartella di salvataggio la cartella PROGETT, verranno creati:

- la cartella **LaCasa**



- il file **LaCasa.MPR**

Tutti i file GDB contenuti nella cartella del progetto verranno automaticamente considerati come disegni associati al progetto mentre file di altro tipo dovranno essere esplicitamente inseriti nel progetto. ModeSt associa automaticamente al progetto e posiziona per default in questa cartella i file lucido derivanti dalla trasformazione dei file DXF/DWG e le immagini esportate.



## I dati delle strutture

Per ogni struttura che viene creata o inserita nel progetto, oltre ai file specifici della struttura in questione, viene creata una cartella con lo stesso nome e con estensione GDB, destinata a contenere i disegni creati automaticamente da ModeSt o i disegni creati manualmente dall'utente ed associati alla struttura. Eventuali file con estensione GDB che si trovino in questa cartella vengono automaticamente associati alla struttura. Attualmente ModeSt in alcuni casi riconosce i disegni generati automaticamente dal loro nome, quindi si sconsiglia di cambiare nome ai file relativi agli esecutivi di carpenterie di piano (CPxxxx), carpenterie di piano dei maschi murari per verifiche statiche (CMxxxV), carpenterie di piano dei maschi murari per verifiche sismiche (CMxxxS), carpenterie di piano dei maschi murari per verifiche dei cinatismi (CMxxxC), travi (TRxxxx), pilastri (PLxxxx), tabelle pilastri (TPxxxx), pareti (PAxxxx), nuclei (NUxxxx), solette o platee (SPxxxx), plinti/pali (PNxxxx), solai (SOxxxx), muratura armata (MAxxxx), reticolari (RETxxxx), pannelli X-LAM (PWxxxx), collegamenti in acciaio (CLxxxx), collegamenti in acciaio di IDEA StatiCa Steel (ICxxxx), rinforzi in FRP (Rxxxx) e distinte ferri (DFxxxx).

Viene inoltre creata una cartella con lo stesso nome e priva di estensione, destinata a contenere i file DXF generati da ModeSt in modo automatico.

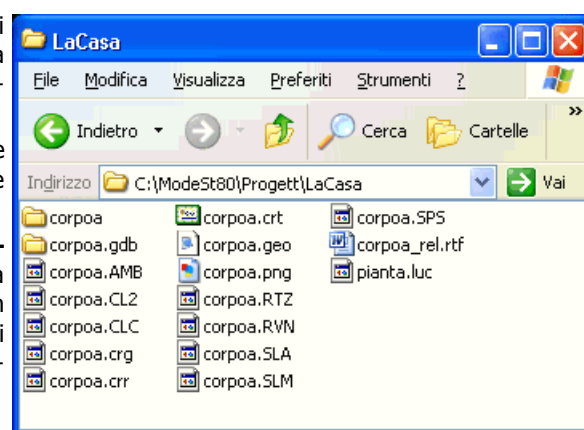
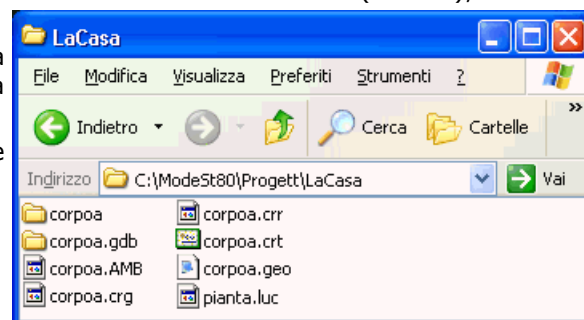
Nel caso dell'esempio precedente, se nel progetto viene creata la struttura di nome **CorpoA**, verranno creati:

- la cartella **CorpoA.GDB**
- la cartella **CorpoA**
- i file **CorpoA.\*** (relativi alla struttura)

Il numero dei file della struttura aumenta in base al tipo di elaborazioni successive alla modellazione (calcolo della struttura, progettazione delle armature, verifiche degli elementi in acciaio, ecc.).

Tutti i file che si trovano nella cartella **LaCasa** con nome **CorpoA** vengono considerati appartenenti alla struttura e gestiti di conseguenza.



Nella cartella del progetto, nell'esempio in questione **La-Casa**, sono contenuti file di altro tipo tra i quali quello della relazione di calcolo con estensione RTF, quello del lucido con estensione LUC, disegni in formato interno GBD, ecc. Questi file, anche se risiedono in questa cartella, possono non essere collegati al progetto.



## I disegni di libreria

Nella cartella di installazione di ModeSt viene creata anche una cartella (per default di nome GDB) destinata a contenere eventuali disegni a carattere generale che l'utente desidera avere sempre a portata di mano ad esempio come particolari costruttivi o ripetitivi da inserire nei disegni esecutivi.

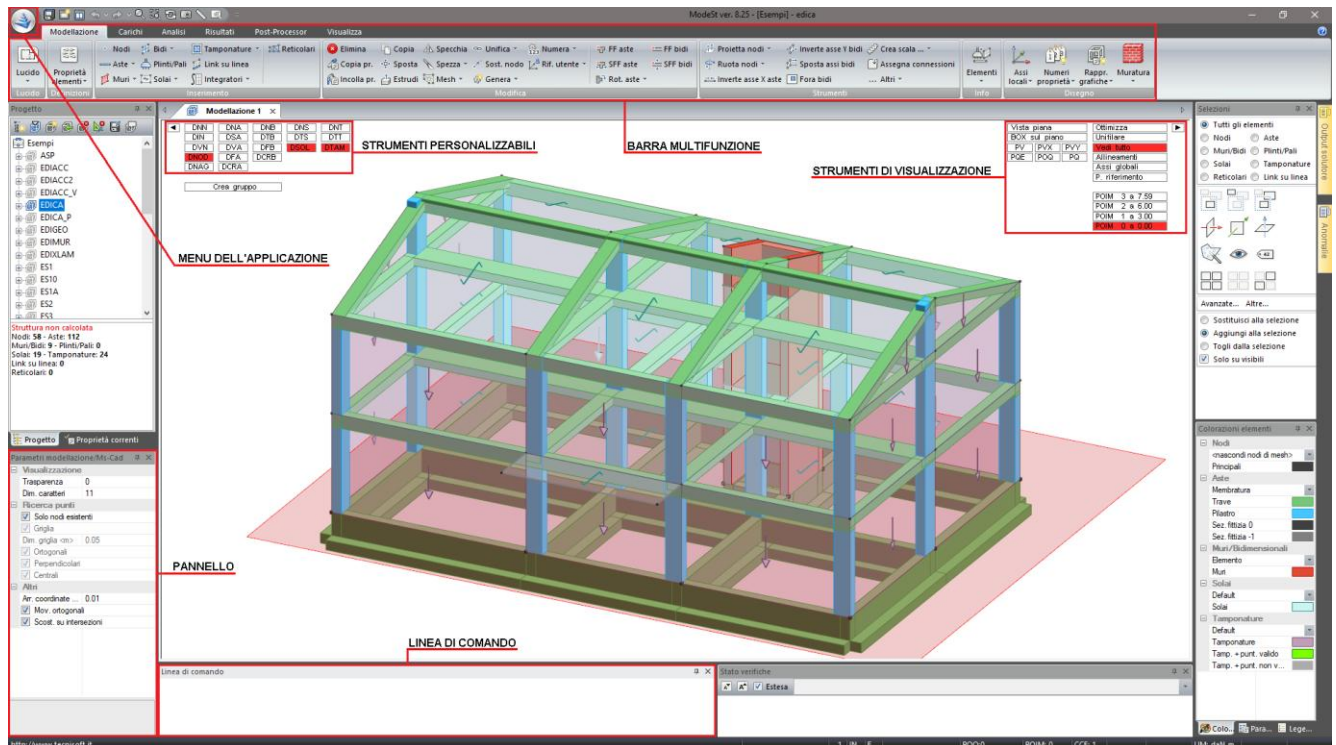
Può essere modificata attraverso la scheda *Cartelle* delle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'ap-

plicazione  e poi su **Opzioni** .

# Interfaccia utente

## Interfaccia grafica

L'interfaccia di ModeSt è una interfaccia Windows di ultima generazione, con barra multifunzione e pannelli ancorabili dedicati a diverse funzionalità.



La **barra multifunzione** è composta da una serie di **gruppi**, organizzati in **schede** che si adattano al contesto: ad esempio le schede con gli specifici gruppi di comandi di progettazione e modifica armatura appaiono solamente se è aperta la relativa finestra di progettazione interattiva.

Per eseguire i comandi contenuti nei **gruppi** è sufficiente cliccare sull'icona rappresentativa del comando. La freccia a destra o sotto il comando consente invece di accedere alle opzioni o a comandi aggiuntivi.

La **barra di accesso rapido** consente di accedere ai comandi più spesso utilizzati. Per personalizzarla, aggiungendo o eliminando i comandi, cliccare sulla freccia a destra della barra e quindi scegliere nel menu "Altri comandi".

In alto a sinistra dell'interfaccia di ModeSt si trova il **menu dell'applicazione** che consente di accedere agli strumenti per aprire, creare un progetto ed accedere ad altre funzionalità quali ad esempio la stampa.



La gestione delle principali opzioni di visualizzazione, sempre disponibili nelle finestre di modellazione, si effettua attraverso gli **Strumenti di visualizzazione** o con la **Mini barra degli strumenti**.

La gestione dei comandi presenti nel riquadro in alto a sinistra delle finestre di modellazione si effettua attraverso gli **Strumenti personalizzabili**.

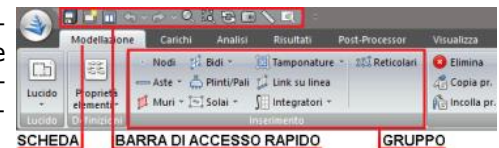
La posizione, l'ordine e le dimensioni dei **pannelli** sono completamente personalizzabili. Il menu da tasto destro sulla barra del titolo del pannello consente di renderli mobili, raggruppati in schede, ancorati in modi diversi, a scomparsa automatica.

I pannelli chiusi accidentalmente possono essere riattivati cliccando nel gruppo **Pannelli** della scheda **Visua-**

**lizza su Pannelli** e successivamente sul pannello da riattivare. Invece, per ripristinare la configura-



zione di default è necessario cliccare sul menu dell'applicazione , poi su **Opzioni** , selezionare "Ripristina posizione iniziale dei pannelli al riavvio", chiudere ModeSt e rilanciarlo.

La **linea di comando** è pensata per l'inserimento dei dati richiesti dal comando in esecuzione ma è comunque possibile utilizzarla per eseguire i comandi o macro semplicemente digitandone il nome.



La **barra di stato** è un'area orizzontale disponibile in ModeSt nella parte inferiore della finestra del programma in cui vengono visualizzate informazioni sullo stato corrente della finestra, il comando correntemente in esecuzione e altre informazioni contestuali, come ad esempio l'unità di misura attiva. Attraverso un doppio clic del mouse su una casella della barra di stato si può modificare il comportamento del relativo comando o accedere alla relativa finestra di dialogo.

Lo stile di visualizzazione può essere modificato secondo gli standard Windows riferiti ad Office 2007 cliccando

sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni**  e nella scheda "Aspetto" selezionando lo stile dalla casella di riepilogo a discesa "Stile di visualizzazione".

## Albero del progetto

L'albero del progetto è un pannello che consente di gestire tutte le strutture ed i file contenuti nel progetto. Il pannello con l'albero del progetto può essere aperto in qualunque momento con il **tasto di scelta rapida** Ctrl+P.

Visivamente si presenta come una struttura a cartelle simile a quella della gestione risorse di Windows.

Al primo livello si ha la cartella del **Progetto** (se è stato aperto un progetto) che assume lo stesso nome assegnato al progetto (nell'esempio in figura **LaCasa**), un'eventuale cartella **Altri disegni**, un'eventuale cartella **Altri file** e una cartella **Libreria**.




Cartella **Progetto**: contiene le cartelle relative alle strutture inserite nel progetto. Se una delle strutture è stata impostata come **struttura corrente**, la relativa cartella sarà di colore blu.

Cartella **Altri disegni**: viene creata quando si creano nuovi disegni da associare al progetto o si inseriscono disegni esistenti nel progetto.

Cartella **Altri file**: viene creata quando si associano file di altro tipo al progetto. Anche i file di lucidi architettonici vengono inseriti in questa cartella.

Cartella **Libreria**: contiene l'elenco dei disegni della cartella di libreria.

Le cartelle nell'albero del progetto possono essere nascoste nel caso in cui siano vuote

cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni**  e nella scheda "Aspetto" selezionando l'opzione "Nascondere le cartelle vuote nell'albero del progetto". È possibile e visualizzare solo la struttura corrente, nascondendo le altre strutture, cliccando nel pannello **Progetto** su .

Nel pannello sono presenti una serie di bottoni che consentono la gestione delle strutture nel progetto per la cui spiegazione si rimanda al paragrafo **Gestione dei progetti, strutture e file**.

Tramite il menu a comparsa sulle cartelle delle strutture è possibile rendere corrente una struttura o rimuoverla dal progetto.

Selezionando una struttura presente nel progetto viene visualizzata un'immagine della struttura nella vista in cui è stata salvata.

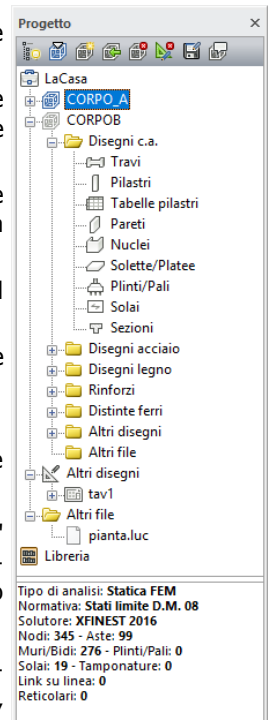
Selezionando una progettazione della struttura corrente viene visualizzata l'immagine della progettazione con eventualmente l'informazione che si riferisce al suo stato (Progettazione non valida, Progettazione da riverificare) oppure all'ambiente in cui è aperta (Progettazione interattiva, Ms-Cad).

Quando una struttura è stata resa corrente, col menu a comparsa sul suo nome è possibile aprire nuove **finestre di modellazione**.

La cartella della struttura corrente contiene a sua volta altre cartelle:

- **Disegni c.a.:** contiene le cartelle con i disegni strutturali di elementi in c.a.
- **Disegni acciaio:** contiene le cartelle con i disegni strutturali di elementi in acciaio.
- **Disegni legno:** contiene le cartelle con i disegni strutturali di pannelli X-LAM.
- **Rinforzi:** contiene le cartelle con i disegni dei rinforzi degli elementi strutturali in c.a.
- **Distinte ferri:** contiene le cartelle con i disegni delle distinte ferri degli elementi strutturali in c.a.
- **Altri disegni:** contiene i disegni delle carpenterie di piano della struttura e una cartella con altri disegni associati alla struttura ma non riconosciuti generati automaticamente.

Con i menu a comparsa sui nomi dei diversi disegni è possibile eseguire le operazioni ad essi associate: progettazione automatica o interattiva, riverifica, apertura in Ms-Cad, eliminazione dalla struttura.



Selezionando il disegno strutturale di elementi in c.a vengono evidenziate nella **finestra di modellazione** le aste o i muri/elementi bidimensionali che lo compongono.

Quando i disegni sono stati assemblati in tavole, accanto ad ogni disegno comparirà il nome della tavola in cui è stato inserito. Analogamente sarà possibile espandere i nomi delle tavole per controllare quali sono i disegni in essa inseriti.

## Strumenti di visualizzazione

Gli strumenti di visualizzazione, sempre disponibili nelle finestre di modellazione, consentono la gestione delle principali opzioni di visualizzazione semplicemente cliccando sulle voci presenti in questo particolare strumento e di seguito elencate:

- "Vista piana" e "Prospettiva" consentono di visualizzare la struttura in vista piana o in vista prospettica.
- "BOX sul piano" e "Togli BOX" consentono attivare o disattivare il BOX di visualizzazione. Il BOX si adatta automaticamente alle dimensioni degli oggetti giacenti sul piano di lavoro.
- "PV" consente di posizionare il piano di visualizzazione coincidente con un piano verticale qualsiasi individuato tramite due nodi o punti del lucido.
- "PVX" e "PVY" consente di posizionare il piano di visualizzazione coincidente con un piano verticale ortogonalmente agli assi del sistema di riferimento.
- "PQE" consente di posizionare il piano di visualizzazione coincidente con un piano verticale passante per l'elemento selezionato.
- "POQ" consente di posizionare il piano di visualizzazione coincidente con un piano orizzontale alla quota specificata.
- "PQ" consente di posizionare il piano di visualizzazione coincidente con un piano comunque orientato nello spazio, individuato tramite tre nodi o punti del lucido.
- "Ottimizza" ingrandisce la visualizzazione in modo da sfruttare al massimo le dimensioni della finestra.
- "Unifilare" e "Tridimensionale" consentono di visualizzare la struttura in vista unifilare o in vista tridimensionale.
- "Vedi tutto" e "Vedi solo selez." consentono di attivare o disattivare la visualizzazione di tutta o solo della porzione della struttura costituita dall'insieme degli elementi selezionati.
- "Allineamenti" consente di attivare o disattivare la visualizzazione degli allineamenti automaticamente determinati, consentendo così di posizionarsi su di un piano verticale facendo doppio clic sull'allineamento.
- "POIM X a X.XX" consentono di posizionare il piano di visualizzazione coincidente con uno degli impalcati definiti. I piani principali orizzontali vengono individuati automaticamente.



La freccia in alto a destra consente di chiudere o aprire gli strumenti di visualizzazione.

**Argomenti correlati: Interfaccia grafica.**

## Mini barra degli strumenti

La mini barra degli strumenti compare quando si preme il tasto destro del mouse su un elemento della struttura o sullo sfondo di una finestra di visualizzazione.

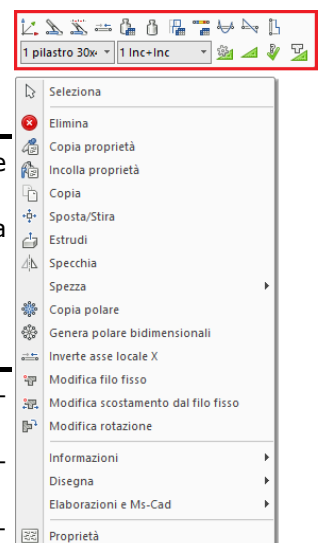
Questa barra consente di accedere in modo rapido ai comandi più utilizzati. Nella figura di esempio è evidenziata quella relativa alle aste.

## Strumenti personalizzabili


Gli strumenti personalizzabili, sempre disponibili nelle finestre di modellazione, consentono di creare dei bottoni con associati i comandi o una sequenza di comandi.

La freccia in alto a sinistra consente di chiudere o aprire gli strumenti personalizzabili.

Con l'installazione del programma è fornita la configurazione riportata nell'immagine.



È possibile modificare gli strumenti personalizzabili aprendo con il blocco note il file ModeSt.ini (presente nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma) ed in particolare personalizzare la sezione [CustomHeadUp]. È importante che la modifica del file ModeSt.ini avvenga con il programma chiuso.



DNN	DNA	DNB	DNS	DNT
DIN	DSA	DTB	DTS	DTT
DVN	DVA	DFB	DSOL	DTAM
DNOD	DFA	DCRB		
DNAG	DCRA			

Le righe sono del tipo **btn\_riga\_colonna=valore** dove riga e colonna corrispondono al numero di riga e colonna, partendo da 0, dell'ipotetica matrice visualizzata sullo schermo e **valore** corrisponde al nome del bottone e al comando o alla sequenza dei comandi da lanciare, separati dal carattere ",". Ad esempio **btn\_1\_3=DMOM, DMOM ALL** visualizza un bottone con il nome DMOM alla riga 2 e colonna 4 ed esegue il comando DMOM ALL. Il comando può essere omesso quando il nome del bottone coincide con il comando come ad esempio quando si crea un bottone con nome DNA (**btn\_1\_3=DNA**).

**Argomenti correlati:** Interfaccia grafica.

## Linea di comando

Una delle caratteristiche di ModeSt è la possibilità di dare comandi e parametri attraverso la tastiera, inserendo i dati nel campo di editing di una barra degli strumenti denominata *Linea di comando*.

Nella linea di comando vengono anche visualizzati messaggi e segnalazioni di errore.

In un qualunque momento è possibile tornare col cursore per l'inserimento testi alla linea di comando premendo il tasto "Esc".

Se la linea di comando viene chiusa, è possibile riaprirla cliccando nel gruppo **Pannelli** della scheda **Visua-**

**lizza** su **Pannelli**  e successivamente su **Linea di comando** .



L'utilizzo della tastiera per l'inserimento dei dati può apparire in un primo momento più complesso rispetto all'utilizzo degli strumenti standard di Windows (menu, bottoni, finestre di dialogo, ecc.), ma si rivela il metodo più veloce e più snello per interagire con ModeSt una volta acquisita la necessaria conoscenza dei nomi dei comandi. Ovviamente è sempre possibile utilizzare gli altri strumenti di Windows.

**Argomenti correlati:** Esecuzione dei comandi, Interfaccia grafica, Tipi di finestre.

## Tipi di finestre

ModeSt prevede diversi tipi di finestre di visualizzazione:

**Finestre di modellazione** che contengono diverse rappresentazioni della struttura corrente, dette anche viste di modellazione. Le modifiche apportate alla struttura si riflettono automaticamente in tutte le viste, mentre ogni vista è indipendente dall'altra per quanto riguarda le caratteristiche di visualizzazione (numerazioni, diagrammi, ecc.). È possibile aprire più finestre di modellazione utilizzando uno dei metodi seguenti:

cliccando nella **Barra di accesso rapido** su **Nuova** , cliccando nel gruppo **Generali** della scheda **Visualizza** su **Nuova** , con l'opzione *Nuova modellazione* del menu a comparsa del tasto destro sul nome della struttura corrente nell'**albero del progetto** e con il **tasto di scelta rapida** Ctrl+M.

**Finestre di progettazione interattiva** che contengono ognuna la rappresentazione dell'oggetto specifico (travata, pilastrata, ecc.), dette anche viste di progettazione. Le modifiche apportate all'oggetto si riflettono solo sull'oggetto specifico, mentre ogni vista è indipendente dall'altra per quanto riguarda le caratteristiche di visualizzazione (diagrammi, tassi di sfruttamento, ecc.).

**Finestre di Ms-Cad** che sono rappresentazioni di disegni realizzati con il CAD interno di ModeSt. Ogni disegno può essere rappresentato solo in una finestra.

Le finestre di progettazione interattiva si aprono quando viene avviata la procedura di progettazione interattiva su un oggetto. È possibile aprire più finestre di progettazione dello stesso oggetto con l'opzione *Apri nuova finestra* del menu a comparsa sulla finestra stessa.




Le finestre di Ms-Cad si aprono automaticamente quando viene aperto un disegno.

In tutte le finestre soffermando il mouse sopra un oggetto, si ha la visualizzazione di un suggerimento a video con i principali dati associati all'oggetto. Il suggerimento può variare in funzione delle visualizzazioni attive.



# Uso del programma

## Comandi grafici generici

In tutte le finestre grafiche, di qualunque tipo, sono disponibili nella scheda **Visualizza** o nella **Barra di accesso rapido** i comandi necessari per la modifica della visualizzazione: **Zoom**  permette di ingrandire una zona della visualizzazione, **Ottimizza**  ingrandisce la visualizzazione in modo da sfruttare al massimo le dimensioni della finestra, **Ridisegna**  rigenera il disegno eliminando i diagrammi e le mappe eventualmente visualizzate.

La panoramica si effettua tenendo premuto il tasto centrale del mouse e trascinando il mouse.

Con i mouse muniti di rotellina è possibile utilizzarla per effettuare uno zoom o una panoramica della modellazione o del disegno senza utilizzare alcun comando di ModeSt. Ruotando la rotellina è possibile ingrandire o rimpicciolire la visualizzazione intorno al punto individuato con il mouse. La panoramica si effettua tenendo premuta la rotellina e trascinando il mouse.

Si noti che i comandi eseguiti dalla linea di comando hanno effetto sulla vista che era attiva al momento della pressione del tasto "Invio" o selezionata col primo clic del mouse, mentre negli altri casi hanno effetto sulla vista attiva al momento del clic su di essi.

**Utilizzo da linea di comando:** **ZOOM** (Ingrandisce una zona), **RI** (Ridisegna), **OTT** (Ottimizza la visualizzazione).

## Menu a comparsa

ModeSt fa un uso molto esteso dei menu a comparsa, ossia dei menu che si ottengono premendo il tasto destro del mouse su un elemento della struttura o sullo sfondo di una finestra di visualizzazione.

I principali menu a comparsa usati da ModeSt sono:

**Menu sugli elementi dell'albero del progetto:** consentono di aprire, cancellare, modificare, progettare disegni e armature, aprire viste di modellazione e disegni Ms-Cad.

**Menu su un punto qualsiasi delle finestre di visualizzazione:** consentono di modificare le opzioni di visualizzazione o di settare parametri tipici della finestra in cui si è cliccato.

**Menu sui pannelli:** consentono di renderli mobili, raggruppati in schede, ancorati in modi diversi, nascondere automaticamente.



**Menu sugli elementi:** consentono di accedere alle principali operazioni effettuabili sull'elemento selezionato. Se l'elemento fa parte di una selezione, premendo il tasto "Shift" (maiuscole) insieme al tasto destro del mouse, le operazioni indicate verranno effettuate sull'intera selezione di elementi.

**Menu sui ferri:** consentono di accedere alle principali operazioni effettuabili sul ferro o la staffatura selezionati.

Nota: durante l'esecuzione di un comando viene interpretato il clic del tasto destro del mouse come l'equivalente della pressione del tasto "Invio" per cui possono essere necessari **due** clic per aprire il menu a comparsa.

## Annulla - Ripristina

Tutte le modifiche dei dati della struttura corrente o dei disegni Ms-Cad possono essere annullate fino a ritornare all'inizio della sessione di lavoro. È possibile anche ripristinare gli ultimi comandi annullati.

La gestione dell'annullamento e del ripristino delle modifiche effettuate si esegue attraverso la **Barra di accesso rapido** con gli appositi bottoni  e , o con i **tasti di scelta rapida** Ctrl+Z e Ctrl+Y, o da **linea di comando** usando i comandi abbreviati **U** e **R**. Per annullare o ripristinare più operazione alla volta si può utilizzare la lista delle istruzioni selezionando quelle che si vogliono annullare o ripristinare.

**Utilizzo da linea di comando:** **UNDO** (annulla), **REDO** (ripristina).

## Tasti di scelta rapida

Durante l'uso di ModeSt è possibile utilizzare combinazioni di tasti per accedere rapidamente a procedure o funzioni.

Oltre ai consueti tasti di scelta rapida utilizzati nei menu secondo la filosofia di Windows (Alt + lettera) ModeSt prevede le seguenti combinazioni:

**Ctrl+N:** nuovo progetto

**Ctrl+A:** apre progetto  
**Ctrl+P:** apre il pannello **Progetto**  
**Ctrl+D:** deseleziona tutto  
**Ctrl+S:** salva  
**Ctrl+Z:** annulla  
**Ctrl+Y:** ripristina  
**Ctrl+M:** apre una nuova finestra di modellazione

## Tasti funzione

---

Un comando o una sequenza di comandi possono essere associati ad un tasto funzione. L'associazione si effettua aprendo il file ModeSt.ini nella cartella ETC di ModeSt con il Blocco note (Notepad) e nella sezione [Tasti funzione], relativamente al tasto funzione che vuole utilizzare, scrivere la sequenza di comandi di ModeSt da eseguire seguiti dal punto esclamativo (ad esempio: F9=POQ -2.00 BOX 1.5 2.3 PROS !).

La sezione [Tasti funzione] è così composta:

F1=Riservato  
F2=BOX 100000 100000 !  
F3=BOX F !  
F4=PROS + !  
F5=PROS - !  
F6=TRID RI !  
F7=RI !  
F8=OTT !  
F9=BOX ++ !  
F10=BOX -- !  
F11=POIM + !  
F12=POIM - !  
MF1=Riservato  
MF2=  
MF3=  
MF4=Riservato  
MF5=  
MF6=  
MF7=  
MF8=  
MF9=  
MF10=  
MF11=  
MF12=  
CF1=Riservato  
CF2=  
CF3=  
CF4=Riservato  
CF5=  
CF6=  
CF7=  
CF8=  
CF9=  
CF10=  
CF11=  
CF12=  
AF1=Riservato  
AF2=

AF3=

AF4=Riservato

AF5=

AF6=

AF7=

AF8=

AF9=

AF10=

AF11=

AF12=



dove: F è il singolo tasto funzione, MF è Maiuscola+Tasto funzione, CF è Ctrl+Tasto funzione, AF è Alt+Tasto funzione.

Non possono essere utilizzati i tasti funzione classificati come "Riservato".

## Stampa

---

La stampa della rappresentazione presente nella finestra attiva può essere effettuata dal menu dell'applica-

zione  selezionando **Stampa** .

Durante la stampa si può utilizzare un diverso **schema di colore** (esempio con sfondo bianco anziché nero) semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo di stampa, visualizzare l'anteprima di stampa premendo sul relativo bottone ed inserire o modificare il commento riportato in sommità della stampa attraverso la casella di testo 'Intestazione'.

Nelle finestre di modellazione non è selezionabile la stampa in scala o meno in quanto non esiste una scala di rappresentazione del modello. La stampa viene sempre adattata al foglio.

Un'eventuale legenda presente nella finestra viene stampata.

Per quanto riguarda la stampa di disegni Ms-Cad si veda anche quanto riportato in **Stampa e plottaggio disegni**.

## Uso da linea di comando

---

### Esecuzione dei comandi

È possibile eseguire i comandi digitandone il nome nella **linea di comando**. Nella linea di comando vengono anche visualizzati messaggi e segnalazioni di errore.

Il comando viene eseguito solo quando si preme il tasto "Invio" o si effettua un clic con il mouse. Il clic eseguito con il tasto destro corrisponde esattamente alla pressione del tasto "Invio" e quindi può essere utilizzato anche per confermare valori di default. Il clic eseguito con il tasto sinistro, oltre a simulare il tasto "Invio", trasmette al comando anche l'elemento selezionato.

Solo nel caso in cui si specifica un comando che cambia dei parametri di visualizzazione o richiede la rappresentazione grafica di dati o risultati si ha una differenza di comportamento fra il comando avviato col tasto "Invio" o avviato con un clic del mouse su una finestra. Le visualizzazioni infatti avverranno nella finestra di visualizzazione attiva nel momento in cui il comando inizia ad essere eseguito.

Nel caso in cui siano aperte finestre di tipo diverso e non ci sia ambiguità, ModeSt attiva automaticamente il comando nella finestra che lo può gestire.

### Interruzione comandi

Molti comandi restano in esecuzione fin quando non se ne chiede esplicitamente l'interruzione.

Questo avviene tipicamente per i comandi che richiedono una selezione di elementi, il che consente di operare per passi successivi, e per i comandi di definizione proprietà, consentendo di definire in un solo momento tutta una serie di dati.

La terminazione di questi comandi avviene generalmente in modo automatico nei seguenti casi:

- quando si richiede un nuovo comando dello stesso livello di priorità;
- premendo il tasto "Invio" alla richiesta di dati;
- premendo il tasto destro del mouse (che corrisponde ad "Invio").



In qualunque momento è comunque possibile interrompere il comando in corso premendo il tasto "Esc". Un eventuale comando lasciato in sospeso riprende automaticamente l'esecuzione.

Per interrompere l'esecuzione di tutti i comandi in esecuzione o in sospeso, utilizzare la combinazione di tasti Ctrl+Interr.

## Struttura gerarchica e ambiente dei comandi

Non tutti i comandi sono eseguibili in qualunque momento, in quanto alcuni di essi hanno bisogno che ModeSt si trovi in uno stato ben determinato o che siano presenti alcune specifiche condizioni.

È possibile raggruppare i comandi in funzione dell'ambiente in cui possono operare:

**ModeSt:** comandi eseguibili in qualunque momento.

**Progetto:** comandi eseguibili quando è presente un progetto.

**Struttura:** comandi eseguibili quando nel progetto è presente una struttura corrente.

**Visualizzazione:** comandi eseguibili purché sia aperta una finestra grafica di qualunque tipo.

**Rappresentazione struttura:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra con una qualsiasi rappresentazione della struttura, sia di modellazione che di progettazione interattiva. Sono generalmente i comandi relativi alla visualizzazione dei dati associati alla struttura come diagrammi, mappe a colori, numerazioni e proprietà.

**Modellazione:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra con una vista di modellazione. Sono tutti i comandi che modificano le modalità di rappresentazione della struttura.

**Ms-Cad:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra con un disegno che in ogni caso è anche un disegno Ms-Cad. Si tenga presente che tutte le finestre di progettazione interattiva sono anche finestre Ms-Cad.

**Progettazione interattiva:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa ad una qualunque procedura di progettazione interattiva.

## Richieste dati

Molti comandi effettuano la richiesta di dati in vario modo. Alcune convenzioni aiutano a capire cosa viene richiesto e come inserire i dati. Si riportano le convenzioni adottate, con un esempio riferito al comando **BOX**:

Dimensioni semispazi	rappresenta la descrizione dei dati richiesti.
(sup. inf.)	fra parentesi tonde si può trovare: <ul style="list-style-type: none"><li>• se il comando richiede sulla stessa linea più di un dato, si ha la descrizione dei dati stessi (come in questo caso);</li><li>• se il comando richiede un dato compreso in una rosa di scelte possibili, si ha l'elenco delle scelte a disposizione;</li><li>• se il comando richiede un dato compreso in un intervallo numerico, si hanno i valori d'estremità dell'intervallo.</li></ul>
<cm>	fra i segni di maggiore e minore viene riportata <b>l'unità di misura</b> dei dati richiesti.
[10000 10000]	fra parentesi quadre si hanno i valori di default, ossia i valori che il comando assume se si preme semplicemente il tasto "Invio".

Tutti i valori numerici richiesti da ModeSt possono essere inseriti come espressioni numeriche, con la possibilità di usare anche le seguenti funzioni:

sin( ), cos( ), tan( ), asin( ), acos( ), atan( )	funzioni trigonometriche e loro inverse;
exp( ), ln( )	funzione esponenziale e sua inversa (logaritmo);
sqrt( )	funzione radice quadrata.

Risulta quindi perfettamente valido l'inserimento di un valore come ad esempio:

4+(5\*6)-sin(3.1415/2)

Nella linea di comando viene visualizzata anche una descrizione più dettagliata dei dati da inserire, maggiori informazioni sono reperibili nell'**aiuto contestuale** che si attiva con il tasto F1.

## Modificatori

Alcuni comandi consentono l'uso di modificatori che ne modificano il comportamento.

I modificatori vanno inseriti nella Linea di comando immediatamente dopo il nome del comando stesso, separati da spazio, prima di premere il tasto "Invio".

I modificatori ammissibili per ogni comando sono riportati nell'aiuto specifico, ma i principali sono i caratteri '+' e '-' (simboli più e meno dell'addizione e sottrazione).

Il loro significato varia in funzione dei comandi ed è generalmente intuitivo, ma si può riassumere nei seguenti casi:

**Per comandi che agiscono su un insieme di elementi** modificandone un loro proprietà o rappresentazione, i modificatori impediscono che l'eventuale insieme esistente venga annullato nel momento dell'esecuzione del comando (comportamento standard), indicando invece che si intende aggiungere (carattere '+') o togliere (carattere '-') dall'insieme esistente o che si desiderano inserire dei **sottocomandi**.

Ad esempio:

**DMOM IMP 1** elimina i diagrammi momenti esistenti (non è stato inserito nessun modificatore) e disegna quelli delle aste sull'impalcato 1;

**DMOM + IMP 1** aggiunge (modificatore '+') ai diagrammi esistenti quelli delle aste sull'impalcato 1;

**DMOM - IMP 1** toglie (modificatore '-') dai diagrammi esistenti quelli delle aste sull'impalcato 1;

oppure:

**SELA MEM P - SEZ 2** seleziona tutte le aste con membratura di tipo pilastro e poi toglie dalla selezione quelle di sezione 2.

**Per comandi che settano parametri interni** e contemporaneamente modificano un comportamento, i modificatori permettono di cambiare il comportamento senza modificare i parametri interni.

Ad esempio:

**SRIF** (senza modificatori) chiede i dati per la definizione di un nuovo sistema di riferimento e lo rende attivo;

**SRIF +** (modificatore '+') rende attivo l'ultimo sistema di riferimento definito;

**SRIF -** (modificatore '-') disattiva l'eventuale sistema di riferimento attivo senza che ne venga perduta la definizione.

**Per comandi che funzionano da interruttore** ossia che attivano/disattivano un parametro passando ogni volta da uno stato all'altro, il modificatore '+' forza lo stato attivo qualunque fosse lo stato precedente ed analogamente il modificatore '-' setta lo stato inattivo.

Ad esempio:

**DNN** attiva il disegno dei numeri dei nodi se non era attivo, lo disattiva se era attivo (non è stato inserito nessun modificatore);

**DNN +** attiva in ogni caso il disegno dei numeri dei nodi. Se il disegno era già attivo, non viene eseguita nessuna operazione (modificatore '+');

**DNN -** disattiva in ogni caso il disegno dei numeri dei nodi. Se il disegno non era attivo, non viene eseguita nessuna operazione (modificatore '-').

Il modificatore '?' (punto di domanda) ha un significato leggermente diverso; si veda **Comandi e finestre di dialogo** e **Comandi e barre degli strumenti** per una spiegazione dettagliata.

## Ambiente

Non tutti i comandi sono eseguibili in qualunque momento, in quanto alcuni di essi hanno bisogno che ModeSt si trovi in uno stato ben determinato o che siano presenti alcune specifiche condizioni.

È possibile raggruppare i comandi in funzione dell'ambiente in cui possono operare:

**ModeSt:** comandi eseguibili in qualunque momento.

**Progetto:** comandi eseguibili quando è presente un progetto.

**Visualizzazione:** comandi eseguibili purché sia aperta una finestra grafica di qualunque tipo (ad esempio **ZOOM**, **OTT**).

**Rappresentazione struttura:** comandi eseguibili in una finestra con una qualsiasi rappresentazione della struttura, sia di modellazione che di progettazione interattiva. Sono generalmente i comandi relativi alla visualizzazione dei dati associati alla struttura come diagrammi, mappe a colori, numerazioni e proprietà (ad esempio **DNN**, **DMOM**, ecc.).

**Modellazione:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra con una vista di modellazione. Sono tutti i comandi che modificano le modalità di rappresentazione della struttura (ad esempio **BOX**).

**Ms-Cad:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra con un disegno che in ogni caso è anche un disegno Ms-Cad (ad esempio **LINE**, **TEST**, ecc.). Si tenga presente che tutte le finestre di progettazione interattiva sono anche finestre Ms-Cad.

**Progettazione interattiva:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa ad una procedura di progettazione interattiva (ad esempio **DCMP**).

**Progettazione interattiva travi:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva travi (ad esempio **MPBL**, **FBL**).

**Progettazione interattiva nuclei:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva nuclei (ad esempio **DPAR**).

**Progettazione interattiva solette/platee:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva solette/platee (ad esempio **DPUN**).

**Progettazione interattiva plinti/pali:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva plinti/pali.

**Progettazione interattiva solai:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva solai (ad esempio **AGGH**, **ELIH**).

**Progettazione interattiva sezioni:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva sezioni (ad esempio **AGGF**, **ASTA**).

**Progettazione interattiva reticolari:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva delle reticolari in acciaio (ad esempio **ARMA**, **CALC**).

**Progettazione interattiva collegamenti:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva dei collegamenti per strutture intelaiate in acciaio (ad esempio **DSF**, **DSB**).

**Progettazione interattiva murature:** comandi eseguibili quando è aperta una finestra relativa alla progettazione interattiva di una struttura in muratura (ad esempio **CALC**, **DCCS**).

## Sottocomandi

Alcuni comandi prevedono dei sottocomandi per la selezione di opzioni o il settaggio di parametri.

I sottocomandi vanno inseriti quando il comando è in esecuzione ed è in attesa di dati.

Qualora fosse necessario inserire i sottocomandi dopo che l'esecuzione del relativo comando è terminata, è possibile rilanciare il comando senza causare la perdita dei dati precedenti digitando il comando seguito sulla stessa linea dal **modificatore** '+' o '-'.

Ad esempio il comando **DAFB** effettua la rappresentazione dell'area di ferro teorica d'armatura per elementi bidimensionali in direzioni e posizioni specificabili e considerando eventualmente l'eccedenza rispetto ad una armatura diffusa. Volendo modificare la direzione o la posizione dell'armatura o l'armatura diffusa senza dover specificare nuovamente la selezione di elementi bidimensionali, sarà sufficiente digitare **DAFB +** e quindi inserire i sottocomandi desiderati.

Con la definizione di apposite macro è comunque possibile trasformare i sottocomandi in comandi veri e propri.

## Ridefinizione dei comandi tramite macro

In ModeSt è possibile modificare completamente il comportamento di un comando ridefinendolo all'interno di una **macro** (macrocomando).

Assegnando alla macro lo stesso nome del comando ModeSt automaticamente userà quest'ultima anziché il comando originale che viene in un certo modo "sovrascritto" dalla macro.

Sarà comunque sempre possibile utilizzare il comando originale antepo-  
nendo il carattere '\_' (underscore) al nome del comando stesso.

Se ad esempio è stata scritta una macro di nome "AGGA", che sovrascrive il comando originale di inserimento aste, sarà possibile eseguire il comando originale utilizzando il comando **\_AGGA**.

Per i comandi che normalmente aprono una finestra di dialogo, come ad esempio **DEMA**, **DESE** ecc, l'utilizzo con il carattere '\_' (underscore) anteposto al nome del comando stesso (**\_DEMA**, **\_DESE**, ecc.) ne attiva la richiesta dati da linea di comando, consentendone l'uso attraverso una macro.

**Argomenti correlati: Macro e personalizzazione comandi.**

## Sintassi

Durante il normale uso del programma nella **linea di comando** e nel metodo Esegui dell'**oggetto ModeSt** in macro si possono scrivere una sequenza di istruzioni e caratteri di controllo per eseguire istruzioni complesse.

Ad esempio:

```
_DESE <CR> T N R 0.3 0.3 <CR>
```

permette la definizione di una nuova sezione: il carattere "\_" (underscore) forza l'esecuzione del comando originale **DESE** senza lanciare la finestra di dialogo di richiesta dati. Il carattere di controllo <CR> conferma i valori di default e crea una nuova sezione, T, N e R specificano che si vuol definire una sezione con membratura "Trave", verifica prevista "Nessuna", sezione "Rettangolare" di dimensioni 30x30.



I caratteri di controllo utilizzabili sono i seguenti:


<CR> (che rappresenta il tasto "Invio") permette di confermare i valori di default;


<ESC> (che rappresenta il tasto "Esc") permette di uscire dal comando.

## Personalizzazione del programma

### Opzioni



Dal menu dell'applicazione  cliccando su **Opzioni**  è possibile modificare la configurazione di ModeSt ed i dati ed i parametri di visualizzazione (fattori di scala, ecc.) che verranno assunti come default ogni volta che viene creato una nuova struttura o un nuovo disegno Ms-Cad e nella struttura corrente. Questi parametri verranno assunti come default anche nella finestra di modellazione già aperta.

Le opzioni di visualizzazione delle finestre di modellazione o di Ms-Cad già aperte possono anche essere modificate attraverso il **menu a comparsa** che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra e selezionando *Opzioni di disegno* oppure cliccando nella **Barra di accesso rapido** su .

Le opzioni di visualizzazione nella finestra di editor già aperta possono invece essere modificate attraverso il menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra e selezionando *Proprietà e opzioni di disegno* oppure cliccando nel gruppo **Disegno** su **Opzioni** .

**Argomenti correlati:** Menu a comparsa.

### Aspetto grafico dei testi



Nella scheda "Aspetto" delle opzioni, apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , è possibile selezionare:

- il tipo e l'altezza dei caratteri da utilizzare nella visualizzazione di informazioni aggiuntive nelle **finestre di modellazione** e di progettazione interattiva e la dimensione dei simboli utilizzati per la rappresentazione dei nodi;
- il tipo dei caratteri da utilizzare per i testi presenti nei disegni rappresentati nelle **finestre di Ms-Cad**. In questo caso non è ovviamente possibile selezionare l'altezza dei testi che dipende da quanto specificato nel disegno.

L'altezza del carattere visualizzato nelle **finestre di modellazione** si può modificare muovendo il cursore relativo a **Dim. caratteri** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.



### Schemi di colore

Nelle finestre di visualizzazione e nella stampa dei documenti, ModeSt utilizza delle impostazioni di default per il colore degli oggetti.

Cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni**  e selezionando la scheda **Aspetto** è possibile scegliere dalla casella di riepilogo a discesa lo schema di colore da utilizzare. Il cambiamento dello schema di colore si riflette su tutte le finestre.

Durante la stampa si può utilizzare un diverso schema di colore semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo.

Nell'installazione del programma vengono forniti alcuni schemi di colori configurati per la modellazione e la stampa. Queste impostazioni sono memorizzate in file ASCII di nome NOMEFILE.COL (che risiede nella cartella

ETC) e possono essere modificate semplicemente cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , selezionando la scheda **Aspetto** e cliccando su **Modifica**.

La finestra di dialogo si presenta suddivisa essenzialmente in una parte in cui viene riportato l'elenco dei nomi dei layer con un'anteprima dell'impostazioni attribuite, una finestra di anteprima, bottoni e caselle di riepilogo a discesa che consentono di modificare le impostazioni del layer selezionato.

I parametri richiesti nella finestra di dialogo hanno il seguente significato:

**Colore testo:** rappresenta il colore del testo.

**Colore penna:** rappresenta il colore del contorno dell'oggetto.

**Colore riempimento:** rappresenta il colore del riempimento dell'oggetto.

**Trasparenza:** consente di rendere l'oggetto opaco (0%) oppure trasparente (100%).

**Luce:** se la luce è impostata come Emessa, l'oggetto non cambia il colore al variare del punto di vista, se è impostata come Riflessa, l'oggetto presenta facce con una tonalità più scura del colore impostato, quest'ultima è consigliata per le aste e gli elementi bidimensionali in quanto rende più il senso della tridimensionalità dell'oggetto.

Il significato degli oggetti che possono essere modificati dall'utente è il seguente:

<b>ZERO</b>	riservato
<b>GEO1</b>	colore layer GEO1
<b>GEO2</b>	colore layer GEO2
<b>GEO3</b>	colore layer GEO3
<b>TRATGEO1</b>	colore layer TRATGEO1
<b>TRATGEO2</b>	colore layer TRATGEO1
<b>TRATGEO3</b>	colore layer TRATGEO1
<b>CAMPITURE</b>	colore linee campiture
<b>TALTI</b>	colore testi classificati "alti"
<b>TMEDI</b>	colore testi classificati "medi"
<b>TPICCOLI</b>	colore testi classificati "piccoli"
<b>TQUOTE</b>	colore testi quotature
<b>TFERRI</b>	colore testi dei ferri d'armatura
<b>LQUOTE</b>	colore linee quotature
<b>LQINCL</b>	colore linee diagonali quotature
<b>LRIFER</b>	colore linee riferimenti
<b>LINDSEZ</b>	colore linee che indicano la posizione di una sezione
<b>TINDSEZ</b>	colore testi che indicano una sezione
<b>LINTDIS</b>	colore linee di interruzione disegno
<b>CTESTI</b>	colore cerchi intorno ai testi
<b>FERRI</b>	colore ferri d'armatura
<b>STAFFE</b>	colore delle staffe
<b>INVISIBILE</b>	riservato
<b>TEMPORANEO</b>	colore temporaneo oggetti selezionati
<b>EVIDENZIATO</b>	colore elementi selezionati (nodi, aste, ecc.)
<b>EVIDENZIATOTRASP</b>	colore elementi evidenziati in trasparenza
<b>NONEVIDENZIATOTRASP</b>	colore elementi non evidenziati in trasparenza
<b>GRFON</b>	colore sfondo
<b>GRFONNF</b>	colore sfondo senza riempimento
<b>GRINV</b>	riservato
<b>ASSI</b>	colore sistemi di riferimento globale e locale
<b>GRID</b>	colore lucido di costruzione
<b>GRIDPOINT</b>	colore punti del lucido di costruzione

<b>VINC</b>	colore vincolo nodo
<b>NODI</b>	colore nodi
<b>NODIAGG</b>	colore nodi aggiuntivi
<b>NODISEL</b>	colore nodi selezionati
<b>TRAVI</b>	colore aste con membratura "trave"
<b>PILA</b>	colore aste con membratura "pilastro"
<b>ASTE</b>	colore aste con membratura "generica"
<b>AST0</b>	colore aste con sezione fittizia 0
<b>AST1</b>	colore aste con sezione fittizia -1
<b>ASTESEL</b>	colore aste selezionate
<b>MURI</b>	colore muri
<b>MURIFILLED</b>	colore riempimento muri
<b>BIDI</b>	colore elementi bidimensionali
<b>BIDIFILLED</b>	colore riempimento elementi bidimensionali
<b>MURISEL</b>	colore muri/elementi bidimensionali selezionati
<b>PLINTI</b>	colore plinti
<b>PLINTISEL</b>	colore plinti selezionati
<b>SOL</b>	colore simbolo solai
<b>SOLASEL</b>	colore simbolo solai selezionati
<b>TAMP</b>	colore simbolo tamponature
<b>TAMPSEL</b>	colore simbolo tamponature selezionate
<b>TAMPPUNTSI</b>	colore puntone equivalente valido
<b>TAMPPUNTNO</b>	colore puntone equivalente non valido
<b>LINEARLINK</b>	colore link su linea
<b>LINEARLINKSEL</b>	colore link su linea selezionati
<b>ELEMENTOERRATO</b>	colore link su linea errato
<b>INTEG_LONG</b>	colore dell'integratore longitudinale
<b>INTEG_TRAS</b>	colore dell'integratore trasversale
<b>CAPRIATE</b>	colore simbolo capriata
<b>CAPRIATESEL</b>	colore simbolo capriata selezionate
<b>MEMBBIAN</b>	colore della membratura
<b>MEMBNERO</b>	colore della membratura
<b>MEMBBIANSING</b>	colore della singola asta appartenente ad una membratura
<b>MEMBNEROSING</b>	colore della singola asta appartenente ad una membratura
<b>CARNODO</b>	colore diagramma dei carichi sui nodi
<b>CARASTA</b>	colore diagramma dei carichi sulle aste

<b>CARMURO</b>	colore diagramma dei carichi sui muri/elementi bidimensionali
<b>GDBRSEL</b>	colore elementi grafici selezionati in Ms-Cad
<b>LEGE01÷32</b>	colore mappe elementi bidimensionali, tassi di sfruttamento elementi in acciaio, aree di ferro teoriche elementi in c.a., tensioni sul terreno, spostamenti relativi, ecc.
<b>ANOMALIE</b>	colore zona in cui le verifiche o i controlli di normativa risultano non soddisfatti
<b>ZONACOMPRESSA</b>	colore zona compressa
<b>TAU</b>	colore diagramma della tensione tangenziale
<b>TAUC0</b>	colore diagramma della tensione tangenziale compresa tra $\tau_{c0}$ e $\tau_{c1}$
<b>TAUC1</b>	colore diagramma della tensione tangenziale maggiore di $\tau_{c1}$
<b>SCORR</b>	colore diagramma dello scorrimento agente
<b>SCORRMING</b>	colore diagramma dello scorrimento minimo di regolamento
<b>BORDODOMINIO</b>	colore perimetro del dominio di rottura
<b>PUNTIONFIN</b>	colore punti sul bordo del dominio corrispondenti alle sollecitazioni del caso corrente
<b>PUNTIONLEC</b>	colore punti che rappresentano le sollecitazioni agenti
<b>PUNTIONCORR</b>	colore del punto che rappresenta la sollecitazione del caso corrente
<b>FERRIAGGIUNT</b>	colore ferri aggiuntivi
<b>FERRIFITTI</b>	colore ferri fittizi
<b>FERRIRUBBER</b>	colore ferro durante l'inserimento dinamico
<b>FERRIIMMAG</b>	colore della rappresentazione dei ferri e delle staffe teoriche
<b>CEMENTO</b>	colore aste o muri/elementi bidimensionali con verifica prevista "Cemento armato"
<b>MURATURA</b>	colore muri/elementi bidimensionali con verifica prevista "Muratura ordinaria"
<b>MURATURAARMATA</b>	colore muri/elementi bidimensionali con verifica prevista "Muratura armata"
<b>ACCIAIO</b>	colore aste con verifica prevista "Acciaio"
<b>LEGNO</b>	colore aste con verifica prevista "Muratura"
<b>GENERICA</b>	colore aste con verifica prevista "Generica"
<b>PIANODILAVORO</b>	colore riempimento del piano di lavoro (POIM, PVX, ecc.)
<b>PIANIDITAGLIO</b>	colore riempimento del piano superiore/inferiore della scatola di visualizzazione (BOX)
<b>PIANIINMOVIMENTO</b>	colore riempimento del piano di lavoro o della scatola di visualizzazione in movimento
<b>PIASTRA</b>	colore piastre (utilizzato nei collegamenti in acciaio)
<b>BULLONE</b>	colore bulloni (utilizzato nei collegamenti in acciaio)
<b>SALDATURA</b>	colore saldature (utilizzato nei collegamenti in acciaio)
<b>SOLLASTA</b>	colore diagramma delle sollecitazioni nelle aste

<b>SOLLMURO</b>	colore non utilizzato
<b>DDEF</b>	colore deformata nodale
<b>DDEL</b>	colore deformata elastica
<b>GENERICOX</b>	colore forze sismiche in direzione X o coppie sismiche intorno a X
<b>GENERICOY</b>	colore forze sismiche in direzione Y o coppie sismiche intorno a Y
<b>GENERICOZ</b>	colore forze sismiche in direzione Z o coppie sismiche intorno a Z
<b>MASSEPNT</b>	colore simbolo del punto di applicazione delle forze o masse sismiche
<b>MASELIN</b>	colore simbolo delle masse sismiche
<b>MASCHIO_STATICA</b>	colore maschi murari per verifiche statiche
<b>MASCHIO_SISMICA</b>	colore maschi murari per verifiche sismiche
<b>FASCIA_SISMICA</b>	colore delle fasce per verifiche sismiche
<b>MASCHIO_CINEMATISMI</b>	colore maschi murari per verifiche dei cinatismi
<b>FASCIA_SOPRA</b>	colore elementi classificati fascia sopra il piano
<b>FASCIA_SOTTO</b>	colore elementi classificati fascia sotto il piano
<b>CORNICE_MURA</b>	colore del bordo dei maschi murari
<b>MASCHIONONINDIVIDUATO</b>	colore maschi murari non verificabili
<b>MASCHIOTRASCURATO</b>	colore maschi murari non considerati nelle verifiche
<b>ELECAACC</b>	colore elementi in c.a. o acciaio presenti nel telaio equivalente
<b>NONSISMARESISTENTE</b>	colore maschi murari trascurati nel telaio equivalente poiché classificati come non resistenti all'azione sismica
<b>NODITELAIO</b>	colore nodi del telaio equivalente
<b>NODITELAIO3D</b>	colore nodi del telaio equivalente
<b>ASTETELAIOMASCHI</b>	colore aste del telaio equivalente relative ai maschi murari
<b>ASTETELAIOFASCE</b>	colore aste del telaio equivalente relative alle fasce in muratura
<b>ASTETELAIOCORDOLI</b>	colore aste del telaio equivalente relative ai cordoli
<b>RIGIDETELAIO</b>	colore aste infinitamente rigide del telaio equivalente
<b>ASTETELAIO3D</b>	colore aste del telaio equivalente
<b>LRIGIDBAR</b>	colore aste infinitamente rigide che collegano trasversalmente i telai equivalenti
<b>LFLESSIONALE</b>	colore muri/elementi bidimensionali con comportamento "Flessionale"
<b>LMEBRANALE</b>	colore muri/elementi bidimensionali con comportamento "Membranale"
<b>LWINKLER</b>	colore muri/elementi bidimensionali con comportamento su suolo elastico alla "Winkler"
<b>LPARETE</b>	colore muri/elementi bidimensionali con utilizzo "Parete"
<b>LSOLETTA</b>	colore muri/elementi bidimensionali con utilizzo "Soletta/platea"
<b>LNUCLEO</b>	colore muri/elementi bidimensionali con utilizzo "Nucleo"
<b>ESPOSTA</b>	colore porzione di sezione esposta al fuoco





<b>NONESPOSTA</b>	colore porzione di sezione non esposta al fuoco
<b>ISOLATA</b>	colore porzione di sezione isolata dal fuoco
<b>ADIABATICA</b>	colore porzione di sezione adiabatica
<b>RINF_FRP_TRAS</b>	colore rinforzo in FRP trasversale all'asta
<b>RINF_FRP_LONG</b>	colore rinforzo in FRP longitudinale all'asta
<b>RINF_FRP_NODO</b>	colore rinforzo in FRP del nodo trave-pilastro
<b>RINF_FRP_TAMP</b>	colore rinforzo in FRP per contrastare l'azione della tamponatura sul nodo trave-pilastro
<b>RIF_INC_TRAS</b>	colore rinforzo con incamiciatura in acciaio trasversale all'asta
<b>RIF_INC_LONG</b>	colore rinforzo con incamiciatura in acciaio longitudinale all'asta
<b>RIF_CAM_TRAS</b>	colore rinforzo con sistema CAM trasversale all'asta
<b>RIF_CAM_LONG</b>	colore rinforzo con sistema CAM longitudinale all'asta
<b>RINF_INC_CA</b>	colore rinforzo con incamiciatura in c.a. dell'asta
<b>GIUNZ_TRAZ</b>	colore giunzioni a trazione
<b>GIUNZ_TAGL</b>	colore giunzioni a taglio
<b>HEADUPON</b>	colore sfondo, bordo e testo delle voci attive negli Strumenti di visualizzazione
<b>HEADUPOFF</b>	colore sfondo, bordo e testo delle voci disattivate negli Strumenti di visualizzazione
<b>HEADUPONOVER</b>	colore sfondo, bordo e testo quando il cursore è sopra una delle voci attive negli Strumenti di visualizzazione
<b>HEADUPOFFOVER</b>	colore sfondo, bordo e testo quando il cursore è sopra una delle voci disattiva negli Strumenti di visualizzazione
<b>COL01÷23</b>	colore tipi di sezione aste, tipi di muri/elementi bidimensionali, ecc.
<b>LPOINT_CENT</b>	colore snap centrale
<b>LPOINT_ORTO</b>	colore snap ortogonale
<b>LPOINT_PERP</b>	colore snap perpendicolare
<b>LPOINT_PRIF</b>	colore linea di riferimento
<b>STATO_NON_PROGETTABILE</b>	colore stato verifiche di elementi non progettabili
<b>STATO_NON_PROGETTATO</b>	colore stato verifiche di elementi non progettati
<b>STATO_NON_RIVERIFICABILE</b>	colore stato verifiche di elementi non verificabili
<b>STATO_DA_RIVERIFICARE</b>	colore stato verifiche di elementi da riverificare
<b>STATO_PROGETTATO</b>	colore stato verifiche di elementi progettati
<b>CLASSEAP</b>	colore della classe di rischio A+
<b>CLASSEA</b>	colore della classe di rischio A
<b>CLASSEB</b>	colore della classe di rischio B
<b>CLASSEC</b>	colore della classe di rischio C
<b>CLASSED</b>	colore della classe di rischio D

<b>CLASSEE</b>	colore della classe di rischio E
<b>CLASSEF</b>	colore della classe di rischio F
<b>CLASSEG</b>	colore della classe di rischio G



## Schemi di colore per diagrammi

Nelle finestre di visualizzazione e nella stampa dei diagrammi, ModeSt utilizza delle impostazioni di default per il colore degli oggetti.

Cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni**  e selezionando la scheda **Aspetto** è possibile scegliere dalla casella di riepilogo a discesa lo schema di colore da utilizzare. Il cambiamento dello schema di colore si riflette su tutti i diagrammi.

Durante la stampa si può utilizzare un diverso schema di colore semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo.

Nell'installazione del programma vengono forniti alcuni schemi di colori configurati per la modellazione e la stampa. Queste impostazioni sono memorizzate in file ASCII di nome NOMEFILE.DIA (che risiede nella cartella

ETC) e possono essere modificate semplicemente cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , selezionando la scheda **Aspetto** e cliccando sul bottone **Modifica**.

La finestra di dialogo si presenta suddivisa essenzialmente in una parte in cui viene riportato l'elenco dei nomi dei layer con un'anteprima dell'impostazioni attribuite, una finestra di anteprima, bottoni e caselle di riepilogo a discesa che consentono di modificare le impostazioni del layer selezionato.

I parametri richiesti nella finestra di dialogo hanno il seguente significato:

**Colore testo:** rappresenta il colore del testo.

**Stile penna:** rappresenta lo stile del contorno dell'oggetto e può assumere i valori SOLID, DASH, DOT, DASHDOT, DASHDOTDOT, NULL.

**Colore penna:** rappresenta il colore del contorno dell'oggetto.

**Colore riempimento:** rappresenta il colore del riempimento dell'oggetto.

**Stile riempimento:** rappresenta il tipo di riempimento dell'oggetto e può assumere i valori SOLID, NULL, HORIZONTAL, VERTICAL, BDIAGONAL, FDIAGONAL, CROSS, DIAGCROSS.

Il significato degli oggetti che possono essere modificati dall'utente è il seguente:



<b>LINEA0</b>	colore linee della curva di capacità, spettro di progetto orizzontale, momento-curvatura, deformata acciaio-curvatura
<b>LINEA1</b>	colore linee della bilineare equivalente, spettro di progetto verticale, deformata calcestruzzo-curvatura
<b>LINEA2</b>	colore linee della curva dello spettro di domanda relativo allo stato limite di operatività (SLO)
<b>LINEA3</b>	colore linee della curva dello spettro di domanda relativo allo stato limite di danno (SLD)
<b>LINEA4</b>	colore linee della curva dello spettro di domanda relativo allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)
<b>LINEA5</b>	colore linee della curva dello spettro di domanda relativo allo stato limite di collasso (SLC)
<b>LINEA6</b>	colore linee
<b>LINEA7</b>	colore linee
<b>LINEA8</b>	colore linee
<b>LINEA9</b>	colore linee
<b>CERCHIO0</b>	colore cerchi che indicano la posizione dello stato limite di operatività (SLO)
<b>CERCHIO1</b>	colore cerchi che indicano la posizione dello stato limite di danno (SLD)

<b>CERCHIO2</b>	colore cerchi che indicano la posizione dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV)
<b>CERCHIO3</b>	colore cerchi che indicano la posizione dello stato limite di collasso (SLC)
<b>CERCHIO4</b>	colore cerchi
<b>CERCHIO5</b>	colore cerchi
<b>CERCHIO6</b>	colore cerchi
<b>CERCHIO7</b>	colore cerchi
<b>CERCHIO8</b>	colore cerchi
<b>CERCHIO9</b>	colore cerchi
<b>GRIGLIA</b>	colore linee del reticolo
<b>ASSI</b>	colore assi
<b>ONMOUSE</b>	colore linee che indicano la posizione sugli assi del punto individuato con il cursore
<b>GRFON</b>	colore sfondo

## Definizione dei layer CAD

Nella generazione dei file DXF le entità grafiche vengono posizionate su diversi layer (livelli) in base alle loro caratteristiche. I layer che verranno definiti e le modalità di creazione dei file DXF sono completamente definibili dall'utente.

Il nome del layer, il colore e il tipo di linea associato alle diverse entità può essere modificato cliccando sul

menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , selezionando la scheda **Esportazioni DXF** e cliccando sul bottone **Modifica definizione layer**.

I nomi degli stili di penna fanno riferimento ai dati contenuti nel file LTYPE.DEF (che risiede nella cartella FILES) in cui è descritto il tipo di linea secondo la convenzione adottata da AutoCAD.

Il significato dell'entità che possono essere modificati dall'utente coincide con quanto riportato in **Schemi di colore**.

Di default la definizione e l'associazione dei layer con le diverse entità è la seguente:

N. Entità	Layer	Penna	Stile penna
1 Geo1	GEO	1	CONTINUA
2 Geo2	GEO	2	CONTINUA
3 Geo3	GEO	3	CONTINUA
4 TratGeo1	GEO	1	TRATTEGGIATA
5 TratGeo2	GEO	2	TRATTEGGIATA
6 TratGeo3	GEO	3	TRATTEGGIATA
7 Campiture	TRATTEGGI	1	CONTINUA
8 TAlti	TESTI	3	CONTINUA
9 TMedi	TESTI	2	CONTINUA
10 TPiccoli	TESTI	2	CONTINUA
11 TQuote	QUOTE	2	CONTINUA
12 TFerri	FERRI	2	CONTINUA
13 LQuote	QUOTE	1	CONTINUA
14 LQincl	QUOTE	3	CONTINUA

15 LRifer	QUOTE	1 CONTINUA
16 LIndSez	SEZIONI	3 PUNTOLINEA
17 TIndSez	SEZIONI	3 CONTINUA
18 LIntDis	TRATTEGGI	1 TRATTEGGIATA
19 CTesti	TESTI	2 CONTINUA
20 Ferri	FERRI	3 CONTINUA
21 RifFerri	FERRI	1 CONTINUA
22 User1	USER	1 CONTINUA
23 User2	USER	2 CONTINUA
24 User3	USER	3 CONTINUA
25 TratUser1	USER	1 TRATTEGGIATA
26 TratUser2	USER	2 TRATTEGGIATA
27 TratUser3	USER	3 TRATTEGGIATA

dove:

<b>N.</b>	numero progressivo di riferimento
<b>Entità</b>	nome dell'entità grafica e layer GDB
<b>Layer</b>	nome del layer da usare nei file DXF
<b>Penna</b>	numero della penna da usare nei file DXF
<b>Stile penna</b>	stile della penna da usare nei file DXF

Pur restando libera al momento del plottaggio l'associazione fra colori e spessori delle penne (si veda anche **Stampa e plottaggio disegni**) nella definizione di default dei layer ModeSt assume che il colore rosso sia associato ad una penna fine (0.1-0.2), il giallo ad una penna media (0.3-0.4) e il verde ad una penna grossa (0.5-0.6).

## Modellazione struttura

### Filosofia di base

#### Introduzione

ModeSt non prevede un metodo standard di inserimento dati. Si può arrivare alla modellazione della struttura seguendo strade diverse, ed ogni utente si conformerà a quella che gli è più congeniale.

La definizione di una struttura consiste nella definizione di un insieme di **nodi** (punti nello spazio tridimensionale) che fungono da punto di connessione fra elementi monodimensionali e bidimensionali secondo gli schemi consueti nelle strutture da calcolare col metodo degli elementi finiti (FEM).

I diversi programmi agli elementi finiti denominano in vario modo gli elementi monodimensionali (beam, truss, ecc.) e bidimensionali (plate, shell, ecc.), ModeSt denomina i primi generalmente *aste* ed i secondi *muri* o *elementi bidimensionali* (per brevità a volte semplicemente *bidimensionali*). La denominazione **muro** è stata adottata per alcuni particolari elementi che pur se visivamente paiono elementi bidimensionali, vengono in realtà a livello di calcolo trattati in altro modo. Quando si fa riferimento ad elementi che possono indifferentemente essere muri o elementi bidimensionali, si usa in genere il termine **elemento bidimensionale** o **bidimensionale**.

La caratterizzazione degli elementi presenti nella struttura, ossia la specifica di tutte le caratteristiche ad esempio di sezione, di vincolo ecc. di un'asta o di altri elementi viene effettuata in ModeSt utilizzando il concetto di **proprietà**. Occorre quindi definire le proprietà da utilizzare per assegnarle agli elementi. Le proprietà correnti sono raccolte nel pannello **Proprietà correnti**.

Altri elementi introducibili in ModeSt, ma che non hanno valenza strutturale sono:

**Impalcati:** sono il raggruppamento logico di un insieme di nodi, caratterizzati in genere dalla stessa quota. Gli impalcati servono essenzialmente per facilitare l'inserimento dati e consentono l'eventuale schematizzazione di piani rigidi.

**Solai:** sono superfici piane delimitate da un contorno chiuso di nodi collegati da aste. I solai non hanno nessuna valenza strutturale, ma servono solo per definire delle zone con carico uniforme e consentire così la generazione automatica dei carichi.

**Nuclei:** sono il raggruppamento logico di un insieme di elementi bidimensionali che verranno progettati come pareti di taglio tenendo conto delle sollecitazioni globali. I muri e gli elementi bidimensionali possono essere raggruppati in *nuclei*, insieme di elementi in cemento armato di cui progettare l'armatura tenendo conto delle sollecitazioni globali. I nuclei non hanno nessuna valenza strutturale aggiuntiva rispetto a quella degli elementi che lo compongono, ma servono solo per effettuare un progetto armature più aderente al reale comportamento della struttura.

**Pareti:** sono il raggruppamento logico di un insieme di elementi bidimensionali che verranno progettati come pareti essenzialmente inflesse fuori dal proprio piano.



**Plinti/pali:** non vengono passati al solutore se non in alcuni casi come un vincolo elastico, ma sono comunque elementi che ModeSt può progettare tenendo conto delle sollecitazioni su esso agenti.

**Reticolari in acciaio:** sono il raggruppamento logico di un insieme di aste che abbiano una sezione compatibile con il progetto delle unioni reticolari, ossia che consentano l'inserimento di una piastra di collegamento.




**Argomenti correlati:** Differenza fra muri ed elementi bidimensionali, Nuclei.

## Finestre di modellazione

Una delle caratteristiche di ModeSt è la possibilità di gestire contemporaneamente più rappresentazioni della stessa struttura. Questo avviene attraverso le finestre di modellazione, che possono venire aperte con riferimento alla **struttura corrente**.

L'apertura di finestre di modellazione si può effettuare: cliccando nella **Barra di accesso rapido** su **Nuova** , cliccando nel gruppo **Generali** della scheda **Visualizza** su **Nuova** , con l'opzione *Nuova modellazione* del menu a comparsa del tasto destro sul nome della struttura corrente nell'**albero del progetto** e con il **tasto di scelta rapida** Ctrl+M.

In ognuna delle finestre di modellazione è possibile rappresentare una diversa vista della struttura, con diverse informazioni grafiche su dati e risultati e con diversi diagrammi e mappe a colori, anche riferiti a diverse sollecitazioni e risultati ed utilizzando per ogni finestra diversi **fattori di scala**.

Le finestre di modellazione possono essere raggruppate fra loro e disposte verticalmente o orizzontalmente. Questa funzionalità è attiva solo su Windows 8 e versioni successive. La creazione dei gruppi di finestre richiede di aver aperto almeno due finestre di modellazione. La creazione di un gruppo si effettua rendendo corrente una finestra di modellazione, semplicemente selezionandola con il cursore (il titolo della finestra corrente è in grassetto), ed aprendone una nuova. Ad esempio se abbiamo due finestre di modellazione e rendiamo corrente la finestra di modellazione 2 la nuova finestra di modellazione 3 apparterrà al gruppo di finestre 2-3 e la finestra di modellazione 1 costituirà invece un gruppo di una sola finestra. I gruppi di finestre di modellazione possono essere disposti verticalmente o orizzontalmente cliccando nel gruppo **Gruppi di finestre** della scheda **Visualizza** rispettivamente su **Due gruppi verticali**  o **Due gruppi orizzontali** . Per togliere una finestra da un gruppo è sufficiente chiuderla mentre per ripristinare la disposizione di default basta cliccare nel gruppo **Gruppi di finestre** della scheda **Visualizza** su **Un gruppo isolato** .

**Argomenti correlati:** Comandi grafici generici, Sollecitazione e risultato corrente.

## Visualizzazione struttura

La struttura è visualizzata nelle **finestre di modellazione** utilizzando la tecnologia DirectX. Lo **schema di colore** da utilizzare nella visualizzazione della struttura e le dimensioni dei testi e dei simboli utilizzati nelle finestre di modellazione possono essere impostati nella scheda **Aspetto** delle **Opzioni**.

La struttura viene visualizzata nelle finestre di modellazione definendo un piano di visualizzazione e poi stabilendo quanta parte di spazio è visibile sopra e sotto il piano definito, ossia individuando una "scatola di visualizzazione".

È possibile visualizzare solo la porzione della struttura costituita dall'insieme degli elementi selezionati cliccando sulla voce "Vedi solo selez." degli **Strumenti di visualizzazione**.

È possibile cambiare il punto di vista della struttura con il **menu a comparsa**, che appare facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra di modellazione, selezionando "Vista" o con la **Mini barra degli strumenti**.

La gestione delle principali opzioni di visualizzazione si effettua attraverso gli **Strumenti di visualizzazione** oppure dalla scheda **Visualizza**. I **piani principali orizzontali o verticali della struttura** vengono individuati automaticamente per potersi posizionare velocemente su una pianta o su una sezione della struttura. Gli **allineamenti**, sempre individuati in automatico, presenti nella struttura che con la loro visualizzazione consentono di passare velocemente da un piano verticale all'altro con un doppio clic sull'allineamento.


La struttura può essere visualizzata con trasparenze parziali o totali muovendo il cursore relativo a **Trasparenza** del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

La struttura può essere ruotata dinamicamente intorno ad un punto tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e spostando il cursore. La posizione del punto di rotazione può essere modificata facendo clic con il tasto centrale del mouse su un elemento della struttura: nodo, asta, muro/elemento bidimensionale e solaio. Il tipo di simbolo del punto di rotazione può essere settato nella scheda **Aspetto** delle **Opzioni**. La transizione animata che avviene al cambio del punto di vista o nell'ottimizzazione della visualizzazione della struttura può essere disattivata nella scheda **Aspetto** delle **Opzioni**.

Durante l'esecuzione dei comandi normalmente la rotazione è disabilitata poiché il tasto sinistro del mouse normalmente è utilizzato per selezioni, ecc. Tenendo premuto il tasto "Ctrl" si attiva ugualmente la rotazione della struttura.

La rappresentazione degli elementi della struttura può essere unifilare o tridimensionale. La parte di struttura visibile può anche essere visualizzata in vista prospettica o in vista piana.

Attraverso il menu a comparsa del tasto destro del mouse oppure cliccando nel gruppo **Struttura** della scheda

 **Visualizza su VRML** è possibile attivare la visualizzazione in VRML della struttura, utilizzando un plug-in, in una finestra di un qualsiasi browser (Internet Explorer, Firefox). In pratica viene effettuata una esportazione temporanea della struttura e lanciato automaticamente il browser di default.

La definizione del piano di visualizzazione e degli altri parametri può essere effettuata anche con il **menu a comparsa** che appare facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra di modellazione.

Tutte le coordinate richieste nei comandi possono essere introdotte per via numerica o indicando un nodo o un punto del lucido.

Il piano di visualizzazione può essere spostato dinamicamente semplicemente selezionandolo e muovendolo con il mouse oppure nascosto o visualizzato con gli appositi bottoni presenti nel gruppo **Piano di lavoro** della scheda **Visualizza**. Per passare rapidamente dalla visualizzazione di un impalcato ad un altro è possibile utilizzare i tasti funzione F11 e F12 mantenendo invariato il fattore di zoom e restando nella stessa zona di struttura.

Le dimensioni delle parti di spazio visibili sopra e sotto il piano di visualizzazione possono essere aumentare o diminuite semplicemente muovendo il piano della scatola di visualizzazione selezionato, inoltre è possibile anche nascondere o visualizzare la scatola di visualizzazione con gli appositi bottoni presenti nel gruppo **BOX** della scheda **Visualizza**. Per aumentare o diminuire rapidamente la scatola di visualizzazione è possibile utilizzare i tasti funzione F9 e F10 mantenendo invariato il fattore di zoom e restando nella stessa zona di struttura.

**Utilizzo da linea di comando:** **PROS** (Prospettiva), **POIM** (Posizione impalcato), **PQ** (Piano qualunque), **PQ** (Piano Qualunque), **POQ** (Piano orizzontale a quota), **PV** (Piano verticale), **PVX** (Piano verticale per X), **PVY** (Piano verticale per Y), **TRID** (vista tridimensionale), **BOX** (Definisce scatola di visualizzazione)

**Argomenti correlati:** **Comandi grafici generici**.

## Distanza fra due nodi/punti

Per conoscere la distanza e la differenza di coordinate (DX, DY e DZ) di due nodi/punti presenti nella struttura/griglia o fra due punti di un disegno Ms-Cad cliccare nella **Barra di accesso rapido** oppure nel gruppo

**Generali** della scheda **Visualizza** su **Distanza** .

È utilizzabile quindi anche per conoscere la lunghezza di un'asta o di una linea.

Note:


- Nelle finestre di modellazione è possibile ottenere la distanza fra due nodi sia numericamente (specificando N seguito dal numero) che cliccando nodi della struttura e/o punti del lucido.
- Nelle finestre di Ms-Cad i punti di estremità delle linee vengono catturati solo se è attiva l'opzione "Snap" ed "Estremità" nel pannello **Parametri Ms-Cad**.

**Utilizzo da linea di comando:** **DIST** (Distanza fra due nodi/punti).

## Fattori di scala

Ognuna delle **finestre di modellazione** è indipendente dalle altre per quanto riguarda i fattori di scala o di amplificazione per il disegno dei diagrammi ed anche per altri parametri di disegno ed altre opzioni.

I valori da utilizzare come **default** per le **nuove strutture** possono essere impostati nella scheda **Disegni** delle **Opzioni**.

Si possono invece modificare i valori utilizzati in una finestra di modellazione **già aperta** usando *Opzioni di disegno* del **menu a comparsa** che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra oppure cliccando nella **Barra di accesso rapido** su  oppure nel pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

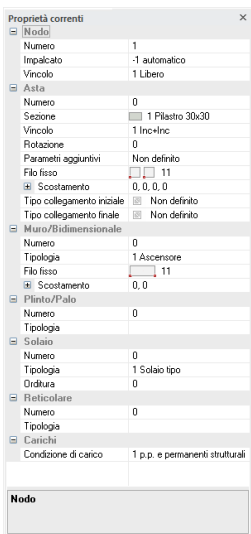
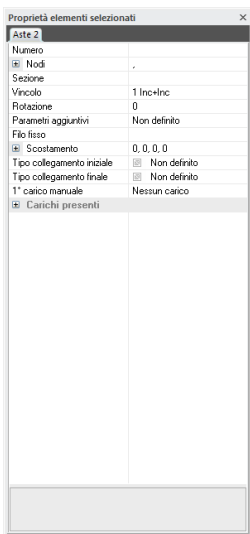
## Proprietà correnti/elementi selezionati

La caratterizzazione degli elementi presenti nella struttura, ossia la specifica di tutte le caratteristiche ad esempio di sezione, di vincolo ecc. di un'asta o di altri elementi viene effettuata in ModeSt utilizzando il concetto di **proprietà**. La definizione e l'assegnazione delle proprietà si eseguono come riportato nei capitoli **Definizione delle proprietà di un elemento** e **Assegnazione delle proprietà**.

Le proprietà correnti sono raccolte nel pannello **Proprietà correnti** che (in assenza di elementi selezionati) riflette le proprietà che avranno i nuovi elementi che verranno inseriti nella struttura. Quando invece sono selezionati gli elementi, il pannello **Proprietà elementi selezionati** elenca le proprietà degli elementi selezionati.

Alcuni parametri più semplici che di fatto coincidono con un semplice valore numerico, come il numero di un elemento o la rotazione delle aste o il filo fisso, non hanno appositi comandi di definizione, ma possono solo essere resi correnti ed assegnati.

Esempio: supponiamo di aver definito 4 diverse tipologie di vincolamento asta, di aver reso corrente la tipologia di vincolo asta n. 3, se inseriamo un'asta nella struttura, questa sarà caratterizzata dalla tipologia di vincolamento n. 3, mentre se selezioniamo delle aste già presenti nella struttura potremo assegnarli la tipologia di vincolamento 3.

<p>Pannello proprietà correnti: riflette le proprietà che avranno i nuovi elementi</p>	<p>Pannello proprietà elementi selezionati con ad esempio 2 aste selezionate: indica le proprietà comuni agli elementi, ed è possibile modificarle</p>
	













## Selezioni








La modifica e l'assegnazione di dati o proprietà ai nodi e agli elementi e la visualizzazione di informazioni numeriche o grafiche avviene attraverso comandi che generalmente attendono una selezione di nodi o di elementi.

Si possono definire delle **preselezioni** alle quali il comando farà automaticamente riferimento. I nodi e gli elementi che sono preselezionati nelle **finestre di modellazione** vengono rappresentati con colore diverso. Se ad esempio selezioniamo un insieme di aste e chiediamo il disegno del diagramma del momento flettente automaticamente viene attivato il diagramma solo per le aste preselezionate.



Quando a seguito di particolari comandi è attiva la selezione di elementi (aste, elementi bidimensionali, ecc.) il passaggio del mouse su un elemento ne provoca il momentaneo cambiamento di colore per far capire che quello è l'elemento che verrebbe selezionato cliccando il tasto sinistro del mouse. Se l'elemento viene selezionato il cambio di colore resta attivo per qualche istante per indicare l'avvenuta selezione.

La selezione degli elementi si effettua con il cursore grafico (sempre attiva) oppure con i metodi, raccolti nel pannello **Selezioni**, riportati nella tabella seguente:

	<b>Seleziona gli elementi interamente contenuti nella finestra.</b> Dopo aver cliccato sul primo punto una traccia a forma rettangolare segue automaticamente il cursore per aiutare l'utente a determinare la finestra. L'operazione può essere eseguita utilizzando Alt+clic e muovendosi da sinistra verso destra. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + FIN</b>
	<b>Seleziona gli elementi interamente al di fuori della finestra.</b> Dopo aver cliccato sul primo punto una traccia a forma rettangolare segue automaticamente il cursore per aiutare l'utente a determinare la finestra. L'operazione può essere eseguita utilizzando Alt+clic e muovendosi da destra verso sinistra. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + FINC</b>
	<b>Seleziona gli elementi anche parzialmente contenuti nella finestra.</b> Dopo aver cliccato sul primo punto una traccia a forma rettangolare segue automaticamente il cursore per aiutare l'utente a determinare la finestra. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + CROS</b>
	<b>Seleziona gli elementi giacenti sul piano passante per la coordinata X</b> uguale alla coordinata X del nodo specificato o selezionato con il cursore grafico. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + QQX</b>
	<b>Seleziona gli elementi giacenti sul piano passante per la coordinata Y</b> uguale alla coordinata Y del nodo specificato o selezionato con il cursore grafico. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + QQY</b>
	<b>Seleziona gli elementi giacenti sul piano passante per la coordinata Z</b> uguale alla coordinata Z del nodo specificato o selezionato con il cursore grafico. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + QQZ</b>
	<b>Seleziona gli elementi interni ad un perimetro di aste giacente sul piano di lavoro.</b> Questa selezione non è utilizzabile quando è attivo come tipo di oggetto da selezionare "Plinti/Pali", "Solai" o "Reticolari". La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + PER</b>
	<b>Seleziona gli elementi visibili.</b> Per elementi visibili si intendono tutti gli elementi che sarebbero visualizzabili se si ottimizzasse la visualizzazione della struttura. Un ingrandimento sulla struttura (zoom) non cambia il numero di elementi visibili. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + VIS</b>
	<b>Seleziona gli elementi con il numero specificato.</b> La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S +</b>
	<b>Seleziona tutti gli elementi.</b> La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + ALL</b>
	<b>Deseleziona tutto.</b> L'operazione può essere eseguita utilizzando il <b>tasto di scelta rapida</b> Ctrl+D. La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S - ALL</b>
	<b>Inverte la selezione degli elementi.</b> La stringa da utilizzare per associare questa tipologia di selezione ad un <b>tasto funzione</b> è: <b>SELN E S + INV</b>

I metodi di selezioni per finestra , finestra complementare , finestra parziale , giacente sul piano passante per la coordinata X , giacente sul piano passante per la coordinata Y , giacente sul piano passante per la coordinata Z  e interno al perimetro  sono permanenti durante la selezione degli elementi. In pratica ad esempio utilizzando la selezione degli elementi con finestra è possibile continuare ad indicare finestre di selezione senza dover cliccare nuovamente sul comando.

Se alla CCE corrente è stata assegnata un tipo di CCE variabile con selezionata l'opzione "Da vento", la selezione degli elementi può essere velocizzata cliccando gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**

 e quindi su **Seleziona elementi sopravvento**  o su **Seleziona elementi sottovento** . Gli elementi selezionati sono quelli che sono totalmente visibili dalla direzione del vento specificata nella **definizione della CCE**.



La selezione degli integratori longitudinali o trasversali si effettua cliccando su "Altre".

È bene controllare ed eventualmente modificare la selezione individuata automaticamente, in quanto il programma può essere tratto in inganno da situazioni particolari, come aperture o elementi quasi paralleli alla direzione del vento.

Si possono selezionare contemporaneamente oggetti eterogenei se è attiva l'opzione "Tutti gli elementi" oppure specificare i tipi di oggetti da selezionare in questo caso verranno selezionati solo gli oggetti appartenenti alla categoria specificata, ad esempio se attiviamo "Aste" ed eseguiamo una selezione con finestra verranno selezionate sole le aste anche se nella finestra solo contenuti nodi, solai, ecc.

Se è attivo un tipo di oggetto da selezionare (Nodi, Aste, ecc.) è possibile cliccando su "Avanzate" eseguire delle selezioni in base a criteri di filtraggio. I criteri di filtraggio sono presenti nella finestra delle selezioni avanzate, variano in funzione dal tipo di oggetto da selezionare e si trovano nel riquadro sinistro della finestra di dialogo. Nel riquadro di destra si trovano invece gli oggetti da selezionare. Se ad esempio desideriamo selezionare delle aste con verifica di tipo cemento armato, impostiamo come oggetto da selezionare "Aste", clicchiamo su "Avanzate" e nel riquadro sinistro selezioniamo "Verifiche" e in quello destro "Cemento armato".

Se è attiva l'opzione "Solo su visibili" tutti i comandi come ad esempio l'eliminazione, la copia, ecc. agiranno solo sugli elementi (nodi, aste, ecc.) visibili.

La selezione degli elementi con lo stesso attributo si effettua anche con l'opzione *Seleziona* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro del mouse sul nome dell'attributo nel pannello **Colorazioni elementi** quando è attivo un certo tipo di colorazione come ad esempio "Sezioni" per le aste.

I nodi e gli elementi possono venire sostituiti, aggiunti o tolti da quelli preselezionati attraverso le opzioni "Sostituisci alla selezione", "Aggiungi alla selezione" e "Togli dalla selezione" nel pannello **Selezioni**. L'aggiunta o l'eliminazione di elementi da quelli preselezionati si può effettuare anche con il menu a comparsa sull'oggetto stesso.

Riferendosi all'esempio precedente se vogliamo aggiungere delle aste con materiale acciaio, selezioniamo "Aggiungi alla selezione", clicchiamo su "Avanzate" e nel riquadro sinistro selezioniamo "Materiali" e in quello destro "Acciaio".

Tenendo premuto il tasto "Ctrl" si inverte il tipo di selezione. Tenendo premuto il tasto "Shift" mentre si clicca sull'asta o su un bidimensionale vengono selezionate automaticamente tutte le altre aste o bidimensionali con lo stesso numero.

Quando si attiva il menu a comparsa su un nodo o su un elemento che fa parte della preselezione, le azioni da compiere attraverso il menu vengono effettuate sul singolo nodo od elemento, a meno che il tasto destro del mouse sia stato premuto insieme al tasto "Shift". In questo caso le azioni scelte col menu a comparsa verranno applicate a tutti gli oggetti preselezionati dello stesso tipo.

## Gruppi

Un gruppo è un insieme di elementi a cui è assegnato un nome univoco. Un elemento può appartenere a più gruppi. Il gruppo offre un metodo semplice per raggruppare e richiamare un insieme di elementi sui quali è possibile compiere tutte le operazioni consentite dal programma.

La definizione di un gruppo si effettua selezionando gli elementi da raggruppare e cliccando nella finestra di modellazione su **Crea gruppo** e specificandone il nome.

La visualizzazione degli elementi appartenenti al gruppo si effettua cliccando sul nome del gruppo che viene evidenziato in rosso.

Per disattivare la visualizzazione del gruppo occorre cliccare sul nome del gruppo o sulla voce "Vedi tutto" degli **Strumenti di visualizzazione**.

L'aggiunta di uno o più elementi ad un gruppo si effettua selezionando gli elementi e poi cliccando su "+" del gruppo a cui si vogliono aggiungere.

L'eliminazione di uno o più elementi da un gruppo si effettua visualizzando gli elementi appartenenti al gruppo, selezionando gli elementi da eliminare e poi cliccando su "-".

L'eliminazione di un gruppo richiede che non ci siano elementi selezionati e si effettua cliccando su "-" del gruppo da eliminare.

Un gruppo non può essere rinominato. Un elemento non appartiene più al gruppo se viene meshato/spezzato o unificato oppure se viene annullata l'operazione di meshatura/spezzatura, di unificazione o di cancellazione.

Gli elementi creati o generati da elementi appartenenti al gruppo non appartengono al gruppo stesso.

Gli elementi inseriti quando si visualizzano gli elementi di un gruppo non vengono automaticamente aggiunti al gruppo.

Da notare che gli elementi selezionati sono sempre visibili a prescindere dalla visualizzazione degli elementi appartenenti ad un gruppo.

# Griglia

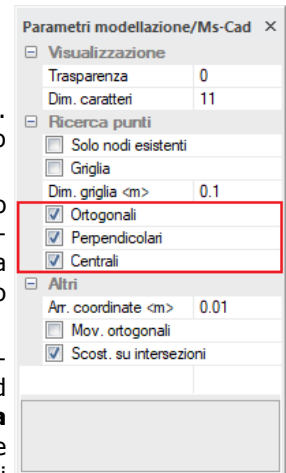
L'utilizzo della griglia facilita e agevola l'inserimento degli elementi. L'attivazione e la personalizzazione delle dimensioni della griglia si effettuano nella sezione "Ricerca punti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. La griglia viene posizionata sul piano di visualizzazione con l'origine coincidente con l'ultimo nodo inserito.

## Snap

L'utilizzo dei punti notevoli, noti anche come snap, facilita l'inserimento degli elementi. La scelta di quali snap utilizzare si effettua nella sezione "Ricerca punti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** oppure negli **Strumenti di visualizzazione**.

Gli snap del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** (evidenziati nel riquadro rosso della figura sottostante) sono utilizzabili se l'opzione "Usa nodi esistenti" è deselezionata. Questi consentono di creare i nodi, **interni all'asta**, in corrispondenza dei punti ortogonali, perpendicolari o centrali (detti anche punti medi) dell'asta, e sono colorati in verde per l'ortogonale, celeste per il perpendicolare e giallo per il centro.

Gli snap negli **Strumenti di visualizzazione** (evidenziati nel riquadro rosso della figura sottostante) sono utilizzabili durante l'inserimento di un elemento, quale ad esempio un'asta, e consentono di creare i nodi, **interni o esterni all'asta o alla linea del lucido**, in corrispondenza del punto di intersezione "INTE" oppure ortogonale "ORTO" oppure perpendicolare "PERP" all'asta o a alla linea del lucido. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto d'inserimento del nodo è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta o alla linea del lucido passante per il punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**.



Vista piana			Ottimizza
BOX sul piano			Tridimensionale
PV	PVX	PVY	Vedi tutto
PQE	POQ	PQ	Allineamenti
INTE	ORTO	PERP	Assi globali
			P. riferimento

## Coordinate relative

In alcuni comandi è possibile specificare le coordinate relative. In modellazione le coordinate relative sono utilizzabili solo se il **piano di visualizzazione** è normale all'asse Z del **sistema di riferimento attivo**.

Le coordinate relative fanno sempre riferimento ad un punto o un nodo di riferimento che viene assunto come origine. Per i comandi che permettono l'inserimento di coordinate relative per la creazione di un nodo (generalmente il secondo di una coppia), il punto di riferimento è l'ultimo nodo precedentemente inserito. Se il comando sta chiedendo il primo nodo, è sufficiente cliccare sul nodo da considerare come punto di riferimento o digitare N numero\_nodo.

Per i comandi di Ms-Cad che attendono semplicemente coppie di punti grafici, il punto di riferimento è l'ultimo punto inserito. Se il comando sta chiedendo il primo punto, è sufficiente indicare il punto di riferimento.

Le coordinate relative possono essere inserite in due modi:

### COORDINATE RELATIVE CARTESIANE

*DX valore* seguito da <Invio> o da un comando che non specifica coordinate relative indica solo il valore di DX. DY e DZ sono sottintesi =0.

*DX valore DY valore* seguito da <Invio> o da un comando che non specifica coordinate relative indica solo i valori di DX e DY. DZ è sottinteso =0.

*DX valore DY valore DZ valore* indica i valori di DX, DY e DZ.

*DDY valore* seguito da <Invio> o da un comando che non specifica coordinate relative indica DX=0 e il valore di DY. DZ è sottinteso =0.

*DDZ valore* seguito da <Invio> o da un comando che non specifica coordinate relative indica DX=0, DY=0 e il valore di DZ.

*@valore* seguito da <Invio> o da un comando che non specifica coordinate relative indica solo il valore di DX. DY e DZ sono sottintesi =0.

*@valore @valore* seguito da <Invio> o da un comando che non specifica coordinate relative indica solo i valori di DX e DY. DZ è sottinteso =0.

Nei casi in cui non si specifica la coordinata Z, viene assunta per default quella del **piano di visualizzazione** nella finestra attiva. Per i disegni Ms-Cad la coordinata Z è ovviamente sempre pari a 0 e non è possibile specificarla.

Le coordinate sono ovviamente riferite al **sistema di riferimento attivo**.

### COORDINATE RELATIVE POLARI

*L valore ALFA angolo* indica un punto a distanza *valore* dal punto di riferimento, con l'*angolo* indicato rispetto all'asse X del piano di visualizzazione. Sia *valore* che *angolo* possono essere individuati mediante due punti. Nel primo caso si assume la come valore la distanza fra i due punti, nel secondo l'angolo individuato dalla direzione dei due punti.

*L valore PERP angolo* come nel caso precedente ma l'angolo indicato viene aumentato di 90°.

In questo caso la coordinata Z viene assunta per default quella del **piano di visualizzazione** nella finestra attiva. Per i disegni Ms-Cad la coordinata Z è ovviamente sempre pari a 0.

**Argomenti correlati:** Sistema di riferimento attivo, Visualizzazione struttura.



## Archivi dati

È possibile utilizzare archivi per la memorizzazione di tipologie ricorrenti di proprietà e di altri dati ripetitivi nelle diverse strutture.

Durante la definizione delle proprietà o dei dati che prevedono la gestione degli archivi, nelle **finestre di dialogo** è presente un menu *Archivi* con due voci "**Carica**" e "**Salva**" che permettono di caricare tutti o parte dei dati dall'archivio di default o da un altro archivio, oppure di salvarli per l'utilizzo futuro in altre strutture.

Vengono forniti con l'installazione del programma degli archivi in cui sono memorizzati, a titolo di esempio, le tipologie dei materiali più utilizzati (calcestruzzo, acciaio e tre tipologie di legno con elasticità bassa, media e alta), le tipologie di vincoli nodali e degli svincolamenti nelle aste più utilizzate e le tipologie di condizioni di carico elementare previste dalla normativa.

La configurazione di quali sono i file da utilizzare per default per i diversi archivi è effettuabile cliccando sul

menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** . Sempre tramite le opzioni è possibile specificare il caricamento automatico di alcuni archivi ogni volta che si crea una nuova struttura, in modo da essere sempre pronti per lavorare con i dati di più corrente utilizzo.

Nelle tabelle di gestione degli archivi è possibile, tramite multiselezione, esportare ed importare da file in formato CSV (file di testo con campi separati da virgole, compatibili con Excel e facilmente rileggibili da programmi esterni).

## Sistemi di riferimento e convenzioni

### Unità di misura

È possibile in qualunque momento modificare le unità di misura da utilizzare nell'inserimento e nella visualizzazione dei dati.

Le unità di misura attive vengono sempre visualizzate sia quando vengono richiesti dati nella **linea di comando** o nelle finestre di dialogo, sia nelle tabelle di informazione e sono riportate nella barra di stato.

La modifica delle unità di misura attive può essere effettuata attraverso la scheda **Unità di misura** delle **Opzioni** oppure con un doppio clic del mouse sulla corrispondente casella della barra di stato e tutti i dati e le indicazioni presenti a video si adattano automaticamente alle nuove unità.

### Convenzioni sui segni

Il segno positivo delle componenti delle azioni vettoriali è ovviamente quello concorde al verso degli assi cui si riferiscono.

Il segno positivo delle componenti delle rotazioni (e dei momenti) è quello orario per l'osservatore posto nell'origine del sistema di riferimento cui si riferiscono: X ruota su Y, Y ruota su Z, Z ruota su X. In pratica è sufficiente adottare la regola della mano destra: col pollice rivolto nella direzione dell'asse di rotazione, la rotazione che porta a chiudere il palmo della mano corrisponde al segno positivo.

I carichi di qualunque tipo (anche i cedimenti vincolari o spostamenti impressi) sono positivi se **controversi** al sistema a cui si riferiscono. Ovviamente anche i momenti concentrati e le rotazioni impresse in coordinate globali risultano positivi se controversi al segno positivo delle rotazioni.

Gli spostamenti derivanti dal calcolo e le reazioni vincolari sono invece riferiti e concordi ai segni del sistema globale.

Le **sollecitazioni nelle aste** sono riferite al sistema locale dell'asta e seguono le convenzioni ingegneristiche normalmente in uso:

- sforzo normale positivo se di trazione;
- momento flettente positivo se tende le fibre dalla parte negativa del piano di sollecitazione (per un'asta orizzontale le fibre inferiori);

- taglio positivo al primo estremo e negativo al secondo estremo se le reazioni di appoggio sono dirette nel verso positivo del piano di sollecitazione;
- momento torcente positivo se le fibre dell'asta ruotano in modo che l'asse Y locale si vada a sovrapporre all'asse Z locale.

Le **sollecitazioni nei muri** seguono le stesse convenzioni di un'asta verticale con asse Z locale coincidente con l'asse Y locale del muro ed asse Y locale coincidente con l'asse X locale del muro. In pratica si ha:

- sforzo normale positivo se di trazione;
- taglio TX negativo se sul muro agisce una forza equiversa all'asse X locale del muro;
- taglio TY al piede del muro positivo se equiverso all'asse Y locale del muro (di segno opposto in testa al muro);
- momento flettente negativo se tende le fibre dalla parte positiva dell'asse Y locale;
- momento torcente negativo se le sezioni del muro ruotano in senso antiorario (asse X che ruota sull'asse Y).

Le **tensioni negli elementi bidimensionali** sono riferite al sistema locale dell'elemento e seguono le convenzioni ingegneristiche normalmente in uso:

- tensioni normali positive se di trazione;
- tensioni tangenziali positive se concordi all'asse Z del piano di tensione;
- momenti flettenti positivi se tendono le fibre dalla parte positiva della normale all'elemento.

Nel caso di rappresentazioni con mappe a colori non riferite al piano locale i valori riportati nella legenda seguono sempre le convenzioni indicate, ma fanno riferimento al **piano di tensione**.

## Sistema di riferimento attivo

Normalmente è attivo il **sistema di riferimento globale** di default.

I comandi di inserimento dati che richiedono coordinate relative cartesiane o polari fanno sempre riferimento al sistema di riferimento attivo, consentendo un agevole inserimento di strutture o parti di strutture con allineamenti particolari.

Anche le informazioni sulle coordinate dei nodi sono riferite al sistema di riferimento attivo.

Per inserire nodi non allineati lungo gli assi coordinati si possono utilizzare i comandi di definizione in coordinate polari, ma risulta spesso molto più agevole, dopo aver inserito i primi due nodi, definire un sistema di riferimento (si veda **Sistema di riferimento utente**) utilizzando un nodo come origine e l'altro per la definizione dell'asse X lungo l'allineamento. In questo modo l'inserimento delle coordinate successive avviene in modo rapido e intuitivo.

La definizione di un sistema di riferimento diverso da quello di default si rende necessaria anche per effettuare copie o generazioni polari intorno ad un asse che non è l'asse Z di default.

**Utilizzo da linea di comando:** **DASS** (Disegna assi globali), **SRIF** (Sistema di riferimento utente).

## Sistema di riferimento globale

Il sistema di riferimento globale di default è una terna cartesiana destrorsa con l'asse Z rivolto verso l'alto. L'azione gravitazionale provoca quindi un carico controverso all'asse Z.



L'attivazione o la disattivazione della visualizzazione del sistema di riferimento globale si effettua cliccando sulla voce "Assi globali" degli **Strumenti di visualizzazione** oppure cliccando nel gruppo **Finestra di modellazione** della scheda **Visualizza** su **Assi globali** .




Al sistema di riferimento globale sono sempre riferiti:

- i carichi concentrati sui nodi e i carichi esplicitamente riferiti al sistema globale;
- le quote di definizione degli impalcati;
- i cedimenti vincolari (spostamenti impressi);
- le reazioni vincolari;
- gli spostamenti dei nodi.

Le coordinate dei nodi, sia durante l'inserimento che durante la visualizzazione, vengono sempre riferite al **sistema di riferimento attivo**, che può essere quello di default o un altro definibile dall'utente (si veda **Sistema di riferimento utente**) e attivabile e disattivabile in qualunque momento.

## Sistema di riferimento utente

È possibile definire ed attivare un sistema di riferimento cartesiano ortogonale comunque disposto nello spazio cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Rif. utente**  e poi su **Definisci** .

Il sistema così definito può essere attivato o disattivato senza perderne la definizione cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Rif. utente**  e poi su **Attiva**  o su **Disattiva** .

La definizione di un sistema di riferimento diverso da quello di default si rende necessaria anche per effettuare copie o generazioni polari intorno ad un asse che non è l'asse Z di default.


**Utilizzo da linea di comando: SRIF** (Sistema di riferimento utente).

**Argomenti correlati: Sistema di riferimento attivo.**

## Sistemi di riferimento locali

Tutti gli elementi in ModeSt sono caratterizzati da un sistema di riferimento locale rispetto al quale sono riferite le sollecitazioni, alcuni tipi di carichi e alcuni tipi di dati.

La visualizzazione del sistema di riferimento locale degli elementi si effettua cliccando nel gruppo **Disegno**

della scheda **Modellazione** su **Assi locali** . Se gli elementi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente visualizzati gli assi locali di tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** gli elementi.

### ASTE

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel nodo iniziale dell'asta;
- asse X coincidente con l'asse dell'asta e con verso dal nodo iniziale al nodo finale;
- immaginando la trave a sezione rettangolare l'asse Y è parallelo alla base e l'asse Z è parallelo all'altezza. La rotazione dell'asta comporta quindi una rotazione di tutta la terna locale.

Si può immaginare la terna locale di un'asta comunque disposta nello spazio come derivante da quella globale dopo una serie di trasformazioni:

- una rotazione intorno all'asse Z che porti l'asse X a coincidere con la proiezione dell'asse dell'asta sul piano orizzontale;
- una traslazione lungo il nuovo asse X così definito in modo da portare l'origine a coincidere con la proiezione del nodo iniziale dell'asta sul piano orizzontale;
- una traslazione lungo l'asse Z che porti l'origine a coincidere con il nodo iniziale dell'asta;
- una rotazione intorno all'asse Y così definito che porti l'asse X a coincidere con l'asse dell'asta;
- una rotazione intorno all'asse X così definito pari alla rotazione dell'asta.

In pratica le aste non verticali prive di rotazione avranno sempre l'asse Z rivolto verso l'alto e l'asse Y nel piano del solaio, mentre le aste verticali prive di rotazione causa l'ambiguità di definizione avranno per default l'asse Y parallelo all'asse Y globale e l'asse Z parallelo ma controverso all'asse X globale. Da notare quindi che per le aste verticali normalmente la "base" è il lato parallelo a Y. Non appena un'asta non è più verticale non esiste più ambiguità nella definizione dell'asse locale e quindi può apparire che l'asta "ruoti" se si sposta uno dei nodi rispetto alla verticale.

Al sistema di riferimento locale dell'asta sono riferiti:

- i carichi esplicitamente riferiti al sistema locale dell'asta;
- le sollecitazioni nell'asta.

**Utilizzo da linea di comando: DALA** (Disegna assi locali asta).

### MURI ED ELEMENTI BIDIMENSIONALI

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel primo nodo dell'elemento;
- asse X coincidente con la congiungente il primo ed il secondo nodo dell'elemento;
- versore dell'asse Y definito come prodotto vettoriale fra il versore dell'asse X e il versore della congiungente il primo e il quarto (o il terzo) nodo (uscendo dall'elemento);
- versore dell'asse Z sul piano dell'elemento a formare con gli altri due una terna destrorsa (prodotto vettoriale fra asse X ed asse Y).

La normale uscente dall'elemento è quindi l'asse Y locale.

Praticamente un elemento verticale con l'asse X locale coincidente con l'asse X globale ha anche gli altri assi locali paralleli con quelli globali (eventualmente con Y controversa).

Al sistema di riferimento locale del muro o dell'elemento bidimensionale sono riferiti:

- i carichi esplicitamente riferiti al sistema locale dell'elemento bidimensionale;
- la componente normale dei carichi idrostatici;
- le sollecitazioni nel muro e le tensioni nell'elemento bidimensionale.

**Utilizzo da linea di comando: DALB** (Disegna assi locali muro/elemento bidimensionale).

### **PLINTI/PALI**

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel baricentro geometrico del plinto/palo;
- asse X e Y paralleli agli assi globali;
- rotazione del sistema uguale al pilastro soprastante ed eventuale rotazione associata al tipo di plinto/palo.

Al sistema di riferimento locale del plinto/palo è riferito:

- l'angolo di rotazione del plinto/palo.

**Utilizzo da linea di comando: DALL** (Disegna assi locali plinto/palo).

### **SOLAI**

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel baricentro geometrico del solaio;
- asse X parallelo alla proiezione dell'asse X del sistema di riferimento globale di default sul piano del solaio.
- asse Z normale al piano del solaio;
- versore dell'asse Y sul piano dell'elemento a formare con gli altri due una terna destrorsa (prodotto vettoriale fra asse Z ed asse X).

Al sistema di riferimento locale del solaio è riferito:

- l'angolo d'orditura del solaio.

**Utilizzo da linea di comando: DALS** (Disegna assi locali solaio).

### **TAMPONATURE**

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel baricentro geometrico della tamponatura;
- asse X parallelo alla proiezione dell'asse X del sistema di riferimento globale di default sul piano della tamponatura.
- asse Z normale al piano della tamponatura;
- versore dell'asse Y sul piano dell'elemento a formare con gli altri due una terna destrorsa (prodotto vettoriale fra asse Z ed asse X).

**Utilizzo da linea di comando: DALT** (Disegna assi locali tamponatura).

### **RETICOLARI**

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel baricentro geometrico della reticolare;
- asse X parallelo al piano XY del sistema di riferimento globale di default;
- asse Z normale al piano della reticolare.

**Utilizzo da linea di comando: DALR** (Disegna assi locali reticolari).

### **LINK SU LINEA**

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel nodo iniziale del link su linea;
- asse X coincidente con l'asse del link su linea e con verso dal nodo iniziale al nodo finale;
- asse Y coincidente con il piano degli elementi bidimensionali associati.

**Utilizzo da linea di comando: DALKL** (Disegna assi locali link).

## LINK SU NODI

Il sistema di riferimento locale è una terna cartesiana destrorsa così definita:

- origine nel nodo iniziale del link su linea;
- asse X e Y coincidente con quelli specificati nell'inserimento dei link su nodi.

**Utilizzo da linea di comando: DALKL** (Disegna assi locali link).

## INTEGRATORI

Il sistema di riferimento locale è visualizzabile solo per gli integratori di tipo trasversale ed è analogo a quello dell'asta in cui possono essere trasformati e quindi vale quanto detto a proposito delle **ASTE**.

Il sistema di riferimento degli integratori longitudinali dipende dalla tecnica di integrazione (vedi **Tecniche di integrazione**) e può essere visualizzato quando se ne richiedono le sollecitazioni (vedi **Tabelle risultati**).

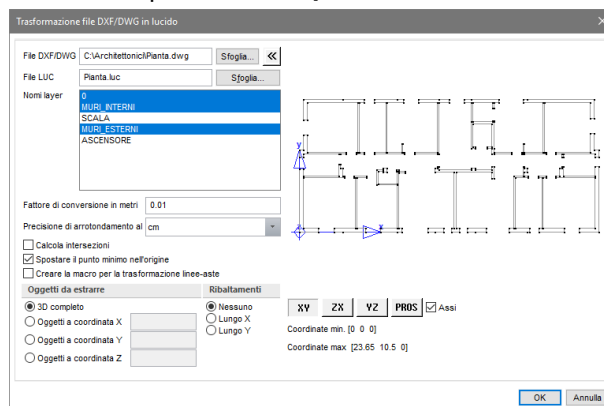
**Utilizzo da linea di comando: DALA** (Disegna assi locali asta).

# Uso di un disegno architettonico per l'inserimento dati

## Trasformazione file DXF/DWG in lucido

La trasformazione dei file DXF/DWG si effettua cliccando nel gruppo **Lucido** della scheda **Modellazione** su

**Lucido**  e poi su **Trasforma**  e quindi su **DXF/DWG** .



La finestra di dialogo si presenta suddivisa essenzialmente in una parte in cui viene riportato il nome del file DXF/DWG, il nome del file del lucido, l'elenco dei nomi dei layer e alcune opzioni ed una parte composta da una finestra di anteprima con bottoni che consentono di modificare i punti di visualizzazione del disegno e una casella di controllo per attivare il disegno degli assi. Nella finestra di anteprima vengono visualizzate le entità grafiche contenute nei layer selezionati e riportate le coordinate minime e massime dei punti.

I parametri richiesti nella finestra di dialogo hanno il seguente significato:

**File DXF/DWG:** nome del file DXF/DWG da trasformare in lucido. Il bottone "Sfoggia" apre la finestra di dialogo che permette di selezionare il nome del file DXF/DWG.

**File LUC:** nome del file LUC. Il bottone "Sfoggia" apre la finestra di dialogo che permette di specificare il nome del file lucido e per visualizzare quelli già presenti nel progetto.

**Nomi layer:** riporta l'elenco dei nomi dei layer contenuti nel file DXF/DWG. Selezionare i layer dove giacciono le entità da convertire (utilizzare i tasti Ctrl e Alt per la selezione multipla).

**Fattore di conversione in metri:** ModeSt presume che i dati contenuti nel file DXF/DWG siano in metri, quindi è possibile specificare un fattore di scala per tenere conto dell'unità di misura realmente adottata nel file DXF/DWG.

**Precisione di arrotondamento al:** selezionare la precisione a cui arrotondare le coordinate dei punti del lucido da considerare durante la conversione del file DXF/DWG. Nei disegni DXF/DWG le coordinate dei punti sono a volte espresse con un numero elevato di decimali che se considerate come rappresentative delle coordinate dei nodi, possono portare a problemi numerici durante il calcolo della struttura con metodo FEM.

**Calcola intersezioni:** attivare la casella di controllo per individuare il punto di intersezione di due rette complanari. Per DXF/DWG tridimensionali di grande dimensione se l'opzione è attivata può richiedere tempi di elaborazione lunghi.



**Spostare il punto minimo nell'origine:** attivare la casella di controllo per riportare tutto il disegno nel primo quadrante spostando il punto di minimo nell'origine.

**Creare la macro per la trasformazione di linee-aste:** attivare la casella di controllo per creare la macro che inserisce i nodi nei punti e trasforma le linee in aste. Il nome della macro coincide con quello del file del lucido e per **eseguirlo** occorre digitarne il nome dalla linea di comando. Se nella struttura sono già state definite le sezioni delle aste prima di effettuare la trasformazione del file DXF/DWG in lucido e i nomi dei layer del disegno DXF/DWG iniziano con un numero ad esempio "2 Travi", automaticamente viene assegnato alle aste la sezione con lo stesso numero contenuto nel nome del layer. Ad esempio, la sezione numero 1 viene assegnata a tutte le aste delle linee che appartengono al layer il cui nome inizia con "1". Se la sezione o il nome del layer non soddisfa i requisiti suddetti si assegna la sezione 0.

**Oggetti da estrarre:** specificare se si desidera la trasformazione totale o l'estrazione delle sole entità contenute su piani prefissati.

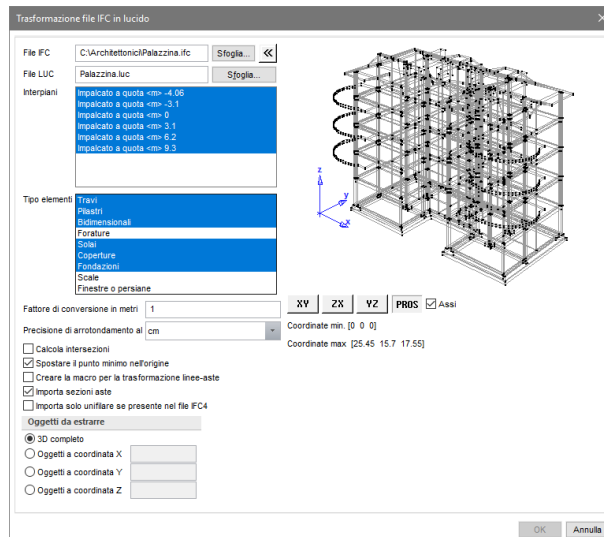
**Ribaltamenti:** specificare se si desidera ribaltare il disegno DXF/DWG su un piano parallelo all'asse globale X o Y. Questa opzione consente ad esempio di posizionare su un piano verticale il disegno di un prospetto o di una sezione dell'edificio che generalmente giace sul piano XY.

## Trasformazione file IFC in lucido

La trasformazione dei file IFC si effettua cliccando nel gruppo **Lucido** della scheda **Modellazione** su **Lucido**



e poi su **Trasforma** e quindi su **IFC**.



La finestra di dialogo si presenta suddivisa essenzialmente in una parte in cui viene riportato il nome del file IFC, il nome del file del lucido, l'elenco degli interpiani, l'elenco del tipo di elemento e alcune opzioni ed una parte composta da una finestra di anteprima con bottoni che consentono di modificare i punti di visualizzazione del disegno e una casella di controllo per attivare il disegno degli assi. Nella finestra di anteprima vengono visualizzate le entità grafiche contenute nei layer selezionati e riportate le coordinate minime e massime dei punti.

I parametri richiesti nella finestra di dialogo hanno il seguente significato:

**File IFC:** nome del file IFC da trasformare in lucido. Il bottone "Sfogliare" apre la finestra di dialogo che permette di selezionare il nome del file IFC sia nello standard IFC2x3 che IFC4.

**File LUC:** nome del file LUC. Il bottone "Sfogliare" apre la finestra di dialogo che permette di specificare il nome del file lucido e per visualizzare quelli già presenti nel progetto.

**Interpiani:** riporta l'elenco dei nomi degli interpiani contenuti nel file IFC. L'interpiano rappresenta l'insieme di elementi che giacciono sul piano (ad esempio travi e solai) e che spiccano dal piano (ad esempio pilastri e pareti). Selezionare gli interpiani dove sono contenuti i tipi di elementi da convertire (utilizzare i tasti Ctrl e Alt per la selezione multipla).

**Tipo elementi:** riporta l'elenco dei nomi dei tipi di elementi contenuti nell'interpiano. Selezionare i tipi di elementi da convertire (utilizzare i tasti Ctrl e Alt per la selezione multipla).

**Fattore di conversione in metri:** ModeSt presume che i dati contenuti nel file IFC siano in metri, quindi è possibile specificare un fattore di scala per tenere conto dell'unità di misura realmente adottata nel file IFC.

**Precisione di arrotondamento al:** selezionare la precisione a cui arrotondare le coordinate dei punti del lucido da considerare durante la conversione del file IFC. Nei disegni IFC le coordinate dei punti sono a volte espresse con un numero elevato di decimali che se considerate come rappresentative delle coordinate dei nodi, possono portare a problemi numerici durante il calcolo della struttura con metodo FEM.



**Calcola intersezioni:** attivare la casella di controllo per individuare il punto di intersezione di due rette complanari. Per IFC tridimensionali di grande dimensione l'attivazione di tale opzione può richiedere tempi di elaborazione lunghi.

**Spostare il punto minimo nell'origine:** attivare la casella di controllo per riportare tutto il disegno nel primo quadrante spostando il punto di minimo nell'origine.

**Creare la macro per la trasformazione di linee-aste:** attivare la casella di controllo per creare la macro che inserisce i nodi nei punti e trasforma le linee in aste. Il nome della macro coincide con quello del file del lucido e per **eseguirlo** occorre digitarne il nome dalla linea di comando.

**Importa sezioni aste:** attivare la casella di controllo per creare le sezioni delle aste definite nel file IFC. Nella seguente tabella è riportato l'elenco delle classi delle sezioni importabili e delle corrispondenti sezioni di ModeSt:

Classe IFC	Sezione ModeSt
IfcRectangleProfileDef	Rettangolare
IfcRectangleHollowProfileDef	Rettangolare cava
IfcCircleProfileDef	Circolare
IfcCircleHollowProfileDef	Circolare cava
IfcTShapeProfileDef	T
IfcLShapeProfileDef	L
IfcIShapeProfileDef	I
IfcUShapeProfileDef	U
IfcZShapeProfileDef	Z
IfcArbitraryClosedProfileDef	Per coordinate

**Importa solo unificare se presente nel file IFC4:** attivare la casella di controllo importare solo l'unificare se presente nel file IFC4.

**Oggetti da estrarre:** specificare se si desidera la trasformazione totale o l'estrazione delle sole entità contenute su piani prefissati.

## Visualizzazione di un lucido

Nelle **finestre di modellazione** è possibile attivare la visualizzazione di un **lucido**, ossia di un disegno architettonico importato da file DXF/DWG o IFC.

Il file di lucido generato viene associato automaticamente al progetto ed inserito nell'**albero del progetto** nella cartella "Altri file".

Con un doppio clic sul nome del file si ha automaticamente la visualizzazione del lucido nella finestra di modellazione attiva. In alternativa la scelta del file da visualizzare può essere effettuata cliccando nel gruppo



**Lucido** della scheda **Modellazione** su **Lucido** e poi su **Visualizza** e quindi cliccando nell'elenco sul lucido da visualizzare oppure con **Sfoglia** ed aprire una finestra di dialogo con la quale selezionare il lucido da utilizzare.

Quando il lucido è stato caricato, è possibile disattivarne la visualizzazione cliccando nel gruppo **Lucido** della



scheda **Modellazione** su **Lucido** e poi su **Nasconde**.

La posizione del lucido può essere modificata cliccando nel gruppo **Lucido** della scheda **Modellazione** su



**Lucido** e poi su **Posiziona**. La posizione del lucido può avvenire manualmente o direttamente sugli impalcati definiti cliccando rispettivamente su **Manualmente** o su **Su impalcato**. Per posizionare manualmente il lucido occorre selezionare un punto del lucido con il cursore grafico (il disegno viene agganciato al cursore) e posizionarlo direttamente nel punto desiderato.


Tutti i punti del lucido possono essere utilizzati come fossero dei nodi sia per l'inserimento degli elementi sia per la selezione di coordinate di riferimento. Se il comando ha bisogno della presenza di un nodo nel punto indicato, come ad esempio per l'inserimento di un elemento, il nodo viene creato automaticamente.



**Utilizzo da linea di comando: LUCI** (Visualizza lucido di costruzione)

# Definizione delle proprietà

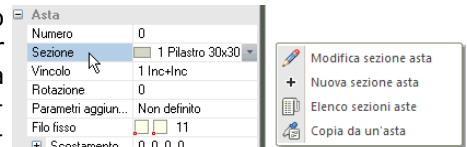
## Definire le proprietà di un elemento

La definizione delle proprietà degli elementi (sezione, tipo di muro/elemento bidimensionale, vincolo nodale, ecc.) può essere effettuata nei seguenti modi:

- Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione** cliccando su **Proprietà elementi**  e poi sull'elemento da definire, quindi sul bottone "Aggiungi". Ad esempio, per definire una sezione cliccate nel gruppo



**Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi**  e poi su **Sezioni aste** , quindi cliccate sul bottone "Aggiungi" e specificate nella finestra di dialogo i dati richiesti.

- Dal pannello **Proprietà correnti** cliccando sulla riga dell'elemento da definire e quindi sulla voce del menu a discesa. Ad esempio, per definire una sezione cliccate dal pannello **Proprietà correnti** sulla riga "Sezione" della sezione "Aste", quindi sul menu a discesa (rappresentato in figura) cliccate sulla voce "Nuova sezione asta" e specificate nella finestra di dialogo i dati richiesti.



- Dalla **Linea di comando** digitando il nome del comando. Ad esempio per definire una sezione digitate **DESE** nella linea di comando e specificate nella finestra di dialogo i dati richiesti.

È possibile stabilire nella scheda "Generali" delle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applica-

zione  e poi su **Opzioni** , se le nuove proprietà definite o modificate debbano essere automaticamente resi correnti.

## Materiali

Per la definizione delle sezioni e dei tipi di elementi bidimensionali, occorre anche aver definito uno o più **materiali**, con le relative caratteristiche fisiche e meccaniche.

La copia di un materiale si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il materiale originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un materiale definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire il materiale prelevandolo dall'archivio fornito con il programma. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

Se si ridefiniscono i materiali modificando il peso proprio, **non** occorre correggere la condizione di carico elementare in cui erano stati memorizzati i carichi dovuti al peso proprio, poiché viene automaticamente tenuto aggiornato.

Si può associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

**Utilizzo da linea di comando: DEMA** (Definisci materiale).

## Impalcati

La definizione degli impalcati si effettua inserendo un numero di righe pari agli impalcati da definire e specificandone le quote o l'altezza degli interpiani oppure con il bottone "Genera".

Se non ci sono nodi selezionati vengono generati automaticamente tanti impalcati quante sono le diverse coordinate Z dei nodi presenti nella struttura.

Se invece ci sono dei nodi selezionati vengono generati tanti impalcati quanti sono i nodi selezionati e con diverse coordinate Z.

La modifica dell'altezza degli interpiani comporta la ridefinizione della quota degli impalcati.

L'inserimento di un impalcato prima di uno già definito si effettua selezionando la riga dell'impalcato e premendo sul bottone "Inserisci".

L'inserimento di un nuovo impalcato si effettua premendo sul bottone "Aggiungi".

L'appartenenza dei nodi agli impalcati così definiti si effettua con il bottone "Assegna impalcati".

La definizione degli impalcati, anche se non strettamente necessarie per la creazione automatica dei nodi superiori degli elementi, consentono comunque di velocizzare l'inserimento degli elementi strutturali.

L'impalcato 0 è un impalcato fittizio cui devono appartenere i nodi con vincoli esterni, indipendentemente dalla loro quota o nodi che in ogni caso non si intende correlare con altri con ipotesi di piano rigido. Il fatto che premendo sulla voce "POIM 0 a 0" degli **Strumenti di visualizzazione** porti alla definizione del piano di visualizzazione come piano orizzontale a quota 0 è solo una **convenzione**, la quota dell'impalcato 0 è infatti indeterminata in quanto di fatto non esiste un impalcato 0.

**Utilizzo da linea di comando:** **DEIM** (Definisci impalcati), **IMPA** (Impalcati automatici), **LIMP** (Libera impalcati).

**Argomenti correlati:** Impalcati e piani rigidi.

## Vincoli nodi

Nel caso di vincoli di tipo pseudo plinto/palo le dimensioni del plinto si riferiscono agli assi locale dell'asta. Per alcune considerazioni sul tipo di vincolo da utilizzare nel caso in cui sul nodo insista un plinto, si veda **Fondazioni su plinti** e argomenti correlati.

Per i vincoli associati ai nodi su cui insiste un plinto su pali o un palo è possibile valutare in modo automatico le costanti elastiche in funzione della stratigrafia, si veda **Vincoli valutati in funzione della stratigrafia**.

La copia di un vincolo si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il vincolo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un vincolo definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire il vincolo nodale prelevandolo dall'archivio fornito con il programma. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

È possibile associare un commento al tipo di vincolo nodale.

**Utilizzo da linea di comando:** **DEVN** (Definisci vincolo nodo), **?VN** (Informazioni vincoli nodi).

## Vincoli aste

È possibile definire o modificare i tipi di vincoli interni delle aste. Il vincolo definito o modificato verrà automaticamente reso corrente se così è stato specificato nelle **Opzioni**.

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire il vincolo asta prelevandolo dall'archivio fornito con il programma. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

La copia di un vincolo si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il vincolo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un vincolo definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Si può essere associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

I gradi di libertà sono espressi nel riferimento locale dell'asta.

Si possono definire degli incastri parziali all'estremità delle aste specificando per My e Mz valori compresi tra 0 e 1. In corrispondenza dell'estremo in cui è presente un vincolo parziale, il programma trasferisce al solutore SAP2000 una molla di rigidezza pari a  $(C/(1-C)) \cdot (2 \cdot EJ/L)$  dove C è il valore del coefficiente inserito nella definizione dei vincoli dell'asta. Il valore della rigidezza della molla è invece calcolato, utilizzando la suddetta formula, automaticamente dal solutore Xfinest. Specificando ad esempio 0.5 si ha una riduzione del 50% del momento di incastro. Se l'elemento è costituito da più aste occorre dividere il valore dell'incastro parziale per un coefficiente dato dal rapporto tra la lunghezza dell'elemento e la lunghezza dell'asta a cui è assegnato l'incastro parziale. Gli incastri parziali non sono gestiti da versioni di Xfinest precedenti alla 2014.

Si possono definire delle cerniere plastiche a flessione e a taglio le cui caratteristiche sono automaticamente determinate dal programma come indicato nel paragrafo **Cerniere plastiche**.

Se il tipo di vincolo è su suolo elastico alla Winkler è possibile valutare in modo automatico la costante di sottofondo in funzione della stratigrafia, si veda **Vincoli valutati in funzione della stratigrafia**.

Nel caso in cui nella struttura esista almeno un'asta con vincolo di tipo biella solo resistente a compressione o a trazione, sarà possibile effettuare solo un'analisi di tipo non lineare.

ModeSt non è in grado di individuare tutte le possibili labilità che possono nascere introducendo svincolamenti incorretti.

**Utilizzo da linea di comando:** **DEVA** (Definisci vincoli interni asta), **?VA** (Informazioni vincoli aste).

## Sezioni aste

Nella finestra di dialogo si possono utilizzare alcune facilitazioni:

Le **sezioni accoppiate** possono essere definite, oltre che definendone i parametri, anche prelevando dall'archivio la sezione che costituisce la coppia e fornendo solo la distanza fra le due parti. Si seleziona il tipo di

sezione da definire e si utilizza *Accoppia* del menu della finestra. Si apre automaticamente l'archivio delle sezioni con già attivo un filtro sui soli tipi di sezioni semplici corrispondenti.

Le **sezioni poligonali** possono essere definite, oltre che specificando il numero dei vertici e la loro posizione (sezioni per coordinate), anche specificando il nome di un disegno Ms-Cad in cui sia disegnata la loro forma (sezioni disegnate). In tal caso la sezione potrà anche avere al suo interno uno o più fori di forma poligonale o circolare ed anche il perimetro esterno potrà essere circolare (ad esempio sezione circolare con foro quadrato). La sezione di tipo "Per coordinate" è possibile definirla importandole da un file DXF/DWG o da un file Ms-Cad in cui è disegnata.

Le **sezioni disegnate** possono essere definite importandole da un file DXF/DWG o da un file Ms-Cad in cui è disegnata. La sezione nel file DXF/DWG deve essere disegnata in mm poiché nel programma viene assunto che 1 unità di disegno CAD corrisponde a 1 mm. Questo tipo di sezione è definibile solo per membratura di tipo "Generica".

La **copia di sezioni**, a volte necessaria per creare sezioni uguali o simili, ma con criteri o tipi di verifica diversi, può essere effettuata agevolmente selezionando nella casella di riepilogo a discesa la sezione originale e utilizzando *Duplica* del menu della finestra. Viene automaticamente creata una nuova sezione con gli stessi dati e sarà sufficiente effettuare le modifiche volute.

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire la sezione prelevandola dall'archivio fornito con il programma. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.


Una sezione definita ma non utilizzata nel modello può essere eliminata selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Si può associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

Si può associare anche un codice, utilizzato nella **classificazione delle sezioni**, nell'importazione da Revit e nell'esportazione a IDEA StatiCa Steel.

Se si modificano i parametri di una sezione già definita, si modificano ovviamente tutte le aste che hanno tale sezione.

Se si ridefiniscono una o più sezioni, **non** occorre correggere la condizione di carico elementare in cui erano stati memorizzati i carichi dovuti al peso proprio, poiché quest'ultimo viene automaticamente tenuto aggiornato.

È possibile utilizzare un'altra procedura per definire una sezione disegnata: è sufficiente aprire il file Ms-Cad in cui è disegnata la sezione e cliccare nella scheda **Definisci** su **Sezione**  oppure con il menu a comparsa sulla finestra, selezionare l'opzione *Genera sezione*.

**Utilizzo da linea di comando: DESE** (Definisci sezione), **?SA** (Informazioni sezioni aste).

## Parametri aste

I valori dei coeff.  $\beta$  da utilizzare per il calcolo della snellezza torsionale ( $\beta_x$ ) e delle snellezze delle aste nelle altre due direzioni locali ( $\beta_y$ ,  $\beta_z$ ) vengono utilizzati solo in fase di verifica delle aste in acciaio e in legno e possono quindi essere definiti anche dopo aver calcolato le sollecitazioni nella struttura. I valori specificati sostituiscono quelli eventualmente definiti nei criteri di verifica che vengono comunque assunti come default per le aste a cui non è stato assegnato alcun tipo di snellezza.

Le snellezze e gli offset sono relative agli assi locali dell'asta.

Si possono specificare vari modi di calcolare le zone rigide da adottare durante il calcolo della struttura: "Def." decide se calcolare o meno le zone rigide in funzione di quanto specificato nei parametri di calcolo; "Si" calcola le zone rigide indipendentemente da quanto specificato nei parametri di calcolo; "No" non calcola le zone rigide indipendentemente da quanto specificato nei parametri di calcolo.

Si possono specificare vari modi di calcolare gli offset rigidi dai nodi in direzione Y o Z locale da adottare durante il calcolo della struttura: "Def." decide se calcolare o meno gli offset in funzione di quanto specificato nei parametri di calcolo; "Si" calcola gli offset indipendentemente da quanto specificato nei parametri di calcolo; "No" non calcola gli offset indipendentemente da quanto specificato nei parametri di calcolo.

Si possono specificare i moltiplicatori dei parametri statici della sezione da adottare nel calcolo della struttura. Questi consentono di modificare la rigidezza assiale (Area), flessionale ( $J_y$ ,  $J_z$ ) e a taglio ( $A_y$ ,  $A_z$ ) nella direzione Y o Z locale, specificando ad esempio 0.5 per il "Moltiplicatore Area" si considera il 50% della rigidezza assiale.

La copia di un parametro aggiuntivo si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il parametro aggiuntivo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un parametro aggiuntivo definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Si può essere associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DEPA** (Definisci parametri aggiuntivi aste), **?PA** (Informazioni parametri aggiuntivi asta).

**Argomenti correlati:** Zone rigide e offset dai nodi.

## Tipi muri/bidimensionali

Se si modificano le proprietà ad un tipo di elemento bidimensionale già definito, si modificano ovviamente tutti gli elementi di tale tipo nella struttura.

Se si ridefiniscono uno o più tipi di elemento bidimensionale, **non** occorre correggere la condizione di carico elementare in cui erano stati memorizzati i carichi dovuti al peso proprio, poiché quest'ultimo viene automaticamente tenuto aggiornato.

Se la tipologia dell'elemento bidimensionale è flessionale e membranale è possibile diversificare lo spessore flessionale da quello membranale. Questa opzione non è gestita da OpenSees e non è applicabile all'elemento ISOSHELL di Xfinest.

Se la tipologia dell'elemento bidimensionale è su suolo elastico alla Winkler è possibile valutare in modo automatico la costante di sottofondo in funzione della stratigrafia, si veda **Vincoli valutati in funzione della stratigrafia**.

Se l'utilizzo dell'elemento bidimensionale è "Generico" è possibile specificare se è costituito da un materiale non lineare con criterio di plasticizzazione **Drucker-Prager**, per il qual è necessario specificare l'angolo di attrito, la coesione e l'angolo di dilatanza. Questa opzione non è gestita da SAP2000, OpenSees e dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2018. L'angolo di dilatanza, diverso dall'angolo di attrito, non è gestito dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2019.

Se l'utilizzo dell'elemento bidimensionale è "Pannello X-LAM" occorre specificare la composizione del pannello. Sono ammissibili solo un numero dispari di strati, con orientamenti alternati. I diversi spessori devono comunque essere simmetrici rispetto all'asse del pannello. Per pannelli che in sede di produzione hanno tavole accoppiate ma con stesso orientamento, va definito un unico strato dello spessore complessivo. Per i pannelli X-LAM non viene richiesto il materiale da usare per il calcolo della struttura, in quanto i dati necessari vengono automaticamente calcolati da quelli presenti nel criterio di progetto, come indicato in **Caratteristiche meccaniche dei pannelli X-LAM**. Il materiale definito automaticamente dal programma, a cui viene assegnato un numero corrispondente al numero del tipo di elemento bidimensionale incrementato di 1000, non è riportato nell'elenco dei materiali ma nel paragrafo "Elenco materiali" della relazione di calcolo.

La copia di un tipo di muro/elementi bidimensionale si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di muro/elemento bidimensionale definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Si può essere associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DETB** (Definisci tipo muro/elemento bidimensionale).

## Tipi plinti/pali

La definizione di un plinto/palo avviene per inserimento dei parametri geometrici e la specifica del criterio di progetto da utilizzare nella progettazione dell'armatura del plinto/palo.

La copia di un tipo di plinto/palo si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di plinto/palo definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Si può essere associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DETL** (Definisci tipo plinto/palo), **?TL** (Informazioni tipi plinti/pali).

## Tipi solai

I carichi sono positivi se controversi agli assi di riferimento quindi generalmente il carico permanente strutturale, non strutturale e il primo, secondo e terzo carico accidentale hanno valori positivi.

Per solai non orizzontali il carico permanente è considerato agente sulla superficie reale del solaio, mentre il carico accidentale è considerato agente sulla proiezione orizzontale del solaio.

La ripartizione dei carichi sulle aste di perimetro del solaio può essere: **Unidirezionale, A piastra perimetrale, A piastra bisettrice**; nel caso di ripartizione di tipo unidirezionale è possibile ripartire il carico anche sulle aste parallele all'orditura del solaio specificando la "Larghezza fascia laterale". Per maggiori informazioni si veda **Ripartizione dei carichi da solai**.

Il coefficiente di riduzione dei carichi accidentali del solaio in direzione Z globale si utilizza nel calcolo dei pesi di piano nel caso delle Tensioni ammissibili o Stati limite D.M. 96. Tale coefficiente eventualmente introdotto al momento della definizione delle CCE, non influenza i carichi calcolati automaticamente poiché quest'ultimi fanno riferimento sempre al coefficiente di riduzione specificato nella definizione del tipo di solaio.

Nell'altezza del solaio si deve indicare l'altezza comprensiva dello spessore della cappa.

Il criterio di progetto specificato viene utilizzato nel progetto dell'armatura dei solai.

Se si ridefiniscono i tipi di solaio dopo che sono stati calcolati il carico permanente strutturale, non strutturale e il primo, secondo e terzo carico accidentale non occorre correggere la condizione di carico elementare in cui erano stati memorizzati i carichi dovuti ai solai, dato che tali carichi vengono tenuti automaticamente aggiornati.

La copia di un tipo di solaio si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di solaio definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Si può associare anche un commento che se non specificato viene generato automaticamente in modo da riportare in breve le caratteristiche della proprietà stessa.

**Utilizzo da linea di comando: DETS** (Definisci tipo di solaio), **?TS** (Informazioni tipi solai).

## Tipi tamponature

Il carico permanente non strutturale determina il carico agente sulle aste di perimetro della tamponatura. È quindi possibile considerare un carico ridotto per tener conto di eventuali aperture, con un calcolo cosiddetto "vuoto per pieno". La massa per le verifiche (se richieste) viene desunta dai criteri di progetto. Il carico è implicitamente di tipo gravitazionale e quindi non è possibile introdurre valori negativi.

La ripartizione dei carichi **strutturali** sulle aste di perimetro della tamponatura può essere: **Sull'asta di piede, Sulle aste di piede e di testa, Sulle aste laterali**. Per maggiori informazioni si veda **Ripartizione dei carichi da tamponature**.

La ripartizione dei carichi **da vento** sulle aste di perimetro della tamponatura può essere: **Sull'asta di piede, Sulle aste laterali, A piastra perimetrale, A piastra bisettrice**. Per maggiori informazioni si veda **Ripartizione dei carichi da tamponature**.

Il criterio di progetto specificato viene utilizzato nella verifica, se richiesta e per calcolare le rigidezze degli eventuali **puntoni equivalenti**.

Se si ridefiniscono i tipi di tamponature dopo che è stato calcolato il carico permanente non strutturale, non occorre correggere la condizione di carico elementare in cui erano stati memorizzati i carichi dovuti alle tamponature, dato che tali carichi vengono tenuti automaticamente aggiornati.

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire la tamponatura prelevandola da un archivio. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

La copia di un tipo di tamponatura si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di tamponatura definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento al tipo di tamponatura.

**Utilizzo da linea di comando: DETT** (Definisci tipo di tamponatura), **?TT** (Informazioni tipi tamponature).

## Tipi reticolari

ModeSt consente di raggruppare logicamente fra loro un insieme di aste in modo da formare una **reticolare in acciaio**, per maggiori informazioni si veda **Reticolari in acciaio**. Di tale reticolare sarà poi possibile progettare automaticamente o interattivamente tutti i collegamenti, sia saldati che bullonati.

Poiché la definizione di reticolare serve solo per il progetto dei collegamenti, può ovviamente essere effettuata indifferentemente prima o dopo il calcolo della struttura.

La copia di un tipo di reticolare si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di reticolare definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento al tipo di reticolare.

**Utilizzo da linea di comando: DETR** (Definisci tipo di reticolare), **?TR** (Informazioni tipi muri/elementi bidimensionali).

## Tipi link

ModeSt consente di definire tre differenti tipologie di link: Su linea, Su nodi, Su linea per scollegare i maschi nel pushover murature.

La copia di un tipo di link si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di link definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento al tipo di link.

### SU LINEA

Nella definizione deve essere specificato il comportamento dei diversi gradi di libertà (GDL) in corrispondenza dei nodi che caratterizzeranno il link su linea come indicato in **Schematizzazione link su linea**.

I GDL traslazionali e quello rotazionale intorno all'asse del link su linea (Rx) possono essere liberi, bloccati o elastici e identificano il comportamento del link inteso come "*linea di svincolamento*".

I gradi di libertà rotazionali Ry e Rz sono definiti solo in termini locali e possono essere solo liberi o bloccati. Infatti se si tiene presente che i link su linea a livello di calcolo vengono trasformati creando nodi coincidenti con i GDL diversamente accoppiati ne discende che normalmente tali GDL sono in genere da lasciare liberi, in quanto la resistenza a tale rotazione complessiva è offerta dai GDL Sy e Sz che la bloccano o la liberano a livello cinematico. Può essere necessario bloccare tali GDL **SOLAMENTE** per strutture molto semplici che con alcuni solutori generano a livello matematico delle labilità globali che il solutore non riesce a gestire.

### SU NODI

Nella definizione deve essere specificato il comportamento dei diversi gradi di libertà (GDL) e possono essere liberi, bloccati o elastici. Impostare un grado di libertà bloccato equivale ad imporre l'uguaglianza dello spostamento/rotazione lungo il relativo asse locale del link e in questo caso i due nodi devono essere coincidenti. Facciamo notare che se i nodi non sono coincidenti si ha uguaglianza nello spostamento/rotazione ma le sollecitazioni non tengono conto della distanza fra i due nodi. Impostare tutti i gradi di libertà bloccati equivale invece all'inserimento di un elemento rigido tra i due nodi. In tal caso gli spostamenti e le rotazioni del nodo dipendente sono determinati dagli spostamenti del nodo libero e dalla distanza tra i due nodi e in questo caso i due nodi possono non essere coincidenti.

### SU LINEA PER SCOLLEGARE I MASCHI NEL PUSHOVER MURATURE

Nella definizione deve essere specificato se lo svincolamento deve essere considerato anche nella analisi lineare che viene eseguita prima di effettuare l'analisi pushover.

I gradi di libertà (GDL) non sono definibili ma sono tutti liberi in quanto questo tipo di link è pensato per svincolare le pareti in muratura (caso di pareti non bene ammorsate) nell'analisi pushover. Infatti, questo tipo di link consente di ricostruire nel telaio equivalente per strutture miste la stessa configurazione che sia ha nel telaio equivalente quando è disattivato il parametro **Crea collegamenti fra pareti** dei criteri generali delle murature.

**Utilizzo da linea di comando:** DETKL (Definisci tipo link), ?TKL (Informazioni link).

## Esposizioni al fuoco

La definizione dell'azione termica richiede la specifica di una curva di incendio, del coefficiente di convezione e dei fattori di configurazione ed emissività. La curva d'incendio può essere definita scegliendo una di quelle predefinite oppure inserendo i dati relativi alla curva temperatura – tempo.

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire le azioni termiche prelevandole dall'archivio fornito con il programma. Le curve dell'archivio sono state definite secondo le indicazioni della normativa. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

La copia di un tipo di esposizione al fuoco si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di esposizione al fuoco definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento al tipo di esposizione al fuoco.

**Utilizzo da linea di comando:** DEES (Definisci esposizioni).

## Isolanti al fuoco

La definizione degli isolanti al fuoco per gli elementi in **cemento armato** avviene specificando i seguenti parametri:

- Spessore della protezione utilizzata.

- Conduttività della protezione utilizzata.

La definizione degli isolanti al fuoco per gli elementi in **acciaio** avviene specificando i seguenti parametri:

- Spessore della protezione utilizzata.
- Calore specifico della protezione utilizzata.
- Conducibilità termica della protezione utilizzata.
- Massa volumica della protezione utilizzata.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei valori presenti nella norma UNI 9503:

Materiale	Massa volumica <kg/m <sup>3</sup> >	Conducibilità termica <W/mK>	Calore specifico <J/kgK>
Fibre minerali a spruzzo	200-300	0.10	1200
Lastre di perlite o vermiculite	300-800	0.15	1100
Lastre di silicati	450-900	0.15	1100
Lastre di gesso	800	0.20	1700
Lastre di lana minerale	120-150	0.25	1200
Calcestruzzo cellulare	600-1300	0.30-0.65	1200
Calcestruzzo leggero	1600	0.80	1200
Laterizi	2000	1.00	1200
Calcestruzzo normale	2400	1.70	1200

La definizione degli isolanti al fuoco per gli elementi in **legno** avviene specificando i seguenti parametri:

- Tempo di inizio carbonizzazione della protezione.
- Tempo di rottura della protezione.
- Moltiplicatore velocità di carbonizzazione prima e dopo della rottura della protezione.
- Selezionare l'opzione "Rivestimento in legno o cartongesso di tipo A" per elementi di legno affacciati su una cavità vuota, se il rivestimento protettivo consiste di uno o due strati di cartongesso di tipo A, di legno o di pannelli a base di legno.

Tutti i parametri sono descritti in **Verifiche per carico da incendio su aste in legno**.

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire le superfici isolanti prelevandole dall'archivio fornito con il programma. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

La copia di un tipo di isolante si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Un tipo di isolante definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento al tipo di isolante.

**Utilizzo da linea di comando: DEIS** (Definisci isolanti).

## Unità geotecniche

La definizione di una unità geotecnica avviene per inserimento dei parametri geotecnici.

Dal menu *Archivi* ► *Carica* è possibile definire le unità geotecniche prelevandole dall'archivio fornito con il programma che può essere utilizzato sia come supporto nei primi passi della modellazione, sia come elenco di valori tipici dei parametri geotecnici. L'archivio è comunque personalizzabile come indicato nel paragrafo **Archivi dati**.

La copia un'unità geotecnica si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa l'unità geotecnica originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Una unità geotecnica definita ma non utilizzata nel modello può essere eliminata selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento all'unità geotecnica.

**Utilizzo da linea di comando: DEUG** (Definisci unità geotecnica).



# Colonne stratigrafiche

La costruzione di una colonna stratigrafica avviene per inserimento (eliminazione) degli strati utilizzando il bottone "Inserisci" ("Elimina").

Uno strato viene definito assegnando ad esso: un'unità geotecnica, la profondità della superficie superiore, un criterio di progetto.

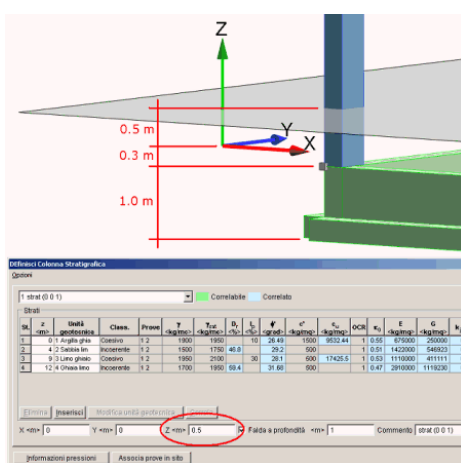
I parametri di uno strato sono modificabili attraverso l'unità geotecnica ad esso assegnata.

L'inserimento della falda e l'assegnazione delle prove in sito completano la definizione della colonna stratigrafica.

La colonna stratigrafica così creata viene inserita nel modello attraverso la definizione delle coordinate del piano di campagna rispetto al sistema di riferimento globale.

La copia di una colonna stratigrafica si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa la colonna stratigrafica originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Nota sulla profondità del piano di posa: la Z definita nella colonna stratigrafica è la posizione del piano di campagna rispetto al sistema di riferimento globale. Ad esempio nella figura sottostante, per una trave di fondazione alta un metro, con filo fisso sull'estradosso e nodo a quota  $Z = -0.3$  m e per una colonna stratigrafica con Z pari a 0.5 m, risulta un piano di posa delle fondazioni a profondità pari a  $0.5 + 0.3 + 1.0 = 1.8$  m.



**Utilizzo da linea di comando: DECS** (Definisci colonna stratigrafica).

## Prove geotecniche

La costruzione della prova avviene inserendo l'insieme delle misure relative alle varie profondità di lettura.

È possibile definire le prove in sito attraverso l'importazione dei risultati da file di estensione CSV (file con valori delimitati dal separatore di elenco).

I file con estensione CSV sono agevolmente realizzabili utilizzando programmi per la creazione di fogli elettronici e devono essere costruiti secondo le seguenti regole:

- nella casella A1 deve essere indicato il tipo di prova (SPT, DP, CPT o GFS);
- nella casella B1 può essere indicato il commento alla prova;
- nelle caselle della colonna A, da A2 in poi, devono essere indicate le profondità delle misure;
- nelle caselle della colonna B e C, da B2 e C2 in poi, devono essere indicate le misure ottenute dalle prove alle relative profondità: per le SPT deve essere riportato NSPT nella colonna B; per le DP deve essere riportato NDP nella colonna B; per le CPT deve essere riportato  $q_c$  (in  $\text{kg/m}^2$ ) nella colonna B e  $f_s$  (in  $\text{kg/m}^2$ ) nella colonna C; per le GFS deve essere riportato  $v_p$  (in m/s) nella colonna B e  $v_s$  (in m/s) nella colonna C.

	A	B	C
1	CPT	CPT_test_1	
2	0.4	61000	8000
3	0.6	92000	5300
4	0.8	92000	5300
5	1	133000	10000
6	1.2	143000	11300
7	1.4	133000	15300
8	1.6	143000	8000
9	1.8	133000	10000
10	2	143000	11300
11	2.2	143000	9300

Durante e dopo la costruzione della colonna stratigrafica è possibile visualizzare i diagrammi che, in funzione della profondità, danno i valori delle pressioni litostatiche, dei parametri inseriti e dei risultati delle prove in sito assegnate.

La copia di una prova geotecnica si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa la prova originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.

Una prova geotecnica definita ma non utilizzata nel modello può essere eliminata selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

È possibile associare un commento alla prova geotecnica.

**Utilizzo da linea di comando: DEPR** (Definisci prove).

## Inserimento degli elementi

---

### Nodi

L'inserimento dei nodi è ovviamente la fase principale della modellazione di una struttura e può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.

L'inserimento dei nodi si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Nodi** .

Di seguito sono elencati i metodi più consueti per l'inserimento dei nodi che possono essere anche combinati fra loro.

#### INSERIMENTO SPECIFICANO LE COORDINATE O UN PUNTO

Per inserire i nodi occorre inizialmente posizionarsi su un piano normale all'asse Z del sistema di riferimento, che può o meno coincidere con gli impalcati predefiniti, in quanto la coordinata Z del nodo viene assunta automaticamente pari a quella del piano di posizionamento. Per potersi posizionare su un impalcato occorre aver precedentemente definito le quote degli impalcati (si veda **Definizione delle proprietà degli elementi - Impalcati**).

Successivamente, i nodi possono essere inseriti specificando da tastiera le sole coordinate X e Y, specificando **coordinate relative cartesiane o polari** rispetto al punto di riferimento oppure cliccando col mouse in un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati con l'ausilio delle quote delle distanze dal punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**. La precisione delle coordinate dei nodi si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) occorre selezionare l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

#### INSERIMENTO UTILIZZANDO LA GRIGLIA

Dopo avere attivato l'opzione "Griglia" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i nodi si inseriscono cliccando col mouse sui punti della **griglia**.

#### INSERIMENTO UTILIZZANDO IL LUCIDO

Dopo avere attivato la **visualizzazione di un lucido** in una o più **finestre di modellazione**, i nodi si inseriscono cliccando col mouse sui punti evidenziati del lucido.

#### INSERIMENTO SULLE ASTE UTILIZZANDO GLI SNAP

I nodi si inseriscono cliccando col mouse sui punti di **snap**.

#### INSERIMENTO NEGLI SPIGOLI DELLE FORATURE

I nodi si inseriscono cliccando col mouse sugli spigoli delle forature.

#### NOTE:

Tutti i nodi inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

Le coordinate, il numero, il vincolo e l'impalcato di appartenenza del nodo si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

Su ogni nodo è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

Tutte le istruzioni che fanno riferimento ad un sistema di coordinate cartesiane (anche relative) sono relative al **sistema di riferimento attivo** al momento dell'inserimento.


In qualunque momento è possibile riferire le coordinate introdotte (sia assolute che relative) rispetto ad un sistema di riferimento diverso da quello standard consentendo agevolmente l'inserimento dei nodi per strutture di qualunque tipo.


**Utilizzo da linea di comando:** **AGGN** (Aggiungi nodo), **SOSN** (Sostituisci nodo).

**Argomenti correlati:** **Sistema di riferimento attivo**, **Sostituisci nodo**, **Copia degli elementi**.

## Aste

L'inserimento delle aste può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.

L'inserimento delle aste si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Aste**  e specificando i due nodi di estremità.

Nell'inserimento delle aste è possibile utilizzare le opzioni "Ricerca nodi intermedi" e "Crea nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Aste**  e che consentono rispettivamente di creare automaticamente le aste fra tutti i nodi esistenti e allineati compresi fra i due specificati e di dividere automaticamente le aste quando intersecano altre aste, creando un nodo nel punto di intersezione.

Di seguito sono elencati i metodi per l'inserimento di aste che possono essere anche combinati fra loro.

### INSERIMENTO DIRETTO FRA DUE NODI

I due nodi di estremità si indicano cliccando direttamente su un nodo esistente o numericamente specificando N seguito dal numero. Il secondo nodo può anche essere inserito specificando **coordinate relative cartesiane o polari** rispetto al nodo iniziale e viene creato automaticamente se inesistente.

### INSERIMENTO DIRETTO FRA DUE PUNTI

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i due nodi di estremità si indicano cliccando col mouse in un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati con l'ausilio delle quote delle distanze dal punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**. La precisione delle coordinate dei nodi si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) occorre selezionare l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO IL LUCIDO

Dopo avere attivato la **visualizzazione di un lucido** in una o più **finestre di modellazione**, i due nodi di estremità si indicano cliccando col mouse sui punti evidenziati del lucido.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO LA GRIGLIA

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" e attivato l'opzione "Griglia" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i due nodi di estremità si indicano cliccando col mouse sui punti della **griglia**.


### INSERIMENTO UTILIZZANDO GLI SNAP

I due nodi di estremità si indicano cliccando col mouse sui punti di **snap**.

### INSERIMENTO NEGLI SPIGOLI DELLE FORATURE

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i due nodi di estremità si indicano cliccando col mouse sugli spigoli delle forature.

### INSERIMENTO DI ASTE VERTICALI

Se è stata effettuata la **definizione degli impalcati**, la sezione ha membratura pilastro ed è attiva l'opzione "Inserimento semplificato pilastri" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Aste** , le aste verticali si inseriscono indicando con il cursore grafico o specificando il numero del nodo inferiore dell'asta. Il nodo superiore viene automaticamente creato alla quota dell'impalcato immediatamente superiore a quello del nodo indicato. Inoltre, se è attiva anche l'opzione "Inserimento pilastri fino all'ultimo impalcato" viene inserita un'asta verticale fino alla quota dell'ultimo impalcato spezzandola in corrispondenza degli impalcati intermedi.




Se nel piano del pilastro si trova un'asta ad una quota inferiore a quella dell'impalcato immediatamente superiore, il pilastro viene interrotto in corrispondenza dell'asta e non prosegue fino all'impalcato.

Se invece gli impalcati non sono definiti il nodo superiore si inserisce spostandosi verticalmente lungo l'asta e cliccando in un punto.

È possibile anche indicare il nodo inferiore dell'asta semplicemente cliccando col mouse sui punti evidenziati del lucido, in un punto della **griglia** o in un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati con l'ausilio delle

quote delle distanze dal punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**. La precisione delle coordinate del nodo di piede del pilastro si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) si seleziona l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

### INSERIMENTO AUTOMATICO FRA NODI ALLINEATI

La generazione contemporanea di una serie di aste tra loro parallele si effettua cliccando sulla freccia a destra di **Aste**  e poi su **Ordite in X**  o su **Ordite in Y**  e selezionando dei nodi, automaticamente vengono ordinate aste individuando tutti gli allineamenti presenti nella direzione specificata. L'uso di questa funzionalità permette di ridurre i tempi di modellazione per edifici regolari.

#### NOTE:

Tutte le aste inserite saranno caratterizzate dalle **proprietà correnti**.

Durante l'inserimento di elementi (ad esempio pilastri) viene in genere effettuato un'anteprima dell'oggetto che sarà inserito. In alcuni casi in cui l'inserimento può in una prima fase essere ambiguo, non occorre farsi ingannare dalla rappresentazione visiva dell'oggetto che può essere momentaneamente incorretta o fuorviante.

Tutte le istruzioni che fanno riferimento ad un sistema di coordinate cartesiane (anche relative) sono relative al **sistema di riferimento attivo** al momento dell'inserimento.

Il numero, la sezione, la rotazione, il vincolo, i parametri aggiuntivi, il filo e lo scostamento dal filo fisso si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

Su ogni asta è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGA** (Aggiungi asta), **AGGP** (Aggiungi pilastro), **ORDA** (Ordisci aste).


**Argomenti correlati:** **Aste - connessione e posizione**, **Aste con sezione fittizia**, **Proprietà correnti**, **Definizione sezioni**, **Copia degli elementi**.

## Muri

Come riportato in **Differenza fra muri ed elementi bidimensionali** una delle principali differenze fra i due tipi di elementi è che i primi possono essere solo verticali e sono caratterizzati da 4 nodi, mentre i secondi possono essere comunque disposti nello spazio e sono caratterizzati da 3 o 4 nodi.

L'inserimento dei muri può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.

L'inserimento dei muri si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Muri**  e specificando i due nodi inferiori.

Se è stata effettuata la **definizione degli impalcati** i nodi superiori del muro vengono automaticamente creati alla quota dell'impalcato immediatamente superiore a quella dei nodi indicati inoltre, se è attiva l'opzione "Inserimento muri fino all'ultimo impalcato" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Muri** , viene inserito un muro fino alla quota dell'ultimo impalcato spezzandolo in corrispondenza degli impalcati intermedi.

Se invece gli impalcati non sono definiti i nodi superiori si inseriscono spostandosi verticalmente lungo il muro e cliccando in un punto.

Di seguito sono elencati i metodi più consueti per l'inserimento dei muri che possono essere anche combinati fra loro.

### INSERIMENTO DIRETTO FRA DUE NODI

Sia il primo che il secondo nodo si possono indicare con il cursore grafico o specificando il numero del nodo. Il secondo nodo può anche essere indicato per **coordinate relative cartesiane o polari** rispetto al primo e verrà creato automaticamente.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO IL LUCIDO

Dopo avere attivato la **visualizzazione di un lucido** in una o più **finestre di modellazione**, i due nodi si indicano cliccando col mouse sui punti evidenziati del lucido.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO LA GRIGLIA

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" e attivato l'opzione "Griglia" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i due nodi si indicano cliccando col mouse sui punti della **griglia**.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO GLI SNAP

I due nodi di estremità si indicano cliccando col mouse sui punti di **snap**.

#### NOTE:

Tutti i muri inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

Nelle **finestre di modellazione** è possibile controllare la definizione degli **assi locali** dell'elemento.

Se nel piano del muro si trova un'asta ad una quota inferiore a quella dell'impalcato immediatamente superiore, il muro viene interrotto in corrispondenza dell'asta e non prosegue fino all'impalcato.

In seguito il muro potrà comunque essere **meshato** trasformandolo in elementi bidimensionali.


Il numero, la tipologia, il filo e lo scostamento dal filo fisso si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.


Su ogni muro è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse cliccando sul centro del muro, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

**Utilizzo da linea di comando: AGGM** (Aggiungi muro).

## Elementi bidimensionali

L'inserimento degli elementi bidimensionali può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.

L'inserimento degli elementi bidimensionali si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Bidi**  e specificando i nodi.

È possibile inserire un bidimensionale specificando semplicemente il primo e l'ultimo nodo di una serie di nodi allineati attivando l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Bidi** , automaticamente ModeSt cerca tutti i nodi intermedi (sullo stesso allineamento) e li collega, evidenziando l'avvenuta selezione dei nodi intermedi cambiandone il colore.

Di seguito sono elencati i metodi più consueti per l'inserimento degli elementi bidimensionali che possono essere anche combinati fra loro.

### INSERIMENTO DIRETTO NEI NODI

I nodi possono essere indicati con il cursore grafico o numericamente specificando N seguito dal numero.

### INSERIMENTO DIRETTO NEI PUNTI

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i nodi si indicano cliccando col mouse in un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati con l'ausilio delle quote delle distanze dal punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**. La precisione delle coordinate dei nodi si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) occorre selezionare l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO IL LUCIDO

Dopo avere attivato la **visualizzazione di un lucido** in una o più **finestre di modellazione**, i nodi si indicano cliccando col mouse sui punti evidenziati del lucido.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO LA GRIGLIA

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" e attivato l'opzione "Griglia" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i nodi si indicano cliccando col mouse sui punti della **griglia**.



### INSERIMENTO UTILIZZANDO GLI SNAP

I nodi si indicano cliccando col mouse sui punti di **snap**.

### INSERIMENTO NEGLI SPIGOLI DELLE FORATURE

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, i nodi si indicano cliccando col mouse sugli spigoli delle forature.

### INSERIMENTO GRAFICO SPECIFICANDO UN PUNTO ALL'INTERNO DI UN PERIMETRO CHIUSO DI ASTE

È possibile inserire un elemento bidimensionale cliccando col mouse in un punto all'interno di un perimetro chiuso di aste cliccando sulla freccia a destra di **Bidi**  e poi su **Interno a perimetro**  e successivamente specificando il punto. Questo metodo funziona solo se il piano di lavoro è posizionato sul piano dell'elemento bidimensionale da inserire e se le aste che individuano il perimetro sono già definite e complanari.

## NOTE:


Tutti i bidimensionali inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

Se il quarto dei nodi specificati coincide con il primo o con il terzo, l'elemento viene considerato a 3 nodi.

È possibile annullare l'ultimo nodo selezionato digitando **U** e premendo "Invio".

È possibile inserire un bidimensionale selezionando più di 4 nodi ma tale elemento va poi convertito in un insieme di elementi bidimensionali a 3 o 4 nodi utilizzando la **mesh avanzata per elementi complessi**.

Si consiglia di inserire gli elementi bidimensionali di uno stesso "particolare" strutturale (ad esempio di una platea) in modo che le normali agli elementi siano tutte rivolte dalla stessa parte; in caso contrario sarà praticamente impossibile interpretare correttamente i risultati relativi a questi elementi e ottenere mappe significative degli stati di tensione. Per approfondimenti si veda **Mappe stato tensionale elementi bidimensionali, Sollecitazioni negli elementi bidimensionali e sistemi di riferimento**.

Per avere le normali agli elementi tutte rivolte dalla stessa parte occorre inserire questi ultimi tutti in senso orario o tutti in senso antiorario. La direzione dell'asse locale Y degli elementi bidimensionali può comunque essere modificata attraverso il comando **Inverte asse locale Y bidimensionali**  degli **strumenti**.

Tutte le istruzioni che fanno riferimento ad un sistema di coordinate cartesiane (anche relative) sono relative al **sistema di riferimento attivo** al momento dell'inserimento.

Il numero, la tipologia, il filo e lo scostamento dal filo fisso si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.


Nelle **finestre di modellazione** è possibile controllare la definizione degli assi locali dell'elemento come indicato nel capitolo **assi locali**.

Su ogni elemento bidimensionale è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse cliccando sul centro dell'elemento, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

**Utilizzo da linea di comando: AGGB** (Aggiungi elemento bidimensionale).

## Plinti/Pali

L'inserimento dei plinti/pali può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.

L'inserimento dei plinti/pali si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Plinti/Pali**  e indicando il nodo.

Di seguito sono elencati i metodi per l'inserimento dei plinti/pali che possono essere anche combinati fra loro.

### INSERIMENTO DIRETTO FRA DUE NODI

Il nodo può essere indicato con il cursore grafico o specificando il numero del nodo.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO IL LUCIDO

Dopo avere attivato la **visualizzazione di un lucido** in una o più **finestre di modellazione**, il nodo si indica cliccando col mouse sui punti evidenziati del lucido.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO LA GRIGLIA

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" e attivato l'opzione "Griglia" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, il nodo si indica cliccando col mouse sui punti della **griglia**.

### INSERIMENTO UTILIZZANDO GLI SNAP

Il nodo si indica cliccando col mouse sui punti di **snap**.

### INSERIMENTO NEGLI SPIGOLI DELLE FORATURE

Dopo avere disattivato l'opzione "Solo nodi esistenti" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, il nodo si indica cliccando col mouse sugli spigoli delle forature.

## NOTE:

Tutti plinti/pali inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

Il numero e il tipo di plinto/palo si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

I plinti/pali sono caratterizzati da un **sistema di riferimento locale**.

I plinti/pali in ModeSt possono essere numerati in qualsiasi modo con numeri positivi, anche non consecutivi, purché non esistano plinti/pali con lo stesso numero.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione dei plinti/pali senza la perdita dei risultati del calcolo e delle verifiche.

Le procedure di numerazione automatica assegnano ai plinti/pali lo stesso numero del nodo sui cui insistono e quindi del pilastro soprastante.

Per alcune considerazioni sul tipo di vincolo da utilizzare per i nodi su cui insiste un plinto si veda **Fondazioni su plinti** e i relativi argomenti correlati.

Su ogni plinto/palo è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.


Per alcune considerazioni sul tipo di vincolo da utilizzare per i nodi su cui insiste un plinto/palo, si veda **Fondazioni su plinti** e relativi argomenti correlati.

**Utilizzo da linea di comando: AGGL** (Aggiungi plinto/palo).

## Solai

L'inserimento dei solai può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.

L'inserimento dei solai si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Solai**  e specificando i nodi del perimetro, oppure selezionando le aste o indicando un punto interno alle aste di perimetro.

È possibile inserire un solaio specificando semplicemente il primo e l'ultimo nodo di una serie di nodi allineati attivando l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Solai** , automaticamente ModeSt cerca tutti i nodi intermedi (sullo stesso allineamento) e li collega, evidenziando l'avvenuta selezione dei nodi intermedi cambiandone il colore.

Di seguito sono elencati i metodi per l'inserimento dei solai che possono essere anche combinati fra loro.

### INSERIMENTO DIRETTO FRA NODI

I nodi possono essere indicati graficamente o numericamente specificando N seguito dal numero. La definizione del solaio termina quando si inserisce nuovamente il primo nodo.

### INSERIMENTO SELEZIONANDO UN INSIEME DI ASTE

Le aste che delimitano la maglia del solaio possono essere indicate graficamente o numericamente. Questo metodo è utilizzabile solo se le aste selezionate sono complanari. In questo caso le aste non possono essere **selezionate** singolarmente, ma devono essere utilizzati comandi che consentono la selezione multipla di aste come ad esempio una finestra di selezione.

### INSERIMENTO SPECIFICANDO UN PUNTO INTERNO AD UNA MAGLIA DI ASTE

Indicando graficamente un punto all'interno della maglia del solaio. Questo metodo funziona solo se il piano di lavoro è posizionato sul piano del solaio da inserire e se le aste che individuano il perimetro del solaio sono già definite e complanari.

#### NOTE:

Tutti i solai inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

I solai devono avere delle aste sul perimetro con sezione fittizia o reale.

Il numero, il tipo e l'orditura si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

L'angolo d'orditura è riferito all'asse X del **sistema di riferimento locale** del solaio.

È possibile annullare l'ultimo nodo selezionato digitando **U** e premendo "Invio".

Su ogni solaio è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse cliccando sul centro del solaio (simbolo dell'orditura), che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

Quando è stata eseguita l'analisi dei carichi provenienti dal solaio qualunque modifica della forma o dell'orditura del solaio si rifletterà automaticamente in una modifica dei carichi calcolati.

Se lungo il perimetro del solaio sono presenti link nodali con nodi non coincidenti, prima di inserire il solaio occorre aggiungere delle aste con sezione fittizia 0 fra i nodi dei link nodali.


**Utilizzo da linea di comando: AGGS** (Aggiungi solaio).


**Argomenti correlati: Copia degli elementi.**

## Tamponature

L'inserimento delle tamponature può essere effettuato in diversi modi, tutti utilizzabili ovviamente in contemporanea in funzione delle necessità.



L'inserimento delle tamponature si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Tamponature**  e specificando i nodi del perimetro, oppure selezionando le aste o indicando un punto interno alle aste di perimetro.

È possibile inserire una tamponatura specificando semplicemente il primo e l'ultimo nodo di una serie di nodi allineati attivando l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Tamponature** , automaticamente ModeSt cerca tutti i nodi intermedi (sullo stesso allineamento) e li collega, evidenziando l'avvenuta selezione dei nodi intermedi cambiandone il colore.

Di seguito sono elencati i metodi per l'inserimento delle tamponature che possono essere anche combinati fra loro.

### INSERIMENTO DIRETTO FRA NODI

I nodi possono essere indicati graficamente o numericamente specificando N seguito dal numero. La definizione della tamponatura termina quando si inserisce nuovamente il primo nodo.

### INSERIMENTO SELEZIONANDO UN INSIEME DI ASTE

Le aste che delimitano la maglia della tamponatura possono essere indicate graficamente o numericamente. Questo metodo è utilizzabile solo se le aste selezionate sono complanari. In questo caso le aste non possono essere **selezionate** singolarmente, ma devono essere utilizzati comandi che consentono la selezione multipla di aste come ad esempio una finestra di selezione.

### INSERIMENTO SPECIFICANDO UN PUNTO INTERNO AD UNA MAGLIA DI ASTE

Indicando graficamente un punto all'interno della maglia della tamponatura. Questo metodo funziona solo se il piano di lavoro è posizionato sul piano del solaio da inserire e se le aste che individuano il perimetro del solaio sono già definite e complanari.


#### NOTE:

Tutte le tamponature inseriti saranno caratterizzate dalle **proprietà correnti**.

Le tamponature devono avere delle aste sul perimetro con sezione fittizia o reale.

Il numero e il tipo si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

È possibile annullare l'ultimo nodo selezionato digitando **U** e premendo "Invio".

È possibile inserire un solaio saltando alcuni nodi intermedi disattivando l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Tamponature** .

Su ogni tamponatura è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse cliccando sul centro della tamponatura (simbolo della tamponatura), che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

Quando è stata eseguita l'analisi dei carichi provenienti dalla tamponatura qualunque modifica della forma della tamponatura si rifletterà automaticamente in una modifica dei carichi calcolati.

Se lungo il perimetro della tamponatura sono presenti link nodali con nodi non coincidenti, prima di inserire la tamponatura occorre aggiungere delle aste con sezione fittizia 0 fra i nodi dei link nodali.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGT** (Aggiungi tamponatura).


**Argomenti correlati:** **Copia degli elementi**.

## Reticolari in acciaio

Non è corretto parlare di *inserimento* delle reticolari in acciaio, in quanto le reticolari sono solo il raggruppamento logico di un insieme di aste che abbiano una sezione compatibile con il progetto delle unioni reticolari, ossia che consenta l'inserimento di una piastra di collegamento. ModeSt gestisce le sezioni a doppio L e a doppio C accoppiate dal lato della costola e le sezioni rettangolari e circolari cave. Le sezioni ad L non possono avere lo spessore variabile cioè il valore del dato % deve essere nullo.

Le aste devono essere tutte complanari e il loro asse Y locale (o eventualmente l'asse Z per le sezioni rettangolari e circolari cave) deve essere parallelo alla normale al piano che definisce la reticolare.

La definizione di una reticolare avviene attraverso la selezione dei nodi e delle aste che la caratterizzano. È importante tener presente che un'asta può appartenere ad una reticolare anche solamente con uno solo dei due nodi di estremità. Questo si rende necessario ad esempio quando la reticolare si attacca ad altri elementi strutturali con collegamenti di altro tipo.

Le reticolari si inseriscono cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Reticolari**  e specificando una **selezione di nodi** o di **aste**. Durante la selezione delle aste e dei nodi è quindi possibile specificare sia nodi che aste:

- La selezione di un nodo comporta automaticamente la selezione delle aste che vi confluiscono e la attivazione della progettazione della relativa estremità (ma non dell'altra). Inizialmente ModeSt considera tutte



le aste confluenti sul nodo, ma non appena è possibile stabilire quale sia il piano che contiene la reticolare (generalmente dopo la selezione del terzo nodo, se non allineato ai primi due) vengono automaticamente considerate solo le aste contenute in tale piano.

- La selezione di un'asta comporta automaticamente anche la selezione di entrambe le estremità dell'asta.

#### NOTE:

Le reticolari inserite saranno caratterizzate dalle **proprietà correnti**.

Se il numero reticolare corrente è 0 (zero) o corrispondente ad un numero di reticolare non esistente il comando crea una nuova reticolare, altrimenti la reticolare esistente viene completamente ridefinita non appena si inizia la selezione di nodi o di aste.

Per evitare di maldefinire le estremità delle aste conviene generalmente selezionare tutti gli elementi interessati mediante una selezione a finestra e poi eventualmente togliere le aste che non devono essere considerate. È molto semplice selezionare i nodi e le aste necessari per la definizione di una reticolare: basta infatti posizionarsi su un piano corrispondente al piano della reticolare e definire un **BOX** tale da vedere solo gli elementi interessati. A questo punto attivare una vista piana e aggiungere la reticolare selezionando con una finestra di selezione gli elementi necessari.

Il numero e il tipo si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

Le reticolari sono caratterizzati da un **sistema di riferimento locale**.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGR** (Aggiungi reticolari).



**Argomenti correlati:** **Definizione reticolari in acciaio**.

## Link su linea

All'interno della struttura è possibile inserire dei link su linea. I link su linea permettono di definire una modalità di collegamento fra uno o più elementi bidimensionali ed il resto della struttura creando in pratica una "linea di svincolamento".

In questo modo, oltre alla normale continuità, è possibile sbloccare o rendere semi-rigidi i diversi Gradi di Libertà simulando ad esempio solette semplicemente appoggiate o passanti.

Un link su linea è definito da due nodi, un piano sui cui giacciono uno o più elementi bidimensionali, ed il lato del piano che individua quali bidimensionali siano interessati dal link su linea.

L'inserimento dei link su linea si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Link**  e poi su **Link su linea**  e successivamente indicando i nodi iniziali e finali su cui si vuole creare il link su linea e un elemento bidimensionale che identifica contemporaneamente sia il piano su cui ricercare gli elementi che il lato su cui agisce il link su linea.

Per **modellare uno svincolamento tra maschi murari** efficace nell'analisi sismica statica non lineare (pushover), il link su linea deve avere i nodi iniziale e finale coincidenti con quelli del piede e della testa del maschio murario per verifiche sismiche in sostanza deve avere una lunghezza uguale all'altezza del maschio murario.

Tutti i link su linea inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

Il numero ed il tipo si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.



Su ogni link su linea è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGKL** (Aggiungi link su linea).

**Argomenti correlati:** **Tipi link**, **Schematizzazione link su linea**.

## Link su nodi

All'interno della struttura è possibile inserire dei link su nodi che permettono di definire una modalità di collegamento fra due nodi.

L'inserimento dei link su nodi si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** su **Link**  e poi su **Link su nodi**  e successivamente indicando il nodo iniziale e finale su cui si vuole inserire il link, il nodo che identifica l'origine del sistema di riferimento e i nodi che identificano la direzione degli assi X e Y.

Tutti i link su nodi inseriti saranno caratterizzati dalle **proprietà correnti**.

Il numero ed il tipo si modificano come indicato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi**.

Su ogni link su nodi è inoltre disponibile un menu a comparsa, attivabile con il tasto destro del mouse, che permette di accedere alle principali operazioni effettuabili.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGKN** (Aggiungi link su nodi).

**Argomenti correlati:** **Tipi link**.

# Integratori

All'interno di ModeSt è possibile inserire degli speciali elementi detti "integratori".



Un integratore è definito da due nodi e da un piano individuato da un elemento bidimensionale.

L'integratore consente di ottenere le risultanti derivanti dall'integrazione delle sollecitazioni di un insieme di elementi bidimensionali. Gli integratori non hanno alcun effetto nel calcolo della struttura e possono essere inseriti anche dopo che il calcolo è stato eseguito. Dopo che sono stati inseriti non è necessario eliminarli e reinserirli nel caso in cui si apportino delle modifiche alla meshatura e/o all'orientamento del sistema di riferimento locale degli elementi bidimensionali a cui sono associati.



Si distinguono due tipi di integratori:

- **Integratori longitudinali**
- **Integratori trasversali**

Gli **integratori longitudinali** sono definiti da due nodi e da un piano individuato da un elemento bidimensionale. L'integratore longitudinale definisce un unico piano di integrazione, passante per i due nodi ed ortogonale al piano dove giacciono gli elementi bidimensionali, sul quale vengono restituite le risultanti dell'integrazione di tutte le sollecitazioni degli elementi bidimensionali interessati. Oltre a visualizzare le sollecitazioni numeriche (si veda **Tabelle risultati**), l'integratore longitudinale può essere utilizzato per progettare interattivamente l'armatura di una sezione in c.a. o per verificare le sezioni di pannelli X-LAM.

L'inserimento degli integratori longitudinali si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modello** su **Integratori**  e poi su **Integratori longitudinali**  e successivamente indicando il nodo iniziale e finale dove inserire l'integratore e un elemento bidimensionale che identifica contemporaneamente sia il piano dove ricercare gli elementi che il lato sul quale integrare le sollecitazioni.

Gli **integratori trasversali** sono definiti da due nodi e da un piano individuato da un elemento bidimensionale. L'integratore trasversale definisce una serie di piani di integrazione, passanti per i punti di intersezione della linea congiungente i due nodi con i nodi degli elementi bidimensionali che giacciono sul piano, ortogonali sia alla linea che ai bidimensionali e di larghezza uguale alla dimensione della fascia di piano. Su questi piani vengono restituite le risultanti dell'integrazione di tutte le sollecitazioni degli elementi bidimensionali interessati. In definitiva si comporta come un'asta le cui sollecitazioni, oltre a quelle dei piani di integrazione, possono essere ovunque valutate mediante interpolazioni.

L'inserimento degli integratori trasversali si effettua cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modello** su **Integratori**  e poi su **Integratori trasversali**  e successivamente indicando il nodo iniziale e finale dove inserire l'integratore e un elemento bidimensionale che identifica contemporaneamente sia il piano che gli elementi sui quali integrare le sollecitazioni.

La fascia di piano è suddivisa in due zone: lato destro e sinistro dell'integratore trasversale. Le dimensioni di tali zone sono modificabili per consentire ad esempio di impostare una larghezza uguale alla base della sezione, per adeguarla quando risulta esterna ai bidimensionali e in tutti gli altri casi in cui l'utente intenda adottare una diversa larghezza di integrazione. La modifica delle dimensioni si effettua selezionando l'integratore trasversale e modificando i valori del "Delta positivo" e/o del "Delta negativo" nel pannello **Proprietà elementi selezionati**. Facciamo osservare che la larghezza della fascia di piano influisce sul valore delle risultanti.

Assegnando una sezione non fittizia, si comportano come un'asta **virtuale** e può essere utilizzato per progettare interattivamente l'armatura di una trave o di un pilastro in c.a.

Per una corretta gestione della progettazione e un corretto calcolo delle verifiche dei nodi e della gerarchia trave-pilastro, nella definizione di travi virtuali è bene rispettare le seguenti regole:

- se lungo il proprio asse della trave sono presenti zone verticali costituite da elementi bidimensionali, è bene che la trave virtuale abbia interruzioni prima e dopo la zona dei bidimensionali lasciandone una parte interamente sovrapposta alla zona suddetta.
- se lungo il proprio asse della trave sono presenti degli "appoggi" verticali, modellati sia con aste sia con elementi bidimensionali, è bene che la trave virtuale sia interrotta in corrispondenza degli "appoggi".

Un insieme di integratori longitudinali caratterizzati dallo stesso numero, tutti integrabili con forze (si veda **Tecniche di integrazione**), giacenti nello stesso piano e riferiti ad elementi bidimensionali ortogonali al piano stesso e tutti dallo stesso lato identificano una **Multi-Linea** di cui vengono valutate le sollecitazioni riferite alla geometria ed alle sollecitazioni complessive. La numerazione automatica assegna lo stesso numero ad integratori lineari che rispettino questi requisiti e mutuamente incidenti, ma è possibile assegnare lo stesso numero ad integratori di linea geometricamente separati ma di cui si vogliono assemblare le sollecitazioni.

Proprio per il motivo che gli integratori longitudinali possono essere raggruppati se hanno lo stesso numero, per evitare ambiguità non è possibile ottenere informazioni sulle sollecitazioni di integratori longitudinali con numero 0.

**Utilizzo da linea di comando: AGGI** (Aggiungi integratori).

## Modifica degli elementi

---

### Modifica delle proprietà

La modifica delle proprietà di uno o più elementi (nodo, asta, ecc.) può essere effettuata selezionandoli ed effettuando le modifiche nel pannello **Proprietà elementi selezionati**. Occorre tener presente che se gli elementi selezionati sono più di uno, il pannello ne riflette le proprietà comuni, lasciando in bianco quelle che non risultano omogenee. La modifica di quest'ultime ovviamente le rende omogenee per tutti gli elementi selezionati. Le proprietà di un singolo elemento possono essere modificate anche attraverso il menu a comparsa sull'elemento stesso.

#### NODI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero". Due nodi non possono avere lo stesso numero.

**Impalcato:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Impalcato".

**Impalcato trasferimento massa secondaria:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Imp. trasf. massa" la modalità di **trasferimento delle masse secondarie**.

**Vincolo:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo".

**Coordinate:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "X", "Y" o "Z". Due nodi non possono avere le stesse coordinate.

**Utilizzo da linea di comando:** **NNC** (Numero nodo corrente), **ANN** (Assegna numero nodo), **VNC** (Vincolo nodo corrente), **AVN** (Assegna vincolo nodo), **IMC** (Impalcato corrente), **AIN** (Assegna impalcato nodo), **AX** (Assegna X), **ADX** (Assegna delta X).

#### ASTE

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Sezione:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione".

**Vincolo:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Vincolo".

**Rotazione:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Rotazione".

**Parametri aggiuntivi:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Parametri aggiuntivi".

**Filo fisso:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Filo fisso".

**Scostamento dal filo fisso:** modificabile cambiando i valori nelle caselle di testo "Scostamento".

**Utilizzo da linea di comando:** **NAC** (Numero asta corrente), **ANA** (Assegna numero asta), **SAC** (Sezione asta corrente), **ASA** (Assegna sezione asta), **VAC** (Vincolo asta corrente), **AVA** (Assegna vincolo asta), **RAC** (Rotazione asta corrente), **ARA** (Assegna rotazione asta), **PAC** (Parametri asta correnti), **APA** (Assegna parametri asta), **FAC** (Filo fisso asta corrente), **AFA** (Assegna filo fisso asta), **SFAC** (Scostamento filo fisso asta corrente), **ASFA** (Assegna scostamento filo fisso asta).

#### MURI/ELEMENTI BIDIMENSIONALI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Tipologia:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipologia".

**Filo fisso:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Filo fisso".

**Scostamento dal filo fisso:** modificabile cambiando i valori nelle caselle di testo "Scostamento".

**Forature:** modificabile cambiando i valori nelle caselle di testo "Foratura".

**Utilizzo da linea di comando:** **NBC** (Numero muro/elemento bidimensionale corrente), **ANB** (Assegna numero muro/elemento bidimensionale), **TBC** (Tipo muro/elemento bidimensionale corrente), **ATB** (Assegna tipo muro/elemento bidimensionale), **FBC** (Filo fisso muro/elemento bidimensionale corrente), **AFB** (Assegna filo fisso muro/elemento bidimensionale), **SFBC** (Scostamento filo fisso muro/elemento bidimensionale corrente), **ASFB** (Assegna scostamento filo fisso muro/elemento bidimensionale), **FORA** (Inserisce foro muri/elementi bidimensionali).

#### PLINTI/PALI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero". Due plinti/pali non possono avere lo stesso numero.

**Tipo:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipologia".

**Utilizzo da linea di comando:** **NLC** (Numero plinto/palo corrente), **ANL** (Assegna numero plinto/palo), **TLC** (Tipo plinto/palo corrente), **ATL** (Assegna tipo plinto/palo)

## SOLAI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Tipo:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipo".

**Orditura:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Orditura".

**Utilizzo da linea di comando:** **NSC** (Numero solaio corrente), **ANS** (Assegna numero solaio), **OSC** (Orditura solaio corrente), **AOS** (Assegna orditura solaio), **TSC** (Tipo solaio corrente), **ATS** (Assegna tipo solaio).

## TAMPONATURE

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Tipo:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipo".

**Utilizzo da linea di comando:** **NTC** (Numero tamponatura corrente), **ANT** (Assegna numero tamponatura), **TTC** (Tipo tamponatura corrente), **ATT** (Assegna tipo tamponatura).

## RETICOLARI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Tipo:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipologia".

**Utilizzo da linea di comando:** **NRC** (Numero reticolare corrente), **ANR** (Assegna numero reticolare), **TRC** (Tipo reticolare corrente), **ATR** (Assegna tipo reticolare).

## LINK

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Tipo:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipologia".

**Utilizzo da linea di comando:** **NKLC** (Numero link corrente), **ANKL** (Assegna numero link), **TKLC** (Tipo link corrente), **ATKL** (Assegna tipo link).

## INTEGRATORI LONGITUDINALI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Tipo:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Tipologia".

## INTEGRATORI TRASVERSALI

**Numero:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Numero".

**Sezione:** modificabile scegliendola dalla casella di riepilogo a discesa "Sezione".

**Rotazione:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Rotazione".

**Delta positivo:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Delta positivo".

**Delta negativo:** modificabile cambiando il valore nella casella di testo "Delta negativo".

**Filo fisso:** modificabile scegliendolo dalla casella di riepilogo a discesa "Filo fisso".

**Scostamento dal filo fisso:** modificabile cambiando i valori nelle caselle di testo "Scostamento".

## Eliminazione

L'eliminazione degli elementi (nodi, aste, muri/elementi bidimensionali, ecc.) si effettua cliccando nel gruppo



**Modifica** della scheda **Modellazione** su **Elimina** . Se gli elementi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente eliminati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** gli elementi da eliminare.

La cancellazione dei nodi ovviamente comporta la cancellazione di tutti gli elementi incidenti sul nodo stesso.

**Utilizzo da linea di comando:** **ELIN** (Elimina nodo), **ELIA** (Elimina asta), **ELIB** (Elimina muri/elementi bidimensionale), **ELIL** (Elimina plinto/palo), **ELIS** (Elimina solai), **ELIT** (Elimina tamponature), **ELIR** (Elimina reticolari), **ELIKL** (Elimina link).


## Copia e Incolla proprietà

È possibile assegnare tutte le proprietà di un elemento ad un altro elemento utilizzando i comandi di copia ed incolla proprietà.

La copia e l'incolla delle proprietà degli elementi si effettua cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** rispettivamente su **Copia pr.**  e su **Incolla pr.**  e quindi **selezionando** gli elementi da cui copiare ed incollare le proprietà.

**Utilizzo da linea di comando:** **CPPR** (Copia le proprietà di un elemento), **INPR** (Incolla le proprietà correnti agli elementi).

## Copia

La copia degli elementi (nodi, aste, muri/elementi bidimensionali, ecc.) si effettua cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Copia** . Se gli elementi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente copiati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** gli elementi da copiare.


Occorre indicare il punto di riferimento da utilizzare come un punto base per la copia degli elementi e il punto di posizionamento. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere un nodo, un punto del **lucido**, un punto della **griglia** o un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere il punto di intersezione di due aste o due linee del lucido cliccando sulla voce "INTE" oppure il punto ortogonale ad un'asta o una linea del lucido cliccando sulla voce "ORTO" oppure il punto perpendicolare ad un'asta o linea del lucido cliccando sulla voce "PERP". Le suddette voci si trovano negli **Strumenti di visualizzazione**. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto di posizionamento è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta o alla linea del lucido passante per il punto di riferimento.

Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**.

La precisione delle coordinate del punto di posizionamento si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) si selezioni l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

**Utilizzo da linea di comando:** **COPI** (Copia gli elementi), **COPN** (Copia nodi), **COPA** (Copia aste), **COPS** (Copia solai), **COPB** (Copia muri/elementi bidimensionali).

## Sposta

Lo spostamento degli elementi quali nodi, aste o muri/elementi bidimensionali si effettua cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Sposta** . Se gli elementi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente spostati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** gli elementi da spostare.


Occorre indicare il punto di riferimento da utilizzare come un punto base per lo spostamento degli elementi e il punto di posizionamento. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere un nodo, un punto del **lucido**, un punto della **griglia** o un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere il punto di intersezione di due aste o due linee del lucido cliccando sulla voce "INTE" oppure il punto ortogonale ad un'asta o una linea del lucido cliccando sulla voce "ORTO" oppure il punto perpendicolare ad un'asta o linea del lucido cliccando sulla voce "PERP". Le suddette voci si trovano negli **Strumenti di visualizzazione**. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto di posizionamento è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta o alla linea del lucido passante per il punto di riferimento.

Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**.

La precisione delle coordinate del punto di posizionamento si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) si selezioni l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

**Utilizzo da linea di comando:** **AX** (Assegna X), **AY** (Assegna Y), **AZ** (Assegna Z), **ADX** (Assegna delta X), **ADY** (Assegna delta Y), **ADZ** (Assegna delta Z).

## Estrudi


L'estrusione degli elementi si effettua cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Estrudi** . Se gli elementi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente copiati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** gli elementi da copiare.

Occorre indicare il punto di riferimento da utilizzare come un punto base per la copia degli elementi e il punto di posizionamento. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere un nodo, un punto del **lucido**, un punto della **griglia** o un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere il punto di intersezione di due aste o due linee del lucido cliccando sulla voce "INTE" oppure il punto ortogonale ad un'asta o una linea del lucido cliccando sulla voce "ORTO" oppure il punto perpendicolare ad un'asta o linea del lucido cliccando sulla voce "PERP". Le suddette voci si trovano negli **Strumenti di visualizzazione**. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto di posizionamento è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta o alla linea del lucido passante per il punto di riferimento.

Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**.

**Utilizzo da linea di comando: ESTR** (Estrudi).

## Specchia

La creazione di un'immagine speculare simmetrica di una porzione o dell'intera struttura si effettua cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Specchia** . Gli elementi vengono specchiati attorno al piano verticale specificato. Se gli elementi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente specchiati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** gli elementi da specchiare. Per specificare il piano speculare, occorre indicare due punti che possono essere un nodo, un punto del **lucido**, un punto della **griglia** o un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati.

I punti del piano speculare possono essere il punto di intersezione di due aste o due linee del lucido cliccando sulla voce "INTE" oppure il punto ortogonale ad un'asta o una linea del lucido cliccando sulla voce "ORTO" oppure il punto perpendicolare ad un'asta o linea del lucido cliccando sulla voce "PERP". Le suddette voci si trovano negli **Strumenti di visualizzazione**. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta o alla linea del lucido passante per il punto di riferimento.


La specchiatura risulta utile per la creazione di strutture simmetriche, in quanto è possibile modellare rapidamente una metà della struttura e quindi creare un'immagine speculare anziché creare la struttura intera.


**Note:**


- Non vengono correttamente specchiati i plinti non simmetrici per i quali occorre eventualmente definire un altro tipo da assegnare alla parte specchiata.

**Utilizzo da linea di comando: SPEC** (Specchia).


## Spezza aste e muri


Nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** cliccando su **Spezza**  si accede ad una serie di funzionalità che consentono di suddividere le aste o i muri.


**Spezza aste in n parti**  divide un'asta nel numero esatto di parti specificato indipendentemente dalla loro dimensione.


**Spezza aste in parti di lunghezza indicativa**  divide un'asta in un numero di parti di lunghezza indicativa.

**Spezza aste ad una certa distanza dal nodo iniziale**  divide un'asta in un punto ad una distanza prefissata dal nodo iniziale.

**Spezza aste in 3 parti (estremità imposte)**  divide un'asta in 3 parti con conci di estremità di lunghezza imposta. Questo comando e il successivo vengono normalmente utilizzati nella modellazione di strutture esistenti in c.a. da verificare con l'analisi sismica statica non lineare (pushover) (si veda **Verifica strutture esistenti in c.a. - Linee guida sulla modellazione e la verifica**).

**Spezza aste in 3 parti (estremità = nH)**  divide un'asta in 3 parti con conci di estremità di lunghezza pari ad un multiplo dell'altezza della sezione.

**Spezza aste su nodi esistenti**  divide un'asta in corrispondenza di nodi esistenti. L'asta viene divisa solo se i nodi esistenti giacciono lungo la linea rappresentante l'asta.

**Spezza muri in n parti**  divide un muro nel numero esatto di parti specificato indipendentemente dalla loro dimensione.

**Spezza muri in parti di lunghezza indicativa**  divide un muro in un numero di parti di lunghezza indicativa.

**Note:**

- I nuovi nodi creati automaticamente dal comando vengono numerati con una numerazione negativa e non vengono normalmente visualizzati; in realtà questi sono nodi a tutti gli effetti che possono essere cancellati, spostati, ecc.
- Gli eventuali carichi agenti sull'asta o sui muri vengono suddivisi e trasferiti alle nuove aste.
- Gli eventuali carichi agenti sul muro vengono ripartiti e trasferiti ai nuovi elementi.
- Le eventuali aste presenti sul perimetro del muro vengono automaticamente suddivise e mantengono automaticamente i carichi assegnati.
- Gli eventuali solai che interessavano i nodi dell'asta o del muro vengono ad interessare anche i nuovi nodi.

**Utilizzo da linea di comando: SPEA** (Spezza asta), **SPEM** (Spezza muri).



## Unifica le aste

È possibile unire un gruppo aste fra di loro al fine di ottenerne una più grande cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Unifica**  e poi su **Aste** .

Vengono unite le aste che hanno le stesse proprietà di seguito elencate:

- numero;
- sezione;
- vincolo;
- rotazione;
- filo fisso e scostamento dal filo fisso;
- direzione dell'asse locale X.

Il programma inizialmente raggruppa le aste selezionate in quelle che hanno lo stesso numero e poi le suddivide in sottogruppi che abbiano le stesse caratteristiche sopra elencate. Per cui ad esempio un insieme di aste con lo stesso numero ma con 3 differenti carichi verrà unificata e ricostruito il carico con la stessa distribuzione originale. Questo metodo di unione è stato ideato per evitare di perdere le proprietà, sia in termini geometrici che di carichi, assegnate dall'utente alle aste.

### Note:


- Nell'unione si perde la tipologia di collegamento assegnato alle aste interne e mantenuto quello assegnato agli estremi della prima e dell'ultima asta.


**Utilizzo da linea di comando:** UNSPEA (Unisce aste).


## Mesh muri/elementi bidimensionali


Gli elementi bidimensionali devono generalmente essere *meshati*, ossia suddivisi in elementi più piccoli, procedura necessaria per rendere le dimensioni dei singoli elementi compatibile con la precisione richiesta nel calcolo agli elementi finiti.


Anche i muri possono (e spesso debbono) essere meshati, e questo ne comporta la trasformazione automatica in elementi bidimensionali.


Nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** cliccando su **Mesh**  si accede ad una serie di funzionalità che consentono di effettuare la mesh dei muri/elementi bidimensionali.

**Mesh avanzata muri/bidimensionali complessi**  divide in elementi più piccoli i muri/elementi bidimensionali complessi, costituiti cioè da più di 4 nodi, con eventuale raffittimento in corrispondenza di pilastri e nodi interni. Occorre fornire sia le dimensioni indicative dei nuovi elementi che si vogliono creare sia quelle del raffittimento. Non viene eseguito il raffinamento se la dimensione del raffinamento è uguale a quella della mesh. Se i muri/elementi bidimensionali sono già stati **selezionati** verranno automaticamente meshati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** i muri/elementi bidimensionali da meshare. L'opzione **Crea elementi verticali rettangolari** impone al programma di suddividere i muri/elementi bidimensionali verticali utilizzando solo elementi bidimensionali di forma rettangolare.

**Mesh avanzata con raffinamento muri/bidimensionali complessi**  il comando si differenzia dal precedente poiché esegue un raffinamento della mesh sotto i pilastri.

**Mesh semplificata muri/bidimensionali a 3 o 4 nodi in parti di lunghezza indicativa**  divide in elementi più piccoli i muri/elementi bidimensionali a 3 o 4 nodi suddividendo i lati degli elementi in un numero di parti tali che le dimensioni dei lati siano circa uguali al valore specificato. Se i muri/elementi bidimensionali sono già stati **selezionati** verranno automaticamente meshati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** i muri/elementi bidimensionali da meshare.

**Mesh semplificata muri/bidimensionali a 3 o 4 nodi in n parti**  divide in elementi più piccoli i muri/elementi bidimensionali a 3 o 4 nodi suddividendo i lati degli elementi nel numero di parti specificato. Se i muri/elementi bidimensionali sono già stati **selezionati** verranno automaticamente meshati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** i muri/elementi bidimensionali da meshare.

**Raffina mesh bidimensionali a 3 o 4 nodi**  divide ulteriormente gli elementi bidimensionali a 3 o 4 nodi in corrispondenza del nodo specificato in modo da raffinare la mesh nell'intorno del nodo stesso. Se i nodi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente raffinati gli elementi in corrispondenza di tali nodi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** i nodi in cui eseguire il raffinamento dei bidimensionali.



### Note:

- Gli elementi a 3 o 4 nodi vengono suddivisi secondo il seguente criterio: siano N1-N2-N3-N4 i nodi dell'elemento; inizialmente vengono esaminati i lati N1-N2 e N3-N4 ricercando gli eventuali nodi intermedi, dividendo quindi per primo il lato contenente più nodi intermedi o, in caso di ugual numero di nodi intermedi, il lato più corto. Nel caso di suddivisione con una lunghezza indicativa per ogni tratto (compreso fra eventuali nodi intermedi) del lato così individuato viene calcolato il numero di nuove suddivisioni come l'arrotondamento all'intero più vicino del rapporto fra la lunghezza del tratto e la dimensione X della mesh. Il lato opposto viene poi suddiviso imponendo un numero globale di divisioni uguale a quello del lato già elaborato ed eventualmente dividendo prima i tratti più lunghi. In modo analogo vengono poi trattati gli altri due lati (con riferimento alla dimensione della mesh in direzione Z) ed infine vengono creati per generazione i nodi interni.
- I nuovi nodi creati automaticamente dalla meshatura vengono numerati con una numerazione negativa e non vengono normalmente visualizzati; in realtà questi sono nodi a tutti gli effetti che possono essere cancellati, spostati, ecc.
- Gli eventuali carichi agenti sull'elemento bidimensionale vengono ripartiti e trasferiti ai nuovi elementi.
- Le eventuali aste presenti sul perimetro dell'elemento bidimensionale vengono automaticamente suddivise e mantengono automaticamente i carichi assegnati.
- Gli eventuali solai che interessavano i nodi dell'elemento vengono ad interessare anche i nuovi nodi.

**Argomenti correlati:** **Note sulla mesh degli elementi bidimensionali**, **Elementi bidimensionali e metodo Master-Slave**, **Elementi bidimensionali e piani rigidi**, **Inserimento di una platea**, **Rigidezza torsionale elementi bidimensionali**, **Schematizzazione muri**.

**Utilizzo da linea di comando:** **MESH** (Divide muro/elemento bidimensionali), **RAME** (Raffina mesh).

## Unifica gli elementi bidimensionali

È possibile unire un gruppo di elementi bidimensionali fra di loro al fine di ottenerne uno più grande cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Unifica**  e poi su **Bidimensionali** .

Vengono uniti gli elementi bidimensionali che giacciono sullo stesso piano e che hanno le stesse proprietà di seguito elencate:

- numero;
- tipologia;
- filo fisso e scostamento dal filo fisso;
- direzione dell'asse locale Y;
- carico.

Il programma inizialmente raggruppa gli elementi bidimensionali selezionati in quelli che hanno lo stesso numero e poi li suddivide in sottogruppi che abbiano le stesse caratteristiche sopra elencate. Per cui ad esempio un insieme di elementi bidimensionali con lo stesso numero ma con 3 differenti zone di carico verranno suddivisi in 3 grossi elementi bidimensionali. Questo metodo di unione è stato ideato per evitare di perdere le proprietà, sia in termini geometrici che di carichi, assegnate dall'utente agli elementi bidimensionali.


Il programma individua automaticamente le forature e provvede a ripristinarle ove è possibile con il comando **FORA** oppure le contorna con delle aste fittizie di sezione 0.

**Note:**

- I muri non possono essere uniti.
- Le eventuali aste presenti sul perimetro dell'elemento bidimensionale non vengono automaticamente unite.

**Utilizzo da linea di comando:** **UNMESH** (Unisce elementi bidimensionali).

## Sostituisci nodo

È possibile sostituire un nodo con un altro modificando le incidenze degli elementi cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Sost. nodo** . I due nodi possono essere specificati con numero, N numero o cliccando sui nodi della struttura. Tutti gli elementi incidenti sul primo nodo vengono fatti incidere sul secondo nodo (il primo nodo viene eliminato).

**Note:**


- Il comando non viene eseguito se porta alla creazione di muri triangolari o di elementi bidimensionali con nodi incrociati.
- Eventuali aste che con questa operazione venissero ad avere i due nodi coincidenti vengono eliminate.




- Eventuali elementi bidimensionali o solai che con questa operazione venissero ad avere meno di tre nodi vengono eliminati.

**Utilizzo da linea di comando: SOSN** (Sostituisci nodo).


## Generazione

Nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** cliccando su **Genera**  si accede ad una serie di funzionalità che consentono di effettuare copie o generazioni di nodi o elementi.

**Copia polare nodi**  effettua la copia di uno o più nodi in coordinate polari secondo le specifiche fornite. La copia può essere effettuata su piani paralleli al piano **X-Y** o su piani qualunque definiti attraverso il sistema di riferimento utente. Come asse di generazione viene considerato l'asse **Z**. Occorre fornire il nodo da usare come centro di generazione (specificando N numero o mediante cursore grafico), l'angolo complessivo di generazione in gradi sessadecimali, il numero di parti in cui deve essere diviso, la quantità da sommare al numero dei nodi che se non specificata, prende il valore di default 0, il che indica che eventuali problemi di numerazione vengono risolti automaticamente. Se i nodi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente copiati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** i nodi da copiare.


**Note:**

- Nodi già esistenti non vengono duplicati.
- I nodi che vengono creati avranno la stessa tipologia di vincolo di quelli che vengono copiati.
- Vengono copiati anche i carichi presenti sui nodi in tutte le CCE.

**Copia polare aste**  effettua la copia di una o più aste in coordinate polari secondo le specifiche fornite e creando eventualmente i nodi necessari. La copia può essere effettuata su piani paralleli al piano **X-Y** o su piani qualunque definiti attraverso il sistema di riferimento utente. Come asse di generazione viene considerato l'asse **Z**. Occorre fornire il nodo da usare come centro di generazione (specificando N numero o mediante cursore grafico), l'angolo complessivo di generazione in gradi sessadecimali, il numero di parti in cui deve essere diviso, la quantità da sommare al numero delle aste e dei nodi che se non specificata, prende il valore di default 0, il che indica che eventuali problemi di numerazione vengono risolti automaticamente. Se le aste sono già state **selezionate** verranno automaticamente copiati tali elementi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** le aste da copiare.


**Note:**

- Nodi ed aste già esistenti non vengono duplicati/e.
- La copia dei nodi di estremità delle aste viene effettuata con le stesse modalità descritte in **copia** dei nodi.
- Le nuove aste avranno le stesse proprietà (sezione, rotazione, vincolo e filo fisso) di quelle che vengono copiate.
- Vengono copiati anche i carichi presenti sulle aste in tutte le CCE.

**Genera polare aste**  crea una o più aste come generazione in coordinate polari secondo le specifiche fornite e creando eventualmente i nodi necessari. Si può immaginare la generazione delle aste come la traccia lasciata dai nodi selezionati durante la rotazione intorno al centro di generazione. La generazione è possibile su piani paralleli al piano **X-Y** o su piani qualunque definiti attraverso il sistema di riferimento utente. Come asse di generazione viene considerato l'asse **Z**. Occorre fornire il nodo da usare come centro di generazione (specificando N numero o mediante cursore grafico), l'angolo complessivo di generazione in gradi sessadecimali, il numero di parti in cui deve essere diviso, la quantità da sommare al numero dei nodi che se non specificata, prende il valore di default 0, il che indica che eventuali problemi di numerazione vengono risolti automaticamente. Se i nodi sono già stati **selezionati** verranno automaticamente generati i nodi altrimenti verrà richiesto di **selezionare** i nodi.

**Note:**


- Nodi ed aste già esistenti non vengono duplicati/e.
- La generazione dei nodi di estremità delle aste viene effettuata con le stesse modalità descritte in **copia** dei nodi.
- Le proprietà di sezione, vincolamento, rotazione, filo fisso, scostamento dal filo fisso e numero delle aste generate saranno quelli correnti.

**Genera polare bidimensionali**  crea uno o più elementi bidimensionali come generazione in coordinate polari secondo le specifiche fornite e creando eventualmente i nodi necessari. Si può immaginare la generazione degli elementi come una traccia lasciata dalle aste selezionate durante la rotazione intorno al centro di generazione. La generazione è possibile su piani paralleli al piano **X-Y** o su piani qualunque definiti attraverso il sistema di riferimento utente. Come asse di generazione viene considerato l'asse **Z**. Occorre fornire il nodo

da usare come centro di generazione (specificando N numero o mediante cursore grafico), l'angolo complessivo di generazione in gradi sessadecimali, il numero di parti in cui deve essere diviso, la quantità da sommare al numero dei nodi che se non specificata, prende il valore di default 0, il che indica che eventuali problemi di numerazione vengono risolti automaticamente. Se le aste sono già state **selezionate** verranno automaticamente generati gli elementi bidimensionali altrimenti verrà richiesto di **selezionare** le aste.

**Note:**

- Nodi ed elementi bidimensionali già esistenti non vengono duplicati.
- Le aste utilizzate per la generazione non vengono a loro volta generate. Per queste aste conviene utilizzare la sezione 0 o -1. Dopo la generazione cancellare le aste che sono servite alla generazione.
- La generazione dei nodi di estremità delle aste viene effettuata con le stesse modalità descritte in **copia** dei nodi.
- Le proprietà di sezione, vincolamento, rotazione, filo fisso, scostamento dal filo fisso e numero delle aste generate saranno quelli correnti.

**Genera capriata**  permette di generare le capriate seguenti: Mohniè, Warren, Inglese, Circolare, Neville.

**Note:**

- Nella struttura occorre che siano presenti almeno due nodi e sia stata definita una sezione.
- Ad esclusione della tipologia di capriata Neville si può specificare se i diagonali devono essere tesi o compressi.

**Utilizzo da linea di comando:** **CPN** (Copia polare nodi), **CPA** (Copia polare aste), **GENA** (Generazione polare aste), **GENB** (Generazione polare elementi bidimensionali), **CAPR** (Genera una capriata).

## Filo fisso e scostamento dal filo fisso

Spesso non è semplice conciliare il posizionamento dei nodi e degli elementi (collegati ai nodi in posizione baricentrica) con la reale configurazione della struttura che specialmente nel caso del cemento armato presenta spesso disallineamenti e non convergenza ideale in un unico punto degli assi degli elementi.


Restando fermo il fatto che qualora si effettui un calcolo agli elementi finiti lo schema strutturale trasferito al solutore sarà quello corrispondente ad una visualizzazione unifilare della struttura, ModeSt offre numerose possibilità per definire la reale posizione nello spazio degli elementi conciliandola con lo schema nodi - aste - bidimensionali e permettendo quindi sia la creazione di disegni esecutivi aderenti alla realtà, sia in alcuni casi l'utilizzo di alcune ipotesi di calcolo che meglio modellano il comportamento della struttura.

Sia le aste che i bidimensionali hanno infatti fra le proprietà che li caratterizzano anche il **filo fisso** e lo **scostamento dal filo fisso**.

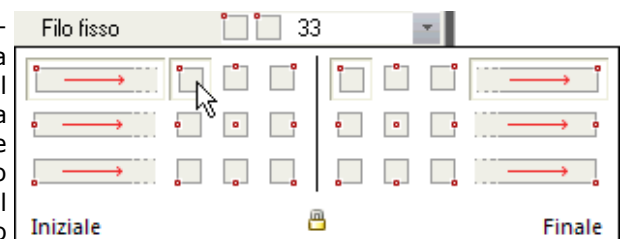
Il **filo fisso** indica quale dei punti notevoli della sezione di un'asta o del profilo di un bidimensionale far coincidere con il nodo. Se questo non fosse sufficiente lo **scostamento dal filo fisso** permette, assegnando degli spostamenti relativi rispetto al filo fisso, di portare il punto sui cui insiste il nodo in qualsiasi posizione.

Qualora il solutore agli elementi finiti lo consenta sarà poi possibile imporre a ModeSt di trasferire al solutore anche le informazioni relative alla reale posizione degli elementi (zone rigide, offset) sia in modo globale (utilizzando l'opzione **Calcolo con zone rigide**) che localmente per le singole aste (si veda **Parametri asta**).

La **modifica del filo fisso dell'asta** si può effettuare nei seguenti modi:

- Cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **FF aste**  e selezionando l'estremità o la parte centrale dell'asta, muovendosi poi lungo il cerchio, che compare intorno all'asta, fino a posizionarla nel punto desiderato. Selezionando un'estremità si modifica solo il filo fisso di quell'estremità e si dispone l'asta in posizione sbieca mentre con la parte centrale si modificano entrambi i fili fissi e quindi si trasla rigidamente l'intera asta. Se sono state selezionate più aste la modifica del filo fisso di un'asta si ripercuote sulle altre.


- Selezionando l'asta e con il menu (rappresentato in figura) che compare cliccando sulla casella di riepilogo a discesa "Filo fisso" presente nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà elementi selezionati**. La modifica del filo fisso si esegue poi cliccando su una delle icone presenti nel menu. Per assegnare un diverso filo fisso alle due estremità dell'asta occorre cliccare sull'icona del lucchetto per sbloccare il vincolo che impone il filo fisso iniziale uguale a quello finale.

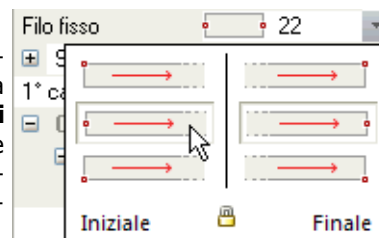


- Selezionando l'asta e copiando il filo fisso da un'altra asta con il menu che compare cliccando sul testo "Filo fisso" presente nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà elementi selezionati**.

- Con l'opzione *Proprietà* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sull'asta, specificando il codice del filo fisso da assegnare. Il codice del filo fisso è definito da due cifre, in cui la prima indica la posizione del punto iniziale dell'asta, mentre la seconda indica la posizione del punto finale dell'asta, sempre rispetto alle coordinate del nodo.


La **modifica del filo fisso del muro/elemento bidimensionale** si può effettuare nei seguenti modi:

- Cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **FF bidi**  e selezionando l'estremità o la parte centrale del muro/elemento bidimensionale, muovendosi poi lungo la linea, che compare a lato del muro/elemento bidimensionale, fino a posizionarlo nel punto desiderato. Selezionando un'estremità si modifica solo il filo fisso di quell'estremità e si dispone il muro/elemento bidimensionale in posizione inclinata mentre con la parte centrale si modificano entrambi i fili fissi e quindi si trasla rigidamente il muro/elemento bidimensionale.
- Selezionando il muro/elemento bidimensionale e con il menu (rappresentato in figura) che compare cliccando sulla casella di riepilogo a discesa "Filo fisso" presente nella sezione "Muri" del pannello **Proprietà elementi selezionati**. La modifica del filo fisso si esegue poi cliccando su una delle icone presenti nel menu. Per assegnare un diverso filo fisso alle due estremità dell'asta occorre cliccare sull'icona del lucchetto per sbloccare il vincolo che impone il filo fisso iniziale uguale a quello finale.
- Selezionando il muro/elemento bidimensionale e copiando il filo fisso da un altro muro/elemento bidimensionale con il menu che compare cliccando sul testo "Filo fisso" presente nella sezione "Muri" del pannello **Proprietà elementi selezionati**.
- Con l'opzione *Proprietà* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sul muro/elemento bidimensionale, specificando il codice del filo fisso da assegnare. Il codice del filo fisso è definito da due cifre, in cui la prima cifra indica la posizione del primo nodo dell'elemento bidimensionale, mentre la seconda cifra indica la posizione del secondo nodo, sempre rispetto alle coordinate del nodo.




**Nota:** gli elementi bidimensionali con più di 4 nodi devono avere lo stesso filo fisso iniziale e finale.

La **modifica dello scostamento dal filo fisso dell'asta** si può effettuare nei seguenti modi:

- Cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **SFF aste** , selezionando l'asta e successivamente una delle linee che compaiono all'interno dell'asta e poi spostandosi lungo le linee guida fino a posizionarla nel punto desiderato. Sulle linee guida, disegnate o in corrispondenza dei nodi o nel centro dell'asta, sono presenti dei trattini generati automaticamente dal programma che rappresentano la proiezione dei punti d'intersezione dell'asta con le altre aste. Questi punti possono essere disattivati deselectando l'opzione "Scost. su intersezioni" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** in modo da poter posizionare l'asta liberamente basandosi sulle distanze del punto selezionato dal nodo. La precisione delle distanze può essere settata attraverso l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Selezionando una linea interna all'asta in corrispondenza di un'estremità dell'asta si modifica solo lo scostamento dal filo fisso di quell'estremità e si dispone l'asta in posizione sbieca mentre con le linee della parte centrale si modificano entrambi gli scostamenti dal filo fisso e quindi si trasla rigidamente l'intera asta. Se sono state selezionate più aste la modifica dello scostamento dal filo fisso di un'asta si ripercuote sulle altre.
- Selezionando l'asta e specificando i valori dello scostamento dal filo fisso nelle caselle di testo relative a "Scostamento" presenti nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà elementi selezionati**. Gli scostamenti positivi spostano l'asta nella direzione positiva dell'asse locale.
- Con l'opzione *Proprietà* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sull'asta, specificando i valori dello scostamento dal filo fisso.

La **modifica dello scostamento dal filo fisso del muro/elemento bidimensionale** si può effettuare nei seguenti modi:

- Cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **SFF bidi** , selezionando il muro/elemento bidimensionale e successivamente una delle linee che compaiono all'interno del muro/elemento bidimensionale e poi spostandosi lungo la linea guida fino a posizionarlo nel punto desiderato. Sulla linea guida sono presenti dei trattini generati automaticamente dal programma che rappresentano la proiezione dei punti d'intersezione del muro/elemento bidimensionale con gli altri muri/elementi bidimensionali. Questi punti possono essere disattivati deselectando l'opzione "Scost. su intersezioni" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad** in modo da poter posizionare il muro/elemento bidimensionale liberamente basandosi sulle distanze del punto selezionato dal nodo. La precisione delle distanze può essere settata attraverso l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Selezionando una linea interna al muro/elemento bidimensionale in corrispondenza di un'estremità del muro/elemento bidimensionale si modifica solo lo scostamento dal filo fisso di quell'estremità e si dispone il muro/elemento

bidimensionale in posizione inclinata mentre con le linee della parte centrale si modificano entrambi gli scostamenti dal filo fisso e quindi si trasla rigidamente il muro/elemento bidimensionale. Se sono stati selezionati più muri/elementi bidimensionale la modifica dello scostamento dal filo fisso di un muro/elemento bidimensionale si ripercuote sugli altri.

- Selezionando il muro/elemento bidimensionale e specificando i valori dello scostamento dal filo fisso nelle caselle di testo relative a "Scostamento" presenti nella sezione "Muri" del pannello **Proprietà elementi selezionati**. Gli scostamenti positivi spostano il muro/elemento bidimensionale nella direzione positiva dell'asse locale Y.
- Con l'opzione *Proprietà* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sul muro/elemento bidimensionale, specificando i valori dello scostamento dal filo fisso.

**Nota:** gli elementi bidimensionali con più di 4 nodi devono avere lo stesso scostamento dal filo fisso iniziale e finale.




**Utilizzo da linea di comando:** **FAC** (Filo fisso asta corrente), **AFA** (Assegna filo fisso asta), **SFAC** (Scostamento filo fisso asta corrente), **ASFA** (Assegna scostamento filo fisso asta), **FBC** (Filo fisso muro/elemento bidimensionale corrente), **AFB** (Assegna filo fisso muro/elemento bidimensionale), **SFBC** (Scostamento filo fisso muro/elemento bidimensionale corrente), **ASFB** (Assegna scostamento filo fisso muro/elemento bidimensionale).

**Argomenti correlati:** **Aste - connessione e posizione.**

## Rotazione aste

Le aste possono essere ruotate rispetto alla posizione di default di un angolo qualsiasi. L'angolo è in gradi sessadecimali intorno all'asse X locale dell'asta ed è misurato in senso antiorario per Y (locale) che ruota su Z (locale).

La modifica della rotazione dell'asta si può effettuare nei seguenti modi:


- Cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Rot. aste** , selezionando l'asta e specificando l'angolo di rotazione. L'angolo di rotazione dell'asta può essere specificato mediante un valore numerico o individuato da un vettore orientamento. Dopo aver selezionato l'asta, intorno ad essa viene disegnato un goniometro con il valore dell'angolo di rotazione e una linea tratteggiata di colore verde, posizionando tale linea in corrispondenza di un nodo è possibile assegnare all'asta l'angolo di rotazione individuato dal vettore congiungente il nodo dell'asta con il secondo nodo. Il punto di origine del vettore orientamento, inizialmente coincidente con il nodo dell'asta selezionata, può essere modificato cliccando su un qualsiasi altro nodo.
- Cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Rot. aste**  e poi su **Rot. asta avanzata**  e successivamente su **Posiziona Y sul piano**  o **Posiziona Z sul piano** , selezionando l'asta e specificando un nodo che, insieme ai nodi dell'asta, individua il piano su cui posizionare l'asse locale Y o Z dell'asta.
- Selezionando l'asta e specificando il valore dell'angolo di rotazione nella casella di testo "Rotazione" presente nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà elementi selezionati**.
- Selezionando l'asta e copiando la rotazione da un'altra asta con il menu che compare cliccando sul testo "Rotazione" presente nella sezione "Aste" del pannello **Proprietà elementi selezionati**.
- Con l'opzione *Proprietà* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sull'asta, specificando il valore dell'angolo di rotazione.


Se sono state selezionate più aste la modifica della rotazione di un'asta si ripercuote anche sulle altre.







**Utilizzo da linea di comando:** **RAC** (Rotazione asta corrente), **ARA** (Assegna rotazione asta).

## Strumenti




Nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** sono presenti una serie di funzionalità di seguito elencate tra cui le macro.







**Proietta nodi**  consente di accedere a una serie di funzionalità per la modifica delle coordinate dei nodi di seguito elencati:

- **Su un piano**  proietta i nodi su di un piano ma solo in direzione Z globale. La selezione dei primi tre nodi permette di individuare il piano su cui proiettare gli altri nodi successivamente selezionati. Lo strumento risulta utile ad esempio nel caso di un tetto a falda inclinata nel quale si debba posizionare sul piano della falda i nodi intermedi delle aste di bordo. In questo caso per esempio si procede selezionando tre nodi che individuino il piano della falda e successivamente gli altri nodi da proiettare sul suddetto piano.

- **Su un piano verticale**  proietta i nodi degli elementi selezionati (aste, muri/elementi bidimensionali, tamponature) su di un piano verticale passante per i due nodi di estremità. Spostare i nodi degli elementi su un piano verticale risulta utile per risolvere problemi di non perfetta complanarità come ad esempio nei maschi o nelle fasce in muratura, nelle pareti o nei nuclei in c.a.
- **Lungo X**  proietta i nodi lungo X su un piano verticale, **Lungo Y**  proietta i nodi lungo Y su un piano verticale, **Ortogonalmente**  proietta i nodi lungo una direzione ortogonale ad un piano verticale, **Lungo una direzione**  proietta i nodi lungo una direzione assegnata su un piano verticale, **Per rotazione**  proietta i nodi ruotandoli intorno al primo nodo specificato su un piano verticale.


Note:


- La direzione individuata non tiene conto dello sfalsamento in Z; in altre parole viene individuata la direzione come sua proiezione sul piano XY.
- La coordinata Z dei nodi proiettati non viene modificata.
- L'insieme dei nodi da proiettare non devono necessariamente appartenere al piano di giacitura della direzione.
- L'insieme dei nodi da proiettare può contenere anche i nodi di direzione.
- Nodi proiettati e fra loro allineati secondo X o Y verranno ad essere coincidenti se proiettati secondo X o Y.
- Nodi proiettati ortogonalmente e posti su una linea perpendicolare ad N1-N2 verranno ad essere coincidenti.
- Nodi proiettati secondo una direzione N2-N3 e allineati secondo quella verranno ad essere coincidenti.
- Nodi proiettati per rotazione ed aventi la stessa distanza da N1 e posti "davanti" (o "dietro") ad N1 verranno ad essere coincidenti.
- Quanto sopra a meno che i nodi proiettati non siano sfalsati in Z.
- **Su un allineamento**  modifica solo le coordinate X e Y dei nodi spostandoli sul piano verticale passante per l'allineamento selezionato. Spostare i nodi sugli allineamenti risulta utile per risolvere problemi di non perfetta complanarità.
- **Su riferimenti verticali**  e **Su riferimenti orizzontali**  spostano i nodi posizionandoli sulla retta verticale o orizzontale passante per i nodi di riferimento selezionati. I nodi di riferimento individuano i punti in cui passano le verticali/orizzontali sulle quali posizionare gli altri nodi. La tolleranza indica la distanza massima in orizzontale/verticale che possono avere i nodi da allineare rispetto ai relativi nodi di riferimento. Spostare i nodi sugli allineamenti verticali e/o orizzontale risulta utile per risolvere problemi degli elementi bidimensionali non perfettamente rettangolari, requisito richiesto nella verifica delle murature, delle pareti e dei nuclei.

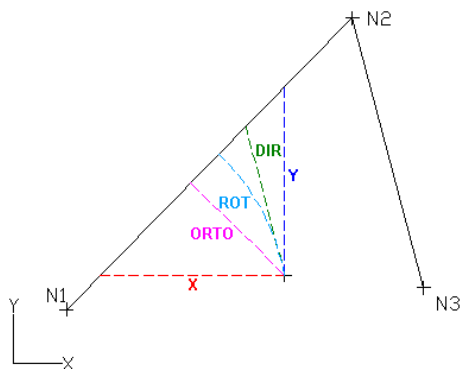
**Ruota nodi**  ruota i nodi attorno ad una asse parallelo a X , Y , Z  passante per un nodo assunto come centro di rotazione. La rotazione intorno a Z può essere effettuata: ruotando solo la struttura cliccando su **Normale**  oppure ruotando la struttura ed assegnando alle aste con membratura pilastro ed all'orditura dei solai lo stesso angolo di rotazione specificato cliccando su **Avanzato** .

Note:


- Il nodo centro di rotazione è arbitrario e può essere o non compreso nell'insieme di nodi.
- La rotazione avviene attorno ad un asse parallelo all'asse specificato e passante per il centro di rotazione.
- Se il valore dell'angolo immesso è positivo, la rotazione avviene in senso antiorario; se è negativo avviene in senso orario.
- Gli effetti sono additivi e non assoluti, quindi ruotare la struttura di 60° è equivalente ad eseguire due volte la rotazione di 30°.
- La distanza fra l'insieme di nodi ed il nodo del centro di rotazione rimane invariata.


**Tronca decimali**  tronca le coordinate dei nodi al numero di cifre decimali specificato (il numero delle cifre decimali si riferisce sempre alle coordinate del nodo espresse in metri). Il comando agisce o su tutti i nodi della struttura o solo sui nodi selezionati.


**Inverte asse locale X aste**  inverte l'asse locale X delle aste. Lo strumento risulta utile ad esempio per invertire l'asse locale dell'asta quando nell'inserimento dei muri viene segnalato che le aste sono controverse.




**Inverte asse locale Y bidimensionali**  inverte l'asse locale Y dei bidimensionali.

**Sposta origine assi locali bidimensionali**  sposta l'origine degli assi locali degli elementi bidimensionali sul nodo successivo. Lo strumento insieme al precedente risulta utile ad esempio per posizionare l'asse locale Z rivolto verso l'alto, requisito necessario per la progettazione sia dei nuclei che delle pareti.



**Ingrandisce i bidimensionali**  ingrandisce gli elementi bidimensionali. Lo strumento risulta utile ad esempio per allargare una platea di fondazione inserita selezionando i nodi dei pilastri o muri/elementi bidimensionali del perimetro dell'edificio.

**Fora i bidimensionali**  inserisce una foratura nei muri/elementi bidimensionali. L'inserimento di una foratura si può effettuare nei seguenti modi:

- Cliccando su **Fora bidi** , selezionando il muro/elemento bidimensionale e successivamente indicando il punto iniziale e l'estremità diagonale della foratura rettangolare. Sia il punto iniziale che quello finale possono essere un punto del **lucido**, un punto della **griglia** o un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati con l'ausilio delle quote delle distanze dal punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**. La precisione delle coordinate dei punti si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) si selezioni l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.
- Selezionando il muro/elemento bidimensionale e cliccando sul simbolo "+" della casella "Forature" presente nella sezione "Muri" del pannello **Proprietà elementi selezionati**. L'inserimento della foratura si esegue poi specificando le coordinate del punto iniziale (X loc. e Z loc.) e le dimensioni (Larghezza e Altezza) della foratura. Questo metodo consente anche la cancellazione o la modifica delle proprietà della foratura.
- Con l'opzione *Proprietà* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sul muro/elemento bidimensionale, cliccando sul bottone "Forature", inserendo la foratura con il bottone "Inserisci" e specificando le coordinate del punto iniziale (X e Z) e le dimensioni (B e H) della foratura. Questo metodo consente anche la cancellazione o la modifica delle proprietà della foratura.

Note:

- I muri/elementi bidimensionali con fori che hanno un lato coincidente con il bordo, come ad esempio le porte, vengono meshati solo se giacciono su piani verticali.
- I fori possono essere solo di forma quadrata o rettangolare e con un lato parallelo all'asse locale X del muro/elemento bidimensionale.

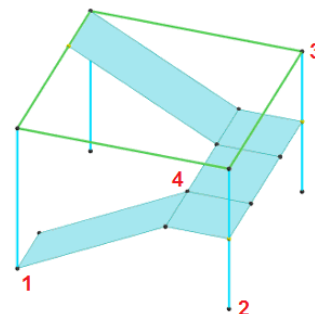
**Crea scala/rampa/sbalzo**  crea una scala, una rampa o uno sbalzo utilizzando elementi bidimensionali o aste in funzione dell'opzione "Usa le aste e non i bidimensionali". I nodi intermedi creati dallo strumento non sono collegati alle aste o ai muri/elementi bidimensionali per cui occorre spezzare le aste o i muri/elementi bidimensionali. Per spezzare le aste occorre selezionarle ed utilizzare il comando **Spezza aste su nodi esistenti** , oppure eseguire il controllo congruenza dati della struttura per individuare tali situazioni e risolverle. Di seguito sono elencate le tipologie definibili con i parametri richiesti per ogni tipologia ed una figura di un esempio esplicativo.

#### **Scala a due rampe con pianerottolo**






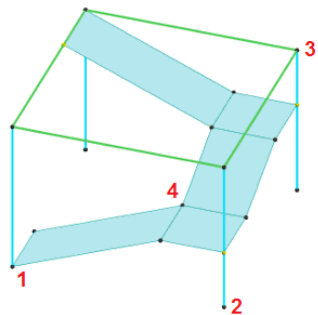



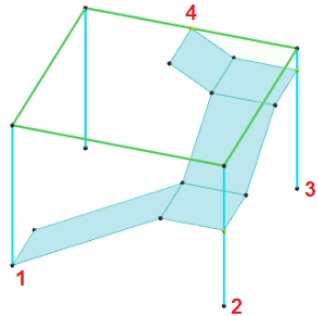
Viene richiesto di specificare:

- Nodo/punto da utilizzare come punto di partenza della scala (punto 1 dell'esempio in figura).
- Nodo/punto per determinare la direzione e la lunghezza della scala (punto 2 dell'esempio in figura).
- Nodo/punto per determinare la larghezza e l'altezza della scala (punto 3 dell'esempio in figura). Se è definito l'impalcato è possibile selezionare un nodo/punto alla stessa quota del nodo di partenza della scala, l'altezza della scala sarà pari alla differenza fra la quota del nodo di partenza e quella dell'impalcato successivo.
- Nodo/punto per determinare la larghezza della rampa e del pianerottolo della scala (punto 4 dell'esempio in figura) o le dimensioni della rampa e del pianerottolo separati da spazio. Il valore negativo della dimensione crea rampe/pianerottolo a destra della congiungente i primi due nodi/punti indicati.

**Note:**







<ul style="list-style-type: none"> <li>• È possibile annullare l'ultimo nodo/punto selezionato digitando <b>U</b> e premendo "Invio".</li> <li>• Prima di creare la scala può essere utile disattivare l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di <b>Aste</b>  o <b>Bidi</b>  del gruppo <b>Inserimento</b> della scheda <b>Modellazione</b>.</li> </ul>	
<p><b>Scala a tre rampe con due pianerottoli</b> </p> <p>Viene richiesto di specificare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nodo/punto da utilizzare come punto di partenza della scala (punto 1 dell'esempio in figura).</li> <li>• Nodo/punto per determinare la direzione e la lunghezza della scala (punto 2 dell'esempio in figura).</li> <li>• Nodo/punto per determinare la larghezza e l'altezza della scala (punto 3 dell'esempio in figura). Se è definito l'impalcato è possibile selezionare un nodo/punto alla stessa quota del nodo di partenza della scala, l'altezza della scala sarà pari alla differenza fra la quota del nodo di partenza e quella dell'impalcato successivo.</li> <li>• Nodo/punto per determinare la larghezza della rampa e del pianerottolo della scala (punto 4 dell'esempio in figura) o la dimensione della rampa e del pianerottolo. Il valore negativo della dimensione crea rampe/pianerottoli a destra della congiungente i primi due nodi/punti indicati.</li> </ul> <p><b>Note:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• È possibile annullare l'ultimo nodo/punto selezionato digitando <b>U</b> e premendo "Invio".</li> <li>• Prima di creare la scala può essere utile disattivare l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di <b>Aste</b>  o <b>Bidi</b>  del gruppo <b>Inserimento</b> della scheda <b>Modellazione</b>.</li> </ul>	
<p><b>Scala a n rampe e n-1 pianerottoli</b> </p> <p>Viene richiesto di specificare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nodo/punto da utilizzare come punto di partenza della scala (punto 1 dell'esempio in figura).</li> <li>• Nodo/punto per determinare la direzione e la lunghezza della rampa della scala (punto 2 dell'esempio in figura).</li> <li>• Nodi/punti per determinare la lunghezza delle altre rampe della scala (punto 3 dell'esempio in figura).</li> <li>• Nodo/punto in cui terminare la scala (punto 4 dell'esempio in figura).</li> <li>• Nodo/punto per determinare la larghezza della rampa o la dimensione della rampa. Il valore negativo della dimensione crea una scala a destra della congiungente degli ultimi due nodi/punti indicati.</li> </ul> <p><b>Note:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• È possibile annullare l'ultimo nodo/punto selezionato digitando <b>U</b> e premendo "Invio".</li> <li>• La pendenza e la posizione dei pianerottoli viene determinata automaticamente dal programma dividendo in modo proporzionale alla lunghezza delle rampe l'altezza della scala che è pari alla differenza di quota del primo e ultimo nodo/punto specificato.</li> <li>• Prima di creare la scala può essere utile disattivare l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di <b>Aste</b>  o <b>Bidi</b>  del gruppo <b>Inserimento</b> della scheda <b>Modellazione</b>.</li> </ul>	

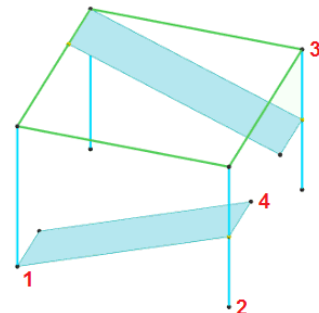
### Scala a due rampe senza pianerottolo

Viene richiesto di specificare:

- Nodo/punto da utilizzare come punto di partenza della scala (punto 1 dell'esempio in figura).
- Nodo/punto per determinare la direzione e la lunghezza della scala (punto 2 dell'esempio in figura).
- Nodo/punto per determinare la larghezza e l'altezza della scala (punto 3 dell'esempio in figura). Se è definito l'impalcato è possibile selezionare un nodo/punto alla stessa quota del nodo di partenza della scala, l'altezza della scala sarà pari alla differenza fra la quota del nodo di partenza e quella dell'impalcato successivo.
- Nodo/punto per determinare la larghezza della rampa e del pianerottolo della scala (punto 4 dell'esempio in figura) o i le dimensioni della rampa e del pianerottolo separati da spazi. Il valore negativo della dimensione crea una scala a destra della congiungente i primi due nodi/punti indicati.

#### Note:

- È possibile annullare l'ultimo nodo/punto selezionato digitando **U** e premendo "Invio".
- Prima di creare la scala può essere utile disattivare l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Aste**  o **Bidi**  del gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione**.





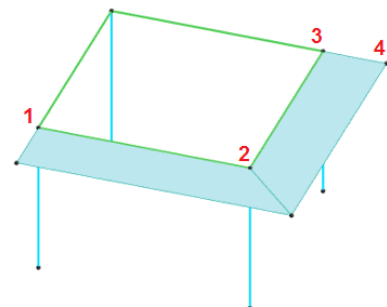
### Rampa/Sbalzo continuo

Viene richiesto di specificare:

- Nodo/punto da utilizzare come punto di partenza della rampa/sbalzo (punto 1 dell'esempio in figura).
- Nodi/punti della rampa/sbalzo (punto 2 e 3 dell'esempio in figura).
- Nodo/punto per determinare la larghezza della rampa/sbalzo o la dimensione della rampa/sbalzo (punto 4 dell'esempio in figura). Il valore negativo della dimensione crea una rampa/sbalzo a destra della congiungente degli ultimi due nodi/punti indicati.

#### Note:

- È possibile annullare l'ultimo nodo/punto selezionato digitando **U** e premendo "Invio".
- È possibile utilizzare l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Aste**  o **Bidi**  del gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione**, per specificare semplicemente il primo e l'ultimo nodo di una serie di nodi allineati.



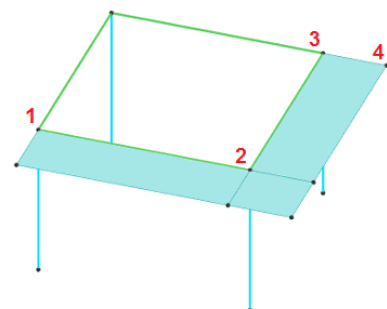
### Rampa/Sbalzo con pianerottolo ad ogni angolo

Viene richiesto di specificare:



- Nodo/punto da utilizzare come punto di partenza della rampa/sbalzo (punto 1 dell'esempio in figura).
- Nodi/punti della rampa/sbalzo (punto 2 e 3 dell'esempio in figura).
- Nodo/punto per determinare la larghezza della rampa/sbalzo o la dimensione della rampa/sbalzo (punto 4 dell'esempio in figura). Il valore negativo della dimensione crea una rampa/sbalzo a destra della congiungente degli ultimi due nodi/punti indicati.

#### Note:

- È possibile annullare l'ultimo nodo/punto selezionato digitando **U** e premendo "Invio".





- È possibile utilizzare l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Aste**  o **Bidi**  del gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione**, per specificare semplicemente il primo e l'ultimo nodo di una serie di nodi allineati.

**Unisce struttura**  inserisce una struttura in quella corrente. L'inserimento di una struttura all'interno di un'altra può essere effettuato anche mediante **Trascinamento** dall'albero del progetto.

Per entrambe le modalità occorre poi indicare il punto di riferimento da utilizzare come un punto base per lo spostamento della struttura e il punto di posizionamento. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere un nodo, un punto del **lucido**, un punto della **griglia** o un punto qualsiasi del piano su cui si è posizionati. Sia il punto di riferimento che quello di posizionamento possono essere il punto di intersezione di due aste o due linee del lucido cliccando sulla voce "INTE" oppure il punto ortogonale ad un'asta o una linea del lucido cliccando sulla voce "ORTO" oppure il punto perpendicolare ad un'asta o linea del lucido cliccando sulla voce "PERP". Le suddette voci si trovano negli **Strumenti di visualizzazione**. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto di posizionamento è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta o alla linea del lucido passante per il punto di riferimento.

La precisione delle coordinate del punto di posizionamento si imposta con l'opzione "Arr. coordinate" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Per imporre movimenti solo in direzioni ortogonali sul piano di posizionamento (viene visualizzata solo una quota della distanza dal punto di riferimento) si selezioni l'opzione "Mov. ortogonali" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.



Note:

- Nel caso che una proprietà della struttura inserita sia già presente nelle proprietà della struttura corrente viene fatto riferimento alla proprietà di quest'ultima.
- Le condizioni di carico elementari della struttura inserita vengono perse.
- Gli inviluppi devono essere ridefiniti.
- Agli elementi della struttura inserita con numero di criterio maggiore di 10 se non presente in quella corrente, viene assegnato il criterio numero 10.

**Utilizzo da linea di comando:** **PROI** (Proietta i nodi su di un piano), **ALNP** (Proietta i nodi su di un piano), **RUOT** (Ruota nodi generico), **RUOZ** (Ruota nodi attorno asse globale Z), **TRON** (Tronca il numero dei decimali delle coordinate dei nodi), **VERT** (Allinea nodi verticalmente), **ORIZ** (Allinea nodi orizzontalmente), **FORA** (Inserisce foratura muri/elementi bidimensionali), **IALA** (Inverte asse locale X aste), **IALB** (Inverte asse locale Y bidimensionali), **RALB** (Sposta origine assi locali bidimensionali), **OFFB** (Ingrandisce i bidimensionali), **SCAL** (Crea scale/rampe/sbalzi), **MERGE** (Unisce struttura).

## Numerazione degli elementi

### Numerazione automatica e manuale

È possibile eseguire la numerazione automatica di tutti gli elementi presenti nella struttura cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Numera**  e poi su **Tutto** . La numerazione automatica dei singoli elementi si effettua invece cliccando sul comando relativo all'elemento da numerare.

Il modulo di numerazione ed altre opzioni per la numerazione automatica possono essere settate attraverso la scheda **Numerazioni** delle **Opzioni** sia per quanto riguarda i dati di default che per la struttura corrente.

È possibile assegnare manualmente un numero ad un elemento utilizzando il metodo riportato nel capitolo **Modifica delle proprietà degli elementi** tuttavia esistono delle limitazioni di seguito elencate.

#### NODI

I nodi in ModeSt possono essere numerati in qualsiasi modo, anche non consecutivo, purché non esistano nodi con lo stesso numero o con numero zero.

I nodi con numero negativo vengono denominati **nodi aggiuntivi**, ma si comportano a tutti gli effetti come gli altri nodi. È possibile però disattivarne la visualizzazione selezionando "Nascondi nodi di mesh" nella sezione "**Nodi**" nel pannello **Colorazioni elementi**, il che permette di trascurare la rappresentazione ad esempio di tutti i nodi necessari per le mesh di elementi bidimensionali, alleggerendo e rendendo più leggibili le visualizzazioni delle strutture.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione dei nodi, ma questo comporta la perdita dei risultati del calcolo.

Sia durante l'inserimento dei nodi che a struttura definita è possibile utilizzare una convenzione di numerazione molto agevole per l'interpretazione dei dati e dei risultati. Stabilito un *modulo di numerazione* ModeSt numera in modo che i numeri dei nodi ad ogni impalcato siano tutti compresi fra il modulo prescelto ed il

valore successivo, e che nodi posti sulla stessa verticale abbiano numeri congrui fra loro rispetto al modulo di numerazione.

Ad esempio usando modulo di numerazione pari a 100 i nodi del primo impalcato avranno numero compreso fra 100 e 199, mentre i nodi del secondo avranno numero compreso fra 200 e 299, ecc. Inoltre due nodi sulla stessa verticale avranno numero ad es. 101 e 201 o 102 e 202, ecc.

Con questo criterio e tenendo conto anche della presenza degli elementi e delle loro caratteristiche le procedure di numerazione automatica eseguono una numerazione che permette di esaminare agevolmente dati e risultati e di correlare in modo intuitivo nodi, impalcati ed elementi.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAN** (Numerazione automatica nodi), **NNC** (Numero nodo corrente), **ANN** (Assegna numero nodo).

## ASTE

Le aste in ModeSt possono essere numerate in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero. Risulta particolarmente comodo assegnare lo stesso numero ad aste consecutive ed allineate, in quanto questo consente ai moduli di progettazione e verifica di considerare quando necessario l'insieme di aste come un unico elemento, con le conseguenze del caso (armatura come travata o pilastrata, verifiche di stabilità globale). Le aste con numero zero verranno in ogni caso ignorate dalle procedure di progettazione e verifica.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione delle aste, senza la perdita dei risultati del calcolo, ma con l'eventuale perdita dei dati relativi alle verifiche delle aste.

È possibile utilizzare una convenzione di numerazione molto agevole per l'interpretazione dei dati e dei risultati. Stabilito un *modulo di numerazione* ModeSt numera in modo che i numeri delle aste ad ogni impalcato siano tutti compresi fra il modulo prescelto ed il valore successivo, e che aste poste sulla stessa verticale abbiano (quando possibile) numeri congrui fra loro rispetto al modulo di numerazione.

Ad esempio usando modulo di numerazione pari a 100 le aste del primo impalcato avranno numero compreso fra 100 e 199, mentre le aste del secondo avranno numero compreso fra 200 e 299, ecc. Inoltre due aste sulla stessa verticale avranno se possibile numero ad es. 101 e 201 o 102 e 202, ecc.

Con questo criterio e tenendo conto anche della presenza degli altri elementi e delle loro caratteristiche le procedure di numerazione automatica eseguono una numerazione che permette di esaminare agevolmente dati e risultati e di correlare in modo intuitivo nodi, impalcati ed elementi.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAA** (Numerazione automatica aste), **NAC** (Numero asta corrente), **ANA** (Assegna numero asta).

## MURI/ELEMENTI BIDIMENSIONALI

I muri/elementi bidimensionali possono essere numerati in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero. Risulta particolarmente comodo assegnare lo stesso numero a muri/elementi bidimensionali consecutive e complanari, in quanto questo consente ai moduli di progettazione e verifica di considerare quando necessario l'insieme di muri/elementi bidimensionali come un unico elemento, con le conseguenze del caso (armatura come pareti, nuclei, solette/platee). I muri/elementi bidimensionali con numero zero verranno in ogni caso ignorate dalle procedure di progettazione e verifica.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAB** (Numerazione automatica muri/elementi bidimensionali), **NBC** (Numero muro/elemento bidimensionale corrente), **ANB** (Assegna numero muro/elemento bidimensionale).

## SOLAI

I solai in ModeSt possono essere numerati in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione dei solai, senza la perdita dei risultati del calcolo.

È possibile utilizzare una convenzione di numerazione molto agevole per l'individuazione dei solai. Stabilito un *modulo di numerazione* ModeSt numera in modo che i numeri dei solai giacenti alla quota di ogni impalcato siano tutti compresi fra il modulo prescelto ed il valore successivo.

Ad esempio usando modulo di numerazione pari a 100 i solai giacenti sul piano del primo impalcato avranno numero compreso fra 100 e 199, mentre quelli del secondo avranno numero compreso fra 200 e 299, ecc.

Con questo criterio e tenendo conto anche della presenza degli altri elementi e delle loro caratteristiche le procedure di numerazione automatica eseguono una numerazione che permette di individuare e selezionare agevolmente i solai.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAS** (Numerazione automatica solai), **NSC** (Numero solaio corrente), **ANS** (Assegna numero solaio).

## TAMPONATURE

Le tamponature in ModeSt possono essere numerate in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione delle tamponature, senza la perdita dei risultati del calcolo.

È possibile utilizzare una convenzione di numerazione molto agevole per l'individuazione delle tamponature. Stabilito un *modulo di numerazione* ModeSt numera in modo che i numeri delle tamponature giacenti ad uno stesso interpiano siano tutte comprese fra il modulo prescelto ed il valore successivo.

Ad esempio usando modulo di numerazione pari a 100 le tamponature giacenti dal piano terra al primo impalcato avranno numero compreso fra 100 e 199, mentre quelli del secondo avranno numero compreso fra 200 e 299, ecc.

Con questo criterio e tenendo conto anche della presenza degli altri elementi e delle loro caratteristiche le procedure di numerazione automatica eseguono una numerazione che permette di individuare e selezionare agevolmente le tamponature.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAT** (Numerazione automatica tamponature), **NTC** (Numero tamponatura corrente), **ANT** (Assegna numero tamponatura).

## RETICOLARI

Le reticolari in ModeSt possono essere numerate in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione delle reticolari, senza la perdita dei risultati del calcolo.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAR** (Numerazione automatica reticolari), **NRC** (Numero reticolare corrente), **ANR** (Assegna numero reticolare).

## LINK

I link in ModeSt possono essere numerati in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione dei link, senza la perdita dei risultati del calcolo.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAKL** (Numerazione automatica link), **NKLC** (Numero link corrente), **ANKL** (Assegna numero link).

## INTEGRATORI

Gli integratori in ModeSt possono essere numerati in qualsiasi modo, anche non consecutivo, con numeri positivi o con numero zero.

La numerazione automatica assegna lo stesso numero agli **integratori lineari Multi-Linea**.

La numerazione automatica degli **integratori trasversali** a cui è assegnata una sezione non fittizia deve essere eseguita con le procedure indicate per le **ASTE**, e per tal motivo segue le regole indicate nelle aste.

In qualunque momento è possibile cambiare la numerazione degli integratori, senza la perdita dei risultati del calcolo.

**Utilizzo da linea di comando:** **NAI** (Numerazione automatica integratori).

# Informazioni sugli elementi

---

## Introduzione

Il controllo della struttura richiede spesso la possibilità di richiedere informazioni dettagliate sulla definizione degli elementi o sulle proprietà ed i carichi che ad essi sono state assegnate o che li caratterizzano.

Tali informazioni possono essere ottenute sia elencando i dati richiesti che riportando graficamente sugli elementi il valore numerico della proprietà desiderata. In alcuni casi possono anche essere attivate rappresentazioni grafiche particolari.

## ELENCO DI DATI

Le richieste di informazioni da visualizzare come un elenco di dati vengono soddisfatte da ModeSt attraverso tabelle di informazioni organizzate per righe e per colonne e possono essere ottenute o con gli appositi comandi o cliccando con il tasto destro sull'elemento ed usando il menu a comparsa.

Le tabelle di informazioni hanno numerose caratteristiche in comune:

- È possibile visualizzare la stessa tabella di informazioni più volte con riferimento a elementi diversi o agli stessi elementi con opzioni diverse. È sufficiente non chiudere la tabella, terminare il comando ed eseguirlo nuovamente. Se la richiesta di informazioni è su selezione, fintanto che il comando che ha visualizzato la tabella di informazioni resta attivo, è possibile continuare ad aggiungere o togliere elementi in tabella utilizzando le opzioni del pannello **Selezioni**.

- Le tabelle aperte gestiscono e riflettono in tempo reale le modifiche apportate agli elementi visualizzati.
- Con il menu a comparsa che si ottiene con il tasto destro sull'intestazione delle colonne è possibile modificare la visualizzazione dei dati normalmente indicati con un codice, passando da descrizione abbreviata (semplicemente il codice) a descrizione estesa (spiegazione del significato del codice). In modo analogo è possibile passare dall'indicazione del numero di una proprietà di elemento alla visualizzazione del commento associato alla proprietà stessa. Nel caso in cui sia selezionata la descrizione breve i suggerimenti sullo schermo visualizzano comunque sempre la descrizione estesa.
- In alcuni casi con il menu a comparsa che si ottiene con il tasto destro sull'intestazione delle colonne è possibile ordinare la tabella secondo l'ordinamento crescente o decrescente dei dati contenuti nella colonna selezionata.

## VISUALIZZAZIONI GRAFICHE

Le visualizzazioni grafiche delle proprietà e di altre caratteristiche degli elementi si effettuano con gli appositi comandi presenti nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**.

Si fa presente che per tutti gli elementi la visualizzazione grafica del valore numerico delle proprietà associate agli elementi è una informazione globale (viene cioè disegnata per tutti gli elementi dello stesso tipo) e mutuamente esclusiva, ossia non è possibile visualizzare più di una proprietà alla volta per ovvi motivi di comprensibilità.

**Argomenti correlati:** Tabelle proprietà degli elementi, Tabelle nodi ed elementi.

## Volumi e superfici

È possibile ottenere informazioni **indicative** sul volume degli elementi introdotti, le casserature teoriche degli elementi in c.a., le superfici di verniciatura degli elementi in acciaio ed in legno e le superfici dei solai cliccando



nel gruppo **Elaborati finali** della scheda **Post-Processor** su **Volumi e superfici**.

Il volume della struttura viene calcolato per ogni materiale utilizzato e per ogni tipo di verifica (cemento, acciaio, legno) in funzione delle lunghezze delle aste e delle superfici degli elementi bidimensionali con riferimento alle sole coordinate dei nodi. La presenza delle zone di interconnessione fra i nodi rendono quindi il calcolo approssimato e generalmente sovrastimato.

Le superfici di cassatura vengono calcolate secondo i seguenti criteri:

- per i pilastri viene considerata l'intera superficie laterale dell'asta;
- per le travi a sezione rettangolare, a T, e a L vengono considerati i fianchi ed i lati orizzontali sopra-testa, ignorando l'eventuale rotazione dell'asta e lo spessore di eventuali solai;
- per le travi di fondazione viene detratta la superficie del fondo;
- per le travi con altre sezioni viene considerata l'intera superficie laterale;
- i bordi degli elementi bidimensionali non vengono computati in nessun caso, le facce vengono computate due volte solo se l'asse X o Z locale dell'elemento risulta verticale;
- gli elementi bidimensionali su suolo elastico vengono considerati privi di cassero, quelli verticali con due casseri, con un solo cassero tutti gli altri.

Per poter raffinare il calcolo dei casseri viene riportato anche il perimetro dei solai, conteggiando solo i lati delimitati da aste con sezione diversa da 0 e -1. È possibile quindi ottenere un computo dei casseri delle travi più preciso detraendo le lunghezze perimetrali dei diversi tipi di solaio moltiplicate per il relativo spessore.

Le superfici dei solai vengono calcolate con riferimento alle coordinate dei nodi senza tener conto della larghezza delle travi.

**Utilizzo da linea di comando:** ?VOL (Informazioni volume e superfici).

## Tabellari

### Tabelle proprietà degli elementi

È possibile visualizzare l'elenco delle proprietà degli elementi definiti nella struttura cliccando nel gruppo



**Definizioni** della scheda **Modellazione** su **Proprietà elementi** e poi sul relativo elemento.

In queste tabelle con un **doppio clic** o con il **tasto destro del mouse** su una qualunque delle righe, oppure con gli appositi bottoni è possibile rendere corrente la proprietà, selezionare gli elementi che ne sono caratterizzati, creare nuovi dati o accedere alla finestra di dialogo che consente la modifica della proprietà stessa.

È possibile esportare i dati presenti nella tabella su un file in formato CSV (file di testo con campi separati da virgole, compatibili con Excel e facilmente rileggibili da programmi esterni) cliccando su *Esporta* del menu della finestra visualizzata.

**Utilizzo da linea di comando:** **?MAT** (Informazioni materiali), **?IMP** (Informazioni impalcati), **?VN** (Informazioni vincoli nodi), **?VA** (Informazioni vincoli aste), **?SA** (Informazioni sezioni aste), **?PA** (Informazioni parametri aggiuntivi aste), **?TB** (Informazioni tipi muri/elementi bidimensionali), **?TL** (Informazioni tipi plinti/pali), **?TS** (Informazioni tipi solai), **?TT** (Informazioni tipi tamponature), **?TR** (Informazioni tipi reticolari), **?TKL** (Informazioni tipi link), **?ESP** (Informazioni esposizioni), **?ISO** (Informazioni isolanti), **?UG** (Informazioni unità geotecniche), **?CST** (Informazioni colonne stratigrafiche), **?PRV** (Informazioni prove).


**Argomenti correlati:** Tabelle nodi ed elementi.


## Tabelle nodi ed elementi


È possibile visualizzare l'elenco dei nodi e degli elementi presenti nella struttura, unitamente alle loro caratteristiche ed ai dati ad essi associati, cliccando nel gruppo **Info** della scheda **Modellazione** su **Elementi**





e poi su uno dei comandi riportati nel seguente elenco:


**Nodi**  riporta l'elenco dei nodi, le loro coordinate e le loro proprietà: numero, impalcato, vincolo. La tabella è ordinabile in funzione dei dati di qualunque colonna.


**Aste**  riporta l'elenco delle aste con i nodi su cui incidono e le loro proprietà: numero, sezione, vincolo, rotazione, parametri aggiuntivi, filo fisso, scostamenti dal filo fisso. La tabella è ordinabile per numero dell'asta, per sezione, vincolo e rotazione.


**Muri/elementi bidimensionali**  riporta l'elenco dei muri e degli elementi bidimensionali con i nodi su cui incidono e le loro proprietà: numero, tipologia, filo fisso e scostamenti dal filo fisso. La tabella è ordinabile per numero dell'elemento e per tipologia di elemento.

**Plinti/Pali**  riporta l'elenco dei plinti/pali con i nodi su cui incidono e le loro proprietà: numero e tipologia. La tabella è ordinabile per numero e tipologia di plinto/palo.

**Solai**  riporta l'elenco dei solai con i nodi su cui incidono e le loro proprietà: numero, orditura e tipologia. La tabella è ordinabile per numero e tipologia di solaio.

**Tamponature**  riporta l'elenco delle tamponature con i nodi su cui incidono e l'utilizzo. La tabella è ordinabile per numero e utilizzo della tamponatura.

**Reticolari**  riporta l'elenco delle reticolari con la tipologia e i nodi e le aste che le compongono. La tabella è ordinabile per numero e tipologia di reticolare. L'opzione "Seleziona nodi e aste" consente di selezionare oltre alla reticolare anche i nodi e le aste che la compongono.

**Link**  riporta l'elenco dei link con i nodi su cui incidono, l'elenco delle coppie di nodi con il numero dell'elemento bidimensionale a cui appartengono ed i coseni direttori che definiscono il sistema di riferimento locale dei link su nodi. La tabella è ordinabile per numero del link.

In queste tabelle con un **doppio clic** o con il **tasto destro del mouse** su una qualunque delle righe, oppure con gli appositi bottoni è possibile selezionare, eliminare o modificare le proprietà dell'elemento stesso.

È possibile esportare i dati presenti nella tabella su un file in formato CSV (file di testo con campi separati da virgole, compatibili con Excel e facilmente rileggibili da programmi esterni) cliccando su *Esporta* del menu della finestra visualizzata.

**Utilizzo da linea di comando:** **?N** (Informazioni nodi), **?S** (Informazioni solai), **?A** (Informazioni aste), **?B** (Informazioni muri/elementi bidimensionali), **?L** (Informazioni plinti/pali), **?S** (Informazioni solai), **?T** (Informazioni tamponature), **?R** (Informazioni reticolari), **?KL** (Informazioni link).

**Argomenti correlati:** Tabelle proprietà degli elementi.

## Grafiche

### Visualizzazione nodi


Il simbolo con cui vengono rappresentati i nodi da ModeSt nelle **finestre di modellazione** è una sfera se il nodo non ha nessun vincolo esterno, e un cubo in caso contrario.

Per abilitare e disabilitare il disegno del simbolo del nodo occorre selezionare "Nascondi" nella sezione "Nodi" nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccare nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su



**Rappr. grafiche** e poi su **Nodi**.

I nodi con numero negativo (nodi aggiuntivi) non vengono normalmente disegnati, ma selezionando "Tipologia" nella sezione nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda

**Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Nodi aggiuntivi** è possibile abilitare e disabilitare anche il disegno del simbolo dei nodi aggiuntivi, che vengono comunque rappresentati con un colore diverso.

Se il disegno del simbolo del nodo è attivo è possibile rappresentare anche l'indicazione delle sue proprietà: **numero, vincolo, impalcato**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri pro-**

**prietà** .

Da notare che il vincolo del nodo viene rappresentato con un codice composto da 6 lettere (L=libero, B=blocato, E=elastico) nel caso di vincolo esterno relativo ai 6 gradi di libertà. Le 6 lettere del codice corrispondono agli spostamenti XYZ ed alle rotazioni intorno agli stessi assi.


Nel caso di vincolo di tipo pseudo-plinto, il codice è invece PP (pseudo plinto) con le dimensioni, il coefficiente di sottofondo e la rotazione.

Tutti i dati relativi ai nodi possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sul nodo ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DNOD** (Disegna simbolo nodi), **DNAG** (Disegna simbolo nodi aggiuntivi), **DNN** (Disegna numero nodi), **DVN** (Disegna vincolo nodi), **DIN** (Disegna impalcato nodi).

## Visualizzazione aste

Per ogni asta è possibile rappresentare nelle **finestre di modellazione** anche l'indicazione delle sue proprietà: **numero, sezione, vincoli, fili fissi, parametri aggiuntivi, criterio sezione, codice sezione, tipo**



**collegamento**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** . Il codice della sezione è rappresentabile solo se la definizione della sezione è stata effettuata caricandone i dati dagli **archivi dati**.

Nella visualizzazione del criterio associato all'asta possono venire disegnati tre numeri separati dal carattere ";" che si riferiscono al criterio di progetto asta, al criterio di progetto del collegamento iniziale e finale.

Non è possibile rappresentare i valori numerici dello **scostamento dal filo fisso** o della **rotazione**, ma con il disegno tridimensionale l'asta viene rappresentata nella sua reale posizione.

È possibile controllare la definizione degli assi locali dell'asta come indicato nel capitolo **assi locali**.

È possibile controllare graficamente il vincolo interno delle aste cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda

**Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Vincoli grafici** . Il vincolo su suolo elastico viene disegnato come una serie di piccole molle sotto l'asta. Le cerniere e gli appoggi di estremità vengono disegnate rispettivamente come piccoli cerchi o rettangoli. Le cerniere plastiche a flessione e a taglio vengono disegnate rispettivamente come piccole corone circolari o rettangoli cavi.

È possibile abilitare e disabilitare il disegno delle aste fittizie 0 e -1 cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda

**Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Aste fittizie**.


Tutti i dati relativi alle aste possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'asta ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DNA** (Disegna numero aste), **DSA** (Disegna sezione aste), **DVA** (Disegna vincolo aste), **DVGA** (Disegna vincolo grafico aste), **DPA** (Disegna parametri aste), **DFA** (Disegna filo fisso aste), **DCOD** (Disegna codice), **DALA** (Disegna assi locali asta), **DAF** (Disegna aste fittizie).

## Visualizzazione muri/elementi bidimensionali

I muri e gli elementi bidimensionali vengono rappresentati da ModeSt nelle **finestre di modellazione** con un riempimento a retino per evidenziarne la superficie.

Nel centro di ogni muro o elemento bidimensionale è possibile rappresentare nelle **finestre di modellazione** anche l'indicazione delle sue proprietà: **numero, tipologia, fili fissi**, cliccando nel gruppo **Disegno** della

scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** .

Non è possibile rappresentare il valore numerico dello **scostamento dal filo fisso**, ma con il disegno tridimensionale l'elemento viene rappresentato nella sua reale posizione.

È possibile controllare la definizione degli assi locali dell'elemento bidimensionale come indicato nel capitolo **assi locali**.

Per abilitare e disabilitare il disegno della retinatura occorre cliccare nel gruppo **Disegno** della scheda **Mo-**

**dellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Retinatura muri** o su **Retinatura bidimensionali**.

Tutti i dati relativi ai muri ed agli elementi bidimensionali possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'elemento ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DMUR** (Disegna retinatura muri), **DBID** (Disegna retinatura elementi bidimensionali), **DNB** (Disegna numero muri/elementi bidimensionali), **DTB** (Disegna tipo muri/elementi bidimensionali), **DFB** (Disegna filo fisso muri/elementi bidimensionali), **DALB** (Disegna assi locali muri/elementi bidimensionali).

**Argomenti correlati:** Differenza fra muri ed elementi bidimensionali.

## Visualizzazione plinti/pali

Per ogni plinto/palo è possibile rappresentare nelle **finestre di modellazione** anche l'indicazione delle sue proprietà: **numero**, **tipologia**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri pro-**

**prietà** .

È possibile controllare la definizione degli assi locali del plinto/palo come indicato nel capitolo **assi locali**.

Tutti i dati relativi ai plinti/pali possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sul plinto/palo ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DNL** (Disegna numero plinti/pali), **DTL** (Disegna tipo plinti/pali), **DALL** (Disegna assi locali plinto/palo).


## Visualizzazione solai

I solai vengono rappresentati da ModeSt nelle **finestre di modellazione** con una doppia freccia parziale che ne indica il verso d'orditura.

Per abilitare e disabilitare il disegno del simbolo dei solai occorre selezionare "Nascondi" nella sezione "Solai" nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccare nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su

**Rappr. grafiche**  e poi su **Simbolo solai**.

Se il disegno del simbolo del solaio è attivo è possibile rappresentare anche l'indicazione delle sue proprietà:

**numero**, **tipologia**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** .

Non è possibile rappresentare il valore numerico dell'**orditura** che viene comunque indicata dal simbolo stesso.

È possibile controllare la definizione degli assi locali del solaio come indicato nel capitolo **assi locali**.

Tutti i dati relativi ai solai possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'elemento ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSOL** (Disegna simbolo solai), **DNS** (Disegna numero solai), **DTS** (Disegna tipo solai), **DALS** (Disegna assi locali solaio).

## Visualizzazione tamponature

Le tamponature vengono rappresentate da ModeSt nelle **finestre di modellazione** con una freccia che ne indica il verso di applicazione del carico.

Per abilitare e disabilitare il disegno del simbolo delle tamponature occorre selezionare "Nascondi" nella sezione "Tamponature" nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccare nel gruppo **Disegno** della scheda

**Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Simbolo tamponature**.

Se il disegno del simbolo della tamponatura è attivo è possibile rappresentare anche l'indicazione delle sue proprietà: **numero**, **tipologia**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri pro-**

**prietà** .

Non è possibile rappresentare il valore numerico dell'**orditura** che viene comunque indicata dal simbolo stesso.

È possibile controllare la definizione degli assi locali della tamponatura come indicato nel capitolo **assi locali**.




Tutti i dati relativi alle tamponature possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'elemento ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTAM** (Disegna simbolo tamponature), **DNT** (Disegna numero tamponature), **DTT** (Disegna tipo tamponature), **DALT** (Disegna assi locali tamponatura).

## Visualizzazione nuclei

Se nella struttura è stata effettuata la definizione di nuclei, è possibile effettuarne un controllo visivo nelle **finestre di modellazione**.

Selezionando "Livelli nucleo" nella sezione "**Muri/bidimensionali**" nel pannello **Colorazioni elementi** op-

pure cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Livelli nuclei è possibile** cambiare il colore dei retini degli elementi bidimensionali evidenziandone l'appartenenza ad un nucleo e la suddivisione in livelli. Ogni livello viene disegnato con una diversa colorazione fino ad un massimo di 8, poi si riutilizzano i colori precedenti.

È possibile visualizzare il numero del nucleo cui appartiene l'elemento ed il relativo livello cliccando nel gruppo

**Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**  e selezionando "Livelli nuclei". L'attivazione di questa visualizzazione esclude l'eventuale rappresentazione di altre proprietà dell'elemento.

Il disegno dei nuclei e del numero del nucleo sono informazioni globali che sono mutuamente esclusive anche con il disegno delle proprietà dei bidimensionali.

**Utilizzo da linea di comando:** **DLV** (Disegna livelli nuclei), **DNLV** (Disegna numero livelli nuclei).

## Visualizzazione reticolari

Le reticolari in acciaio vengono rappresentate da ModeSt nelle **finestre di modellazione** con un simbolo che schematizza una reticolare.

Per abilitare e disabilitare il disegno del simbolo delle reticolari occorre selezionare "Nascondi" nella sezione "**Reticolari**" nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccare nel gruppo **Disegno** della scheda **Modella-**

**zione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Simbolo reticolari**.

Se il disegno del simbolo delle reticolari è attivo è possibile rappresentare anche l'indicazione delle sue proprietà: **numero**, **tipologia**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**



È possibile controllare la definizione degli assi locali delle reticolari come indicato nel capitolo **assi locali**.


Tutti i dati relativi alle reticolari possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'elemento ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DRET** (Disegna simbolo reticolare), **DNR** (Disegna numero reticolare), **DTR** (Disegna tipo reticolare), **DALR** (Disegna assi locali reticolari).

## Visualizzazione collegamenti

Se nella struttura sono stati assegnati all'estremità delle aste dei tipi di collegamenti, è possibile effettuarne un controllo visivo nelle **finestre di modellazione**.

Selezionando "Tipi" nella sezione "Collegamenti" nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccando nel

gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Tipi collegamenti è possibile** colorare l'estremità delle aste evidenziandone l'appartenenza ad un tipo di collegamento.

È possibile rappresentare anche l'indicazione del codice della **tipologia** cliccando nel gruppo **Disegno** della

scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** .

Tutti i dati relativi al tipo di collegamento possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'elemento ed usando il menu a comparsa.


**Utilizzo da linea di comando:** **DTC** (Disegna tipi collegamenti).

## Visualizzazione colonna stratigrafica

Se nella struttura è stata effettuata la definizione delle colonne stratigrafiche, è possibile effettuarne un controllo visivo nelle **finestre di modellazione**.




Per abilitare e disabilitare il disegno delle colonne stratigrafiche occorre cliccare nel gruppo **Disegno** della

scheda **Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Colonne stratigrafiche**. Per ogni colonna stratigrafica viene disegnato il suo numero e le unità geotecniche che la compongono, per quest'ultima viene disegnato sia il numero che il nome.

**Utilizzo da linea di comando:** **DCS** (Disegna colonna stratigrafica).

## Visualizzazione link

Per link è possibile rappresentare nelle **finestre di modellazione** anche l'indicazione delle sue proprietà:

**numero, tipo**, cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** .

Per abilitare e disabilitare il disegno del simbolo dei link occorre selezionare "Nascondi" nella sezione "Link" nel pannello **Colorazioni elementi** oppure cliccare nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su

**Rappr. grafiche**  e poi su **Link**.

È possibile controllare la definizione degli assi locali del link come indicato nel capitolo **assi locali**.

Tutti i dati relativi ai link possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sul link ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DNA** (Disegna numero aste), **DTKL** (Disegna tipo link), **DALKL** (Disegna assi locali link).

## Visualizzazione integratori

Gli **integratori** vengono rappresentati da ModeSt nelle **finestre di modellazione** con una linea e per quelli trasversali anche con una fascia.

Per abilitare e disabilitare il disegno della linea e della fascia degli integratori trasversali occorre cliccare nel

gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Rappr. grafiche**  e poi su **Integratori longitudinali** o su **Integratori trasversali**.

Per gli integratori è possibile rappresentare nelle **finestre di modellazione** anche il **numero**, cliccando nel

gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà** .

È possibile controllare la definizione degli assi locali dell'integratore trasversale come indicato nel capitolo **assi locali**.

Tutti i dati relativi agli integratori possono essere visualizzati e modificati cliccando con il tasto destro sull'integratore ed usando il menu a comparsa.

**Utilizzo da linea di comando:** **DNI** (Disegna numero integratori), **DIL** (Disegna integratori longitudinali), **DIT** (Disegna integratori trasversali).

# Approfondimenti e note

## Modellazione struttura

### Impalcati e piani rigidi

Rientra nella prassi comune del calcolo di strutture intelaiate in c.a. considerare gli impalcati dei piani come infinitamente rigidi, in modo da ridurre a 3 i 6 gradi di libertà che un nodo ha nello spazio e simulare l'effetto di distribuzione provocato dagli orizzontamenti, generalmente molto rigidi nel loro piano.

ModeSt prevede questa ipotesi ed opera di default in tal senso prevedendo la possibilità di definire degli orizzontamenti e usando numerosi automatismi e convenzioni che facilitano l'inserimento dei dati.

In fase di calcolo si potrà poi comunque stabilire se gli orizzontamenti definiti debbano comportarsi come piani infinitamente rigidi, ma resta ovviamente a disposizione dell'utente la possibilità di non definire nessun orizzontamento e di considerare tutti i nodi indipendenti l'uno dall'altro. La schematizzazione di piani rigidi in sede di calcolo viene normalmente effettuata con il cosiddetto metodo Master-Slave, ma può essere realizzata anche in altro modo.

Gli orizzontamenti definiti nell'ambito di una struttura vengono denominati **impalcati** e l'impalcato cui appartiene un nodo risulta essere una delle **proprietà** del nodo. ModeSt prevede quindi i comandi necessari per la **definizione degli impalcati** e per **assegnarli** ai nodi.

Risulta quindi che ogni nodo è caratterizzato da un impalcato di appartenenza e nodi appartenenti allo stesso impalcato potranno in sede di calcolo essere considerati come collegati da un piano rigido. Nodi appartenenti all'impalcato numero 0 (indeterminato) si intendono scollegati dagli altri indipendentemente da quale sia la loro coordinata Z e dalla eventuale schematizzazione di piano rigido. In un certo senso l'impalcato 0 è un impalcato fittizio privo in ogni caso di rigidità e la cui coordinata Z è indeterminata.

I nodi con vincolo esterno devono quindi normalmente appartenere all'impalcato 0 qualunque sia la loro coordinata Z. In caso contrario si avrebbe infatti il trasferimento del vincolo a tutti gli altri nodi appartenenti allo stesso impalcato e questo oltre a essere raramente il comportamento richiesto è spesso anche incompatibile con le implementazioni del solutore FEM.

Occorre notare inoltre che in alcuni casi il concetto di piano rigido è incompatibile con alcuni tipi di schematizzazione, come nelle travature reticolari in cui è necessario che i nodi possano avvicinarsi fra di loro per far nascere gli sforzi di trazioni e compressione o di travate schematizzate con mesh di elementi bidimensionali in cui è richiesto lo stesso tipo di comportamento. A questo proposito si veda anche l'esempio **Elementi bidimensionali e piani rigidi**.

## Aste con sezione fittizia

Fra i diversi tipi di sezione che è possibile assegnare come proprietà alle aste oltre a quelle espressamente definite dall'utente si trovano anche tre tipi di sezione fittizie:

**Sezione 0:** le aste con sezione 0 non vengono in nessun caso trasferite al solutore ma trasmettono solo sforzi di taglio. Un'asta con sezione 0 viene inserita per default fra i nodi inferiori e superiori dei muri, nel qual caso viene poi trasformata in una delle aste necessarie per la schematizzazione del muro. È possibile assegnare carichi alle aste con sezione 0 e quindi carichi lineari in testa ed al piede dei muri.

**Sezione -1:** le aste con sezione -1 non vengono in nessun caso trasferite al solutore e non è possibile assegnare loro carichi. Vanno utilizzate solo per la schematizzazione di zone di carico (solai) a sbalzo o per individuarne il perimetro lungo lati paralleli al verso dell'orditura. I carichi che competerebbero all'asta di sezione -1 vengono trasferiti automaticamente all'asta che la fronteggia nel senso dell'orditura e che quindi non può essere anch'essa caratterizzata da sezione -1.

**Isolatore:** le aste con sezione di tipo "isolatore" indicano la presenza di un dispositivo di isolamento sismico fra i due nodi di estremità.

Nota: non dovrebbe essere necessario in alcun caso l'utilizzo di aste con sezione 0 se non in testa ed al piede dei muri. Se l'utente sente la necessità di utilizzare una sezione 0 per delimitare un solaio o per introdurre dei carichi lineari nella struttura, probabilmente l'asta può essere trascurata o trasformata in un cordolo o (se non prende carico) sostituita da un'asta con sezione -1.

Due aste (non di testa ad un muro) di sezione 0 che incidono sullo stesso nodo introducono molto probabilmente delle labilità nella struttura.

Per chiarimenti sull'uso delle sezioni fittizie si veda anche l'esempio **Schematizzazione aree a sbalzo**.

## Asta virtuale

Quando viene assegnata una sezione non fittizia ad un **integratore trasversale** lo si trasforma in un'asta virtuale che, anche se considerata a tutti gli effetti come un'asta facente parte della struttura, non ha alcun effetto nel calcolo della struttura e quindi può essere inserita anche dopo che il calcolo è stato eseguito.

Quindi ad esempio gli automatismi di numerazione automatica aste la trattano alla pari delle altre e si può operare su essa con i normali comandi che si userebbero per le aste.

Si fa notare che per comodità durante l'inserimento di un **integratore trasversale**, se la sezione corrente non è una sezione fittizia, l'integratore viene trasformato automaticamente in *asta virtuale*.

La posizione (come ad esempio il filo fisso) e le dimensioni non influenzano le sollecitazioni che restano calcolate in funzione della larghezza dell'area di integrazione.

Non è necessario che la sezione abbia lo stesso spessore dei bidimensionali associati all'integratore ed una larghezza corrispondente all'area di integrazione, anche se per coerenza normalmente sarà necessario procedere in tal senso.

Se l'asta virtuale ha una sezione con membratura trave e tipo di verifica cemento armato può quindi essere poi normalmente progettata ed armata con le usuali procedure. Si possono in questo modo progettare come travi in c.a. anche scale, travi parete, ecc. se si ritiene accettabile un comportamento di tipo monodimensionale "a trave". Il programma deduce dal tipo di bidimensionale associato se debbano essere rispettati gli aspetti normativi che riguardano le fondazioni.

Se oltre al progetto della trave, si procede poi anche alla progettazione della soletta vera e propria, le zone occupate dall'integratore (se orientato in una delle due direzioni di armatura della soletta) verranno automaticamente considerate come verificate e i relativi punti interni non verranno considerati per la progettazione e la verifica della soletta stessa. In particolare non verranno effettuate le verifiche a flessione nella direzione dell'integratore (ma lasciando attive quelle nell'altro senso) e le verifiche a taglio. Questo consente di armare "a trave" le zone delle solette o platee con un comportamento flessionale prevalentemente monodirezionale,

riservando la normale armatura diffusa per le zone rimanenti. Queste "travi" se non diversamente specificato nei criteri di progetto, verranno ovviamente considerate anche nei pilastri incidenti per il calcolo della gerarchia delle resistenze quando necessario.

Si presti attenzione al fatto che usando una sezione rettangolare di altezza maggiore della soletta o addirittura una sezione a T, apparentemente si simula una soletta nervata. Si ricorda che l'integratore, anche se inserito prima del calcolo della struttura, non fornisce nessuna rigidità aggiuntiva e quindi di fatto si esegue solo una progettazione con le sollecitazioni della soletta ed una sezione diversa.

Se la sezione associata ad un integratore trasversale ha membratura pilastro e tipo di verifica cemento armato è possibile progettare l'asta come pilastro. Il pilastro può anche proseguire con un'asta vera e propria a costituire una pilastrata "mista" purché l'asta virtuale e l'asta reale incidano sullo stesso nodo. Si noti che (contrariamente alle travi virtuali all'interno di una soletta o platea) la presenza di questi pilastri virtuali viene ignorata nell'eventuale progetto di pareti o nuclei interessati dagli elementi bidimensionali associati all'integratore. Attualmente per i pilastri realizzati con un'asta virtuale non viene eseguita la gerarchia della resistenza e la verifica dei nodi in corrispondenza delle travi ad essa incidenti.

**Argomenti correlati: Integratori.**

## Differenza fra muri ed elementi bidimensionali

Come già esposto in **nodi ed elementi** ModeSt prevede oltre ai normali elementi bidimensionali a 3 o 4 nodi tipici dei programmi di calcolo agli elementi finiti, anche degli elementi particolari denominati **muri**.

I muri hanno le seguenti caratteristiche:

- in sede di calcolo con il metodo agli elementi finiti vengono schematizzati come un reticolo equivalente di aste e quindi consentono l'uso di solutori con limitate capacità di gestione elementi bidimensionali o con problemi di correlazione fra elementi bidimensionali e schematizzazione del piano rigido (metodo Master-Slave);
- non necessitano di essere meshati e quindi utilizzano un numero minore di nodi, il che consente la schematizzazione di scale e vani ascensore anche con solutori limitati o con la versione Lite di ModeSt;
- se meshati si trasformano in elementi bidimensionali;

ma presentano le seguenti limitazioni:

- devono essere verticali, con i due nodi inferiori orizzontali, quindi non possono essere utilizzati per la schematizzazione di platee o solette;
- devono avere in testa ed al piede un'asta, eventualmente fittizia (con sezione 0), con l'asse locale X equiverso all'asse locale X del muro;
- in sede di calcolo non accettano carichi ortogonali alla loro superficie, né uniformi né idrostatici. L'assegnazione di carichi ai muri è quindi inutile, a meno che non si intenda procedere alla successiva meshatura del muro, nel qual caso i veri elementi bidimensionali generati avranno i carichi assegnati.

**Argomenti correlati: Schematizzazione muri, Trasferimento dati al solutore, Inserimento muri, Muri ed elementi bidimensionali, Aste con sezione fittizia.**

## Note sulla mesh degli elementi bidimensionali

Prima di passare ai consigli su come effettuare la mesh degli elementi bidimensionali occorre soffermarsi su alcuni concetti del metodo agli elementi finiti.

Tale metodo consiste nel sostituire il modello continuo della struttura con un modello discreto utilizzando elementi finiti monodimensionali (asta) e bidimensionali. L'operazione di costruzione del modello discreto viene detta modellazione della struttura. Il metodo agli elementi finiti si basa quindi su un'approssimazione e di conseguenza la soluzione non è mai "esatta" in senso analitico e dipende da come il continuo è stato discretizzato. La capacità di approssimare la soluzione teorica, nel senso di avvicinarsi, si dice "convergenza".

Nel caso di elementi asta la soluzione discretizzata converge a quella analitica, mentre nel caso di elementi bidimensionali la convergenza è influenzata dalla "mesh", per cui la discretizzazione influisce sulla qualità della soluzione che dipende anche dalla "forma" dell'elemento bidimensionale.

La dimensione della mesh ovviamente è in funzione della grandezza dell'oggetto da discretizzare e dell'approssimazione che si vuole ottenere. La bontà di una meshatura può essere dedotta dal diverso valore assunto dagli sforzi in elementi contigui. Se infatti si ha una forte variazione degli sforzi in elementi contigui vuol dire che la mesh adottata non riesce a cogliere la variazione di sforzo e quindi occorre raffinare la mesh, mentre se le differenze sono contenute significa che si è sufficientemente approssimato il risultato.

Le osservazioni suddette possono spingere ad effettuare subito meshature molto fitte, invece di fare più analisi della stessa struttura con mesh sempre più fitte in modo tale da studiare la convergenza verso un risultato, così da comprendere sia la qualità della mesh adottata sia l'attendibilità dei risultati. Se infatti due mesh di diversa raffinatezza conducono a risultati simili, vuol dire che si è sufficientemente approssimato il risultato.

La qualità dei risultati dipende anche dalla forma dell'elemento bidimensionale che, nel caso di elementi quadrangolari, non deve essere distorta ma deve tendere il più possibile a quella rettangolare con un rapporto fra i lati massimo pari a due. Infatti una forma molto distorta dell'elemento impedisce l'esecuzione del calcolo agli elementi finiti. Facciamo osservare che la presenza di elementi molto distorti viene segnalata anche dal controllo congruenza dati di ModeSt.

Per quanto riguarda gli elementi triangolari, questi non riescono a cogliere le differenze di sforzo. Nonostante la scarsa sensibilità degli elementi triangolari, sono usati per consentire la transizione da zone con mesh molto fitta a zone con mesh molto rada ed in molti casi in cui è praticamente impossibile, principalmente a causa di vincoli di carattere geometrico, utilizzare una mesh costituita esclusivamente da elementi quadrangolari.

Quindi è consigliabile ricorrere a mesh con elementi quanto più possibile quadrangolari ed usare gli elementi triangolari in zone in cui non si hanno elevate differenze di sforzo.

Purtroppo non esistono delle regole precise che possono guidarci nella meshatura degli elementi bidimensionali ma troviamo nella letteratura solo alcune indicazioni su dov'è opportuno infittire la mesh e cioè nei punti in cui si suppone si abbia una concentrazione di tensione (ad esempio lo spigolo di un'apertura, il punto di attacco di un pilastro alla platea, ecc.) oppure nelle zone in cui si vuole effettuare uno studio più dettagliato.

Vogliamo sottolineare che quando si modella un elemento strutturale in cui le tre dimensioni sono equivalenti (elemento cubiforme) l'utilizzo degli elementi bidimensionali è inopportuno.

## Nuclei

Non è corretto parlare di *inserimento* dei nuclei, in quanto i nuclei sono solo il raggruppamento logico di un insieme di elementi bidimensionali.

I nuclei vengono definiti automaticamente in funzione dell'utilizzo del muro/elemento bidimensionale e della numerazione dell'elemento stesso. L'appartenenza o l'accorpamento degli elementi bidimensionali o dei muri ad uno specifico nucleo viene stabilita assegnando agli elementi lo stesso numero (si veda **Numerazione automatica e manuale**). Gli elementi bidimensionali ed i muri con lo stesso numero sono correlati fra di loro a formare il nucleo in questione indipendentemente dalla loro posizione nello spazio e dalla loro reale connessione. Per non far considerare come nucleo alcuni elementi è sufficiente assegnare numero 0 o utilizzo "generico".

La suddivisione dei nuclei in livelli è automatica.

Le sollecitazioni nel nucleo sono riferite ad un sistema di riferimento locale così definito: terna cartesiana destrorsa con origine nel baricentro geometrico del nucleo e assi paralleli agli assi globali del sistema di riferimento globale di default.

Se i comandi di **visualizzazione nuclei** non evidenziano l'appartenenza di un elemento al nucleo, controllare se l'elemento ha le caratteristiche previste per la **definizione nuclei**, con particolare riferimento alla posizione degli assi locali.

**Argomenti correlati: Definizione nuclei, Note sui nuclei.**

## Definizione nuclei

L'utilizzo dei muri e soprattutto degli elementi bidimensionali consente di schematizzare agevolmente vani ascensore, corpi scale e pareti irrigidenti con una ottima corrispondenza fra lo schema strutturale numerico e la realtà del progetto.

Resta però generalmente problematica la progettazione delle armature necessarie in quanto le sollecitazioni negli elementi forniscono solo indicazioni locali, con situazioni di trazione e compressione che in realtà dipendono dal comportamento globale del complesso di elementi come un'unica grande sezione pressoinflessa.

Premesso che i nuclei del programma corrispondono alle PARETI del par. 7.4.4.5 del D.M. 17/01/18, nel caso di progetto secondo il D.M. 17/01/18 di strutture dissipative o di nuclei classificati come dissipativi (si veda il parametro **Elemento dissipativo** nei criteri di progetto armatura nuclei) occorre suddividere eventuali vani scale, ascensore, ecc. costituiti da più pareti, in più pareti singole, per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**. Nel caso di strutture non dissipative o classificati come non dissipativi, i nuclei possono essere composti anche da più pareti.

ModeSt consente di raggruppare logicamente fra loro un insieme di elementi bidimensionali in modo da formare un *nucleo*. Un nucleo è definito come un insieme di muri o elementi bidimensionali, verticali, che abbiano tutti il **sistema di riferimento locale** con l'asse X parallelo al piano coordinato XY e l'asse Z parallelo all'asse coordinato Z. Se nel nucleo sono presenti più orizzontamenti ("fasce" orizzontali derivanti dalla meshatura o semplicemente muri sovrapposti), il nucleo viene automaticamente suddiviso in *livelli* ed il progetto delle armature considererà la diversa configurazione geometrica ai diversi livelli.

Con una accorta meshatura è quindi possibile schematizzare aperture, cambiamenti geometrici, ecc. in quanto le procedure di progettazione armatura operano una integrazione delle sollecitazioni per ognuno dei livelli presenti nel nucleo ed effettuano le verifiche considerando il nucleo come una unica sezione.

Poiché la definizione di nucleo serve solo per il progetto delle armature, può ovviamente essere effettuata indifferentemente prima o dopo il calcolo della struttura.

**Argomenti correlati: Nuclei, Note sui nuclei.**

## Note sui nuclei

Nel definire un nucleo si dovrebbe sempre rispettare la logica dei piani dell'edificio. Generalmente è incorretto assegnare l'appartenenza ad un solo nucleo a tutti gli elementi, da terra a cielo, che definiscono ad esempio un vano scale e/o ascensore; in tal caso infatti ModeSt non differenzia le armature da piano a piano in relazione alla diminuzione delle sollecitazioni. Si consiglia quindi di definire ad esempio il nucleo 1 per gli elementi dal piano di fondazione al primo piano, il nucleo 101 dal primo al secondo piano e così via.

Nel caso di progetto secondo il D.M. 14/02/92 e il D.M. 16/01/96 il nucleo può essere costituito da più pareti ed è quindi possibile riunire in un nucleo unico eventuali vani scale, ascensore di forma qualunque. Nel caso di progetto secondo il D.M. 17/01/18 i nuclei devono essere costituiti da pareti **single** e quindi occorre definire come nuclei diversi le singole pareti dei vani scale, ascensore, ecc. Per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**.

Inoltre, prima di definire un nucleo, occorre accertarsi che i muri/elementi bidimensionali abbiano l'asse Z locale parallelo ed equiverso all'asse Z globale e che i lati superiori ed inferiori degli elementi devono essere orizzontali. Eventualmente solo gli elementi dell'ultimo livello possono avere il lato superiore obliquo (ad esempio per seguire l'andamento del tetto).

### SCORCIATOIE DI MODELLAZIONE

È molto semplice assegnare l'appartenenza ad un nucleo ad un insieme di muri/elementi bidimensionali verticali: basta infatti posizionarsi su un piano verticale passante per due nodi del nucleo e in visualizzazione prospettica definire un **BOX** tale da vedere solo gli elementi interessati. A questo punto attivare una vista piana e di volta in volta **selezionare** con una finestra di selezione solo gli elementi presenti fra un piano e l'altro e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** cambiare il numero ai bidimensionali.

### PARETI DI SCANTINATO

Si fa notare che è **sbagliato** definire come nucleo le cosiddette "pareti di scantinato", in quanto il loro comportamento non è sicuramente quello di una grande sezione inflessa per la quale valgono le ipotesi di conservazione delle sezioni piane.

**Argomenti correlati: Nuclei, Note sui nuclei.**

## Note sui vincoli di tipo plinto

Fra i tipi di vincolo che è possibile definire come proprietà dei nodi, è possibile definire due tipi di vincolo denominati *pseudo-plinti*.

Questo tipo di vincolo è **completamente indipendente dalla presenza o meno di plinti incidenti sul nodo**, anche se può essere correlato con essa.

Lo scopo del vincolo di tipo *pseudo-plinto* è quello di consentire il calcolo automatico delle costanti elastiche per un vincolo nodale che simula la cedevolezza di un plinto.

In quest'ottica è possibile definire due tipi di plinto: a rotazione bloccata e a rotazione libera.

Detti:

Kt	costante elastica associata al plinto;
A	area del plinto;
alfa	rotazione del plinto rispetto all'asse globale Z;
Jx,Jy	momenti di inerzia intorno agli assi del rettangolo di dimensioni pari alle dimensioni del plinto, ruotati in modo da riportarsi al sistema di riferimento globale;

si ha:

### PLINTO A ROTAZIONE BLOCCATA

Il nodo viene vincolato bloccando gli spostamenti in direzione X, Y e intorno agli assi X, Y e Z. L'unico movimento libero resta quello in direzione Z (verticale), schematizzato con una molla con costante elastica pari a:

$$EZ = A \cdot kt$$

### PLINTO A ROTAZIONE LIBERA

Il nodo viene vincolato bloccando gli spostamenti in direzione X, Y e intorno al solo asse Z. I movimenti liberi restano quello in direzione Z (verticale) e le rotazioni intorno agli assi X e Y, schematizzati con tre molle con costante elastica pari a:

$$EZ = A \cdot kt$$

$$ERX = Jx \cdot kt$$

$$ERY = J_y \cdot k_t$$

Si fa notare che il grado di rigidità rotazionale fornita da questo tipo di vincolo è molto basso e che usualmente non si è abituati a valutare le deformazioni e le sollecitazioni indotte dalle rotazioni nodali che ne derivano. Si consiglia di usare i plinti a rotazione libera ad esempio solo per fondazioni con plinti e cordoli di collegamento sufficientemente rigidi da poter assorbire le sollecitazioni indotte dalla sovrastruttura.

## VINCOLO VALUTATO IN FUNZIONE DELLA STRATIGRAFIA

È possibile valutare automaticamente le costanti elastiche del vincolo nodale in funzione della stratigrafia di riferimento definita nel modello ed in funzione della geometria del plinto associato al nodo. Questo tipo di vincolo, a differenza del vincolo pseudo-plinto, è strettamente dipendente dalla presenza o meno di plinti incidenti sul nodo e permette di estendere i concetti espressi in questo paragrafo ai vincoli rappresentativi delle fondazioni su pali.

**Argomenti correlati: Fondazioni su plinti, Vincoli valutati in funzione della stratigrafia.**

## Schemi strutturali

### Piani rigidi e tetti inclinati

Si premette che le considerazioni qui esposte hanno carattere prettamente ingegneristico e non sono specificamente relative all'utilizzo di ModeSt per l'analisi delle problematiche esposte.

La definizione degli impalcati e soprattutto l'appartenenza dei nodi agli impalcati è di fondamentale importanza quando si intende procedere con il calcolo agli elementi finiti e con la schematizzazione di piani infinitamente rigidi.

Un errore comune è quello di definire i nodi di un tetto a falde come tutti appartenenti ad uno stesso impalcato, anche se a quote diverse. Questo è fattibile se il calcolo viene effettuato senza piani rigidi, ma con la schematizzazione di piani infinitamente rigidi **si perde completamente l'effetto di spinta del tetto** e le sollecitazioni relative. Si può accettare questa schematizzazione solo se nella struttura sono realmente presenti altri elementi o piani rigidi che assorbono nella realtà la spinta del tetto, ossia se esiste un solaio orizzontale di sottotetto (a volte detto *solaio plafone*) e se le travi di perimetro di quest'ultimo coincidono con le travi di gronda. Si veda a proposito anche l'esempio **Impalcati rigidi non orizzontali**.

Nel caso in cui questo non accada e che invece i pilastri proseguano oltre l'ultimo per sostenere la trave di gronda (tetto spingente) è opportuno procedere in altro modo.

Fermo restando che durante l'inserimento dei dati i nodi possono anche appartenere allo stesso impalcato, si può operare seguendo una di queste strategie:

- prima della fase di calcolo si può assegnare a tutti i nodi del tetto impalcato 0. In questo modo i nodi sono liberi di muoversi in modo indipendente l'uno dall'altro. In caso di calcolo sismico sarà possibile trasferire le masse relative all'impalcato immediatamente sottostante o imporre il mantenimento delle masse sui nodi relativi (si veda **Recupero masse secondarie**). In questo secondo caso alcune travi del tetto avranno anche sollecitazioni nel piano locale XY, ma possono in genere essere trascurate in quanto in realtà assorbite dalla presenza del solaio del tetto;
- in sede di calcolo specificare che l'impalcato in questione non è rigido (il metodo è del tutto equivalente al precedente e analogo sarà il comportamento delle masse);
- prima della fase di calcolo si può assegnare ad ogni nodo del tetto un impalcato diverso. Avremo ad esempio gli impalcati 1, 2, 3 corrispondenti ai primi 3 solai dell'edificio e gli impalcati 4, 5, 6, 7, ..., n corrispondenti ognuno ad un nodo del tetto. Anche in questo caso i nodi saranno in grado di muoversi in modo indipendente l'uno dall'altro ed in caso di spinta sismica in ogni caso ogni nodo sarà caratterizzato dalla massa di sua competenza, ma sarà possibile operare in modo diverso il trasferimento delle masse per gli altri nodi appartenenti all'impalcato 0. Valgono sempre le considerazioni del punto precedente sulle sollecitazioni delle aste del tetto;
- in sede di calcolo specificare che l'impalcato in questione è rigido solo per azioni sismiche. Questo consente il libero spostamento per carichi verticali (generalmente quelli che generano le spinte maggiori) e mantiene l'ipotesi che la rigidità dei solai sia in grado di ripartire le azioni orizzontali sui diversi elementi. Le sollecitazioni "anomale" nelle travi nel tetto saranno molto minori in quanto indotte solo dai carichi verticali.

Al termine del calcolo si potrà assegnare nuovamente lo stesso impalcato a tutti i nodi del tetto per aver un migliore disegno delle tavole dell'armatura dei pilastri, eliminando la definizione degli impalcati non più necessari.

### Coperture prefabbricate

Spesso nei capannoni industriali i solai intermedi vengono realizzati in modo tale da consentire la schematizzazione di piano rigido, mentre la copertura, realizzata con travi precomprese isostatiche e strutture leggere, non è considerabile infinitamente rigida.

In questo caso le travi possono essere schematizzate con aste di sezione qualsiasi con area equivalente (per un corretto calcolo del peso proprio e quindi delle masse), con svincolamenti a cerniera ai due estremi.

Per una corretta gestione delle masse che interessano le teste dei pilastri che sostengono la copertura, si può fare riferimento a quanto riportato in **Piani rigidi e tetti inclinati**.

## Nodi - vincoli e fondazioni

Si premette che le considerazioni qui esposte hanno carattere prettamente ingegneristico e non sono specificatamente relative all'utilizzo di ModeSt per l'analisi delle problematiche esposte.

### IMPALCATO NODI VINCOLATI

I nodi con vincolo esterno devono normalmente appartenere all'impalcato 0 qualunque sia la loro coordinata Z, in caso contrario si avrebbe infatti il trasferimento del vincolo a tutti gli altri nodi appartenenti allo stesso impalcato e questo è raramente il comportamento richiesto.

### VINCOLO NODI DI FONDAZIONE

Le consuete fondazioni su reticolo di travi rovesce o su platea sono in grado di fornire un corretto grado di vincolo in direzione Z (mediante il terreno elastico) e di supportare i momenti intorno agli assi Y e X grazie al reciproco interagire. Normalmente quindi il vincolo da dare ai nodi di fondazione, almeno nei punti dove attestano le strutture in elevazione, è X-Y-RZ per bloccare gli altri gradi di libertà.

Nel caso di strutture piane (telai) o di strutture di fondazione in una sola direzione, occorrerà ovviamente bloccare anche i gradi di libertà fuori dal loro piano. Ad esempio un telaio giacente nel piano XZ, con trave di fondazione, dovrà avere i nodi di piede bloccati anche intorno all'asse X (vincolo X-Y-RX-RZ).

### VINCOLO NODI DI FONDAZIONE SERBATOI

Nei serbatoi soggetti alla spinta dell'acqua in cui si vogliono valutare correttamente anche le trazioni nella soletta di fondo nasce il problema del vincolo dei nodi. Bloccare infatti gli spostamenti X e Y dei nodi del fondo implica la perdita degli sforzi normali nella soletta/platea.

Se il serbatoio è a simmetria radiale e soggetto a carichi simmetrici (spinte sismiche) è possibile risolvere il problema vincolando in direzione X-Y-RZ solo il nodo centrale che per simmetria resta fermo in ogni caso. In casi più complessi una soluzione può essere quella di vincolare i nodi di piede con un vincolo elastico nelle direzioni X-Y-RZ con una costante sufficiente a non rendere labile la struttura ma abbastanza bassa da non fungere da ritegno reciproco per i nodi. Sotto la spinta dei carichi orizzontali la struttura avrà ovviamente un moto di corpo rigido che andrà trascurato, ma il calcolo delle tensioni nel fondo viene garantito. Occorreranno probabilmente alcuni tentativi per trovare il corretto valore delle costanti elastiche.

### VINCOLO NODI DI FONDAZIONE PLATEE NERVATE

Nel calcolo di strutture con fondazione con platea nervata in cui sia la platea sia le nervature sono schematizzate con elementi bidimensionali nasce un problema analogo a quello dei serbatoi per quanto riguarda il vincolo dei nodi di fondazione.

Assegnare vincolo X-Y-RZ ai nodi della platea impedisce ai nodi degli elementi costituenti la nervatura di allontanarsi ed avvicinarsi e quindi non nasce il comportamento flessionale "a trave" richiesto dalla nervatura.

Un metodo per risolvere il problema è quello di usare vincoli orizzontali elastici secondo la filosofia esposta per i serbatoi. In alternativa è possibile vincolare in X, Y e RZ solamente i nodi di piede dei pilastri, eventualmente usando come nodo di innesto platea-pilastro uno dei nodi a metà altezza della nervatura, o comunque in un punto che si ritiene in prossimità dell'asse neutro. Resterà comunque complessa la valutazione dell'armatura necessaria nelle nervature.

**Argomenti correlati: Note sui vincoli di tipo plinto, Fondazioni su plinti.**

## Aste - connessione e posizione

Si premette che le considerazioni qui esposte hanno carattere prettamente ingegneristico e non sono specificatamente relative all'utilizzo di ModeSt per l'analisi delle problematiche esposte.

Si sconsiglia l'utilizzo di scostamenti dal filo fisso eccessivi per l'aggiustamento di posizionamenti molto discosti dalla realtà. In alcuni casi è meglio introdurre un nuovo nodo nella reale posizione dell'elemento. Una buona modellazione dovrebbe sempre cercare di conciliare la rappresentazione *geometrica* della struttura con la rappresentazione *matematica* della struttura, dando la precedenza a quest'ultima nei casi più complessi. Un disegno inesatto può essere sempre corretto in CAD, ma un calcolo con impostazioni sbagliate porta errori sulle sollecitazioni di tutti gli elementi ed è molto più pericoloso.

Una trave che cade su di un'altra vicino al pilastro, può essere schematizzata facendola incidere sul nodo di testa del pilastro e poi scostandola col filo fisso, o inserendo un nodo intermedio nella trave portante. Sarà bene utilizzare le due schematizzazioni non in funzione di ciò che è più comodo per il disegno (fili fissi, allineamenti, regolarità delle maglie, ecc.) ma in funzione del reale comportamento: se la trave col suo reale ingombro è parzialmente sovrapposta al pilastro al punto da far pensare che non induca taglio nell'altra, o se

non è una trave portante sarà meglio che venga schematizzata come incidente sul pilastro, mentre se l'effetto di taglio sulla trave portante è un parametro critico che deve essere valutato, è meglio introdurre un nuovo nodo, possibilmente non troppo vicino al pilastro (meglio usare il filo della trave opposto al pilastro o l'asse della trave).

## Fondazioni su plinti

Si premette che le considerazioni qui esposte hanno carattere prettamente ingegneristico e non sono specificatamente relative all'utilizzo di ModeSt per l'analisi delle problematiche esposte.

Si possono distinguere alcuni casi principali di strutture con fondazioni con plinti:

### STRUTTURA ESCLUSIVAMENTE FONDATA CON PLINTI

Tipicamente si tratta di strutture non in zona sismica, dato l'obbligo di eseguire collegamenti al piede previsti dalla legge Italiana per strutture in zona sismica. A volte si ricorre a questa schematizzazione anche in zona sismica nel caso di pavimenti industriali (su massiciata) ben ripartiti con rete elettrosaldata ed eventuali ferri aggiuntivi in corrispondenza delle "strisce" fra i pilastri.

In questo caso con ModeSt si può operare essenzialmente in tre modi:

1. sovrastruttura incastrata al piede e successivo calcolo dei plinti con applicate come azioni le reazioni vincolari;
2. sovrastruttura con vincoli al piede pari a pseudo-plinti con rotazione bloccata e successivo calcolo dei plinti con applicate come azioni le reazioni vincolari;
3. sovrastruttura con vincoli al piede pari a pseudo-plinti con rotazione libera e successivo calcolo dei plinti con applicate come azioni le reazioni vincolari.

Si possono nei vari casi effettuare le seguenti considerazioni:

- il calcolo con il metodo 1 è quello più semplice e che riserva meno "sorprese" per quanto riguarda il comportamento della sovrastruttura. Molto simile a quanto si faceva prima delle possibilità offerte dai programmi di calcolo;
- il metodo 3 è sicuramente il più realistico se si decide di prescindere totalmente dalla rigidità degli elementi di collegamento, ma porta ad un comportamento della sovrastruttura difficilmente prevedibile e spesso all'apparenza assurdo;
- il metodo 2 è ovviamente una via intermedia fra i due e può essere adottato specialmente se la sovrastruttura è di tipo prefabbricato, praticamente "pendolare" o comunque poco rigida.

### STRUTTURA FONDATA CON PLINTI E CORDOLI DI COLLEGAMENTO NON SU SUOLO ELASTICO

I cordoli di collegamento possono essere in tal caso essenzialmente di due tipi: cordoli "leggeri", inseriti esclusivamente per i motivi di normativa sopra esposti, o cordoli di una certa importanza, deputati ad assorbire la tendenza alla rotazione al piede indotta dalla sovrastruttura.

In questo caso si possono adottare le stesse schematizzazioni di cui al punto precedente, con le seguenti considerazioni:

- col metodo 1 i cordoli risultano completamente privi di sollecitazioni (a meno di quelle indotte dal peso proprio o da carichi applicati) ed ai fini del calcolo della sovrastruttura il loro inserimento è del tutto ininfluente. Il metodo è adatto per cordoli "leggeri", ma è poco aderente alla realtà;
- col metodo 2 i cordoli risultano sollecitati solo in funzione dei cedimenti differenziali, e non potendo le loro estremità ruotare, possono nascere dei momenti flettenti a volte eccessivi, forse poco aderenti alla realtà;
- col metodo 3 tutti gli effetti flessionali al piede dei pilastri sono assorbiti dai cordoli, mentre la "portanza" dei carichi verticali è affidata ai plinti. Forse è lo schema che più si avvicina alla realtà, ma se le flessioni al piede dei pilastri sono notevoli (tipico per edifici prefabbricati con schema "pendolare" in zona sismica) possono essere necessari cordoli di notevoli dimensioni.

### STRUTTURA FONDATA CON PLINTI E CORDOLI (TRAVI) DI COLLEGAMENTO SU SUOLO ELASTICO

In questo caso lo schema di calcolo di tipo 1 è decisamente inapplicabile, dato che la mancanza di abbassamento dei nodi d'estremità rende praticamente trascurabile il contributo del suolo elastico per i collegamenti. Può servire solo se i collegamenti sono molto lunghi e soggetti a forti carichi verticali, nel qual caso il suolo elastico riduce le sollecitazioni da essi indotte. Nei casi 2 e 3 valgono le stesse considerazioni, con il contributo del terreno che generalmente però rischia di essere oneroso in termine di sollecitazioni per cordoli molto lunghi se non controilanciato da carichi verticali.

Occorre inoltre fare attenzione al fatto che intorno al pilastro si ha la sovrapposizione delle aree che "appoggiano sul terreno" (plinto e soles delle travi nelle due direzioni) con una sovrastima della capacità portante in quella zona.



**Strutture con fondazioni "a zone"**, ossia con zone della struttura fondate con plinti (ed eventuali cordoli) e zone fondate con travi o platee su suolo elastico:

Anche in questo caso ovviamente non è applicabile il metodo 1, altrimenti le zone di struttura con fondazioni su suolo elastico (con cedimenti) risulterebbero "appese" a quelle incastrate al piede (senza cedimenti), con conseguenti sollecitazioni nella sovrastruttura completamente errate.

Restano valide per le zone a plinti le considerazioni sopra esposte.

Per i nodi su cui insistono dei plinti/pali è possibile modellare la condizione di vincolo elastico, analogamente al vincolo pseudo-plinto, valutando le costanti elastiche in funzione della stratigrafia. L'opzione "vincoli valutati in funzione della stratigrafia" permette anche la modellazione automatica del vincolo nodale rappresentativo della risposta elastica offerta da fondazioni su pali. Le considerazioni fatte in questo paragrafo sono estendibili anche a questo tipo di modellazione.

Concludendo, come è ovvio, resta al progettista la scelta del tipo di schema strutturale che più si avvicina alla realtà o alle personali considerazioni di carattere ingegneristico. ModeSt lascia la libertà di procedere come si desidera.

**Argomenti correlati: Nodi - vincoli e fondazioni, Note sui vincoli di tipo plinto, Vincoli valutati in funzione della stratigrafia.**

## Carichi

### Gestione dei carichi

I carichi in ModeSt, applicati a tutti gli elementi (nodi, aste, bidimensionali, solai e tamponature), sono raggruppati in **condizioni elementari di carico**, per brevità generalmente denominate CCE (Condizioni di Carico Elementari).


I carichi possono essere di tipo **automatico** o **manuale**.


Attraverso la macro **ICN** è possibile leggere un file ASCII di nome NOMEFILE.CSV contenente i carichi nodali e applicarli ai nodi esistenti alla struttura corrente.

Le informazioni sui carichi possono essere sia in forma grafica, rappresentati attraverso **diagrammi o mappe**, sia in forma numerica attraverso **tabelle di informazioni**.

### Condizioni di carico elementari

La gestione dei carichi avviene in ModeSt sempre per condizioni di carico elementari (CCE) nelle quali è possibile memorizzare carichi **automatici** o **manuali** associati agli elementi.

In primo luogo occorre per prima cosa definire almeno una CCE cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE**  e poi sul bottone "Aggiungi". Dopo aver specificato i dati richiesti la nuova CCE viene automaticamente resa corrente e sarà possibile assegnare i carichi agli elementi.

Ogni CCE ha quindi i suoi specifici carichi sugli elementi e per modificarli o visualizzarli occorre sempre richiamare la CCE cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **CCE** , selezionare nella tabella la relativa riga e cliccare sul bottone "Rendi corrente". In alternativa è possibile rendere corrente una CCE selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Condizione di carico" del pannello **Proprietà correnti**.

Dalla tabella d'informazione delle CCE oltre che crearne di nuove o rendere corrente una di quelle già definite, si può eliminare una CCE selezionando la riga relativa e premendo "Elimina" e con il bottone "Importa RVN" è possibile applicare i carichi indicati in un file esterno, ai nodi della struttura come indicato in **carichi nodali da file**. Il bottone "Azzerà carichi" annulla tutti i carichi associati alla CCE senza eliminarla.

La modifica dei parametri caratterizzanti la CCE (moltiplicatori delle masse, coefficiente di riduzione, ecc.) si esegue variando i valori numerici nelle celle o selezionando un'altra voce nella casella di riepilogo a discesa.


Per quanto riguarda i dati che vengono richiesti quando viene creata una nuova CCE, si riportano di seguito alcune considerazioni.

In caso di analisi sismica la componente verticale di tutti i carichi genera automaticamente le componenti di massa necessarie per l'analisi dinamica o per la determinazione dei pesi di piano per l'analisi sismica statica. Al momento dell'archiviazione delle CCE occorre specificare quali siano le componenti da generare. Questo viene effettuato mediante dei moltiplicatori che determinano quali delle 6 componenti di massa debbano essere generate.

Normalmente si generano masse in direzione X e Y e momento polare intorno all'asse Z e quindi i valori dei coefficienti ( $m_x$ ,  $m_y$ ,  $m_z$ ,  $j_x$ ,  $j_y$ ,  $j_z$ ) sono 1 1 0 0 0 1; se la condizione di carico deve indurre anche azioni sismiche verticali occorrerà introdurre il valore 1 anche per la componente Z e quindi i valori dei coefficienti

saranno 1 1 1 0 0 1. Questo può essere facilmente realizzato inserendo i carichi da considerare per le azioni verticali (parti a sbalzo o zone spingenti) in una apposita CCE che sarà caratterizzata anche dal moltiplicatore in direzione Z pari a 1. Un metodo alternativo è quello di definire direttamente le masse necessarie come riportato in **Note sui carichi manuali**. Nella pratica corrente non vengono infatti mai definiti i valori di  $j_x$  e  $j_y$ .

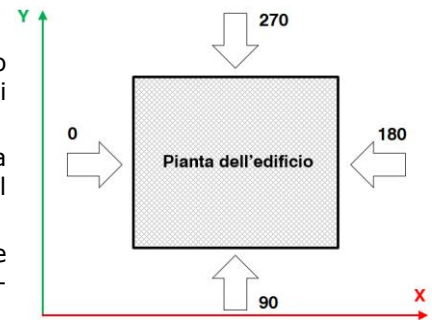
Ognuna delle CCE è caratterizzata inoltre da un coefficiente di riduzione (richiesto nel momento della definizione) che verrà applicato (per la determinazione delle masse di piano durante l'analisi sismica) solo ai carichi verticali inseriti manualmente. I carichi automatici provenienti dai solai assumono automaticamente il coefficiente di riduzione del tipo di solaio corrispondente mentre il peso proprio non viene mai ridotto.

Se si intende procedere con il calcolo con il metodo degli stati limite, occorre associare ad ogni CCE che viene archiviata nella struttura una serie di dati che permettono il calcolo automatico delle combinazioni delle condizioni di carico elementari per i diversi stati limite ultimi e di esercizio. Questo viene effettuato attraverso la definizione di **tipi di condizioni di carico elementari** e si effettua cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **Tipi CCE** .

I carichi nodali inseriti direttamente come carichi di tipo massa non sono affetti né dai moltiplicatori per generazione masse né dal coefficiente di riduzione.

Per le CCE, a cui è stata assegnata un tipo di CCE variabile con selezionata l'opzione "Da vento", è possibile specificare l'angolo della "Direzione del vento" e la tipologia di "Pressione".

Un angolo pari a 0 della direzione del vento corrisponde ad una pressione del vento in direzione X positiva, 180 in direzione X negativa, 90 in direzione Y positiva e 270 in direzione Y negativa (vedi figura).



Si fa notare che tale convenzione (in contrasto a quella comunemente usata per cui l'angolo di direzione del vento è quello da cui proviene il vento) è stata assunta per mantenere la corrispondenza concettuale alle convenzioni di ModeSt per cui un carico è positivo se controvento agli assi di riferimento.

La tipologia di pressione può essere: Interna, Esterna o Massimizzata. Per "Interna" si intende la pressione che va dall'interno verso l'esterno dell'edificio mentre per "Esterna" quella opposta. Questa distinzione consente all'utente di creare, per ogni direzione del vento, le due combinazioni di carico del vento che si hanno ad esempio nel caso delle "Costruzioni aventi una parete con aperture di superficie <33% di quella totale". In questo caso l'utente dovrà creare 2 CCE per ogni direzione del vento, e quindi un totale di 8 CCE. Per "Massimizzata" si intende la pressione massima, derivante dall'**analisi dei carichi da vento**, applicabile sugli elementi bidimensionali, solai e tamponature, e quindi in questo caso basterà creare una sola CCE per ogni direzione del vento, per un totale di 4 CCE.

Utilizzando la tipologia "Massimizzata" si opera ovviamente a favore di sicurezza e senza particolari variazioni alle sollecitazioni finali di verifica dei singoli elementi investiti dal vento, ma si può sovrastimare l'effetto complessivo del vento sull'intera struttura. Se non si utilizza la tipologia massimizzata, ModeSt crea comunque gli ambienti e le CC necessarie per tenere in conto i possibili cambiamenti di segno del vento interno rispetto a quello esterno.

I carichi da vento per gli elementi sopravento e sottovento di "Tettoie e pensiline isolate" devono essere archiviati in due diverse CCE per ogni direzione del vento e specificare come tipologia della pressione quella Massimizzata.

Per le suddette CCE verranno poi generati automaticamente sia gli ambienti di carico che le combinazioni delle CCE.

Non è possibile eseguire il calcolo della struttura se esiste una CCE senza carichi né definiti né assegnati. Per rimuovere una CCE già archiviata occorre selezionare la riga relativa alla CCE e cliccare "Elimina"; questo comporta la rinumerazione delle altre CCE.

Si consiglia di archiviare i carichi inseriti manualmente in CCE separate da quelle dei carichi automatici. Risulta in questo caso molto più agevole la modifica dei carichi.

**Utilizzo da linea di comando:** **DCCE** (Definisce condizioni di carico elementare), **DETC** (Definisce tipo di condizione di carico elementare), **?CCE** (Informazioni condizioni di carico elementari), **?TC** (Informazioni tipi condizioni di carico elementari), **ZCA** (Azzera carichi), **ECON** (Elimina condizione di carico).

## Carichi automatici

In ModeSt esistono cinque tipi di carichi automatici:

- il peso proprio degli elementi;
- i carichi permanenti strutturali provenienti dai solai;
- i carichi permanenti non strutturali provenienti dai solai;

- i carichi accidentali (detti anche variabili) provenienti dai solai;
- i carichi permanenti non strutturali provenienti dalle tamponature.

Occorre notare che tutti i carichi automatici vengono gestiti da ModeSt in modo dinamico, ossia completamente automatico.

Una volta che è stato calcolato il peso proprio, esso verrà automaticamente calcolato nella CCE in cui è stato archiviato tenendo conto automaticamente di tutte le variazioni di materiale, modifica delle sezioni aste o degli spessori dei bidimensionali.



Se per un solaio è stato specificato il calcolo dei carichi permanenti o accidentali, il calcolo sarà sempre tenuto aggiornato anche in seguito a modifiche della forma del solaio, della tipologia del solaio o dei valori di carico in essa specificati. Solo la cancellazione del solaio o l'eliminazione della CCE in cui sono stati archiviati i carichi comporterà la perdita del relativo carico sugli elementi di perimetro del solaio.

## PESO PROPRIO




Il calcolo e l'archiviazione del PESO della struttura in una CCE si effettua spuntando la casella "Peso" nell'elenco delle **CCE** (ModeSt per default lo attiva nella prima CCE che viene creata). Il peso proprio del materiale viene considerato per tutte le aste e per tutti gli elementi bidimensionali. Se per qualche ragione si desidera non considerare il peso di alcuni elementi, occorrerà **definire un materiale** privo di peso ed associarlo alle sezioni o alle tipologie di elementi bidimensionali da utilizzare come proprietà per gli elementi da considerare privi di peso. Il peso proprio può essere tolto da una CCE in cui era stato archiviato.


**Utilizzo da linea di comando:** **PESO** (Calcola peso proprio), **DEMA** (Definisci materiale).

## SOLAI

I carichi permanenti strutturali provenienti dai solai vengono calcolati cliccando nel gruppo **Automatici solai** della scheda **Carichi** su **Permanente strutturale**  specificando quali sono i solai di cui si desidera sia valutato il carico, cliccando su **Permanente non strutturale**  si calcolano invece i carichi permanenti non strutturali.

**Nota:** la differenziazione dei carichi permanenti in strutturali e non strutturali è eventualmente richiesta solo se si adotta il D.M. 17/01/18, se si adottano le altre normative è sufficiente nella **definizione dei tipi di solai** specificare solo il valore dei carichi permanenti strutturali (ovviamente questo carico sarà il carico permanente totale comprensivo del peso proprio del solaio) ed utilizzare solo il comando per calcolare i carichi permanenti strutturali derivanti dai solai.

I carichi accidentali provenienti dai solai vengono calcolati cliccando nel gruppo **Automatici solai** della scheda **Carichi** su **Accidentale 1**  o **Accidentale 2**  o **Accidentale 3**  specificando quali sono i solai di cui si desidera sia valutato il carico.

Nella CCE corrente è possibile annullare i carichi provenienti dai solai cliccando nel gruppo **Automatici solai** della scheda **Carichi** su **Nessuno**  specificando quali sono i solai di cui si desidera sia annullato il carico.

Le differenze principali fra la componente permanente (sia strutturali che non strutturali) e la componente accidentale dei carichi da solaio sono le seguenti:

- i carichi permanenti sono carichi in direzione Z globale ed agiscono sulla reale superficie del solaio, mentre i carichi accidentali, sempre in direzione Z globale, agiscono sulla proiezione orizzontale della superficie del solaio;
- nella determinazione delle masse per l'analisi sismica, per strutture calcolate alle Tensioni ammissibili o Stati limite D.M. 96., i carichi accidentali vengono moltiplicati per il coefficiente di riduzione che caratterizza la tipologia del solaio da cui sono stati generati.


I carichi automatici vengono **ripartiti** sulle aste di perimetro del solaio con il metodo specificato nella **definizione dei tipi di solai**.


I carichi automatici dai solai si possono anche calcolare selezionando i solai interessati e poi nel pannello **Proprietà elementi selezionati**, scegliendo dalla casella di riepilogo a discesa "Carichi automatici" il tipo di carico da calcolare. Con l'uso di quest'ultimo metodo è possibile togliere i carichi automatici dai solai selezionati.

Nella stessa CCE non possono essere calcolati sia carichi permanenti che carichi accidentali e non è possibile calcolare lo stesso tipo di carichi per gli stessi solai se questi carichi sono già stati archiviati in una CCE. In altre parole i carichi permanenti ed i carichi accidentali devono essere archiviati in CCE diverse e non è possibile calcolare due volte nessun tipo di carico. ModeSt controlla che venga rispettata questa regola, necessaria anche per il corretto calcolo con il metodo degli stati limite.

**Utilizzo da linea di comando:** **QPS** (Calcolo carico permanente strutturale dai solai), **QPN** (Calcolo carico permanente non strutturale dai solai), **QA1**, **QA2**, **QA3** (Calcolo primo/secondo/terzo carico accidentale dai solai), **DETS** (Definisci tipo di solaio).

## TAMPONATURE

I carichi permanenti non strutturali provenienti dalle tamponature vengono calcolati cliccando nel gruppo **Automatici tamponature** della scheda **Carichi** su **Permanente non strutturale**  specificando quali sono le tamponature di cui si desidera sia valutato il carico.


Nella CCE corrente è possibile annullare i carichi provenienti dalle tamponature cliccando nel gruppo **Automatici tamponature** della scheda **Carichi** su **Nessuno**  specificando quali sono le tamponature di cui si desidera sia annullato il carico.

I carichi automatici dalle tamponature si possono anche calcolare selezionando le tamponature interessate e poi nel pannello **Proprietà elementi selezionati**, scegliendo dalla casella di riepilogo a discesa "Carichi automatici" il tipo di carico da calcolare. Con l'uso di quest'ultimo metodo è possibile togliere i carichi automatici dalle tamponature selezionate.

**Utilizzo da linea di comando:** QTPN (Calcolo carico permanente non strutturale dalle tamponature), DETT (Definisci tipo di tamponatura).

## Carichi manuali

L'assegnazione dei carichi manuali nella CCE corrente si esegue in primo luogo definendo le tipologie di carico

necessarie cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **Tipi carichi**  e quindi sul tipo di carico.

Una volta definite le tipologie di carico sarà sufficiente selezionare gli elementi desiderati e nel pannello **Proprietà elementi selezionati** dalla casella di riepilogo a discesa relativa ai carichi manuali selezionare il carico desiderato.

La copia di un tipo di carico si effettua selezionando nella casella di riepilogo a discesa il tipo originale e cliccando sulla voce *Duplica* del menu della finestra.




Un tipo di carico definito ma non utilizzato nel modello può essere eliminato selezionando la corrispondente riga e premendo sul bottone "Elimina".

Se nella scheda **Generali** delle **Opzioni** è attiva l'opzione "Definizione e modifica dei carichi in tutte le CCE" la definizione o la modifica di un carico si ripercuote in tutte le **CCE** definite. Per cui l'aggiunta o la modifica di un carico nella CCE corrente verrà applicata anche alle altre CCE definite. Per attivare l'opzione precedente su una struttura con carichi manuali già definiti, occorre che questi carichi siano uguali in tutte le CCE.

Se alla CCE corrente è stata assegnata un tipo di CCE variabile con selezionata l'opzione "Da vento", l'entità del carico da vento per i muri/elementi bidimensionali, i solai e le tamponature può essere calcolata utilizzando la procedura riportata nell'**Analisi dei carichi da neve e vento**.

Nel caso dei carichi da vento è importante sottolineare che se un elemento risulta selezionato come investito dal vento, il suo carico è in totale quello applicato, indipendentemente dalla sua inclinazione rispetto alla direzione del vento. Il carico quindi NON viene scomposto e/o modificato in funzione dell'angolo di incidenza. Un elemento se viene selezionato come sopravvento o sottovento riceve TUTTA la pressione applicata, indipendentemente dall'angolo reale di incidenza.

Nelle CCE di tipo vento la selezione degli elementi può essere velocizzata cliccando nel gruppo **Strumenti**

della scheda **Carichi** su **Vento**  e quindi su **Seleziona elementi sopravvento**  o su **Seleziona elementi sottovento** . Gli elementi selezionati sono quelli che sono totalmente visibili dalla direzione del vento specificata nella **definizione della CCE**.

È bene controllare ed eventualmente modificare la selezione individuata automaticamente, in quanto il programma può essere tratto in inganno da situazioni particolari, come aperture o elementi quasi paralleli alla direzione del vento.

I carichi da vento per gli elementi sopravvento e sottovento di "Tettoie e pensiline isolate" devono essere archiviati in due diverse **CCE** per ogni direzione del vento e specificare come tipologia della pressione quella Massimizzata.

Si ricorda che anche i carichi definiti in questo modo sono caratteristici della **CCE** corrente e quindi rendere corrente una CCE comporta anche la possibilità di modificare le tipologie di carichi definite all'interno di essa.

Il carico sugli elementi bidimensionali di tipo **Spinta del terreno valutata in funzione della stratigrafia** è calcolato come segue:

$$Q(Z) = k(Z) * (\sigma'_{v0}(Z) + p) + u(Z)$$

dove:

**k (Z)** coefficiente di spinta orizzontale. Nel caso di spinta attiva  $k = (1 - \sin(\phi)) / (1 + \sin(\phi))$  dove  $\phi$  è l'angolo d'attrito dello specifico strato, mentre per la spinta litostatica  $k = k_0$  dove  $k_0$  è il coefficiente di spinta a riposo dello specifico strato.

**$\sigma'_{vo}(Z)$**  pressione verticale efficace.

**p** sovraccarico agente sul terreno.

**u(Z)** spinta dell'acqua.

Note:

- I carichi della spinta del terreno sono applicati con segno positivo rispetto all'asse Y locale degli elementi bidimensionali, quindi per una corretta modellazione in base alla **convenzione sui segni** dei carichi è necessario che gli elementi bidimensionali abbiano l'asse Y locale rivolto verso il terreno.
- L'incremento sismico della spinta del terreno non viene determinato e applicato automaticamente dal programma agli elementi bidimensionali.

La gestione e l'inserimento dei carichi avviene quindi con una filosofia molto simile a quella della **assegnazione delle proprietà agli elementi**, ma con le seguenti importanti differenze:

- i nuovi elementi inseriti **non** sono automaticamente caratterizzati dal carico corrente, in quanto il carico non è una proprietà;
- i carichi oltre che **assegnati** possono anche essere **aggiunti** agli elementi, il che è impensabile per una proprietà;
- un elemento può essere privo di carichi, mentre non può ovviamente essere privo delle sue proprietà.

Attraverso la casella di riepilogo a discesa relativa ai carichi manuali del pannello **Proprietà elementi selezionati** è possibile: **eliminare** i carichi assegnati ad un elemento selezionando la tipologia "Nessun carico", **aggiungere** un carico ai carichi già agenti sull'elemento selezionando dalla casella di riepilogo sottostante a quella dell'ultimo carico applicato il tipo di carico da aggiungere, **sostituire** il carico corrente scegliendo un'altra tipologia di carico.

Si noti che anche i carichi manuali vengono gestiti in modo dinamico: è possibile modificare il valore o l'andamento di un carico manuale anche dopo l'assegnazione a nodi o elementi oppure modificare i dati dell'analisi dei carichi da vento, senza la necessità di dover riassegnare il carico.

In alcuni casi inoltre ModeSt può generare automaticamente dei carichi manuali. Questo può sembrare un controsenso, ma si rende necessario quando ad un'asta è stato assegnato un carico parziale o un carico concentrato in campata. Se l'asta viene suddivisa in più parti (si veda **Spezza aste e muri**), ModeSt ridefinisce correttamente i valori dei carichi e delle coordinate di inizio e fine carico per le parti di asta interessate, e di conseguenza genera dei nuovi carichi che vengono classificati come carichi manuali. In questo caso la modifica del valore del carico originale **non** si riflette sui carichi dell'asta che è stata spezzata e che è caratterizzata da dei nuovi carichi.

I carichi concentrati in campata possono comunque essere introdotti semplicemente spezzando l'asta nel punto di applicazione ed inserendo un carico nodale, e anche la gestione di carichi fortemente variabili può essere migliorata spezzando l'asta in modo che ogni pezzo verrà considerato con un carico uniforme diverso (schema a "gradini"). In sede di calcolo armature la "trave" viene comunque ricomposta.

Fra i diversi tipi di carico nodale che è possibile definire in ModeSt ci sono anche carichi di tipo massa, caratterizzati da diversi componenti. Un motivo per l'utilizzo di carichi nodali di tipo massa (nella sola direzione Z) è quello di valutare gli effetti del sisma in direzione verticale (statico o dinamico) definendo direttamente le sole masse che lo generano. I carichi nodali di tipo massa non sono influenzati dai moltiplicatori per la generazione delle masse specificati nella **definizione della CCE** e sono da inserire in kg. **Facciamo osservare che ad una massa di 100 kg corrisponde una forza peso  $P = m \cdot g = 100 \cdot 9.81 = 981 \text{ N} = 98.1 \text{ daN}$  quindi, ad una forza peso  $P = 100 \text{ daN} = 1000 \text{ N}$  corrisponde una massa  $m = P/g = 1000/9.81 = 101.9 \text{ kg}$ .**

**Utilizzo da linea di comando:** **DCCE** (Definisci condizione di carico elementare), **DECN** (Definisci carico nodo), **DECA** (Definisci carico asta), **DECB** (Definisci carico muro/elemento bidimensionale), **DECO** (Definisci carico solaio), **DECT** (Definisci carico tamponatura), **CNC** (Carico nodo corrente), **CAC** (Carico asta corrente), **CBC** (Carico muro/elemento bidimensionale corrente), **CSC** (Carico solaio corrente), **CTC** (Carico tamponatura corrente), **ACN** (Assegna carico nodo), **ACA** (Assegna carico asta), **ACB** (Assegna carico muro/elemento bidimensionale), **ACS** (Assegna carico solaio), **ACT** (Assegna carico tamponatura), **AGCN** (Aggiungi carico nodo), **AGCA** (Aggiungi carico asta), **AGCB** (Aggiungi carico muro/elemento bidimensionale), **AGCS** (Aggiungi carico solaio), **AGCT** (Aggiungi carico tamponatura), **SELV** (Seleziona elementi da vento).

## Carichi nodali da file

Nella definizione delle **condizioni di carico elementari**, con il bottone "Importa RVN" è possibile applicare ai nodi della struttura i carichi indicati in un file esterno. I carichi indicati nel file sono intesi come dati dalle

reazioni vincolari di una struttura "di elevazione" precedentemente calcolata, e verranno applicati sui nodi della struttura corrente, che è intesa come "di fondazione". In funzione delle condizioni progettuali la struttura di fondazione può essere rappresentata dalle sole fondazioni, oppure dal corpo interrato rigido al di sotto del piano di incastro della struttura di elevazione.

Il file di testo contenente i carichi deve essere formattato come un qualsiasi file ottenuto esportando le reazioni vincolari di una struttura calcolata con ModeSt con il D.M. 17/01/18, quindi ogni riga deve essere del tipo:

NN;CC;SL;FX;FY;FZ;MX;MY;MZ

in cui:

NN è il numero del nodo su cui devono essere applicati i carichi;

CC è il nome della CC/CCE (può essere anche un dato non numerico);

SL è il nome dello stato limite relativo alla CC/CCE (SLO, SLD, SND, SLC, SLU, SLE R, SLE F, SLE Q);

FX, FY, FZ, MX, MY, MZ sono le sei componenti del carico rispetto al sistema di riferimento globale del modello.

Le righe possono essere ordinate liberamente e le CC/CCE sono definite nell'ordine in cui compaiono per la prima volta nel file.

Se in una riga non è specificato alcun valore come numero del nodo, i carichi verranno assegnati all'ultimo nodo letto nel file.

Le CC/CCE relative allo stato limite ultimo sismico devono essere identificate sempre come SND, non SLV, anche se le reazioni vincolari della struttura di elevazione sono ottenute nell'ipotesi di comportamento dissipativo. In tal caso, in base a quanto indicato nel par. 7.2.5 del D.M. 17/01/18, è necessario che le azioni nel file di input siano scritte già amplificate di un coefficiente pari a 1.30 in CDA e 1.10 in CDB. Sempre in base a quanto indicato nello stesso paragrafo della normativa, non è necessario modificare le azioni indicate nel file di input se le reazioni vincolari della struttura di elevazione sono ottenute nell'ipotesi di comportamento non dissipativo.

A seguito della procedura di importazione viene indicato il numero di linee elaborate, il numero di CC/CCE definite, il numero di nodi sui quali sono stati applicati i carichi e l'unità di misura con la quale i carichi sono stati importati. I carichi sono applicati nell'unità di misura corrente, quindi è necessario accertarsi che sia coerente con quella utilizzata per i carichi nel file esterno.

Sono ignorate, cioè non elaborate, le righe il cui primo valore è zero o non è numerico. La segnalazione della presenza di tali righe non indica alcun problema se sono semplicemente commenti scritti volutamente nel file.

Se un nodo indicato nel file non è presente nella struttura, allora viene aggiunto a distanza di un metro dalla massima coordinata X dei nodi della struttura e a coordinate Y e Z pari a zero.

Sono segnalate anomalie per le righe elaborate ma con: valori non numerici relativi ai carichi; carichi nulli; nome dello stato limite relativo alla CC/CCE non valido; stati limite differenti in CC/CCE indicate con lo stesso nome.

Nella procedura di definizione dei carichi è necessario prima applicare, in modo canonico, quelli che agiscono esclusivamente sulla fondazione, cioè quelli non considerati nel calcolo della struttura di elevazione. Solo successivamente possono essere applicati i carichi della struttura di elevazione con il bottone "Importa RVN". Il calcolo non può essere eseguito se vengono definite CCE dopo quelle create dall'importazione da file. In tal caso è necessario eliminare i carichi creati dall'importazione, per eseguirla nuovamente solo dopo aver definito tutti i carichi agenti sulla sola fondazione.

I carichi applicati con il bottone "Importa RVN" sono definiti in apposite CCE, in modo da poter essere combinati con gli altri già presenti sulla struttura, secondo una modalità di calcolo specifica per l'analisi delle sole fondazioni. Una volta importati i carichi da file, nel dialog di definizione delle CCE compare una colonna con indicato lo stato limite delle CC/CCE presenti nel file, mentre i carichi precedentemente applicati sono indicati con "CCE".

Secondo la modalità di calcolo specifica per l'analisi delle sole fondazioni che si attiva con l'importazione dei carichi, vengono generate in modo automatico tutte le CC necessarie alle verifiche, combinando in modo coerente i carichi agenti sulla sola fondazione con quelli importati da file. Le CCE agenti sulla sola fondazione sono considerate sempre come a sfavore di sicurezza e se variabili come di base, indipendentemente da come sono definite. Le CC generate automaticamente sono comunque visibili e modificabili interattivamente nella scheda "Combinazioni" del calcolo FEM.

Rispetto all'utilizzo delle macro **ARUT** e **ICN**, sono gestite automaticamente le verifiche sismiche e le combinazioni dei carichi agenti sulla sola fondazione con quelli importati da file e sono eseguiti controlli e segnalazioni sulle anomalie presenti nel file di input.

**Argomenti correlati: Progettazione plinti indipendenti ai sensi D.M. 17/01/18.**

# Ripartizione dei carichi da solai

La ripartizione dei carichi, strutturali e da vento, sulle aste di perimetro del solaio può essere: **Unidirezionale**, **A piastra perimetrale**, **A piastra bisettrice**. In funzione del tipo di ripartizione, oltre a modificarsi la ripartizione dei carichi cambia anche il simbolo del solaio, come riportato nelle seguenti figure.

## UNIDIREZIONALE

La ripartizione dei carichi viene effettuata secondo la seguente metodologia:

- il carico viene ripartito fra le due aste che si fronteggiano nel senso dell'orditura del solaio. Le aste vengono quindi classificate come "terminali" o "interne" e il carico viene ripartito come indicato nella **definizione del tipo di solaio**;
- una parte di carico viene assegnata alle aste parallele all'orditura del solaio se è stata specificata una "Larghezza fascia laterale" nella **definizione del tipo di solaio**, in tal caso il carico sulle altre aste viene ridotto per garantire che il carico totale del solaio non aumenti;
- eventuali aste di sezione -1 non vengono caricate, la parte di solaio che ad esse compete viene considerata a sbalzo ed il carico assegnato alle aste che le fronteggiano.

Un'asta viene classificata come "terminale" se, oltre al solaio in esame:

- l'asta non è adiacente ad un altro solaio;
  - l'asta è adiacente anche ad un altro solaio che però non è complanare con quello in esame;
  - l'asta è adiacente anche ad un altro solaio che però ha orditura diversa da quello in esame;
- altrimenti l'asta viene classificata come "interna", cioè l'asta ha, da entrambi i lati, solai complanari e orditi nella stessa direzione.

Due aste "interne" che si fronteggiano si ripartiscono sempre il carico al 50%, mentre negli altri casi vengono considerati i valori di ripartizione indicati nella **definizione del tipo di solaio**.

## A PIASTRA PERIMETRALE


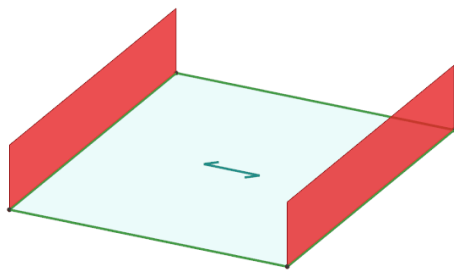
La ripartizione dei carichi viene effettuata secondo la seguente metodologia:


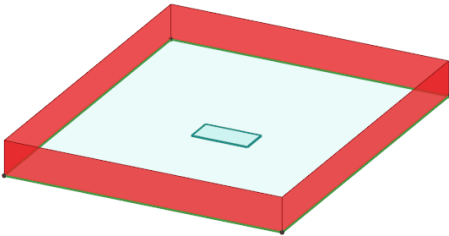

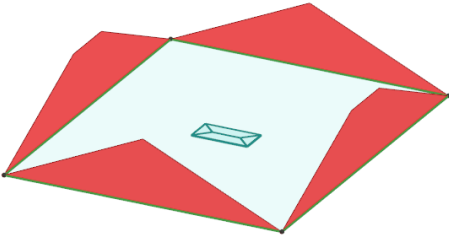
- il carico totale del solaio (area per carico a mq del solaio) viene assegnato alle aste perimetrali in modo proporzionale alla loro lunghezza;
- eventuali aste di sezione -1 non vengono caricate, la parte di solaio che ad esse compete viene ripartita sulle altre aste perimetrali.

## A PIASTRA BISETTRICE

La ripartizione dei carichi viene effettuata secondo la seguente metodologia:

- il solaio viene suddiviso in aree d'influenza delimitate dall'asta perimetrale, dalle bisettrici degli angoli agli estremi dell'asta e dall'eventuale congiungente le bisettrici come riportato nella figura di esempio.
- utilizzabile solo per solai composti da 4 lati e convessi;
- il carico assegnato all'asta perimetrale è proporzionale all'area d'influenza;
- eventuali aste di sezione -1 non vengono caricate, la parte di solaio che ad esse compete viene ripartita sulle altre aste perimetrali.

	Simbolo	Ripartizione dei carichi
<b>Unidirezionale</b>		

<b>A piastra perimetrale</b>		
<b>A piastra bisettrice</b>		

## Ripartizione dei carichi da tamponature

La ripartizione dei carichi **strutturali** sulle aste di perimetro della tamponatura può essere: **Sull'asta di piede, Sulle aste di piede e di testa, Sulle aste laterali**. In funzione del tipo di ripartizione, oltre a modificarsi la ripartizione dei carichi cambia anche il simbolo della tamponatura, come riportato nelle figure seguenti.

### SULL'ASTA DI PIEDE


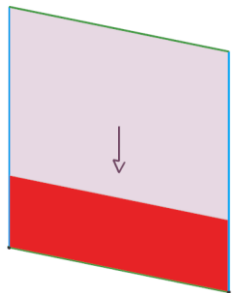

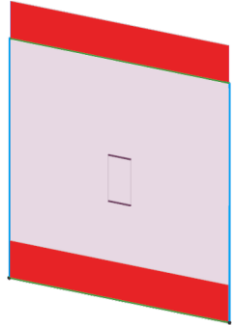
Il carico viene assegnato alle aste inferiori della tamponatura.

### SULLE ASTE DI PIEDE E DI TESTA


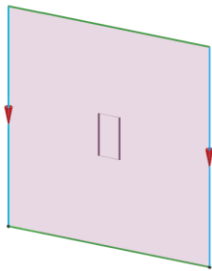
Il carico viene assegnato alle aste di piede e di testa della tamponatura.

### SULLE ASTE LATERALI

Il carico viene assegnato alle aste laterali della tamponatura.

	<b>Simbolo</b>	<b>Ripartizione dei carichi</b>
<b>Sull'asta di piede</b>		
<b>Sulle aste di piede e di testa</b>		



<b>Sulle aste laterali</b>		
----------------------------	---	--

La ripartizione dei carichi **da vento** sulle aste di perimetro della tamponatura può essere: **Sulle aste di piede e di testa, Sulle aste laterali, Sull'asta di piede, A piastra perimetrale, A piastra bisettrice**. In funzione del tipo di ripartizione, oltre a modificarsi la ripartizione dei carichi cambia anche il simbolo della tamponatura, come riportato nelle figure seguenti.

#### **SULLE ASTE DI PIEDE E DI TESTA**

Il carico viene assegnato alle aste inferiori della tamponatura.

#### **SULLE ASTE LATERALI**

Il carico viene assegnato alle aste laterali della tamponatura.

#### **A PIASTRA PERIMETRALE**

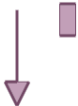
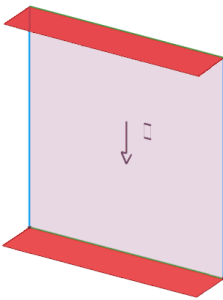
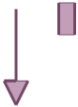
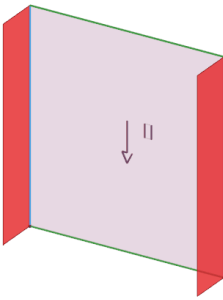
La ripartizione dei carichi viene effettuata secondo la seguente metodologia:


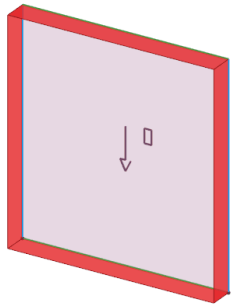

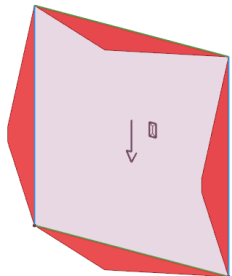
- il carico totale della tamponatura (area per carico a mq della tamponatura) viene assegnato alle aste perimetrali in modo proporzionale alla loro lunghezza;
- eventuali aste di sezione -1 non vengono caricate, la parte della tamponatura che ad esse compete viene ripartita sulle altre aste perimetrali.

#### **A PIASTRA BISETTRICE**

La ripartizione dei carichi viene effettuata secondo la seguente metodologia:


- il solaio viene suddiviso in aree d'influenza delimitate dall'asta perimetrale, dalle bisettrici degli angoli agli estremi dell'asta e dall'eventuale congiungente le bisettrici come riportato nella figura di esempio.
- il carico assegnato all'asta perimetrale è proporzionale all'area d'influenza;
- eventuali aste di sezione -1 non vengono caricate, la parte di solaio che ad esse compete viene ripartita sulle altre aste perimetrali.

	<b>Simbolo</b>	<b>Ripartizione dei carichi</b>
<b>Sulle aste di piede e di testa</b>		
<b>Sulle aste laterali</b>		

<b>A piastra perimetrale</b>		
<b>A piastra bisettrice</b>		



## Analisi dei carichi da neve e vento




### NEVE

Nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** cliccando su **Neve**  si accede a procedure guidate che consentono di valutare l'entità del carico dovuto alla neve ai sensi del D.M. 17/01/18.

L'inserimento guidato di tutti i dati necessari nelle possibili configurazioni di copertura, altitudine, ecc., permettono oltre che il calcolo dei carichi, anche la stesura della relativa relazione che viene automaticamente inclusa in quella generata da ModeSt.

### VENTO

L'analisi dei carichi da vento si effettua cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e poi su **Calcolo della pressione**  e può essere utilizzata per determinare solo la pressione del vento. I carichi devono essere applicati alla struttura manualmente dall'utente come indicato in **carichi manuali**. Tuttavia, in quest'ultimo caso, l'applicazione dei carichi può essere velocizzata utilizzando la selezione auto-

matica degli elementi che si effettua cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Carichi** su **Vento**  e quindi su **Seleziona elementi sopravvento**  o su **Seleziona elementi sottovento** . Gli elementi selezionati sono quelli che sono totalmente visibili dalla direzione del vento specificata nella **definizione della CCE**. Le procedure automatiche utilizzano una tecnologia che individua gli elementi che sono direttamente investiti dal vento proveniente dalla direzione data. È bene controllare ed eventualmente modificare la selezione individuata automaticamente, in quanto il programma può essere tratto in inganno da situazioni particolari, come aperture o elementi quasi paralleli alla direzione del vento.


L'inserimento guidato di tutti i dati necessari nelle possibili configurazioni di copertura, altitudine, ecc., permettono oltre che il calcolo dei carichi ai sensi del D.M. 17/01/18, anche la stesura della relativa relazione che viene automaticamente inclusa in quella generata da ModeSt.


## Informazioni numeriche dei carichi

Informazioni sui carichi si possono visualizzare anche in forma numerica oltre che grafica attraverso tabelle di informazioni organizzate per righe e per colonne.



Selezionando un elemento oppure più elementi ma con lo stesso carico applicato, nella sezione "Carichi presenti" del pannello **Proprietà elementi selezionati** si ha l'elenco delle CCE con l'entità dei relativi carichi agenti.



### CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **CCE**  viene riportato l'elenco delle CCE definite e le loro caratteristiche. Nella tabella il numero segnato in rosso indica la CCE corrente.



Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **Tipi CCE**  viene riportato l'elenco delle tipologie di CCE da utilizzare per l'eventuale calcolo agli stati limite e le loro caratteristiche.

## NODI

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **Tipi carichi**  e poi su **Nodi**  vengono riportati i carichi nodo definiti suddivisi per tipologie.



Nel gruppo **Info** della scheda **Carichi** cliccando su **Carichi**  e poi su **Nodi**  e quindi **selezionando** i nodi, vengono riportati i carichi nodo definiti suddivisi per tipologie. La tabella è ordinabile per numero di nodo.

## ASTE

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **Tipi carichi**  e poi su **Aste**  vengono riportati i carichi asta definiti suddivisi per tipologie.



Nel gruppo **Info** della scheda **Carichi** cliccando su **Carichi**  e poi su **Aste**  e quindi **selezionando** le aste, vengono riportati i carichi assegnati alle aste. La tabella è ordinabile per numero di asta.

## MURI/ELEMENTI BIDIMENSIONALI

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **Tipi carichi**  e poi su **Muri/Bidimensionali**  vengono riportati i carichi muri/elementi bidimensionali definiti suddivisi per tipologie.



Nel gruppo **Info** della scheda **Carichi** cliccando su **Carichi**  e poi su **Muri/Bidimensionali**  e quindi **selezionando** i muri/elementi bidimensionali, vengono riportati i carichi assegnati agli elementi. La tabella è ordinabile per numero di elemento.



## SOLAI

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **Tipi carichi**  e poi su **Solai**  vengono riportati i carichi solai definiti suddivisi per tipologie.

Nel gruppo **Info** della scheda **Carichi** cliccando su **Carichi**  e poi su **Solai**  e quindi **selezionando** i solai, vengono riportati i carichi assegnati ai solai. La tabella è ordinabile per numero di elemento.

## TAMPONATURE

Nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** cliccando su **Tipi carichi**  e poi su **Tamponature**  vengono riportati i carichi tamponature definiti suddivisi per tipologie.

Nel gruppo **Info** della scheda **Carichi** cliccando su **Carichi**  e poi su **Tamponature**  e quindi **selezionando** le tamponature, vengono riportati i carichi assegnati alle tamponature. La tabella è ordinabile per numero di elemento.

**Utilizzo da linea di comando:** ?CCE (Informazioni condizioni di carico elementari), ?TC (Informazioni tipi condizioni di carico elementari), ?TCN (Informazioni tipi carichi nodi), ?CN (Informazioni carichi nodi), ?TCA (Informazioni tipi carichi aste), ?CA (Informazioni carichi aste), ?TCB (Informazioni tipi carichi muri/elementi bidimensionali), ?CB (Informazioni carichi muri/elementi bidimensionali), ?TCS (Informazioni tipi carichi solai), ?CS (Informazioni carichi solai), ?TCT (Informazioni tipi carichi tamponature), ?CT (Informazioni carichi tamponature).

# Diagrammi o mappe dei carichi

La rappresentazione dei diagrammi o mappe dei carichi viene effettuata da ModeSt nelle **finestre di modellazione** per i soli carichi (manuali e automatici) presenti nella CCE corrente. Per visualizzare i carichi di altre CCE occorre prima renderle correnti.

La scelta se visualizzare i carichi con diagrammi oppure con mappe a colori si effettua con l'opzione *Carichi* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra. Se è attiva la visualizzazione con mappe a colori non vengono disegnati i carichi dei seguenti tipi: carico concentrato in un punto qualunque dell'asta, dilatazione termica uniforme, gradiente di temperatura lungo uno od entrambi gli assi locali; per poterli visualizzare occorre attivare l'altro tipo di visualizzazione.

I diagrammi o le mappe dei carichi sulle aste si possono rappresentare nel reale orientamento nello spazio oppure nei piani locali XY e XZ dell'asta con l'opzione *Piano di visualizzazione* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra oppure nella sezione "Diagrammi/Mappe" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

L'ampiezza dei diagrammi o delle mappe è in proporzione all'intensità dei carichi e vengono visualizzati in funzione dei **fattori di scala**.

Quando il disegno dei carichi degli elementi è stato attivato i diagrammi riflettono automaticamente le modifiche apportate ai carichi presenti, sia che avvengano tramite assegnazioni di carichi, modifica di materiali, sezioni, forma o definizione dei solai ecc. sia che i carichi cambino completamente perché è stata richiamata un'altra CCE.

Se è attiva la visualizzazione dei carichi con diagrammi è possibile disegnare il valore numerico relativo ai

carichi attivi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Carichi** su **Valori num.**



. Con **Automatici**

viene disegnato il valore massimo della risultante del carico. Mentre con **Puntuali** è possibile scorrere lungo l'asta, visualizzando in tempo reale i valori dei carichi, e indicare il punto in cui far disegnare il relativo valore dei carichi.

Il disegno dei carichi sugli elementi viene attivato cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Carichi** su **Ca-**

**richi** e quindi **selezionando** gli elementi per i quali si vuole la rappresentazione dei carichi. Per i vari elementi vengono rappresentati i seguenti carichi:

**nodi:** forze e momenti concentrati agenti sul nodo. Rappresentati con delle frecce nelle direzioni dei carichi e di dimensioni variabili in funzione della loro intensità, con un unico colore o con colori diversi. La scelta se visualizzarli con un unico colore oppure con colori diversi si effettua con l'opzione *Carichi* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra. Non vengono rappresentate masse concentrate e spostamenti impressi.

**aste:** le componenti nelle direzioni Y e Z locali dell'asta dei carichi distribuiti, i carichi concentrati e i carichi termici. Le componenti del carico nella direzione locale X dell'asta, nel caso di visualizzazione con diagrammi, vengono rappresentate con delle frecce coincidenti con l'asta.

**muri/elementi bidimensionali:** le componenti nella direzione Y locale degli elementi bidimensionali dei carichi distribuiti ed idrostatici. Non vengono rappresentati i carichi nelle direzioni locali X e Z ed i carichi termici.

Selezionando "Carichi automatici" nella sezione "Solai" del pannello **Colorazioni elementi** è possibile visualizzare, relativamente alla CCE corrente, quale tipo di carico automatico sia stato calcolato sui solai.

**Utilizzo da linea di comando:** **DCN** (Disegna carichi nodi), **DCA** (Disegna carichi aste), **DCB** (Disegna carichi elementi bidimensionali), **COLS** (Colora solai), **DVAL** (Disegna valori).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala**.



## Controllo struttura

### Controllo congruenza dati

È possibile effettuare un controllo di massima dei dati introdotti cliccando nel gruppo **Controllo** della scheda

**Analisi su Congruenza dati**

Il controllo che viene effettuato è finalizzato al **calcolo della struttura con metodo FEM** e all'analisi del telaio equivalente delle strutture in murature.

È possibile impostare, nella scheda "Generali" delle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , delle distanze di tolleranza per la ricerca di nodi vicini ad altri nodi, e di nodi vicini al bordo o alla superficie dei muri/elementi bidimensionali.

**IMPORTANTE:** ovviamente le procedure di controllo non sono in grado di individuare tutti gli eventuali errori che l'utente può commettere nell'inserimento dei dati di una struttura e quindi non è detto che, se alla fine non vengono riscontrate delle anomalie, il calcolo della struttura venga eseguito correttamente.

Analogamente alcune anomalie segnalate possono essere invece normali schematizzazioni dell'utente. Ad esempio la meshatura della sola platea, con muri in elevazione non meshati ed irrigidimento con aste infinitamente rigide porta alla segnalazione di "**Elemento bidimensionale non collegato ai nodi**", ma ciò è ovviamente voluto e non pregiudica il corretto calcolo.

## Calcolo struttura

### Introduzione

Il calcolo della struttura con il metodo degli elementi finiti viene mandato in esecuzione cliccando nel gruppo

**Calcolo** della scheda **Analisi** su **FEM**



mentre quello di strutture in muratura viene mandato in esecuzione cliccando su **Muratura**



.

La struttura deve essere salvata e si consiglia di eseguire un **controllo congruenza dati** per individuare gli errori più comuni. La struttura in muratura deve essere anche modellata secondo le specifiche riportate in **Schematizzazione della struttura**.

La finestra di dialogo della procedura di calcolo presenta le seguenti opzioni:

- **Generali**
- **Dati struttura**
- **Dati di piano**
- **Dati di calcolo**
- **Ambienti**
- **Combinazioni**

Nel menu *Opzioni* sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Generali**
- **Solutore**

Alcune opzioni potranno non essere attive per particolari solutori o particolari configurazioni di ModeSt.

Dopo la specifica delle opzioni di calcolo e la definizione o la modifica dei parametri necessari, vengono creati automaticamente i dati per il solutore selezionato, ne viene avviata l'esecuzione e poi vengono riletti i dati da esso elaborati.

Tutti i dati associati al calcolo vengono automaticamente memorizzati. Quando si calcola per la prima volta una struttura o quando si cambia solutore o quando nascono situazioni di incompatibilità vengono automaticamente impostati i valori di default, nelle altre situazioni l'utente ha la possibilità di ripristinare i valori di default premendo sul tasto "Ripristina valori predefiniti".

Prima di procedere al calcolo occorre accertarsi che nelle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , sia settato il corretto solutore, siano indicati i corretti parametri per la cartella e la versione del solutore.

**IMPORTANTE:** accertarsi sempre, prima di lanciare il calcolo, che sul disco fisso vi sia spazio sufficiente (proporzionalmente con le dimensioni della struttura e il tipo di calcolo da effettuare) a contenere i file intermedi e i risultati del calcolo (in modo particolare per le strutture con molti elementi bidimensionali e nel caso di analisi dinamica).

È anche possibile consultare il tutorial: **Calcolo struttura con metodo FEM**.

**Argomenti correlati:** **Controllo congruenza dati**.

# Parametri generali del calcolo

---

La procedura di calcolo con metodo FEM o struttura in muratura presenta varie opzioni. Alcune opzioni potranno non essere attive per particolari solutori.


**Normativa:** specificare il tipo di normativa. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tensioni ammissibili D.M. 92**
- **Stati limite D.M. 96**
- **Stati limite D.M. 18**

**Tipo di isolatore:** specificare il tipo di isolatore e se presente selezionare il nome del Produttore. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Elastomerici**
- **A pendolo**
- **A pendolo inverso**
- **A pendolo doppio**
- **Produttore**

**Tipo di calcolo:** specificare il tipo di calcolo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Statico:** la struttura viene calcolata con i soli carichi inseriti dall'utente. La combinazione delle CCE generata automaticamente come indicato in **Combinazioni** potrà comunque essere modificata come indicato in **Combinazione delle condizioni di carico**.
- **Solo modi di vibrare:** viene effettuato il calcolo dei soli modi propri di vibrare della struttura. Vengono comunque calcolate anche le percentuali di massa che vengono interessate da ogni modo. Non sarà possibile ottenere le forze statiche equivalenti né le sollecitazioni spettrali dei vari modi. Sarà comunque possibile in modellazione ottenere la rappresentazione grafica dei vari modi di vibrare cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Def. nodale** . Non è definita in questo caso la combinazione delle CCE.
- **Sismica statica:** viene effettuata l'analisi sismica statica equivalente secondo la normativa Italiana. Le combinazioni e le CCE aggiuntive che vengono create dipendono dalla presenza o meno di azioni sismiche verticali e dal rapporto fra i lati della struttura.
- **Sismica dinamica:** viene effettuata l'analisi sismica dinamica secondo la normativa Italiana. Se nella struttura sono presenti masse con componente Z diversa da zero, ModeSt calcola le azioni sismiche verticali e le combina con le azioni sismiche orizzontali nei modi previsti dalla normativa specificata. Come previsto dal D.M. 14/02/92 e D.M. 16/01/96, l'azione sismica verticale potrà essere calcolata sia in analisi dinamica che applicando l'analisi statica in funzione di quanto specificato in **Sisma verticale in analisi dinamica**.
- **Sismica statica non lineare (pushover a fibre):** viene effettuata l'analisi sismica statica non lineare (pushover) utilizzando il metodo a plasticità diffusa detto anche "a fibre". Non è possibile effettuare l'analisi pushover se nella struttura sono presenti masse con componente Z diversa da zero.
- **Sismica statica non lineare (pushover a plasticità concentrata):** viene effettuata l'analisi sismica statica non lineare (pushover) utilizzando il metodo a plasticità concentrata. Non è possibile effettuare l'analisi pushover se nella struttura sono presenti masse con componente Z diversa da zero.

**Vincoli esterni:** specificare quale sia il tipo di vincolo nodale da considerare nel caso di analisi sismica sia statica che dinamica della struttura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera sempre vincoli assegnati in modellazione:** la struttura viene calcolata con i vincoli nodali assegnati in modellazione.
- **Considera incastrate fondazioni per analisi sismiche:** la struttura viene calcolata due volte: con i vincoli nodali assegnati in modellazione per i soli carichi inseriti dall'utente e successivamente per le azioni sismiche incastrando i nodi appartenenti ad elementi della fondazione.

**Generazione combinazioni:** indicare secondo quali modalità ModeSt debba effettuare la generazione automatica delle combinazioni delle condizioni di carico elementare secondo i default previsti per il tipo di calcolo richiesto. Sarà in ogni caso possibile intervenire poi sulle combinazioni create per modificarle adattandole alle proprie necessità. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Lineari:** vengono generate semplici combinazioni lineari. Questa scelta può essere inattiva se nella struttura sono presenti delle non linearità geometriche intrinseche, come ad esempio aste resistenti a sola trazione o compressione.
- **Non lineari:** vengono generate combinazioni non lineari e per ognuna viene creata in automatico la tabella che descrive la modalità di crescita dei carichi durante l'analisi. Se è stata effettuata la classificazione delle

condizioni di carico elementari, la tabella viene creata applicando in primo luogo i carichi permanenti, poi gli accidentali e successivamente l'eventuale azione sismica. Alcune combinazioni non verranno create come non lineari se ciò non è possibile, come ad esempio nel caso di analisi dinamiche.

- **P-Delta**: indicare se per default debba essere attivato il calcolo **P-Delta** per le combinazioni generate.
- **Valuta spostamenti e non sollecitazioni**: questo parametro influenza solamente eventuali analisi non lineari. Nel caso si esegua il calcolo agli **Stati limite D.M. 18** gli spostamenti e le sollecitazioni devono infatti essere valutati con coefficienti di struttura diversi (si veda par. 7.3.3.3 del D.M. 17/01/18). Questa modalità di calcolo viene gestita automaticamente per le analisi lineari, ma in quelle non lineari, dovendo assegnare a priori i fattori moltiplicativi delle azioni occorre specificare se utilizzare quelli necessari per la valutazione degli spostamenti o quelli necessari per la valutazione delle sollecitazioni.
- **Numero step intermedi**: indica quanti step intermedi vadano aggiunti automaticamente fra quelli indicati in tabella per rendere più lenta la crescita dei carichi. La tabella degli step non riporterà questi valori intermedi che vengono gestiti automaticamente. È comunque possibile intervenire manualmente sulle tabelle di carico aggiungendo o eliminando step di carico.
- **Salva risultati intermedi**: è possibile indicare a ModeSt di salvare oltre che i risultati finali delle analisi non lineari anche i risultati progressivi di tutti gli step di carico, sia di quelli riportati nella tabella, sia di quelli eventualmente generati automaticamente. Si potrà in questo modo visualizzare l'evolversi dello stato di deformazione della struttura. L'attivazione di questa opzione può però portare alla generazione di file di risultati molto grandi.
- **Buckling**: indicare se per default debba essere attivato il calcolo di **buckling** per le combinazioni generate.
- **Numero forme di buckling**: indicare quante forme modali ricercare per default per ognuna delle combinazioni generate.

**Piani rigidi**: specificare il tipo di schematizzazione dei piani rigidi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Nessun impalcato rigido**: non vengono considerati rigidi gli impalcati definiti. Nel caso di analisi sismica le masse o le forze vengono applicate su ogni nodo.
- **Metodo Master-Slave**: viene utilizzato il metodo Master-Slave per schematizzare gli impalcati rigidi.
- **Metodo Master-Slave solo per forze sism.**: viene utilizzato il metodo Master-Slave per schematizzare gli impalcati come rigidi solo per le forze sismiche orizzontali sia statiche che dinamiche.
- **Controventatura solai**: viene utilizzato il metodo della controventatura per schematizzare gli impalcati come rigidi.
- **Controventatura solai solo per forze sism.**: viene utilizzato il metodo della controventatura per schematizzare gli impalcati come rigidi solo per le forze sismiche orizzontali sia statiche che dinamiche.
- **Avanzate**: questa opzione permette di applicare agli impalcati diversi metodi di schematizzazione dei piani rigidi.
- **Selezione solai controventati**: questa è attiva solo se è stata selezionata l'opzione **Avanzate** e consente di indicare a quali solai applicare il metodo della controventatura per schematizzare gli impalcati come rigidi. Le specifiche per la selezione sono quelle riportate in **Selezione solai**.
- **Selezione solai controventati solo per forze sism.**: questa è attiva solo se è stata selezionata l'opzione **Avanzate** e consente di indicare a quali solai applicare il metodo della controventatura per schematizzare gli impalcati come rigidi solo per le forze sismiche orizzontali sia statiche che dinamiche. Le specifiche per la selezione sono quelle riportate in **Selezione solai**. Per visualizzare i solai che sono stati controventati nel calcolo della struttura occorre selezionare "Controventatura" nella sezione "Solai" nel pannello **Colorazioni elementi**.

Per approfondimenti si veda anche **Schematizzazione piani rigidi**.

**Recupero masse secondarie**: in analisi statica o sismica statica o dinamica lineare è possibile specificare come devono essere trattate le masse o le forze che non sono automaticamente riferibili ad un impalcato. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Trasferire le masse**
  - **All'impalcato più vicino in assoluto**
  - **Anche sui nodi degli impalcati non rigidi**
  - **Modificare coordinate baricentro impalcati rigidi**
    - **XY**
    - **XYZ**

- **Mantenere sul nodo masse e forze relative**
- **Annullare masse e forze relative**

**Individuazione perimetri impalcato:** se è stata selezionata l'opzione **Trasferire le masse** è possibile specificare come vengono costruiti i perimetri di impalcato. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Dagli elementi appartenenti all'impalcato:** per individuare il perimetro vengono presi in considerazione solo le aste ed i bordi di elementi bidimensionali che **appartengono** all'impalcato.
- **Dagli elementi giacenti sull'impalcato:** per individuare il perimetro vengono presi in considerazione solo le aste ed i bordi di elementi bidimensionali i cui nodi **giacciono** alla quota dell'impalcato, anche se appartenenti all'impalcato 0.
- **Dai solai appartenenti all'impalcato:** per individuare il perimetro vengono presi in considerazione solo le aste di perimetro dei solai i cui nodi appartengono all'impalcato.

Per approfondimenti si veda anche **Recupero masse secondarie**.

#### **I seguenti parametri valgono solo per il calcolo di strutture in muratura**

**Tipo di calcolo:** specificare il tipo di calcolo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Statico:** la struttura viene calcolata con i soli carichi inseriti dall'utente utilizzando il metodo FEM. La combinazione delle CCE generata automaticamente come indicato in **Combinazioni** potrà comunque essere modificata come indicato in **Combinazione delle condizioni di carico**.
- **Sismica statica:** viene effettuata l'analisi sismica statica equivalente secondo la normativa Italiana utilizzando il metodo FEM. Le combinazioni e le CCE aggiuntive che vengono create dipendono dalla presenza o meno di azioni sismiche verticali e dal rapporto fra i lati della struttura.
- **Sismica dinamica:** viene effettuata l'analisi sismica dinamica secondo la normativa Italiana utilizzando il metodo FEM. Se nella struttura sono presenti masse con componente Z diversa da zero, ModeSt calcola le azioni sismiche verticali e le combina con le azioni sismiche orizzontali nei modi previsti dalla normativa specificata. Come previsto dal D.M. 14/02/92 e D.M. 16/01/96, l'azione sismica verticale potrà essere calcolata sia in analisi dinamica che applicando l'analisi statica in funzione di quanto specificato in **Sisma verticale in analisi dinamica**.
- **Sismica statica non lineare (pushover a telaio equivalente):** viene effettuata l'analisi sismica statica non lineare (pushover) utilizzando come modello semplificato il telaio equivalente. Sia le forze sismiche che le azioni verticali vengono calcolate in funzione di tutte le CCE inserite dall'utente. Oltre all'analisi sismica statica non lineare viene eseguita anche un'analisi per soli carichi verticali utilizzando il metodo FEM. Per approfondimenti si veda anche **Generalità sul metodo pushover**.

## **Dati struttura**

I dati struttura rappresentano dati, opzioni o interpretazioni di normativa che l'utente può modificare e che vengono associati al calcolo della struttura. Tutti i dati sono associati al calcolo in corso e vengono automaticamente memorizzati. Quando si calcola per la prima volta una struttura o quando si cambia solutore o quando nascono situazioni di incompatibilità vengono automaticamente impostati i valori di default.

Molti dati vengono calcolati in automatico da ModeSt, ma l'utente può modificarli manualmente. Eventuali altri dati correlati vengono ricalcolati ma possono essere a loro volta modificati.

Si riportano i significati dei parametri che vengono richiesti nei vari casi, alcuni avranno opzioni diverse e/o potranno non essere richiesti in funzione del tipo specifico di calcolo o di normativa:

**Sito di costruzione:** cliccando sul bottone "Individua" è possibile individuare il sito di costruzione dell'opera in varie modalità: indicando il codice identificativo (ID) del punto del reticolo, specificando le coordinate in termini di Longitudine e Latitudine, indicando una delle Isole come prevede il D.M. 17/01/18. Se si dispone di un collegamento Internet è possibile utilizzare il bottone "Cerca" per aprire una pagina HTML con la mappa del territorio Italiano. Sarà sufficiente indicare la località desiderata per avere il calcolo automatico di tutti i dati. Una volta individuato il punto geografico sarà sufficiente chiudere la pagina HTML per selezionarlo automaticamente. All'interno della finestra di dialogo il bottone "Controlla" permette di visualizzare nuovamente la mappa con l'indicazione dei punti del reticolo utilizzati per l'interpolazione dei dati, mentre il bottone "Dettagli" consente di visualizzare per ogni stato limite i valori calcolati di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ .

**Spettri:** selezionare il tipo di spettro di progetto con calcolare la struttura ai sensi del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatici da normativa:** lo spettro viene calcolato in automatico seguendo le indicazioni della normativa Italiana impostata nel parametro **Normativa**.
- **Da specifiche analisi di risposta sismica locale:** lo spettro, calcolato in automatico seguendo le indicazioni della normativa Italiana impostata nel parametro **Normativa**, viene modificato in funzione dei valori



assegnati ai parametri **Coefficiente di amplificazione stratigrafica (Ss)**, **Coefficiente funzione della categoria del suolo (Cc)** e **Coefficiente di modifica del periodo TB** presenti nella scheda "Dati di calcolo".

- **Definiti manualmente:** lo spettro è definito manualmente dall'utente seguendo le indicazioni riportate nel paragrafo **Spettri di progetto ai sensi D.M. 17/01/18**.

Per tutti i suddetti spettri è possibile visualizzare i diagrammi cliccando sul **Visualizza spettri** o **Gestione spettri** nella scheda "Dati di calcolo". Scorrendo con il cursore lungo l'asse del periodo si visualizzano i valori corrispondenti alle grandezze disegnate e cliccando in un punto è possibile fissare sul diagramma tali valori. È possibile salvare l'immagine rappresentata nella finestra attraverso il menu *Esporta*. Durante l'esportazione si può utilizzare un diverso schema di colore (esempio con sfondo bianco anziché nero) semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo.

**Edificio esistente:** specificare se l'edificio sia una struttura esistente oppure nuova. Quest'opzione è presente solo se si esegue il calcolo della struttura agli **Stati limite D.M. 18**. Si vedano importanti note nei paragrafi **Ricerca stati limite pushover**, **Verifica di strutture esistenti** e **Analisi lineare con fattore di comportamento**.

**Tipo di opera:** selezionare il tipo di opera a cui appartiene l'edificio (par. 2.4.1 del D.M. 17/01/18). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Provvisoria:** *Costruzioni temporanee e provvisorie.*
- **Opera ordinaria:** *Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari.*
- **Grande opera:** *Costruzioni con livelli di prestazioni elevati.*

**Vita nominale  $V_N$ :** specificare il valore della vita nominale di un'opera strutturale (par. 2.4.1 del D.M. 17/01/18).

**Classe d'uso:** selezionare la classe d'uso a cui appartiene l'edificio (par. 2.4.2 del D.M. 17/01/18). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Classe I:** *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- **Classe II:** *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- **Classe III:** *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- **Classe IV:** *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

**SL Esercizio/Ultimi:** selezionare quali stati limite considerare e il valore della probabilità di superamento nel periodo di riferimento (par. 3.2.1 del D.M. 17/01/18). I parametri di pericolosità sismica  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  calcolati in funzione del sito di costruzione possono essere modificati per personalizzare lo spettro di progetto.

**Struttura dissipativa:** specificare se il comportamento della struttura è di tipo dissipativo o non dissipativo (par. 7.2.2 del D.M. 17/01/18). Se l'opzione è selezionata il comportamento della struttura è di tipo dissipativo e di conseguenza è necessario selezionare la classe di duttilità: **Classe A** o **Classe B**.

**Quota di riferimento:** specificare la quota di riferimento (rispetto allo 0 assunto durante l'inserimento dei dati) da considerare nel calcolo dei coefficienti di distribuzione delle forze di piano. Tutte le masse al disotto della quota impostata vengono trascurate anche per l'analisi dinamica.

**Quota max della struttura:** specificare la quota massima (nel sistema di riferimento globale) dei nodi appartenenti alla struttura da considerare nel calcolo dell'altezza dell'edificio. L'altezza dell'edificio è calcolata come la differenza tra il valore della **Quota max della struttura** e la **Quota di riferimento**.

**Numero piani edificio:** specificare il numero dei piani dell'edificio. Questo valore influenza il valore del **Coeff.  $\lambda$**  come riportato al par. 7.3.3.2 del D.M. 17/01/18.

**Coefficiente  $\theta$ :** specificare un valore del coefficiente diverso da zero se si vuole tener conto delle eventuali non linearità geometriche come riportato al par. 7.3.1 del D.M. 17/01/18: "*Gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurati quando  $\theta$  è minore di 0,1; possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a  $1/(1-\theta)$ , quando  $\theta$  è compreso tra 0,1 e 0,2; devono essere valutati attraverso un'analisi non lineare, quando  $\theta$  è compreso tra 0,2 e 0,3. Il fattore  $\theta$  non*

può comunque superare il valore 0,3". Questo parametro non viene calcolato automaticamente dal pro-



gramma ma può essere valutato cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici** e poi su "Rigidezze". Per approfondimenti si veda il capitolo **Rigidezze teoriche**.

**Edificio regolare in altezza:** specificare se l'edificio è regolare in altezza. Questo valore influenza il valore del **Fattore di comportamento dissipativo (q)** attraverso il coefficiente  $K_R$  come riportato al par. 7.3.1 del D.M. 17/01/18: "è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza."

**Edificio regolare in pianta:** specificare se l'edificio è regolare in pianta.

**Genera stati limite per verifiche di resistenza al fuoco:** specificare se deve essere generato lo stato limite per la verifica della resistenza al fuoco in aggiunta alle altre azioni specificate nella struttura. Vengono poi generate le combinazioni per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto.

**Genera le combinazioni corrispondenti allo stato attuale:** specificare se deve essere generata la combinazione corrispondente allo stato attuale in aggiunta alle altre combinazioni specificate nella struttura. Le sollecitazioni derivanti da tale combinazione vengono utilizzate nelle verifiche dei rinforzi con materiali compositi FRP di travi e pilastri in c.a. per determinare lo stato deformativo preesistente all'applicazione del rinforzo.

**Lato maggiore:** rappresenta la dimensione massima in pianta dell'edificio calcolata nelle direzioni del sisma.

**Lato minore:** rappresenta la dimensione minima in pianta dell'edificio in direzione ortogonale al precedente parametro.

**Rapporto tra i lati:** rappresenta il rapporto tra il **Lato maggiore** e il **Lato minore** dell'edificio. Nel caso si utilizzi il metodo alle Tensioni ammissibili D.M. 14/02/92 o agli Stati limite D.M. 9/01/96, se il rapporto è maggiore di 2.5, la normativa Italiana impone di tenere conto di un momento torcente fittizio aggiuntivo che ModeSt calcola automaticamente.

**Periodo fondamentale ( $T_0$ ):** specificare il valore del periodo fondamentale  $T_0$ .

**Coeff. di risposta:** rappresenta il coefficiente di risposta come funzione del **Periodo fondamentale** della struttura (D.M. 16/01/96).

**Impalcato per punto di controllo:** selezionare l'impalcato che si vuol considerare come punto di controllo, coincidente con il baricentro delle masse dell'impalcato, nella costruzione della curva di capacità. Generalmente per il punto di controllo si assume il baricentro delle masse dell'impalcato di copertura.

## Dati di piano

Nel caso si esegua un calcolo agli stati limite adottando come normativa il D.M. 17/01/18 occorre considerare un'eccentricità accidentale del centro di massa, come indicato nel par. 7.2.6, sia in analisi sismica statica che dinamica. Le eccentricità sono calcolate automaticamente come da normativa in funzione delle dimensioni dell'edificio ai vari piani, calcolate nelle direzioni ortogonali all'angolo di ingresso del sisma, ma è possibile modificare i valori che ne derivano. Detta eccentricità, derivante dalla somma vettoriale delle due eccentricità X e Y, è assunta costante su tutti gli orizzontamenti e pari al valore massimo.

Come indicato nel par. 7.3.3 del D.M. 17/01/18, gli effetti di tale eccentricità sono determinati mediante l'applicazione di momenti torcenti di valore pari alla forza sismica di piano, calcolata nell'ipotesi di analisi sismica statica, moltiplicata per l'eccentricità massima. Il momento torcente viene applicato nel baricentro delle masse, nel caso di piano infinitamente rigido, mentre nel caso di piano non rigido con l'opzione **Considera eccentricità aggiuntiva sugli impalcati non rigidi** attivata, viene applicato su ciascun nodo appartenente al piano una forza proporzionale alla distanza del nodo dal baricentro geometrico del piano.

Non è possibile disattivare globalmente il momento torcente comunque, se ad un piano dell'edificio non viene assegnato l'appartenenza ad un impalcato, il momento torcente non viene aggiunto.

Il momento torcente viene combinato con le altre azioni sismiche nelle due possibili variazioni di segno.

## Dati di calcolo

I dati di calcolo rappresentano dati, opzioni o interpretazioni di normativa che l'utente può modificare e che vengono associati al calcolo della struttura. Tutti i dati sono associati al calcolo in corso e vengono automaticamente memorizzati. Quando si calcola per la prima volta una struttura o quando si cambia solutore o quando nascono situazioni di incompatibilità vengono automaticamente impostati i valori di default.

Molti dati vengono calcolati in automatico da ModeSt, ma l'utente può modificarli manualmente. Eventuali altri dati correlati vengono ricalcolati ma possono essere a loro volta modificati.

Si riportano i significati dei parametri che vengono richiesti nei vari casi, alcuni avranno opzioni diverse e/o potranno non essere richiesti in funzione del tipo specifico di calcolo o di normativa:

**Categoria del suolo di fondazione:** selezionare la categoria del suolo di fondazione fra quelle previste al par. 3.2.2 del D.M. 17/01/18:

- **A:** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- **B:** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- **C:** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- **D:** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- **E:** terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Categoria topografica:** selezionare la categoria fra quelle previste al par. 3.2.2 del D.M. 17/01/18:

- **T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$**
- **T2 - Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$**
- **T3 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i < 30^\circ$**
- **T4 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$**

**Coeff. di amplificazione topografica  $S_T$ :** in funzione del precedente parametro viene automaticamente settato il valore che la normativa Italiana (par. 3.2.3.2.1 del D.M. 17/01/18) specifica di adottare.

**Applica semplificazioni per bassa sismicità:** questo parametro è presente solo nell'analisi sismica statica ed è selezionabile se il valore della **Accelerazione di picco del terreno  $A_g S$**  è minore di 0.075g (par. 7.0 del D.M. 17/01/18). Il comportamento della struttura è sempre di tipo non dissipativo.

**Coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ):** questo valore viene utilizzato nel caso di spettri **da specifiche analisi di risposta sismica locale** per modificare lo spettro calcolato in automatico seguendo le indicazioni della normativa Italiana impostata nel parametro **Normativa**.

**Coefficiente funzione della categoria del suolo ( $C_c$ ):** questo valore viene utilizzato nel caso di spettri **da specifiche analisi di risposta sismica locale** per modificare lo spettro calcolato in automatico seguendo le indicazioni della normativa Italiana impostata nel parametro **Normativa**.

**Coefficiente di modifica del periodo  $T_B$ :** questo valore viene utilizzato nel caso di spettri **da specifiche analisi di risposta sismica locale** per modificare lo spettro calcolato in automatico seguendo le indicazioni della normativa Italiana impostata nel parametro **Normativa**.

**Tipologia diversa nelle due direzioni sismiche:** attivando quest'opzione è possibile differenziare la tipologia strutturale per ciascuna direzione dell'azione sismica.

**Tipologia strutturale:** selezionare la tipologia strutturale degli edifici in cemento armato, prefabbricati, in acciaio, legno o in muratura. La tipologia strutturale consente di determinare il fattore di comportamento  $q_0$  e il rapporto di sovrarresistenza  $\alpha_u/\alpha_1$ . Le tipologie con uguale fattore di comportamento e rapporto di sovrarresistenza sono state raggruppate. Di seguito, sono riportate in sequenza le tipologie strutturali corrispondenti agli edifici con struttura in cemento armato, prefabbricata, acciaio, legno e muratura, con i relativi valori del fattore di strutture e del rapporto di sovrarresistenza e il riferimento al D.M. 17/01/18 o alla Circolare del D.M. 14/01/08.

Tipologia strutturale	$q_0$ (Classe A)	$q_0$ (Classe B)	$\alpha_u/\alpha_1$	D.M. 17/01/18
c.a. o prefabbricata a telaio di un piano	4.5 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0 $\alpha_u/\alpha_1$	1.1	7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. o prefabbricata a telaio a più piani ed una sola campata	4.5 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0 $\alpha_u/\alpha_1$	1.2	7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. o prefabbricata a telaio a più piani e più campate	4.5 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0 $\alpha_u/\alpha_1$	1.3	7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. o prefabbricata con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale	4.0 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0	1.0	7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. o prefabbricata a pareti non accoppiate	4.0 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0	1.1	7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. o prefabbricata a pareti accoppiate	4.5 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0 $\alpha_u/\alpha_1$	1.2	7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. deformabile torsionalmente	3.0	2.0		7.3.1 e 7.4.3.2
c.a. a pendolo inverso	2.0	1.5		7.3.1 e 7.4.3.2

c.a. a pendolo inverso intelaiate monopiano	3.5	2.5		7.3.1
prefabbricata a pannelli	4.0 $\alpha_u/\alpha_1$	3.0	1.1*	7.3.1 e 7.4.5.1
prefabbricata monolitiche a cella	3.0	2.0		7.3.1 e 7.4.5.1
prefabbricata con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3.5	2.5		7.3.1 e 7.4.5.1
acciaio a telaio di un piano	5.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.1	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a telaio a più piani ed una sola campata	5.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.2	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a telaio a più piani e più campate	5.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.3	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio con controventi eccentrici ad un piano	5.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.1	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio con controventi eccentrici a più piani	5.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.2	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4.0	4.0		7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a mensola o a pendolo inverso	2.0 $\alpha_u/\alpha_1$	2.0	1.0	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a telaio con controventi concentrici a K ad un piano	4.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.1	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a telaio con controventi concentrici a K a più piani ed una sola campata	4.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.2	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a telaio con controventi concentrici a K a più piani e più campate	4.0 $\alpha_u/\alpha_1$	4.0	1.3	7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio a telaio con controventi concentrici a V	2.5	2.0		7.3.1 e 7.5.2.2
acciaio intelaiato con tamponature in muratura	2.0	2.0		7.3.1 e 7.5.2.2
legno a pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	3.0	2.0		7.3.1 e 7.7.3
legno a strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati	3.0	2.0		7.3.1 e 7.7.3
legno a portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4.0	2.5		7.3.1 e 7.7.3
legno a pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	5.0	3.0		7.3.1 e 7.7.3
legno a pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni	2.5*	2.5		7.3.1 e 7.7.3
legno a strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti	2.5*	2.5		7.3.1 e 7.7.3
legno a strutture cosiddette miste, con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti	2.5*	2.5*		7.3.1 e 7.7.3
legno a strutture isostatiche in genere, compresi portali isostatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, e altre tipologie strutturali	1.5*	1.5		7.3.1 e 7.7.3

\* Valore assunto dal programma come ammissibile ma non determinabile nel D.M. 17/01/18 in quanto non fornito.

**Valuta  $T_1$  in modo automatico:** specificare se il periodo  $T_1$  vada valutato automaticamente dal programma adottando il periodo principale della struttura risultante a seguito dell'analisi modale o se debba essere valutato manualmente dall'utente con la formula [7.3.6] del par. 7.3.3.2 del D.M. 17/01/18 e specificato in **Periodo  $T_1$** . Questa opzione non è presente nell'analisi sismica statica lineare.

**Periodo  $T_1$ :** specificare il valore del periodo  $T_1$  (7.3.3.2 del D.M. 17/01/18). Nel caso di analisi sismica statica lineare o deselezionata l'opzione **Valuta  $T_1$  in modo automatico**, tale valore è calcolato con la formula [C7.3.2] del par. 7.3.3.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. L'altezza dell'edificio è calcolata come la differenza tra il valore della **Quota max della struttura** e la **Quota di riferimento**. L'utente può eseguire un'analisi dei soli modi di vibrare della struttura e valutare con le **tabelle dei risultati dell'analisi (?RIS)** quale sia il periodo principale della struttura  $T_1$ .

**Coeff.  $\lambda$ :** questo valore viene calcolato in funzione del **Numero piani edificio** e del **Periodo  $T_1$**  come riportato al par. 7.3.3.2 del D.M. 17/01/18: "è un coefficiente pari a 0,85 se  $T_1 < 2T_c$  e la costruzione ha almeno tre orizzontamenti, uguale a 1,0 in tutti gli altri casi". Poiché il periodo  $T_c$  varia in funzione dello stato limite, è possibile specificare eventualmente un diverso valore del coefficiente  $\lambda$  per ogni stato limite selezionato nella casella di riepilogo a discesa.

**Rapporto di sovrarresistenza ( $\alpha_u/\alpha_1$ ):** questo valore viene calcolato automaticamente in funzione del parametro **Tipologia edificio** i cui valori sono riportati nelle precedenti tabelle.

**Valore di riferimento del fattore di comportamento ( $q_0$ ):** questo valore viene calcolato automaticamente in funzione del parametro **Tipologia edificio** i cui valori sono riportati nelle precedenti tabelle.

**Fattore riduttivo ( $K_w$ ):** specificare il valore del fattore riduttivo come indicato al par. 7.3.1 del D.M. 17/01/18: *"Qualora nella costruzione siano presenti pareti di calcestruzzo armato, per prevenirne il collasso fragile, i valori di  $q_0$  devono essere ridotti mediante il fattore  $k_w$  ..."*. Questo valore non viene calcolato automaticamente dal programma.

**Fattore di comportamento dissipativo ( $q$ ):** questo valore viene calcolato automaticamente in funzione del parametro **Valore di riferimento del fattore di comportamento ( $q_0$ )** e del parametro **Edificio regolare in altezza**.

**Fattore di comportamento non dissipativo ( $q_{ND}$ ):** questo valore viene calcolato automaticamente come indicato al par. 7.3.1 del D.M. 17/01/18 formula [7.3.2]. Questo valore non può essere superiore a 1.5.

**Fattore di comportamento per SLD ( $q_D$ ):** questo valore viene di default impostato pari a 1.5 ma è comunque possibile specificare un valore inferiore come indicato nella tabella 7.3.I del par. 7.3 del D.M. 17/01/18.

**Fattore di comportamento per sisma verticale ( $q_v$ ):** specificare il valore del fattore di comportamento per l'azione sismica verticale come indicato al par. 7.3.1 del D.M. 17/01/18: *"Il valore di  $q$  utilizzato per la componente verticale dell'azione sismica allo SLV, a meno di adeguate analisi giustificative, è  $q = 1,5$  per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è  $q = 1$ ."*

**Modalità di calcolo modi di vibrare:** specificare se effettuare l'analisi dinamica determinando i modi di vibrare con il metodo degli Autovalori o con il metodo di Ritz-vectors. Con il metodo degli Autovalori si vanno ad estrarre i modi naturali della struttura e tra questi anche quelli "locali" mentre, il metodo dei vettori di Ritz determina i modi di vibrare utilizzando come vettori di partenza dei carichi definiti dall'utente andando quindi a determinare i modi di vibrare nella "direzione" di applicazione del carico. Vengono inoltre calcolati solo i modi agenti nella direzione del carico, per cui se assegno un carico in direzione X non verranno estratti modi in direzione Y e viceversa. I modi di vibrare determinati con il metodo di Ritz costituiscono un'ottima approssimazione delle frequenze naturali e dei corrispondenti modi di vibrare della struttura inoltre, rispetto al metodo degli Autovalori presenta il vantaggio di poter estrarre i modi principali della struttura molto più rapidamente evitando l'estrazione di modi "locali" che interessano solo parte della struttura (a meno che il carico applicato non vada ad eccitare proprio il modo locale di quella parte della struttura). Il metodo di Ritz-vectors non è gestito da versioni di Xfinest precedenti alla 2013.

- **Autovalori:** indicare il numero di modi di cui si richiede il calcolo.

- **Ritz-vectors:** indicare il numero dei vettori di Ritz.

**CCE per vettori di Ritz e numero di modi da calcolare:** selezionare la CCE da utilizzare come vettore di partenza del metodo di Ritz per determinare il numero di modi specificato. Non ha senso assegnare due carichi che agiscano nella stessa direzione (in genere si assegnano condizioni di carico mutuamente ortogonali). Per questo si consiglia di selezionare diverse CCE ciascuna per ognuna delle "direzioni" (X, Y o Z) per le quali interessa estrarre i corrispondenti modi ad esempio, le CCE relative alle Forze orizzontali convenzionali X/Y per il sisma in dir. X e Y e la CCE in cui è archiviato il Peso proprio per il sisma in dir. Z.

**Modi da considerare:** specificare i modi (fra quelli calcolati) da considerare per il calcolo delle sollecitazioni dovute al sisma. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tutti i modi calcolati:** vengono considerati tutti i modi calcolati.

- **Tali da movimentare una percentuale di massa pari a:** vengono considerati i modi necessari per movimentare una massa percentuale pari almeno alla percentuale indicata (ad esempio specificando 85 si intende di voler movimentare una massa pari almeno all'85% delle masse totali). Nel caso di strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18 vengono scelti automaticamente solo i modi di vibrare che eccitano una massa superiore al 5% come indicato nel par. 7.3.3.1: *"Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore allo 85%"*.

**Sisma verticale in analisi dinamica:** specificare in che modo valutare l'azione sismica verticale nel caso che la struttura presenti masse con componente Z e venga selezionata l'analisi sismica dinamica della struttura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Mediante analisi sismica statica**

- **Mediante analisi sismica dinamica**

**Coeff. K per azioni verticali:** specificare il valore previsto dalla normativa Italiana. La casella di testo è disabilitata quando non esistono masse in direzione Z (**Condizioni di carico elementari**).

**Tipo di combinazione sismica:** specificare il metodo di combinazione degli effetti (sollecitazioni, spostamenti, ecc.) dovuti alle azioni sismiche. Per il parametro, attivo solo per l'analisi sismica statica agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18, sono disponibili le seguenti opzioni:

- **30% esteso:** il valore di ogni singolo effetto dovuto alle azioni sismiche viene calcolato combinando l'effetto dovuto all'azione sismica in una direzione con il 30% dell'effetto dovuto all'azione sismica nell'altra direzione. Le combinazioni vengono generate considerando tutti i possibili segni delle azioni.

- **30% compatto:** il valore di ogni singolo effetto dovuto alle azioni sismiche viene calcolato combinando l'effetto dovuto all'azione sismica in una direzione con il 30% dell'effetto, considerato di segno concorde all'azione "principale", dovuto all'azione sismica nell'altra direzione.

**Smorzamento spettro:** specificare la percentuale di smorzamento da considerare per la struttura in esame.

**Smorzamento implicito:** specificare la percentuale di smorzamento adottato nella definizione dello spettro di progetto personalizzato. Questa opzione è presente solo nel caso si adotti il D.M. 17/01/18 e spettro personalizzato. Per approfondimenti si veda **Spettri di progetto personalizzati**.

**Angolo di ingresso del sisma:** specificare l'angolo, rispetto all'asse X globale, della direzione principale del sisma. La condizione di sisma ortogonale alla direzione prefissata viene creata automaticamente e quindi inserendo 0 si intende sisma in direzione X e sisma in direzione Y.

**Forze primo gruppo:** specificare quale sia il tipo di distribuzione delle forze appartenenti al "Gruppo 1" da adottare nel calcolo della struttura come indicato nel par. 7.3.4.2 del D.M. 17/01/18. Sottolineiamo che per il "Gruppo 2" si adotta solo la distribuzione uniforme e non quella adattiva. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Statiche:** viene applicato alla struttura una distribuzione di forze analoga a quella di un'analisi sismica statica.
- **Primo modo:** viene applicato alla struttura una distribuzione di forze corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare preponderante nella direzione del sisma.
- **Analisi dinamica:** viene applicato alla struttura una distribuzione di forze corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare.

**Creazione SLU non sismici:** nel caso di calcolo sismico, la normativa Italiana non è chiara se debbano essere considerati anche gli stati limite ultimi per soli carichi verticali o se siano sufficienti gli stati limite ultimi per azioni sismiche. Selezionando questa opzione ModeSt nella definizione automatica delle diverse combinazioni di carico, nel caso di calcolo con analisi sismica, prevede il calcolo degli SLU (stati limite ultimi) anche negli ambienti di carico privi di azione sismica.

**Grado di sismicità:** indicare il grado di sismicità.

**Coeff. di protezione:** si riporta il D.M. 16/01/96: "Per opere la cui resistenza al sisma sia di importanza primaria per le necessità della protezione civile, si assume 1.4. Per le opere che presentano un particolare rischio per le loro caratteristiche d'uso, si assume 1.2. Per le opere che non rientrano nelle categorie precedenti, si assume 1."

**Coeff. di fondazione:** si riporta il D.M. 16/01/96: "Si assume di regola 1. Per fondazioni dirette e indirette che riportino il carico su terreni particolarmente compressibili il coefficiente sarà incrementato fino a raggiungere, nei casi di più elevata compressibilità, il valore 1.3."

**Coeff. di struttura:** si riporta il D.M. 16/01/96: "Si assume di regola 1; nel caso in cui nella struttura dell'edificio vi siano telai ed elementi irrigidenti verticali ai quali approssimativamente si affida il 100% delle azioni orizzontali, si assumerà 1.2." Per le strutture in muratura si assume di regola un valore pari a 4.

#### I seguenti parametri valgono solo per il calcolo di strutture in muratura

**Tipologia strutturale:** selezionare la tipologia strutturale degli edifici in cemento armato, prefabbricati, in acciaio, legno o in muratura. La tipologia strutturale consente di determinare il fattore di comportamento  $q_0$  e il rapporto di sovrarresistenza  $\alpha_u/\alpha_1$ . Le tipologie con uguale fattore di comportamento e rapporto di sovrarresistenza sono state raggruppate. Di seguito, sono riportate in sequenza le tipologie strutturali corrispondenti agli edifici con struttura in cemento armato, prefabbricata, acciaio, legno e muratura, con i relativi valori del fattore di strutture e del rapporto di sovrarresistenza e il riferimento al D.M. 17/01/18 o alla Circolare del D.M. 14/01/08.

Tipologia strutturale	$q_0$	$\alpha_u/\alpha_1$	D.M. 17/01/18
muratura ordinaria	$1.75 \alpha_u/\alpha_1$	1.7	7.3.1 e 7.8.1.3
muratura armata	$2.5 \alpha_u/\alpha_1$	1.5	7.3.1 e 7.8.1.3
muratura armata progettate con la progettazione in capacità	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	7.3.1 e 7.8.1.3
muratura confinata	$2.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.6	7.3.1 e 7.8.1.3
muratura confinata con progettazione in capacità	$2.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.3	7.3.1 e 7.8.1.3
muratura esistente in pietra e/o mattoni pieni	$2.0 \alpha_u/\alpha_1$	1.5	C8.5.5.1
muratura esistente in blocchi artificiali con percentuale di foratura >15%	$1.75 \alpha_u/\alpha_1$	1.5	C8.5.5.1

## Ambienti

Nel caso in cui si esegua il calcolo della struttura secondo il **metodo degli stati limite** occorre definire gli **ambienti di carico**, concettualmente simili alle "Combinazioni di Carico" del metodo delle tensioni ammissibili, ma che più in generale definiscono le diverse situazioni di carico e quali stati limite valutare. L'inserimento o l'eliminazione di un ambiente di carico si effettua selezionando la riga corrispondente e cliccando sul bottone

"Inserisci" o "Elimina" mentre la modifica si esegue selezionando o deselezionando le celle appartenenti alla riga dell'ambiente di carico.

Le vere e proprie combinazioni di carico verranno poi generate in automatico da ModeSt in funzione della classificazione e dei coefficienti delle varie CCE. Si può visualizzare la definizione delle combinazioni di carico anche in forma simbolica attraverso il bottone "Comb. teoriche" in modo da poter valutare la corretta scelta dei coefficienti  $\gamma$ ,  $\psi$  e avere una visualizzazione più simile a quella abitualmente utilizzata nella normativa.

Nel caso di carichi variabili classificati come "Ambigui" ossia sia di base che indipendenti, è poi possibile indicare insieme a quali altri carichi debbano essere **accoppiati** (ossia considerati sempre dello stesso tipo) o **disaccoppiati**, ossia considerati sempre di tipo diverso.

Ad esempio le CCE dovute alla neve e al vento possono essere definite come ambigue, in modo che vengano considerate sia di base che indipendenti, ma occorre imporre che non siano contemporaneamente dello stesso tipo, devono cioè essere **disaccoppiate**. Al contrario se per motivi di convenienza di modellazione un certo carico è stato diviso in due o più CCE diverse (ad esempio vento radente e vento in pressione), occorre imporre che le due CCE siano considerate di volta in volta dello stesso tipo (ossia **accoppiate**) in quanto concettualmente rappresentano una sola condizione di carico.

Per quanto riguarda il vento, se si utilizzano le apposite procedure implementate in ModeSt, gli ambienti necessari vengono creati automaticamente in modo da considerare contemporanee le CCE con la stessa direzione di vento.

Attraverso l'opzione **Genera le combinazioni con un solo carico di tipo variabile come di base** è possibile creare le combinazioni di carico con al massimo un carico di tipo variabile considerato come di base.

Si noti inoltre che, oltre ai coefficienti  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  previsti dal metodo agli stati limite, la normativa Italiana D.M. 96 per i carichi variabili considera un coefficiente  $\psi$  diverso in caso di calcolo sismico. Pertanto è stato introdotto in ModeSt anche il coefficiente  $\psi_{0,s}$  (D.M. 96) che viene utilizzato per gli stati limite ultimi sismici secondo il D.M. 96.

Nell'analisi dinamica con spettro di risposta l'opzione **Considera sollecitazioni dinamiche con segno dei modi principali** permette di considerare il segno delle sollecitazioni dinamiche ottenute dalla combinazione quadratica, come il segno della componente modale principale nella direzione specifica del sisma. Nel caso di strutture regolari con modi principali ben definiti e disaccoppiati, questo consente di eliminare dalle verifiche di tutti gli elementi strutturali quelle combinazioni di  $N$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  poco plausibili dal punto di vista fisico, diminuendo in tal modo la quantità di calcoli da fare e quindi accelerando i tempi di elaborazione. Questa procedura permette inoltre di ottenere dei risultati definiti per le diverse direzioni e segno del sisma, ad esempio per consentire calcoli esterni con programmi che non supportano la gestione di componenti prive di segno.

**Argomenti correlati: Definisci tipo di condizione di carico elementare.**

## Combinazioni

---

ModeSt provvede automaticamente a creare le combinazioni delle condizioni di carico elementari a seconda dei casi, del tipo di normativa e del tipo di analisi.

Nel caso si esegua un calcolo agli stati limite sia adottando la normativa del D.M. 9/01/96 che del D.M. 17/01/18 ModeSt opera nel seguente modo: partendo dalla classificazione delle condizioni di carico elementari, dall'impostazione del loro contributo alla sicurezza e della loro importanza, attraverso la definizione della loro mutua correlazione il programma è in grado di calcolare automaticamente le combinazioni delle condizioni di carico. Facciamo notare che se la CCE al momento della creazione è stata classificata come ambigua nei confronti della sicurezza e se nel relativo tipo di CCE sono stati definiti due coefficienti  $\gamma$  diversi vengono normalmente create le combinazioni con entrambi i valori. Per approfondimenti si veda anche **il metodo degli stati limite**.

In funzione di quanto è stato specificato nei **Parametri generali di calcolo** nella sezione **generazione combinazioni**, le combinazioni vengono automaticamente classificate come lineari o non lineari, e per ognuna di esse viene stabilito se attivare l'**analisi di buckling** e quante forme modali ricercare. Per le combinazioni non lineari vengono generate in automatico anche le **Tabelle della storia di carico**, attivate le opzioni per il salvataggio dei risultati intermedi e con quanti sotto-step eseguire il calcolo. Cliccando sulle righe delle combinazioni di carico è possibile visualizzare la relativa tabella e/o gli altri dati necessari, tutti modificabili, cosicché è possibile differenziare tutti i parametri di tutte le diverse combinazioni generate in automatico.

In ogni riga della tabella delle combinazioni viene riportato il tipo di calcolo (Lineare o Non Lineare) e se è attiva o meno l'analisi di buckling.

L'inserimento o l'eliminazione di una combinazione delle condizioni di carico elementari si effettua selezionando la riga corrispondente e cliccando sul bottone "Inserisci" o "Elimina" mentre la modifica si esegue variando i valori numerici nelle celle appartenenti alla riga della combinazione. L'aggiunta di una combinazione delle condizioni di carico elementari si effettua cliccando sul bottone "Aggiungi". La tabella delle combinazioni può essere memorizzata e richiamata da un file esterno con estensione CMB (in formato binario) utilizzando

le voci di menu "Salva" e "Carica" oppure esportata o importata da un file con estensione CSV o ASC (file di testo in formato ASCII) utilizzando le voci di menu "Esporta" e "Importa".

La modifica delle combinazioni può comunque essere effettuata anche dopo il calcolo cliccando nel gruppo



**Combinazioni** della scheda **Analisi** su **Modifica**. In questa sede sarà possibile modificare ovviamente solo combinazioni lineari ed inserirne di nuove solo se nel calcolo è stata effettuata almeno un'analisi lineare. Non sarà possibile ovviamente inserire combinazioni di tipo non lineare.

Le combinazioni vengono create secondo le seguenti specifiche:

#### **ANALISI STATICA ALLE TENSIONI AMMISSIBILI D.M. 92, STATI LIMITE D.M. 96 O D.M. 18**

Nel caso si esegua un calcolo alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 ModeSt crea una combinazione uguale alla somma delle CCE definite dall'utente.

Nel caso si esegua un calcolo agli stati limite ModeSt crea una serie di combinazioni delle CCE ed in particolare vengono create le combinazioni per lo stato limite ultimo non sismico e quelle relative agli stati limite di esercizio per le combinazioni Rare, Frequenti e Quasi permanenti. Il numero di combinazioni che vengono create dipende ovviamente anche da quanto è stato specificato negli **ambienti di carico**.

#### **ANALISI SISMICA SECONDO TENSIONI AMMISSIBILI D.M. 92 O STATI LIMITE D.M. 96**

Nel caso si esegua un calcolo alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 ModeSt crea, se non sono previste azioni sismiche verticali e la struttura ha un rapporto fra i lati minore di 2.5, una serie di combinazioni delle CCE ed in particolare la prima combinazione viene generata come la somma delle CCE (senza azione sismica) e le successive vengono create aggiungendo alla prima combinazione l'azione sismica in ognuna delle due direzioni sia con segno positivo che negativo.

Nel caso si esegua un calcolo agli stati limite adottando la normativa del D.M. 9/01/96 ModeSt crea, se non sono previste azioni sismiche verticali e la struttura ha un rapporto fra i lati minore di 2.5, una serie di combinazioni delle CCE ed in particolare vengono create le combinazioni per lo stato limite ultimo sismico aggiungendo alle CCE l'azione sismica in ognuna delle due direzioni considerandola sia con segno positivo che negativo, quelle relative allo stato limite ultimo non sismico e quelle relative agli stati limite di esercizio per le combinazioni Rare, Frequenti e Quasi permanenti. Il numero di combinazioni che vengono create dipende ovviamente anche da quanto è stato specificato negli **ambienti di carico**.

Se la struttura ha un rapporto fra i lati maggiore di 2.5 (e quindi momento torcente aggiuntivo diverso da zero) viene aggiunto all'azione sismica il momento torcente considerandolo sia con segno positivo che negativo.

Se nella struttura sono presenti masse con componente Z diversa da zero, ModeSt calcola le azioni sismiche verticali, e quindi l'azione sismica in ognuna delle due direzioni risulta da una combinazione quadratica delle azioni orizzontali e verticali.

Se il rapporto fra i lati della struttura è maggiore di 2.5 la normativa Italiana impone di tenere conto di un momento torcente fittizio aggiuntivo, ma non specifica come le azioni che ne derivano vadano combinate con le azioni verticali. L'interpretazione più plausibile è quella di considerare l'effetto del momento torcente come un'azione aggiuntiva dell'azione orizzontale, che in questo modo si "sdoppia" nei due casi di azione torcente positiva e negativa.

L'analisi sismica dinamica viene effettuata calcolando i modi richiesti e poi, tramite i coefficienti di partecipazione (eventualmente modificati per tenere conto dell'angolo di ingresso del sisma), lo spettro di risposta ed i vari coefficienti sismici, vengono calcolate le sollecitazioni spettrali in funzione di quelle modali, selezionando i soli modi richiesti dall'utente.

Viene considerato solamente lo spettro nelle direzioni X, Y (ed eventualmente Z) e di conseguenza è considerato nullo il contributo modale rotazionale.

#### **ANALISI SISMICA SECONDO STATI LIMITE D.M. 18**

ModeSt crea le combinazioni delle CCE sia per gli stati limite ultimi sismici (SLV, SLC) che di esercizio sismici (SLO, SLD) aggiungendo alle CCE definite l'azione sismica in ognuna delle due direzioni considerandola sia con segno positivo che negativo, quelle relative allo stato limite ultimo non sismico e quelle relative agli stati limite di esercizio per le combinazioni Rare, Frequenti e Quasi permanenti.

Il numero delle combinazioni di tipo sismico può variare in funzione della **modalità di combinazione** e degli stati limite specificati nei **dati struttura**.

Nel caso della combinazione "estesa" vengono effettuate tutte le combinazioni con i possibili segni delle diverse azioni sismiche (X,Y,Z), mentre caso della combinazione "compatta" vengono sommati i massimi delle azioni in una direzione con quelli delle altre direzioni, considerati di segno concorde all'azione "principale". Sono due interpretazioni diverse che portano a risultati con delle sottili differenze. Con la modalità compatta, data la sua natura non perfettamente lineare di combinazione, non è possibile visualizzare le deformate elastiche (che sarebbero incongruenti) e la visualizzazione delle caratteristiche di sollecitazione (N,M,T) può



presentare delle singolarità e delle imperfezioni (puramente grafiche) se non eseguite con un passo di campionamento abbastanza fitto.

Il momento torcente viene ovviamente aggiunto solo ai piani considerati infinitamente rigidi. Le dimensioni dell'edificio ai vari piani vengono calcolate automaticamente, ma è possibile modificare i valori che ne derivano. Il momento torcente viene combinato con le altre azioni sismiche nelle due possibili variazioni di segno e valutato come da normativa considerando la forza sismica di piano nell'ipotesi di analisi statica moltiplicata per l'eccentricità massima complessiva derivante dalla somma vettoriale delle due eccentricità X e Y.

L'analisi sismica dinamica viene effettuata calcolando i modi richiesti e poi, tramite i coefficienti di partecipazione (eventualmente modificati per tenere conto dell'angolo di ingresso del sisma), lo spettro di risposta ed i vari coefficienti sismici, vengono calcolate le sollecitazioni spettrali in funzione di quelle modali, selezionando i soli modi richiesti dall'utente.

Viene considerato solamente lo spettro nelle direzioni X, Y (ed eventualmente Z) e di conseguenza è considerato nullo il contributo modale rotazionale.

## Opzioni pushover

**Analisi sismica statica non lineare (pushover):** specificare i parametri per il calcolo sismico statico non lineare delle strutture sia in muratura che in cemento armato. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Valuta automaticamente parametri:** specificare se imporre o valutare automaticamente il valore del **spostamento finale del punto di controllo**, il **massimo numero di passi di analisi** e il **numero massimo di sotto-iterazioni**.
- **Definisci collasso quando la resistenza cala al:** specificare una percentuale della resistenza massima della struttura al disotto del quale avviene il collasso della struttura. Si consigliano valori inferiori o uguali al 85%.
- **Definisci collasso quando lo spostamento relativo cala al:** specificare una percentuale dello spostamento relativo, valutato come specificato nel parametro seguente, al disotto della quale avviene il collasso della struttura. Si consigliano valori inferiori o uguali al 5%.
- **Modalità di calcolo spostamento relativo (c.a.):** specificare se lo spostamento ultimo per terminare l'analisi pushover debba essere valutato come la differenza di spostamento tra impalcati (**Valutato a livello di piano**) oppure come la differenza di spostamento tra i nodi di testa e di piede dei pilastri (**Valutato a livello di pilastro**).

**Esegui analisi statica e modale con elementi a fibre:** specificare se l'analisi statica e l'analisi modale vadano eseguite utilizzando gli elementi a fibre. Si fa notare che gli elementi a fibre possono in alcuni casi modificare sensibilmente il comportamento modale della struttura.

**Utilizza solutore Xfinest:** specificare se l'analisi sismica statica non lineare (pushover) delle strutture in muratura vada eseguita utilizzando il solutore Xfinest. Se l'opzione è deselezionata l'analisi viene eseguita con il solutore interno di ModeSt. L'opzione è selezionata automaticamente dal programma quando è impostato nei criteri generali delle murature l'utilizzo del telaio equivalente avanzato (**Genera telaio equivalente avanzato**).

**Calcola indici di sicurezza:** gli indici di sicurezza vengono utilizzati per valutare il miglioramento o l'adeguamento degli edifici esistenti e sono espressi in **termini di periodo di ritorno** e in **termini di accelerazione**. Questa opzione consente di non calcolarli per gli edifici di nuova costruzione. Per approfondimenti si veda **Calcolo indici di sicurezza**.

**Valuta SLO/SLD secondo Circolare n. 7 del 21/01/2019 per edifici esistenti:** specificare se gli stati limite di operatività (SLO) e danno (SLD) devono essere individuati secondo quanto indicato nei par. C7.8.1.5.4 e C8.7.1.3.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 anziché come indicato nel par. 7.3.6.1 del D.M. 17/01/18.

**Analisi pushover da eseguire:** viene riportato l'elenco delle analisi sismica statica non lineare (pushover) effettuabili.

## Opzioni generali

Le opzioni generali di calcolo rappresentano dati, opzioni o interpretazioni di normativa che l'utente può modificare e che vengono associati al calcolo della struttura. Solo in alcuni casi dipendono dal tipo di solutore. Tutti i dati sono associati al calcolo in corso e vengono automaticamente memorizzati. Quando si calcola per la prima volta una struttura o quando si cambia solutore vengono automaticamente impostati i valori di default. Possono essere modificati all'inizio della procedura di calcolo attraverso il menu *Opzioni ► Generali*.

**Calcolo con zone rigide:** specificare se effettuare o meno il calcolo considerando infinitamente rigide le interconnessioni fra travi e pilastri.

Il calcolo delle zone rigide viene effettuato solo per le aste prive di parametri aggiuntivi o per le quali non è stato specificato un tipo di calcolo zone rigide diverso da "default" (si veda **Parametri aste, Modifica delle proprietà**). Analogamente, specificando di **non** effettuare il calcolo con zone rigide, esso verrà comunque effettuato per le aste per le quali ciò è stato espressamente richiesto nei parametri aggiuntivi.

Per approfondimenti si veda anche **Zone rigide e offset dai nodi**.

**Fattore di riduzione zone rigide:** specificare una percentuale di riduzione della zona rigida per evitare un aumento eccessivo della rigidità dell'asta. Nel trasferimento al solutore la zona rigida verrà ridotta della percentuale specificata, ma i momenti e i tagli alle estremità verranno comunque forniti al filo della zona rigida totale. Valori consigliati vanno dal 20 al 50% di riduzione.

Per approfondimenti si veda anche **Zone rigide e offset dai nodi**.

**Rigidità asta controventatura solai:** specificare la rigidità dell'asta, con vincolo biella, aggiunta in direzione ortogonale al piano del solaio. La rigidità impostata deve essere, come limite superiore, tale da non avere effetti sul comportamento strutturale e, come limite inferiore, tale da non causare problemi numerici nell'analisi FEM. Valori consigliati vanno da  $1 \cdot 10^{-7}$  a  $1 \cdot 10^{-5}$ .

Per approfondimenti si veda anche **Piano rigido con controventatura solai**.

**Calcolo con offset rigidi dai nodi:** con alcuni solutori è possibile considerare il completo disassamento dell'asse baricentrico delle aste rispetto alla congiungente i nodi. In questo modo vengono considerati nel calcolo anche i momenti indotti dalle eccentricità di posizionamento. Ad esempio una trave molto larga appoggiata eccentricamente sul pilastro (con il filo fisso e/o lo scostamento dal filo fisso) provocherà sul pilastro stesso un momento flettente in direzione ortogonale al piano definito dalla trave e dal pilastro ed analogamente un pilastro che rastrema mantenendo a filo uno dei lati provocherà un momento aggiuntivo sul pilastro sottostante a causa dell'eccentricità di carico. Il calcolo viene effettuato solo per le aste prive di parametri aggiuntivi o per le quali non è stato specificato un tipo di calcolo con offset rigidi diverso da "default" (si veda **Parametri aste, Modifica delle proprietà**). Analogamente, specificando di **non** effettuare il calcolo con offset rigidi, esso verrà comunque effettuato per le aste per le quali ciò è stato espressamente richiesto nei parametri aggiuntivi. È disponibile la seguente opzione:

- **Solo per i pilastri:** il calcolo viene effettuato solo per le aste con membratura pilastro e prive di parametri aggiuntivi o per le quali non è stato specificato un tipo di calcolo con offset rigidi diverso da "default" (si veda **Parametri aste, Modifica delle proprietà**).

Per approfondimenti si veda anche **Zone rigide e offset dai nodi**.

**Uniformizzare i carichi variabili:** specificare se rendere uniformi gli eventuali carichi variabili presenti sulle aste. Questo può essere necessario per effettuare confronti con calcoli effettuati con versioni precedenti di ModeSt in cui i carichi venivano sempre resi uniformi, o per solutori che lo richiedano espressamente.

Il carico uniforme equivalente viene calcolato ridistribuendo la risultante ottenuta tramite una previa massimizzazione o meno dei carichi.

I carichi vengono comunque resi uniformi per le travi su suolo elastico e per aste con verifica richiesta "acciaio" o verifica richiesta "Cemento armato" e membratura "Pilastro".

Nelle aste in cui vengono resi uniformi i carichi, vengono perduti anche eventuali carichi concentrati in campata. Si ricorda comunque che per considerare ugualmente i carichi concentrati sulle aste è sufficiente **spezzare le aste** introducendo uno o più nodi sui quali assegnare il carico.

Il carico uniforme equivalente viene calcolato ridistribuendo la risultante ottenuta tramite una previa massimizzazione o meno dei carichi.

**Massimizzare i carichi variabili:** specificando di massimizzare i carichi variabili il carico uniforme agente è pari alla risultante del carico variabile calcolata considerando un carico costante pari al massimo del carico, ridistribuita su tutta l'asta:

$$q = \frac{(Max[Q0, Q1]) \cdot (X1 - X0)}{L}$$

Se i carichi non vengono massimizzati il carico uniforme agente è pari alla risultante del carico variabile calcolata considerando un carico costante pari alla media del carico, ridistribuita su tutta l'asta:

$$q = \frac{(Q0 + Q1) \cdot (X1 - X0)}{2L}$$

dove X0 indica il punto iniziale del carico, X1 quello finale, Q0 il valore del carico in X0, Q1 quello in X1 e L la lunghezza dell'asta.

Nel caso in cui si abbiano carichi con forte variabilità lungo l'asse dell'asta, per i quali l'uniformizzazione risulti troppo penalizzante, si ricorda che è comunque possibile **suddividere l'asta** in più parti per diminuire l'errore introdotto.

**Recupero carichi zone rigide:** specificare se si intende recuperare la quota parte di carico corrispondente ai tratti rigidi dell'asta (che il solutore in alcuni casi trascura) inserendo degli opportuni carichi nodali equivalenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Taglio:** specificare se recuperare il taglio. Vengono aggiunte forze nodali pari a  $Q_x \cdot L1$ ,  $Q_y \cdot L1$ ,  $Q_z \cdot L1$ ,  $Q_x \cdot L2$ ,  $Q_y \cdot L2$ ,  $Q_z \cdot L2$ .
- **Momento flettente:** specificare se recuperare il momento flettente. Vengono aggiunti momenti nodali pari a  $Q_y \cdot L12/2$ ,  $Q_z \cdot L12/2$ ,  $Q_y \cdot L22/2$ ,  $Q_z \cdot L22/2$ .

Dove:

**Qx** carico agente sull'asta in direzione X locale reso uniforme e massimizzato come specificato nei parametri di calcolo

**Qy** come sopra in direzione Y locale

**Qz** come sopra in direzione Z locale

**L1** lunghezza zona rigida in corrispondenza del primo nodo

**L2** lunghezza zona rigida in corrispondenza del secondo nodo

Se tutte le opzioni sono deselezionate non verrà recuperato nessun carico, mentre se sono entrambe selezionate verranno aggiunte sia forze che momenti nodali.

Questo parametro viene richiesto solo per i solutori che trascurano la quota parte di carico sulle zone rigide delle aste.

**Modalità di combinazione momento torcente:** nel caso in cui nella struttura siano presenti masse con componente Z (sisma verticale) e contemporaneamente si abbia un rapporto fra i lati superiore a 2.5, la normativa non è chiara su come debbano essere combinate fra loro le azioni sismiche risultanti. Questa opzione è utilizzata solo nel calcolo delle strutture alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 16/01/96. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Disaccoppiare le azioni:** per ogni azione orizzontale risultano due azioni sismiche complessive con una parte priva di segno:

$$S = +M \pm \sqrt{O^2 + V^2}$$

$$S = -M \pm \sqrt{O^2 + V^2}$$

- **Accoppiare i momenti torcenti:** per ogni azione orizzontale risultano due azioni sismiche complessive prive di segno:

$$S = \pm \sqrt{(O + M)^2 + V^2}$$

$$S = \pm \sqrt{(O - M)^2 + V^2}$$

- **Combinare quadraticamente le azioni:** per ogni azione orizzontale risulta una sola azione sismica complessiva priva di segno:

$$S = \pm \sqrt{O^2 + M^2 + V^2}$$

Dove:

**S** azione sismica complessiva

**M** azione fittizia torcente

**O** azione orizzontale (X o Y)

**V** azione verticale

**Cancellazione file di calcolo intermedi:** specificare se si intendono conservare i file intermedi del calcolo creati dal solutore. La conservazione dei file intermedi può essere utile per controllare la procedura di calcolo in caso di errori, mentre la cancellazione impedisce l'eccessiva occupazione del disco fisso. Nei casi in cui ModeSt riconosce che il calcolo non è stato portato a termine i file intermedi non vengono comunque cancellati per consentire un esame dei messaggi eventualmente riportati dal solutore.

## Opzioni solutore

Le opzioni solutore rappresentano dati o opzioni tipiche del solutore adottato e che l'utente può modificare e che vengono associati al calcolo della struttura. Tutti i dati sono associati al calcolo in corso e vengono automaticamente memorizzati. Quando si calcola per la prima volta una struttura o quando si cambia solutore vengono automaticamente impostati i valori di default. Possono essere modificati all'inizio della procedura di calcolo attraverso l'opzione Opzioni ► Solutore.

Per ogni solutore si riportano l'elenco dei parametri modificabili ed alcune considerazioni.

### XFINEST

**Trascura deformabilità a taglio delle aste:** specificare se trascurare in analisi lineare la deformabilità a taglio delle aste. Nel caso di analisi non lineare o d'instabilità (buckling) la deformabilità a taglio non viene messa in conto sia nel calcolo della matrice di rigidezza elastica che di quella geometrica.

Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

**Analisi dinamica con metodo di Lanczos:** specificare se effettuare l'analisi dinamica con il metodo dell'iterazione nel sottospazio o con il metodo di Lanczos, generalmente più accurato. Con questo parametro è possibile specificare se si vuole utilizzare tale metodo.

Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

**Check sequenza di Sturm:** specificare se, al termine del calcolo degli autovalori, effettuare il check della sequenza di Sturm, che conferma la validità degli autovalori estratti.

Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

**Ricerca autovettori aggiuntivi nel metodo di Ritz-vectors:** specificare se impedire all'algoritmo di Ritz, nell'estrazione dei modi di vibrare, di ricercare vettori aggiuntivi rispetto a quelli richiesti espressamente. Se da un lato, infatti, la ricerca di autovettori aggiuntivi raffina il risultato, dall'altro a volte può rivelarsi svantaggiosa in termini di numero di modi estratti. Infatti, in presenza di strutture torsionalmente deformabili, l'estrazione di vettori extra potrebbe portare a una riduzione dell'efficacia del metodo, richiedendo un numero di modi paragonabile a quello di Lanczos per raggiungere l'85% della massa. Va notato che in assenza di vettori aggiuntivi la convergenza potrebbe essere raggiunta con ratio più elevati; eventuali anomalie saranno comunque evidenti a livello macroscopico, riducendo il rischio di risultati non affidabili. Si raccomanda quindi sempre l'analisi critica dei risultati.

Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

**Usa formulazione secante per buckling:** specificare se in **analisi di buckling** non lineare si debba utilizzare la formulazione *secante*. Nel caso di approccio non lineare, l'analisi può essere condotta adottando due differenti formulazioni del problema di buckling: *classica* o *secante*. La formulazione *secante* può risultare più veloce della formulazione *classica* ma in molti casi può portare a risultati non corretti (ad esempio non è in grado di determinare il carico critico che provoca l'instabilità laterale nel caso di travi a mensola), per cui i risultati vanno sempre analizzati attentamente. D'altra parte la formulazione *secante* permette di determinare il carico critico di un carico incrementale (ultimo step di carico della combinazione delle condizioni di carico elementari), cosa non possibile con la formulazione *classica*.

Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sull'opzione "ZERO ADDITIONAL RITZ VECTORS".

**Trascura buckling torsionale:** specificare se in analisi di buckling si debba eliminare dalla matrice di rigidezza dell'elemento BEAM il termine legato all'instabilità torsionale.

Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

**Avvertenze su file e non a video:** specificare se memorizzare sul file con estensione ERR i messaggi di avvertenza segnalati dal solutore durante l'esecuzione del calcolo FEM della struttura oppure se visualizzarli a video. I file con estensione ERR risiedono all'interno della cartella del progetto.

**Intervento manuale sul file di input:** specificare se interrompere il calcolo della struttura per poter intervenire manualmente nella modifica del file di input per il solutore.

Si rimanda al manuale del solutore per maggiori informazioni per quanto riguarda la modifica del file di input.

**Tipo di elemento bidimensionale:** specificare il tipo di elemento bidimensionale da usare nel calcolo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **ISOSHELL**

- **QF46**

Per l'elemento ISOSHELL il parametro DRIL è settato pari a 1. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sulle caratteristiche degli elementi.

**Calcolo sforzi nei nodi:** se il tipo di elemento bidimensionale da utilizzare nel calcolo è QF46, specificare se devono essere valutati gli sforzi nei nodi o se per l'elemento devono essere considerati sforzi costanti pari a quelli calcolati nel centroide.

**Opzioni per analisi P-Delta:** specificare nel caso di **analisi P-Delta** il valore del "**Numero massimo di iterazioni**" e del "**Valore della norma euclidea degli spostamenti**". Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sulle precedenti opzioni "PARAM NITMAX" e "PARAM DISPORM".

**Opzioni per analisi pushover:** l'analisi pushover sia delle strutture in c.a. sia in muratura può essere eseguita in regime di grandi o piccoli spostamenti attraverso l'opzione "**Esegui analisi in regime di piccoli spostamenti**". Si consiglia di selezionare l'opzione nell'analisi pushover delle strutture in muratura. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sull'opzione "USE SMALL DISPLACEMENT".

**Opzioni per analisi pushover murature:** nell'analisi pushover delle strutture in muratura sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Interrompi analisi nel caso di plasticizzazione per carichi statici:** specificare se interrompere l'analisi pushover nel caso in cui negli elementi in muratura (maschi o fasce) si formino delle cerniere plastiche a causa delle sollecitazioni relative ai carichi statici. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sull'opzione "WARNING ON PREPUSHOVER ANALYSIS".
- **Utilizza sforzo normale medio:** specificare se nelle verifiche a pressoflessione degli estremi degli elementi in muratura si debba utilizzare come valore dello sforzo normale quello medio oppure quello corrispondente all'estremità. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sull'opzione "MIDAS PLAST HINGE POSITION".

**Metodo di convergenza:** il metodo di convergenza utilizzabili nelle analisi non lineari sono i seguenti: **Energia (E)** (convergenza in base all'energia), **Forze e momenti residui (F)** (convergenza in base alle forze e momenti residui), **Spostamenti (D)** (convergenza in base agli spostamenti). Per ciascun metodo è possibile specificare il valore della norma euclidea. Deve essere selezionato al meno un metodo ed è possibile selezionare entrambi i metodi **F** e **D**. Si rimanda al paragrafo "ANALISI NONLINEARE" del manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

**Opzioni aggiuntive:** specificare le opzioni aggiuntive riportate sul manuale del solutore.

**Opzioni aggiuntive per analisi non lineari in presenza di elementi bidimensionali con comportamento Drucker-Prager:** modificare o specificare le opzioni aggiuntive riportate sul manuale del solutore. Tali opzioni aggiuntive valgono solo per le strutture con elementi bidimensionali con comportamento Drucker-Prager ed analisi non lineari.

## SAP2000

**Lunghezza max elementi trave su suolo elastico:** SAP2000 non possiede l'elemento trave su suolo elastico alla Winkler, ma prevede l'attribuzione di molle distribuite lungo una linea (line springs) e la suddivisione automatica delle travi (automatic frame subdivide). ModeSt provvede ad assegnare la costante della molla (come prodotto della costante di sottofondo dell'asta e della larghezza della trave) e ad impostare i criteri di suddivisione automatica delle travi in SAP2000. È possibile specificare con questo parametro la lunghezza indicativa dei conci in cui suddividere le aste.

**Numero min. di conci per trave su suolo elastico:** indicare il numero minimo di conci in cui suddividere la trave su suolo elastico. Nel caso in cui la trave ha una lunghezza inferiore a quanto specificato nel precedente parametro e quindi non suddivisibile, questo parametro permette comunque di suddividerla in un certo numero di conci.

**Usare bidimensionali con deformabilità a taglio:** specificare se usare la formulazione di Mindlin/Reissner (con deformabilità a taglio fuori dal piano) anziché la formulazione di Kirchhoff/Love. La deformabilità a taglio diviene importante per piastre in cui lo spessore supera  $1/8$  circa della luce. La formulazione Mindlin/Reissner è in generale più accurata anche per piastre sottili, ma è più sensibile a mesh distorte o con rapporto fra i lati degli elementi lontano da 1.

**Intervento manuale in SAP2000:** specificare se interrompere il calcolo della struttura per poter intervenire manualmente nella modifica della struttura all'interno di SAP2000. Dovrà essere cura dell'utente lanciare manualmente l'analisi e chiudere SAP2000 per permettere a ModeSt di riprendere l'elaborazione.

**Chiudere SAP2000 al termine del calcolo:** specificare se chiudere SAP2000 al termine del calcolo della struttura. Dovrà essere cura dell'utente chiudere SAP2000 per permettere a ModeSt di riprendere l'elaborazione.

**Esegui buckling sul carico totale:** specificare se eseguire il buckling lineare sul carico totale anche per le analisi non lineari (i moltiplicatori critici si riferiscono così al carico totale) anziché sull'ultimo step di carico (in tal caso i moltiplicatori si riferiscono a tale step di carico).

**Tipo di non linearità geometrica:** specificare il tipo di non linearità geometrica da considerare nelle analisi non lineari. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Nessuna (solo aste non resistenti a trazione/compressione):** vengono considerate solo le non linearità dovute alle aste non-resistenti a trazione/compressione.
- **Effetto P-Delta:** le non linearità geometriche sono incluse solo in maniera approssimata.
- **Effetto P-Delta e grandi spostamenti:** le non linearità geometriche sono valutate in modo più accurato. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive.

## OPENSEES

La documentazione ed il supporto per lo sviluppo del collegamento con OpenSees sono risultate molto carenti essendo questo solutore un progetto di tipo opensource, e siamo quindi disponibili a modifiche e variazioni su suggerimento degli utenti.

Con OpenSees non sono supportate le analisi non lineari, le analisi di buckling, i link su linea, il calcolo dei modi di vibrare con il metodo dei Ritz-vectors. A livello di modello non sono supportate le bielle monolatero e gli elementi su suolo elastico monolatero (che richiederebbero analisi non lineari), gli svincolamenti parziali

delle aste e gli svincolamenti a taglio. Come carichi non sono gestiti i carichi termici sugli elementi bidimensionali.

Si segnala che sono stati notati notevoli problemi nel calcolo degli autovalori e quindi dei modi propri per strutture appena più complicate del normale. L'analisi modale considerando le zone rigide può in alcuni casi dare risultati non corretti.

OpenSees trascura la deformabilità a taglio delle aste.

In ogni caso i parametri gestiti esplicitamente sono i seguenti:

**Lunghezza max elementi trave su suolo elastico:** OpenSees non possiede l'elemento trave su suolo elastico alla Winkler, ModeSt provvede a suddividere le aste di fondazione in conci e inserisce sui nodi così creati delle molle con costante elastica calcolata automaticamente in funzione della larghezza della trave e della costante di sottofondo dell'asta. Dai valori di deformazione dei nodi di estremità viene poi ricostruita l'equazione del momento sulla trave su suolo elastico alla Winkler. È possibile specificare con questo parametro la lunghezza indicativa dei conci in cui suddividere le aste. Valori consigliati sono compresi fra 0.50 e 1.00 m. Con valori bassi si ottiene una maggior precisione di calcolo purché la rigidezza delle travi non sia eccessiva. ModeSt provvede comunque automaticamente, per divisioni di lunghezza maggiore di 0.60 m, a creare due conci di 0.15 m in prossimità dei nodi per una valutazione più accurata delle sollecitazioni.

**Solver:** OpenSees propone la possibilità di utilizzare diversi metodi per l'inversione della matrice di rigidezza della struttura. Il più affidabile e veloce sembra essere "**UmfPack**", ma richiede la necessità di imporre la quantità di memoria utilizzabile, modificabile con il parametro "**LvalueFact**". Gli altri solver (sempre molto più lenti in termini di calcolo), si sono rivelati migliori solo per alcuni tipi di strutture, specialmente se regolari.

**Numberer:** il metodo di rinumerazione dei nodi "**RCM**" pare in alcuni casi migliorare le possibilità di calcolo per strutture grandi ma molto regolari.

**Constraints:** il tipo di vincolo migliore sembra essere "**Lagrange**", ma per alcune strutture (ad esempio prive di elementi sul suolo elastico) il vincolo "**Plain**" sembra fornire più possibilità di portare il calcolo a buon fine.

**Opzioni sostitutive:** è possibile sostituire tutta la parte di opzioni relative a "Solver", "Numberer" e "Constraints" inserendo i relativi comandi in questa sezione. Le opzioni precedentemente indicate verranno ignorate.

**Intervento manuale sul file di input:** specificare se interrompere il calcolo della struttura per poter intervenire manualmente nella modifica del file di input per il solutore. In ogni caso intervenendo sul file di input è possibile personalizzare le modalità di calcolo da trasferire ad OpenSees.

## Analisi pushover

---

### Generalità sul metodo pushover

L'analisi sismica statica non lineare (pushover) è un metodo di calcolo volto a valutare la "capacità" globale di un edificio di rispondere alla "domanda" posta in essere dall'evento sismico.

È un metodo in parte ancora allo studio a livello nazionale ed internazionale e sicuramente necessita di messe a punto specialmente dal punto vista realmente operativo, ma nel D.M. 17/01/18 tale metodo è stato comunque riconosciuto come metodo di calcolo utilizzabile non solo per la valutazione di edifici esistenti (per i quali era stato pensato), ma in teoria anche per l'analisi di edifici nuovi (par. 7.3.4.1 del D.M. 17/01/18 "*come metodo di progetto per gli edifici di nuova costruzione sostitutivo dei metodi di analisi lineari*").

A livello di calcolo l'analisi consiste concettualmente nell'incrementare un sistema di forze laterali, monitorando lo spostamento di un punto di controllo fino al raggiungimento del collasso della struttura (ovviamente tenendo conto delle non linearità del materiale). A livello pratico, non essendo possibile "incrementare" delle forze che ad un certo punto possono restare costanti a fronte di spostamenti infiniti (comportamento elastico perfettamente plastico) il calcolo viene eseguito imponendo alla struttura uno spostamento incrementale al punto di controllo e valutando lo spostamento di tutta la struttura con il vincolo di mantenere la distribuzione relativa delle forze di pushover.

Per le strutture in muratura viene creato un telaio equivalente e durante l'analisi si tiene conto anche della fase post-elastica e delle rotture dei diversi elementi che compongono la struttura mentre per le strutture in c.a. il comportamento è elastico indefinitamente plastico. L'analisi si fa arrestare in genere quando la sua capacità di reazione scende sotto una certa soglia o quando la struttura diventa labile.

In questo modo si ottiene una curva carico-spostamento, denominata curva di capacità del sistema n-GDL (n-Gradi Di Libertà), che rappresenta il legame tra la risultante delle forze applicate (taglio alla base) e lo spostamento di un punto di controllo della struttura, usualmente il baricentro dell'ultimo piano.


Come secondo passo dell'analisi, attraverso il coefficiente di partecipazione modale relativo al modo principale della struttura nella direzione considerata, si traduce la curva n-GDL nella curva di un sistema 1-GDL (1-Grado Di Libertà).

Attraverso considerazioni energetiche, con parametri che variano in funzione del tipo di struttura, la curva 1-GDL viene poi convertita in un sistema bilineare equivalente (ossia elastico-perfettamente plastico), attraverso il quale vengono poi effettuate le necessarie valutazioni di sicurezza dell'edificio.

Determinato in questo modo il comportamento di un oscillatore semplice equivalente ed il suo periodo elastico e la sua duttilità, si può, attraverso i diversi spettri di risposta (Vita, Danno, ecc.) determinare le diverse domande di spostamento che il sistema deve soddisfare.

Le capacità di spostamento si leggono direttamente sulla curva 1-GDL nel rispetto dei requisiti dei diversi stati limite. Dal confronto fra domanda e capacità di spostamento si ha la verifica della struttura.

Al termine dell'analisi è possibile esaminare le curve carico-spostamento dei vari calcoli cliccando nel gruppo

**Disegno** della scheda **Risultati** su **Curva c/s** . In tali diagrammi vengono riportati la curva di capacità e la bilineare equivalente. Inoltre è possibile visualizzare gli spettri ADRS di domanda e di capacità contestualmente alla curva bilineare equivalente di capacità (che prende il nome di Spettro di capacità 1-GDL). Tali diagrammi riportano sia gli spettri elastici che anelastici, fornendo così un'indicazione grafica del controllo in termini di spostamento indicato al C7.3.4.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

**Nota:** i diagrammi "accelerazione-spostamento spettrale", detti anche diagrammi ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum), hanno la caratteristica che le rette uscenti dall'origine rappresentano comportamenti a periodo costante. In questi diagrammi la curva di capacità prende il nome di "spettro di capacità".

## Strutture in c.a. e acciaio

### Concetti generali

I metodi utilizzati nei solutori FEM per eseguire l'analisi pushover sono i seguenti:

- **Metodo a plasticità diffusa:** alcuni elementi del modello vengono descritti con la cosiddetta formulazione "a fibre" in cui la sezione dell'elemento è modellata insieme alle barre di armatura dividendola in parti discrete.
- **Metodo a plasticità concentrata:** nel modello vengono introdotte delle cerniere elasto-plastiche a cui sono associate sia le curve momento-rotazione e taglio-spostamento sia i domini di interazione N-M.

Il metodo a plasticità diffusa è utilizzabile solo nelle strutture in c.a. mentre il metodo a plasticità concentrata è utilizzabile nelle strutture in c.a. e acciaio.

In entrambi i metodi sono ovviamente presenti poi le criticità tipiche di tutte le analisi non lineari: step di calcolo, numero di passi, di iterazioni, di sottoiterazioni, criteri di convergenza.

L'analisi pushover non viene eseguita nel caso in cui le travi e/o i pilastri siano modellati con elementi bidimensionali e sui quali è stata inserita un'**asta virtuale**.

La procedura di modellazione e calcolo può essere riassunta nelle seguenti fasi:

- Modellazione della struttura con eventuale suddivisione degli elementi asta.
- Calcolo statico o sismico statico con il metodo degli stati limite.
- Introduzione dell'armatura negli elementi da considerare elasto-plastici.
- Aggiustamento dei parametri di convergenza con calcoli di test.
- Calcolo definitivo.

Per ciascuno dei suddetti metodi, nei prossimi paragrafi del manuale, verranno esaminate in dettaglio le varie fasi evidenziando le peculiarità degli elementi in c.a. e acciaio, poiché è importante capire bene il comportamento di ModeSt quando viene selezionata eseguita l'analisi pushover.

### Suggerimenti per la modellazione della struttura

La prima cosa da tener presente è che l'analisi pushover è un'analisi sismica statica e come tale richiede una semplificazione della struttura. È quindi del tutto inutile perdere tempo a modellare dettagli come balconi, tetti particolarmente articolati, interpiani con minimi dislivelli, ecc. Tutti gli studi fino ad oggi effettuati sono al 90% riferiti a telai piani o comunque a strutture riconducibili all'assemblaggio di telai. Tale deve essere lo spirito con cui viene effettuato il modello. Mai come in questo caso l'ingegnere è chiamato non a "*disegnare*" il modello all'interno di un programma di calcolo, ma a compiere scelte ben precise su come cogliere il comportamento della struttura.

Quindi niente balconi (utilizzare carichi lineari eventualmente approssimati) e molto spesso niente tetti, simulati con carichi equivalenti. Infatti quello che influenza molto il calcolo è la situazione di carico iniziale e la resistenza degli elementi.

Facciamo osservare che nessun solutore ad oggi gestisce elementi bidimensionali, quindi eventuali pareti sia isolate che raggruppate in nuclei scale o ascensore devono essere definite usando elementi asta. Utilizzando aste infinitamente rigide sarà poi possibile simulare la collaborazione reciproca fra tali elementi e le interazioni

con eventuali aste che vi convergono. Si tenga presente che tali aste (ovviamente con sezione di notevoli dimensioni) possono richiedere un aggiustamento a livello di criteri di progetto per quanto riguarda il numero di fibre in cui suddividerle. I default, generalmente sufficienti per sezioni ordinarie, potrebbero essere troppo bassi.

Nel nostro video tutorial, apribile dal menu dell'applicazione



selezionando **Aiuto**



e poi **Video di**

### **apprendimento**



, in cui si trasforma una struttura "standard" in una struttura "da pushover", viene illustrato un esempio di tale schematizzazione.

La struttura deve essere incastrata al piede, la presenza di fondazioni su suolo elastico, con i relativi moti rigidi della struttura, falserebbe completamente gli spostamenti dei nodi, derivanti non dalla deformazione elastica e/o plastica, ma anche da cedimenti che non interessano per lo studio del comportamento sismico dell'edificio. In quest'ottica le strutture con elementi di scantinato possono tranquillamente essere modellate come incastrate alla sommità di queste ultime. Si consiglia inoltre di posizionare nel baricentro gli elementi. Non è importante in questo caso infatti ottenere delle carpenterie di piano o dei disegni aderenti alla realtà, ma cogliere al meglio il modello "matematico" senza introdurre elementi di disturbo.

Negli edifici le scale sono inoltre un punto critico in quanto forniscono spesso un elemento di controvento all'edificio, di difficile schematizzazione e dal comportamento, oltre che invasivo, anche di difficile comprensione. Anche in questo caso sta all'ingegnere decidere se trascurarle completamente (in quanto la loro presenza aiuta la resistenza dell'edificio e quindi il trascurarle è a vantaggio di sicurezza) o se cercare in qualche modo di simularne la presenza (potrebbero introdurre rotture fragili sui pilastri a livello di interpiano e quindi essere a svantaggio di sicurezza da un lato, o dall'altro contribuire a rendere più resistente una struttura che in loro assenza non ha una adeguata capacità). Mai come nel caso dell'"effetto scale" la struttura necessita di essere "studiata" e non semplicemente "calcolata". In seguito esporremo alcuni suggerimenti per effettuare tali studi.

Terminata la modellazione come di consueto occorre effettuare una **numerazione automatica** dei nodi, delle aste e degli elementi bidimensionali per avere una buona numerazione.

Una volta definito secondo questa filosofia il modello, sarà utile effettuare una analisi statica lineare per controllare che il modello "giri" e che non si siano dimenticati vincoli o altre cose importanti dal punto di vista della modellazione. Effettuate dopo anche una analisi modale per capire se il modello è abbastanza "regolare" ed adatto ad una analisi di tipo pushover. È importante che i primi tre modi siano ben disaccoppiati: X, Y e torcente (non necessariamente in quest'ordine). Se le masse in direzione X (o Y) non sono quasi del tutto movimentate in un unico modo sicuramente ci troviamo davanti ad una struttura che ci darà problemi nell'analisi pushover o per la quale l'analisi non è applicabile (per il c.a. la normativa prevede in genere che il metodo è applicabile se "il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%". Si può ovviare a tale limitazione "se il periodo fondamentale della struttura è superiore a TC", ma ciò raramente avviene per strutture con modi fondamentali fortemente accoppiati).

## **Metodo a plasticità diffusa**

### **Modellazione della struttura**

Prima di procedere si consiglia di eseguire le analisi preliminari di semplificazione e controllo del modello come indicato in "**Suggerimenti per la modellazione della struttura**".





Dopo avere modellato la struttura, le aste devono essere suddivise in modo da individuare gli elementi in cui si vuole cogliere il comportamento elasto-plastico e che quindi devono essere trasferiti al solutore come elementi a fibre. Durante il lavoro è buona prassi quella di eseguire più volte "salva con nome" per eventualmente ripartire da un modello iniziale o intermedio.

Per operare in modo corretto è bene comprendere come si comporta ModeSt per la definizione delle sezioni a fibre:

ModeSt esamina tutte le travi e i pilastri di cui sia stata effettuata la progettazione esecutiva delle armature. Se le "campate" delle travi o gli "interpiani" dei pilastri sono stati suddivisi in almeno 3 aste, la prima e l'ultima di tali aste sono gestite come elementi a fibre e ModeSt ne recupera l'armatura per trasferirla al solutore. Se il numero di suddivisioni è almeno pari a 5, vengono considerati con comportamento a fibre anche il 2° e 4° elemento costituenti la "campata" o l'"interpiano". Vengono trasferite come elementi a fibre anche eventuali aste con sezione di membratura "generica" di cui sia stata inserita l'armatura con l'editor sezioni con sollecitazioni automatiche. Questi elementi possono essere utili per imporre un comportamento elasto-plastico a parti della struttura particolarmente critiche.

Come si può capire, la lunghezza di tali elementi definisce la lunghezza delle zone a plasticità diffusa e quindi delle zone in cui si formeranno eventuali cerniere plastiche. Tale lunghezza è oggetto ancora di numerosi studi, ma in genere si consiglia un valore pari a 1-2 volte la dimensione significativa della membratura. Se per una trave tale dimensione è ovviamente l'altezza, per un pilastro ciò non è immediatamente ovvio. Valori di tentativo potrebbero essere riferiti alla dimensione media della sezione.



Tenendo conto di eventuali nodi intermedi già presenti a livello di "campata" o di "interpiano" e tenendo presente quanto detto, possiamo a questo punto suddividere le aste cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** su **Spezza**  e poi su **Spezza aste in 3 parti (estremità imposta)**  che divide le aste in 3 parti con degli elementi di estremità di lunghezza prefissata oppure su **Spezza aste in 3 parti (estremità = nH)**  che le divide con elementi di lunghezza pari ad un multiplo dell'altezza. Utilizzando i comandi più volte sulla stessa asta si possono volendo ottenere agevolmente anche 5 suddivisioni. Un buon metodo di operare è quello di **selezionare** le aste su cui operare in modo uguale e lanciare il comando desiderato. Fare attenzione a non usare il comando **Spezza aste in 3 parti (estremità = nH)**  su pilastri di grosse dimensioni (tipicamente quelli che sostituiscono le pareti) in quanto, operando sulla massima delle due dimensioni dell'asta, non effettuerebbe una corretta suddivisione o non la farebbe affatto.

Va tenuto presente che l'analisi pushover viene sempre effettuata **senza zone rigide**, ma è ugualmente da evitare la divisione di aste in elementi che risultino completamente immersi negli altri. La posizione delle cerniere plastiche potrebbe risultarne falsata rispetto alla realtà.

Per determinare le caratteristiche delle cerniere plastiche e i domini di interazione N-M nelle travi e pilastri in c.a. è necessario seguire la procedura indicata nel paragrafo **Inserimento armature**.

Al termine dell'inserimento delle armature, attivando il disegno della colorazione delle aste selezionando "Zone a fibre pushover c.a." nella sezione "Aste" del pannello **Colorazioni elementi** ci permetterà di controllare se ModeSt ha individuato nel modo da noi desiderato il posizionamento degli elementi a fibre.

L'analisi viene effettuata trascurando la presenza di rinforzi in FRP o incamiciature in acciaio o con il sistema CAM, si veda a proposito anche quanto indicato in "**Note sul calcolo delle strutture rinforzate**", che verranno comunque messi in conto durante la ricerca dei diversi stati limite, si considerano invece i rinforzi dei pilastri realizzati con incamiciature in c.a. e trasferiti al solutore Xfinest nel seguente modo:

- Dimensioni della sezione corrispondete a quella esterna del rinforzo.
- Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo e dell'acciaio relative all'incamiciatura (ipotesi di estensione delle proprietà come indicato nel paragrafo C8.7.4.2.1 della Circolare n. 7 del 21/01/19) e specificate nei criteri di progetto (vedi **Dati per verifiche incamiciature in c.a.**).
- Copriferro della sezione relativa all'incamiciatura.
- Fattore confinamento nucleo interno specificato nei criteri di progetto (vedi **Fattore di confinamento nucleo interno**).

## Ricerca stati limite

Al termine dell'analisi pushover ModeSt attiva la ricerca degli stati limite in funzione della capacità locale dei singoli elementi. Questa procedura fa riferimento a quanto indicato al paragrafo C8.7.2.2.3 e successivi della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. La ricerca degli stati limite in funzione della capacità locale dei singoli elementi è una più stringente (e largamente condivisa) interpretazione della normativa. Tale procedura definisce sulla curva di capacità gli step che individuano i diversi stati limite e calcola la bilineare equivalente, e quindi gli indici di sicurezza.

In base a questi punti vengono valutati gli **indici di sicurezza**, sia in termini di accelerazione (PGA) che in termini di tempi di ritorno (Tr), come richiesto da alcuni Geni Civili e come risulta in alcune circolari delle regioni ([http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/interventi\\_ord3728/ordinanza\\_3728-08\\_all2.pdf](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/interventi_ord3728/ordinanza_3728-08_all2.pdf)). L'indice di sicurezza espresso in termini di tempi di ritorno è calcolato utilizzando la seguente formula:  $(Trc/Trd)^{0.41}$  dove Trc e Trd sono rispettivamente i tempi di ritorno di capacità e domanda. Limitandosi a questa fase della procedura pushover si adotta quindi lo spirito al paragrafo C7.3.4.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

La normativa non aiuta però nella stesura delle procedure di calcolo necessarie e nella interpretazione di come comportarsi in casi non previsti. Un primo esempio si ha quando parla di "elementi/meccanismi" duttili e fragili. Se è ovvio che la rottura a taglio è un "meccanismo" fragile, non lo è altrettanto per la rottura a momento che se avviene lato calcestruzzo, risulta essere una rottura fragile e non duttile.

Questo appare evidente anche esaminando le formule C8.7.2.7a e C8.7.2.7b che sono in funzione della curvatura a snervamento della sezione. In caso di rottura lato calcestruzzo prima che si sia raggiunto lo snervamento dell'acciaio (ad esempio pilastri molto compressi) tale formula non è applicabile e quindi ovviamente non è calcolabile la duttilità della sezione. Tale rottura si configura essere quindi una rottura "fragile" anche se la normativa è completamente orientata a pensare che la rottura a momento sia sempre di tipo duttile e non dia indicazioni su come comportarsi in caso contrario.

Poiché ovviamente lo sforzo normale cambia durante gli step di carico, la stessa sezione può passare da un comportamento duttile ad un comportamento fragile (ad esempio pilastro che si "carica" durante il pushover) ma anche viceversa.

A complicare ulteriormente le cose succede poi che nell'analisi a fibre, a causa del regime di calcolo in grandi spostamenti, nascono degli sforzi normali (anche notevoli) nelle travi nonostante l'ipotesi di piano rigido. La trave si trova così ad avere a volte un comportamento fragile, nonostante che tutte le teorie e le ipotesi di

calcolo abbiano sempre pensato (almeno dal lato flessionale) alla trave come un elemento duttile. Non per nulla la gerarchia Taglio-Momento nelle travi serve proprio ad ottenere una rottura duttile (lato momento) invece che una rottura fragile (lato taglio). Se però anche la rottura a momento è fragile, le cose non tornano.

Altro punto poco chiaro è la verifica per gli stati limite di esercizio (SLO, SLD) anche se (forse) non richiesta per edifici esistenti. A cosa serve controllare se la rotazione rispetto alla corda è maggiore dei 3/4 della rotazione ultima se i limiti degli stati limite sono valutati sugli spostamenti relativi d'interpiano?. Forse questo è un limite superiore rispetto agli spostamenti relativi d'interpiano?.

Ai sensi di tutte queste considerazioni, sono state implementate in ModeSt le procedure di ricerca degli stati limite in funzione delle capacità locali secondo le seguenti ipotesi ed opzioni.

## SFORZO NORMALE

È possibile specificare in un apposito criterio (**Sforzo normale di verifica per analisi pushover**) se lo sforzo normale di verifica sia quello derivante dall'analisi o quello derivante dal passo di carico per soli carichi verticali. Per le travi questo elimina il problema degli sforzi normali "spuri" e per i pilastri accelera notevolmente le procedure di calcolo (è necessario il calcolo del diagramma momento curvatura solo una volta invece che per ogni step). La scelta dello sforzo normale per carichi verticali, se per le travi è suffragata da considerazioni ingegneristiche (i diaframmi orizzontali ne impediscono in realtà l'insorgere), per i pilastri può essere una semplificazione accettabile come indicato anche in alcuni studi e ricerche universitarie (si veda ad esempio [http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14\\_08-02-0025.PDF](http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_08-02-0025.PDF)).

Si fa notare inoltre che lo sforzo normale nelle travi è influenzato anche dalla appartenenza o meno dei nodi interni all'impalcato rigido, e che è inoltre possibile ridurre drasticamente l'effetto citato sbloccando la resistenza a sforzo normale del pezzo centrale dell'asta, schematizzato come elastico (utilizzare i comandi per la definizione e per l'assegnazione del vincolo all'asta). In alcuni casi si è notato che l'eccessivo sforzo normale può portare ad una incongrua rottura fragile per sforzo normale. Si consiglia quindi di adottare uno dei metodi succitati per aggirare il problema.

## VERIFICHE A TAGLIO

Nel caso di analisi pushover su strutture esistenti la ricerca degli stati limite è fortemente influenzata dalle rotture fragili a taglio. La normativa contiene probabilmente un refuso, si raccomanda di leggere attentamente quanto riportato in nota nell'introduzione delle **verifiche degli edifici esistenti in c.a.**

## STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Con un apposito criterio (**Considera rotazione massima di esercizio per determinare SLO e SLD**) è possibile stabilire se lo step in cui si raggiunge la capacità di rotazione allo stato limite di esercizio sia da considerare come un limite inferiore rispetto agli stati limite individuati con lo spostamento relativo d'interpiano (in pratica lo spostamento relativo d'interpiano individua correttamente lo SL solo se anche la verifica di rotazione in esercizio è soddisfatta).

## LUCE DI TAGLIO

Il calcolo della luce di taglio, che la normativa indica come calcolabile con  $M/V$ , ma come corrispondente al punto di momento nullo, presenta numerosi problemi di calcolo. Infatti l'ipotesi sottesa è che la trave sia completamente in condizioni plastiche ad entrambi gli estremi, cosa che invece non accade sempre durante i diversi step. Se si tenta di calcolarla come  $M/V$  quando la trave è ancora tutta o in parte in fase elastica, si ottengono risultati completamente sbagliati. Il problema è stato affrontato in due modi:

1. Quando in una sezione il momento è inferiore al momento di snervamento, NON vengono effettuate verifiche di rotazione che si intendono implicitamente soddisfatte.
2. È possibile specificare in un criterio (**Modalità di calcolo luce di taglio  $L_v$** ) se la luce di taglio debba essere calcolata come  $M/V$  (lettera della normativa) o andando ad individuare il punto reale di nullo del momento (spirito della normativa). In alternativa, è possibile utilizzare  $L/2$ , semplificazione considerata accettabile anche nei documenti citati.

## CONSIDERAZIONI FINALI

Alla luce di quanto sopra esposto, appare ovvio che durante l'elaborazione possa risultare raggiunto lo stato limite di collasso per rottura fragile a taglio o a momento PRIMA che il relativo stato limite di vita (o addirittura di esercizio) in termini di capacità rotazionale sia stato raggiunto. In tal caso ModeSt segnala che il relativo stato limite non è individuabile, e procede nella elaborazione, considerando eventualmente SLV coincidente con SLC (caso delle rotture fragili). Si noti che la rottura fragile a momento viene definita quando, non essendo possibile calcolare la curvatura a snervamento, risulti  $M > M_u$ .

Si noti che nel caso di elementi parete, che devono essere però a livello di modello schematizzati come pilastri, la normativa prevede diverse formulazioni o diversi coefficienti. Il parametro **Considera formulazione per pareti** dei criteri di progetto dei pilastri consente quindi di specificare se i calcoli vadano effettuati con riferimento alle formulazioni per pareti o a quelle per pilastri.

Nei calcoli è possibile inoltre adottare sia la formulazione C8.7.2.1 che la formulazione C8.7.2.5. Nel primo caso è lasciata all'utente la responsabilità di adottare i coefficienti riduttivi previsti, che tengono conto di


considerazioni relative alla disposizione dell'armatura che ModeSt non può controllare in automatico. Si segnala inoltre una incongruenza della normativa che per il coefficiente C8.7.2.4 prevede la possibilità che valga zero. Questo è palesemente incongruo perché porterebbe l'intera formula ad annullarsi.

Le due formulazioni C8.7.2.1 e C8.7.2.5 danno generalmente risultati abbastanza simili, anche se non è possibile stabilire a priori se una sia più o meno a favore di sicurezza rispetto all'altra. Da notare che la C8.7.2.1 non richiede il calcolo della rotazione a snervamento, quindi è applicabile anche nel caso di rotture fragili a momento.

## Metodo a plasticità concentrata

### Modellazione della struttura

Prima di procedere si consiglia di eseguire le analisi preliminari di semplificazione e controllo del modello come indicato nel paragrafo **Suggerimenti per la modellazione della struttura**.

Dopo avere modellato la struttura, alle aste devono essere assegnati dei vincoli aste di tipo cerniera plastica. È possibile definire ed assegnare automaticamente le cerniere plastiche a tutte le aste del modello cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Assegna cerniere plastiche** .

Le aste devono essere suddivise solo negli elementi in c.a. nel caso in cui si desideri che il programma utilizzi come valore del taglio di plasticizzazione quello corrispondente alla zona di staffatura e non il minore di tutta la campata. In tal caso la lunghezza dell'asta dovrà essere minore o uguale alla zona di staffatura, ad esempio una trave in cui in una campata le due zone di staffatura di estremità sono lunghe 1.20 m, dovrà essere composta da 3 aste e le aste di estremità dovranno avere una lunghezza minore o uguale a 1.20 m.

Nel caso di aste in acciaio suddivise occorre **definire la membratura** in quanto è necessaria per la corretta determinazione della luce di taglio ( $L_v$ ).

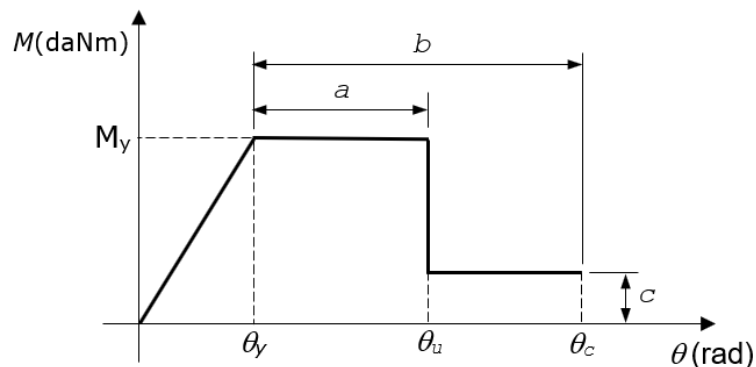
Per le aste con membratura trave, le cerniere plastiche nel piano locale XY non vengono trasferite al solutore in quanto ininfluenti nell'analisi pushover poiché eseguita con l'ipotesi di piano rigido.

Per determinare le caratteristiche delle cerniere plastiche e i domini di interazione N-M nelle travi e pilastri in c.a. è necessario seguire la procedura indicata nel paragrafo **Inserimento armature**.

### Cerniere plastiche

#### CERNIERA PLASTICA A FLESSIONE

Il comportamento è rappresentato dalla curva momento-rotazione riportata nella figura sottostante. I valori di  $b$  (moltiplicatore della rotazione alla corda al limite elastico) e  $c$  (resistenza residua) sono quelli specificati nella **definizione del vincolo asta** nel caso di cerniera plastica automatica personalizzata (CPAP). Nel caso di cerniera plastica automatica (CPA) la curva si interrompe alla fine del primo tratto orizzontale.



#### Pilastri e travi in c.a.

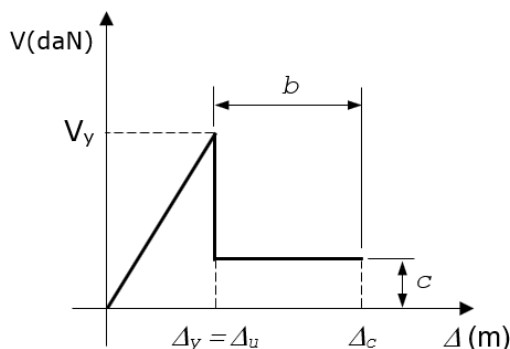
Il momento di plasticizzazione corrisponde al momento allo snervamento e cioè valutato considerando l'acciaio alla deformazione di snervamento. La rotazione alla corda al limite elastico ( $\theta_y$ ) è determinata con la formula [C8.7.2.7a] oppure la [8.7.2.7b] del paragrafo C8.7.2.3.4 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 in funzione di quanto specificato nel parametro **Considera formulazione per pareti** dei criteri di progetto dei pilastri. La rotazione alla corda al collasso ( $\theta_u$ ) è determinata con la formula [C8.7.2.1] oppure con la formula [C8.7.2.5] del paragrafo C8.7.2.3.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 in funzione di quanto specificato nel parametro **Capacità di rotazione alla corda al collasso** dei criteri di progetto.

#### Pilastri e travi in acciaio

Il momento di plasticizzazione corrisponde al momento resistente ( $M_{pl,Rd}$ ) ed è calcolato con la formula [4.2.12] (trascurando le riduzioni dovute al taglio di cui alla formula [4.2.40]) del paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18. La rotazione alla corda al limite elastico ( $\theta_y$ ) è calcolata come  $M_{pl,Rd} \cdot L_v / (3 \cdot E \cdot J)$  (dove  $E$  è il modulo di elasticità,  $L_v$  è la luce di taglio e  $J$  è il momento d'inerzia) e la rotazione di collasso ( $\theta_u$ ) è pari a 8 volte la rotazione al limite elastico come indicato nel prospetto B.1 del EC8 (UNI EN 1998-3:2005).

## CERNIERA PLASTICA A TAGLIO

Il comportamento è rappresentato dalla curva taglio-spostamento riportata nella figura sottostante. I valori di  $b$  (moltiplicatore della rotazione alla corda al limite elastico) e  $c$  (resistenza residua) sono quelli specificati nella **definizione del vincolo asta** nel caso di cerniera plastica automatica personalizzata (CPAP). Nel caso di cerniera plastica automatica (CPA) la curva si interrompe alla fine del primo tratto inclinato.



### Pilastri e travi in c.a.

Il taglio di plasticizzazione ( $VR_d$ ) è calcolato con la formula [4.2.29] del paragrafo 4.1.2.3.5.2 del D.M. 17/01/18 e lo spostamento al limite elastico ( $\Delta_y$ ), coincidente lo spostamento al collasso ( $\Delta_u$ ), è calcolato come  $VR_d/G \cdot A_v$  (dove  $G$  è il modulo di elasticità tangenziale ed  $A_v$  è l'area a taglio).

### Pilastri e travi in acciaio

Il taglio di plasticizzazione ( $VR_d$ ) è calcolato con la formula [4.2.17] del paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18 e lo spostamento al limite elastico ( $\Delta_y$ ), coincidente lo spostamento al collasso ( $\Delta_u$ ), è calcolato come  $VR_d/G \cdot A_v$  (dove  $G$  è il modulo di elasticità tangenziale ed  $A_v$  è l'area a taglio).

## Inserimento armature

L'inserimento delle armature presenti (o presunte, visto che in genere si parla di edifici esistenti) all'interno degli elementi va effettuato con la struttura calcolata, quindi in prima istanza occorre effettuare un'analisi (sismica o non sismica, ma in ogni caso col metodo degli stati limite) con riferimento al D.M. 16/01/96 o al D.M. 17/01/18.

Visto che uno dei punti critici dell'analisi non è tanto questo, quanto la ricerca della corretta convergenza, può essere utile eseguire alcuni calcoli di tentativo per capire il comportamento della struttura. A tale scopo una buona e veloce strada da seguire è quella di far progettare in prima istanza direttamente da ModeSt le armature negli elementi. A questo proposito si fa notare che per impedire a ModeSt di calcolare in automatico i ferri di ripresa nei pilastri in funzione delle sollecitazioni agenti, occorre impostare nei criteri generali di progetto dei pilastri il parametro **Non progettare riprese ma estendo solo i ferri**. Scelta quindi la normativa di riferimento dell'epoca di costruzione della struttura ed aggiustati i criteri di progetto, si può procedere ad una progettazione automatica delle armature (progettazione simulata). Qualora qualche pilastro non sia progettabile, si potrà intervenire in progettazione interattiva per inserire forzatamente l'armatura desiderata.

Quando tutti i parametri di calcolo saranno poi calibrati, al momento dell'analisi definitiva occorrerà ovviamente in progettazione interattiva intervenire per rendere l'armatura congruente con lo stato di fatto.

## Impostazione dei parametri di calcolo

Questo è uno dei punti più critici di tutta l'analisi pushover, in quanto non esistono ricette su come impostare i parametri di calcolo, ma ogni struttura va calibrata in modo specifico.

I valori da determinare sono:

- Spostamento finale del punto di controllo.
- Massimo numero di passi totale.
- Massimo numero di sotto-iterazioni.

Un buon metodo di operare è il seguente:

- Dalla finestra di dialogo calcolo struttura con metodo FEM, dopo aver impostato l'analisi pushover come tipo di analisi, nella scheda "Opzioni pushover" selezionare una sola analisi pushover.
- In questa prima fase per i parametri di calcolo possono essere lasciati i default. I parametri successivi "**Definisci collasso**" servono per trascurare i passi di spostamento sicuramente oltre il prevedibile collasso della struttura. ModeSt trascura i passi successivi al primo dei due che rispettano i parametri indicati. Non

è infatti possibile far terminare l'analisi al solutore prima che venga raggiunto lo spostamento totale o che non si abbia più la convergenza del metodo.

- Nella finestra di calcolo, nella scheda "Dati struttura" selezionare una qualsiasi località (è ininfluente ai fini dell'analisi, si può scegliere un'isola, è il metodo più veloce) e selezionare anche SLC (non serve nei calcoli definitivi, ma aiuta in questa fase a interpretare i risultati).

Al termine dell'analisi, la segnalazione che non è stato raggiunto un calo sufficiente del tagliante è già indice di mancata convergenza, ma anche se il calo c'è stato, è meglio controllare come si è comportata l'analisi.

Se la percentuale di massa movimentata dai modi principali invece è insufficiente (ma avreste dovuto già controllarlo all'inizio con una analisi modale) il problema è proprio del modello non adatto all'analisi pushover. Ovvio che è possibile continuare l'analisi con le opportune valutazioni. Un conto è una massa movimentata del 74% ed un altro del 30%.



Nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** cliccando su **Numerici**, selezionando "Risultati analisi" e scegliendo i risultati dell'analisi pushover, una prima cosa è vedere quanti passi sono stati effettuati ed il valore dello spostamento massimo. Scorrendo i passi si possono vedere evidenziati in diversi colori i passi significativi (SLO, SLD, SLV, SLC). L'importante è che l'analisi sia riuscita a trovare lo SLV, corrispondente ad un calo percentuale del taglio pari all'85%.

Possono presentarsi diversi casi, li riassumiamo con alcune indicazioni:

#### ***L'analisi si è interrotta al primo passo***

Se è stato eseguito solo un passo il problema probabilmente è che l'analisi non converge neanche per carichi verticali oppure ci sono errori di modellazione. Si può tentare di aumentare il numero di sotto-iterazioni, ma in genere il problema è irrisolvibile, la struttura non è in grado di reggere neanche i carichi gravitazionali.

#### ***L'analisi si è interrotta prima che siano stati effettuati tutti i passi***


Problemi di convergenza. Se il passo di SLV è stato raggiunto l'analisi può ritenersi comunque andata a buon fine, altrimenti si può tentare un nuovo calcolo aumentando il numero di sotto-iterazioni, oppure diminuendo il passo.

***Sono stati eseguiti tutti i passi richiesti, ma lo spostamento complessivo richiesto non è stato raggiunto.***

Se il passo di SLV è stato raggiunto l'analisi può ritenersi andata a buon fine, ed al limite si possono fare le considerazioni esposte nel caso successivo.

***Sono stati eseguiti tutti i passi richiesti, ed è stato raggiunto lo spostamento complessivo richiesto***

Se il passo di SLV è stato raggiunto l'analisi può ritenersi andata a buon fine, altrimenti occorre aumentare il numero di passi (eventualmente lasciando invariato il passo di calcolo) per cercare di andare oltre. Per velocizzare il calcolo si può controllare qual'è il passo in cui si è raggiunto lo SLV ed impostarne poco di più per le analisi successive. Sempre per velocizzare il calcolo si può tentare di aumentare il passo o diminuire il numero di sotto-iterazioni, ma questo potrebbe cambiare la convergenza. In questo caso fare attenzione a cambiare di conseguenza anche il numero di passi in modo che lo spostamento complessivo resti quello desiderato.

Nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** cliccando su **Curva c/s**  è possibile visualizzare la curva carico-spostamento e quindi avere utili indicazioni; infatti, dalla curva si nota subito se si è avuto un calo della resistenza e quindi se l'analisi converge o no.

Quando si è raggiunta la convergenza per il sisma in direzione X, è possibile rilanciare il calcolo, andare nelle combinazioni e modificare i fattori di combinazione del sisma SX e SY inserendo 0 e 1 anziché 1 e 0 come di default. In questo modo il calcolo di test verrà eseguito sul sisma Y invece che sul sisma X, consentendo di fare le stesse valutazioni sopra esposte.

Quando sono stati ben definiti i parametri in termini di passo, numero iterazioni e sotto-iterazioni che sembrano far convergere l'analisi, sarà finalmente possibile (dopo aver effettuato nuovamente un calcolo non pushover) rientrare nelle progettazioni interattive e assegnare la vera armatura presente negli elementi. Assegnare le desiderate eccentricità, e provare un calcolo totale della struttura. Purtroppo l'effetto delle eccentricità e delle forze del secondo gruppo non è a priori determinabile e non è quindi detto che con i dati definitivi l'analisi vada a compimento in tutti i casi. Occorrerà quindi talvolta provvedere nuovamente allo studio del comportamento della struttura ed ad un nuovo affinamento dei parametri di analisi.


## **Strutture in muratura**


### **Modellazione della struttura**

Data la complessità intrinseca dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) si consiglia di creare sempre modelli semplici a differenza di quelli utilizzabili nell'analisi sismica statica o dinamica lineare in cui c'è una maggiore libertà di modellazione. Questo vale sia che si utilizzi il **telaio equivalente standard** sia il **telaio**


**equivalente avanzato.** Per cui, nei modelli devono essere considerati solo gli elementi resistenti al sisma, la copertura deve giacere su di un piano orizzontale ed è consigliato incastrare al piede la struttura.

Dopo avere modellato la struttura e verificato che la geometria dei maschi murari per verifiche sismiche corrisponda alle scelte progettuali, occorre controllare il telaio equivalente. Per visualizzare il telaio equivalente occorre prima rendere corrente i maschi per verifiche sismiche cliccando nel gruppo **Disegno** della

scheda **Modellazione** sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare "Verifiche sismiche" nella sezione "Maschi e fasce", poi attivarne il disegno cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare nella sezione "Telaio equivalente" il tipo da visualizzare: Maschi, fasce e telaio o Solo telaio.

Per il **telaio equivalente avanzato** occorre seguire anche le successive indicazioni.

Nel caso in cui nella struttura siano presenti aste in acciaio e c.a. facenti parte del telaio equivalente, a queste devono essere assegnati dei vincoli aste di tipo cerniera plastica. È possibile definire ed assegnare automaticamente le cerniere plastiche a tutte le aste del modello cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Assegna cerniere plastiche** . Se nella struttura sono presenti aste in acciaio suddivise, prima di procedere all'assegnazione automatica delle cerniere plastiche, occorre **definire la membratura**, operazione necessaria sia per il corretto funzionamento della procedura di assegnazione sia per la corretta determinazione della luce di taglio (Lv).

Le aste devono essere suddivise solo negli elementi in c.a. nel caso in cui si desideri che il programma utilizzi come valore del taglio di plasticizzazione quello corrispondente alla zona di staffatura e non il minore di tutta la campata. In tal caso la lunghezza dell'asta dovrà essere minore o uguale alla zona di staffatura, ad esempio una trave in cui in una campata le due zone di staffatura di estremità sono lunghe 1.20 m, dovrà essere composta da 3 aste e le aste di estremità dovranno avere una lunghezza minore o uguale a 1.20 m.

Per le aste con membratura trave, le cerniere plastiche nel piano locale XY non vengono trasferite al solutore in quanto ininfluenti nell'analisi pushover poiché eseguita con l'ipotesi di piano rigido.

Per determinare le caratteristiche delle cerniere plastiche e i domini di interazione N-M nelle travi e pilastri in c.a. è necessario seguire la procedura indicata nel paragrafo **Inserimento armature**.

## Generazione telaio equivalente

ModeSt esegue l'analisi sismica statica non lineare (cosiddetto metodo pushover) generando dai maschi murari per verifiche sismiche e dalle fasce di piano un insieme di aste che individua un telaio tridimensionale con comportamento elasto-plastico non lineare secondo le indicazioni della normativa.

La procedura di generazione del telaio si comporta come segue:

- Individua in primo luogo i diversi allineamenti di pareti che compongono la struttura, in modo da garantire attraverso collegamenti rigidi o attraverso il comportamento delle fasce di piano la mutua interazione fra i diversi maschi murari. I nodi che collegano tali elementi hanno solo i gradi di libertà che ne descrivono il comportamento nel piano della parete e nel piano orizzontale. Tali allineamenti sono visualizzabili cliccando negli **Strumenti di visualizzazione** su "Allineamenti". Gli impalcati definiti costituiscono i piani della struttura e vengono considerati come infinitamente rigidi durante l'analisi sismica statica non lineare (pushover) e come scelto dell'utente durante la parte di calcolo FEM per azioni verticali.
- Trascura i maschi murari inseriti manualmente con forma non rettangolare.
- Trascura i maschi murari che non rispondono ai requisiti di rapporto L/H definito nei criteri di progetto o per i quali è stata richiesta esplicitamente la non resistenza sismica (vedi **Comportamento maschi**).
- Considera come pilastri solo le aste verticali con membratura pilastro e tipo di verifica "Cemento armato" o "Acciaio" e se specificato nei criteri di progetto (vedi **Considera il pilastro nel telaio equivalente** e **Considera l'asta nel telaio equivalente**) e trascura quelli realizzati con elementi bidimensionali con utilizzo "Pilastro".
- Considera come pareti in c.a. solo i muri/elementi bidimensionali con utilizzo "Parete" e se specificato nei criteri di progetto delle pareti (vedi **Considera la parete nel telaio equivalente**).

Si fa notare quanto segue:

- Il materiale associato al tipo di muro/elemento bidimensionale nella fase di modellazione è utilizzato solo ai fini del calcolo del peso proprio e per il calcolo iniziale FEM; nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) vengono utilizzate le caratteristiche riportate nel criterio di progetto associato al tipo di muro/elemento bidimensionale.
- La rottura dei maschi e delle fasce in muratura avviene quando lo spostamento ultimo (drift) ha superato il valore limite imposto nei criteri di progetto ma sempre dopo la loro plasticizzazione. Il calcolo dello




spostamento ultimo (drift) che ne determina la rottura può essere di tipo assoluto o incrementale in funzione del parametro **Calcola spostamenti per la rottura di maschi e fasce in muratura in modo incrementale**.


Per il **solutore interno** valgono le seguenti note:

- I pilastri hanno rigidezza solo intorno alla direzione dell'asse locale Y ( $J_y$ ). Il vincolamento dei pilastri (vedi **Definizione del vincolo interno all'asta**) influenza la rigidezza. Il vincolo di tipo doppio incastro dà una rigidezza pari a  $12EJ/h^3$ , la presenza di una cerniera intorno agli assi locali Y e Z in testa o al piede dà una rigidezza pari a  $3EJ/h^3$ , se sono svincolati entrambi gli estremi l'asta non avrà rigidezza (tale caso viene evidenziato con una diversa colorazione dell'asta di telaio), altri tipi di vincolo vengono assunti come doppio incastro. Viene sempre messa in conto la rigidezza per deformabilità a taglio.
- I pilastri e le travi in c.a. armate hanno comportamento a taglio di tipo elastico-fragile ed elastico-plastico a momento (con riferimento al momento di prima plasticizzazione) con rottura regolata dalla rotazione ultima indicata al paragrafo C8.7.2.3.2 della Circolare del D.M. 17/01/18. Elementi non armati hanno un comportamento elastico indefinito.
- Le pareti in c.a., similmente alle pareti in muratura, hanno rigidezza solo nella direzione del piano che le contiene ed un comportamento elastico indefinito.
- Gli elementi in acciaio hanno comportamento a taglio di tipo elastico-plastico indefinito con taglio di plasticizzazione calcolato con la formula [4.2.17] del paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18 e a momento di tipo elastico-plastico indefinito, con riferimento al momento di plasticizzazione calcolato con formula [4.2.12] (trascurando le riduzioni dovute al taglio di cui alla formula [4.2.40]) del paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18.

Per il **solutore Xfinest** valgono le seguenti note:

- Dopo avere modellato la struttura, alle aste devono essere assegnati dei vincoli aste di tipo cerniera plastica. È possibile definire ed assegnare automaticamente le cerniere plastiche a tutte le aste del modello cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Assegna cerniere plastiche** .
- Le travi e i pilastri hanno rigidezza in entrambe le direzioni degli assi locali e il vincolamento (vedi **Definizione del vincolo interno all'asta**) influenza la formazione della cerniera plastica. La presenza di una cerniera intorno agli assi locali Y o Z annulla la formazione della cerniera plastica in corrispondenza dell'estremo a cui è stata assegnata.
- I pilastri e le travi in c.a. armate hanno comportamento a taglio di tipo elastico-fragile ed elastico-plastico a momento (con riferimento al momento di prima plasticizzazione) con rottura regolata dalla rotazione ultima indicata al paragrafo C8.7.2.3.2 della Circolare del D.M. 17/01/18. Elementi non armati hanno un comportamento elastico indefinito.
- Le pareti in c.a., similmente alle pareti in muratura, hanno rigidezza solo nella direzione del piano che le contiene ed un comportamento elastico indefinito.
- Nel caso di aste in acciaio suddivise occorre **definire la membratura** in quanto è necessaria per la corretta determinazione della luce di taglio ( $L_v$ ).
- Gli elementi in acciaio facenti parte del telaio equivalente possono essere solo quelli di classe 1 o 2 (vedi **Classificazione delle sezioni**).
- Gli elementi in acciaio hanno comportamento a taglio di tipo elastico-plastico con taglio di plasticizzazione ( $VR_d$ ) calcolato con la formula [4.2.17] del paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18 ed uno spostamento di plasticizzazione calcolato come  $VR_d/G \cdot A_v$  (dove  $G$  è il modulo di elasticità tangenziale ed  $A_v$  è l'area a taglio) e a momento di tipo elastico-plastico, con riferimento al momento di plasticizzazione calcolato con formula [4.2.12] (trascurando le riduzioni dovute al taglio di cui alla formula [4.2.40]) come indicato al paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18 ed una rotazione di plasticizzazione calcolata come  $M_{pl,Rd} \cdot L_v / 3 \cdot E \cdot J$  (dove  $E$  è il modulo di elasticità,  $L_v$  è la luce di taglio e  $J$  è il momento d'inerzia) ed una rotazione di collasso pari a 8 volte la rotazione di plasticizzazione come indicato nel prospetto B.1 del EC8 (UNI EN 1998-3:2005).

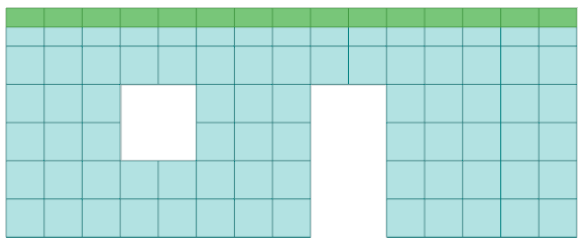
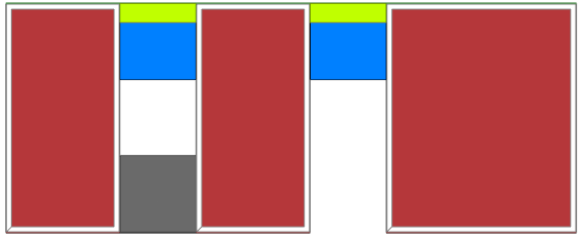
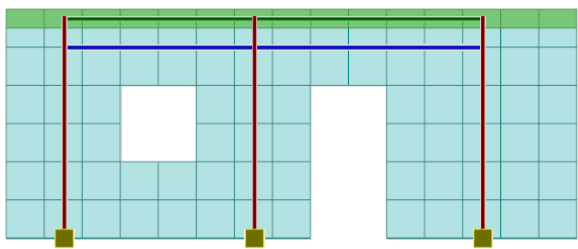
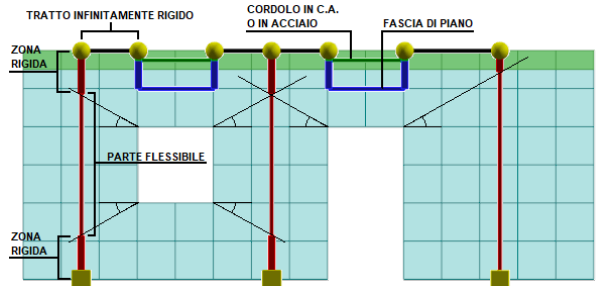
Per visualizzare il telaio equivalente occorre prima rendere corrente i maschi per verifiche sismiche cliccando

nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare "Verifiche sismiche" nella sezione "Maschi e fasce", poi attivarne il disegno cliccando nel gruppo **Disegno**

della scheda **Modellazione** sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare nella sezione "Telaio equivalente" il tipo da visualizzare: Maschi, fasce e telaio o Solo telaio.

Per individuare quali siano i maschi murari che eventualmente verranno trascurati nella generazione del telaio equivalente in funzione di quanto impostato tramite il criterio di progetto (vedi **Comportamento maschi**), si consiglia di rendere corrente la visualizzazione "Maschi, fasce e telaio".

Nella figura sottostante è riportato un esempio con le fasi di generazione del telaio equivalente. I colori si riferiscono allo schema di colore di default.

<p><b>Modello strutturale</b></p>	
<p><b>Individuazione dei maschi murari, fasce di piano in muratura e cordoli di piano in c.a.</b></p>	
<p><b>Individuazione degli assi baricentrici dei maschi murari, fasce di piano in muratura e cordoli di piano in c.a.</b></p>	
<p><b>Determinazione del telaio equivalente con relative parti flessibili e zone rigide:</b> le zone rigide all'estremità dei maschi murari vengono generate immaginando un comportamento irrigidente degli architravi e dei sotto-finestra con una diffusione a 30 gradi. Alcuni elementi che compongono le travi di accoppiamento (cordoli di piano, architravi sotto-finestra) possono non essere considerati collaboranti nel telaio in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto o di altri parametri e quindi non verranno visualizzati nel telaio. Gli elementi di telaio derivanti da elementi in muratura e da elementi in c.a. od acciaio verranno visualizzati con colori diversi.</p>	

La generazione del telaio si basa sempre sui **maschi e le fasce per le verifiche sismiche** sia che questi siano generati automaticamente in funzione di quanto impostato tramite il criterio di progetto (**Metodo di individuazione**) sia che siano inseriti manualmente.

**Nota:** Nel calcolo della struttura sia con il solutore interno sia con Xfinest, le aste che rappresentano la fascia di piano ed il cordolo in c.a. o in acciaio sono posizionate in corrispondenza dell'impalcato e di conseguenza risultano prive di sforzo normale.

## ELEMENTI DI ACCOPPIAMENTO

Il collegamento fra diversi maschi può avvenire attraverso tre tipi diversi di oggetti:

1. **Architravi in muratura** (le parti in muratura soprastanti un'apertura di tipo "finestra" o di tipo "porta")
2. **Sottofinestre in muratura** (le parti in muratura sottostanti un'apertura di tipo "finestra")
3. **Cordoli in c.a. o in acciaio** (aste in c.a. od in acciaio definite a livello di piano)

Le resistenze degli elementi di cui al punto 1 o 2 vengono normalmente considerate (come indicato in normativa) solo se "siano presenti, in prossimità della trave in muratura, elementi orizzontali dotati di resistenza a trazione".

I limiti di resistenza previsti nel paragrafo 7.8.2.2.4 del D.M. 17/01/18, vengono quindi valutati attraverso i criteri di progetto relativi al tipo di muratura che li caratterizza, ricercando elementi del modello in grado di fornire un'adeguata resistenza a trazione. Tali elementi possono essere sotto (per i sottofinestra) o sopra/sotto (per gli architravi).



In ogni caso l'utente può ipotizzare l'esistenza di elementi resistenti ad una trazione specificata anche se non inseriti nel modello (ad esempio catene o cordoli che non si è ritenuto necessario dover modellare, ma di cui si vuole tenere conto in ogni caso) attraverso il criterio di progetto (**Considera ipotizzando elemento con resistenza a trazione pari a**).

A parte il caso di resistenza imposta da criterio, negli altri casi i valori di resistenza da utilizzare nel calcolo vengono individuati automaticamente dal programma secondo diverse modalità che sono funzione degli oggetti che vengono trovati a livello di piano come incidenti con le fasce in muratura:

- Per gli elementi in acciaio la resistenza (a trazione ed a flessione) viene valutata direttamente dalle resistenze massime valutate dai disposti di normativa per elementi soggetti a trazione e/o flessione.
- Per gli elementi in cemento armato la resistenza (a trazione ed a flessione) dipende ovviamente dalle armature disposte nell'elemento: solo se usando le procedure di progettazione armature travi sono state introdotte delle armature, in base a queste verrà determinata la resistenza a trazione.

In ogni altro caso la resistenza a trazione necessaria per valutare le resistenze della fascia di muratura sono considerate nulle, ed insieme ad esse anche le relative resistenze della fascia stessa. La fascia, anche se presente nel modello, si romperà al primo step di calcolo. Tale comportamento verrà segnalato in fase di calcolo.

Il comportamento proprio e la resistenza di elementi di cui al punto 3 è controllabile attraverso il criterio di progetto (**Comportamento cordoli in c.a. o acciaio**).

Gli elementi in c.a. (se armati) hanno comportamento a taglio di tipo elastico-fragile ed elastico-plastico a momento (con riferimento al momento di prima plasticizzazione) con rottura regolata dalla rotazione ultima indicata al paragrafo C8A.6. Elementi non armati hanno un comportamento elastico indefinito. Gli elementi in acciaio hanno comportamento elastico-plastico indefinito a taglio con riferimento alla formula [4.2.18] del paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18 ed elastico-plastico indefinito a momento, con riferimento al momento ultimo per flessione calcolato con formula [4.2.36] (trascurando le riduzioni dovute al taglio di cui alla formula [4.2.41]) come indicato al paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18;

Le travi di accoppiamento in c.a. ed acciaio vengono individuate solo se collegano due maschi in muratura o se si trovano in allineamenti contenenti maschi murari e sono adiacenti ad elementi bidimensionali sopra o sottostanti. Travi di accoppiamento che collegano un muro ad un pilastro senza avere elementi in muratura sopra o sotto oppure travi di accoppiamento che collegano solo pilastri in c.a. non vengono riconosciute. In ogni caso è bene che le travi non adiacenti ad elementi bidimensionali non siano meshate.

La collaborazione di pareti in c.a. viene gestita con l'introduzione di maschi con le stesse modalità di quelli in muratura e con comportamento indefinitamente elastico.

La collaborazione di pilastri in materiale diverso dalla muratura (c.a. o acciaio) viene gestita attraverso la generazione di appositi elementi. Come già detto, i pilastri hanno rigidità solo intorno alla direzione dell'asse locale Y (Jy). In analisi pushover il comportamento di tali elementi è identico a quello già indicato per le travi di accoppiamento in c.a. ed acciaio.

La collaborazione reciproca fra pareti viene generalmente trascurata, ma è possibile attivarla attraverso un apposito criterio di progetto (**Crea collegamenti fra pareti**). In questo caso vengono creati collegamenti rigidi fra le estremità delle pareti incidenti fra di loro ed anche in questo caso i nodi necessari descrivono il comportamento in entrambi i piani verticali e nel piano orizzontale. Tali nodi (che hanno più gradi di libertà) vengono disegnati con colore diverso nel disegno dello schema a telaio.

## ZONE RIGIDE

È possibile considerare l'irrigidimento provocato dalle fasce di piano, facendo generare delle zone rigide alle estremità delle aste che rappresentano i maschi. Tali zone vengono generate immaginando un comportamento irrigidente degli architravi e dei sottofinestra con una diffusione a 30 gradi. Tale meccanismo è risultato il più adatto per simulare l'effetto irrigidente delle fasce di piano da numerosi studi condotti in merito (Prof. Dolce, Prof. Magenes). Un apposito criterio di progetto (**Calcola con zone rigide**) consente di attivare o disattivare la ricerca delle zone rigide. Se la ricerca delle zone rigide è attiva, viene in ogni caso considerata rigida la zona corrispondente allo spessore del solaio (se definito). Negli eventuali pilastri in c.a. o in acciaio vengono trascurate le zone rigide.

**Nota:** Le armature necessarie per valutare il comportamento degli elementi in c.a. vengono desunte dagli elementi progettati, con alcune semplificazioni: le armature dei pilastri vengono ricercate nei punti di verifica di piede del piano interessato e considerate simmetriche sia in termini di barre longitudinali che di staffe fra testa e piede. Per le travi viene ricercata l'armatura nel punto più vicino alla zona in cui inizia la trave e anche in questo caso l'armatura viene considerata costante in termini di barre longitudinali e di staffe.

## Differenze tra il telaio equivalente standard e avanzato

Il telaio equivalente **standard** collega, attraverso gli impalcati infinitamente rigidi, un insieme di pareti in muratura allineate mentre quello **avanzato** collega, attraverso delle aste infinitamente rigide, un insieme di maschi murari anche non allineati.

I carichi considerati nell'analisi pushover con il telaio equivalente **avanzato** sono tutti quelli applicati alla struttura, mentre con il telaio equivalente **standard** sono solo gli sforzi normali medi determinati da una pre-analisi lineare della struttura e applicati in testa alle aste del telaio equivalente che rappresentano le pareti in muratura.

Il telaio equivalente **standard** è utilizzabile con il solutore interno e di Xfinest mentre quello **avanzato** è utilizzabile solo con il solutore di Xfinest.

Caratteristica	Telaio equivalente standard (solutore interno)	Telaio equivalente standard (solutore Xfinest)	Telaio equivalente avanzato (solutore Xfinest)
Pilastri e travi in c.a. e in acciaio	Considerati se attivati nei criteri di progetto e se giacenti sul piano della muratura	Considerati se attivati nei criteri di progetto e se giacenti sul piano della muratura	Considerati se attivati nei criteri di progetto
Pareti in c.a.	Considerate se attivate nei criteri di progetto e se giacenti sul piano della muratura	Considerate se attivate nei criteri di progetto e se giacenti sul piano della muratura	Considerate se attivati nei criteri di progetto
Elementi in muratura non sismo-resistenti	Eliminati	Eliminati	Incernierati
Pilastri in c.a. e in acciaio	Rigidezza solo intorno alla direzione dell'asse locale Y (Jy)	Rigidezza in entrambe le direzioni degli assi locali e il vincolamento (vedi <b>Definizione del vincolo interno all'asta</b> ) influenza la formazione della cerniera plastica	Rigidezza in entrambe le direzioni degli assi locali e il vincolamento (vedi <b>Definizione del vincolo interno all'asta</b> ) influenza la formazione della cerniera plastica
Ammorsamento dei maschi murari	Non gestita	Gestita con il parametro <b>Crea collegamenti fra pareti</b> dei criteri generali delle murature	Gestita attraverso la definizione e l'inserimento di appositi link su linea (si veda <b>Tipi link, Link su linea</b> )

## Modalità di calcolo e criteri di verifica

### DETTAGLI DI CALCOLO

Il calcolo viene eseguito, solo nel caso in cui non siano presenti maschi per verifiche sismiche manuali, secondo le indicazioni riportate ai paragrafi 7.3.4, 7.8.1.5.4 e 7.8.1.6 del D.M. 17/01/18 con le integrazioni di cui ai punti C7.3.4.1 e C7.8.1.5.4 della relativa circolare esplicativa.

In particolare il calcolo della rigidezza secante viene effettuato sul punto della curva pari al 70% di  $F_{bu}^*$  (7.8.1.6) e l'equivalenza energetica viene effettuata considerando come spostamento ultimo quello corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo (C7.8.1.5.4).

I calcoli vengono eseguiti per le distribuzioni di forza riportate in 7.3.4.1 con la possibilità per l'utente di scegliere quale distribuzione utilizzare del Gruppo 1 (si veda l'opzione **Forze primo gruppo** in Dati di calcolo). Per il Gruppo 2 viene sempre utilizzata la distribuzione uniforme.

Nel caso di edifici ad un solo piano, non ha ovviamente senso parlare di distribuzioni di forze e quindi viene eseguito solo il calcolo per il Gruppo 2 che in questo è concettualmente identico a tutte le altre distribuzioni.

Al termine dell'analisi ModeSt controlla se sono rispettati le prescrizioni del paragrafo 7.3.4.1 con alcune precisazioni: la percentuale di massa movimentata viene controllata con il limite del 60% (7.8.1.6) e il controllo sul periodo TC viene effettuato separatamente per ogni stato limite. Il calcolo viene comunque effettuato, anche se i limiti qui indicati non sono rispettati.

Per rispettare i disposti del paragrafo 7.2.6 (che sembra avere carattere prescrittivo generale) è possibile mettere in conto le eccentricità aggiuntive del centro di massa. Attraverso le "Opzioni pushover" è possibile indicare se trascurarle, se effettuare calcoli solo con le eccentricità aggiuntive e al limite se effettuare i calcoli sia con che senza tali eccentricità.

### VALUTAZIONE SPOSTAMENTI LIMITE

Per la verifica di raggiunta rottura degli elementi in muratura viene controllato il rapporto fra lo spostamento e la lunghezza dell'elemento. La normativa non dice niente in proposito, ma parrebbe logico assumere lo spostamento netto depennato della quota parte dovuta alla rotazione rigida dell'elemento stesso, rotazione che non provoca sollecitazioni. Analogamente, nell'ottica di valutare la raggiunta rottura con riferimento alla sola parte deformabile dell'elemento, si può specificare se valutare il rapporto spostamento/lunghezza della sola parte flessibile, ossia al netto delle eventuali zone rigide.

Per il controllo degli stati limite di danno e di operatività la normativa fa riferimento in modo generico a "spostamento di interpiano" (7.3.7.2), ma parrebbe logico fare tale controllo come "spostamento di interpiano a livello di maschio", visto che per l'insorgere di effetti torsionali applicati o insiti nella struttura, alcuni maschi possono raggiungere lo spostamento limite prima che lo facciano i baricentri dei relativi piani. Comunque anche questo comportamento è definibile da criterio di progetto e nel caso in cui il controllo sia attivo a livello di maschio, usando anche le stesse opzioni e considerazioni sulle parti deformabili e sulle rotazioni rigide sopra riportate.

## MODALITÀ DI ROTTURA

Con opportuni criteri di progetto è possibile gestire i meccanismi di rottura ed il comportamento sia per i maschi che per le travi di accoppiamento in muratura. Questo rende possibile lo studio di diverse scelte di calcolo, dato che molte sono le scuole di pensiero in tal senso e dato che spesso la verifica di strutture in muratura esistenti non si risolve in un mero calcolo automatico, ma in una ponderata valutazione del comportamento della struttura stessa mettendo a confronto diverse ipotesi e teorie.

Per i maschi murari è possibile attivare o disattivare la rottura a taglio e la rottura a pressoflessione, e per la rottura a taglio stabilire se considerare quella per scorrimento (generalmente indicata per edifici nuovi) o quella per fessurazione diagonale (generalmente indicata per edifici esistenti). La scelta di questo comportamento è lasciata all'utente, come d'altro lato indica la normativa nella sua circolare esplicativa al punto C8.7.1.5: *"Per gli edifici esistenti in muratura, considerata la notevole varietà delle tipologie e dei meccanismi di rottura del materiale, la resistenza a taglio di calcolo per azioni nel piano di un pannello in muratura potrà essere calcolata con un criterio di rottura per fessurazione diagonale o con un criterio di scorrimento"*.

Per completezza si è lasciata inoltre all'utente la possibilità di intervenire sullo spostamento ultimo degli elementi, differenziabile fra muratura nuova ed esistente. Questo permette di studiare quindi anche casi in cui si ipotizzi per i maschi un comportamento "elastico-indefinitamente plastico": è infatti sufficiente mettere un valore molto elevato come spostamento limite per ottenere di fatto tale comportamento.

Per i cordoli ed i pilastri in c.a. o acciaio, si veda quanto indicato in **Generazione telaio equivalente**.

## Consigli e suggerimenti

Data la complessità intrinseca dell'analisi sismica statica non lineare e considerate le numerose possibilità di interpretazione delle normative e dei metodi di calcolo, risulta sempre molto difficile comprendere se si è ben colto il comportamento della struttura o se si sono introdotte variabili di modellazione o altro che possono modificare o falsare i risultati.

In quest'ottica si consiglia di creare sempre modelli semplici, in cui sia ben chiaro quali sono gli elementi resistenti al sisma e quali hanno mero comportamento per carichi verticali. Spesso può essere necessario effettuare l'analisi sismica su un modello più semplice rispetto a quello sul quale si fanno le verifiche per carichi verticali, in modo da differenziare bene le diverse ipotesi alla base dei due calcoli.

Una buona idea è anche quella di trascurare in prima istanza il contributo delle travi di accoppiamento, e di aggiungerlo successivamente se proprio si ha bisogno di una maggiore rigidità iniziale della struttura.


Quando nel modello vengono introdotti elementi verticali in c.a. o acciaio per simulare cerchiature o rinforzi su edifici esistenti, è generalmente bene non collegare tali elementi alla mesh degli elementi in muratura adiacenti (cosa che creerebbe una falsa collaborazione in realtà non presente) ed è da prendere in considerazione l'idea di sbloccare attraverso il vincolo dell'asta la resistenza iniziale a sforzo normale. Infatti tali elementi hanno in genere moduli elastici molto superiori a quelli della muratura, ed avrebbero l'effetto di "scaricare" la compressione degli elementi adiacenti, con la relativa diminuzione di resistenza a flessione. Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) lo svincolamento a sforzo normale viene ignorato e quindi tali elementi entreranno normalmente in trazione e compressione.

Se il calcolo non lineare non converge, esaminare bene il modello a telaio equivalente che viene generato (si veda **Generazione telaio equivalente**), controllando che ad esempio non nascano elementi in grado di resistere solamente in una direzione, senza alcun elemento in grado di resistere nell'altra direzione. Esempio tipico di questa situazione è quello di un piano in cui risulta solamente una parete resistente, come la parte di sottotetto di un edificio rettangolare dove è presente solo il muro di spina che regge il colmo del tetto. In tal caso è meglio interrompere l'analisi al piano inferiore, definendo un impalcato in meno.

ModeSt normalmente valuta automaticamente il passo di analisi ed il massimo numero di passi in funzione di alcuni parametri come l'altezza dell'edificio ed il numero di piani. Nel caso di edifici molto piccoli e molto rigidi questi parametri possono essere sottostimati ed allora occorre intervenire nelle "Opzioni pushover" modificando i parametri di **Analisi sismica statica non lineare (pushover)**.


Se la non convergenza è stata segnalata con "Raggiunto spostamento finale del punto di controllo", può essere sufficiente aumentare tale parametro ed eventualmente diminuire il "Massimo numero di passi di analisi".

È in genere buona regola effettuare un rapido calcolo eliminando le eccentricità aggiuntive deselezionandole nelle "Opzioni pushover" (si veda **Analisi pushover da eseguire**). Solo per edifici molto irregolari o molto stretti e lunghi si possono in genere avere problemi di convergenza diversi con o senza le eccentricità.

Al termine dell'analisi è bene esaminare le curve carico-spostamento, visualizzabili cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Curva c/s** , dei vari calcoli e con l'ausilio delle mappe dello stato degli elementi (si veda **Mappe tassi di sfruttamento murature**), cambiando il passo di visualizzazione e selezionando il risultato corrente dal pannello **Parametri risultati** della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti" dalla casella di riepilogo a discesa "Risultati", controllare se le prime plasticizzazioni avvengono dopo pochi passi, o addirittura al primo passo. In tal caso è sicuramente necessario diminuire il passo di calcolo come sopra spiegato.

Un passo eccessivo influenza poco il calcolo dello spostamento ultimo e della capacità della struttura, ma in genere può sottostimare il calcolo di  $F_{bu}^*$  e quindi di conseguenza sovrastimare il calcolo di  $T^*$ , e la domanda richiesta. Se la struttura è verificata con un passo di analisi "grande", lo sarà quindi quasi sicuramente anche con un passo più piccolo. L'unico rischio è la sovrastima di  $q^*$  portandolo ad un valore  $>3$  in cui l'analisi non è più valida.

Se la struttura converge ma viene segnalato il messaggio che la percentuale di massa partecipante al modo principale è minore del 60%, potrebbe essere necessario modificare l'angolo di ingresso del sisma. Controllate con la deformata nodale relativa ai soli modi di vibrare (si veda **Deformata della struttura**) se i modi principali sono all'incirca nelle direzioni X e Y o se sono in altre direzioni. Se i primi due modi sono molto obliqui ma comunque quasi ortogonali fra loro, si può valutare un migliore angolo di ingresso del sisma come l'arcotangente del rapporto fra le percentuali di massa movimentate in direzione Y e X nel modo principale

(informazioni reperibili cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici**  e poi su **Risultati analisi** e quindi scegliendo i modi calcolati per informazioni su tali percentuali). Se i modi non sono obliqui è proprio la struttura che non ha dei modi principali e quindi forse l'analisi non lineare non è applicabile.

## Strutture in muratura e c.a. e/o acciaio

### Modalità di calcolo ed analisi dei risultati

Nelle strutture in muratura in cui sono presenti pilastri e travi in c.a. e/o acciaio si può eseguire un'analisi pushover in muratura (pushover a telaio equivalente) o FEM (pushover a plasticità concentrata). I due tipi di calcolo apparentemente sembrano essere uguali mentre sono differenti per il modo con cui si considerano i pilastri e le travi in c.a. e/o acciaio, nella visualizzazione dei risultati e nei risultati ottenuti.

#### MODELLAZIONE

##### Pushover muratura a telaio equivalente

- L'analisi pushover viene eseguita sul **telaio equivalente** che può differire dal modello strutturale in quanto i pilastri e le travi in c.a. e/o acciaio e le pareti in c.a. fanno parte del telaio equivalente solo se specificato nei criteri di progetto generali delle murature. Quindi gli unici elementi considerati nel telaio equivalente sono gli elementi in muratura ed eventualmente i pilastri, le travi e le pareti in c.a.
- Non è necessario assegnare ai pilastri e alle travi in c.a. e/o acciaio dei vincoli aste di tipo cerniera plastica (poiché verranno calcolate ed assegnate automaticamente) ma si deve, nei criteri di progetto generali delle murature, selezionare l'opzione **Considera collaboranti anche pilastri in c.a. e/o in acciaio**, impostare l'opzione **Comportamento cordoli in c.a. o acciaio** come **Considera sempre la resistenza** e per le pareti in c.a., selezionare l'opzione **Considera collaboranti anche pareti in c.a.**
- Il comportamento dei pilastri e delle travi in c.a. e/o acciaio varia in funzione del solutore utilizzato (interno o Xfinest) e corrisponde a quello riportato nel paragrafo **Generazione telaio equivalente**.
- Le pareti in c.a. hanno rigidezza solo nella direzione del piano che le contiene ed un comportamento elastico indefinito.

##### Pushover FEM a plasticità concentrata

L'analisi pushover viene eseguita sul modello strutturale e di conseguenza tutte le aste e i muri/elementi bidimensionali presenti nel modello partecipano nell'analisi, con le rigidezze e con un comportamento come di seguito riportato:

- Le aste hanno un comportamento elastico indefinito tranne i pilastri e le travi in c.a. e/o acciaio che hanno un comportamento elasto-plastico (per maggiori informazioni si veda il paragrafo **Cerniere plastiche**) e per questo necessitano dell'assegnazione di vincoli aste di tipo cerniera plastica come indicato nel paragrafo **Modellazione struttura**.

- I muri/elementi bidimensionali con qualsiasi utilizzo e materiale, tra cui le pareti in c.a. e le murature, hanno rigidezza in entrambe le direzioni ed un comportamento elastico indefinito.

## VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI

- La visualizzazione della curva carico-spostamento si effettua in modo analogo per entrambi i tipi di calcolo pushover (muratura o FEM).
- Per il **pushover FEM a plasticità concentrata** non è possibile visualizzare il tasso di sfruttamento dello stato pareti.
- Per il **pushover muratura a telaio equivalente** non è possibile visualizzare lo stato limite (SLO, SLD, SLV, SLC) raggiunto nelle travi e nei pilastri in c.a. e/o acciaio e lo stato in cui si trovano le travi e i pilastri in c.a. e/o acciaio. Quest'ultimo viene riportato nel paragrafo "Verifica sismica globale" della relazione di calcolo se è stato selezionato l'opzione **Stampa dettaglio evoluzione per passi** oppure **Stampa dettaglio evoluzione per elementi** dei criteri di progetto generali delle murature.

## CONFRONTO DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati dell'analisi pushover derivanti dai due tipi di calcolo sono differenti, sia per i diversi modelli adottati nel calcolo sia per il comportamento degli elementi.

Nel caso di strutture in cui prevalga la muratura, l'analisi da eseguire è quella pushover muratura a telaio equivalente. Se eventualmente l'utente volesse eseguire l'analisi pushover FEM a plasticità concentrata, gli elementi in muratura devono essere modellati come un carico, perché non è possibile schematizzare il comportamento elasto-plastico della muratura.

## Note tecniche

---

### Cenni sul metodo degli elementi finiti

Il metodo degli elementi finiti (FEM) è una generalizzazione del metodo matriciale degli spostamenti utilizzato nell'analisi strutturale. Il **concetto basilare del FEM** è che la struttura viene considerata come un assemblaggio di pezzi discreti, chiamati elementi, interconnessi in un numero finito di punti o nodi.

Nella struttura reale il numero di nodi interconnessi è infinito e la grandezza degli elementi è infinitamente piccola.

Avendo rappresentato la struttura con elementi bi/tridimensionali, è possibile analizzare la struttura attraverso una procedura simile a quella usata nella teoria delle travi.

Gli spostamenti interni agli elementi sono correlati agli spostamenti dei nodi di estremità mediante una funzione, propria dell'elemento utilizzato, detta funzione di forma o di spostamento. Essa in genere è determinata utilizzando il principio del minimo dell'energia potenziale. La matrice di rigidezza, che correla gli spostamenti nodali di un elemento, è una combinazione della funzione di spostamento suddetta e le proprietà del materiale dell'elemento. Imponendo l'equilibrio ad ogni nodo, le matrici di rigidezza dei singoli elementi sono assemblate in un unico sistema di equazioni lineari che, risolto rispetto agli spostamenti nodali incogniti, fornisce le deformazioni e le tensioni relative ad ogni singolo elemento.

Le deformazioni della struttura sono rappresentate dai movimenti dei nodi. Questi movimenti sono noti come gradi di libertà. Nei programmi agli elementi finiti i gradi di libertà sono le incognite principali dell'analisi e possono includere sia le componenti traslazionali che rotazionali. Il grado di libertà associato ad ogni nodo dipende dai tipi di elementi connessi nel nodo.

Il metodo degli elementi finiti può essere così riassunto:

- schematizzazione della struttura mediante nodi ed elementi;
- creazione della matrice di rigidezza di ogni singolo elemento utilizzato;
- assemblaggio e risoluzione del sistema di equazioni di equilibrio globale ottenuto.

### Analisi non lineari

Quando la risposta di una struttura non è una funzione lineare dei carichi applicati, o si pensa che possa non esserlo, è necessaria un'analisi non lineare.

Il comportamento non lineare di una struttura può essere dovuto a non linearità geometriche, di materiale o di condizioni al contorno o ad una combinazione di tutti questi ed altri fattori.

Fra le non linearità geometriche citiamo ad esempio la dipendenza degli effetti dalle deformazioni, detta in genere effetto P-delta, o l'effetto delle grandi deformazioni, il cambiamento della risposta strutturale dovuto al cambiamento della geometria e all'orientamento degli elementi strutturali.

I materiali possono a loro volta avere un comportamento elasto-plastico o fragile, ed i vincoli esterni o interni posso rappresentare problemi di contatto, viscosità, ecc.

In una analisi non lineare il principio di sovrapposizione degli effetti non è applicabile. In altre parole, il risultato di differenti situazioni di carico non può esser scalato, fattorizzato o combinato come si fa normalmente nelle analisi lineari.

Inoltre, nel caso di un problema non lineare, può succedere che ad una specifica situazione di carico corrisponda più di una soluzione, poiché il risultato dipende dalla "storia" del carico. In altre parole una diversa modalità di applicazione dello stesso carico può portare a differenti soluzioni. Quindi, quando si raggiunge una soluzione, questa potrebbe non essere la soluzione che ci si aspettava.

Una conoscenza profonda della natura del problema è spesso necessaria per ottenere una soluzione che sia fisicamente significativa. Il livello di preparazione e l'esperienza dell'autore del modello conta quanto la qualità del programma utilizzato e delle procedure di calcolo.

La tecnica di base per risolvere un problema non lineare è quella di linearizzare le equazioni che lo descrivono esprimendo il vettore totale delle forze per gli elementi come una funzione lineare non tanto dello spostamento finale dei nodi, ma come una funzione lineare dell'incremento degli spostamenti nodali. Viene quindi effettuata una analisi lineare per passi successivi, in cui ogni volta viene ricalcolata la matrice relativa al corrente stato di carico e deformazione, denominata generalmente come "matrice tangente". Il vettore spostamento viene poi rivalutato usando la soluzione relativa a questa nuova matrice. Questo processo viene ripetuto fino a quando la condizione di equilibrio è soddisfatta o fino a quando successive iterazioni non portano a significative modifiche nella matrice di calcolo.

Questo metodo richiede quindi che il carico esterno totale venga applicato gradualmente in un numero di incrementi sufficientemente piccoli in modo che la risposta del sistema possa essere considerata lineare nell'intervallo fra due incrementi di carico.

La procedura di calcolo si considera terminata quando si raggiunge il carico finale e la deformazione totale della struttura è calcolata come la somma delle deformazioni di ogni incremento di carico o, a seconda dei metodi numerici utilizzati, come deformazione dell'ultimo passo di carico.

ModeSt permette di indicare la sequenza logica di crescita dei carichi, lasciando normalmente al solutore il compito di suddividere in sotto-passi più piccoli la discretizzazione di crescita dei carichi. Restano comunque a disposizione dell'utente delle modalità per descrivere la storia di crescita di carichi sia in modo uniforme ma semplicemente più definito, che in modo completamente personalizzato. Si veda al proposito il capitolo **Tabelle delle storie di carico**.

**Nota:** in alcuni casi, alcuni controlli di normativa (spostamenti ai sensi del D.M. 17/01/18, spostamenti relativi ai sensi del D.M. 16/01/96) prevedono l'amplificazione dei soli spostamenti dovuti alle azioni sismiche, mentre le sollecitazioni sono quelle derivanti dal calcolo. In caso di analisi non lineare, non è ovviamente possibile separare i contributi dei diversi carichi e quindi tali amplificazioni non vengono effettuate.

## Analisi P-Delta

L'analisi P-Delta, implementata in Xfinest 2023, è una procedura iterativa che consente di valutare gli effetti del secondo ordine su una struttura. Questi sono legati alla rigidezza laterale e possono comportare, in presenza di elevata deformabilità laterale, un considerevole incremento di sollecitazioni. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sulla procedura utilizzata nell'analisi P-Delta e sui parametri di controllo (si veda nelle **opzioni del solutore**).

## Analisi di buckling

L'analisi di buckling (instabilità) determina i carichi critici sotto i quali una struttura diventa instabile. Ogni combinazione di carico ha una ben precisa forma di instabilità associata: questa è la deformazione che la struttura assume in condizioni instabili.

I risultati di un'analisi di buckling consistono quindi in uno stato di deformazione della struttura chiamata "Forma di buckling", e in un moltiplicatore dei carichi, che indica quanto "lontano" dalla instabilità siano i carichi assegnati. Può essere necessario infatti ricercare più di una forma modale per controllare se non ve ne siano alcune particolarmente vicine. Si ricorda comunque che generalmente l'interesse è per quella con moltiplicatore dei carichi più piccolo, quindi la prima.

L'analisi di buckling lineare determina il carico critico di una struttura idealmente elastica lineare. Questo metodo corrisponde all'analisi elastica di stabilità, ad esempio il moltiplicatore determinato con l'analisi di buckling lineare di una colonna soggetta a solo sforzo normale corrisponde al carico critico Euleriano. L'analisi di buckling lineare può essere fatta anche al termine di un'analisi non lineare.

Si veda nelle **opzioni del solutore** se esistono opzioni particolari di calcolo rimandando al relativo manuale per informazioni più dettagliate.

**Argomenti correlati:** Tabelle risultati del calcolo, Sollecitazione e risultato corrente.

## Tabelle delle storie di carico

Quando si esegue un'analisi non lineare, occorre definire la legge secondo la quale i carichi vengono nel "tempo" considerati agenti sulla struttura. Non è un concetto di "tempo" in senso stretto, ma semplicemente una crescita (o decrescita) per passi (step) successivi.

Se nella struttura è stata effettuata la classificazione dei carichi e le corrette assegnazioni al momento della archiviazione delle CCE (si veda **Gestione dei carichi**) ModeSt crea in automatico per ogni combinazione di carico una storia così definita:

Step 1: Solo i carichi classificati come permanenti

Step 2: Carichi classificati come permanenti e accidentali

Step 3: Carichi classificati come permanenti, accidentali e azioni Sismiche (se presenti)

Se non esiste classificazione ModeSt crea un unico step in cui vengono assegnati tutti i carichi.

Sarà comunque possibile modificare la storia inserendo o cancellando step intermedi espliciti nella griglia della tabella ed inserendovi i valori desiderati. Infatti la crescita dei carichi non deve necessariamente essere uniforme. Per comodità comunque l'inserimento di uno step viene effettuato con per default i valori intermedi fra quelli degli step adiacenti.

Per esigenze di calcolo numerico o per avere dei risultati intermedi più distribuiti è comunque possibile indicare a ModeSt di creare internamente dei passi intermedi uniformemente distribuiti fra quelli espliciti riportati nella tabella della storia di carico.

È inoltre possibile imporre la memorizzazione di tutti i risultati intermedi, per valutare anche graficamente o numericamente l'evolversi della situazione strutturale. Fare molta attenzione nell'attivazione di questa opzione perché i file dei risultati possono diventare enormi richiedendo molto spazio su disco. Non è possibile attivare questa opzione se è richiesta l'**analisi di buckling** in quanto se richiesto di calcolare il buckling solo sull'ultimo step di carico la presenza di step impliciti renderebbe ambiguo il valore del carico su cui si esegue la ricerca del moltiplicatore.

## Legame costitutivo Drucker-Prager

Il legame costitutivo Drucker-Prager implementato in Xfinest 2018 e gestito da ModeSt è di tipo attritivo (Figura 1) ed infatti i dati richiesti sono l'angolo d'attrito e la coesione. Il materiale Drucker-Prager può essere applicato solo ad elementi QF46. Il comportamento non lineare è limitato alla direzione membranale; a flessione fuori piano l'elemento manifesta una risposta infinitamente elastica.

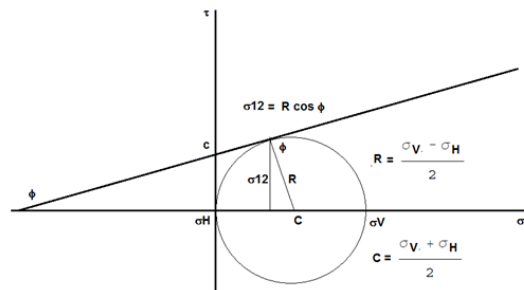


Figura 1: criterio di rottura Drucker-Prager nel piano di Mohr

Il dominio elastico nel piano deviatorico è di forma circolare; è possibile decidere se esso debba essere inscritto oppure circoscritto all'esagono di Mohr-Coulomb, optando così per una variazione più o meno ampia dello stato tensionale, prima di raggiungere la superficie di rottura. Attualmente ModeSt impone il passaggio del cono di Drucker-Prager per gli spigoli esterni dell'esagono di Mohr-Coulomb (Figura 2 - Outer Edges). Tale scelta facilita la convergenza del solutore.

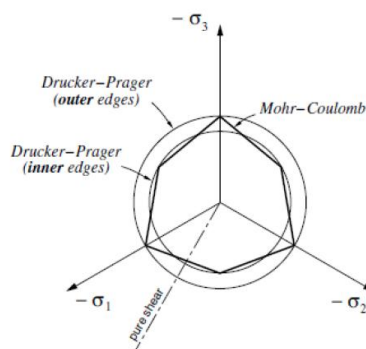


Figura 2: relazione tra i criteri di Drucker-Prager e Mohr-Coulomb nel piano deviatorico

Dopo l'uscita dal campo elastico, ModeSt impone un comportamento perfettamente plastico (Figura 3 - Curva blu). Questa scelta, che comporta una redistribuzione più marcata degli sforzi negli elementi adiacenti, si configura come a favore di sicurezza.

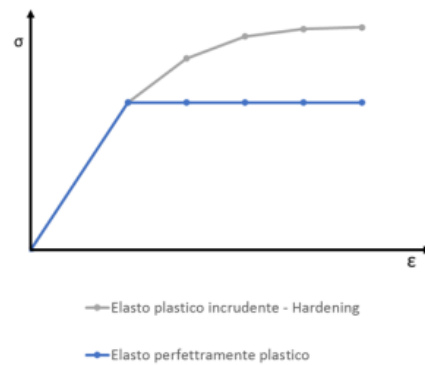


Figura 3: relazione sforzi-deformazioni

La dilatanza del materiale viene assunta uguale all'angolo d'attrito, assumendo quindi una legge di flusso associata (Figura 4).

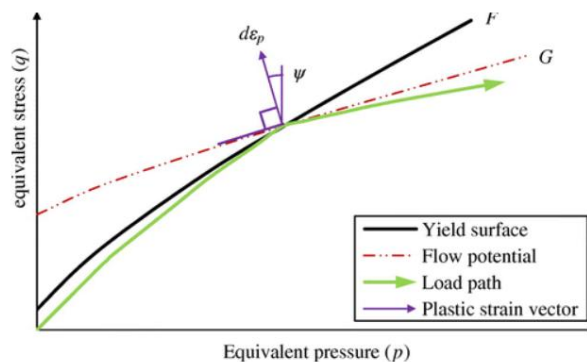


Figura 4: legge di flusso associata (angolo di dilatanza = angolo d'attrito)

## Schematizzazione piani rigidi

Quando nella struttura sono stati definiti degli impalcati (si veda **Impalcati e piani rigidi**) o sono stati introdotti dei solai, è possibile effettuare il calcolo usando la schematizzazione di piani infinitamente rigidi.

Quando nella struttura sono stati definiti degli impalcati o sono stati introdotti dei solai, viene richiesto se e in che modo schematizzare i piani rigidi. È possibile utilizzare una delle seguenti opzioni:

### PIANO NON RIGIDO

I nodi relativi all'impalcato classificato come non rigido vengono lasciati liberi di muoversi per tutti i 6 gradi di libertà. Nel caso di analisi sismica le masse o le forze vengono applicate su ogni nodo, valutandole in funzione delle masse degli elementi che vi incidono.

### PIANO RIGIDO CON IL METODO MASTER-SLAVE

In questo modo viene imposta una relazione matematica che obbliga gli spostamenti X e Y e la rotazione RZ dei nodi appartenenti all'impalcato (detti nodi Slave) ad essere congruenti con quelli di un unico nodo (detto nodo Master). Gli spostamenti dei nodi sono quindi congruenti con lo spostamento rigido di un piano orizzontale e si ha una notevole riduzione dei gradi di libertà del sistema.

Il nodo Master viene automaticamente creato da ModeSt nel baricentro delle masse dei nodi appartenenti ad ogni impalcato e le eventuali forze o masse sismiche orizzontali e polari intorno all'asse Z globale vengono concentrate su questo nodo, mentre le altre masse o forze restano sui nodi di pertinenza; le masse relative a nodi non appartenenti a nessun impalcato possono poi essere trattate secondo diverse modalità (si veda **Recupero masse secondarie**).

### PIANO RIGIDO CON IL METODO MASTER-SLAVE SOLO PER FORZE SISMICHE

Viene effettuato il calcolo della struttura due volte: per i carichi inseriti dall'utente senza considerare il piano rigido e successivamente per le azioni sismiche impostando la correlazione Master-Slave.

Il vantaggio di questa modalità di calcolo è di permettere la coesistenza del modello a piani rigidi per la redistribuzione delle azioni sismiche secondo le diverse rigidezze della struttura con la presenza di situazioni geometriche (tetti spingenti), di carico (carichi termici), di schematizzazione (elementi bidimensionali con



comportamento trave) che non si conciliano con l'ipotesi di piano rigido (si veda **Elementi bidimensionali e piani rigidi, Impalcati rigidi non orizzontali**).

### **PIANO RIGIDO CON CONTROVENTATURA SOLAI**

Condizione necessaria per poter utilizzare questo metodo è che i solai da controventare siano piani e non sghebbi (anche se non orizzontali). In pratica viene creato un reticolo triangolare di bielle con centro nel baricentro del solaio e congiungenti il centro con i nodi del perimetro ed i nodi del perimetro fra di loro. Per impedire l'insorgere di labilità (il nodo centrale sarebbe libero di spostarsi ortogonalmente al piano del solaio per spostamenti del primo ordine), viene creata una biella aggiuntiva in direzione ortogonale al piano del solaio e vincolata sul secondo nodo che serve da sostegno, la cui rigidezza è specificabile nelle **Opzioni generali**. Questo sistema comporta un aumento dei gradi di libertà del modello, ma presenta il vantaggio di permettere la schematizzazione di piani rigidi inclinati, cosa che gli altri metodi non consentono. Un'altra possibilità offerta da questo sistema è quella di poter rendere rigida solamente una parte di impalcato.

In questo caso le masse o le forze sismiche restano applicate sui singoli nodi della struttura.

### **PIANO RIGIDO CON CONTROVENTATURA SOLAI SOLO PER FORZE SISMICHE**

Valgono le stesse considerazioni riportate nel caso del metodo Master-Slave ma utilizzando come schematizzazione di piano rigido la controventatura di solai.

**Argomenti correlati:** Elementi bidimensionali e piani rigidi, Impalcati rigidi non orizzontali.

## **Schematizzazione muri**

I muri, durante il trasferimento dei dati al solutore, vengono schematizzati mediante un reticolo di aste così composto:

- due ritti ai lati del muro non resistenti a sforzo normale e vincolati a cerniera nel piano del muro. Nel piano ortogonale al muro i ritti sono vincolati a incastro se è stato richiesto di considerare il muro resistente anche a flessione trasversale, a cerniera altrimenti;
- due aste con area e rigidezza pari alla sezione di mezzo muro (praticamente quasi infinitamente rigide) in testa e al piede del muro che sostituiscono le aste create automaticamente. Eventuali sezioni che fossero state assegnate a quest'ultime vengono quindi trascurate in fase di calcolo, ma viene considerata la larghezza della trave di piede su suolo elastico per calcolare il corretto valore di costante di sottofondo. In queste aste non saranno comunque mai presenti sollecitazioni;
- un ritto centrale vincolato ad incastro nel piano del muro ed a cerniera in senso trasversale (Y locale).

Le caratteristiche delle sezioni dei ritti laterali e del ritto centrale sono le seguenti:

**Rigidezza nel piano del muro:** è data esclusivamente dalla rigidezza del ritto centrale, che quindi ha le stesse caratteristiche statiche (area, area a taglio e momento d'inerzia) del muro.

**Rigidezza trasversale (se richiesta):** per quanto riguarda la rigidezza in direzione Y (ortogonale al piano del muro), si considerano i ritti laterali pari a "pilastri" che hanno nel piano di inflessione una dimensione pari allo spessore del muro e nell'altro senso una dimensione che è funzione della lunghezza del muro:

- larghezza pari a 5 volte lo spessore del muro se la lunghezza è superiore a 10 volte lo spessore. In questo caso si considerano le aste di testa e di piede del muro non torsiorigide e quindi i due estremi del muro non collaborano fra di loro (muro lungo);
- metà della lunghezza del muro in caso contrario. In questo caso le aste di testa e di piede si considerano anche torsiorigide e quindi i due estremi del muro collaborano fra di loro (muro corto).

Questa schematizzazione offre il vantaggio di prestarsi bene alla schematizzazione di "pilastri" in cui ad esempio le travi poggiano alternativamente da una parte e dall'altra del pilastro ed altrettanto bene per la schematizzazione di pareti di taglio (nel qual caso volendo si può prescindere dalla resistenza a flessione laterale) nonché di pareti di perimetro (muri seminterrati) su cui appoggiano travi e pilastri, purché si accetti di trascurare l'eventuale spinta del terreno.

Una volta calcolate le sollecitazioni nelle aste che compongono il muro, gli sforzi nel muro vengono desunti nel seguente modo:

- **Sforzo normale agli estremi:** è dato dalla metà dello sforzo normale nel ritto centrale più il momento flettente nel ritto centrale diviso per la lunghezza del muro (coppia equivalente).
- **Taglio Tx distribuito:** è dato dal taglio nel ritto centrale diviso per la lunghezza del muro.
- **Momento torcente complessivo Mz:** è dato dalla coppia formata dai tagli Ty nei ritti laterali.
- **Momento flettente Mx agli estremi:** coincide con il momento flettente nei ritti laterali.
- **Taglio Ty agli estremi:** coincide con il taglio Ty dei ritti laterali.

Note:

- qualora ModeSt trovi degli elementi verticali (pilastri) ai lati del muro, questi elementi vengono considerati presenti a tutti gli effetti e quindi in quel punto la rigidezza a flessione sia trasversale che longitudinale sarà incrementata dalla rigidezza del pilastro che prenderà una quota parte del carico e delle sollecitazioni. Ovviamente la congruenza fra gli spostamenti del muro e del pilastro è rispettata solo in testa ed al piede e quindi il calcolo non riflette il reale comportamento di un pannello nervato, ma comunque vi si avvicina;
- il peso proprio del muro viene assegnato al ritto centrale come carico uniformemente distribuito lungo l'asse X locale;
- si fa presente che schematizzare un muro suddividendolo in più parti, anche se spesso è necessario per consentire l'appoggio di travi e pilastri, comporta una maggiore deformabilità del muro stesso per sforzi orizzontali. La deformazione orizzontale di un muro di lunghezza L sottoposto ad una forza orizzontale T è infatti:

$$\delta = \frac{TL^3}{12EJ} + \frac{TL}{GA}$$

spezzando il pannello in più parti il secondo termine resta costante, mentre il primo termine aumenta. Per muri molto lunghi (ad esempio muri di perimetro al seminterrato di un edificio), in cui il secondo termine è preponderante rispetto al primo, l'errore commesso è modesto, mentre aumenta molto e può diventare significativo per muri molto corti (ad esempio pilastri schematizzati con due muri anziché uno solo).

A titolo indicativo si può considerare che per un muro di lunghezza L ed altezza H, diviso in n parti uguali, poiché normalmente il rapporto E/G vale circa 2.3, la deformazione orizzontale aumenta di un fattore pari a:

$$\frac{n^2 \frac{H^2}{L^2} + 2.3}{\frac{H^2}{L^2} + 2.3}$$

**Argomenti correlati: Differenza fra muri ed elementi bidimensionali.**

## Schematizzazione link su linea

Il concetto di "link su linea" non è generalmente presente nei solutori ad elementi finiti oppure non consente appieno la definizione del comportamento strutturale desiderato con i link su linea come intesi in ModeSt.

Tutti i solutori hanno invece il concetto di collegamento fra due nodi che possono essere anche coincidenti. Questo collegamento avviene attraverso diversi tipi di elementi (spesso denominati LINK) in cui oltre alla definizione del necessario sistema di riferimento viene specificato il tipo di accoppiamento fra i diversi Gradi di Libertà (GDL) dei due nodi. Il GDL può essere disaccoppiato, accoppiato rigidamente o con diverse modalità che possono variare a seconda del solutore (elastico lineare, non lineare, ecc.).

I link su linea sono quindi stati pensati come uno strumento per trasformare un concetto (svincolamento di bordo di elementi bidimensionali) in elementi che possono essere gestiti da un solutore.

Il programma individua tutti i nodi e gli elementi bidimensionali interessati dal link su linea e crea per ognuno di essi dei nodi aggiuntivi, coincidenti con i nodi di modellazione ma che ad essi vengono "agganciati" con elementi LINK. Il sistema di riferimento del link su linea identifica la definizione dei GDL. Se il GDL è elastico, la rigidezza distribuita viene concentrata nel LINK in funzione della lunghezza dell'elemento. Elementi incidenti nello stesso nodo e nello stesso link su linea avranno un unico nodo aggiuntivo, in modo da mantenere la congruenza fra di loro.

I gradi di libertà rotazionali RY e RZ del link su linea in termini distribuiti non hanno senso in quanto i relativi GDL globali sono regolati dai GLD SY e SZ che la bloccano o la liberano a livello cinematico. In genere quindi tali GDL a livello locale (ossia a livello di LINK fra i nodi) vengono lasciati liberi.

Nei casi di strutture molto semplici in cui a livello matematico alcuni solutori interpretano la mancanza ad esempio di un vincolo rotazionale (ad esempio RZ) come una labilità globale, può essere necessario bloccare tali GDL. Si pensi ad un modello costituito da una semplice soletta appoggiata su delle pareti di perimetro. Per simulare l'appoggio il link su linea di bordo avrà i GDL SX, SY ed SZ bloccati e RX libero.

La rotazione rigida della soletta intorno all'asse verticale è ovviamente impedita dai blocchi in SX e SY, ma alcuni solutori danno ugualmente una labilità per RZ ed in tal caso sarà necessario bloccare RZ locale dei nodi generati.

Il conflitto fra le libertà di movimento e rigidezze per due link su linea incidenti su uno stesso nodo di uno stesso bidimensionale interessato da entrambi viene risolto dal programma considerando (dopo le opportune trasformazioni dovute ai sistemi di riferimento diversi) il più "rigido" fra i due. Tenendo presente che un GDL libero è come se avesse rigidezza nulla e che un GLD bloccato ha una rigidezza infinita, si può capire il comportamento del programma.

Avere chiaro questo comportamento può aiutare a risolvere e modellare alcuni casi particolari.

Immaginiamo di voler introdurre una discontinuità totale in una soletta, creando un link su linea che ne renda indipendenti tutti gli spostamenti (in pratica un TAGLIO), ma lasciando l'incastro sulle pareti che lungo il perimetro sorreggono la soletta.

Definendo solamente il link su linea che simula il taglio, avremo che anche il nodo che appoggia sul bordo risulterà "scollegato" dalla parete creando un comportamento non voluto. Definendo invece un link su linea completamente bloccato sul bordo del bidimensionale che appoggia sulla parete, creeremo un "conflitto" fra i due GDL del nodo comune, che per quanto detto, verrà risolto lasciando il nodo "agganciato" alla parete.

## Zone rigide e offset dai nodi

Durante la fase di calcolo e attraverso i parametri aggiuntivi delle aste è possibile specificare il calcolo considerando infinitamente rigide le zone di interconnessione trave-pilastro e considerando il disassamento dell'asse baricentrico dell'asta rispetto ai nodi.

La lunghezza delle zone rigide viene calcolata automaticamente in funzione del filo fisso degli elementi strutturali e delle reciproche posizioni. Per i pilastri viene considerata infinitamente rigida una parte corrispondente alla minore delle altezze delle travi che vi concorrono, mentre per le travi viene considerata la minore delle larghezze dei pilastri. Le aste che non hanno tipologia trave o pilastro vengono calcolate senza zone rigide. Tale calcolo viene effettuato per tutti i tipi di sezione escluso le sezioni qualunque ad inerzia assegnata.

Quando per un'asta viene selezionato il calcolo con zone rigide i risultati in termini di sollecitazioni vengono forniti non più sul nodo, ma alle estremità delle zone rigide e quindi ovviamente l'equilibrio sul nodo sembra non essere rispettato. Ad esempio la somma dei momenti non risulta essere pari a zero in quanto occorre considerare il momento dovuto al taglio (che è applicato ad una certa distanza dal nodo) e l'effetto del carico sulla parte di asta considerata infinitamente rigida.

I vari solutori adottano metodologie differenti per la schematizzazione di queste zone infinitamente rigide: Xfinest prevede in linea più generale degli offset di posizionamento fra il nodo ed il vero asse baricentrico dell'asta. Vengono quindi passati al solutore gli offset in direzione X locale dell'asta corrispondenti alle zone rigide calcolate. In questo caso, poiché i solutori considerano il carico sull'asta agente sulla sola parte flessibile, ModeSt può se richiesto recuperare i carichi che andrebbero perduti creando delle azioni concentrate sui nodi. Si veda anche **Recupero carichi zone rigide**.

Anche l'offset di posizionamento dai nodi viene calcolato solo per aste con tipologia trave o pilastro, mentre l'offset di posizionamento dei muri e degli elementi bidimensionali non viene mai considerato.

Utilizzare quindi con cautela questo tipo di calcolo per aste che incidono su elementi bidimensionali o muri. Possono infatti nascere su questi elementi momenti flettenti non realmente presenti causati dall'eccentricità dei pilastri soprastanti. Nel caso di elementi membranali questo può dar luogo anche a fenomeni di labilità locale.

Analogamente le reazioni vincolari o le azioni trasmesse ad una platea di fondazione da un pilastro con offset rigido dal nodo possono essere caratterizzate da valori completamente falsati dalla presenza dell'offset.

**Argomenti correlati: Aste - connessione e posizione.**

## Spettri di progetto ai sensi D.M. 17/01/18

Gli spettri di progetto vengono di default, attraverso l'opzione **Automatici da normativa** della scheda "Dati struttura", calcolati automaticamente dal programma seguendo le indicazioni del par. 3.2.3.

Gli spettri di progetto possono essere definiti anche dai risultati di una specifica analisi della risposta sismica locale selezionando l'opzione **Da specifiche analisi di risposta sismica locale** nella scheda "Dati struttura". Lo spettro viene calcolato con le espressioni del par. 3.2.3.2.1, non utilizzando i parametri di  $S_s$  e di  $C_c$  della Tab. 3.2.IV ma bensì i valori specificati nel **Coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ )** e nel **Coefficiente funzione della categoria del suolo ( $C_c$ )** e moltiplicando il valore del periodo  $T_B$  (calcolato con l'espressione [3.2.6]) per il valore del **Coefficiente di modifica del periodo  $T_B$**  presenti nella scheda "Dati di calcolo". Il valore di  $T_D$  è comunque definito solo in funzione dell'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, come da normativa (espressione [3.2.7]). Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è comunque indipendente dalle condizioni stratigrafiche, come da Tab. 3.2.VI del par. 3.2.3.2.2.

Tali parametri possono essere desunti standardizzando lo spettro ottenuto della specifica analisi di risposta sismica locale nella forma prescritta in normativa (par. 3.2.3).

Dato quindi uno spettro da specifica analisi di risposta sismica locale relativo ad un dato periodo di ritorno  $T_R$ , calcolati i valori dell'accelerazione massima del tratto orizzontale ad accelerazione costante ( $S_{maxRSL}$ ) e dei relativi periodi limite  $T_{RSL}$  e  $T_{CRSL}$ , è possibile ricavare i **Coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ )** e di modifica del periodo  $T_C$  (**Coefficiente funzione della categoria del suolo ( $C_c$ )**) e del periodo  $T_B$  (**Coefficiente di modifica del periodo  $T_B$** ) partendo dall'azione sismica di base, definita dai valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , funzione del sito di costruzione e del medesimo periodo di ritorno  $T_R$  utilizzato per l'analisi della risposta

sismica locale (RSL): il **Coefficiente di amplificazione stratigrafica (Ss)** =  $S_{maxRSL}/(a_g \times F_0)$ ; il coefficiente di modifica del periodo TC è pari a **Cc** =  $TC_{RSL}/T_c^*$ ; il **Coefficiente di modifica del periodo TB** =  $TB_{RSL}/(C_c \times T_c^*/3)$ .

Gli spettri di progetto possono essere definiti anche importandoli da file esterni selezionando l'opzione **Definiti manualmente** nella scheda "Dati struttura" e nella scheda "Dati di calcolo" con il bottone "Gestione spettri" importare gli spettri necessari in funzione dei parametri di calcolo impostati.

I file degli spettri devono essere in formato TXT o CSV (ASCII in ogni caso) e contenere su diverse linee i dati di periodo ed accelerazione espressi in **secondi e multipli di g** (accelerazione di gravità). Le coppie di dati possono essere separate da spazio da punto e virgola o da virgola. Una volta importato il file i dati vengono salvati nel file con lo stesso nome della struttura ed estensione SPE che risiede nella cartella del progetto.

Con gli spettri personalizzati non vengono richiesti da ModeSt i dati relativi alla determinazione degli spettri di progetto (caratterizzazione topografica, pericolosità, ecc.). I dati dello spettro devono essere già caratterizzati da tutti i parametri necessari.

I dati si intendono come già comprensivi di uno smorzamento implicito e non divisi per il fattore di comportamento q. Per questo motivo il programma automaticamente divide i dati dello spettro per  $\eta$  (fattore calcolato con lo smorzamento implicito indicato nella scheda "Dati di calcolo") e poi per q, ed è visualizzabile cliccando sul bottone "Gestione spettri".

Volendo eseguire il calcolo senza modifiche allo spettro fornito, ovviamente basta indicare un coefficiente di smorzamento implicito pari al 5% ( $\eta=1$ ) ed un fattore di comportamento  $q=1$ . In tal caso ModeSt non è in grado di valutare gli spostamenti amplificati come previsto al punto 7.3.3.3.

Quando viene importato uno spettro, ModeSt cerca di individuare automaticamente il periodo TC, necessario per diverse procedure di calcolo. È bene controllare che sia stato individuato in modo corretto, ed eventualmente modificarlo.

Note:

1. I controlli di cui alla tabella 3.2.VII. non vengono eseguiti e lo spettro elastico in spostamento necessario in alcuni casi (par. 3.2.3.2.3) viene calcolato tramite la formula 3.2.10.
2. Nel caso di analisi pushover, vengono calcolati solo gli indici di sicurezza in termini di accelerazione, e non in termini di periodo di ritorno.

## Recupero masse secondarie

In analisi statica o sismica statica o dinamica lineare è possibile specificare come devono essere trattate le masse o le forze che non sono automaticamente riferibili ad un impalcato.

Quando nella struttura risultano delle masse su nodi che appartengono all'impalcato 0 e che non siano vincolati in direzione X o Y o RZ, come in genere accade per i nodi intermedi di piano o i nodi di mesh di elementi verticali, queste masse possono essere gestite con le seguenti modalità:

- trasferirle al baricentro delle masse dell'impalcato rigido o sui nodi dell'impalcato non rigido;
- lasciarle dove sono (sul nodo di pertinenza);
- annullare tali masse.

L'impalcato su cui trasferire le masse secondarie può essere quello superiore più vicino in Z oppure quello più vicino in assoluto. Nel caso in cui l'impalcato superiore non esista le masse vengono trasferite a quello inferiore.

Per individuare l'impalcato a cui trasferire la massa, il programma fa riferimento a quanto indicato nel nodo come modalità di trasferimento. La modalità di trasferimento è modificabile, dopo aver selezionato il nodo, nel pannello **Proprietà elementi selezionati** selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Imp. trasf. masse".

Se nel nodo la modalità di trasferimento è automatica, vengono costruiti i perimetri di impalcato secondo diverse opzioni e poi viene individuato il perimetro più vicino (sopra o sotto se del caso) in cui ricade la verticale del nodo.

Le opzioni sono:

**Dagli elementi appartenenti all'impalcato:** per individuare il perimetro vengono presi in considerazione solo le aste ed i bordi di elementi bidimensionali che **appartengono** all'impalcato.


**Dagli elementi giacenti sull'impalcato:** per individuare il perimetro vengono presi in considerazione solo le aste ed i bordi di elementi bidimensionali i cui nodi **giacciono** alla quota dell'impalcato, anche se appartenenti all'impalcato 0.

**Dai solai appartenenti all'impalcato:** per individuare il perimetro vengono presi in considerazione solo le aste di perimetro dei solai i cui nodi appartengono all'impalcato.

Per gli impalcati rigidi si possono modificare le coordinate X,Y,Z o solo le X,Y del baricentro delle masse dell'impalcato (calcolato con le altre) oppure non modificare le coordinate calcolate prima del trasferimento delle masse secondarie e quindi aumentare solo il valore delle masse su di esso.

Non tutti i metodi sono applicabili in relazione al tipo di schematizzazione del piano rigido. ModeSt rende disponibili di volta in volta solo quelli applicabili.

In analisi sismica statica, scegliendo il penultimo tipo di recupero delle masse secondarie, viene applicata una forza in corrispondenza di ognuna delle masse.

Al termine del calcolo statico o sismico è possibile controllare come sono state trasferite le masse cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Trasf. masse sec.** .

## Generazione masse

Sia per l'analisi modale che per l'analisi sismica statica o dinamica, ModeSt deve calcolare, in funzione dei carichi assegnati, le masse da applicare alla struttura, per eseguire l'analisi degli autovalori, o per valutare le forze statiche equivalenti ai sensi della normativa Italiana.

Il calcolo viene effettuato trasformando tutti i carichi in direzione Z globale (kg peso) della struttura in masse. Vengono generate le 6 componenti di massa dividendo il carico per l'accelerazione di gravità e moltiplicandolo per i moltiplicatori per la generazione delle masse specificati al momento dell'archiviazione delle CCE. Solo i carichi nodali di tipo massa vengono considerati già espressi in kg massa e quindi non risentono né dell'accelerazione di gravità né dei moltiplicatori per la generazione delle masse.

I carichi accidentali provenienti dai solai vengono moltiplicati per il coefficiente di riduzione proprio del solaio, mentre i carichi inseriti manualmente dall'utente vengono moltiplicati per il coefficiente di riduzione specificato al momento in cui è stata archiviata la CCE in cui sono stati memorizzati. Nel caso in cui le componenti di massa X e Y vengano riportate al baricentro di piano (come necessario nel caso di **schematizzazione piani rigidi**) viene anche tenuto conto del momento d'inerzia polare sia proprio della massa (per le masse derivanti dai solai) che di quello di trasporto.

Viene considerato il coefficiente di riduzione in funzione del tipo di normativa adottato. Nel caso di calcolo con il metodo degli stati limite i carichi vengono moltiplicati per il coefficiente specificato dalla normativa.

La massa derivante dai solai viene calcolata in funzione dell'area effettiva del solaio per quanto riguarda la componente permanente (somma dei permanenti strutturali e non strutturali) del carico, ed in funzione della proiezione del solaio sull'orizzontale per la componente accidentale.

Tutti i carichi distribuiti vengono comunque riportati in masse concentrate sui nodi e quindi per valutare i modi di vibrazione in direzione Z di un'asta occorrerà suddividere l'asta in un numero di parti sufficiente a individuare le varie forme modali.


**Argomenti correlati: Recupero masse secondarie.**

## Combinazione delle condizioni di carico

Le CCE definite e le CCE create automaticamente in fase di calcolo devono essere combinate fra loro con coefficienti moltiplicativi.

Al momento del calcolo ModeSt propone una serie di combinazioni standard delle CCE, combinazioni che possono essere comunque ridefinite. Spostamenti e sollecitazioni verranno forniti quindi non per le CCE ma per le combinazioni così definite. Per ridefinire le combinazioni delle CCE è sufficiente modificare i fattori moltiplicativi ed eventualmente aggiungere o eliminare combinazioni. Se il calcolo della struttura è già stato effettuato con gli stessi parametri e con lo stesso numero di CCE, (conteggiando sia quelle fornite dall'utente che quelle calcolate in automatico), ModeSt rilegge automaticamente le combinazioni definite precedentemente.

Anche quando il calcolo è già stato eseguito, le combinazioni delle CCE sono comunque modificabili cliccando

nel gruppo **Combinazioni** della scheda **Analisi** su **Modifica** .

**Nota:** la differenziazione dei carichi permanenti in strutturali e non strutturali è eventualmente richiesta solo se si adotta il D.M. 17/01/18, se si adottano le altre normative è sufficiente nella definizione dei tipi di solai specificare solo il valore dei carichi permanenti strutturali (ovviamente questo carico sarà il carico permanente totale comprensivo del peso proprio del solaio) e calcolare solo i carichi permanenti strutturali per avere i carichi permanenti derivanti dai solai. In seguito assumeremo che i carichi permanenti siano la somma dei carichi permanenti strutturali e non strutturali.

Supponiamo ad esempio che siano state create le seguenti CCE:

1. peso proprio e carichi permanenti dovuti ai solai
2. carichi accidentali dovuti ai solai
3. carichi dovuti alla neve
4. carichi dovuti al vento

e supponiamo che sia stato selezionato il calcolo statico della struttura (senza analisi sismica). La tabella delle combinazioni delle CCE proposta è la seguente:

COND.	1	2	3	4
1	1.00	1.00	1.00	1.00

e cioè come combinazione viene proposta la somma di tutte le CCE definite (ognuna con coefficiente moltiplicativo pari ad 1.00). I valori numerici sono ovviamente modificabili all'interno della tabella.

Cambiando il numero di combinazioni è possibile modificarne la definizione; ad esempio aggiungendo due ulteriori combinazioni viene proposta la seguente tabella:

COND.	1	2	3	4
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00

Muovendosi nella tabella e modificando i valori dei coefficienti moltiplicativi possiamo ottenere ad esempio la seguente tabella:

COND.	1	2	3	4
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00	0.00
3	1.00	1.00	0.00	1.00

In definitiva abbiamo creato le seguenti combinazioni delle CCE:

1. tutti i carichi compreso vento e neve
2. permanenti + accidentali + neve (senza vento)
3. permanenti + accidentali + vento (senza neve)

È chiaro quindi che operando con accortezza nel definire le CCE è possibile definire agevolmente le più svariate combinazioni delle CCE (ad esempio carichi a scacchiera sui solai).

Nel caso in cui la tabella delle combinazioni sia particolarmente complessa è anche possibile rileggerla da un file scritto manualmente. Il file può essere creato sia con Excel sia con il Blocco note (Notepad), nel primo caso dovrà essere salvato in formato CSV mentre nel secondo caso avere come estensione ASC. Il file deve essere costituito da tante righe/linee quante sono le combinazioni da definire e su ogni riga/linea devono essere presenti un codice identificativo del tipo di combinazione (sulla prima colonna), tante colonne quante sono le CCE della struttura (comprese quelle create in automatico in caso di analisi sismica) e, fra virgolette, il commento della CC. Per entrambi i formati CSV e ASC, i dati devono essere separati da virgola o da punto e virgola.

I codici dei tipi di combinazioni ammissibili sono i seguenti:

- TA (Tensioni Ammissibili);
- SLU (Stato Limite Ultimo);
- SLU S (Stato Limite Ultimo Sismico);
- SLO (Stato Limite d'esercizio di Operatività);
- SLD (Stato Limite d'esercizio di Danno);
- SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita);
- SND (Stato limite di salvaguardia della vita Non Dissipativo);
- SLC (Stato Limite ultimo di prevenzione del Collasso);
- SLE R (Stato Limite di Esercizio per combinazioni Rare);
- SLE F (Stato Limite di Esercizio per combinazioni Frequenti);
- SLE Q (Stato Limite di Esercizio per combinazioni Quasi permanenti);
- SLU I (Stato Limite di resistenza al fuoco).

Sulle righe della tabella non possono coesistere codici identificativi di combinazioni agli stati limite e alle tensioni ammissibili. Se in una delle righe esiste il codice identificativo TAM questo deve essere ripetuto anche sulle altre righe.

Se si rilancia il calcolo e si cambia tipo di analisi o altri parametri (ad esempio il rapporto dei lati) le combinazioni precedentemente modificate si perdono. Comunque se il numero di CCE è compatibile sarà possibile dopo il calcolo ricaricare il file CMB.

**Argomenti correlati: Gestione dei carichi, Sollecitazioni e risultati.**

# Trasferimento dati al solutore

Nel trasferimento dei dati al solutore vengono effettuate alcune trasformazioni dei carichi e/o annullati alcuni carichi.

Si riportano nei paragrafi seguenti alcune note su questo argomento, ricordando che per "muri" si intendono gli elementi bidimensionali verticali schematizzati con un reticolo equivalente di aste, mentre con "elementi bidimensionali" si intendono i veri elementi bidimensionali (shell) a tre o a quattro nodi derivanti da una mesh.

**Carichi concentrati in campata sulle aste:** vengono eliminati se si procede al calcolo con **l'uniformizzazione dei carichi**. Si ricorda comunque che un carico concentrato in campata può essere introdotto spezzando l'asta in due e applicando il carico sul nodo intermedio.

**Carichi variabili o parziali sulle aste:** vengono trasformati in carichi uniformi secondo le modalità specificate nei parametri di calcolo alla voce **Massimizzare i carichi variabili** se si procede al calcolo con **l'uniformizzazione dei carichi**.

**Carichi sui muri:** vengono tutti perduti ad esclusione del peso proprio che viene trasferito per metà all'asta di piede e per metà all'asta di testa. Volendo inserire carichi ortogonali all'elemento o carichi termici occorre procedere alla mesh del muro con conseguente trasformazione in elementi bidimensionali veri e propri.

**Carichi idrostatici sugli elementi bidimensionali:** il carico viene trasformato in carico uniforme con riferimento alla media dei valori in corrispondenza dei nodi. Vengono considerati solo gli elementi con baricentro compreso nel campo di applicazione del carico.

## Il metodo degli stati limite

È possibile effettuare il calcolo della struttura secondo il metodo degli stati limite, in alternativa al consueto metodo delle tensioni ammissibili. Il calcolo è effettuabile solo se sono state definite le tipologie di CCE e se ad ogni CCE è stata associata una tipologia.

Si ricorda la differenza concettuale fra i due metodi:

**Tensioni ammissibili:** dai carichi previsti si risale alle sollecitazioni di progetto e da queste alle tensioni nelle membrature, dopodiché le tensioni vengono confrontate con le tensioni "ammissibili" nel materiale, ossia con tensioni ridotte rispetto a quelle di rottura mediante opportuni coefficienti di sicurezza.

**Stati limite:** dai carichi previsti, tramite opportuni coefficienti probabilistici di amplificazione, si risale alle sollecitazioni massime presumibilmente agenti sulla struttura e si confrontano queste ultime con le sollecitazioni di rottura, determinando così il coefficiente di sicurezza.

Il metodo delle tensioni ammissibili ha il vantaggio di più semplici operazioni di calcolo contro l'impossibilità di conoscere l'effettivo grado di sicurezza rispetto ai carichi agenti, mentre il metodo degli stati limite consente di sapere con certezza il grado di sicurezza rispetto ai carichi previsti sulla struttura, restando però incognito il tasso di lavoro dei materiali e al prezzo di più onerose procedure di calcolo, sicuramente non più effettuabili con metodi manuali o tradizionali.

Attualmente, secondo la normativa Italiana, è possibile operare la verifica delle strutture secondo i seguenti metodi:

1. metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14/02/92);
2. metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 17/01/18);
3. metodo degli stati limite secondo la normativa Italiana (D.M. 9/01/96);
4. metodo degli stati limite secondo gli Eurocodici, seguendo le direttive del DAN (Documento di Attuazione Nazionale) che specifica o sostituisce alcuni parametri degli Eurocodici;
5. metodo degli stati limite secondo D.M. 17/01/18.

In ModeSt la determinazione delle sollecitazioni viene effettuata in modo automatico durante il calcolo della struttura. La sola parte demandata all'utente è la "classificazione" delle condizioni di carico elementari (CCE), classificazione che consente di stabilire quei dati di carattere probabilistico che identificano i carichi.

In questo senso ModeSt prevede 4 tipi di carichi:

- carichi permanenti (codificati con la lettera **G**) in cui rientrano sia quelli strutturali che non strutturali;
- carichi variabili (codificati con la lettera **Q**);
- carichi eccezionali (codificati con la lettera **A**) di raro utilizzo in quanto corrispondenti a esplosioni, urti o altri eventi eccezionali;
- carichi di precompressione (codificati con la lettera **P**), previsti solo per ragioni di completezza visto che ModeSt non gestisce direttamente la precompressione;

ModeSt prevede inoltre una quinta categoria di carichi, codificati con la lettera **I**, per indicare i carichi che devono essere ignorati per quanto riguarda la determinazione delle azioni sulla struttura (ad esempio le sole azioni di massa).

Come previsto dal metodo degli stati limite ognuna di queste "tipologie" di carico è caratterizzata da due diversi coefficienti ( $\gamma$ ) da utilizzare uno nel caso in cui il carico aumenti la sicurezza della struttura ed uno nel caso in cui la diminuisca.

Purtroppo nella realtà di una struttura molto complessa non è facile determinare a priori se certi carichi aumentino o no la sicurezza della struttura e quindi ModeSt consente di operare in entrambe le ipotesi. Si pensi ai carichi accidentali in un capannone in cui i pilastri si comportano come mensole: associati alle azioni sismiche sono (forse) a favore di sicurezza in quanto diminuiscono l'eccentricità dello sforzo normale, mentre senza le azioni sismiche gli stessi carichi aumentano semplicemente la compressione nel pilastro e quindi sono a sfavore di sicurezza.

Resta inevitabilmente compito dell'utente operare le necessarie distinzioni per limitare il numero di casi da esaminare da parte di ModeSt. Ogni condizione di carico può quindi all'interno di ModeSt essere classificata come a **Favore di sicurezza**, a **Sfavore di sicurezza** o **Ambigua**. In quest'ultimo caso ModeSt genera entrambi i casi di sollecitazione (se i due coefficienti  $\gamma$  sono diversi), creando però un notevole numero di combinazioni da esaminare.

I carichi di tipo variabile possono inoltre essere considerati come **di base** o come carichi **indipendenti**. Anche in questo caso ModeSt consente di operare la corretta classificazione dei carichi, introducendo anche la tipologia **Ambigua** che comporta la creazione di entrambe le combinazioni.

In sede di calcolo occorre poi definire gli **ambienti di carico**, concettualmente simili alle "Combinazioni di Carico" del metodo delle tensioni ammissibili, ma che più in generale definiscono le diverse situazioni di carico e quali stati limite valutare. Le vere e proprie combinazioni di carico verranno poi generate in automatico da ModeSt in funzione della classificazione e dei coefficienti delle varie CCE.

Nel caso di carichi variabili classificati come "Ambigui" ossia sia di base che indipendenti, è poi possibile indicare insieme a quali altri carichi debbano essere **accoppiati** (ossia considerati sempre dello stesso tipo) o **disaccoppiati** (ossia considerati sempre di tipo diverso).

Ad esempio le CCE dovute alla neve e al vento possono essere definite come ambigue, in modo che vengano considerate sia di base che indipendenti, ma occorre imporre che non siano contemporaneamente dello stesso tipo, devono cioè essere **disaccoppiate**. Al contrario se per motivi di convenienza di modellazione un certo carico è stato diviso in due o più CCE diverse (ad esempio vento radente e vento in pressione), occorre imporre che le due CCE siano considerate di volta in volta dello stesso tipo (ossia **accoppiate**) in quanto concettualmente rappresentano una sola condizione di carico.

Attraverso l'opzione **Genera le combinazioni con un solo carico di tipo variabile come di base** presente nella scheda "Ambienti di carico" della finestra del calcolo è possibile creare le combinazioni di carico con al massimo un carico di tipo variabile considerato come di base.

Si noti inoltre che, oltre ai coefficienti  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  previsti dal metodo agli stati limite, la normativa Italiana D.M. 96 per i carichi variabili considera un coefficiente  $\psi$  diverso in caso di calcolo sismico. Pertanto è stato introdotto in ModeSt anche il coefficiente  $\psi_{0,s}$  (D.M. 96) che viene utilizzato per gli stati limite ultimi sismici secondo il D.M. 16/01/96.

## Combinazione risultati di due calcoli

### Introduzione

È possibile combinare fra loro i risultati di due calcoli effettuati con ipotesi diverse per gestire situazioni

particolari cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Combina i risultati di due calcoli** .

L'opzione è attivabile solo se nel progetto aperto sono presenti almeno due strutture calcolate con il metodo FEM e se non c'è nessuna struttura corrente. Occorrerà quindi se necessario provvedere a chiudere la struttura

corrente cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Chiudi** .

È possibile combinare due risultati del calcolo se rispettano le condizioni seguenti:

- le due strutture devono avere la stessa geometria in termini di numero e coordinate dei nodi, numero di muri/elementi bidimensionali ed aste, possono invece variare i vincoli dei nodi e delle aste ed il coefficiente di sottofondo;
- il calcolo delle sollecitazioni con il metodo FEM deve essere eseguito con l'ipotesi di carichi variabili uniformemente distribuiti;
- le strutture non devono essere in muratura;
- le strutture non devono essere calcolate solo in analisi modale;
- le strutture non devono avere una o più combinazioni non lineari o di buckling;



- le strutture devono essere calcolate con la stessa normativa.

Si possono combinare anche due strutture variando la sezione delle aste, tuttavia occorre fare attenzione nel caso in cui la sezione sia di tipo fittizio o è stato effettuato il calcolo delle sollecitazioni con l'ipotesi che le zone d'intersezione tra pilastro e trave siano infinitamente rigide, poiché il tipo di sezione e la lunghezza delle zone rigide nella struttura combinata è quello della prima struttura selezionata.

Dopo aver specificato i nomi delle due strutture da combinare fra di loro ed il nome della struttura risultante viene visualizzata una finestra suddivisa in tre parti. Nelle due parti laterali sono riportate le condizioni di carico elementari (CCE) definite nelle strutture o risultanti dal calcolo mentre nella parte centrale sono riportate le CCE o i modi selezionati dalle due strutture.

Terminata la selezione sarà possibile modificare le combinazioni delle CCE (CC) con le stesse modalità specificate in **Combinazione delle condizioni di carico**.

Per alcuni chiarimenti sulle possibilità offerte da questa procedura si veda anche **Esempi di combinazione di più calcoli**.

## Esempi di combinazione di più calcoli

### ANALISI DI COMPORTAMENTI STRUTTURALI IN PIÙ FASI

Supponiamo di dover calcolare una struttura in cui le travi sono di tipo prefabbricato con completamento del getto in opera dei nodi e/o di parte della trave, in modo che il comportamento della struttura sia il seguente:

**prima fase** carichi permanenti e travi in semplice appoggio (prima del getto integrativo);

**seconda fase** carichi accidentali e travi incastrate (dopo il getto integrativo).

In pratica (per le travi) i momenti di campata sono dati dai carichi permanenti con l'ipotesi di semplice appoggio, mentre i momenti d'incastro sono dati dai carichi accidentali (eventualmente con il sisma).

Schematizziamo la struttura CALC1 con le travi incernierate, definiamo le CCE dei carichi permanenti ed eseguiamo il calcolo statico per valutare i momenti di campata. Salviamo la struttura con nome CALC2 (clic-

cando sul menu dell'applicazione



selezionando **Salva con nome**



e poi **Struttura nel progetto**



), aggiungiamo le CCE dei carichi accidentali, modifichiamo i vincoli delle travi ed eseguiamo il calcolo (supponiamo sismico).

Ci troveremo quindi ad avere, per le due strutture, le seguenti CCE:

CALC1	CALC2
PESO + QPS ALL	PESO + QPS ALL
	QA ALL
	TAMPONAMENTI, ecc.
	Sisma statico dir $\alpha$
	Sisma statico dir $\alpha+90$



Clicchiamo sul menu dell'applicazione



e poi su **Combina i risultati di due calcoli**



specificando di voler combinare la struttura CALC1 con la struttura CALC2 nella struttura CALC3, selezioniamo adesso la CCE 1 della struttura CALC1 e le CCE 2, 3, 4 e 5 della struttura CALC2 ottenendo in definitiva le seguenti CCE:

1. PESO + QPS ALL [CALC1]
2. QA ALL [CALC2]
3. TAMPONAMENTI, ecc. [CALC2]
4. SISMA STATICO DIR.  $\alpha$  [CALC2]
5. SISMA STATICO DIR.  $\alpha+90$  [CALC2]

con la consueta tabella delle combinazioni delle CCE:

COND	1	2	3	4	5
1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
3	1.00	1.00	1.00	-1.00	0.00
4	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00
5	1.00	1.00	1.00	0.00	-1.00

terremo conto del comportamento desiderato.

**Nota:** Occorre sia presente **PESO + QPS ALL** anche nella struttura CALC2 (anche se poi non viene considerato) perché il calcolo delle masse di piano per il calcolo sismico sia corretto. In caso di calcolo non sismico non serve ovviamente avere tale CCE nella struttura CALC2.

## INVILUPPO DI DIVERSE CONDIZIONI DI VINCOLO

Supponiamo di voler valutare l'effetto provocato dalla presenza di cerniere all'incastro di alcune travi o pilastri di una struttura (ad esempio per cattiva messa in opera delle armature, per sovraccarichi che provocano l'insorgere di cerniere plastiche, ecc.) e di volersi cautelare progettando la struttura sia nell'ipotesi che in tali punti ci siano degli incastri, sia che ci siano delle cerniere.

Schematizziamo la struttura CALC1 con gli incastri, definiamo le CCE necessarie ed eseguiamo il calcolo.

Modifichiamo i vincoli, salviamo la struttura come CALC2 ed eseguiamo nuovamente il calcolo.

Ci troveremo quindi ad avere, per le due strutture, le seguenti CCE:

CALC1	CALC2
PESO + QPS ALL	PESO + QPS ALL
QA ALL	QA ALL
TAMPONAMENTI, ecc.	TAMPONAMENTI, ecc.

selezioniamo adesso tutte le CCE della struttura CALC1 e tutte le CCE della struttura CALC2, ottenendo in definitiva le seguenti CCE:

1. PESO + QPS ALL [CALC1]
2. QA ALL [CALC1]
3. TAMPONAMENTI, ecc. [CALC1]
4. PESO + QPS ALL [CALC2]
5. QA ALL [CALC2]
6. TAMPONAMENTI, ecc. [CALC2]

definendo la seguente tabella delle combinazioni delle CCE:

COND	1	2	3	4	5	6
1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
2	0.0	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00

avremo l'**inviluppo** dei due casi desiderati. In caso di calcolo sismico avremo analogamente le seguenti CCE complessive:

1. PESO + QPS ALL [CALC1]
2. QA ALL [CALC1]
3. TAMPONAMENTI, ecc. [CALC1]
4. PESO + QPS ALL [CALC2]
5. QA ALL [CALC2]
6. TAMPONAMENTI, ecc. [CALC2]
7. SISMA STATICO DIR.  $\alpha$  [CALC1]
8. SISMA STATICO DIR.  $\alpha+90$  [CALC1]
9. SISMA STATICO DIR.  $\alpha$  [CALC2]
10. SISMA STATICO DIR.  $\alpha+90$  [CALC2]

dovendo poi definire la seguente tabella delle combinazioni delle CCE:

COND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
5	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	-1.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
10	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	-1.00

In tal caso non è possibile eseguire l'analisi sismica dinamica.

In pratica nel paragrafo precedente si è fatta la **somma** di più CCE, mentre in questo caso si è fatto l'**inviluppo**.

# Analisi risultati del calcolo

## Introduzione

Al termine delle procedure di calcolo, tutte le elaborazioni effettuate vengono concettualmente suddivise in "**risultati**" che a loro volta sono raggruppati in "**sollecitazioni**".

Un esempio aiuterà a chiarire il concetto: in una semplice analisi statica, il calcolo comprende sia i risultati relativi alle singole condizioni elementari (**CCE**), sia quelli delle loro combinazioni (**CC**) secondo diversi fattori di combinazione. In questo caso quindi avremo due tipi di "**sollecitazioni**": le sollecitazioni CCE e le sollecitazioni CC. Nelle CCE i "**risultati**" saranno i valori relativi ad ogni singola CCE, mentre nelle CC i "**risultati**" saranno i valori combinati come specificato nel calcolo.

Analogamente per le sollecitazioni modali i risultati saranno i valori relativi ai diversi modi.

## Risultati numerici

### Tabelle risultati

A seguito del calcolo della struttura è possibile visualizzare le informazioni relative ai risultati del calcolo in

forma numerica cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici** . I risultati visualizzabili sono i seguenti:

- **Spostamenti e fondazioni**

**Spostamenti nodi:** riporta gli spostamenti dei nodi risultanti dal calcolo. La tabella è ordinabile per numero di nodo e in funzione di tutte le componenti di spostamento.

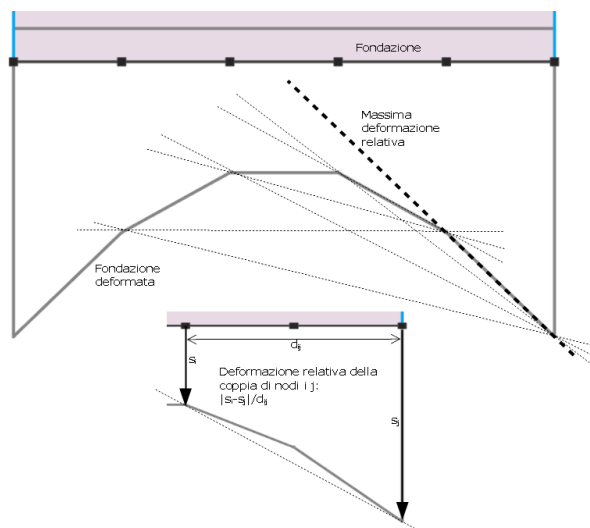
**Spostamenti relativi:** riporta gli spostamenti relativi per i nodi di testa e di piede di aste verticali. La tabella è ordinabile per numero di asta, per una qualunque delle componenti di spostamento assoluto, per il valore degli spostamenti assoluti e per il valore degli spostamenti relativi rispetto all'altezza netta o teorica. Nel caso di calcolo della struttura secondo il D.M. 16/01/96, il fattore  $\lambda$  viene calcolato automaticamente in funzione del coefficiente di protezione sismica. Per una maggiore leggibilità i valori dei rapporti vengono moltiplicati per un fattore 1000.

**Reazioni vincolari:** riporta le reazioni vincolari sui nodi. La tabella è ordinabile per numero di nodo e in funzione di tutte le componenti delle reazioni vincolari.

**Tensioni sul terreno:** riporta il valore della tensione sul terreno sotto i nodi. Le tensioni di trazione sono negative mentre sono positive quelle di compressione. La tabella è ordinabile per numero di nodo e in funzione del valore delle tensioni sul terreno. Nel caso di fondazione su plinti la tensione sul terreno è valutata solo con le reazioni vincolari e nelle ipotesi di sezione interamente reagente. La corretta tensione sul terreno è quella riportata in progettazione interattiva armatura plinti in cui si tiene conto, oltre alle reazioni vincolari, del peso proprio del plinto, dei sovraccarichi e del peso del terreno sovrastanti il plinto, degli effetti dovuti al taglio e alle eccentricità e calcolata nell'ipotesi di sezione parzializzata.

**Cedimenti:** riporta i cedimenti degli elementi di fondazione. Il valore del cedimento di segno positivo indica uno spostamento della fondazione di segno negativo rispetto al sistema di riferimento globale.

**Cedimenti differenziali:** riporta la massima deformazione relativa di tutte le coppie di nodi della fondazione e la coppia di nodi per la quale è ottenuta. Il risultato è riportato nella forma del reciproco di 1, cioè per una coppia di nodi distanti 1 m con una differenza di spostamento verticale di 1 mm lo spostamento relativo è riportato come 1/1000. Nel calcolo sono considerati gli spostamenti dei nodi su cui incidono elementi di fondazione (platee, travi su suolo elastico alla Winkler, plinti/pali) relativi agli stati limite statici di esercizio (SLE R, SLE F, SLE Q). Il comando agisce o su tutti i nodi della struttura o solo sui nodi selezionati. Nel caso in cui non siano stati selezionati i nodi, la massima deformazione relativa è valutata raggruppandoli in base alla loro quota altrimenti è valutata sui nodi selezionati indipendentemente dalla loro quota.



## • Sollecitazione negli elementi

**Sollecitazioni aste:** riporta le sollecitazioni risultanti dal calcolo nelle aste. La tabella è ordinabile per numero di asta e in funzione di qualunque componente di sollecitazione. Non si hanno i valori massimi in campata quando il momento flettente è negativo nelle aste di elevazione o positivo nelle aste di fondazione.

**Sollecitazioni muri:** riporta le sollecitazioni risultanti dal calcolo negli elementi bidimensionali definiti come muro. La tabella è ordinabile per numero di elemento e in funzione di qualunque componente di sollecitazione.

**Sollecitazioni bidimensionali:** riporta le sollecitazioni risultanti dal calcolo negli elementi bidimensionali. La tabella è ordinabile per numero di elemento e in funzione di qualunque componente di sollecitazione.

**Sollecitazioni nuclei:** riporta l'elenco dei nuclei e le sollecitazioni risultanti dal calcolo suddivise per livelli. Per nuclei composti da una sola parete le sollecitazioni sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano destrorso così definito: asse X coincidente con la linea e con verso dal primo punto al secondo punto della linea, asse Y coincidente con l'asse locale Y del muro/elemento bidimensionale selezionato e l'asse Z automaticamente determinato. Per nuclei composti da più pareti le sollecitazioni sono espresse nel sistema di riferimento globale. La tabella è ordinabile per numero e per qualunque componente di sollecitazione.

**Sollecitazioni link nodali:** riporta le sollecitazioni risultanti dal calcolo nei link nodali. La tabella è ordinabile per numero di asta e in funzione di qualunque componente di sollecitazione. Le sollecitazioni sono nulle per le componenti relative ai gradi di libertà bloccati. Quando tutti i gradi di libertà del link su nodi sono bloccati, le sollecitazioni non sono disponibili e nella cella compare la scritta ND (Non Disponibile).

**Sollecitazioni integrate:** riporta l'elenco delle sollecitazioni derivanti da un integratore. Le sollecitazioni sono espresse in un sistema di riferimento cartesiano destrorso visibile selezionando, nella finestra di dialogo, l'opzione "Mostra elementi e sistema di riferimento". Oltre al sistema di riferimento viene visualizzato il piano di sezione e gli elementi considerati nella determinazione delle sollecitazioni. La colonna F/T riporta se le sollecitazioni sono state determinate integrando le forze di equilibrio nodali (F) o le tensioni nodali (T).

**Sollecitazioni aste telaio eq.:** riporta le sollecitazioni nelle aste del telaio equivalente, i relativi momenti e tagli di plasticizzazione e lo stato in cui si trova l'elemento (**E** = Elastico; **PM** = Plastico per momento; **RT** = Rotto per taglio; **RM** = Rotto per sforzo normale; **RN** = Teso; **PT** = Plastico per taglio; **PTM** = Plastico per taglio e momento).

## • Risultati e informazioni generali

**Risultati analisi:** riporta l'elenco dei risultati disponibili per i diversi tipi di calcolo.

**Masse sismiche:** riporta l'elenco delle masse su nodi ed impalcati.

**Forze sismiche:** riporta l'elenco delle forze sismiche di piano su nodi ed impalcati.




**Taglienti di piano:** riporta l'elenco dei taglienti di piano sugli impalcati. Il tagliente di piano è la somma di tutte le forze sismiche applicate sui nodi e sugli impalcati alla quota uguale o superiore a quello dell'impalcato.

**Rigidezze:** riporta l'elenco degli spostamenti, delle rigidezze teoriche degli impalcati e del coefficiente  $\theta$ . Viene inoltre riportata la posizione del baricentro delle rigidezze teorico e la stima della tipologia strutturale con lo schema utilizzato per stimarla. Per maggiori informazioni si veda quanto riportato nel capitolo **Rigidezze teoriche**.

È possibile esportare i dati presenti nella tabella su un file in formato CSV (file di testo con campi separati da virgole, compatibili con Excel e facilmente rileggibili da programmi esterni) cliccando su *Esporta* del menu della finestra visualizzata.

## Risultati pushover muratura

Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della

scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , è possibile visualizzare le informazioni relative ai risultati dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) cliccando nel gruppo **Risultati pushover** su **Sollecitazioni** . Nella tabella sono riportate le sollecitazioni nelle aste del telaio equivalente, i relativi momenti e tagli di plasticizzazione e lo stato in cui si trova l'elemento (**E** = Elastico; **PM** = Plastico per momento; **RT** = Rotto per taglio; **RM** = Rotto per sforzo normale; **RN** = Teso; **PT** = Plastico per taglio; **PTM** = Plastico per taglio e momento).

**Argomenti correlati:** Tabelle risultati del calcolo, Tabelle altri dati, Sollecitazione e risultato corrente.

## Opzioni tabelle risultati del calcolo

Nelle tabelle relative ai risultati del calcolo della struttura è presente un bottone "Opzioni" o una casella di riepilogo a discesa che consentono a seconda dei casi di modificare alcune modalità di visualizzazione.

Con il bottone "Opzioni" è possibile modificare:

**Tipo di sollecitazioni:** la casella di riepilogo a discesa consente di selezionare quale fra i diversi tipi di sollecitazione presenti nel calcolo visualizzare in tabella.

**Numeri dei risultati o sigla del gruppo dei risultati:** permette di specificare quali risultati visualizzare digitandone il numero separati da spazi (ad esempio digitando 1 3, vengono visualizzati i dati relativi ai risultati 1 e 3) o specificare le sigle di uno o più gruppi di risultati separati da spazi (ad esempio digitando SLV SLU, vengono visualizzati i dati relativi ai risultati SLV e SLU): SLO, SLD, SLV, SND, SLC, SLI, SLER, SLEF, SLEQ. Digitando la sigla ALL (opzione di default) è possibile visualizzare tutti i risultati. Si possono specificare come risultati correnti quelli dissipativi (SLV) o non dissipativi (SND) digitandone il numero seguito dai modificatori 'D' o 'N'. Ad esempio digitando 1D, vengono visualizzati i dati relativi ai risultati della CC 1 di tipo dissipativo (SLV).

**Somma componenti prive di segno:** nel caso in cui il tipo di sollecitazione selezionato abbia componenti prive di segno è possibile scegliere se tali componenti vadano riportate separatamente dalla parte con segno o se debba essere visualizzata sia la somma che la differenza dei valori.

**Ordinamento con valori assoluti:** permette di effettuare l'eventuale ordinamento delle tabelle considerando il valore assoluto del dato anziché il valore con segno. Ad esempio può essere necessario individuare rapidamente il nodo con il massimo spostamento in direzione X, indipendentemente dal verso. Quando necessario gli ordinamenti vengono comunque effettuati sempre considerando le componenti prive di segno sia in somma che in differenza. L'eventuale valore assoluto viene calcolato dopo.

**Visualizza i valori non in formato esponenziale:** permette di visualizzare i valori non in formato esponenziale.

Con la "casella di riepilogo a discesa" è possibile selezionare quale fra i diversi tipi di sollecitazione o quale fra i diversi tipi di risultati del calcolo visualizzare nella tabella.

**Argomenti correlati:** Sollecitazione e risultato corrente, Sollecitazioni prive di segno.

## Risultati grafici

### Sollecitazione e risultato corrente

Per le rappresentazioni grafiche nella finestra di modellazione di momenti flettenti, tagli, tensioni, deformate, ecc. si fa sempre riferimento ad una **sollecitazione corrente** ed un **risultato corrente**. La scelta di entrambi si effettua dal pannello **Parametri risultati** nella sezione "Sollecitazioni e risultati correnti" selezionandoli dalla relativa casella di riepilogo a discesa.

In alcuni casi dalla casella di riepilogo a discesa dei risultati sarà possibile selezionare oltre che un singolo risultato, tutti i risultati (ALL) o un gruppo di risultati selezionando la sigla d'identificazione: SLO, SLD, SLV, SND, SLC, SLI, SLU, SLER, SLEF, SLEQ.

La rappresentazione grafica in alcuni casi può essere effettuata sia per un solo risultato, sia per tutti quelli disponibili nel tipo di sollecitazione corrente. In questo caso alcune rappresentazioni saranno effettuate sovrapponendo i risultati (ad esempio i diagrammi delle sollecitazioni delle aste), mentre altre saranno effettuate inviluppando i risultati (ad esempio i diagrammi delle aree teoriche d'armatura).

Alcune rappresentazioni possono essere effettuate solamente per un risultato (ad esempio le tensioni sul terreno).

**Nota:** dalla linea di comando digitando il comando **RISC** seguito dai modificatori '+' o '-' consente rispettivamente di aggiungere o togliere un risultato alla lista dei risultati correnti.

**Utilizzo da linea di comando:** **SOLC** (Sollecitazioni correnti), **RISC** (Risultato corrente).

## Deformata della struttura

La visualizzazione della deformazione nodale o elastica della struttura per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** rispettivamente su **Def. nodale**  o su **Def. elastica** .

La visualizzazione delle deformazioni è una informazione su selezione di nodi.

Nella **deformata nodale** si considera semplicemente lo spostamento dei nodi selezionati (opportunamente amplificato) e si disegna in unifilare gli elementi incidenti, mentre nella **deformata elastica** si integra l'equazione della linea elastica delle aste tenendo conto dei vincoli interni e delle eventuali zone rigide e si disegna anche la deformata dell'asta.

Gli elementi bidimensionali ed i muri vengono sempre disegnati solo con riferimento allo spostamento dei nodi, senza integrare lo stato deformativo interno.




Con l'opzione *Deformata nodale* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se la **deformata nodale** vada rappresentata con una linea o con una colorazione variabile lungo l'asta o il muro/elemento bidimensionale.

Le deformate si possono visualizzare considerando tutte le componenti degli spostamenti oppure solo alcuni spostamenti con le opzioni presenti nella sezione "Diagrammi/Mappe" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.

La visualizzazione può essere effettuata anche contemporaneamente per tutti i risultati presenti selezionando **ALL** nella casella di riepilogo a discesa della **sollecitazione corrente**.

La visualizzazione in animazione dei modi di vibrare si effettua come indicato nel capitolo **Visualizzazioni animate dei risultati**.

Se è attiva la deformata nodale o elastica della struttura è possibile disegnare il valore numerico relativo allo

spostamento cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Valori num.**  e poi su **Automatici** . Non è in questo caso utilizzabile l'opzione **Puntuali** . Per la deformata nodale vengono disegnati i valori corrispondenti alle tre componenti di spostamento valutati nel sistema di riferimento globale. Per la deformata elastica vengono disegnati i valori corrispondenti alle tre componenti di spostamento valutati nel sistema di riferimento locale dell'asta, nella prima riga i valori sono riferiti alla configurazione dell'asta indeformata mentre nella seconda riga sono riferiti alla configurazione dell'asta dopo il suo spostamento rigido.

Se il tipo di risultato corrente è un'analisi di buckling, la deformata visualizzata corrisponde alla forma di buckling resa corrente.


Si tenga presente che il disegno delle deformate relative ad analisi non lineari di strutture in muratura (metodo pushover) è puramente indicativo. Le analisi restituiscono come risultato praticamente solo lo spostamento del baricentro di piano, e quindi gli spostamenti degli altri elementi vengono interpolati o dedotti dal tipo di calcolo. Nel caso del calcolo pushover l'interpolazione avviene sempre fra piano e piano considerando le relative deformazioni, ma la deformata dei maschi murari non tiene conto delle rotazioni del piede e della testa, che pur sono state messe in conto durante l'analisi. Si ritiene comunque che tali deformate, specialmente in unione con le mappe dello stato degli elementi (si veda **Mappe tassi di sfruttamento strutture in muratura**), possano essere utili per capire il comportamento della struttura durante l'evolversi dell'analisi.

**Utilizzo da linea di comando:** **DDEF** (Disegna deformata nodale), **DDEL** (Disegna deformata elastica), **DVAL** (Disegna valori).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala**.

## Mappe spostamenti relativi

È possibile visualizzare una mappa a colori che rappresenta l'entità degli spostamenti relativi fra i nodi della struttura, calcolati come specificato dalla normativa Italiana, D.M. Min. LL.PP. 16/1/1996 e D.M. 17/01/18.

La visualizzazione degli spostamenti relativi per i nodi d'estremità di aste verticali per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Spost. relativi** .

La mappa degli spostamenti relativi è una informazione su selezione di aste, che devono essere aste verticali; aste non verticali vengono automaticamente escluse dalla selezione.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere visualizzata anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre fare l'involuppo dei diversi risultati per visualizzare lo spostamento relativo massimo.


Gli spostamenti relativi possono essere calcolati con riferimento all'altezza teorica delle aste (distanza fra i nodi) o con riferimento all'altezza netta (con esclusione delle zone rigide d'estremità) e possono essere rappresentati nei piani locali XY o XZ dell'asta o nel piano della reale direzione dello spostamento relativo massimo. Tutti questi parametri possono essere modificati usando Opzioni di disegno del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sullo sfondo della finestra.

**Nota:** la scelta fra altezza teorica e altezza netta è stata introdotta per consentire una interpretazione della normativa in senso più o meno restrittivo, mentre la scelta del piano di visualizzazione può risultare utile per la creazione di immagini da allegare a relazioni di calcolo.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSPR** (Disegna spostamenti relativi).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala.**

## Disegno reazioni vincolari

La visualizzazione delle reazioni vincolari sui nodi per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Reaz. vincolari** .




La visualizzazione delle reazioni vincolari è una informazione su selezione di nodi.

Vengono rappresentate le forze ed i momenti agenti con delle frecce nelle direzioni delle reazioni vincolari e di dimensioni variabili in funzione della loro intensità, con un unico colore o con colori diversi. La scelta se visualizzarle con un unico colore oppure con colori diversi si effettua con l'opzione *Reazioni vincolari* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.

Poiché vengono rappresentate la forza ed il momento risultanti, è possibile vederne le componenti semplicemente settando la **visualizzazione struttura** su un piano coordinato e attivando la vista in proiezione piana. Le dimensioni e la lunghezza delle frecce ed il raggio del cerchio sono in proporzione all'intensità della forza e del momento.

La visualizzazione può essere effettuata anche contemporaneamente per tutti i risultati selezionando **ALL** nella casella di riepilogo a discesa della **sollecitazione corrente**.


È possibile disegnare il valore numerico relativo alle reazioni vincolari attive cliccando nel gruppo **Disegno**

della scheda **Risultati** su **Valori num.**  e poi su **Automatici** . Non è in questo caso utilizzabile l'opzione **Puntuali** .

**Utilizzo da linea di comando:** **DRVN** (Disegna reazioni vincolari), **DVAL** (Disegna valori).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala, Sollecitazioni prive di segno.**

## Mappe tensioni sul terreno

La visualizzazione delle tensioni sul terreno per le aste e per gli elementi bidimensionali per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Tensioni terreno** .

Le tensioni sul terreno sono calcolate dal prodotto fra la costante di sottofondo associata all'elemento strutturale e lo spostamento verticale dei nodi su cui è definito. Tali risultati risultano quindi validi solo per elementi che giacciono su piani orizzontali.

La visualizzazione delle tensioni sul terreno è una informazione su selezione di aste o di elementi bidimensionali, ModeSt individua le aste e gli elementi bidimensionali su suolo elastico ed effettua la rappresentazione in relazione agli elementi.

Soffermandosi con il cursore grafico su un punto qualunque della mappa, appare il suggerimento a video che indica il valore numerico corrispondente alla tensione sul terreno in quel punto.

La visualizzazione delle tensioni sul terreno sotto gli pseudo-plinti non viene visualizzata, la tensione sotto i plinti può essere visualizzata nelle finestre di progettazione interattiva.


Le mappe delle tensioni sul terreno vengono disegnate involuppate nel caso in cui sia impostato di visualizzare più risultati del calcolo e sia stato specificato un *Tipo di involuppo* nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSIG** (Disegna sigma sul terreno).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala, Sollecitazioni prive di segno.**



## Mappe sovrappressioni sul terreno

La visualizzazione delle sovrappressioni nel terreno per gli elementi di fondazione per la sollecitazione corrente e per il risultato corrente può essere effettuata nelle finestre di modellazione cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Sovrap. terreno** .

Le tensioni di trazione sono negative mentre sono positive quelle di compressione.

La visualizzazione delle sovrappressioni nel terreno è una informazione su selezione di elementi di fondazione.


La visualizzazione può essere effettuata per uno solo dei risultati presenti nella **sollecitazione corrente**.


**Utilizzo da linea di comando: DSVP** (Disegna sovrappressioni).


## Diagrammi o mappe sollecitazioni aste

La visualizzazione delle sollecitazioni delle aste per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su uno dei seguenti bottoni:

**Sf. normale**  : disegna lo sforzo normale.

**Momento flettente**  : disegna il momento flettente.

**Taglio**  : disegna il taglio.


**Torsione**  : disegna il momento torcente.



Tutti i diagrammi o mappe delle sollecitazioni sono informazioni su selezione di aste.

Con l'opzione Sollecitazioni presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se i diagrammi vadano rappresentati con una linea, con una mappatura a colori che comunque riflette l'andamento delle sollecitazioni, o con una colorazione variabile lungo l'asta.

I diagrammi o le mappe delle sollecitazioni taglianti e flettenti si possono rappresentare nel reale orientamento nello spazio oppure nei piani locali XY e XZ dell'asta con l'opzione *Piano di visualizzazione* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra oppure nella sezione "Diagrammi/Mappe" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**. Nella legenda delle mappe delle sollecitazioni vengono riportati i valori assoluti nel caso di disegno nel piano reale e i valori con i propri segni nel caso di disegno nei piani locali.

Se è attiva la visualizzazione delle sollecitazioni con diagrammi è possibile disegnare il valore numerico rela-

tivo ai diagrammi attivi cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Valori num.** . Con

**Automatici**  i valori numerici delle sollecitazioni vengono disegnati nei punti estremi dell'asta e per le travi anche in corrispondenza del massimo momento flettente in campata. Mentre con **Puntuali**  è possibile scorrere lungo l'asta, visualizzando in tempo reale i valori delle sollecitazioni, e indicare il punto in cui far disegnare il relativo valore della coordinata e delle sollecitazioni.

La visualizzazione può essere effettuata anche contemporaneamente per tutti i risultati presenti nella sollecitazione corrente.

I diagrammi dei momenti vengono rappresentati nel piano di flessione e i diagrammi del taglio nel piano di taglio. Entrambi i piani possono localmente variare. Il momento torcente e lo sforzo normale vengono rappresentati nel piano XZ locale dell'asta.


I diagrammi o le mappe delle sollecitazioni vengono disegnati involuppati nel caso in cui sia impostato di visualizzare più risultati del calcolo e sia selezionata l'opzione *Inviluppo* e specificato un *Tipo di inviluppo* nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.

L'ampiezza dei diagrammi o delle mappe è in proporzione all'intensità delle sollecitazioni e vengono visualizzati in funzione dei **fattori di scala**.

**Utilizzo da linea di comando: DNOR** (Disegna sforzo normale), **DMOM** (Disegna momento flettente), **DTAG** (Disegna taglio), **DTOR** (Disegna momento torcente), **DVAL** (Disegna valori).


**Argomenti correlati: Fattori di scala, Sollecitazioni prive di segno.**

## Disegno masse e forze sismiche

La visualizzazione delle masse sui nodi ed impalcati può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Masse** . Viene visualizzata anche la posizione del baricentro delle rigidezze teorico solo se esiste un impalcato, tutti gli impalcati sono considerati infinitamente






rigidi con il metodo Master-Slave, non esistono masse in direzione Z ed è stato effettuato un'analisi sismica statica.

Se è stato effettuato un'analisi sismica statica è possibile visualizzare nelle **finestre di modellazione** le forze sismiche su nodi ed impalcati cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Forze** .

Vista la variabilità delle strutture con i valori dei fattori di scala di default possono risultare dei disegni troppo piccoli o troppo grandi che possono essere migliorati attraverso i **fattori di scala**.

È possibile disegnare il valore numerico relativo alle masse o forze sismiche attive cliccando nel gruppo **Di-**

**segno** della scheda **Risultati** su **Valori num.**  e poi su **Automatici** . Non è in questo caso utilizzabile l'opzione **Puntuali** .

**Utilizzo da linea di comando:** **DMS** (Disegna masse sismiche), **DFS** (Disegna forze sismiche), **DVAL** (Disegna valori).

## Disegno trasferimento masse secondarie


La visualizzazione di dove sono state trasferite le masse secondarie durante il calcolo può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Trasf. masse sec.** .

Viene disegnato una linea che congiunge il nodo selezionato con il punto in cui è stata trasferita la sua massa. La struttura deve essere stata calcolata e richiesto il trasferimento delle masse secondarie.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTMS** (Disegna trasferimento masse secondarie).

## Disegno curva carico-spostamento

È possibile visualizzare, nel caso di analisi sismica statica non lineare (pushover), la curva di capacità, la bilineare equivalente, gli spettri di capacità e di domanda.

La visualizzazione per la **sollecitazione corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Curva c/s** . Cliccando lunga la curva, si ottiene automaticamente l'attivazione del **risultato corrente** relativo al passo di analisi corrispondente.


La curva carico-spostamento è visualizzabile anche nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature,

apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** .

**Nota:** se compare il messaggio di errore **Tipo di sollecitazione corrente non valida** occorre: selezionare una sollecitazione corrente valida per quel tipo di analisi come ad esempio "Sisma +X Gruppo 1".

**Utilizzo da linea di comando:** **DCCS** (Disegna curva carico-spostamento).

## Disegno labilità

La visualizzazione delle labilità riscontrate durante il calcolo può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati** su **Labilità** .

Si visualizzano le labilità solo se riscontrate prima dell'arresto del solutore e se il calcolo è stato effettuato con il solutore Xfinest versione 5.10 o superiori. Possono quindi essere presenti nella struttura ulteriori labilità non ancora individuate dal solutore.

La labilità dei nodi viene visualizzata come un codice di sei cifre corrispondenti ai tre spostamenti e alle tre rotazioni, dove: 0 = spostamento o rotazione non labile; 1 = spostamento o rotazione labile.

L'attivazione del comando comporta la cancellazione di eventuali altri attributi relativi ai nodi già visualizzati quali numero, vincolo, ecc.

**Utilizzo da linea di comando:** **DLAB** (Disegna labilità).

## Solai controventati

La visualizzazione nelle **finestre di modellazione** dei solai che sono stati controventati nel calcolo può essere effettuata selezionando "Controventatura" nella sezione "Solai" nel pannello **Colorazioni elementi**.

I solai classificati come "Controventato" sono stati controventati sia per le azioni statiche che sismiche mentre quelli classificati come "Controventato solo per forze sismiche" solo per le azioni sismiche.

# Mappe stato tensionale e sollecitazioni unitarie elementi bidimensionali

La visualizzazione dello stato tensionale e delle sollecitazioni unitarie per gli elementi bidimensionali per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** sulla mappa tensionale o sulla sollecitazione unitaria da visualizzare.

La visualizzazione dello stato tensionale e della sollecitazione unitaria è una informazione su selezione di elementi bidimensionali.

La visualizzazione dello stato tensionale e della sollecitazione unitaria viene effettuata con riferimento al **piano di tensione**. Se il piano di tensione è stato settato come il piano di visualizzazione o come un piano definito dall'utente la mappa sarà effettuata solamente per gli elementi che hanno normale parallela alla normale del piano di tensione, e i valori rappresentati saranno omogenei fra di loro mentre nel caso in cui sia stato settato come piano di tensione il piano locale degli elementi la rappresentazione verrà effettuata per tutti gli elementi selezionati ma è compito dell'utente accertarsi che non vi siano incongruenze fra i valori di elementi adiacenti a cause dei diversi assi locali cui sono riferite le tensioni.

La visualizzazione può essere effettuata per uno solo dei risultati presenti nella sollecitazione corrente.

I tipi di stato tensionale che si possono visualizzare sono:

$\sigma_{xx}$ : attiva la visualizzazione della tensione normale in direzione X sulle facce con normale X;

$\sigma_{zz}$ : attiva la visualizzazione della tensione normale in direzione Z sulle facce con normale Z;

$\tau_{xz}$ : attiva la visualizzazione della tensione tangenziale in direzione X sulle facce con normale Z (o in direzione Z sulle facce con normale X);

$\tau_{xy}$ : attiva la visualizzazione della tensione tangenziale in direzione X sulle facce con normale Y (o in direzione Y sulle facce con normale X);

$\tau_{zy}$ : attiva la visualizzazione della tensione tangenziale in direzione Z sulle facce con normale Y (o in direzione Y sulle facce con normale Z);

$\tau_y$ : attiva la visualizzazione della tensione tangenziale complessiva in direzione Y (taglio fuori piano);

$\sigma_{pM}$ : attiva la visualizzazione della tensione normale principale massima;

$\sigma_{pm}$ : attiva la visualizzazione della tensione normale principale minima;

$\sigma_{VM}$ : attiva la visualizzazione della tensione principale di Von Mises;

I tipi di sollecitazione unitaria che si possono visualizzare sono:

$N_x$ : attiva la visualizzazione dello sforzo normale in direzione X;

$N_z$ : attiva la visualizzazione dello sforzo normale in direzione Z;

$T_{xz}$ : attiva la visualizzazione del taglio in direzione X sulle facce con normale Z (o in direzione Z sulle facce con normale X);

$T_{xy}$ : attiva la visualizzazione del taglio in direzione X sulle facce con normale Y (o in direzione Y sulle facce con normale X);

$T_{zy}$ : attiva la visualizzazione del taglio in direzione Z sulle facce con normale Y (o in direzione Y sulle facce con normale Z);

$M_{xx}$ : attiva la visualizzazione dei momenti che provocano tensioni normali in direzione X sulle facce con normale X;

$M_{zz}$ : attiva la visualizzazione dei momenti che provocano tensioni normali in direzione Z sulle facce con normale Z;

$M_{xz}$ : attiva la visualizzazione dei momenti che provocano tensioni tangenziali in direzione X sulle facce con normale Z (o in direzione Z sulle facce con normale X);

$M_{pm}$ : attiva la visualizzazione dei momenti principali minimi;

$M_{pM}$ : attiva la visualizzazione dei momenti principali massimi;

$M_{xW}$ ,  $M_{zW}$ : attiva la visualizzazione dei momenti equivalenti di Wood per la progettazione dell'armatura in direzione X o Z.



: attiva la visualizzazione della deformazione volumetrica plastica solo per gli elementi bidimensionali con materiale non lineare con criterio di plasticizzazione Drucker-Prager.

Soffermendosi con il cursore grafico su un punto qualunque della mappa, appare il suggerimento a video che indica il valore numerico corrispondente alla tensione visualizzata in quel punto.

Nelle **Opzioni di disegno** o nella sezione "Opzioni mappe" del pannello **Parametri risultati** con con "Tipo di inviluppo" è possibile modificare il tipo di inviluppo delle tensioni e delle sollecitazioni unitarie nel caso di più risultati presenti nella sollecitazione corrente:

**Nessuno:** non vengono inviluppati i valori e sono visualizzabili per uno solo dei risultati presenti nella sollecitazione corrente.

**Massimo:** vengono visualizzati i valori massimi.

**Massimo assoluto:** vengono visualizzati i valori massimi in valore assoluto.

**Minimo:** vengono visualizzati i valori minimi.

Nella sezione "Opzioni mappe" del pannello **Parametri risultati** è possibile modificare il tipo di visualizzazione:

**Faccia:** l'opzione **Superiore** attiva la visualizzazione della tensione normale (SXX e SZZ) sulla faccia superiore, **Inferiore** attiva la visualizzazione della tensione normale (SXX e SZZ) sulla faccia inferiore e **Media** attiva la visualizzazione della tensione normale (SXX e SZZ) sul piano medio.

**Direzioni principali:** attiva e/o disattiva la rappresentazione delle direzioni principali della tensione visualizzata. La linea lunga viene tracciata nella direzione della tensione maggiore in valore assoluto.

**Punti plasticizzati:** attiva e/o disattiva la rappresentazione dei punti con deformazione volumetrica plastica. Tali punti sono visualizzabili solo per gli elementi bidimensionali con materiale non lineare con criterio di plasticizzazione Drucker-Prager e quando è attivo un qualsiasi stato tensionale e si ha almeno un punto plasticizzato. Non sono visualizzabili quando è attiva la visualizzazione della deformazione volumetrica plastica.

#### NOTE:

- Le sollecitazioni unitarie sono forze/momenti per unità di lunghezza e sono visualizzabili solo nel piano medio.
- La tensione tangenziale complessiva in direzione Y è calcolata come segue:  $(TZY^2 + TXY^2)^{0.5}$ .
- Alcuni solutori o alcuni tipi di elemento non riportano i valori di TZY e TXY (cosiddetti tagli fuori piano).

**Utilizzo da linea di comando:** **DSLB** (Disegna sollecitazioni elementi bidimensionali).

**Argomenti correlati:** **Valori nodali elementi bidimensionali**, **Sollecitazioni prive di segno**, **Piano di tensione**, **Sollecitazioni negli elementi bidimensionali e sistemi di riferimento**.


## Pushover c.a. e acciaio

Per le strutture in c.a. e in acciaio calcolate con l'analisi sismica statica non lineare (pushover) è possibile visualizzare, per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente**, i risultati in funzione del metodo utilizzato.

Per il **metodo a plasticità diffusa** (fibre) è possibile visualizzare il rapporto fra la deformazione totale massima e quella di snervamento delle barre cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Pushover**

**c.a. e acciaio**  su **Rapporto fra le deformazioni e lo stato elementi** .

Per il **metodo a plasticità concentrata** è possibile visualizzare lo stato in cui si trovano le travi e i pilastri

in c.a. e acciaio cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Pushover c.a. e acciaio**  su **Rapporto fra le deformazioni e lo stato elementi** .


Per **entrambi i metodi** è possibile visualizzare lo stato limite (SLO, SLD, SLV, SLC) raggiunto nelle travi e nei pilastri in c.a. e in acciaio cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Pushover c.a. e acciaio**

 su **Stati limite raggiunti** .

## Pushover muratura

Per le strutture in muratura calcolate con l'analisi sismica statica non lineare (pushover) è possibile visualizzare, per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente**, cliccando nel gruppo **Mappe** della scheda

**Risultati** su **Pushover muratura**  i risultati seguenti:

**Stato elementi**  : relativi allo stato degli elementi in muratura (maschio/fascia di piano) e quelli in c.a. o in acciaio. La visualizzazione viene effettuata solo nei **maschi per verifiche sismiche** e nel caso di combinazione delle condizioni elementari di carico (CC) di tipo sismiche da analisi pushover.


**Stati limite raggiunti**  : lo stato limite (SLO, SLD, SLV, SLC) raggiunto nelle travi e nei pilastri in c.a. e in acciaio.

Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della

scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , è possibile visualizzare, per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente**, cliccando nel gruppo **Risultati pushover** i risultati seguenti:


**Sf. normale**  : disegna lo sforzo normale.

**Taglio**  : disegna il taglio.

**Momento flettente**  : disegna il momento flettente.

## Mappa deformazione volumetrica plastica

La visualizzazione della deformazione volumetrica plastica per gli elementi bidimensionali per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando


nel gruppo **Mappe** della scheda **Risultati** su **Def. vol. plastica** .

La visualizzazione della deformazione volumetrica plastica è una informazione su selezione di elementi bidimensionali.


La visualizzazione può essere effettuata per uno solo dei risultati presenti nella sollecitazione corrente.


Le zone di plasticizzazione sono visualizzabili solo per gli elementi bidimensionali con materiale non lineare con criterio di plasticizzazione Drucker-Prager.


## Visualizzazioni animate dei risultati


Nel gruppo **Animazioni** della scheda **Risultati** cliccando su **Animazioni**  si accede ad una serie di funzionalità che consentono di visualizzare alcuni risultati in animazione.

Le animazioni sono relative alla **sollecitazione corrente** e al **risultato corrente** impostato.

**Deformata nodale**  visualizza la deformata nodale della struttura al variare dei carichi con eventuali mappe e digrammi presenti.

**Deformata elastica**  visualizza la deformata elastica della struttura al variare dei carichi con eventuali mappe e digrammi presenti.

**Modi di vibrare**  visualizza i modi di vibrare della struttura. Automaticamente viene impostato come **sollecitazione corrente** il tipo "Modi calcolati" e come **risultato corrente** il primo modo di vibrare. Per visualizzare l'animazione della struttura relativamente ad altri modi di vibrare occorre prima impostare come risultato corrente il modo di vibrare e poi eseguire la creazione dell'animazione.

**Pushover**  visualizza l'evolversi del comportamento della struttura nell'analisi pushover.

È possibile migliorare la visualizzazione dell'animazione modificando i **fattori di scala**.

I file dei filmati creati vengono memorizzati nella cartella di nome TMP che è una sottocartella di quella dell'installazione di ModeSt.

Per terminare la riproduzione di un filmato utilizzare **Stop animazione** .

**Utilizzo da linea di comando:** **VDEF** (Visualizza animazione deformata nodale), **VDEL** (Visualizza animazione deformata elastica), **DMOD** (Visualizza animazione modi di vibrare), **VPSH** (Visualizza animazione pushover).

## Note tecniche

### Sollecitazioni prive di segno

Le componenti di sollecitazione dovute all'analisi dinamica con spettro di risposta o all'analisi sismica statica con sisma anche in direzione Z sono per definizione **prive di segno** e vanno sia sommate che sottratte alle

altre sollecitazioni. Gli effetti del sisma torcente (Mt) sono valutati sempre da un'analisi sismica statica e quindi rientrano nella parte dei risultati con segno.

Nel caso in cui le sollecitazioni abbiano delle componenti prive di segno, ModeSt si comporta in modo diverso a seconda dei casi.

**Visualizzazione informazioni numeriche:** vengono normalmente riportate separatamente la parte con segno e la parte priva di segno. Nelle **tabelle risultati del calcolo** è possibile visualizzare anche direttamente la somma e la differenza fra la componente con segno e quella priva di segno.

**Progettazione armature, reticolari e collegamenti in acciaio, verifiche aste in acciaio e legno:** vengono considerate per lo sforzo normale e per i momenti flettenti tutte le combinazioni di segno necessarie per considerare tutti i possibili casi. In contemporanea i valori degli sforzi di taglio e momento torcente vengono considerati con lo stesso segno della componente statica. Nel caso di pressoflessione deviata si hanno quindi 8 casi possibili di combinazione fra N, Mx, My.

**Diagrammi e rappresentazione forze:** vengono visualizzati i diagrammi, le deformate o le azioni in entrambi i casi di segno. Si avranno quindi due rappresentazioni sovrapposte, una in cui le componenti prive di segno sono state **sommate** alle altre sollecitazioni ed una in cui sono state **sottratte**.

**Mappe a colori:** le componenti prive di segno possono essere a scelta dell'utente sommate, sottratte o considerate dello stesso segno della componente statica attraverso le *Opzioni di disegno* dal menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sullo sfondo della finestra. Nella casella di riepilogo a discesa "Segno comp. dinamiche" l'opzione **Positivo** considera positive le componenti prive disegno, **Negativo** considera negative le componenti prive disegno e **Automatico** considera le componenti prive disegno con lo stesso segno delle componenti principali.

**Argomenti correlati:** Fattori di scala, Valori nodali elementi bidimensionali.

## Valori nodali elementi bidimensionali

Per la natura stessa del metodo agli elementi finiti i valori dello stato tensionale di due elementi bidimensionali in un nodo comune di incidenza sono normalmente diversi, anche se in misura maggiore o minore in funzione del solutore, del tipo di elemento selezionato per il calcolo e della bontà di meshatura. Inoltre in alcuni casi il solutore riporta un unico valore medio dello stato tensionale valido per tutto l'elemento, mentre altri forniscono valori estrapolati dai punti di integrazione ai nodi.

Nella visualizzazione delle informazioni numeriche vengono riportati i valori nodali forniti dal solutore. In caso di valore unico i valori nodali saranno uguali fra di loro.

Nella rappresentazione grafica con mappe a colori ed in genere in tutti i casi in cui occorra un valore nodale univoco per lo stato tensionale, occorre quindi stabilire un metodo per definire tale valore tramite una media dei dati disponibili.

Con ModeSt è possibile eseguire tre tipi di medie:

**Globali:** in ogni nodo viene considerato un unico valore pari alla media dei valori nodali di tutti gli elementi che vi incidono.

**Locali:** ogni elemento viene considerato separatamente dagli altri e per ognuno dei nodi dell'elemento viene considerato il valore medio sull'elemento. Nel caso di mappe a colori avremo una visualizzazione "a scacchiera", ma la differenza fra elementi adiacenti permette di valutare la bontà della mesh. Colori troppo distanti nella legenda ma applicati ad elementi adiacenti indicano che la mesh andrebbe resa più fitta.

**Globale - Locale:** viene effettuata prima una media **locale** per avere un valore unico per ogni elemento, poi viene effettuata la media globale. Per solutori che forniscono solo il valore medio dello stato tensionale dell'elemento questo tipo di media coincide con quella globale. Negli altri casi si ha un "livellamento" dei valori che può servire per eliminare picchi anomali di tensione dovuti ad azioni puntiformi.

Durante la visualizzazione di mappe a colori relative a elementi bidimensionali il tipo di media può essere modificato usando *Opzioni di disegno* dal menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sullo sfondo della finestra. Nella casella di riepilogo a discesa "Tipo media sollec. bidim." l'opzione **Globale** attiva la media di tipo globale, **Locale** attiva la media di tipo locale e **Globale-locale** attiva la media di tipo globale-locale.

È importante notare che per mappe a colori **riferite al piano locale** degli elementi è possibile vengano eseguite medie fra componenti di sollecitazione completamente diverse. È compito dell'utente accertarsi attraverso la visualizzazione degli assi locali che le sollecitazioni usate nel calcolo siano le stesse per tutti gli elementi selezionati. Nel caso in cui il piano di tensione sia il piano di visualizzazione o un piano definito dall'utente ModeSt provvede a operare tutti i necessari cambi di sistema di riferimento prima di effettuare le medie, e gli elementi che non giacciono sul piano non vengono rappresentati. Si presti attenzione che qualora la selezione degli elementi per i quali viene richiesta la mappa non comprenda tutti gli elementi sul piano i valori sui "bordi" della mappa saranno ovviamente falsati dal calcolo della media non effettuato su tutti gli elementi necessari.

**Argomenti correlati:** Fattori di scala, Sollecitazioni prive di segno, Piano di tensione.

## Piano di tensione

Nella visualizzazione delle mappe a colori dello stato tensionale e delle armature teoriche degli elementi bidimensionali è importante tenere presente i concetti di **piano di tensione** e del suo sistema di riferimento.

Il piano di tensione è il piano nel quale vengono valutate le tensioni degli elementi bidimensionali e può coincidere col piano di visualizzazione, col piano locale degli elementi o essere liberamente definito dall'utente.

Anche la definizione di **superiore** ed **inferiore** utilizzata per le armature e le tensioni normali fa riferimento al sistema di riferimento del piano di tensione:

**superiore** significa *dalla parte positiva della normale al piano* (asse Y del sistema di riferimento);

**inferiore** significa *dalla parte negativa della normale al piano* (asse Y del sistema di riferimento).

### PIANO DI VISUALIZZAZIONE

Nelle **finestre di modellazione** il piano di tensione coincide per default col piano di visualizzazione selezionato per la **visualizzazione della struttura**. In questo caso il sistema di riferimento del piano di tensione viene settato per default con l'asse X corrispondente ed equiverso alla proiezione dell'asse coordinato X sul piano stesso, l'asse Y normale al piano e l'asse Z definito in modo da ottenere una terna cartesiana destrorsa. Nel caso di piano parallelo all'asse coordinato Y l'asse X del piano di tensione viene posto parallelo ed equiverso all'asse coordinato Y.

Quando gli stati tensionali e le armature sono riferiti al piano di visualizzazione ModeSt prima di procedere a qualunque tipo di calcolo degli elementi provvede ad effettuare le necessarie trasformazioni dello stato tensionale dal sistema di riferimento locale dell'elemento a quello del piano. Questo può essere effettuato solo su elementi con la normale locale **parallela** (equiversa o controversa) alla normale del piano e quindi elementi diversamente orientati vengono scartati.

### PIANO LOCALE

Coincide col piano in cui giace l'elemento ed il suo sistema di riferimento coincide col sistema di riferimento locale dell'elemento stesso. Non viene effettuata nessuna trasformazione dello stato tensionale e quindi è compito dell'utente accertarsi che non ci siano incongruenze dovute ai diversi orientamenti degli assi locali. Risultano comunque utili visualizzazioni di stati tensionali riferiti al piano locale in alcune situazioni. Si pensi ad un gruppo di pareti di taglio variamente orientate ma inserite in modo che tutti gli elementi abbiano l'asse Z locale rivolto verso l'alto; in questo caso la visualizzazione delle tensioni normali agli assi locali Z di tutti gli elementi è perfettamente legittima e non dà luogo a nessun errore mentre la tensione normale agli assi locali X negli spigoli fra due pareti adiacenti è diretta lungo direzioni diverse e quindi è assurdo ad esempio calcolarne il valore medio.

### PIANO UTENTE

Un qualunque piano definito dall'utente. Anche in questo caso le visualizzazioni vengono effettuate solo per elementi con la normale locale **parallela** (equiversa o controversa) alla normale del piano e quindi elementi diversamente orientati vengono scartati.

### MODIFICA PIANO DI TENSIONE

Durante la visualizzazione di mappe a colori relative a elementi bidimensionali, nella sezione "Opzioni mappe" del pannello **Parametri risultati** è possibile stabilire dalla casella di riepilogo a discesa "Piano" il piano ed il sistema a cui riferire la mappa:

**Visualizzazione:** le mappe a colori sono riferite al piano di visualizzazione e al sistema di riferimento di default;

**Locale:** le mappe a colori sono riferite al piano dell'elemento ed al riferimento locale dell'elemento;

**Utente:** le mappe a colori sono riferite ad un piano definito dall'utente. Vengono richiesti i dati necessari per la definizione di un sistema di riferimento il cui piano XZ verrà a costituire il piano di tensione e quindi **l'asse Y indicato risulta essere la normale al piano**.

Durante le visualizzazioni nelle **finestre di modellazione** viene sempre disegnato il sistema di riferimento del piano di tensione quando è attiva una mappa a colori che necessita della definizione di piano di tensione e se il piano di tensione non è il piano locale.

Per l'esame delle problematiche che possono incorrere utilizzando i vari tipi di piani di tensione, si veda anche **Sollecitazioni negli elementi bidimensionali e sistemi di riferimento**.

**Argomenti correlati:** Valori nodali elementi bidimensionali.

## Tecniche di integrazione

Premesso che una mesh regolare è alla base di una buona progettazione e di un calcolo più corretto, gli **integratori** sono in grado di gestire anche mesh non regolari.

Esistono due metodi per valutare le sollecitazioni complessive su un integratore, il metodo delle forze di equilibrio ed il metodo delle tensioni. Il primo è applicabile solamente se l'integratore interessa soltanto nodi e lati di elementi bidimensionali, senza intersecarne alcuno. In tal caso i calcoli vengono fatti con riferimento alle forze di equilibrio risultanti dal calcolo FEM. Il secondo metodo (meno preciso) è utilizzabile sempre ma ovviamente dipende in maggior misura dal tipo di elemento utilizzato dal solutore e da come vengono forniti gli stati tensionali (per ogni nodo o nel centroide). Nelle tabelle delle sollecitazioni integrate (si veda **Tabelle risultati**) viene sempre riportato con i simboli F/T se il calcolo è stato fatto col metodo delle forze di equilibrio (F) o col metodo delle tensioni (T).

Quando l'integrazione viene effettuata con le tensioni vengono presi in conto tutti gli elementi che in toto o in parte interessano la linea di definizione dell'integratore, eventualmente interpolando i valori tensionali dei nodi degli elementi.

Negli **integratori trasversali**, visto che sono pensati per considerare la soletta come elemento monodimensionale, lo sforzo di taglio fuori piano viene valutato integrando l'intera tensione di taglio fuori piano ( $\tau_y$ ) con inevitabile perdita di segno, che comunque non è significativo per il progetto e la verifica delle armature.

Nell'integrazione con le forze di equilibrio si considerano ovviamente tutti gli elementi che hanno due nodi giacenti sulla linea. Gli elementi che dovessero toccare la linea con un solo nodo, contribuiscono con le loro forze di equilibrio su quel nodo solamente se almeno in parte interessano la proiezione della linea nel piano degli elementi. Le forze di equilibrio vengono ridotte in proporzione all'area dell'elemento che giace all'interno della proiezione.

**Argomenti correlati: Integratori, Asta virtuale.**

## Rigidezze teoriche

Sotto alcune ipotesi è possibile ottenere l'elenco degli spostamenti, delle rigidezze teoriche degli impalcati e del coefficiente  $\theta$ . Viene inoltre determinata la posizione del baricentro delle rigidezze teorico e vengono riportati alcuni dati che possono essere utili per la stima della tipologia strutturale ai sensi del D.M. 17/01/18.

I calcoli sono eseguibili solo se esiste almeno un impalcato, non esistono masse in direzione Z ed è stata effettuata un'analisi sismica statica o con azioni orizzontali convenzionali ai sensi del D.M. 17/01/18.

In questa ipotesi il calcolo delle rigidezze di piano viene effettuato dividendo il tagliante di piano (somma delle azioni sismiche sopra il piano in esame), per la differenza di spostamento del piano in esame con quello immediatamente precedente.

Si sottolinea che questa formulazione (per altro l'unica applicabile) è valida solamente nell'ipotesi di comportamento deformativo cosiddetto "shear-type", tipica degli edifici intelaiati privi di pareti di taglio ed in cui si immaginano gli orizzontamenti infinitamente rigidi.

Per poter eseguire una corretta valutazione delle rigidezze si deve quindi eseguire un calcolo sismico statico bloccando i nodi di piede dei pilastri (incastri). Per eseguire una valutazione con l'ipotesi di trasverso rigido è sufficiente bloccare anche le rotazioni rispetto al piano orizzontale (vincoli RX ed RY) dei nodi degli impalcati.

Anche in questo caso però si possono avere risultati del tutto inattendibili nel caso di edifici con pareti di taglio.

Se ad esempio si esegue la procedura succitata per l'edificio riportato nell'esempio ES2, edificio perfettamente regolare ed identico da un piano all'altro, si può notare come la differenza di rigidezza da un piano all'altro in direzione Y sia (giustamente) praticamente nulla, mentre in direzione X la presenza della parete di taglio porta al calcolo di valori di rigidezza assolutamente inattendibili.

Si consiglia quindi di utilizzare questa procedura ed i risultati da essa forniti con le cautele del caso, eventualmente operando su modelli semplificati e/o schematizzazioni della reale struttura, solo al fine di fare le necessarie considerazioni sulla variazione di rigidezza da un piano all'altro e quindi sulla cosiddetta "regolarità strutturale".

Alcune precisazioni:

- Il coefficiente  $\theta$  viene calcolato secondo la formula (7.3.3) del par. 7.3.1 del D.M. 14/01/08. Tale parametro consente di valutare se prendere in considerazione le non linearità geometriche. Il valore calcolato può essere utilizzato nel calcolo della struttura secondo il D.M. 17/01/18 riportandolo nella scheda "Dati struttura" nel parametro **Coefficiente  $\theta$** .
- La **posizione del baricentro delle rigidezze teorico** viene calcolata dalla sua distanza rispetto al baricentro delle masse. Tale distanza, scomposta rispetto agli assi globali, viene valutata imponendo l'uguaglianza fra la rotazione che essa genera (rispetto alla rigidezza teorica torsionale) dall'applicazione del tagliante di piano e la rotazione dell'impalcato causata dalla medesima applicazione del tagliante di piano. La definizione del baricentro delle rigidezze presenta le stesse limitazioni del suddetto calcolo delle rigidezze di piano. Inoltre è indispensabile che l'analisi venga eseguita con l'incastro alla base della struttura, in quanto la deformabilità del suolo può falsare notevolmente il valore della rigidezza teorica torsionale (in tal caso potrebbe addirittura risultare che il baricentro delle rigidezze sia esterno alla sezione in pianta dell'impalcato). Per un confronto con i risultati ottenibili da un calcolo analitico per singoli interpiani, è opportuno

considerare, oltre che la struttura incastrata alla base, anche l'ipotesi di trasverso rigido e soprattutto la variazione della posizione di baricentri delle masse sugli impalcati superiori. Si fa notare che il baricentro delle rigidezze non è un'entità genericamente definibile, ed una stima del comportamento più o meno torsionale di una struttura è meglio eseguibile dalla valutazione dei risultati di un'analisi modale: dalle deformate dei modi calcolati e dalle percentuali di masse movimentate nel caso di analisi con impalcati rigidi (in questo caso una struttura ha un comportamento tanto migliore quanto minore è la percentuale di masse rotazionali movimentate nei modi principali in X ed Y); unicamente visualizzando le deformate dei modi calcolati nel caso di analisi senza impalcati rigidi. La posizione del baricentro teorico delle rigidezze di un impalcato è influenzata dalle masse degli impalcati superiori e dalle rigidezze degli impalcati inferiori. Per escludere tali effetti dalla valutazione della posizione del baricentro teorico delle rigidezze si consiglia di seguire, per ogni impalcato della struttura, la procedura qui indicata:

1. definire un solo impalcato, alla quota di quello di cui si vuole valutare il baricentro delle rigidezze;
  2. incastrare tutti i nodi dei piani inferiori;
  3. eseguire l'analisi sismica statica e selezionare l'opzione "Annullare masse e forze relative" relativamente al "Recupero masse secondarie".
- Nella stima della tipologia strutturale vengono riportate le informazioni utili per la valutazione di seguito elencate:
    1. Elenco baricentri e masse d'impalcati, le percentuali delle masse presenti nel terzo superiore della struttura rispetto ad entrambe le direzioni di applicazione del sisma. Al par. 7.4.3.1 del D.M. 17/01/18 è specificato: **"strutture a pendolo inverso, nelle quali almeno il 50% delle masse totali è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione o nelle quali la dissipazione d'energia avviene alla base di un singolo elemento strutturale (non appartengono a questa categoria i telai ad un piano con i pilastri collegati in sommità lungo entrambe le direzioni principali dell'edificio e per i quali la forza assiale non eccede il 30% della resistenza a compressione della sola sezione di calcestruzzo)."**
    2. I valori del parametro  $r^2/Is^2$  per ogni impalcato per il controllo della deformabilità torsionale. Dove  $r^2$  è il rapporto tra rigidezza torsionale e flessionale di piano e  $Is^2 = (L^2 + B^2)/12$ , con L e B dimensioni in pianta del piano. Al par. 7.4.3.1 del D.M. 17/01/18 è specificato: **"strutture deformabili torsionalmente, composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione  $r^2/Is^2 >= 1$ ".**
    3. Le aree resistenti a taglio di pilastri e nuclei. Basandosi sull'approssimazione data dall'uguaglianza fra i rapporti di resistenza a taglio con i rapporti fra le aree delle sezioni resistenti è possibile stimare la percentuale di taglio resistente dei pilastri (elementi resistenti dei telai spaziali) e dei nuclei (con cui vengono modellate le pareti, singole o accoppiate). **"Una struttura è a telaio se, alla base, il taglio resistente dei pilastri è almeno il 65% del totale, mentre è a pareti se, alla base, il taglio resistente dei nuclei è almeno il 65% del totale, nel caso intermedio la struttura è mista."**
    4. Le percentuali di taglio assorbito da pilastri e nuclei, valutati alla base, rispetto ad entrambe le direzioni di applicazione del sisma; **"Una struttura è a telaio o mista equivalente a telaio se, alla base, il taglio assorbito dai pilastri è più del 50% del totale, mentre è a pareti o mista equivalente a pareti se, alla base, il taglio assorbito dai nuclei è più del 50% del totale. I risultati sono riportati rispetto ad entrambe le direzioni di applicazione del sisma perché le strutture delle costruzioni in calcestruzzo possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale ed ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente."**

Le rigidezze rotazionali e traslazionali di piano, così come i rapporti fra i tagli assorbiti da pilastri e nuclei, vengono valutati dai risultati di un'analisi sismica statica eseguita con impalcati rigidi, in cui i carichi "esploratori" sono rappresentati dalle azioni sismiche disaccoppiate per SLV o SND.

Come già detto la stima della tipologia strutturale attraverso il comando fornisce risultati attendibili se eseguita su una struttura senza elementi di fondazione o di scantinato, devono quindi essere presenti solo gli elementi che generano effetti inerziali (cioè quelli che spiccano dal piano di campagna). La struttura deve pertanto essere incastrata alla base e con i nodi a quota Z=0. Per una corretta analisi dei tagli resistenti ed assorbiti non devono essere presenti elementi che spiccano dalla base diversi da pilastri o nuclei.

## Progetto e verifica strutture in c.a.

### Armatura teorica

#### Mappe armatura teorica aste

La visualizzazione delle armature teoriche per le aste per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito col metodo



delle tensioni ammissibili, cliccando nel gruppo **Diagrammi e mappe** della scheda **Post-Processor** su **Af**



**teo. aste** e poi su **Aree di ferro**.

La visualizzazione dell'armatura è una informazione su selezione di aste e può essere effettuata solo per aste caratterizzate da sezioni così definite:

- membratura trave, verifica prevista cemento armato, sezione rettangolare, a T, a L o L destra;
- membratura pilastro, verifica prevista cemento armato, sezione rettangolare.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre fare l'involuppo dei diversi risultati per valutare l'armatura necessaria.

ModeSt decide automaticamente se eseguire la progettazione a flessione o pressoflessione e se in armatura simmetrica o meno in funzione del tipo di utilizzo previsto per le aste e del criterio di progetto e verifica armatura relativo. Anche le caratteristiche del calcestruzzo ed i valori dei copriferri teorici vengono desunti dai criteri di progetto e verifica.

**Nota:** come nella procedura di progetto pilastri, anche in questo caso l'armatura teorica viene effettuata in **pressoflessione retta**, non essendo possibile una progettazione teorica a pressoflessione deviata, che richiede la specifica della reale posizione delle barre d'armatura. Le due armature necessarie nei pilastri vengono riportate nel rispettivo **piano di flessione** e la quantità indicata è relativa ad ognuno dei due lati della sezione. Eventuali minimi di regolamento relativi all'area totale dell'armatura nella sezione vengono considerati in entrambe le direzioni.

**Argomenti correlati:** Fattori di scala, Sollecitazioni prive di segno.

## Mappe armatura teorica elementi bidimensionali

La visualizzazione delle armature teoriche per gli elementi bidimensionali per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché sia stato eseguito il



calcolo, cliccando nel gruppo **Diagrammi e mappe** della scheda **Post-Processor** su **Af teo. bidi** e poi sull'area di ferro teorica da visualizzare.

La visualizzazione delle armature è una informazione su selezione di elementi bidimensionali e può essere effettuata solo per gli elementi bidimensionali il cui tipo di utilizzo è stato settato come parete, soletta/platea o nucleo.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere visualizzata anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre fare l'involuppo dei diversi risultati per valutare l'armatura necessaria.

Nel caso di calcolo col metodo degli stati limite l'armatura teorica viene calcolata con riferimento agli stati limite d'esercizio per combinazioni quasi permanenti e per combinazioni rare. Nelle combinazioni frequenti non è infatti richiesto il controllo delle armature e nelle combinazioni per stato limite ultimo l'armatura necessaria non è determinabile in modo univoco.

La visualizzazione delle armature viene effettuata con riferimento al **piano di tensione**. Se il piano di tensione è stato settato come il piano di visualizzazione o come un piano definito dall'utente la mappa sarà effettuata solamente per gli elementi che hanno normale parallela alla normale del piano di tensione e i valori rappresentati saranno omogenei fra di loro, mentre nel caso in cui sia stato settato come piano di tensione il piano locale degli elementi la rappresentazione verrà effettuata per tutti gli elementi selezionati ma è compito dell'utente accertarsi che non vi siano incongruenze fra i valori di elementi adiacenti a causa dei diversi assi locali cui sono riferite le tensioni.

I tipi di armatura teorica che si possono visualizzare sono:

**Xs** : armatura teorica nella direzione X del piano di tensione, dal lato superiore;

**Xi** : armatura teorica nella direzione X del piano di tensione, dal lato inferiore;

**Zs** : armatura teorica nella direzione Z del piano tensione, dal lato superiore;

**Zi** : armatura teorica nella direzione Z del piano di tensione, dal lato inferiore.

Per la definizione di "superiore", onde evitare incomprensioni sulla posizione dell'armatura, si faccia riferimento a quanto riportato in **Piano di tensione**.

Nella sezione "Opzioni mappe" del pannello **Parametri risultati** è possibile stabilire un'area di armatura diffusa da considerare già presente e quindi visualizzare e riportare solo l'area di ferro eccedente quella diffusa:

**Sup. X:** indica la quantità di armatura diffusa da considerare già presente in direzione X, dal lato superiore;  
**Inf. X:** indica la quantità di armatura diffusa da considerare già presente in direzione X, dal lato inferiore;  
**Sup. Z:** indica la quantità di armatura diffusa da considerare già presente in direzione Z, dal lato superiore;  
**Inf. Z:** indica la quantità di armatura diffusa da considerare già presente in direzione Z, dal lato inferiore.

Normalmente ModeSt decide automaticamente se eseguire il progetto a flessione o presso-tenso flessione e se in armatura simmetrica o meno in funzione del tipo di utilizzo previsto per gli elementi bidimensionali e del criterio di progetto e verifica armatura relativo. In particolare si ha:

- utilizzo previsto **parete**: progetto a presso-tenso flessione, armatura doppia simmetrica;
- utilizzo previsto **soletta/platea**: progetto a flessione semplice, eventuale doppia armatura come specificato nel relativo criterio (vedi **Tipo di progetto in doppia armatura**);
- utilizzo previsto **nucleo**: progetto a presso-tenso flessione, armatura doppia simmetrica.

Attraverso le *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile con l'opzione "Tipo di progetto" modificare il comportamento indicato:

**FLEA:** progetto a **FLE**ssione semplice **A**simmetrica. Viene calcolata l'armatura necessaria per un tasso di sfruttamento massimo dei materiali, solo se l'armatura compressa supera l'armatura tesa viene progettata una doppia armatura simmetrica;

**FLES:** progetto a **FLE**ssione semplice **S**immetrica. L'armatura compressa viene sempre impostata uguale all'armatura tesa;

**PRFS:** progetto a **P**resso-tenso **F**lessione in doppia armatura **S**immetrica;

**AUTO:** ripristina il progetto **AUTO**matico. L'armatura viene calcolata secondo il tipo di utilizzo e del relativo criterio di progetto e verifica.

Le caratteristiche del calcestruzzo ed i valori dei copriferri teorici vengono in ogni caso desunti dai criteri di progetto e verifica.

Si ricorda che nel caso di nuclei l'armatura visualizzata con questo comando è un'armatura locale e quindi completamente diversa da quella determinata dalle procedure di progettazione nuclei. In proposito si veda anche quanto riportato in **Definizione nuclei**.

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala**, **Valori nodali elementi bidimensionali**, **Sollecitazioni prive di segno**, **Piano di tensione**.

## Mappe differenza fra momento e momento ultimo elementi bi-dimensionali

Nel caso di calcolo col metodo degli stati limite può non essere sufficiente coprire l'**area di ferro teorica** calcolata per stati limite di esercizio, ma occorre controllare che il momento ultimo resistente (valutato considerando l'area di ferro diffusa definita) sia superiore al momento agente.

La visualizzazione delle mappe per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché sia stato eseguito il calcolo, cliccando nel gruppo **Diagrammi**

e mappe della scheda **Post-Processor** su **M-Mu**  e poi su uno dei seguenti bottoni:

$\Delta_{x+}$ : attiva e disattiva la mappa della differenza fra momento agente e momento ultimo per momenti  $M_{xx}$  positivi.

$\Delta_{x-}$ : attiva e disattiva la mappa della differenza fra momento agente e momento ultimo per momenti  $M_{xx}$  negativi.

$\Delta_x$ : attiva e disattiva la mappa della differenza massima fra momento agente e momento ultimo per momenti  $M_{xx}$ .

Analogamente  $\Delta_{z+}$ ,  $\Delta_{z-}$ ,  $\Delta_z$  per momenti  $M_{zz}$ .


Essendo questa la differenza fra i due momenti, si avrà la certezza che l'armatura introdotta è sufficiente quando in legenda non compariranno più valori positivi, che indicherebbero la "mancanza di momento resistente".

## Mappe differenza fra taglio e taglio ultimo elementi bidimensionali

Nel caso di calcolo col metodo degli stati limite può essere necessario controllare che il taglio ultimo resistente (valutato considerando l'area di ferro diffusa definita) sia superiore al taglio agente.

La visualizzazione delle mappe per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché sia stato eseguito il calcolo, cliccando nel gruppo **Diagrammi**

e mappe della scheda **Post-Processor** su **T-Tu**  e poi su uno dei seguenti bottoni:

 : attiva e disattiva la mappa della differenza massima fra il taglio agente e taglio ultimo in direzione X.


 : attiva e disattiva la mappa della differenza massima fra il taglio agente e taglio ultimo in direzione Z.


## Inviluppi

### Definizione inviluppi

ModeSt è in grado di involuppare fra loro più travate, pilastrate, plinti/pali con la stessa geometria in modo da progettare l'armatura in funzione delle sollecitazioni massime, producendo però un solo disegno e un'unica relazione di calcolo.

La definizione degli inviluppi può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Inviluppi** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Definizione**  e poi sull'elemento da involuppare. Solo con questo metodo si possono modificare e cancellare inviluppi già definiti.

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Automatica** , attraverso il bottone **Modifica inviluppi** relativo all'elemento da involuppare.

Nella casella relativa a **Inviluppo travate, pilastrate, plinti/pali** è possibile specificare i numeri delle travate, pilastrate, plinti/pali da involuppare. Su ogni riga è possibile indicare un solo inviluppo, inserendo inizialmente il numero dell'elemento "principale" e successivamente i numeri degli altri elementi da involuppare separati da spazio. La sintassi è la seguente: **n1 n2 n3 n4 ...** per creare il disegno relativo al solo elemento n1, ma progettando le armature tenendo conto anche delle sollecitazioni degli elementi n2, n3, n4, ... Per le travi ad esempio digitando 101 201 301 401, avremo il disegno della travata 101 ma progettata tenendo conto anche delle sollecitazioni delle travi 201, 301 e 401.

Nella finestra di dialogo è possibile, cliccando sul bottone **Interattivo** definire graficamente gli inviluppi selezionando gli elementi nella finestra di modellazione oppure, cliccando sul bottone **Automatico** far definire gli inviluppi automaticamente al programma oppure, selezionando una riga di un inviluppo e poi cliccando sul bottone **Esplodi** far generare automaticamente al programma tutte le singole progettazioni facenti parte dell'inviluppo. Dopo aver effettuato una qualsiasi modifica agli inviluppi, occorre cliccare sul bottone **Applica** prima di procedere alla definizione automatica o interattiva degli inviluppi. Nel caso in cui si esploda un inviluppo è necessario effettuare la riverifica degli elementi che facevano parte dell'inviluppo.

La correttezza degli inviluppi viene controllata al termine della loro definizione, evidenziando in rosso quelli non corretti. L'informazione sul motivo per cui l'inviluppo non è corretto si ottiene posizionandovi sopra il cursore del mouse.

Per ogni elemento strutturale si riportano di seguito alcune note sulla correttezza degli inviluppi:

#### Travi

Non è possibile involuppare travate costituite da un diverso numero di aste, con sezioni o lunghezze delle aste (da nodo a nodo) o luci nette superiori e/o inferiori non corrispondenti. Per l'individuazione di tutti i parametri che dipendono dalla configurazione geometrica della travata e dagli elementi incidenti su di essa ModeSt fa comunque sempre riferimento alla travata "principale".

ModeSt è in grado anche di involuppare travate con diverso orientamento nella struttura, in quanto la corretta "sovrapposizione" è generalmente desumibile dalle asimmetrie della travata, asimmetrie che ModeSt fa corrispondere "rigirando" eventualmente le travi da involuppare. Nel caso in cui le travate siano perfettamente simmetriche (come luci e sezioni) ModeSt segnala l'ambiguità dell'inviluppo ed il progettista è tenuto a controllarne la correttezza (basta controllare i numeri dei pilastri riportati nei disegni). Qualora una o più travate (ad esclusione della "principale") siano da "rigirare" sarà sufficiente indicarne il numero come negativo e quindi ignorare il messaggio di ambiguità.

Se l'inviluppo trovato da ModeSt invece è corretto sarà sufficiente ignorare la segnalazione.

#### Pilastri

Non è possibile involuppare pilastrate costituite da un diverso numero di aste o con sezioni non corrispondenti. Inoltre le eventuali rastremazioni delle pilastrate devono essere esattamente le stesse in relazione al sistema di riferimento locale dell'asta di piede, traslato nel baricentro dell'asta stessa (il filo fisso è quindi influente). Per involuppare pilastrate d'angolo che rastremano occorre quindi definire le aste come quelle della pilastrata "principale" e poi assegnare la necessaria rotazione alle aste. Per l'individuazione di tutti i parametri che

dipendono dalla geometria della pilastrata e dagli elementi incidenti su di essa ModeSt fa comunque sempre riferimento alla pilastrata "principale".

## Plinti/Pali

Non è possibile involuppare plinti di tipo diverso, con sezione del pilastro soprastante diversa o diversamente disposta a causa di parametri di rotazione del plinto o del pilastro.

### GESTIONE DINAMICA DEGLI INVILUPPI

ModeSt gestisce gli involuppi dei plinti in modo dinamico. Gli eventuali cambiamenti nella numerazione dei plinti si riflettono automaticamente nella definizione degli involuppi. L'assegnazione di numero 0 ad un plinto/palo (che implica la non progettabilità) o la sua eliminazione comporta l'automatica cancellazione dall'involuppo. La cancellazione resta temporanea e l'involuppo viene ripristinato quando il plinto/palo viene nuovamente caratterizzato da un numero diverso da 0 o re-inserito nella struttura, a meno che l'utente non entri in **Definizione involuppi armature** e confermi gli involuppi che sono stati automaticamente modificati (mancanti del plinto con numero 0 o cancellato).


Non è possibile modificare gli involuppi con progettazioni interattive di plinti/pali aperte.

Se è stata eseguita la progettazione di plinti/pali isolati (non involuppati con altri), questi verranno comunque riportati nell'elenco degli involuppi, come plinti/pali isolati. Se un plinto/palo isolato viene aggiunto in un involuppo viene automaticamente eliminato dall'elenco. Ad esempio se erano stati progettati i plinti 1 2 3 isolatamente e poi definito l'involuppo fra i plinti 1 e 2, il plinto 2 isolato verrà eliminato automaticamente.

**Utilizzo da linea di comando: DEIN** (Definisce involuppi).

## Colorazione involuppi

La colorazione delle aste o dei plinti appartenenti a differenti involuppi si effettua cliccando nel gruppo **Invi-**

**luppi** della scheda **Post-processor** su **Colorazioni**  e poi su **Travate**  o su **Pilastrate**  o su **Plinti/Pali** .

**Utilizzo da linea di comando: COLI** (Colora involuppi).

## Progettazione automatica

La progettazione automatica delle armature delle travate, pilastrate, pareti, nuclei, solette/platee, plinti/pali può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Automatica**  e nella finestra di dialogo scegliendo quali elementi progettare automaticamente.

Per le **Travate**, **Pilastrate** e **Plinti/Pali** è possibile scegliere se eseguire la progettazione esecutiva o teorica. Selezionando l'opzione **Prog. esecutivo** vengono progettate le barre d'armatura secondo i criteri di progetto e creati i disegni esecutivi mentre, selezionando l'opzione **Armatura teorica** vengono progettate esclusivamente le aree di ferro teoriche strettamente necessarie senza creare i disegni esecutivi.

È possibile progettare singoli elementi specificandone i numeri separati da spazio nella relativa casella di testo. La sintassi è la seguente: **n1 n2 n3 n4** per progettare gli elementi con numero n1, n2, n3, n4 (ad esempio 101 102 103 104). Solo per le travate è possibile utilizzare la sintassi **-n1 -n2 -n3 -n4** per progettare tutte le travate escluso quelle con numero n1, n2, n3, n4 (ad esempio -101 -102 -103 -104) comunque non è possibile utilizzare contemporaneamente i due metodi (specifica ed esclusione). Per le **Pareti e i Nuclei** è possibile specificare i numeri dei muri/elementi bidimensionali appartenenti alle pareti o ai nuclei da progettare.

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando sulla freccia sottostante **Automatica**



e poi su quali elementi progettare.

- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'elemento ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Progettazione automatica*.

In questo caso viene eseguita la progettazione automatica del solo elemento selezionato, eventualmente involuppati con altri.

- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome dell'elemento (che è stato precedentemente progettato) ► *Progettazione automatica*.

In questo caso viene eseguita la ri-progettazione automatica dell'elemento selezionato, eventualmente involuppati con altri.

L'involuppo di più elementi geometricamente uguali è effettuabile secondo i criteri ed i metodi indicati in **Definizione degli involuppi**.

L'opzione "Solo elementi non progettati" consente di progettare le armature solo degli elementi non progettati.

#### NOTE:

Per le **Solette/platee** vengono esaminati tutti i disegni delle carpenterie di piano che sono stati creati ed eseguita la progettazione esecutiva delle relative solette/platee. Se il tasto destro è eseguito sul nome della carpenteria di piano in cui è stata disegnata la soletta/platea viene effettuata la progettazione delle armature.

**Utilizzo da linea di comando: PROG** (Progetta).


## Progettazione interattiva

In progettazione interattiva è possibile controllare e modificare tutte le armature di una travata, pilastrata, parete, nucleo, soletta/platea, plinto/palo, solaio e sezione ed aggiungere particolari costruttivi, note e dettagli con i comandi di Ms-Cad.

È possibile anche modificare il comportamento di ModeSt a fronte di configurazioni geometriche complesse o nel caso in cui siano richieste armature particolari.

Al limite è possibile progettare in modo interamente manuale tutto l'elemento.


La progettazione interattiva delle armature può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Interattiva**  e poi sull'elemento da progettare e quindi specificando il numero.
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'elemento ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Progettazione interattiva*.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome dell'elemento (che è stato precedentemente progettato) ► *Progettazione interattiva*.

In tutti i casi, se sono stati definiti degli involuppi secondo i criteri ed i metodi indicati in **Definizione degli involuppi**, viene automaticamente ricercato il gruppo a cui l'elemento appartiene e nelle verifiche vengono considerate le sollecitazioni di tutto il gruppo.





#### NOTE:

##### Solai

Per ogni singolo schema cliccando nel gruppo **Armatura** su **Modifica**  oppure attraverso il tasto destro sulla linea tratteggiata che rappresenta lo **schema di calcolo** del solaio è possibile modificare l'armatura proposta, inserire in campata dei carichi concentrati e/o rompitratte (note anche come corree di ripartizione), specificare la larghezza di eventuali fasce piene all'estremità di ogni singola campata.

##### Sezioni


Si riportano le varie modalità di acquisizione delle sollecitazioni:

- **Sollecitazioni automatiche**   
Viene richiesto il numero della sezione e viene aperto l'ambiente di progettazione interattiva armatura sezioni. L'associazione delle sollecitazioni di altre aste può essere effettuata con il tasto destro sullo sfondo della finestra ► *Associa altre aste* selezionando le aste che abbiano la sezione indicata. Aste con sezione diversa vengono associate ugualmente ma vengono ignorate a meno che non ne venga modificata successivamente la sezione portandola a coincidere con la sezione in esame. La progettazione con sollecitazioni automatiche può essere aperta anche se il calcolo non è stato effettuato o se non è valido e potranno essere inseriti ferri e staffe, ma non si potrà procedere alle verifiche fino a quando il calcolo non sarà aggiornato.
- **Sollecitazioni manuali**   
Viene richiesto il numero della sezione e viene aperto l'ambiente di progettazione interattiva armatura sezioni. Le sollecitazioni devono essere definite dall'utente cliccando nel gruppo **Armatura** su **Def. sollecit.**  e inserendo i valori numerici.
- **Sollecitazioni integratori longitudinali**   
Viene richiesto di selezionare un integratore e viene aperto l'ambiente di progettazione interattiva armatura sezioni. Le sollecitazioni sono determinate integrando le sollecitazioni o le tensioni dei muri/elementi bidimensionali (si veda **Tecniche di integrazione**). Nel caso di **integratori longitudinali Multi-Linea** possono essere presenti anche fori, che comporteranno la creazione di una sezione disconnessa.

## Copia ed assegna progettazione

È possibile copiare tutte le progettazioni (armatura e rinforzi) di un elemento quale trave, pilastro, plinto/palo e assegnarle ad un analogo elemento.

La copia e l'assegnazione delle progettazioni degli elementi si effettua cliccando nel gruppo **Progettazione**

della scheda **Post-Processor** su **Copia**  e poi sull'elemento e quindi **selezionare** l'elemento da cui copiare le progettazioni e poi quelli a cui assegnarle.

Al termine della copia è necessario effettuare la verifica degli elementi a cui è stata assegnata. Successivamente occorre comunque controllare le progettazioni degli elementi, poiché potrebbero essere state assegnate ad elementi geometricamente diversi.

### NOTE:

#### Travate

La copia e l'assegnazione può essere effettuata solo tra travate aventi la stessa geometria sia in termini di numero sia in termini di luci nette superiori e inferiori delle campate. Non è possibile effettuare la copia quando nella travata sono stati aggiunti degli appoggi.

#### Pilastrate

La copia e l'assegnazione può essere effettuata solo tra pilastrate con lo stesso numero di campate.


#### Plinti/Pali

La copia e l'assegnazione può essere effettuata solo tra plinti/pali dello stesso tipo.

**Utilizzo da linea di comando: COPRO** (Copia ed assegna le progettazioni di un elemento).

## Riverifica automatica

La riverifica automatica delle armature delle travate, pilastrate, pareti, nuclei, solette/platee, plinti/pali, solai e sezioni può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Cemento**  e poi su **Riverifica elementi progettati** .

Nella finestra di dialogo relativa alla scelta degli elementi da riverificare automaticamente, viene eseguita la riverifica di tutti gli elementi o solo quelli elencati nella relativa casella di testo. È possibile riverificare singoli elementi specificandone i numeri separati da spazio nella relativa casella di testo.

Le specifiche sono quelle riportate in **Selezione aste** ad esclusione di FIN, FINC e VIS, al quale si rimanda per maggiori dettagli. In particolare se nella sequenza di selezioni (ad esempio IMP 1 QQZ 0 SEL) è presente l'opzione SEL questa viene eseguita per prima.

Nella casella **Pareti singole** è possibile specificare i numeri dei muri/elementi bidimensionali appartenenti alla parete da riverificare. Su ogni riga è possibile indicare più numeri separati da spazio. La sintassi è la seguente: **n1 n2 n3 n4** per riverificare le pareti con numero n1, n2, n3, n4 (ad esempio 101 105 201).

Nella casella **Nuclei singoli** è possibile specificare l'insieme di nuclei da riverificare. Le specifiche sono quelle riportate in **Selezione muri/elementi bidimensionali** ad esclusione di FIN, FINC e VIS, al quale si rimanda per maggiori dettagli. In particolare se nella sequenza di selezioni (ad esempio QQX 0 SEL) è presente l'opzione SEL questa viene eseguita per prima.

Nella casella **Plinti singoli** è possibile specificare l'insieme di plinti da riverificare. Le specifiche sono quelle riportate in **Selezione plinti** ad esclusione di FIN, FINC e VIS, al quale si rimanda per maggiori dettagli. In particolare se nella sequenza di selezioni (ad esempio IMP 1 QQZ 0 SEL) è presente l'opzione SEL questa viene eseguita per prima.

- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'elemento ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Riverifica automatica*.

La procedura non è utilizzabile per i solai e le sezioni.

- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome dell'elemento (che è stato precedentemente progettato) ► *Riverifica automatica*.


**Nota:** per le pilastrate la procedura è utilizzabile solo se progettate con il metodo degli stati limite.



# Mappe tassi di sfruttamento

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra l'azione agente e la relativa resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento per le travi, pilastri, pareti, nuclei, solette/platee e plinti/pali in cemento armato per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito e l'armatura sia stata progettata con il D.M.

17/01/18, cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Cemento** , selezionando "Tassi di sfruttamento", il gruppo a cui appartiene l'elemento strutturale e cliccando poi sul tasso di sfruttamento da visualizzare.


La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi.


## Travate, Pilastrate


Con l'opzione *Tassi di sfruttamento* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se i tassi di sfruttamento vadano rappresentati con una mappatura a colori con un andamento analogo ad un diagramma, o con una colorazione variabile lungo l'asta.

La visualizzazione del tasso di sfruttamento viene effettuata sempre nel piano locale XZ dell'asta.


I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:

**Globali**  : relativi alla verifica più gravosa nelle travi, pilastri e nodi trave-pilastro in cemento armato.

**Flessione/pressoflessione**  : relativi alla verifica a flessione/pressoflessione delle travi e pilastri in cemento armato.

**Taglio e torsione**  : relativi alla verifica a taglio e torsione delle travi e pilastri in cemento armato.


**Compressione diagonale nodi**  : relativi alla verifica a compressione diagonale dei nodi trave-pilastro in cemento armato.


**Trazione diagonale nodi**  : relativi alla verifica a trazione diagonale dei nodi trave-pilastro in cemento armato.


**Utilizzo da linea di comando: DTSFC** (Disegna tassi di sfruttamento aste in cemento).

## Pareti, Nuclei e Solette/Platee

I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:

**Globali**  : relativi alla verifica più gravosa nelle pareti, nuclei e solette/platee in cemento armato.

**Flessione/pressoflessione**  : relativi alla verifica a flessione/pressoflessione delle pareti, nuclei e solette/platee in cemento armato.

**Taglio**  : relativi alla verifica a taglio delle pareti e dei nuclei e a taglio e punzonamento per le solette/platee in cemento armato.

**Utilizzo da linea di comando: DTSFCB** (Disegna tassi di sfruttamento bidimensionali in cemento).

## Plinti/Pali

I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:

**Globali**  : relativi alla verifica più gravosa nei plinti/pali.

**Utilizzo da linea di comando: DTSFCP** (Disegna tassi di sfruttamento plinti/pali).

**Argomenti correlati: Fattori di scala, Verifiche nodi trave-pilastro.**

# Verifiche a fessurazione

ModeSt esegue la verifica a fessurazione degli elementi in c.a. utilizzando la metodologia riportata nel par. C4.1.2.2.4 della Circolare n. 7 del 21/01/19 e seguendo le prescrizioni del par. 4.1.2.2.4.4 del D.M. 17/01/18. Per le strutture calcolate ai sensi del D.M. 16/01/96 le verifiche vengono effettuate con la metodologia riportata nella Circ. Min. LL.PP. 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.

Per consentire la verifica a fessurazione anche di sezioni generiche o di sezioni rettangolari in flessione deviata, non risultando né in circolare né in eurocodice specifiche indicazioni al riguardo, il programma opera come segue:

Individuati i lati della sezione in cui risultano presenti ferri tesi, crea "*l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura*" come quella indicata nella figura C4.1.10 della Circolare n. 7 del 21/01/19 intersecando la sezione con una retta distante  $2.5(h-d)$  dal punto teso del perimetro della sezione. Per rispettare la prescrizione del "*valore minore fra  $2.5(h-d)$ ,  $(h-x)/3$* " tale area viene poi intersecata con la retta parallela all'asse neutro alla distanza prescritta.

Determinata in tal modo  $A_{c,eff}$ , dal posizionamento dei ferri tesi in essa contenuti è agevole determinare tutti gli altri parametri necessari ai calcoli di verifica.

Appare immediatamente ovvio come nel caso di sezione rettangolare semplicemente inflessa il metodo conduce direttamente al rispetto esatto delle prescrizioni di normativa.

Nel caso di verifiche su sezioni con armatura distribuita a metro lineare, come nel caso di solette o platee, può accadere che sembri incongruente la quantità di armatura riportata nelle verifiche tensionali e nelle verifiche a fessurazione.

Si può comunque notare come la tensione nell'acciaio nelle verifiche tensionali e le relative nelle verifiche di fessurazione siano identiche nei due casi, a conferma che la verifica tensionale alla base delle verifiche è la stessa. Per un corretto calcolo del valore di  $\rho_{eff}$  occorre un approccio diverso (e indipendente) nella valutazione dell'area di ferro ( $A_s$ ) e della conseguente distanza delle barre per garantire il rispetto delle indicazioni di normativa.

## Progettazione e modifica interattiva armature

---

### Introduzione

La progettazione interattiva viene effettuata in apposite finestre che oltre alle funzionalità di Ms-Cad possono gestire comandi specifici riferiti al tipo di progettazione che si sta effettuando.

Le **finestre di progettazione interattiva** possono essere aperte in contemporanea alle finestre di modellazione ed è possibile mescolare comandi di modellazione e comandi di progettazione. L'annulla ed il ripristina funzionano normalmente, ma la lista dei comandi eseguiti nella finestra di progettazione viene perduta quando:


- si salva l'oggetto di cui si è effettuata la progettazione;
- si esegue un comando di modellazione che rende completamente non valido o diverso l'oggetto in progettazione (ad esempio se si modifica la tipologia di una sezione da rettangolare a T).

Tutte le modifiche della struttura o della tipologia dell'oggetto in progettazione vengono invece gestite dinamicamente e si riflettono immediatamente sulla sua rappresentazione e sui risultati del calcolo e delle verifiche. È possibile quindi ad esempio modificare le dimensioni di una sezione e, senza perdere l'armatura già definita, valutare come cambiano le verifiche. In modo analogo vengono trattate le modifiche ai criteri di progetto o ad elementi della struttura che in qualche modo interessano l'oggetto in progettazione.


Il programma tiene traccia delle modifiche che avvengono nel modello anche quando si è salvato l'oggetto progettato e non sono aperte finestre di progettazione interattiva. Non appena si riapre l'oggetto stesso, vengono segnalati tutti i cambiamenti avvenuti e viene offerta la possibilità di risincronizzare aspetto e verifiche con lo stato attuale della struttura. Si noti che in alcuni casi l'oggetto potrebbe non essere apribile perché non valido. Ad esempio una sezione in calcestruzzo precedentemente armata potrebbe essere stata trasformata (si veda **Definizione di una sezione**) in una sezione in acciaio per la quale non ha senso procedere al progetto armature.

### Finestre di progettazione interattiva

La rappresentazione dell'oggetto nelle finestre di progettazione interattiva può avvenire secondo due distinte modalità:

- **Disegno tecnico**: viene rappresentato il disegno esecutivo completo di quote, indicazioni dei ferri, tabella del computo e quant'altro necessario ad un disegno di cantiere. In questa modalità è possibile utilizzare i normali comandi di Ms-Cad per aggiungere testi, disegni e particolari.
- **Disegno oggetto**: viene rappresentato l'oggetto tridimensionale completo di armature. È possibile cambiarne la rappresentazione utilizzando i normali comandi di visualizzazione della scheda **Visualizza**. In alcuni casi è possibile usare anche i comandi di posizionamento del piano di vista e di parzializzazione. Nel gruppo **Finestra di modellazione** della scheda **Visualizza** cliccando su **Tridimensionale**  è possibile passare dalla visualizzazione con le barre d'armatura in unifilare alla visualizzazione con le barre d'armatura rappresentate in modo solido. I comandi **PVX**, **PVY**, **POQ**, consentono di ottenere viste piane dell'oggetto nei rispettivi piani **globali** o **locali**.



Nel gruppo **Disegno** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Disegno tecnico/oggetto**  è possibile cambiare la modalità di rappresentazione fra disegno tecnico e disegno oggetto. Questa funzionalità è attiva solo nell'ambiente di progettazione interattiva sezioni, plinti/pali, reticolari e collegamenti.

Per alcuni elementi strutturali è possibile attivare la rappresentazione in shading dell'oggetto cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Post-Processor** su **3D** .

Diagrammi e stati tensionali sono in genere rappresentabili in entrambe le modalità, mentre alcuni comandi possono essere eseguibili solo con una specifica rappresentazione o modalità di visualizzazione.

È possibile aprire più finestre di progettazione dello stesso oggetto con l'opzione *Apri nuova finestra* del menu a comparsa sulla finestra stessa. Sarà così agevole visualizzare in contemporanea ad esempio stati tensionali diversi o per diversi casi di verifica.




## Ms-Cad e progettazione interattiva




In progettazione interattiva, quando è attivo il disegno tecnico, è possibile utilizzare comandi Ms-Cad per aggiungere particolari o note.

Non è invece possibile usare comandi Ms-Cad per modificare oggetti che vengono gestiti dinamicamente (tipicamente ferri e quote) e che debbono essere modificati con specifici comandi (ad esempio utilizzare il comando per eliminare un ferro e non il tasto "CANC" sull'entità linea che rappresenta il ferro).

Volendo modificare forzatamente tali entità occorrerà chiudere la progettazione interattiva e riaprire il disegno in Ms-Cad (menu a comparsa sull'albero del progetto, opzione *Apri in Ms-Cad*). Se si effettuano modifiche su oggetti dinamici il programma segnalerà la perdita delle informazioni relative all'armatura ed una volta salvato il disegno risulterà archiviato nella cartella "Altri" e non sarà più apribile in progettazione interattiva. In questo modo l'oggetto in progettazione interattiva viene perduto e viene **sostituito** dal semplice disegno.

In alternativa è possibile salvare il disegno tecnico **anche** come semplice disegno Ms-Cad dal menu dell'ap-

plicazione  cliccando su **Salva con nome**  e poi su **Disegno Ms-Cad** . In questo caso si crea una **copia** del disegno tecnico e si potrà operare su di essa come su un normale disegno Ms-Cad. Ovviamente la copia non riflette più di eventuali modifiche effettuate sull'oggetto in progettazione interattiva.

È possibile salvare il disegno tecnico in formato DXF dal menu dell'applicazione  cliccando su **Esporta**  e poi su **File DXF 2D** . In questo caso oltre al disegno tecnico vengono esportati anche eventuali diagrammi presenti nella finestra.

## Posizionamento armature

Nella progettazione interattiva il posizionamento delle armature viene gestito dinamicamente in modo che la posizione delle barre sia esattamente quella che si riscontrerà nell'oggetto reale.

Una volta stabilito il valore del copriferro delle barre più esterne (ad esempio le staffe) le altre barre vengono posizionate adiacenti ad esse e qualunque cambiamento nel diametro delle barre esterne o delle barre interne comporta automaticamente il ricalcolo di tutte le posizioni.

Anche le barre disposte su più strati mantengono automaticamente la mutua distanza indipendentemente dal valore dei diametri.

In alcuni casi è possibile inserire ferri anche in modo manuale, specificandone le coordinate o comunque individuandone manualmente la posizione. Tali ferri ovviamente non risentono delle modifiche negli altri ferri e non vengono gestiti dinamicamente.

Se da un lato la gestione dei ferri con il loro esatto posizionamento è indiscutibilmente più precisa e consente di introdurre meno errori ed approssimazioni nella fase di verifica (errori ed approssimazioni che andrebbero a sommarsi a quelli inevitabili su carichi e caratteristiche dei materiali), d'altro lato può in taluni casi portare a situazioni apparentemente paradossali.

Alcuni esempi:

- una sezione che con staffe Ø6 è perfettamente verificata, con staffe Ø8 può non soddisfare le verifiche a flessione (infatti è cambiato il baricentro delle barre longitudinali e quindi è diminuita l'altezza utile);
- un plinto quadrato soggetto a carico centrato è armato in modo diverso nelle due direzioni (infatti le barre in una direzione giacciono sopra le altre e quindi anche in questo caso diminuisce l'altezza utile).

Per risolvere in modo più "ingegneristico" questi ed altri problemi simili mantenendo intatta la possibilità di operare sulla rappresentazione reale dell'oggetto ModeSt consente di operare le verifiche anche considerando le **posizioni teoriche** delle barre, in funzione di un copriferro teorico specificabile dall'utente. In questo caso

le verifiche vengono effettuate con il baricentro delle barre posizionato alla distanza specificata dal bordo, indipendentemente dal loro diametro e dal diametro di altri ferri che ne condizionano la reale posizione.

Le modalità di inserimento sono le seguenti:

- **Automatica:** i ferri seguono le **linee guida** definite dagli angoli delle staffe e dai lati delle staffe in modo da dividere il lato in parti uguali. La loro posizione viene gestita in modo dinamico. Aggiungendo altri ferri sul lato, i ferri già presenti si spostano di conseguenza.
- **Semiautomatica:** i ferri seguono le **linee guida** definite dagli angoli delle staffe e dai lati delle staffe. Viene mantenuta in modo dinamico (in caso di cambiamento delle dimensioni della sezione) la proporzione fra le distanze dagli estremi del lato della staffa.
- **Manuale:** i ferri possono essere inseriti in qualunque punto della sezione e non vengono gestiti dinamicamente.
- **Passo:** i ferri seguono le **linee guida** e vengono posizionati automaticamente in modo da rispettare una distanza fra i ferri pari al passo.

Nel caso si utilizzi la modalità di inserimento a **Passo** occorre specificare come il programma debba comportarsi nel caso in cui la lunghezza del lato della sezione non sia un multiplo del passo. È possibile utilizzare tre modalità di completamento:

- **Adattata:** il passo dei ferri viene ridotto in modo da posizionare il primo e l'ultimo ferro della parete adiacenti all'estremità interna della staffa.
- **Terminata:** il passo dei ferri non viene cambiato e vengono aggiunti due ferri adiacenti all'estremità interna della staffa.
- **Nessuna:** il passo dei ferri non viene cambiato e non vengono aggiunti ferri all'estremità del lato della sezione.

## Linee guida

Nelle procedure di progettazione interattiva, quando si aggiunge un ferro, ModeSt attiva automaticamente il disegno delle cosiddette **linee guida**, una serie di linee che servono per facilitare il posizionamento dei ferri se la modalità di inserimento specificata è di tipo Automatica o Semiautomatica (la modalità d'inserimento si specifica selezionandola nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** dalla casella di riepilogo a discesa "Inserimento").

Avvicinando il cursore grafico a queste linee si potrà notare come il ferro venga inserito nella corretta posizione, visualizzato in un diverso colore rispetto ai ferri esistenti che (in modalità automatica) cambiano posizione per far posto al nuovo ferro.

Le linee guida tengono conto automaticamente del diametro del ferro corrente, del copriferro e di eventuali barre in altre direzioni o posizioni (staffe, ferri ortogonali, ecc.) per consentire un corretto **posizionamento delle armature**.

La posizione in cui vengono disegnate le linee guida, sia in **disegno oggetto** che in **disegno tecnico** indica in modo intuitivo quali saranno i ferri inseriti nei vari casi.

In modalità di inserimento Manuale (se disponibile) le linee guida vengono ignorate.

Le quotature e le indicazioni della posizione del ferro vengono aggiornate nel momento in cui il ferro viene inserito definitivamente cliccando col tasto sinistro del mouse.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGF** (Aggiungi ferro), **FERC** (Ferro corrente).

## Travi

### Introduzione

È possibile progettare come travi, tenendo conto delle sollecitazioni indotte dal momento  $M_y$ , dal taglio  $T_z$ , dallo sforzo normale e dal momento torcente tutte le aste che non siano verticali e che abbiano:

- numero diverso da zero;
- sezione con membratura trave e verifica prevista c.a.;
- attiva l'opzione *Trave* del parametro **Utilizzo** dei criteri di progetto.

Automaticamente è possibile progettare le armature e generare i disegni esecutivi oppure determinare, solo nel caso di calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili, le armature teoriche strettamente necessarie, mentre interattivamente è possibile modificare l'armatura proposta o al limite armare in modo manuale la travata.

Per strutture calcolate agli stati limite le armature vengono progettate tenendo conto solo delle sollecitazioni indotte dal momento  $M_y$  e dal taglio  $T_z$ , ed eventualmente verificate se richiesto anche tenendo conto dello sforzo normale  $N$ .

Per strutture progettate ai sensi del D.M. 17/01/18 in zona sismica, ModeSt provvede automaticamente al calcolo secondo i criteri della gerarchia delle resistenze. L'obiettivo che si prefigge questo metodo di progettazione è quello di scongiurare l'instaurarsi dei meccanismi di rottura fragile prima dei meccanismi di rottura duttili. La procedura di progetto provvede quindi a calcolare le azioni per la progettazione a taglio (rottura fragile) in funzione dei momenti resistenti alle estremità della trave con i necessari coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa per le strutture in classe A o B. Anche nel caso di progettazione interattiva, i valori del taglio vengono ricalcolati in tempo reale al cambiare dei momenti resistenti. Il taglio da gerarchia viene valutato considerando momenti resistenti calcolati in assenza di sforzo normale. Analogamente i momenti resistenti che vengono trasferiti ai pilastri per il calcolo in gerarchia sono calcolati in assenza di sforzo normale.




Le travi di fondazione vengono progettate con le sollecitazioni provenienti dal calcolo maggiorate dei necessari coefficienti di sovrarresistenza previsti dalla normativa per le strutture in classe A o B. Risultando ambigua in tal senso la normativa, è possibile specificare se la gerarchia delle resistenze Taglio-Momento debba essere rispettata anche per le travi di fondazione.

Per consentire la possibilità di eseguire analisi o valutazioni di comportamento di strutture in cui l'azione sismica è sostenuta solo da alcuni elementi, mentre ad altri è richiesta solo una sufficiente duttilità, è possibile disabilitare sia il **progetto in gerarchia delle resistenze**, sia la **verifica per le combinazioni di carico sismiche**. Vengono in ogni caso adottate le limitazioni e prescrizioni di normativa relative alle zone sismiche. Si segnala che comunque non vengono attualmente effettuate da ModeSt verifiche sulla duttilità delle sezioni.

ModeSt crea e mantiene aggiornate la relazione di calcolo ed il computo delle armature e se richiesto anche la distinta dei ferri.

## Progettazione interattiva travi

Nell'ambiente di progettazione interattiva travi, se l'armatura della travata era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico della travata. Al termine della progettazione è possibile archiviare la travata e creare o aggiornare i file necessari. È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature travi**.

Se ModeSt segnala il messaggio "ATTENZIONE: Individuate n campate - definizione appoggi dubbia.", occorre controllare che l'individuazione automatica delle campate sia avvenuta correttamente. Per comprendere quali siano le campate individuate automaticamente da ModeSt è sufficiente disegnare il diagramma del momento flettente cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Momento** : i diagrammi disegnati a tratteggio rappresentano i minimi di  $qL^2/n$  e quindi riflettono la definizione delle campate. Si veda anche **Individuazione delle campate**. Per eventualmente definire nei punti ambigui un appoggio cliccare nel gruppo **Altri** su **Appoggi**  e poi su **Aggiungi** .

Durante la progettazione interattiva è possibile anche eseguire una o più **fasi di progetto** della progettazione automatica: ad esempio si possono eseguire le fasi PFS e PFP per far progettare a ModeSt automaticamente i ferri sagomati ed i ferri di parete (se necessari), inserire manualmente parte dell'armatura longitudinale, eseguire PFA per coprire quello che manca, modificare dei ferri ed eseguire la fase PST per progettare automaticamente le staffe ed eventualmente modificarle.

Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:


### Proprietà correnti


Nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** è possibile: stabilire i numeri e i diametri da utilizzare per aggiungere nuovi ferri o da assegnare a ferri esistenti; attivare o disattivare la possibilità di invertire il ferro in corrispondenza dei cambi di pendenza della travata con **Inverte posizione**; indicare la **Posizione** (Superiore o Inferiore) dei ferri da inserire; impostare un multiplo fisso per le lunghezze dei ferri in **Arrotondamento**.

Nella sezione **Staffe** del pannello **Parametri correnti** è possibile stabilire la staffatura da utilizzare per aggiungere nuove staffe o da assegnare a staffe esistenti.


**Utilizzo da linea di comando:** **FERC** (Ferro corrente), **IPF** (Inverte posizione ferro al cambio di pendenza), **FINF** (Ferro inferiore), **FSUP** (Ferro superiore), **STAC** (Staffatura corrente).



### Generali


**Progetta aut.**  progetta la travata esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.

**Ricalcola**  effettua il controllo che la travata sia verificata e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie.

**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico della travata.

**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.


**Info verifiche**  visualizza le verifiche a flessione, a taglio e torsione in un punto della travata. Il programma visualizza le verifiche del punto più vicino ai punti di progettazione (segmenti verticali della linea di riferimento dei diagrammi). È possibile aprire in una nuova finestra la sezione con l'armatura presente nel punto selezionato nella quale effettuare controlli più dettagliati cliccando sulla freccia a destra del comando e poi su **Info verifiche avanzate** .


**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato alla travata.


**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione), **?VER** (Informazioni verifiche).


## Diagrammi


Durante l'inserimento dei ferri risultano utili le rappresentazioni di diagrammi che permettono di controllare la validità dell'armatura longitudinale.


**Momento**  attiva o disattiva il disegno del momento flettente. Per strutture calcolate agli stati limite, il diagramma permette di controllare se l'armatura inserita è sufficiente verificando che il momento resistente sia superiore ai momenti agenti per le combinazioni agli stati limite ultimi. Si veda anche **Progettazione agli stati limite**.


**Taglio**  attiva o disattiva il disegno del taglio. Per le strutture calcolate agli stati limite, il diagramma consente di controllare la correttezza dell'armatura a taglio. Si veda anche **Progettazione agli stati limite**. Per travate classificate come esistenti attraverso i criteri di progetto, nel caso in cui siano presenti anche i ferri piegati, essendone considerato il loro contributo alla resistenza solo per le combinazioni delle condizioni di carico elementari di tipo statico, viene disegnato due diagrammi del taglio: inferiormente relativo alle CC sismiche e superiormente a quelle statiche.


**Sf. norm.**  attiva o disattiva il disegno dello sforzo normale. Il diagramma permette di controllare se in una campata è attivata o meno la verifica a pressoflessione: viene disegnato con tratto continuo se la verifica a pressoflessione è attivata, a tratteggio in caso contrario.


**Torsione**  attiva o disattiva il disegno del momento torcente. Il diagramma permette di controllare se in una campata è attivata o meno la verifica a torsione: viene disegnato con tratto continuo se la verifica è attivata, a tratteggio in caso contrario.


**Area st.**  attiva o disattiva il disegno dell'area delle staffe necessarie nella travata. Il diagramma permette di controllare se la staffatura è sufficiente e compatibile con i minimi di regolamento ed altre limitazioni.


**Rapporto X/D**  attiva o disattiva il disegno del rapporto X/D (indice di duttilità), in modo da controllare la corretta progettazione della travata agli stati limite. Vengono anche visualizzati i valori massimi di normativa di tale rapporto ed il valore che corrisponde alla rottura bilanciata.

**Tau**  attiva o disattiva il disegno delle tensioni tangenziali nella travata. Il diagramma permette di controllare i valori di  $\tau$  confrontandoli con  $\tau_{c0}$  e  $\tau_{c1}$ .


**Scorrimento**  attiva o disattiva il disegno dello sforzo di scorrimento agente nelle zone di calcolo dello scorrimento. Il diagramma permette di controllare se l'armatura a taglio e a torsione è almeno globalmente sufficiente.


**Zone compresse**  attiva o disattiva il disegno delle zone che vengono considerate utilmente compresse ai fini del calcolo degli ancoraggi.

**Interferri**  attiva o disattiva il disegno dell'interferro, ossia la mutua distanza fra i ferri nelle varie zone della travata. Il diagramma permette di controllare se l'armatura progettata entra nella travata e se rispetta i minimi interferri di normativa.

**Spazi residui**  attiva o disattiva il disegno dello spazio residuo. Lo spazio residuo nella sezione viene valutato detraendo dalla larghezza dell'asta il copriferro per il calcolo della lunghezza delle staffe ed il diametro delle staffe. Il diagramma permette di controllare se l'ingombro dei ferri entra nelle varie zone della travata.


**Inviluppi**  attiva o disattiva il disegno dell'inviluppo dei momenti flettenti e dei tagli.


**Punti ver.**  attiva o disattiva il disegno dei punti in cui verranno riportate in relazione le verifiche relative all'armatura longitudinale (flessione, pressoflessione, taglio e torsione).


**Pos. diagr.**  consente di stabilire la posizione dei diagrammi correnti.

**Utilizzo da linea di comando:** **DMOM** (Disegna momento flettente), **DTAG** (Disegna taglio), **DNOR** (Disegna sforzo normale), **DTOR** (Disegna momento torcente), **DAST** (Disegna area staffe), **DEPS** (Disegna epsilon), **DTAU** (Disegna tau), **DSKO** (Disegna scorrimento), **DZC** (Disegna zone compresse), **DINT** (Disegna interfero), **DSR** (Disegna spazio residuo), **DINV** (Disegna involuppi), **DPV** (Disegna punti/piani di verifica), **PDIA** (Posizione diagrammi).

## Af teoriche

**Aree di ferro**  attiva o disattiva il disegno della mappa delle aree di ferro necessarie ed il diagramma delle aree di ferro effettivamente presenti nella travata. La mappa consente di verificare per strutture calcolate alle tensioni ammissibili se l'armatura inserita è sufficiente mentre per strutture calcolate agli stati limite di verificare solamente se l'armatura è sufficiente per le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio e se rispetta eventuali minimi di regolamento.

**% area di ferro totale**  attiva o disattiva il disegno della mappa delle percentuali di area di ferro strettamente necessaria ed il diagramma delle aree di ferro effettivamente presenti totali (superiori più inferiori). La mappa consente di verificare per strutture calcolate agli stati limite se l'armatura rispetta eventuali minimi di regolamento.

**% area di ferro divisa**  attiva o disattiva il disegno della mappa delle percentuali di area di ferro strettamente necessaria ed il diagramma delle aree di ferro effettivamente presenti divise (superiori o inferiori). La mappa consente di verificare per strutture calcolate agli stati limite se l'armatura rispetta eventuali minimi di regolamento.

**Utilizzo da linea di comando:** **DAFA** (Disegna aree di ferro aste).

## Ferri

**Aggiungi**  aggiunge un nuovo ferro longitudinale, sagomato.

### NOTE:


- Se si modifica la combinazione di diametri mentre si è in fase di editing di un ferro questa viene automaticamente assegnata al ferro stesso.
- Se in prossimità del primo punto si trova una linea di blocco, il ferro viene fatto partire in corrispondenza di quest'ultima. Nel caso di linee di blocco molto vicine l'una dall'altra, si consiglia di ingrandire la zona per individuare un punto immediatamente a destra o a sinistra della linea di blocco corretta in funzione della direzione in cui si intende inserire il ferro.
- Durante l'inserimento del ferro NON viene effettuato il controllo se la lunghezza del ferro supera quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Max lunghezza barre**).
- Se il ferro raggiunge una linea di blocco, non sarà possibile prolungarlo oltre, a meno che non si disattivino i blocchi.
- Il ferro che viene inserito sarà un ferro superiore o inferiore in funzione della scelta effettuata.
- Il ferro viene inserito con la combinazione di diametri corrente.
- In qualunque momento è possibile piegare il ferro per realizzare un sagomato usando i tasti **I** o **F** e "Invio" che consentono di specificare il punto iniziale o finale di piegatura.
- In qualunque momento è possibile annullare l'ultima piegatura del ferro usando il tasto **U** e "Invio".
- In corrispondenza dei cambi di pendenza della travata, il ferro inverte automaticamente la posizione se incontra una concavità. Se il ferro incontra una convessità normalmente non inverte la posizione. È possibile modificare questo comportamento con **Inverte posizione**.
- Se è stato settato un passo di arrotondamento ferri, il ferro inserito avrà una lunghezza multipla di tale valore. Sarà però in tal caso difficoltoso inserire punti di piegatura.

**Cavallotto**  aggiunge un cavallotto.

### NOTE:

- Utilizzando i sottocomandi **I** o **F** è possibile piegare il ferro.
- Se si modifica la combinazione di diametri mentre si è in fase di editing di un ferro questa viene automaticamente assegnata al ferro stesso.

**Ferro di parete**  aggiunge un ferro di parete.


**Ferro di fianco**  aggiunge un ferro di fianco.


**Ferro di suola**  aggiunge un ferro di suola.


#### NOTE:

- Il ferro di parete, di fianco o di suola viene inserito con la combinazione dei diametri corrente. Viene considerata solo la prima combinazione dei diametri (ad esempio se la combinazione dei diametri corrente è 2Ø12+2Ø14 viene considerato 2Ø12), ed interpretata come i ferri da inserire sulle pareti, sul fianco o sulla suola della sezione.
- Il ferro di parete, di fianco o di suola inserito è sempre un ferro che lavora a taglio e torsione.

**Assegna**  assegna al ferro selezionato con il cursore grafico la combinazione di diametri corrente.

**Elimina**  elimina il ferro (longitudinale, sagomato, cavallotto, ferro di parete, ferro di fianco, ferro di suola) selezionato con il cursore grafico.

**Stira**  allunga o accorcia il ferro selezionato con il cursore grafico.

**Estende**  prolunga l'estremo del ferro selezionato con il cursore grafico fino al punto di blocco più vicino.


**Arrotonda**  arrotonda le lunghezze del ferro selezionato con il cursore grafico.

**Arrotonda tutti**  arrotonda la lunghezza di tutti i ferri presenti nella travata (viene eseguita la fase ARF).


**Unifica**  unifica due ferri.

#### NOTE:

- Non è possibile unificare due ferri che non siano entrambi ferri longitudinali andanti superiori o inferiori.
- Non è possibile unificare due ferri se fra i loro estremi c'è un punto di blocco o se il ferro risultante supera la lunghezza massima ammissibile specificata nei criteri di progetto (vedi **Max lunghezza barre**).
- Se i due ferri non occupano la stessa zona di travata il ferro risultante avrà la combinazione di diametri del ferro di maggior area.
- Se i due ferri occupano in parte la stessa zona di travata (ferri sovrapposti) il ferro risultante avrà la combinazione di diametri che copra la somma delle aree dei ferri unificati.

**Simmetrizza**  crea un ferro simmetrico al ferro selezionato con il cursore grafico.



**Sposta ferro**  sposta verticalmente la posizione di un ferro nell'esploso.


**Ottimizza disposizione**  ottimizza la posizione dei ferri nell'esploso, separando ferri di parete, di suola e di fianco, ferri superiori, sagomati e ferri inferiori e minimizzando il più possibile l'ingombro dei ferri.


**Utilizzo da linea di comando:** **AGGF** (Aggiungi ferro), **AGGC** (Aggiungi cavallotto), **AFER** (Assegna ferro), **ELIF** (Elimina ferro), **EDIF** (Edita ferro), **ESTF** (Estende ferro al blocco), **ARRF** (Arrotonda lunghezza ferro), **UNIF** (Unifica ferri), **SIMF** (Simmetrizza ferro), **SPOF** (Sposta ferro), **OTTF** (Ottimizza posizione ferri).


#### Staffe


**Progetta**  progetta automaticamente la staffatura (viene eseguita la fase PST).

**Assegna**  assegna o aggiunge la staffatura corrente nella zona di staffatura selezionata con il cursore grafico, la staffatura assegnata è verticale. La staffatura orizzontale si assegna cliccando sulla freccia a destra del comando e poi su **Staffatura orizzontale** .

**Elimina**  elimina la staffatura nella zona di staffatura selezionata con il cursore grafico.

**Modifica**  modifica le zone di staffatura in cui è divisa la travata. Specificando **S valore** o **D valore** si impone la lunghezza della zona di sinistra o di destra uguale a *valore*.


**Dividi**  divide in due parti una zona di staffatura.


**Unifica**  unifica due zone di staffatura.

**Ripristina**  ripristina le zone di staffatura calcolate in funzione dei criteri di progetto.

**Utilizzo da linea di comando:** **ASTA** (Assegna staffatura), **ELIT** (Elimina staffatura), **EDIZ** (Edita zona di staffatura), **DIVZ** (Divide zona di staffatura), **UNIZ** (Unifica zona di staffatura), **ZCRI** (Zone di staffatura da criterio).


#### Rinforzi


**FRP Longitudinali**  assegna o modifica i rinforzi longitudinali nella campata della travata selezionata con il cursore grafico.


**FRP Trasversali**  assegna o modifica i rinforzi trasversali nella campata della travata selezionata con il cursore grafico.

## Altri

**Aggiungi**  aggiunge un appoggio in corrispondenza del nodo.



**Elimina**  elimina l'appoggio in corrispondenza del nodo.

**Proprietà blocco**  modifica il posizionamento e l'effetto dei punti di blocco.


**Forza blocchi**  attiva o disattiva i punti di blocco.


**Utilizzo da linea di comando:** **DEAP** (Definisci appoggio), **MPBL** (Modifica proprietà blocco), **FBL** (Forza blocchi).


## Disegno


**Sezioni**  attiva o disattiva il disegno delle sezioni della travata nei punti necessari, per evidenziarne le dimensioni, l'armatura e le dimensioni delle staffe. È possibile attivare o disattivare il disegno della posizione dei ferri longitudinali nella sezione della travata selezionando l'opzione "Disegna ferri" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. Nel caso in cui l'opzione sia attiva è possibile aggiungere, eliminare e ricreare le sezioni cliccando sulla freccia a destra del comando e poi rispettivamente su **Aggiungi** ,


**Elimina**  e **Ricrea** .


**Blocchi inattivi**  attiva o disattiva il disegno dei punti di blocco inattivi.

**Rinforzi**  apre una finestra con la travata e le indicazioni dei rinforzi assegnati.

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale della travata progettata. È possibile specificare se creare la modellazione solida della travata solo con le armature, solo con i rinforzi o con entrambi utilizzando le opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Distinta**  attiva o disattiva il disegno della tabella della distinta ferri. È possibile modificare la posizione della tabella della distinta ferri selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSEZ** (Disegna sezioni travata), **DFSEZ** (Disegna ferri sezioni travata), **DBLI** (Disegna blocchi inattivi), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DDF** (Disegna distinta ferri), **DCMP** (Disegna computo).

## Note tecniche

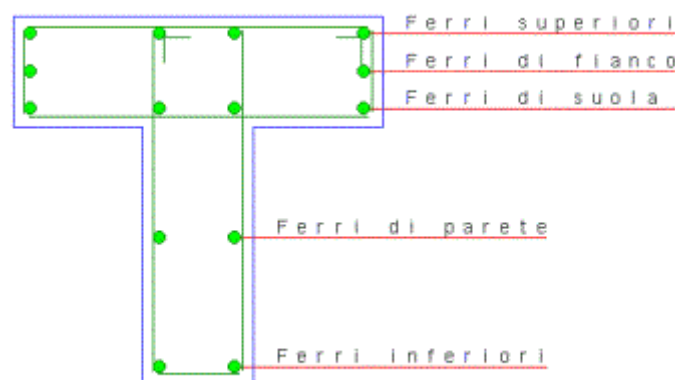
### Denominazioni

In tutti i punti in cui si fa riferimento a pilastri o a muri "inferiori" o "superiori", al segno dei momenti e dei tagli o alla posizione delle armature in contesti in cui il comportamento di ModeSt dipende dal fatto che la travata sia di fondazione o di elevazione, è sottinteso che tali termini vadano intesi in senso opposto.

Ad esempio la mancanza di un pilastro "inferiore" per travi in elevazione corrisponde ovviamente alla mancanza di un pilastro "superiore" per travi di fondazione.

Per distinguere le diverse armature nel caso di travi a T e a L, si adotta la seguente terminologia:





## Individuazione della travata



ModeSt considera come unica "travata" un insieme di aste consecutive con lo stesso numero, con sezione non fittizia (0 o -1), con membratura trave e tipo di verifica c.a. Per consentire una corretta gestione di travate interrotte da uno o più muri occorre assegnare all'asta di testa dei muri una sezione reale, almeno pari al "cordolo" (spessore muro per altezza solaio) che normalmente viene realizzato. Si ricorda che nel caso di muri schematizzati con traliccio equivalente trasformare un'asta con sezione fittizia in un'asta con sezione reale non porta ad un incremento di rigidezza poiché le aste di piede e di testa dei muri vengono trasformate così come descritto in **Schematizzazione muri**, mentre si ha un incremento di rigidezza nel caso di muri schematizzati mediante elementi bidimensionali. Comunque normalmente la rigidezza aggiunta è trascurabile rispetto alla rigidezza della parete e l'inserimento dell'asta può essere ugualmente necessario per ovviare alla labilità intorno all'asse Y locale degli elementi bidimensionali (si veda **Rigidezza torsionale elementi bidimensionali**).

La presenza di due o più travate non consecutive con lo stesso numero rende impossibile la progettazione dell'armatura delle travate medesime.

Se le travi che costituiscono la travata non sono allineate in pianta (con riferimento all'asse reale e quindi considerando anche i fili fissi e gli scostamenti dal filo fisso) ModeSt determina la linea che meglio approssima gli allineamenti delle aste e proietta il disegno sul piano verticale definito da questa linea. In tal caso però le lunghezze dei ferri non saranno corrette.

Nel primo e nell'ultimo nodo e nei nodi privi di pilastro inferiore ModeSt controlla l'esistenza di eventuali travi che incidono sulla travata in esame (cosiddette travi "in falso"), per poi tenerne conto nella progettazione dei ferri.

ModeSt è in grado di gestire anche travate con cambiamenti di pendenza dell'asse (tetti, scale, ecc.). Nella

scheda "Numerazioni", apribile cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , è possibile attraverso il parametro "Angolo tolleranze allineamenti" configurare la numerazione automatica delle aste in modo da assegnare lo stesso numero anche ad aste consecutive allineate ma con variazioni di pendenza.

## Individuazione delle campate

Per poter considerare correttamente il fattore "lunghezza" nel calcolare i minimi di  $ql^2/n$  d'appoggio e di campata definiti nei criteri di progetto (vedi **Min. momento fittizio agli appoggi** e **Min. momento fittizio in campata**) e per progettare correttamente le armature distinguendo a livello logico fra posizioni vicine agli "appoggi" e posizioni di "campata" ModeSt deve individuare le campate in cui può essere suddivisa la travata indipendentemente dalla presenza o meno di nodi intermedi. In tal senso vengono definiti univocamente come "appoggi" tutti quei nodi che:

- hanno un pilastro inferiore;
- individuano l'inizio o la fine di un tratto di travata con sotto un muro;
- hanno un vincolo in direzione Z.

La presenza di travi in falso non determina univocamente un appoggio in quanto la trave in falso può essere "portata" (ed in tal caso non costituisce un appoggio ma un carico concentrato) o "portante" (ed in tal caso andrebbe considerata come un appoggio). Inoltre il comportamento può cambiare nelle diverse CC.




Nel caso di **travi costituite da integratori trasversali** vengono normalmente individuati come elementi sottostanti o sovrastanti la trave anche quelli che incidono su uno qualunque dei nodi che costituiscono "l'ini-



zio" o "la fine" dell'integratore (non necessariamente quelli di inserimento). Vengono segnalati inoltre eventuali elementi che insistono sui nodi interni dell'integratore per permettere al progettista di decidere se tali elementi siano significativi in termine di definizione campata e se quindi sia opportuno o meno suddividere l'integratore in più parti.

Definite quindi le campate con le modalità sopra descritte, ModeSt definisce non ambigue tutte quelle campate in cui il diagramma dei momenti della CC (generalmente contenente solo i carichi verticali e quindi più indicativa) non ha più di due inversioni di segno e il taglio non più di uno. Vengono definite ambigue anche la prima (e l'ultima) campata nel caso che abbiano il primo (o l'ultimo) nodo senza pilastro inferiore (mensole), ma con trave in falso e se il momento ha più di una inversione di segno.

I diagrammi disegnati a tratteggio rappresentano i minimi di  $ql^2/n$  e quindi riflettono la definizione delle campate.

Nel caso in cui siano state riscontrate ambiguità nella definizione delle campate, ModeSt lo segnala e l'utente può, in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Altri** su **Appoggi** , definire quali nodi con appoggio non univoco debbano essere considerati veramente come appoggi. Se l'individuazione delle campate, pur se segnalata come dubbia, è corretta, i messaggi e le anomalie relative possono essere ignorati. Per comprendere quali siano le campate individuate da ModeSt è sufficiente cliccare nel gruppo **Altri** su **Appoggi**  e poi su **Aggiungi**  in modo da visualizzare gli appoggi definiti in automatico (disegnati con un triangolo giallo) e quelli aggiunti dall'utente (disegnati con un triangolo bianco).

**Utilizzo da linea di comando: DEAP** (Definisci appoggio).

## Punti di blocco

In corrispondenza dei nodi della travata ModeSt individua dei punti che identificano i cosiddetti "punti di blocco". Questi sono i punti in cui i ferri non possono proseguire ma devono essere ancorati, a causa di discontinuità nelle sezioni o nel posizionamento delle aste.





In ogni nodo vengono definiti quattro punti:

1. blocco per ferri superiori provenienti da destra;
2. blocco per ferri superiori provenienti da sinistra;
3. blocco per ferri inferiori provenienti da destra;
4. blocco per ferri inferiori provenienti da sinistra.

I blocchi vengono visualizzati in progettazione interattiva come brevi linee verticali che si protendono verso la parte superiore o inferiore della travata (linee che identificano punti di blocco per ferri superiori o inferiori). Un piccolo triangolino indica, con la direzione della punta, la direzione nella quale agisce il blocco.

Ogni punto di blocco è caratterizzato dai seguenti parametri:

<b>Posizione</b>	è la coordinata (X globale misurata dal primo nodo della travata) in cui il blocco ha effetto.
<b>Tipo di blocco</b>	<p>può essere uno dei seguenti:</p> <p><b>Completamente libero:</b> il ferro è libero di proseguire e quindi il blocco in realtà non ha effetto. Le linee relative a blocchi di questo tipo non vengono normalmente visualizzate.</p> <p><b>Bloccato solo il ferro:</b> il ferro può proseguire dritto ma solo per ancoraggio. Le linee relative a blocchi di questo tipo vengono visualizzate tratteggiate.</p> <p><b>Bloccato il ferro e l'ancoraggio:</b> il ferro non può proseguire e deve essere risvoltato. Le linee relative a blocchi di questo tipo vengono visualizzate a tratto continuo.</p>
<b>Altezza risvolto</b>	indica di quanto viene risvoltato il ferro che non prosegue.
<b>Lunghezza allungamento</b>	indica di quanto può essere allungato il ferro prima che debba essere obbligatoriamente risvoltato.

La posizione ed i parametri associati ai punti di blocco possono essere controllati e modificati in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Altri** su **Modifica blocco** , mentre i blocchi stessi possono essere resi inattivi cliccando nel gruppo **Altri** su **Forza blocco** ; in questo caso durante l'editing e la progettazione delle armature ModeSt non rispetterà i punti di discontinuità. I punti di blocco che non creano interruzioni dei ferri (blocchi di tipo Completamente libero) possono essere visualizzati cliccando nel gruppo **Disegno** su **Blocchi inattivi** ; questo può essere utile per poterli selezionare e modificare con il comando **Modifica blocco** .

**Utilizzo da linea di comando:** **MPBL** (Modifica proprietà blocco), **FBL** (Forza blocchi), **DBLI** (Disegna blocchi inattivi).

## Punti di progetto

In ognuna delle aste costituenti la travata ModeSt determina, con il passo specificato nei criteri di progetto (vedi **Passo di progettazione**), i punti in cui calcolare l'armatura longitudinale strettamente necessaria superiormente ed inferiormente. Vengono inoltre automaticamente aggiunti i punti di momento massimo di campata ed altri punti eventualmente necessari a ModeSt. Questi punti verranno in seguito denominati per brevità punti di progetto e sono riportati in tutti i diagrammi, in progettazione interattiva, come piccoli segmenti verticali che tagliano la linea di riferimento.

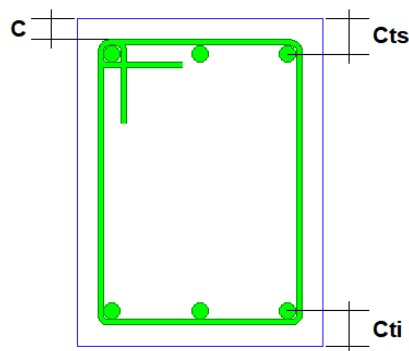
In ognuno dei punti di progetto viene quindi progettata l'armatura considerando le sollecitazioni (momento flettente, taglio ed eventualmente sforzo normale e momento torcente) di tutte le CC (con tutte le combinazioni di segno nel caso di analisi dinamica). Viene considerato anche il momento provocato dal minimo momento di appoggio e di campata specificato nei criteri di progetto (vedi **Min. momento fittizio agli appoggi** e **Min. momento fittizio in campata**). Nel caso di calcolo col metodo agli stati limite viene considerato anche il valore del momento traslato in funzione del taglio agente o derivante dalla configurazione a rottura (classe A).

Vengono trascurati gli eventuali valori di  $M_z$  e di  $T_y$  (momento flettente e taglio nel piano "orizzontale").

Nella progettazione alle tensioni ammissibili in funzione dell'andamento delle  $\tau$  e dei criteri di progetto vengono poi calcolate le zone di scorrimento in cui progettare l'armatura a taglio e se necessario a torsione.

## Copriferri di calcolo e di disegno

Nel progetto e nel disegno dell'armatura delle travi vengono utilizzati i copriferri rappresentati nella figura seguente:



dove:

**Cts** = **Copriferro teorico superiore**

**Cti** = **Copriferro teorico inferiore**

presenti nella scheda "Parametri di calcolo" dei criteri di progetto specifici delle travi sono utilizzati nel progetto e nella verifica dell'armatura delle travi.


**C** = copriferro reale a bordo staffa

presente nella scheda "Dati per progettazione interattiva sezioni" dei criteri di progetto specifici delle travi è utilizzato nel disegno della staffa.

## Progetto armatura longitudinale

Per ognuna delle aste costituenti la travata ModeSt stabilisce se effettuare il progetto e le verifiche a pressoflessione o a flessione semplice.

La pressoflessione viene attivata se nei criteri di progetto è stato selezionato il parametro **Progetto a pressoflessione** e per le aste inclinate se è stato specificato "Solo per le travi inclinate" e l'inclinazione dell'asta supera il valore indicato al parametro **Min. angolo per pressoflessione**. La pressoflessione viene comunque disattivata se la massima tensione teorica (di trazione o compressione) per solo sforzo normale nel calcestruzzo immaginato interamente reagente non supera la percentuale di  $\sigma_{amm}$  o  $F_{ck}$  specificata nei criteri di progetto (vedi **Compressione massima senza progetto a pressoflessione**). In ogni caso ModeSt progetta comunque l'armatura anche a flessione semplice, in modo da cautelarsi da quei casi in cui il progetto a pressoflessione non sarebbe a favore di sicurezza.

È possibile controllare in progettazione interattiva se in un'asta è attivata o meno la verifica a pressoflessione visualizzando il diagramma dello sforzo normale cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Sf. norm.** . Il diagramma viene disegnato con tratto continuo se la verifica a pressoflessione è attivata, a tratteggio in caso contrario.

Attualmente la pressoflessione è disabilitata nel caso di calcolo col metodo degli stati limite.

Nel caso di calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili o per determinare l'armatura per le combinazioni agli stati limite di esercizio il progetto viene effettuato con riferimento a quanto specificato nei criteri di progetto ai parametri **Tipo di progetto in doppia armatura** e **Max rapporto AfComp/AfTesa** per determinare il rapporto d'armatura e considerando i minimi di regolamento secondo quanto specificato nei criteri di progetto al parametro **Min. percentuale di regolamento**. Nel calcolo agli stati limite ultimi il progetto viene effettuato in modo da bilanciare più possibile il punto di rottura e di mantenere il rapporto  $x/d$  ai valori di normativa. Possono infatti risultare più combinazioni di armatura, tutte comunque valide.

Nel caso di progetto alle tensioni ammissibili del D.M. 14/02/92 o agli stati limite del D.M. 16/01/96, determinate in tal modo per ogni CC le aree di ferro necessarie per flessione, occorre considerare inferiormente il minimo d'armatura imposto dalla normativa al par. 5.3.1: *"Alle estremità delle travi deve essere disposta una armatura inferiore, convenientemente ancorata, in grado di assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio."*

Non potendo determinare quanto si estendano le "estremità" di una trave, ma considerando che comunque l'effetto del taglio diminuisce verso il centro della campata, il controllo viene effettuato in tutti i punti.

Il controllo viene effettuato o meno secondo quanto specificato nei criteri di progetto al parametro **Min. di armatura per taglio**.

L'area di ferro risultante (determinata come rapporto fra taglio agente e tensione ammissibile nell'acciaio) in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto al parametro **Tipo di armatura per taglio** può essere considerata nel modo seguente:

<b>Integrativa</b>	viene considerata la maggiore fra l'area calcolata per taglio e quella calcolata per flessione o pressoflessione.
<b>Aggiuntiva</b>	l'area calcolata per taglio viene sommata a quella calcolata per flessione o pressoflessione.
<b>Mista</b>	l'area calcolata per taglio viene sommata a quella calcolata per flessione o pressoflessione se nel punto in esame, nella CC corrispondente, la parte inferiore della trave è tesa mentre se è compressa viene considerata la maggiore delle due.

L'ultimo metodo è suggerito dal fatto che la normativa parla di armatura in grado di assorbire uno ... *sforzo di trazione ...*, sforzo che va a sommarsi a quello provocato dal momento in caso di momento positivo ma che ha l'effetto di diminuire la tensione nell'armatura nel caso di momento negativo (al contrario per le travi su suolo elastico).

Nel caso di progetto col metodo agli stati limite l'armatura a taglio viene considerata sempre aggiuntiva e valutata in ogni caso per il massimo valore del taglio. Questo è reso necessario dall'esigenza di avere un unico dominio di rottura per tutte le CC da verificare e quindi un unico valore di duttilità, momento ultimo, ecc. In caso contrario le verifiche diventerebbero di difficile interpretazione e sarebbe impossibile valutare ad esempio il taglio di progetto per strutture in classe di duttilità A.

**Utilizzo da linea di comando: DNOR** (Disegna sforzo normale).

## Calcolo e controllo tensioni tangenziali

Nel caso di calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili per il calcolo delle tensioni tangenziali e di quant'altro necessario per il progetto e le verifiche a taglio e torsione, si considera come copriferro il massimo fra i copriferri inferiore e superiore specificati nei criteri di progetto (vedi **Copriferro teorico inferiore** e **Copriferro teorico superiore**). Nel seguito, quanto riportato per sezioni a T è valido anche per sezioni a L, nelle quali la differenza fra centro di taglio e centro di torsione viene trascurata.

### TAGLIO

Le tensioni tangenziali dovute al taglio vengono calcolate per ogni CC con il metodo seguente:

Sezioni rettangolari:

$$\tau = \frac{T}{0.9 \cdot b \cdot (h - c)}$$

dove:

b = base della sezione

h = altezza della sezione

c = copriferro

Sezioni a T in elevazione ed a T rovescio in fondazione:

poiché, l'ala risulta generalmente tesa nei punti di maggior taglio (vicino agli appoggi) si considera anche in questo caso:

$$\tau = \frac{T}{0.9 \cdot b \cdot (h - c)}$$

dove:  
 $b$  = larghezza anima  
 $h$  = altezza totale della sezione  
 $c$  = copriferro

Nel caso raro di travi a T in fondazione ed a T rovescio in elevazione, se la soletta risulta avere un'altezza maggiore di  $0.3 \cdot (h - c)$  si considera la stessa formula del caso precedente (l'asse neutro taglia la soletta), mentre nel caso di soletta sottile (l'asse neutro taglia l'anima) si considera un braccio della coppia interna pari ad  $h - s/2$  e quindi risulta:

$$\tau = \frac{T}{b \cdot \left(h - \frac{s}{2}\right)}$$

dove:  
 $b$  = larghezza anima  
 $h$  = altezza totale della sezione  
 $s$  = altezza soletta

## TORSIONE

Le sezioni a T o a L vengono scomposte nei due rettangoli costituenti l'anima e l'ala ed il momento torcente viene ripartito fra i due rettangoli con le regole della scienza delle costruzioni. In particolare la rigidezza torsionale è valutata come  $C = 3 \cdot \beta / (\beta - 0.63)$  e per il calcolo di  $\tau$  si considera un coefficiente di forma pari a  $(3 \cdot \beta + 4) / (\beta + 0.45)$ . In entrambe le formule  $\beta = h/b$  ( $b < h$ ).

Nel seguito quanto specificato con riferimento all'anima delle travi a T e a L è valido anche per le sezioni rettangolari.

Ricordando che le  $\tau$  dovute a torsione sono tensioni con andamento "circolare" (dirette lungo il perimetro della sezione) mentre le  $\tau$  dovute al taglio  $T_z$  sono dirette secondo l'asse Z locale della sezione, risulta immediato quanto segue.

Nell'anima delle sezioni a T si ha:

$$\tau_{\max\_anima} = \tau_{\text{tors\_anima}} + \tau_{\text{tag\_anima}}$$

mentre per sezioni a T nel lato orizzontale dell'ala immediatamente adiacente all'attacco con l'anima (lato interno) si ha:

$$\tau_{\text{ala}_1} = \sqrt{\tau_{\text{tors\_ala\_suol}} \cdot a^2 + \tau_{\text{tag\_ala}}^2}$$

mentre nel fianco dell'ala, immediatamente accanto all'angolo si ha:


$$\tau_{\text{ala}_2} = \tau_{\text{tors\_ala\_fianco}} + \tau_{\text{tag\_ala}}$$

Si ha quindi:

$$\tau_{\max\_ala} = \max(\tau_{\text{ala}_1}, \tau_{\text{ala}_2})$$

ModeSt determina  $\tau_{\text{tag\_anima}}$  con le modalità riportate nel paragrafo precedente e determina  $\tau_{\text{tag\_ala}}$  con la relazione:

$$\tau_{\text{tag\_ala}} = \frac{\tau_{\text{tag\_anima}} \cdot b_{\text{anima}}}{b_{\text{ala}}}$$

Nelle aste in cui la torsione è attivata dai criteri di progetto (vedi **Progetto a torsione**) il diagramma delle  $\tau$  ottenibile in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Altri** \*\*\* e poi su **Tau**  subisce alcune modifiche:


- il diagramma di  $\tau_{\max\_anima}$  viene disegnato evidenziando i due valori  $\tau_{\text{tag\_anima}}$  e  $\tau_{\text{tag\_anima}} + \tau_{\text{tors\_anima}}$ , in modo che si possa controllare l'effettivo peso delle  $\tau$  per torsione e per taglio, con i relativi confronti con  $\tau_{c0}$  e  $\tau_{c1}$  (il diagramma è disegnato in grigio dove  $\tau < \tau_{c0}$ , in giallo dove  $\tau_{c0} < \tau < \tau_{c1}$  e in rosso dove  $\tau > \tau_{c1}$ );
- nel caso di sezioni a T o a L viene disegnato sopra (indipendentemente dalla posizione dell'ala) al diagramma di  $\tau_{\max\_anima}$  anche un secondo diagramma, che rappresenta l'andamento di  $\tau_{\max\_ala}$ .

**Utilizzo da linea di comando: DTAU** (Disegna tau).

## Progetto armatura teorica a torsione

Attualmente le verifiche a torsione sono effettuate solo per le sezioni rettangolari nel caso di calcolo col metodo degli stati limite.

In ognuna delle aste costituenti la travata il progetto e le verifiche a torsione vengono attivati solo se nei criteri di progetto, il parametro **Progetto a torsione** è stato selezionato e se la massima tensione tangenziale (per sola torsione) nella sezione è superiore alla percentuale di trazione ammissibile nel calcestruzzo  $\tau_{c0}$  o  $F_{ctm}$  specificata nei criteri di progetto al parametro **Trazione senza progetto a torsione**.

È possibile controllare in progettazione interattiva se in un'asta è attivata o meno la verifica a torsione visualizzando il diagramma del momento torcente cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Torsione** . Il diagramma viene disegnato con tratto continuo se la verifica è attivata, a tratteggio in caso contrario.

L'attivazione delle verifiche a torsione comporta il controllo dei seguenti minimi di regolamento:

- i ferri lungo il perimetro devono essere disposti a distanze mutue non superiori a 35 cm e deve essere presente almeno un ferro in ognuno degli spigoli;
- l'area delle staffe (per torsione) deve essere almeno  $0.15 \cdot b$  cmq/m (barre ad aderenza migliorata) o  $0.25 \cdot b$  cmq/m (barre lisce) con  $b$  spessore minimo dell'anima;
- il passo delle staffe deve essere inferiore a 20 cm ed a  $1/8$  della linea media della sezione anulare resistente. Nel seguito quanto specificato con riferimento all'"anima" delle travi a T e a L è valido anche per le sezioni rettangolari.

L'armatura a torsione (staffe e ferri longitudinali) viene calcolata per ognuno dei due rettangoli costituenti la sezione e quindi:

- nell'anima l'area delle staffe necessaria per torsione viene sommata all'area necessaria per taglio;
- nell'ala l'area delle staffe necessaria per torsione viene sommata a quella eventualmente necessaria per flessione dovuta alla tensione sul terreno (travi su suolo elastico);
- l'area dei ferri longitudinali necessari per ognuno dei rettangoli viene suddivisa in proporzione alla lunghezza dei lati del rettangolo interessati alla "circolazione" delle  $\tau$ ;
- nelle "pareti" dell'anima l'area dei ferri di parete necessari per torsione viene sommata a quella dei ferri necessari per taglio;
- nei lati corrispondenti alle "basi" superiori ed inferiori l'area dei ferri longitudinali necessari per torsione viene sommata all'area dei ferri necessari per flessione o pressoflessione.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTOR** (Disegna momento torcente).

## Progetto armatura teorica a taglio

### METODO DEGLI STATI LIMITE

La trave viene suddivisa in zone in funzione di quanto indicato dalla normativa in modo da stabilire i punti vicini agli appoggi ed i punti di campata.

Vengono ignorati i parametri relativi alla ripartizione fra staffe, sagomati e ferri di parete in quanto la resistenza viene affidata interamente alle staffe. In ogni zona la progettazione viene effettuata con riferimento ai soli stati limite ultimi ed al massimo valore del taglio agente.

Per le strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18, se nei criteri di progetto non è stato selezionato il parametro **Trascura gerarchia**, l'armatura a taglio viene progettata con le regole della gerarchia delle resistenze.

**Nota:** per le travi a T o a L, sia che si utilizzi il metodo alle tensioni ammissibili che degli stati limite, le staffe dell'ala vengono verificate anche per la flessione generata dalla tensione sul terreno sull'ala della trave di fondazione.

### METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

Il progetto dell'armatura a taglio viene attivato nelle zone di calcolo dello scorrimento in cui  $\tau_{\max\_anima} > \tau_{c0}$ .

In questo caso l'armatura teorica per ogni CC viene calcolata ripartendo lo sforzo di scorrimento (per solo taglio) in parti corrispondenti alle percentuali assegnate alle staffe, ai ferri sagomati e ai ferri di parete secondo le specifiche dei criteri di progetto (vedi **Scorrimento**). Si ha quindi:

$$A_{f_{staffe}} = \frac{Scor_{staffe}}{L_{un_{zona}} \cdot \sigma_{f_{amm}}}$$

$$A_{f_{sagomati}} = \frac{Scor_{sagomati}}{\sigma_{f_{amm}} \cdot (\sin(\alpha) + \cos(\alpha))}$$

$$A_{f_{parete}} = \frac{Scor_{parete}}{\sigma_{f_{amm}}}$$



dove  $\alpha$  è l'angolo di piegatura stabilito nei criteri di progetto (vedi **Angolo di piegatura**).



## Progettazione agli stati limite







La progettazione automatica ed interattiva delle travi per strutture calcolate agli stati limite avviene con le stesse modalità esposte per il caso delle tensioni ammissibili.

In progettazione interattiva occorre fare alcune precisazioni:





L'armatura teorica visualizzata cliccando nel gruppo **Af teoriche** su **Aste**  e poi su **Aree di ferro**  è relativa solamente all'armatura necessaria per le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio e per eventuali minimi di regolamento.

Non è quindi sufficiente che il diagramma dell'area di ferro effettivamente presente copra in ogni punto l'area teorica, ma occorre anche che il momento resistente sia superiore ai momenti agenti per le combinazioni agli stati limite ultimi. Questo può essere controllato cliccando nel gruppo **Diagrammi** sia su **Momento**  che su **Inviluppi** . Infatti attivando il disegno dei momenti inviluppati viene attivato anche il disegno del momento con la prescritta traslazione che garantisce la resistenza a taglio delle armature longitudinali. In ogni caso viene visualizzato anche il disegno del momento resistente. Quest'ultimo è un diagramma del tutto analogo a quello dell'area di ferro effettiva ed anch'esso si modifica in modo dinamico quando si inseriscono, eliminano o modificano dei ferri.

Analogamente non hanno più senso e non possono essere visualizzati i diagrammi della tau e dello scorrimento attivabili cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Altri**  e poi su **Tau**  o su **Scorrimento** . Per controllare la correttezza dell'armatura a taglio si devono utilizzare i diagrammi dell'area delle staffe attivabile cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Area st.**  e il diagramma del taglio attivabile cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Taglio** . In quest'ultimo diagramma attivando il disegno del taglio inviluppato cliccando su **Inviluppi** , viene visualizzato il taglio a prescindere dal segno consentendone il confronto con il diagramma del taglio resistente.

In caso di progettazione ai sensi del D.M. 17/01/18 viene visualizzato anche il taglio fittizio dovuto ai momenti resistenti di estremità.

Un altro parametro che può essere visualizzato per valutare la corretta progettazione della travata è il valore del rapporto  $x/d$  (indice di duttilità) attivabile cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Altri**  e poi su **Rapporto X/D** . Vengono anche visualizzati i valori massimi di normativa di tale rapporto ed il valore che corrisponde alla rottura bilanciata.

Analogamente per travi sottodimensionate può essere impossibile trovare una combinazione di armatura che soddisfi contemporaneamente la condizione di duttilità e la copertura del momento ultimo.

In particolar modo per queste due ultime considerazioni, può accadere che la progettazione automatica delle armature non riesca a trovare una combinazione di ferri che soddisfi tutte le verifiche. Il caso viene ovviamente segnalato ed occorrerà procedere in progettazione interattiva o rivedere il dimensionamento della trave.

**Utilizzo da linea di comando:** **DAFA** (Disegna aree di ferro aste), **DMOM** (Disegna momento flettente), **DINV** (Disegna inviluppi), **DTAU** (Disegna tau), **DSCO** (Disegna scorrimento), **DAST** (Disegna area staffe), **DTAG** (Disegna taglio), **DEPS** (Disegna epsilon).

## Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18

La progettazione ai sensi del D.M. 17/01/18, e soprattutto la progettazione dei pilastri in gerarchia delle resistenze richiede che i momenti resistenti delle travi siano il più possibile vicini a quelli strettamente necessari alla verifica delle travi stesse, senza sovradimensionamenti di armatura che porterebbero di conseguenza ad eccessive armature nei pilastri.

Questo difficilmente si ottiene con la "filosofia di armatura" che si è adottata fino all'entrata in vigore del D.M. 17/01/18 e che risente di anni di progettazione in cui questi problemi non si ponevano. Di solito si armava la campata con i reggistaffe necessari per il momento positivo, poi si controllava se sovrapponendoli si riusciva a coprire quello negativo ed eventualmente si integrava con spezzoni sugli appoggi. Se l'armatura ottenuta semplicemente sovrapponendo i reggistaffe era eccessiva, ciò non destava preoccupazione, la semplicità della gabbia e la maggior sicurezza, a fronte di minori oneri di messa in opera e di taglio o sagomatura dei ferri compensava largamente la sovrabbondanza locale di armatura.

Con la gerarchia delle resistenze, cioè con la necessità di progettare telai il cui collasso avvenga in modo duttile, le cose cambiano. Il maggior momento resistente nelle travi porta ad un aumento a volte drammatico dell'armatura dei pilastri, di qui la necessità di impostare la progettazione con tecniche diverse in modo da ottenere un'armatura mirata anche in progettazione automatica, senza dover intervenire troppo spesso in progettazione interattiva.

ModeSt ha implementato alcune tecniche di progettazione delle barre, attivabili con il parametro **Minimizzazione momenti resistenti d'appoggio (stati limite D.M. 18)**, che modificando il comportamento delle diverse fasi di progetto e consentendo la definizione di una sequenza di fasi apposite, consente di armare in un modo che limita la sovracopertura di appoggio (vedi anche la **Nota 1**).

Si riportano di seguito alcune spiegazioni più dettagliate:

- La fase **PFA** parte dagli appoggi e controlla la necessità di armatura a destra e sinistra spingendosi fino alla mezzera delle campate, per poi inserire il quantitativo di ferri strettamente necessario a coprire il momento flettente massimo individuato e (se in qualche punto non sono presenti già altri ferri) garantendo la presenza di almeno due barre che possano fare la funzione di reggistaffe. Anche se il ferro è necessario solo per una piccola parte dell'appoggio, viene in ogni caso prolungato oltre la zona critica. Il progetto viene fatto anche per l'armatura eventualmente necessaria all'intradosso.
- La fase **PRG** invece parte dal centro della campata e controlla la necessità di armatura a destra e sinistra spingendosi fino all'inizio delle zone critiche. Se nei criteri che gestiscono il numero e diametro dei reggistaffe (si veda **Reggistaffe superiori/inferiori**) sono attivate le opzioni automatiche viene ricercata una combinazione di barre che garantisca la copertura del momento, con almeno 2 barre o il numero necessario per rispettare i minimi dovuti all'eventuale torsione. Il progetto viene fatto anche per l'armatura eventualmente necessaria all'estradosso. La copertura di appoggio non è quindi garantita da questa fase da sola.
- La fase **SRG** sovrappone verso destra o verso sinistra o in entrambe le direzioni i reggistaffe già progettati indipendentemente dal tipo particolare di sovrapposizione reggistaffe (larghezza pilastro o quantità fissa) indicato nei criteri. La sovrapposizione viene eseguita se migliora o garantisce (anche in modo sovrabbondante purché nei limiti della "**Tolleranza di copertura da sovrapposizione**") la copertura all'appoggio. Il concetto è di usare le barre già inserite in campata per coprire anche gli appoggi. Anche se la sovrapposizione è necessaria solo per una piccola parte dell'appoggio, le barre vengono in ogni caso prolungate oltre la zona critica.
- La fase **SFA** individua i ferri in prossimità dell'appoggio che possono essere "candidati" alla sovrapposizione e valutando tutte le possibili combinazioni di sovrapposizione sceglie quella che minimizza la copertura nei limiti di tolleranza imposti dal parametro "**Tolleranza di copertura da sovrapposizione**".
- La fase **ARF** invece di arrotondare le lunghezze dei ferri allungandoli indiscriminatamente verso destra e verso sinistra per ottenere la lunghezza desiderata, controlla che l'allungamento non vada ad interessare uno dei punti di verifica dove vengono calcolati i momenti resistenti e che il ferro non vada a terminare in zona critica. Se ciò accade solo da un lato, il ferro viene allungato dall'altro, altrimenti si rinuncia all'arrotondamento.
- La fase **UFA** controlla (partendo dai più corti) i ferri che iniziano poco lontano da dove ne termina un altro e se le distanze e le differenze fra diametri sono compatibili con i criteri, li unifica utilizzando come diametri e numero barre quelli maggiori fra i due. È una fase che quindi diminuisce il numero di spezzoni presenti nella travata ma ovviamente può portare ad una copertura eccessiva di momento.

Le altre fasi si comportano sempre nello stesso modo. **Si consiglia quindi di non usare** le fasi **EFB** (Estendi Ferri ai Blocchi), **UFA** (Unifica Ferri Adiacenti), **UFS** (Unifica Ferri Sovrapposti) e **EAT** (Elimina Ancoraggi Tesi) che portano quasi sempre ad un aumento dei momenti resistenti.

Tutto ciò premesso, si riportano alcune considerazioni di carattere generale:

1. Una strategia di progettazione che inizia con **PFA** non trova ferri preesistenti e quindi copre al minimo gli appoggi spingendosi fino al centro della campata. Una eventuale successiva fase **PRG** generalmente non ha effetto. Una eventuale fase **UFA** andrà quindi ad unificare i ferri di appoggio dei due pilastri della campata portando a volte ad una sovracopertura di quello meno sollecitato. Se si hanno però piccole differenze tra i momenti destri e sinistri agli appoggi operare in questo modo ben si presta alla generazione di un'armatura ottimizzata agli appoggi, evitando la sovrapposizione nelle zone critiche e riducendo al minimo il numero di spezzoni.
2. Una strategia di progettazione che inizia con **PRG** demanda ovviamente la copertura di appoggio alle fasi successive:

Se la fase successiva è **PFA**, si avrà la copertura degli appoggi indipendente da quanto necessario in campata ma le sovrapposizioni dei ferri saranno tutte interne alla trave. Una successiva immediata fase **UFA** comporterà spesso l'incremento della copertura d'appoggio in quanto l'unificazione ad esempio dei reggistaffe delle campate adiacenti andrà a creare sovrapposizioni con i ferri strettamente necessari sull'appoggio già progettati da **PFA**. Una eventuale successiva fase **SRG** non ha in genere effetto in quanto la copertura d'appoggio è già garantita, mentre **URG** diminuisce la spezzonatura ma aumenta la copertura.

Proseguendo invece dopo **PRG** direttamente con **SRG** si garantisce una minima spezzonatura, demandando alla successiva fase **PFA** la eventuale copertura con spezzoni se le sovrapposizioni non fossero sufficienti.

Da quanto detto sembrerebbe quasi corretto eliminare sempre la fase **UFA**, ma occorre tenere presente che ad esempio nelle travate ad una sola campata ciò comporterebbe la generazione di una armatura con un eccessivo numero di spezzoni: a sinistra (superiori e inferiori), e a destra (superiori e inferiori), quando invece è preferibile in genere armare tali travi con ferri superiori e inferiori andanti.

Volendo impratichirsi con il programma, può esser utile perdere un poco di tempo con degli esempi eseguendo manualmente in progettazione interattiva le varie fasi, in modo da capirne il comportamento.



Con l'installazione del programma vengono comunque forniti dei criteri di progetto in cui si è cercato di fornire delle strategie di progetto adatte per i casi più comuni:

- Il criterio "*Travi a una o più campate con geometria variabile*" è concepito per gestire le travate di tutte le configurazioni. Viene generalmente generata un'armatura che minimizza l'armatura agli appoggi, evita la sovrapposizione nelle zone critiche ma non è detto che riduca al minimo il numero di spezzoni. Gestisce al meglio anche travi con cambi di sezione e situazioni complesse in cui i ferri non possono sempre proseguire a destra e sinistra del pilastro.
- Il criterio "*Travi a più campate a luci disuniformi*" è concepito per le travate composte da campate di stessa sezione ma di diversa lunghezza ed in cui si hanno forti differenze tra i momenti negativi di pilastri consecutivi. Questa strategia genera un'armatura che in alcuni casi non minimizza l'armatura agli appoggi, ma con forti discontinuità di momento è la più adatta. Poiché la fase **UFA** non viene eseguita, questa strategia non è invece molto adatta per travi ad una sola campata.
- Il criterio "*Travi a una o più campate a luci quasi uniformi*" è concepito per travate composte da campate di stessa sezione di "uguale" lunghezza ed in cui non si hanno forti differenze tra i momenti negativi di pilastri consecutivi a destra e sinistra degli appoggi. Questa strategia genera un'armatura che in alcuni casi non minimizza del tutto l'armatura agli appoggi, ma che riduce al minimo il numero di spezzoni.
- Nel criterio "*Travi a più campate con armatura minimale*" vengono eseguite solo le fasi **PFA PFP PST**. Questo comporta la minimizzazione totale dei momenti di appoggio, e quindi può essere utilizzata in prima fase per determinare se i pilastri sono progettabili in gerarchia delle resistenze almeno quando le travi sono armate al minimo sugli appoggi.

#### Nota 1)

Poiché la progettazione dei telai in gerarchia delle resistenze prevede che le sollecitazioni di verifica dei pilastri siano influenzate dai momenti resistenti all'appoggio sia negativi che positivi (questi ultimi a volte non corrispondenti ad effettivi momenti agenti) si può intervenire anche sul parametro "**Tipo di distribuzione armatura eccedente**" in modo da far calcolare a ModeSt i momenti resistenti ipotizzando che l'area di ferro effettivamente disposta ed eccedente quella teorica strettamente necessaria per flessione venga utilizzata tutta per garantire la resistenza a taglio. Questo a nostro avviso è però ingegneristicamente poco giustificabile. Il comportamento della trave al limite ultimo sarà verosimilmente quello in cui il momento ultimo insieme al taglio da gerarchia portano allo snervamento le barre. Pare quindi più plausibile ripartire l'area di ferro eccedente in maniera proporzionale alle aree teoriche necessarie.

## Fasi di progetto

La progettazione automatica dell'armatura viene eseguita determinando le armature teoriche e quindi progettando i ferri secondo una sequenza di fasi il cui ordine può modificare sensibilmente l'armatura.

Si consideri ad esempio la progettazione a taglio col metodo delle tensioni ammissibili nel caso in cui si voglia affidare il 70% dello sforzo di scorrimento alle staffe ed il 30% ai ferri piegati: progettando prima le staffe, i limiti di normativa e di criterio porteranno sicuramente ad una copertura maggiore del 70% e quindi i ferri piegati verranno progettati per assorbire uno sforzo di scorrimento minore del 30% e risulteranno di minor numero e diametro che se progettati per primi. Progettando invece prima i ferri piegati si avranno invece probabilmente meno staffe.

Anche l'unificazione fra ferri eseguita prima o dopo una loro eventuale sovrapposizione, porta a risultati diversi.

Il significato dei nomi che identificano le varie fasi progettuali è il seguente:

<b>PFS (Progetta Ferri Sagomati)</b>	progetta i sagomati e i cavallotti in relazione alle percentuali di scorrimento specificate nei criteri di progetto. Se le staffe e/o i ferri di parete esistono già, viene tenuto conto dello scorrimento già assorbito. Eventuali ferri sagomati già esistenti vengono eliminati. Nel caso di progetto agli stati limite questa fase non ha alcun effetto.
<b>PFP (Progetta Ferri di Parete)</b>	progetta i ferri di parete in relazione alle percentuali di scorrimento specificate nei criteri di progetto e dell'armatura necessaria per torsione. Se le staffe e/o i ferri piegati esistono già, viene tenuto conto dello scorrimento già assorbito. Vengono progettati anche i ferri di fianco e di suola delle travi a T e a L. Eventuali ferri di parete già esistenti vengono eliminati. Se non sono necessari o non sono richiesti ferri di parete (o di fianco o di suola) per taglio e torsione ModeSt inserisce eventualmente solo quelli minimi specificati nei criteri di progetto e non li conteggia nelle verifiche a taglio e torsione. È possibile distinguere se i ferri di parete o di suola vengono conteggiati nelle verifiche nel se-



	guente modo: i ferri conteggiati vengono denominati nei disegni ferri di "parete" o di "suola" (scritti <b>minuscoli</b> ), i ferri non conteggiati vengono denominati ferri di "PARETE" o di "SUOLA" (scritti <b>maiuscoli</b> ).
<b>PST (Progetta STaffe)</b>	progetta le staffe in relazione alle percentuali di scorrimento specificate nei criteri di progetto. Se i ferri sagomati e/o i ferri di parete esistono già, viene tenuto conto dello scorrimento già assorbito. Il controllo sul minimo di 12 o 6 Ø viene effettuato solo sui ferri eventualmente già presenti. Vengono progettate anche le staffe orizzontali nell'ala di sezioni a T e a L. Eventuali staffe già esistenti vengono eliminate.
<b>PRG (Progetta ReGgistaffe)</b>	vengono progettati i reggistaffe ed eventuali ferri integrativi andanti. Vengono eventualmente interrotti in campata i reggistaffe secondo quanto specificato nei criteri di progetto. Nel caso di calcolo ai sensi del D.M. 17/01/18 è possibile modificare il comportamento di questa fase. Si veda anche " <b>Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18</b> ".
<b>URG (Unifica ReGgistaffe)</b>	vengono unificati in parte o totalmente i reggistaffe di campate adiacenti se hanno lo stesso diametro e in presenza di continuità.
<b>SRG (Sovrapponi ReGgistaffe)</b>	se nei criteri di progetto è richiesto un tipo particolare di sovrapposizione reggistaffe (larghezza pilastro o quantità fissa) i reggistaffe vengono modificati in modo da rispettare quanto richiesto, in caso contrario questa fase non ha alcun effetto. Nel caso di calcolo ai sensi del D.M. 17/01/18 è possibile modificare il comportamento di questa fase. Si veda anche " <b>Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18</b> ".
<b>SFA (Sovrapponi Ferri Appoggi)</b>	si tenta di coprire gli appoggi allungando i reggistaffe ed i sagomati o i cavallotti delle campate adiacenti. Nel caso di calcolo ai sensi del D.M. 17/01/18 è possibile modificare il comportamento di questa fase. Si veda anche " <b>Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18</b> ".
<b>PFA (Progetta Ferri Appoggi)</b>	vengono aggiunti i ferri integrativi necessari per coprire gli appoggi.
<b>EAT (Elimina Ancoraggi Tesi)</b>	si tenta di prolungare i ferri che terminano in zona non utilmente compressa ai fini dell'ancoraggio fino ad una zona utilmente compressa, in modo che la minor lunghezza d'ancoraggio comporti in definitiva una minor lunghezza complessiva del ferro.
<b>UFA (Unifica Ferri Adiacenti)</b>	unifica i ferri che non interessano la stessa zona di travata, ma con distanze reciproche e caratteristiche che soddisfano i criteri.
<b>UFS (Unifica Ferri Sovrapposti)</b>	unifica i ferri che interessano la stessa zona di travata, ma con sovrapposizioni reciproche e caratteristiche che soddisfano i criteri.
<b>EFB (Estendi Ferri al Blocco)</b>	prolunga i ferri fino al più vicino punto di discontinuità se la distanza soddisfa i criteri.
<b>ARF (ARrotonda lunghezze Ferri)</b>	cerca di allungare i ferri in modo che la lunghezza sia un multiplo intero di quanto specificato nei criteri. Nel caso di calcolo ai sensi del D.M. 17/01/18 è possibile modificare il comportamento di questa fase. Si veda anche " <b>Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18</b> ".
<b>EFI (Elimina Ferri Inutili)</b>	elimina i ferri che a seguito di arrotondamenti, estensioni, unificazioni, ecc. si rivelino inutili.
<b>CIF (Controlla InterFerri)</b>	calcola gli ingombri dei ferri e dove necessario esegue le unificazioni delle barre per diminuirne l'ingombro. Se nei criteri è richiesto il progetto a torsione, controlla che l'interasse fra le barre longitudinali sia compatibile con i massimi di regolamento e dove necessario aumenta il numero delle barre.

Alcune fasi progettuali possono essere anche eliminate e la progettazione sarà comunque corretta purché sia presente almeno la fase **PFA**. Le fasi **PFS** e **PPF** possono essere eliminate solo se la trave non è progettata a torsione e se la relativa percentuale di scorrimento per taglio è pari a zero.

Altre fasi possono essere anche ripetute più volte in momenti diversi (ad esempio **ARF**).

Alcune fasi vanificano il risultato di altre (ad esempio **CIF**, modificando i diametri e quindi ricalcolando gli ancoraggi, può vanificare l'effetto di **ARF** e d'altronde **ARF** può vanificare l'effetto di **CIF** allungando ferri fino ad un punto in cui l'ingombro diventa eccessivo). Analogamente l'allungamento o la modifica dei ferri può rendere non verificato il controllo sul passo delle staffe inferiore a 12 o a 6 Ø.

Volendo effettuare un'armatura con ferri sovrapposti in modo fisso agli appoggi (gabbie montate a terra) può essere utile eliminare tutte le fasi di arrotondamento e unificazione e fra le fasi di progettazione utilizzare solo **PRG**, **SRG** e **PFA** oltre a **PST** ed eventualmente **PFS** e **PPF**.

Le fasi **EAT**, **UFA**, **EFB**, **ARF**, **EFI** possono ovviamente essere eliminate senza problemi.

In progettazione interattiva le varie fasi possono essere eseguite digitandone il nome sulla linea di comando.

## Cordoli e solette rampanti

È possibile progettare come **cordoli**, solo per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, tutte le aste che non siano verticali e che abbiano:

- numero diverso da zero;
- sezione con membratura trave e verifica prevista c.a.;
- attiva l'opzione *Cordolo su muratura* del parametro **Utilizzo** dei criteri di progetto.

Le armature vengono progettate tenendo conto solo delle prescrizioni del par. 7.8.6.1 senza eseguire nessuna verifica. I cordoli vengono automaticamente esclusi della gerarchia delle resistenze e dalle verifiche dei nodi trave-pilastro.

È possibile progettare come **solette rampanti**, solo per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, tutte le **aste virtuali** che abbiano:

- numero diverso da zero;
- sezione con membratura trave e verifica prevista c.a.;
- attiva l'opzione *Soletta rampante* del parametro **Utilizzo** dei criteri di progetto.

Le armature a flessione vengono progettate tenendo conto solo delle sollecitazioni indotte dal momento  $M_y$ , ed eventualmente verificate se richiesto anche tenendo conto dello sforzo normale  $N$ , mentre le armature a taglio non vengono progettate ma eseguite solo le verifiche di resistenza nell'ipotesi di sezione senza armature trasversali resistenti a taglio (par. 4.1.2.3.5.1 del D.M. 17/01/18), viene comunque inserita, per una più efficace ripartizione dei carichi, un'armatura trasversale nella misura del 20% dell'armatura longitudinale a flessione.

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali di progetto e disegno armatura travi

Si tratta di criteri che stabiliscono alcuni parametri validi per tutte le travi presenti nella struttura, indipendentemente quindi dal numero del criterio di progetto assegnato nella definizione della sezione.

#### Parametri di progetto

**Passo di progettazione:** specificare il passo con il quale ModeSt deve effettuare la progettazione dell'armatura teorica necessaria per flessione o pressoflessione. Come minimo le travi vengono comunque progettate in 6 punti. Utilizzare un passo troppo corto porta a maggiori tempi di elaborazione. Valori consigliati variano da 0.3 a 0.8 m.

**Tipo di sollecitazioni zone rigide:** specificare come devono essere calcolate le sollecitazioni all'interno delle zone rigide delle aste. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Proseguite:** le sollecitazioni vengono valutate proseguendo l'andamento della funzione che le definisce nella parte flessibile della trave (ad esempio la parabola che definisce il momento flettente).
- **Costanti:** le sollecitazioni vengono valutate considerandole costanti dal punto di inizio della zona rigida fino al nodo.
- **Smorzate:** le sollecitazioni vengono valutate smorzando la funzione (media fra il valore calcolato con **Proseguite** e il valore calcolato con **Costanti**).

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

**Min. angolo per spinte a vuoto:** specificare l'angolo nel piano verticale che può compiere la trave senza che vengano considerate le spinte a vuoto e quindi vengano invertiti i ferri in corrispondenza delle concavità.

**Invertire i ferri anche in presenza di pilastro sottostante:** specificare se invertire i ferri in corrispondenza delle concavità in cui è presente un pilastro sottostante che in questo caso annullerebbe la spinta a vuoto.

**Max differenza larghezza travi continue:** specificare la massima differenza fra la larghezza di due travi della stessa travata oltre la quale non è più possibile ammettere la continuità dei ferri. Ad esempio, specificando 10 cm, due travi contigue larghe rispettivamente 70 e 80 cm, vengono considerate continue a tutti gli effetti in fase di progettazione armature, anche se allineate da un lato, mentre una trave di 70 cm ed una di 90 cm allineate da un lato vengono considerate discontinue, cioè i ferri della trave di 70 cm possono proseguire nella trave di 90 cm, ma non viceversa.

### Armatura a taglio

**Progetta a taglio con traliccio ad inclinazione variabile:** specificare se progettare e verificare l'armatura a taglio con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile ( $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$ ) oppure se adottare sempre un traliccio con inclinazione delle bielle comprese di  $45^\circ$  a cui corrisponde  $\text{ctg } \theta = 1$ . Nel caso di progettazione con traliccio ad inclinazione variabile sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Classe A:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  sia all'interno che all'esterno delle zone critiche. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.
- **Classe B:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  sia all'interno che all'esterno delle zone critiche. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.

### Lunghezze e arrotondamenti

**Max lunghezza barre:** specificare la massima lunghezza ammissibile per le barre d'armatura.

**Arrotondamento lunghezze ferri:** specificare l'arrotondamento nelle lunghezze dei ferri. Ad esempio, specificando 50 cm, si otterranno soltanto ferri di lunghezza totale pari a multipli di 50 cm (200, 250, 300, ecc.). Ovviamente il ferro viene arrotondato (allungandolo) solo quando la geometria della travata e la posizione del ferro lo permettono (non viene ad esempio effettuato nessun arrotondamento in caso di reggistaffe lunghi quanto tutta la travata).

**Lunghezza ferri nei muri d'estremità:** specificare di quanto prolungare i ferri in eventuali muri presenti alle estremità della travata e giacenti sullo stesso piano verticale. Si ricorda che è comunque preferibile inserire in testa al muro un'asta con sezione pari al cordolo che normalmente viene inserito in corrispondenza del solaio. In questo modo, adottando per questa sezione un opportuno criterio di progetto, verranno progettati e computati anche i ferri del cordolo.

**Min. interfero ammissibile:** specificare il valore ammissibile della distanza fra i ferri. Si ricorda che il D.M. 16/01/96 indica che l'interfero deve essere almeno una volta il diametro delle barre e, in ogni caso, non minore di 2 cm e che nel D.M. 17/01/18 non è presente nessun limite ma solo un'indicazione generica nel par. 4.1.6.1.3. Durante la fase di minimizzazione degli ingombri ModeSt calcola l'ingombro complessivo dei ferri considerando una mutua distanza pari al massimo fra questo parametro e l'eventuale prescrizione di normativa. Se l'ingombro complessivo è maggiore della larghezza della sezione (diminuita del diametro delle staffe e del valore specificato nei criteri di disegno armatura travi per il parametro "**Copriferro reale al bordo staffa**") ModeSt tenta di ridurre l'ingombro dei ferri usando meno ferri di maggior diametro.

**Elenco diametri minimizzazione interferri:** specificare l'elenco dei diametri, separati da spazi, che ModeSt può utilizzare per tentare la minimizzazione dell'interfero quando risulti necessario. In questa fase vengono considerati ammissibili questi diametri indipendentemente da quelli indicati nel criterio di progetto. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10).

**Riduzione ancoraggi:** specificare in quale caso non applicare la riduzione di  $\tau_{co}$  o di  $F_{bd}$  per il calcolo della lunghezza d'ancoraggio. Risulteranno di conseguenza ancoraggi più corti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Nella zona compressa per flessione:** permette di ridurre gli ancoraggi nei punti in cui il calcestruzzo risulti sempre compresso per flessione.
- **Nei punti inferiori della travata:** permette di ridurre gli ancoraggi nei punti inferiori della travata (il ferro risulta compresso ai fini dell'ancoraggio dalla massa di calcestruzzo sovrastante).

Se entrambe le opzioni sono dis selezionate non verranno ridotti gli ancoraggi, mentre se sono entrambe selezionate verranno ridotti gli ancoraggi nei punti inferiori della travata in cui il calcestruzzo risulti sempre compresso per flessione.

La normativa cita: "... i valori di  $\tau_b$  [omissis] si applicano a barre ancorate in zona di conglomerato compatto utilmente compressa ai fini dell'ancoraggio (barre ancorate nella metà inferiore della trave [omissis] ed allontanate dal lembo teso ...)". L'interpretazione più restrittiva della normativa è quindi rappresentata dalla selezione di entrambe le opzioni.

**Considerare nel calcolo degli ancoraggi i risvolti specificati nei criteri generali di disegno:** specificare se considerare nel calcolo degli ancoraggi anche i risvolti del tipo e di lunghezza specificato nei **criteri generali di disegno**.

**Risvoltare i ferri per garantire l'ancoraggio agli estremi della trave:** specificare se risvoltare i ferri per garantire l'ancoraggio all'estremità della trave o nei punti in cui non possono essere prolungati. Se il parametro è disattivato, ModeSt risvolta i ferri dentro la trave e rinuncia alla verifica dell'ancoraggio.

### Reggistaffe

**Interruzione reggistaffe campata:** specificare se si desidera che i reggistaffe vengano interrotti e sovrapposti in campata. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **In funzione della posizione:** specificare in quale posizione interrompere i reggistaffe. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo superiori:** permette di interrompere solo i reggistaffe superiori (inferiori per travi su suolo elastico).
- **Tutti:** permette di interrompere tutti i reggistaffe sia superiori che inferiori.

2. **In funzione dello stato tensionale:** specificare in quale zona interrompere i reggistaffe. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Zona compressa:** permette di interrompere i reggistaffe solo nelle zone in cui la flessione comporta compressione nel calcestruzzo in tutte le CC.
- **Zona utile d'ancoraggio:** permette di interrompere i reggistaffe solo nelle zone in cui il calcestruzzo risulti utilmente compresso ai fini dell'ancoraggio, come specificato al parametro precedente.
- **Indipendentemente dallo stato tensionale:** permette di interrompere i reggistaffe indipendentemente dallo stato tensionale nel calcestruzzo.

Si fa notare che alcune combinazioni possono rendere impossibile l'interruzione dei reggistaffe (ad esempio **Solo superiori** e **Zona utile d'ancoraggio** o **Solo superiori** e **Zona compressa** in combinazione con **Indipendentemente dallo stato tensionale** per travi in elevazione). La progettazione con ferri solo sugli appoggi, con sovrapposizioni in campata, può essere ottenuta (senza controllo sullo stato tensionale nel calcestruzzo e sulla posizione dei ferri), anche impostando fra le **fasi di progetto** solo la fase **PFA** (**Progetto Ferri Appoggi**).

3. **Interruzione anche prima e ultima campata:** specificare se l'interruzione dei reggistaffe in campata secondo i parametri inseriti al parametro precedente debba essere effettuata anche nella prima ed ultima campata della travata.

**Modalità di sovrapposizione reggistaffe:** specificare la modalità di sovrapposizione dei reggistaffe in corrispondenza dei pilastri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo per la larghezza del pilastro:** i reggistaffe vengono sovrapposti solo per la larghezza del pilastro ed il momento negativo viene coperto mediante spezzoni aggiuntivi.
- **Per garantire la copertura del momento negativo:** i reggistaffe vengono sovrapposti di quanto serve per garantire la copertura del momento negativo (eventualmente integrando l'armatura con spezzoni).
- **Oltre il pilastro di:** permette d'imporre che i reggistaffe oltrepassino il pilastro della quantità specificata. Anche in questo caso il momento negativo viene coperto con spezzoni aggiuntivi.

**Modalità di unificazione reggistaffe:** specificare la modalità di copertura del momento negativo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo se la geometria della travata e la lunghezza totale delle barre lo consentono:** i reggistaffe di due campate adiacenti vengono unificati ogni qualvolta la geometria della travata e la lunghezza totale delle barre lo consentono ed il momento negativo viene coperto sempre con spezzoni aggiuntivi.
- **Solo se la loro area copre il momento negativo:** i reggistaffe vengono unificati solo se la loro area copre il momento negativo, altrimenti vengono sovrapposti con i criteri precedenti e aggiunti spezzoni per coprire l'area di ferro ancora mancante.

## Minimi di regolamento

**Min. percentuale di regolamento:** specificare in quali casi considerare la prescrizione di normativa relativa alla percentuale di armatura longitudinale in zona tesa. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Per le travi di fondazione:** permette di considerare il minimo percentuale per le travi di fondazione (su suolo elastico).
- **Per le travi di elevazione:** permette di considerare il minimo percentuale per le travi in elevazione.

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non verranno mai considerati i minimi percentuali, mentre se sono entrambe selezionate verranno sempre considerati i minimi percentuali per tutte le travi.

**Min. di armatura per taglio (T.A. o S.L. D.M. 96):** specificare in quali casi considerare la prescrizione di normativa (D.M. 16/01/96) relativa all'armatura inferiore in grado di assorbire uno sforzo di trazione uguale al taglio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Per le travi di fondazione:** permette di considerare l'armatura per le travi di fondazione (su suolo elastico).
- **Per le travi di elevazione:** permette di considerare l'armatura per le travi in elevazione.

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non verrà mai considerata l'armatura per taglio, mentre se sono entrambe selezionate verrà sempre considerata l'armatura per taglio.

**Nota:** si fa presente che per le travi di fondazione il termine "inferiore" viene interpretato come "superiore".

**Tipo di armatura per taglio (T.A.):** specificare il metodo di calcolo dell'armatura in grado di assorbire uno sforzo di trazione uguale al taglio.

Posto:

$A_{fF}$  = area di ferro necessaria per flessione.

$A_{fT}$  = area di ferro necessaria per taglio (T/σf).

$A_{fC}$  = area di ferro complessivamente necessaria.

Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Integrativa:** l'armatura per taglio si considera integrativa, ossia si ha:  $A_{fC} = \max(A_{fF}, A_{fT})$
- **Aggiuntiva:** l'armatura per taglio si considera aggiuntiva, ossia si ha:  $A_{fC} = A_{fF} + A_{fT}$
- **Mista:** l'armatura per taglio viene calcolata in modo misto, ossia per ogni CC se  $A_{fF}$  è tesa si considera un'armatura aggiuntiva, se  $A_{fF}$  è compressa si considera un'armatura integrativa.

Nel calcolo agli Stati limite con il D.M. 16/01/96 l'armatura a taglio viene sempre considerata aggiuntiva e pari alla massima necessaria nelle varie CC.

**Controllo passo e 12Ø:** specificare se durante la progettazione delle staffe debba essere controllato che il passo non superi il valore di 12 Ø, dove Ø è il diametro minimo dell'armatura longitudinale. Il controllo viene effettuato durante la fase di progettazione staffe (**PST**) sui ferri già presenti nella travata e ripetuto al termine della progettazione, segnalando fra le anomalie se la limitazione non è rispettata.

**Min. di regolamento a torsione nell'ala:** specificare se i minimi di regolamento relativi alle staffe nel caso di progetto a torsione vadano rispettati anche per quanto riguarda la staffatura dell'ala di travi a T e a L.

**Min. di regolamento nell'ala:** specificare se i minimi di regolamento relativi alle staffe vadano rispettati anche per quanto riguarda la staffatura dell'ala di travi a T e a L.

## Stampe

**Verifiche a flessione in relazione:** specificare quali sono le CC per cui riportare in relazione la stampa delle verifiche a flessione ed i controlli sulle armature longitudinali per taglio e torsione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tutte:** riportare le verifiche di tutte le CC.
- **Max area di ferro teorica superiore e inferiore per flessione:** riportare le verifiche solo per le CC che comportano la massima area di ferro teorica superiore e inferiore per flessione (le due CC possono anche coincidere).
- **Max area di ferro teorica complessiva per flessione:** riportare la verifica solo per la CC che comporta la massima area di ferro teorica complessiva per flessione (superiore + inferiore).
- **Max tensione nell'acciaio:** riportare la verifica solo per la CC che comporta la massima tensione nell'acciaio, con riferimento alle aree di ferro effettivamente presenti per flessione.
- **Minimizzate:** viene riportata la verifica scelta con la modalità **Max tensione nell'acciaio**, senza i dati relativi alla torsione ed al taglio.

Vengono in ogni caso riportate le verifiche non soddisfatte.

**Verifiche a taglio in relazione:** specificare per quali CC riportare in relazione la stampa delle verifiche a taglio e torsione nell'anima ed eventualmente nell'ala. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tutte:** riportare le verifiche di tutte le CC.
- **Max scorrimento per taglio:** riportare le verifiche solo per la CC che comporta il massimo sforzo di scorrimento per solo taglio.
- **Max scorrimento per taglio e torsione:** riportare la verifica solo per la CC che comporta il massimo sforzo di scorrimento per taglio e torsione (scorrimento fittizio).

Nel caso di progetto non esecutivo vengono stampate nei casi **Max scorrimento per taglio** e **Max scorrimento per taglio e torsione** le CC che provocano le massime aree di ferro per staffe, ferri di parete e sagomati.

Si fa notare che ai fini della stampa delle verifiche nell'ala di travi a T o a L le opzioni **Max scorrimento per taglio** e **Max scorrimento per taglio e torsione** sono equivalenti.

In tutte le verifiche le armature necessarie per torsione (siano esse staffe, ferri di parete) vengono considerate come coperte per prime dalle armature presenti. Solo (e tutta) l'eccedenza viene considerata per le altre verifiche.

Ad esempio:

Area ferri di parete necessaria per torsione: 3 cmq

Area ferri di parete necessaria per taglio: 5 cmq

Se nella sezione sono presenti 2 cmq di ferri di parete ModeSt considera:

Area ferri di parete inserita per torsione: 2 cmq

Area ferri di parete inserita per taglio: 0 cmq

Se nella sezione sono presenti 4 cmq di ferri di parete ModeSt considera:

Area ferri di parete inserita per torsione: 3 cmq

Area ferri di parete inserita per taglio: 1 cmq

Se nella sezione sono presenti 10 cmq di ferri di parete ModeSt considera:

Area ferri di parete inserita per torsione: 3 cmq

Area ferri di parete inserita per taglio: 7 cmq

Vengono in ogni caso riportate le verifiche non soddisfatte.

## Parametri di disegno

Nella creazione dei disegni delle armature delle travi oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili numerose altre opzioni.

**Scala disegno travi:** specificare la scala con la quale disegnare le armature delle travi.

**Scala disegno sezioni:** specificare la scala con la quale disegnare le sezioni delle travi.

**Campitura sezioni:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per le sezioni delle travi, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rada**

- **Fitta**

**Disegno sezione travi in falso:** specificare se agli estremi delle travate e nei punti in cui manca il pilastro inferiore (o superiore per travi su suolo elastico) deve essere disegnata la sezione di eventuali travi incidenti.

**Disegna sezioni:** specificare se lateralmente alle travate debbano essere disegnate le sezioni. Il programma individua tutti i punti in cui è necessario disegnare la sezione della travata perché differenzialmente armati e crea le sezioni.

**Disegno ferri nelle sezioni:** specificare se disegnare nella sezione della travata la posizione dei ferri longitudinali.

**Campitura travi in falso:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per la sezione delle travi incidenti sulla travata, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rada**

- **Fitta**

**Campitura muri:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per i muri giacenti sopra e sotto la travata, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rada**

- **Fitta**

**Tipo di quotatura luci nette trave:** specificare come deve essere effettuata la quotatura delle luci nette delle travi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Con riferimento ai pilastri superiori:** quotare le luci nette con riferimento ai pilastri superiori.

- **Con riferimento ai pilastri inferiori:** quotare le luci nette con riferimento ai pilastri inferiori.

**Lunghezza monconi di pilastro:** specificare la lunghezza con cui rappresentare gli eventuali pilastri sopra e sotto la trave.

**Quotatura zone di staffatura:** specificare se riportare nella parte superiore del disegno della trave la quotatura delle zone di staffatura.

**Unire punti di indicazione delle zone di staffatura:** specificare se unire le quote delle zone di staffatura. In una campata di una travata suddivisa in tre zone di staffatura, se l'opzione è deselezionata, viene quotato solo le zone di staffatura e non i tratti compresi fra due zone, mentre se l'opzione è selezionata le linee delle quote della zona di staffatura vengono estese fino al punto medio del tratto intermedio alle due zone, eliminando così i tratti non quotati.

**Linee di riferimento quote:** specificare se le linee dei pilastri inferiori devono essere prolungate in modo da avere un riferimento più evidente sulla posizione e le quotature dei ferri.

**Indicazione numero bracci staffe:** specificare se riportare il numero di bracci delle staffe. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sempre**
- **Solo se il numero è maggiore di due**

### Disegno ferri longitudinali

**Disegno ferri dentro la trave:** specificare se dentro la trave devono essere disegnati o meno i ferri realmente presenti nella trave.

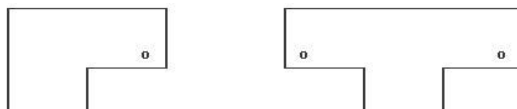
**Disegno esploso ferri di parete:** specificare se nell'esploso dei ferri della trave vadano disegnati anche i ferri di parete sul fianco e sull'ala. I ferri vengono computati anche se non disegnati.

**Distanza fra ferri esplosi:** specificare la distanza da lasciare tra un ferro e l'altro nel disegno dell'esploso dei ferri.

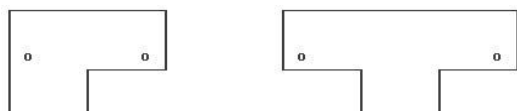
**Disegno reggistaffe aggiuntivi per travi a T e L:** specificare il numero di reggistaffe aggiuntivi da inserire negli spigoli e nei punti di intersezione delle staffe nelle travi a T e a L (ferri di suola). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo se non necessari per torsione:** vengono inseriti reggistaffe aggiuntivi solo se necessari per torsione.

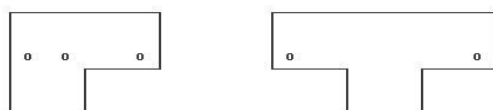
nelle travi a L viene aggiunto come minimo un reggistaffe, nelle travi a T due reggistaffe;



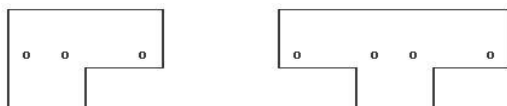
nelle travi a L ed a T vengono aggiunti come minimo due reggistaffe;



nelle travi a L vengono aggiunti come minimo tre reggistaffe, nelle travi a T vengono aggiunti due reggistaffe;



nelle travi a L vengono aggiunti come minimo tre reggistaffe, nelle travi a T vengono aggiunti quattro reggistaffe;



Nel caso che la trave sia soggetta a torsione, il numero di ferri nella suola può essere automaticamente incrementato da ModeSt. Vengono considerati come resistenti a torsione solo i ferri degli spigoli convessi ed i ferri posizionati sulla suola.

Viene preso come diametro dei ferri aggiuntivi il minimo valore tra l'elenco dei ferri di parete.

### Disegno staffe

**Posizione staffe esterne:** specificare dove deve essere posizionata la staffa disegnata esternamente alla sezione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Lateralmente al disegno:** la staffa viene disegnata lateralmente.
- **Inferiormente al disegno:** la staffa viene disegnata inferiormente.
- **In automatico:** la staffa viene disegnata in modo automatico e cioè lateralmente se la sezione è alta e stretta, inferiormente in caso contrario.

**Disegno staffe dentro la sezione:** specificare se dentro la sezione della trave deve essere disegnata la staffa.

## Criteri di progetto armatura travi

### Materiali

**Considera come elemento esistente:** specificare se la trave è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la trave è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{c0}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la trave è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000 \text{ kg/cm}^2$  e  $f_{tk} < 4500 \text{ kg/cm}^2$  (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600 \text{ kg/cm}^2$  (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).



**Allungamento per verifiche di duttilità (Agt):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8.7.2.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

### Parametri per analisi pushover

**Numero di fibre:** specificare il numero delle fibre con cui viene discretizzata la sezione della travata. Nel manuale di alcuni solutori come ad esempio Xfinest 2010 è riportato "Se viene utilizzato un numero sufficiente di fibre (200-400 in un'analisi tridimensionale), la distribuzione delle non linearità del materiale attraverso la sezione è solitamente ben descritta, anche nel caso di elevata non linearità". Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Fattore di confinamento nucleo interno:** specificare il valore del fattore di confinamento costante, definito come il rapporto tra lo sforzo di compressione nel calcestruzzo confinato e non confinato ed è usato per scalare la relazione sforzo-deformazione in tutto il campo di deformazioni. Nel manuale di alcuni solutori come ad esempio Xfinest 2010 è riportato "Sebbene possa essere calcolato utilizzando un qualunque modello di confinamento disponibile in letteratura [ad esempio Ahmad and Sahad, 1982; Sheikh and Uzumeri, 1982; Eurocode 8, 1996; Penelis and Kappos, 1997], si raccomanda l'uso della formula di Mander et al. [1989]. Il suo valore solitamente varia tra 1.0 e 1.3 per elementi in calcestruzzo armato ...". Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Fattore di incrudimento acciaio:** specificare il valore percentuale del fattore di incrudimento dell'acciaio delle barre d'armatura, definito come il rapporto tra il modulo elastico dopo lo snervamento e il modulo elastico iniziale. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Considera la trave nel telaio equivalente:** specificare se considerare o meno la trave nel telaio equivalente. Se l'opzione è selezionata la trave viene considerata nel telaio equivalente ed ha un comportamento descritto nel paragrafo **Generazione telaio equivalente**. La trave viene sempre considerata nel telaio equivalente quando è sul perimetro di un solaio o di una tamponatura.

### Parametri per verifiche di duttilità

**Considera rotazione massima di esercizio per determinare SLO e SLD:** specificare se gli stati limite di operatività (SLO) e danno (SLD) devono essere individuati quando si ha il raggiungimento della rotazione limite (calcolata con la formula 8.7.2.7a (travi e pilastri) della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19) in una trave anziché il raggiungimento dello spostamento relativo nei pilastri pari a limite imposto nel par. 7.3.6.1 del D.M. 17/01/18.

**Modalità di calcolo luce di taglio  $L_v$ :** specificare la modalità di calcolo della luce di taglio  $L_v$  necessaria per calcolare la capacità di rotazione rispetto alla corda  $\theta$ . Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **$L_v=L/2$ :** la luce di taglio è pari alla metà della luce della trave.
- **$L_v=M/V$ :** la luce di taglio viene determinata seguendo le indicazioni del par. C8.7.2.3.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
- **$L_v$ =Punto di nullo del momento flettente:** la luce di taglio è pari alla distanza tra il punto di nullo del momento flettente e il filo del pilastro.

**Capacità di rotazione alla corda al collasso:** specificare quale formula utilizzare per calcolare la capacità di rotazione rispetto alla corda relativa allo stato limite ultimo di collasso. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Formula C87.2.1 con fattore:** specificare il fattore moltiplicativo del valore dato dalla formula C87.2.1 come prescritto dalla normativa: "Negli elementi non dotati di adeguati dettagli di tipo antisismico".
- **Formula C87.2.5**

**Sforzo normale di verifica per analisi pushover:** specificare quale sforzo normale utilizzare nelle verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Gravitazionale:** per tutti i passi dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) viene utilizzato lo sforzo normale relativo al primo passo dall'analisi.
- **Dal calcolo:** per tutti i passi dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) viene utilizzato lo sforzo normale derivante dal calcolo.

### Parametri di calcolo

**Progetto a pressoflessione:** specificare se deve essere effettuato il progetto a pressoflessione invece che flessione semplice. Per strutture calcolate agli stati limite le armature vengono progettate a flessione semplice. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Per tutte le travi:** esegue sempre il progetto a pressoflessione in presenza di sforzo normale.
- **Solo per le travi inclinate:** esegue il progetto a pressoflessione solo per travi inclinate con un angolo maggiore del valore specificato nel parametro seguente:  
**Min. angolo per pressoflessione:** specificare l'angolo con l'orizzontale oltre il quale la trave va considerata inclinata.
- **Compressione massima senza progetto a pressoflessione:** specificare la percentuale della compressione ammissibile  $\sigma_{amm}$  o  $F_{ck}$  nel calcestruzzo al di sotto della quale non effettuare il progetto a pressoflessione. Scopo di questo parametro è evitare il progetto a pressoflessione per travi minimamente compresse. In caso di asta compressa ModeSt controlla se la tensione teorica per solo sforzo normale (N/A) supera il valore percentuale indicato e solo in tal caso procede al progetto a pressoflessione. In ogni caso viene considerata non compressa una trave con compressione  $< 10$  g/cmq.

**Progetto a torsione:** specificare se deve essere effettuato il progetto considerando o meno la torsione. È disponibile la seguente opzione:

- **Trazione senza progetto a torsione:** specificare la percentuale della trazione ammissibile nel calcestruzzo  $\tau_{cd}$  o  $F_{ctm}$  al di sotto della quale non effettuare il progetto a torsione. Scopo di questo parametro è evitare il progetto a torsione per travi con momenti torcenti minimi. In presenza di momento torcente ModeSt controlla se la tensione teorica per sola torsione supera il valore percentuale indicato e solo in tal caso procede al progetto a torsione.

**Armatura secondo Circ. 65 del 10/4/97:** specificare se, nel caso di calcolo sismico, l'armatura debba corrispondere ai requisiti della Circolare dei LL.PP. n. 65 del 10/4/97.

**Parametri di progetto secondo il D.M. 18:** specificare le modalità di progettazione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Elemento dissipativo:** specificare se la trave debba essere considerata o meno come un elemento di tipo dissipativo. Se l'opzione è deselezionata la trave sarà considerata come un elemento non dissipativo e nel caso di struttura calcolata come dissipativa verrà progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è selezionata la trave sarà considerata come un elemento dissipativo e nel caso di struttura calcolata come non dissipativa verrà comunque progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Trascura gerarchia:** specificare se la trave debba essere progettata senza rispettare la gerarchia delle resistenze ma solo in funzione dello stato di sollecitazione determinato dal calcolo con il metodo FEM.
  - **Verifica a taglio ciclico elementi esistenti:** specificare per gli elementi esistenti vadano effettuate le verifiche di resistenza in condizioni cicliche (azioni sismiche), come richiesto al par. C8.7.2.3.5 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Questa opzione non è utilizzata per le strutture calcolate con l'analisi sismica statica non lineare (pushover).
  - **Limita verifica a taglio ad elemento non dissipativo:** specificare se adottare le verifiche a taglio con le sollecitazioni non dissipative (SND) nel caso in cui le verifiche a taglio con la gerarchia delle resistenze siano più gravose. Questo parametro consente di ottemperare a quanto previsto nel par. 7.2.2 del D.M. 17/01/18: *"La domanda di resistenza valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda di resistenza valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo."*
  - **Elemento secondario:** specificare se le verifiche della trave debbano essere eseguite solo per le combinazioni delle condizioni di carico elementari di tipo non sismico. Può essere necessario disattivare le verifiche per le CC sismiche se si ritiene che la trave vada considerata come un elemento secondario in quanto le azioni sismiche sono assorbite da altri elementi della struttura. In quest'ottica alcune interpretazioni della normativa ritengono la trave implicitamente verificata in termini di duttilità se sono rispettati i limiti di normativa o se vengono effettuate specifiche valutazioni sulla duttilità (attualmente non effettuate da ModeSt).
2. **Sollecitazioni dissipative amplificate per elementi di fondazione:** specificare se la trave di fondazione debba essere progettata con le sollecitazioni dissipative amplificate come previsto nella terza opzione del par. 7.2.5 del D.M. 17/01/18: *"quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD"A" e 1,10 in CD"B",".*
3. **Escludi dal calcolo sovraresistenza per pilastri incidenti:** specificare se la trave debba essere considerata nel calcolo del coefficiente di amplificazione delle sollecitazioni per il pilastro su cui incide. Può essere necessario attivare l'opzione ad esempio per travi sopra una parete o per elementi secondari.

**Sollecitazioni complanari ad eventuali elementi bidimensionali:** specificare se debbano essere considerate nella trave (quali ad esempio travi di fondazione o di elevazione sottostanti o sovrastanti gli elementi

bidimensionali) le sollecitazioni complanari ed adiacenti ad elementi bidimensionali. Le sollecitazioni risultanti dal calcolo sono generalmente prive di significato (dipendono solo dalla dimensione della mesh).

**Copriferro teorico superiore:** specificare il valore del copriferro teorico superiore da utilizzare per il progetto delle travi. Tale valore viene assunto come distanza del baricentro dell'armatura superiore dall'estremo superiore della sezione.

**Copriferro teorico inferiore:** specificare il valore del copriferro teorico inferiore da utilizzare per il progetto delle travi. Tale valore viene assunto come distanza del baricentro dell'armatura inferiore dall'estremo inferiore della sezione.

**Min. momento fittizio agli appoggi:** specificare se calcolare un momento fittizio negativo agli appoggi. In caso affermativo occorre specificare il denominatore. Ad esempio inserendo 14 ModeSt considererà insieme alle altre CC anche la parte negativa di un diagramma dei momenti che all'appoggio presenta un momento pari a  $ql^2/14$ . Il momento viene considerato senza taglio, sforzo normale e torsione. Per travi su suolo elastico viene considerata la parte positiva del momento.

**Min. momento fittizio in campata:** specificare se calcolare un momento fittizio positivo in campata. In caso affermativo occorre specificare il denominatore. Ad esempio inserendo 14 ModeSt terrà conto, insieme alle altre CC, anche della parte positiva di un diagramma dei momenti che in campata presenta un momento pari a  $ql^2/14$ . Il momento viene considerato senza taglio, sforzo normale e torsione. Per travi su suolo elastico viene considerata la parte negativa del momento.

**Incremento percentuale momento in campata:** specificare il valore (espresso in percentuale) con il quale aumentare il momento positivo di tutte le CC per tenere conto di eventuali cedimenti dei vincoli per fenomeni viscosi, o semplicemente per motivi di sicurezza. Per travi su suolo elastico viene incrementato il momento negativo.

**Usa taglio max per traslazione momento (S.L.):** indicare se vada considerato il taglio massimo di tutte le CC per la traslazione del momento. Se l'opzione è deselezionata il momento viene traslato per ogni CC con il relativo taglio. Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 16/01/96.

**Limitare momento traslato al valore max di appoggio (S.L.):** indicare se agli appoggi il momento traslato vada limitato al valore massimo derivante dal calcolo. La normativa infatti parla di traslazione longitudinale del momento, ma poi indica di effettuarla con un metodo che in effetti è una traslazione verticale. Attivando questa opzione ModeSt controlla che il valore del momento traslato non superi il valore massimo del momento di appoggio. Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 16/01/96.

La limitazione viene effettuata solo per il momento negativo (positivo per travi di fondazione).

**Limitare momento traslato al valore max di campata (S.L.):** indicare se in campata il momento traslato vada limitato al valore massimo derivante dal calcolo. La normativa infatti parla di traslazione longitudinale del momento, ma poi indica di effettuarla con un metodo che in effetti è una traslazione verticale. Attivando questa opzione ModeSt controlla che il valore del momento traslato non superi il valore massimo del momento di campata. Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 16/01/96.

**Taglio da momento resistente in fondazione (S.L.):** indicare se nel caso di progettazione in classe di duttilità A vadano effettuate le verifiche con gli sforzi di taglio indotti dai momenti resistenti anche per le travi di fondazione. Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 16/01/96.

**Tipo di progetto in doppia armatura (T.A.):** specificare come calcolare la doppia armatura in sezioni in cui non è sufficiente la semplice armatura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tensioni pari ai valori amm.:** permette di calcolare l'armatura in modo che le tensioni nel ferro e nel calcestruzzo siano pari ai valori ammissibili.
- **Tensioni pari ai valori amm. con AfCom/AfTesa minore o pari a:** come nel caso precedente, ma con la limitazione che il rapporto fra AfCompressa e AfTesa sia inferiore o uguale a quanto specificato.
- **Con AfCom/AfTesa pari a:** progettare sempre con un rapporto d'armatura pari a quello specificato.

## Parametri di progettazione armatura

**Utilizzo:** indicare la tipologia di utilizzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Trave:** permette di progettare le armature come indicato in **Progetto armatura travi**.
- **Cordolo su muratura:** permette di progettare le armature come indicato in **Cordoli e solette rampanti**. Questo parametro è utilizzato solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18.
- **Soletta rampante:** permette di progettare le armature come indicato in **Cordoli e solette rampanti**. Questo parametro è utilizzato solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18.

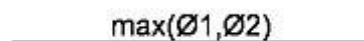
**Sequenza di progetto:** specificare la sequenza delle **Fasi di progetto** da utilizzare per la progettazione automatica dell'armatura delle travi. Questa sequenza è utilizzata per le strutture calcolate alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18 e il D.M. 16/01/96.

**Max differenza fra diametri per unificazioni:** questo parametro, insieme al successivo, specifica le modalità secondo le quali ModeSt, nella fase di unificazione ferri, unifica ferri simili a distanza ravvicinata. In pratica non vengono unificati ferri con differenza di diametro superiore a quanto specificato in questo parametro.

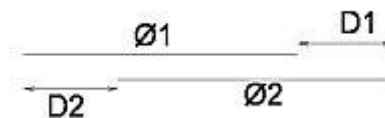
**Max distanza fra barre per unificazioni:** specificare la massima distanza fra le estremità di due barre da unificare. Con questo parametro e il precedente si può imporre a ModeSt di unificare i ferri in casi particolari. Supponiamo per esempio di aver specificato una differenza fra diametri per unificazioni pari a 2 ed una distanza fra barre pari a 0.50 m. In tal caso due ferri posizionati come in figura:



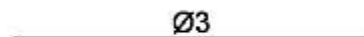
in cui la differenza fra  $\varnothing 1$  e  $\varnothing 2$  è inferiore a 2 diametri e la distanza  $D$  è inferiore a 50 cm, diventano un'unica barra di diametro pari al massimo fra  $\varnothing 1$  e  $\varnothing 2$ .



Analogamente due ferri posizionati come in figura:



in cui la differenza fra  $\varnothing 1$  e  $\varnothing 2$  è inferiore a 2 diametri ed entrambi i valori di  $D1$  e  $D2$  sono inferiori a 50 cm, diventano un'unica barra in cui  $\varnothing 3$  è un diametro (o una coppia di diametri) equivalente a  $\varnothing 1 + \varnothing 2$ .



**Denominatore per individuazione zona di campata:** ModeSt progetta i reggistaffe superiori in modo da coprire l'armatura necessaria in campata (per problemi di doppia armatura o per minimi di regolamento) ed in parte anche la zona d'appoggio, riservandosi di coprire la parte mancante o sovrapponendo i reggistaffe o inserendo degli spezzoni. È quindi necessario concettualmente definire quale parte della trave si possa definire come "zona di campata" e quale come "zona d'appoggio". Con questo parametro si indica che la parte positiva di un ipotetico diagramma di  $ql^2/n$  è da considerarsi come "zona di campata". Valori bassi (10, 12) porteranno ad armature superiori più uniformi, magari sovrabbondanti in campata, ma con minori sovrapposizioni e con minori spezzoni, mentre valori più alti (14, 16) porteranno ad armature superiori meno abbondanti ma con più sovrapposizioni e più spezzoni. Nel caso di travi su suolo elastico quanto detto vale per le armature inferiori.

**Fattore di copertura appoggi:** questo parametro, che può assumere valori variabili teoricamente fra 0 ed 1, rappresenta un'indicazione sul grado di copertura dell'armatura agli appoggi con i reggistaffe superiori (inferiori per travi su suolo elastico). I valori estremi hanno il seguente significato:

- 0** i reggistaffe vengono dimensionati solo in funzione dell'area di ferro necessaria superiormente nella zona individuata come campata con il parametro precedente. L'area di ferro necessaria agli appoggi verrà quindi coperta prevalentemente con spezzoni;
- 1** i reggistaffe vengono dimensionati in funzione dell'area di ferro necessaria superiormente zona individuata come campata con il parametro precedente e di tutta l'area di ferro necessaria agli appoggi. In questo caso verranno quindi minimizzati gli spezzoni superiori all'appoggio, ma avremo dei reggistaffe sovrabbondanti in campata.

Si consigliano valori compresi fra 0.6 e 1, usando senz'altro 1 per travi molto strette.

**Fattore di riduzione per ancoraggio ferri:** specificare di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_{co}$  o di  $F_{bd}$  (definito fra le caratteristiche dei materiali) per calcolare la tensione tangenziale di aderenza ammissibile necessaria per il calcolo degli ancoraggi dei ferri. Ad esempio specificando 0.6 si impone una riduzione di  $\tau_{co}$  o di  $F_{bd}$  del 40%. Si ricorda che la normativa ammette riduzioni anche fino al 50%. Questa riduzione viene applicata solo nel calcolo di ancoraggi la cui posizione soddisfa i requisiti specificati nei criteri generali di progetto armatura travi al parametro "**Riduzione ancoraggi**".

Si fa presente comunque che durante il calcolo degli ancoraggi, quando si raggiunge un'estremità di una trave o generalmente quando il ferro non può essere prolungato, ModeSt risvolta il ferro dentro la trave e rinuncia alla verifica dell'ancoraggio. Se il parametro **"Risvoltare i ferri per garantire l'ancoraggio agli estremi della trave"** è stato attivato, ModeSt risvolta il ferro della lunghezza necessaria a garantirne l'ancoraggio.

**Minimizzazione momenti resistenti di appoggio (stati limite D.M. 18):** è possibile imporre a ModeSt di adottare particolari tecniche di progettazione armatura in modo da minimizzare i momenti resistenti sull'appoggio, per non aggravare eccessivamente la progettazione in gerarchia delle resistenze dei pilastri. Quando si attiva tale tecnica, meglio descritta in **Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18** è possibile anche specificare le **Fasi di progetto** da utilizzare e le seguenti opzioni che ne influenzano il comportamento:

- **Sequenza di progetto:** specificare la sequenza delle **Fasi di progetto** da utilizzare per la progettazione automatica dell'armatura delle travi in alternativa alla sequenza standard.
- **Tolleranza di copertura da sovrapposizione:** indicare la tolleranza consentita in termini di sovra-copertura durante le fasi **SRG** e **SFA**. Le sovrapposizioni che superano tale tolleranza non vengono effettuate e la copertura del momento è affidata ad una eventuale fase **PFA**.

**Tipo di distribuzione armatura eccedente:** poiché l'armatura effettivamente presente nella trave sarà superiore a quella teorica, occorre precisare come deve essere considerata l'armatura longitudinale eccedente durante le verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Ripartita proporzionalmente per flessione, torsione e taglio:** l'area di ferro eccedente viene ripartita per flessione, torsione e taglio in ogni CC in modo proporzionale alle aree di ferro teoriche strettamente necessarie.
- **Tutta agente per flessione:** l'area di ferro eccedente viene considerata tutta agente per flessione.
- **Tutta agente per taglio:** l'area di ferro eccedente viene considerata tutta agente per taglio. Prima di utilizzare questa opzione, si legga attentamente quanto riportato in **Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18**, con particolare riferimento alla **Nota 1**.

## Armatura a flessione

**Elenco diametri ferri longitudinali:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri longitudinali, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Max differenza fra diametri nella trave:** con questo parametro è possibile limitare l'intervallo fra i diametri dei ferri nell'ambito della stessa trave, per evitare l'utilizzo contemporaneo di ferri con diametro molto diverso. Ad esempio, specificando 4, con riferimento ai valori citati per il parametro precedente, nell'ambito della stessa trave avremo solo ferri Ø10,12,14 o Ø12,14,16 o Ø14,16,18.

**Max differenza fra diametri ferri accoppiati:** analogamente al parametro precedente, questo limita la differenza fra i diametri di due ferri nella stessa posizione. Ad esempio specificando 2 non avremo mai nella stessa posizione 1Ø10+1Ø14 (differenza 4 diametri), ma al massimo 1Ø10+1Ø12 oppure 1Ø12+1Ø14, ecc.

**Reggistaffe superiori/inferiori:** specificare il numero e il diametro dei reggistaffe da adottare superiormente ed inferiormente nella trave. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Numero:** permette di specificare il numero dei reggistaffe superiori/inferiori.
  - **Pari a:** si intende il numero dei reggistaffe.
  - **Max mutua distanza:** si intende la massima mutua distanza fra i reggistaffe. In tal caso il numero di reggistaffe viene calcolato automaticamente in funzione della larghezza della sezione.
- **Diametro:** permette di specificare il diametro dei reggistaffe superiori/inferiori.
  - **Automatico:** ModeSt sceglie il diametro automaticamente in funzione dell'armatura necessaria.
  - **Pari a:** ModeSt inserisce reggistaffe del diametro specificato, eventualmente integrandoli con altri ferri longitudinali se la progettazione lo richiede.
  - **Minimo:** ModeSt impone come diametro minimo il valore specificato, ma usa diametri maggiori se la progettazione lo richiede.

Si fa presente che i reggistaffe vengono sempre considerati ai fini del calcolo dell'armatura della trave.

## Armatura a taglio

**Scorrimento (T.A.):** specificare la percentuale dello sforzo di scorrimento dovuto al taglio da fare assorbire alle staffe, ai ferri piegati e ai ferri di parete. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Percentuale assorbita dalle staffe:** specificare la percentuale dello sforzo di scorrimento dovuto al taglio da fare assorbire alle staffe. Sono ammissibili valori compresi fra 40 e 100.
- **Percentuale assorbita dai ferri piegati:** specificare la percentuale dello sforzo di scorrimento dovuto al taglio da fare assorbire ai ferri sagomati.

- **Percentuale assorbita dai ferri di parete:** la somma dello scorrimento assorbito dalle staffe e dai ferri piegati può essere minore di 100. In tal caso la percentuale residua verrà fatta assorbire dai ferri di parete.
- **Considerare il valore alle staffe come minimo percentuale da adottare:** specificare se considerare la percentuale assorbita dalle staffe come un minimo di percentuale da adottare, con l'intesa di aumentare la staffatura (fra quelle previste dall'utente in diametri, bracci e passi) fino a trovarne una che minimizzi o elimini del tutto i ferri piegati e di parete. In altre parole ModeSt armerà con ferri piegati e di parete solo se la staffatura massima prevista dall'utente non è in grado di assorbire tutto lo sforzo di scorrimento.

Nel calcolo agli Stati Limite gli sforzi di taglio vengono affidati interamente alle staffe ed i parametri indicati vengono ignorati.

**Variabilità staffe:** per questo parametro sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Staffe uguali a passo costante:** la trave viene armata con staffe tutte uguali a passo costante.
- **Staffe diverse in tre parti della trave in funzione di  $\tau_{c0}$ :** la trave viene divisa e staffata diversamente in tre parti in funzione del valore della tensione tangenziale. Le due parti di estremità in cui la tensione tangenziale è maggiore di  $\tau_{c0}$  e la restante parte centrale in cui è sufficiente l'armatura minima di regolamento. Vengono ovviamente inviluppate le varie combinazioni delle condizioni di carico elementari.
- **Staffe diverse in tre parti della trave in funzione di un multiplo dell'altezza pari a:** il valore specificato indica il numero di multipli dell'altezza della trave in funzione della quale dividere e staffare la trave stessa. La trave viene divisa in due tratti di estremità con una lunghezza pari a n multipli di H (dove n è il valore inserito e H è l'altezza della trave diminuita del massimo fra copriferro teorico superiore e inferiore) ed un tratto centrale pari al rimanente.

ModeSt rispetta comunque sempre i minimi di regolamento relativi ai tratti di estremità con staffatura differenziata.

**Variabilità staffe ala:** per questo parametro sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Passi uguali a passi anima:** le staffe nell'ala della trave vengono disposte con passo uguale a quello dell'anima.
- **Passi multipli di passi anima:** le staffe nell'ala della trave vengono disposte con passo uguale a un multiplo intero di quello dell'anima.
- **Passi indipendenti da passi anima:** le staffe nell'ala della trave vengono disposte con passo indipendente da quello dell'anima.

**Min. lunghezza tratto centrale come multiplo dell'altezza della trave:** specificare, in multipli dell'altezza della trave, la lunghezza minima che può assumere il tratto centrale di staffatura. Se, a seguito di quanto specificato nel parametro precedente e dei minimi di regolamento, il tratto centrale risulta inferiore a quanto specificato, ModeSt arma con staffatura costante.

**Elenco diametri staffe:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la staffatura della trave, separati da spazi. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10). Nel caso di travi a T o a L questi dati sono riferiti alle staffe dell'anima.

**Elenco numero bracci staffe:** specificare l'elenco dei bracci utilizzabili per la staffatura della trave, separati da spazi. Ad esempio 2 4 significa che ModeSt può armare con staffe a 2 o a 4 bracci. Sono ammessi anche valori non consecutivi ma non valori dispari.

**Passi staffe:** specificare il passo minimo, massimo e l'incremento per determinare la staffatura ammissibile della trave. Ad esempio inserendo (in cm) 14, 20 e 2 saranno ammissibili staffature con passo 14, 16, 18 e 20 cm.

**Elementi costanti:** questo parametro permette di staffare in modo parzialmente uniforme una trave che è comunque armata con staffatura variabile. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Diametro:** permette di armare la trave con staffe a diametro costante (varieranno il passo ed il numero di bracci).
- **Passo:** permette di armare la trave con staffe a passo costante (varieranno il diametro ed il numero di bracci).
- **Bracci:** permette di armare la trave con staffe a numero bracci costante (varieranno il diametro ed il passo).

Se tutte le opzioni sono deselezionate non verrà effettuato nessun tipo di uniformizzazione. I valori **Diametro**, **Passo** e **Bracci** possono essere accoppiati fra loro per determinare staffature particolari: ad esempio inserendo per questo parametro il valore **Bracci-Diametro** avremo nella trave staffe costanti in diametro e bracci e nei vari tratti varierà solo il passo; inserendo **Bracci-Passo** avremo nella trave staffe a passo costante e stesso numero di bracci, mentre varierà il diametro.

**Tipo di minimizzazione staffatura:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di staffatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il numero delle staffe:** ricercare la staffatura che globalmente minimizza il numero delle staffe (una staffa a 4 bracci viene considerata come due staffe).
- **Minimizza il peso delle staffe:** ricercare la staffatura che globalmente minimizza il peso delle staffe.

**Lunghezza max del tratto di calcolo scorrimento:** specificare quale deve essere la lunghezza massima del singolo tratto in cui viene calcolato lo scorrimento nelle zone in cui  $\tau > \tau_{c0}$ . Ad esempio se è stato specificato di raffittire le staffe in tutto il tratto in cui  $\tau > \tau_{c0}$  possono risultare zone particolarmente lunghe per le quali il calcolo dello scorrimento deve essere effettuato con maggiore precisione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari al tratto in cui  $\tau > \tau_{c0}$ :** il tratto in cui  $\tau > \tau_{c0}$  non viene suddiviso ulteriormente.
- **Pari a:** il tratto viene diviso ed eventualmente staffato diversamente in parti con lunghezza massima pari al valore assoluto di quanto inserito. Ad esempio specificando 60 vengono create un numero di suddivisioni sufficienti a realizzare tratti di lunghezza inferiore a 60 cm.
- **Come multiplo dell'altezza pari a:** un valore maggiore di zero indica il numero di multipli dell'altezza della trave in funzione dei quali calcolare la lunghezza massima del singolo tratto.

**Raffittimento staffe all'estremità:** specificare se raffittire le staffe all'estremità della trave in assenza di prescrizioni di normativa. In caso affermativo occorre specificare il passo massimo delle staffe da utilizzare tra i passi ammissibili delle staffe.

### Armatura a taglio e torsione

**Elenco diametri ferri piegati:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri piegati, separati da spazi. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10).

**Angolo di piegatura:** specificare l'angolo rispetto all'orizzontale da utilizzare per la piegatura dei sagomati e dei cavallotti.

**Posizione primo punto di piegatura:** specificare la distanza dal filo pilastro del punto in cui effettuare la prima piegatura dei ferri sagomati e dei cavallotti. Valori positivi vengono interpretati come multipli dell'altezza della trave (detratto il valore del copriferro per il calcolo delle lunghezze dei ferri), mentre valori negativi vengono interpretati come una distanza espressa in cm.

**Interasse punti di piegatura:** specificare la distanza tra i punti di piegatura dei ferri sagomati successivi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari al multiplo dell'altezza**
- **Distanza**

**Nota:** l'altezza della trave viene diminuita di due volte il valore del copriferro per il calcolo delle lunghezze dei ferri.

**Tipo di ferri piegati:** specificare il tipo di ferri piegati da utilizzare. Premesso che per sagomati si intendono i ferri di campata rialzati sugli appoggi, mentre per cavallotti gli spezzoni sugli appoggi piegati e prolungati, sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo sagomati**
- **Solo cavallotti**
- **Sia sagomati che cavallotti**

**Ferri di parete:** specificare se aggiungere i ferri sulla parete e sul fianco delle travi. È disponibile la seguente opzioni:

- **Max distanza fra le barre:** specificare la massima distanza ammissibile fra i ferri da aggiungere sulla parete e sul fianco delle travi. Inserendo ad esempio 25 cm, in tutte le travi di altezza compresa fra 26 e 50 cm verrà aggiunto un ferro di parete, in tutte le travi di altezza compresa fra 51 e 75 cm ne verranno aggiunti due, ecc.

ModeSt considera questo dato nel seguente modo:

**Travi senza torsione:** nella parete vengono inseriti ferri secondo quanto specificato, con diametro minimo fra quelli ammissibili. Nel fianco non vengono inseriti ferri.

**Travi con torsione:** nella parete viene inserito il numero minimo di ferri specificato, aumentandone il numero e determinandone il diametro se necessario. Nel fianco i ferri vengono inseriti solo se questo parametro lo consente. In caso contrario l'area di ferro necessaria per torsione viene ridistribuita sugli altri lati dell'ala della sezione.

**Elenco diametri ferri di parete:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri di parete, di fianco e di suola, separati da spazi. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10).

**Elenco diametri staffe orizzontali:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la staffatura dell'ala di sezioni a T o a L, separati da spazi. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10).

### Parametri di disegno

**Copriferro per calcolo lunghezza ferri:** specificare il valore del copriferro per calcolare la lunghezza dei ferri. Si intende l'effettivo spessore del calcestruzzo fra il bordo esterno del pilastro e il bordo del ferro.

**Risvolto ferri superiori:** specificare se risvoltare i ferri superiori, ovviamente se non vengono risvoltati i ferri non viene garantito l'ancoraggio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a:** specificare la lunghezza dei risvolti dei ferri superiori che vengono ancorati nel pilastro (ad esempio al termine della travata o in corrispondenza di discontinuità di sezione). ModeSt controlla automaticamente che il risvolto non sia superiore all'altezza della trave.
- **Pari all'altezza della trave:** permette di eseguire risvolti di lunghezza pari all'altezza della trave.

**Risvolto ferri inferiori:** questo parametro ha lo stesso significato del precedente, con riferimento ai ferri inferiori della travata.

**Risvolto ferri laterali:** specificare se risvoltare i ferri di parete, di fianco e di suola; ovviamente se non vengono risvoltati i ferri non viene garantito l'ancoraggio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a:** specificare la lunghezza dei risvolti dei ferri di parete, di fianco e di suola. ModeSt controlla automaticamente che il risvolto non sia superiore alla larghezza della trave.
- **Pari alla larghezza della trave:** permette di eseguire risvolti di lunghezza pari alla larghezza della trave.

**Magrone:** specificare se disegnare il magrone. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Allargamento laterale:** specificare l'allargamento laterale del magrone sotto le travi di fondazione. Inserendo 0 il magrone viene considerato largo come le basi delle travi stesse.
- **Altezza magrone:** specificare l'altezza del magrone sotto le travi di fondazione.

#### Dati per progettazione interattiva sezioni

**IMPORTANTE:** questi dati e quelli relativi agli stati limite vengono utilizzati solamente se effettua la progettazione interattiva di sezioni caratterizzate da membratura di tipo **Trave**. Non vengono effettuate verifiche di stabilità.

**Copriferro reale al bordo staffa:** specificare il valore del copriferro per il posizionamento delle staffe. Si intende l'effettivo spessore del calcestruzzo fra il bordo esterno e il bordo della staffa.

**Diametro staffa teorica:** specificare il diametro teorico della staffa per consentire il posizionamento reale dei ferri anche in assenza di una staffatura reale. In questo modo sarà possibile operare verifiche con la reale posizione dei ferri anche quando non si intendono effettuare verifiche a taglio.

**Distanza fra ferri su più strati:** indicare la distanza che deve intercorrere fra ferri disposti su più strati. Non si intende la distanza fra i baricentri dei ferri, ma l'effettiva distanza netta fra le barre. Il programma gestisce in modo automatico la variazione dei diametri dei ferri e ne ricalcola di conseguenza la posizione.

**Verifica con barre in posizione teorica:** specificare se eseguire le verifiche considerando l'effettiva posizione delle barre, calcolata considerando il copriferro al bordo staffa, il diametro della staffa e il diametro del ferro, o se debbano essere eseguite con le posizioni teoriche, in cui tutti i ferri sono considerati ad una distanza dal bordo della sezione pari al **Copriferro teorico superiore** e al **Copriferro teorico inferiore** specificato.

**Verifiche a pressoflessione:** specificare se effettuare le verifiche a pressoflessione o a flessione semplice (indipendentemente dalla presenza o meno di sforzo normale fra le sollecitazioni).

**Verifiche a flessione/pressoflessione retta:** specificare se effettuare le verifiche a flessione o a pressoflessione retta. In questo caso i momenti  $M_y$  e  $M_z$  (e relativi  $T_z$  e  $T_y$ ) vengono considerati separatamente e solo se specificati nelle opzioni successive. Se deselezionata vengono effettuate le verifiche a flessione o a pressoflessione deviata ed i momenti  $M_y$  e  $M_z$  (e relativi  $T_z$  e  $T_y$ ) vengono considerati agenti contemporaneamente. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera  $M_y$ :** specificare se si desiderano le verifiche per il momento  $M_y$  (e taglio  $T_z$ ).
- **Considera  $M_z$ :** specificare se si desiderano le verifiche per il momento  $M_z$  (e taglio  $T_y$ ).
- **Considera  $M_y$  e  $M_z$ :** specificare se si desiderano le verifiche sia per i momenti  $M_y$  che  $M_z$  (e taglio  $T_z$  e  $T_y$ ).

**Modalità di calcolo Vrdu:** il calcolo della resistenza a taglio agli stati limite nel caso di flessione deviata viene effettuato come indicato in **Verifiche a Taglio**, con le seguenti opzioni:

- **Considera Vrdu minimo:** viene assunta la minima resistenza a taglio fra quelle ipotizzabili.
- **Considera Vrdu calcolato in corrispondenza di bw minimo**
- **Considera Vrdu calcolato in corrispondenza di bw medio**
- **Considera Vrdu calcolato in corrispondenza di bw massimo**
- **Considera sempre Af Staffe non proiettata in direzione del taglio:** specificare se l'area resistente delle staffe (calcolata come somma delle aree delle staffe intercettate dalla fibra di verifica) debba essere



ridotta considerandone solo la componente nella direzione ortogonale all'asse neutro. Nel progetto col metodo delle tensioni ammissibili l'area viene sempre ridotta.

**Integrare lo scorrimento lungo il tratto:** poiché risulterebbe troppo a favore di sicurezza la valutazione della tensione nelle staffe in base allo scorrimento unitario agente nella sezione verificata, il programma valuta la variazione di scorrimento in base alla variazione del taglio ed estrapolandone i valori ne effettua l'integrazione, in modo da valutare la tensione nelle staffe con riferimento ad un tratto di asta di lunghezza finita specificata. Viene considerato lo scorrimento agente in un tratto di lunghezza specificata, centrato sulla sezione verificata. Agli estremi dell'asta il tratto viene considerato completamente a destra (o sinistra) della sezione in esame. Se deselezionata non viene effettuata l'integrazione e la tensione nelle staffe viene valutata con riferimento allo scorrimento unitario.

### Dati per progettazione interattiva agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**
- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Usa dominio N-M per flessioni rette:** nel caso in cui le sollecitazioni siano rette ( $M_y$  tutti nulli o  $M_z$  tutti nulli in tutte le CC) e la sezione sia simmetrica rispetto al piano di sollecitazione, indicare se vadano effettuate le verifiche allo stato limite ultimo considerando il dominio N- $M_y$  (o N- $M_z$ ) anziché il dominio a sforzo normale costante. Se la sezione risulta non simmetrica per geometria o per posizioni e/o diametri dei ferri verrà in ogni caso effettuata la verifica considerando il dominio a sforzo normale costante. Nel caso in cui venga utilizzato per la verifica il dominio N- $M_y$  o il dominio N- $M_z$ , specificare come deve essere effettuato il calcolo della sicurezza:

- **Ricerca della sicurezza a sforzo normale costante**
- **Ricerca della sicurezza eccentricità con costante**

**Controllo rapporto X/D:** specificare se deve essere effettuato il controllo di normativa relativo al rapporto X/D fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione.

**Classificazione barre tese/comprese:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "comprese" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al disotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

### Dati per verifiche di resistenza al fuoco

**Tempo di verifica (REI):** indicare il tempo dall'inizio dell'applicazione dell'azione termica in cui devono essere eseguite le verifiche di resistenza delle sezioni.

**Dimensione MESH:** indicare la dimensione della griglia dello schema alle differenze finite utilizzato per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione.

**Passo di calcolo:** indicare il passo temporale dello schema alle differenze finite utilizzato per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione.

**Temperatura ambiente:** indicare la temperatura [°C] dell'ambiente non esposto all'azione termica, tale valore è anche quello considerato come iniziale all'interno della sezione.

**Coefficiente di convezione a temperatura ambiente:** indicare il valore del coefficiente di convezione per superfici non esposte all'azione termica, ipotizzando per esse che il flusso termico netto sia pari al solo flusso

di calore per convezione, cioè considerando compresi in esso anche gli effetti del trasferimento di calore per irraggiamento.

**Calcestruzzo:** indicare le caratteristiche del calcestruzzo utili a desumere, secondo le prescrizioni della normativa, sia i dati per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione (conducibilità termica, calore specifico e densità), che i dati utili ad effettuare le verifiche di resistenza delle sezioni.

- **Tipo di aggregati:** indicare se verranno utilizzati aggregati silicei o calcarei.
- **Massa volumica iniziale:** indicare la massa volumica del calcestruzzo alla temperatura di 20 °C. Tale valore permette di determinare la variazione della massa volumica con la temperatura (si veda il punto (3) del §3.3.2 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio).
- **Umidità iniziale:** indicare il contenuto di umidità. Tale valore permette di calcolare il calore specifico (vedi §3.3.2 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio).
- **Fattore di interpolazione conducibilità:** indicare il fattore che permette di ottenere il valore della conducibilità termica interpolando i valori indicati dalla normativa come limite inferiore e superiore (vedi §3.3.3 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio). Indicando 0 la conducibilità termica è pari al limite inferiore, indicando 1 è pari al limite superiore.

## Dati per verifiche FRP

### Rinforzo longitudinale

- **Nome:** specificare il nome del tipo di rinforzo longitudinale da riportare nel disegno.
- **Tipo di fibra/resina:** indicare il tipo di fibra/resina necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
  - **Vetro/Epossidica**
  - **Arammidica/Epossidica**
  - **Carbonio/Epossidica**
- **Resistenza caratteristica ( $f_{rk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica del rinforzo di FRP.
- **Modulo elastico ( $E_r$ ):** specificare il valore del modulo elastico del rinforzo di FRP.
- **Deformazione caratteristica a rottura per trazione ( $\epsilon_{rk}$ ):** specificare il valore della deformazione caratteristica a rottura per trazione del rinforzo di FRP.
- **Spessore equivalente ( $t_r$ ):** specificare il valore dello spessore equivalente del rinforzo di FRP.
- **Sistemi di rinforzo:** indicare il tipo di sistema di rinforzo:
  - **Preformati**
  - **Impregnati in situ**

### Rinforzo trasversale

- **Nome:** specificare il nome del tipo di rinforzo trasversale da riportare nel disegno.
- **Tipo di fibra/resina:** indicare il tipo di fibra/resina necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
  - **Vetro/Epossidica**
  - **Arammidica/Epossidica**
  - **Carbonio/Epossidica**
- **Resistenza caratteristica ( $f_{rk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica del rinforzo di FRP.
- **Modulo elastico ( $E_r$ ):** specificare il valore del modulo elastico del rinforzo di FRP.
- **Deformazione caratteristica a rottura per trazione ( $\epsilon_{rk}$ ):** specificare il valore della deformazione caratteristica a rottura per trazione del rinforzo di FRP.
- **Spessore equivalente ( $t_r$ ):** specificare il valore dello spessore equivalente del rinforzo di FRP.
- **Sistemi di rinforzo:** indicare il tipo di sistema di rinforzo:
  - **Preformati**
  - **Impregnati in situ**

- **Modalità di carico:** indicare la modalità di carico necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
- **Lungo termine**
- **Ciclico**

**Coeff. parziale SLU di distacco ( $\gamma_{f,d}$ ):** specificare il valore del coefficiente parziale utilizzato nelle verifiche di sicurezza nei confronti del distacco dal supporto (par. 4.1.2 della CNR DT 200 R1/2012). I valori sono riportati nel par. 3.4.1 della CNR DT 200 R1/2012: *"Per il solo Stato Limite Ultimo di distacco dal supporto sono invece suggeriti valori di  $\gamma_m = \gamma_{fd}$  variabili, a giudizio del progettista, da 1.20 a 1.50 in funzione della maggiore o minore possibilità di prevedere, per la specifica applicazione, l'effettivo comportamento del composito nei riguardi del distacco dal supporto."*

**Fattore di conversione ambientale ( $\eta_a$ ):** specificare il valore del fattore di conversione ambientale utilizzato sia nella stima della pressione laterale di confinamento sia nel calcolo della deformazione massima nel rinforzo di FRP ( $\epsilon_{fd}$ ) utilizzata nelle verifiche a flessione e pressoflessione. I valori sono riportati nella Tabella 3-2 del par. 3.5.1 della CNR DT 200 R1/2012.

**Raggio di arrotondamento spigolo ( $r_c$ ):** specificare il valore del raggio di arrotondamento degli spigoli della sezione rinforzata. Nel par. 4.8.2.2 della CNR DT 200 R1/2012 viene indicato che *"Il raggio di curvatura,  $r_c$ , dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm"*.

**Coeff. condizione di carico ( $K_q$ ):** specificare il valore del coefficiente di condizione di carico utilizzato nelle verifiche di resistenza allo stato limite ultimo per distacco intermedio (modo 2) par. 4.1.4 della CNR DT 200 R1/2012: *"[omissis] da assumersi pari a 1.25 per prevalenti carichi distribuiti e 1 in tutti gli altri casi"*.

## Pilastri

### Introduzione

È possibile progettare come pilastri, tenendo conto delle sollecitazioni indotte dai momenti  $M_y$  e  $M_z$ , dai tagli  $T_y$  e  $T_z$  e dallo sforzo normale, tutte le aste che siano verticali e che abbiano:

- numero diverso da zero;
- sezione con membratura pilastro e verifica prevista c.a.

Automaticamente è possibile progettare le armature e generare i disegni esecutivi (sia delle pilastrate che delle tabelle pilastri) oppure determinare, solo nel caso di calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili, le armature teoriche strettamente necessarie (a presso-tenso flessione retta).

È possibile schematizzare e far progettare come pilastri anche elementi muro/elemento bidimensionale purché siano isolati, costituiti da un unico elemento (in pianta) e che abbiamo come utilizzo "Pilastro".

Per strutture progettate ai sensi del D.M. 17/01/18 in zona sismica, ModeSt provvede automaticamente al calcolo secondo i criteri della gerarchia delle resistenze. L'obiettivo che si prefigge questo metodo di progettazione è quello di scongiurare l'instaurarsi dei meccanismi di rottura fragile prima dei meccanismi di rottura duttili. La procedura di progetto provvede quindi a calcolare le azioni per la progettazione a taglio (rottura fragile) in funzione dei momenti resistenti alle estremità del pilastro con i necessari coefficienti di sovraresistenza previsti dalla normativa per le strutture in classe A o B, mentre i valori dei momenti agenti alle estremità del pilastro vengono valutati in funzione dei momenti resistenti (calcolati in assenza di sforzo normale) delle travi in esso concorrenti. A livello di comportamento globale della struttura la normativa impone infatti che i pilastri abbiano una congrua sovraresistenza rispetto alle travi, in modo che le cerniere plastiche si formino in prima istanza alle estremità delle travi, garantendo così un maggior effetto dissipativo.

Per ogni combinazione di condizione di carico elementare viene quindi determinato un coefficiente di amplificazione delle sollecitazioni flettenti nel pilastro. In base al segno del momento agente nel pilastro viene individuato il corrispondente meccanismo di plasticizzazione nelle travi ed i relativi momenti resistenti. Da considerazioni di equilibrio, considerando anche il segno del pilastro sovrastante, è agevole valutare il coefficiente amplificativo da adottare insieme ai coefficienti di sovraresistenza imposti dalla normativa per garantire l'adeguato momento resistente nel pilastro. Per alcune considerazioni ed opzioni attivabili per questa procedura, si veda anche **"Progettazione in gerarchia delle resistenze"**.

Questa procedura richiede ovviamente che le travi vengano progettate prima dei pilastri. ModeSt controlla che ciò sia stato fatto e segnala anche tutte le situazioni in cui a seguito di modifiche nell'armature delle travi, nei parametri di verifica, nelle sollecitazioni, ecc., l'armatura dei pilastri debba essere riprogettata.

Per consentire la possibilità di eseguire analisi o valutazioni di comportamento di strutture in cui l'azione sismica è sostenuta solo da alcuni elementi, mentre ad altri è richiesta solo una sufficiente duttilità, è possibile disabilitare sia il **progetto in gerarchia delle resistenze**, sia la **verifica per le combinazioni di carico sismiche**. Vengono in ogni caso adottate le limitazioni e prescrizioni di normativa relative alle zone sismiche. Si segnala che comunque non vengono attualmente effettuate da ModeSt verifiche sulla duttilità delle sezioni.


ModeSt crea e mantiene aggiornata la relazione di calcolo ed il computo delle armature e se richiesto anche la distinta dei ferri.


## Progettazione interattiva pilastri


Nell'ambiente di progettazione interattiva pilastri, se l'armatura del pilastro era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico del pilastro.


Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:


### Generali

**Progetta aut.**  progetta il pilastro esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.

**Ricalcola**  effettua il controllo che la pilastrata sia verificata e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie.


**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico della pilastrata.

**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato alla pilastrata.


**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).

### Ferri

**Modifica**  modifica o aggiunge i ferri verticali. È possibile specificare se estendere l'armatura assegnata ad una sezione della pilastrata a tutta la pilastrata utilizzando l'opzione "applica a tutta la pilastrata". L'opzione non è presente nella finestra di dialogo se il pilastro è di tipo prefabbricato.


**Utilizzo da linea di comando:** **EDIF** (Edita ferro).


### Staffe


**Modifica**  modifica o aggiunge le staffe nelle zone di staffatura in cui è divisa la pilastrata. È possibile modificare la lunghezza delle zone di staffatura all'estremità della campata della pilastrata variando i valori della "Quota intermedia inf." e della "Quota intermedia sup.". È possibile modificare sia il numero che la distanza massima dei ferri non collegati. È possibile specificare se estendere l'armatura assegnata alla campata del pilastro a tutta la pilastrata utilizzando l'opzione "applica a tutte le campate". L'opzione non è presente nella finestra di dialogo se il pilastro è di tipo prefabbricato.


**Utilizzo da linea di comando:** **EDIZ** (Edita zona di staffatura).

### Rinforzi

**FRP longitudinali**  assegna o modifica i rinforzi con FRP longitudinali nella campata della pilastrata selezionata con il cursore grafico, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Rinforzi con FRP**.

**FRP trasversali**  assegna o modifica i rinforzi con FRP trasversali nella campata della pilastrata selezionata con il cursore grafico, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Rinforzi con FRP**.


**Incamiciature in acciaio o CAM**  assegna o modifica i rinforzi con incamiciature in acciaio o con sistema CAM nella campata della pilastrata selezionata con il cursore grafico, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Rinforzi con incamiciatura in acciaio o CAM**.


**Incamiciature in c.a.**  assegna o modifica i rinforzi con incamiciature in c.a. nella campata della pilastrata selezionata con il cursore grafico, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Rinforzi con incamiciature in c.a.**. Si fa notare che nello spessore della camicia è compreso anche lo spessore del copriferro da rimuovere per cui, se si vuole ad esempio realizzare una camicia dello spessore di 8 cm rimuovendo dal pilastro esistente uno spessore di 2.5 cm occorre specificare come **spessore camicia:** 8 cm e **spessore copriferro da rimuovere:** 2.5 cm.

**Nodo**  assegna o modifica il rinforzo del nodo trave-pilastro selezionato con il cursore grafico, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Rinforzi dei nodi trave-pilastro**.

### Disegno

**Rinforzi**  apre una finestra con la pilastrata e le indicazioni dei rinforzi assegnati.

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale della pilastrata progettata. È possibile specificare se creare la modellazione solida della pilastrata solo con le armature, solo con i rinforzi o con entrambi utilizzando le opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DDF** (Disegna distinta ferri), **DCMP** (Disegna computo).

## Note tecniche

### Denominazioni

Ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 65 del 10/4/97 ModeSt, classifica gli elementi da progettare come "pilastri" o come "pareti" e si comporta di conseguenza. Nel seguito si parlerà genericamente di "pilastri", ma se non diversamente specificato quanto esposto vale in entrambi i casi.

### Individuazione della pilastrata

ModeSt considera come unica "pilastrata" un insieme di aste consecutive con lo stesso numero, con membratura pilastro, tipo di verifica c.a. e perfettamente verticali. È possibile schematizzare e far progettare come pilastri anche elementi "muro" purché siano isolati e costituiti da un unico elemento (in pianta); per attivare questa opzione occorre che nella definizione del tipo di muro/elemento bidimensionale sia stato specificato come utilizzo "Pilastro". Si fa presente che la trasformazione di un muro in pilastro è del tutto indipendente dalla classificazione come "parete" citata in "Denominazioni" e che dopo tale "trasferimento" durante la progettazione dei pilastri tutti i parametri necessari (compreso il rispetto della Circolare n. 65) vengono prelevati dai criteri di progetto dei pilastri. ModeSt trasferisce anche elementi bidimensionali isolati, ma si ricorda che con alcuni tipi di elemento (Xfinest con elemento Isoshell o QF46 senza calcolo delle tensioni ai nodi) considerare un solo elemento bidimensionale isolato può portare alla perdita dei momenti con asse normale all'elemento. Tali momenti vengono infatti valutati integrando le tensioni  $\sigma_z$  nei due nodi dell'elemento, e se il solutore o il tipo di elemento fornisce tensioni costanti non si avrà un momento risultante.

La presenza di due o più pilastrate non consecutive con lo stesso numero rende impossibile la progettazione dell'armatura delle pilastrate medesime.

Se nella pilastrata sono presenti aste "rovesciate" cioè inserite dal nodo di testa al nodo di piede, la pilastrata non viene progettata.

Qualora una o più aste costituenti la pilastrata abbiano diversa rotazione, ModeSt riporta le relative sollecitazioni nel sistema di riferimento dell'asta di piede della pilastrata. In relazione si avranno quindi stampe di sollecitazioni diverse da quelle riportate nell'elenco delle sollecitazioni delle aste in quanto riferite a diversi sistemi di riferimento.

Altri motivi per cui le sollecitazioni riportate in relazione possono essere diverse da quelle riportate nell'elenco delle sollecitazioni sono la presenza di coefficienti amplificativi o eccentricità aggiuntive per le verifiche di stabilità ed il fatto che i punti di progetto e verifica dei pilastri non necessariamente coincidono con le estremità a filo zona rigida dell'asta, causa inviluppi o configurazioni geometriche al nodo particolarmente complesse.

### Individuazione dei pilastri

Dopo aver determinato le incidenze delle travi e degli elementi bidimensionali orizzontali sulla pilastrata, vengono individuati i tratti comunemente denominati "pilastri", ossia l'asta o il gruppo di aste che vanno da un impalcato ad un altro. Eventuali nodi intermedi appartenenti all'impalcato 0 non vengono di norma considerati come riprese di getto; mediante i criteri di progetto è possibile stabilire se in questi nodi i ferri devono essere interrotti (vedi **Continuità dei ferri nei nodi appartenenti all'impalcato 0**) e se possono essere piegati nel caso di cambio di sezione (vedi **Max angolo di piegatura ferri**).

I tratti in cui effettuare le verifiche di stabilità e per i quali determinare le lunghezze libere d'inflessione vengono invece sempre individuati come quelli delimitati da nodi appartenenti ad un impalcato e/o con elementi orizzontali incidenti.

I nodi intermedi appartenenti all'impalcato 0 vengono di norma considerati influenti ai fini del cambio della staffatura (purché ci sia continuità di sezione) se non diversamente specificato nei criteri di progetto (vedi **Continuità dei ferri nei nodi appartenenti all'impalcato 0**).

Altre e diverse considerazioni vengono effettuate nel caso il pilastro sia da considerarsi prefabbricato (vedi **Pilastri prefabbricati**).

ModeSt, se richiesto nei criteri di progetto (vedi **Progettazione armatura di ripresa**), progetta le armature di ripresa al piede del pilastro tenendo conto della presenza e delle dimensioni anche di eventuali muri, platee o plinti/pali. Non vengono progettate armature di ripresa nel caso di plinti a bicchiere ma l'altezza del pilastro viene aumentata dell'altezza del bicchiere del plinto.

## Punti di blocco

Le armature vengono interrotte in corrispondenza dei punti di ripresa di getto e nei casi in cui il rapporto fra cambio sezione ed altezza degli elementi orizzontali incidenti sia tale da non consentire, in base ai criteri (vedi **Max angolo di piegatura ferri**), la piegatura delle barre. In tal caso vengono aggiunti spezzoni di ripresa dove necessario.

## Punti di progetto

Le armature vengono progettate e verificate al piede ed in testa (bordo più alto e più basso di tutte le travi incidenti) di tutte le aste costituenti la pilastrata. Nei punti di ripresa di getto viene verificata sia l'armatura che arriva dal pilastro sottostante che l'armatura che riparte dal pilastro soprastante; in questi punti vengono riportate in relazione entrambe le verifiche.

## Progetto armatura teorica

ModeSt non effettua normalmente la determinazione dell'area di ferro teorica, ma procede direttamente al progetto delle barre.

Comunque, se è stata richiesta nelle opzioni di progettazione la determinazione dell'area di ferro teorica (effettuabile solo nel caso di calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili), vengono processati solamente i pilastri con sezione rettangolare e per ognuna delle due direzioni di inflessione viene determinata l'area di ferro nell'ipotesi di armatura doppia simmetrica in **presso-tenso flessione retta**. Non vengono in tal caso effettuati i controlli sui minimi e massimi di regolamento e quindi possono risultare anche pilastri con armatura teorica nulla.

Nel progetto delle armature teoriche ModeSt considera, per il calcolo dell'altezza utile, un diametro medio teorico del Ø20 e quindi nel caso di pilastri molto armati (in cui l'armatura effettiva sarà realizzata con ferri di grosso diametro o molto lontani dagli spigoli), si potranno avere delle armature effettive molto maggiori causa la maggior vicinanza delle barre all'asse neutro e viceversa per pilastri debolmente armati.

## Calcolo e controllo tensioni tangenziali

Nel caso di calcolo con il metodo delle tensioni ammissibili le tensioni tangenziali dovute al taglio vengono calcolate per ogni CC applicando la formula di Jourasky alla sezione pressoinflessa parzializzata, considerando la componente di taglio nel piano di inflessione e valutando il valore di  $\tau$  su corde parallele all'asse neutro ( $\tau$  nella direzione dell'asse di flessione) ogni 0.2 cm in modo da trovare il punto di massimo con sufficiente precisione.

Si possono quindi avere delle differenze fra le tensioni tangenziali valutate nel caso di armature teoriche ed armature effettive, dato il diverso stato tensionale della sezione nei due casi (pressoflessione sicuramente retta nel primo caso e comunque armatura diversa).

## Presso-tenso flessione retta

Quando ModeSt deve armare in presso-tenso flessione retta, perché è stata richiesta l'armatura teorica o perché così è stato richiesto dai criteri di progetto (vedi **Verifiche a pressoflessione deviata**), la progettazione viene effettuata disaccoppiando i valori di  $M_y$  e  $T_z$  dai valori di  $M_z$  e  $T_y$ , ad esclusione dei pilastri circolari per i quali viene ignorato il criterio di progettare in pressoflessione retta. Si ricorda comunque che, nel caso di sezioni a L o armate in modo asimmetrico, ciò può portare comunque a presso-tenso flessione deviata.

Nell'ambito della stessa pilastrata la progettazione deve essere tutta dello stesso tipo.

## Verifiche di stabilità

Nelle verifiche di stabilità il valore della lunghezza libera d'inflessione viene valutato con riferimento ai coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Coeff. b in direzione Y (Z) locale**) e viene assunta come snellezza il massimo tra i valori  $\lambda_y$  e  $\lambda_z$ .

Nel caso delle tensioni ammissibili le verifiche di stabilità vengono eseguite con il metodo omega. Poiché la normativa, con riferimento alle verifiche di stabilità, specifica che: *"La verifica [omissis] deve essere eseguita tenendo conto dello sforzo normale  $N^*\Omega$  (con  $\Omega$  valutato per la massima snellezza) o del momento flettente  $c^*M$  (con  $M$  momento effettivo massimo); allo sforzo normale  $N^*\Omega$  si deve sostituire  $N$  se più sfavorevole."*, è possibile specificare quali verifiche di stabilità effettuare in aggiunta alla verifica per i valori di N-M derivanti dal calcolo attraverso il parametro di progetto **Tipo verifica di stabilità**.

Nel caso degli stati limite le verifiche di stabilità vengono eseguite con il metodo della "colonna modello".

**Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**

Per decidere se il pilastro è snello viene considerato il minimo valore di  $\lambda_{\min}$ . Se il pilastro risulta snello si applica un'eccentricità aggiuntiva (par. 4.1.2.3.4.2) pari al massimo tra 1/200 dell'altezza libera di inflessione del pilastro e 20mm.

### Verifiche secondo il D.M. 16/01/96

Nel calcolo di  $\lambda^*$  viene considerato il massimo valore dello sforzo di compressione. Il pilastro viene considerato a priori snello effettuando i controlli con un  $\lambda^*$  calcolato ipotizzando che l'armatura presente nel pilastro sia pari al 1% dell'area della sezione. Se il pilastro risulta snello si applica un'eccentricità aggiuntiva pari a  $l_0/300$  (par. 4.2.4.4) anziché  $h/30$  (par. 4.2.1.2).

## Armatura a taglio

### METODO DEGLI STATI LIMITE

In ognuna delle zone di staffatura, determinate secondo i dettami della normativa prescelta, viene valutato il contributo del calcestruzzo e, se non sufficiente per sopportare il taglio agente, viene valutata per differenza l'area delle staffe necessaria. Le valutazioni vengono effettuate indipendentemente per le due direzioni principali X e Y del pilastro con le rispettive componenti di taglio. Nel caso di pilastri a L o T vengono considerate le relative sezioni rettangolari ridotte nelle diverse direzioni. Nei pilastri circolari viene invece effettuata una sola verifica/progetto considerando il valore totale del taglio.

Le verifiche a taglio con il metodo degli stati limite dipendono in linea generale, secondo le diverse formulazioni delle normative, dalla larghezza  $b_w$  della membratura, dall'altezza utile della sezione e (per la verifica delle armature) dalla quantità di area di ferro tesa presente nella sezione e dalla quantità di staffe.

Nel caso di sezione generica o soggetta a pressoflessione deviata non esiste un metodo riportato in letteratura e la normativa non offre nessuna indicazione. Per analogia con quanto si usa fare per le sezioni rettangolari, ModeSt tenta di trovare un "traliccio resistente" che abbia un senso all'interno della sezione. Data la notevole variazione di risultati che comporta l'individuazione di tale traliccio, è possibile con gli appositi criteri di progetto modificare il comportamento del programma, che qui si riassume:

1. L'altezza utile della sezione viene valutata come la distanza fra il punto maggiormente compresso e la barra d'armatura maggiormente tesa.
2. Le verifiche vengono condotte per ogni fibra della sezione (discretizzata in strisce parallele alla direzione dell'asse neutro) considerando solo le fibre comprese fra la barra più tesa della sezione e la fibra maggiormente compressa e trascurando le fibre che non intercettano staffatura.
3. In ogni fibra viene calcolato il valore di  $b_w$  e viene valutata l'area di ferro delle staffe intercettate.
4. Se richiesto dal criterio di progetto (vedi **Considera sempre Af Staffe non proiettata in direzione del taglio**) l'area delle staffe viene ridotta considerandone solo la componente nella direzione ortogonale all'asse neutro. Nel progetto col metodo delle tensioni ammissibili l'area viene sempre ridotta.
5. L'area di ferro tesa viene valutata, secondo quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Classificazione barre tese/comprese**), trascurando o meno le barre troppo vicine all'asse neutro.
6. Dopo aver valutato in tal modo il valore del taglio resistente in tutte le fibre, viene scelto quello specificato dal criterio di progetto Verifiche a taglio per sezioni generiche.

Si fa notare come la possibile variazione dell'area delle staffe faccia sì che non ci sia necessariamente un rapporto diretto fra larghezza di  $b_w$  e il valore della resistenza a taglio.

### METODO DELLE TENSIONI AMMISSIBILI

Raramente nei pilastri viene superato il valore di  $\tau_{c0}$ , comunque nel caso in cui ciò accada, ed anche se  $\tau > \tau_{c1}$  (situazione che viene comunque segnalata nelle anomalie), ModeSt arma a taglio con staffe che vengono calcolate valutando lo sforzo di scorrimento unitario in ogni fibra (ogni 2 cm) della sezione pressoinflessa nella direzione dell'asse di flessione e scomponendolo nella direzione delle isostatiche di compressione (valutate fibra per fibra) e nella loro proiezione sul piano della sezione. Questo sforzo di scorrimento (che nel caso di pressoflessione deviata può essere diretto in una generica direzione), viene successivamente scomposto nelle due direzioni Y e Z locali dell'asta per valutare lo sforzo di scorrimento nella direzione delle staffe.

Si noti che lo scorrimento unitario massimo può non essere nello stesso punto della  $\tau$  massima, dato il diverso orientamento delle isostatiche di compressione.

Questi sforzi di scorrimento unitari vengono poi integrati nelle prescelte zone di staffatura, interpolando linearmente per trovarne i valori nei punti intermedi dell'asta e quindi valutata la staffatura necessaria in funzione del massimo nelle due direzioni.

Vengono progettate le staffe solo per i pilastri rettangolari, circolari, a T e a L. Non vengono considerate nel progetto dell'armatura a taglio sia le staffe che gli spilli utilizzati per il collegamento fra i ferri di due lati opposti. Nel caso di pilastri circolari lo scorrimento non viene ovviamente scomposto nelle due direzioni ed in sede di relazione di calcolo viene riportato come scorrimento in direzione Y.

## Progettazione in gerarchia delle resistenze

La progettazione in gerarchia delle resistenze dei pilastri con l'utilizzo diretto della formula 7.4.4 del D.M. 17/01/18 non è ovviamente possibile in quanto tale formula, essendo di verifica, prevede la conoscenza "a priori" dell'armatura sotto e sopra il nodo, mentre l'armatura viene normalmente progettata partendo dal piede del pilastro, progettando e poi proseguendo in successione con i piani superiori. ModeSt fa quindi riferimento all'espressione C.7.4.3 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 che è equivalente alla formula di progetto riportata nell'OPCM 3431 (entrambe sono riprese direttamente dall'Eurocodice 8).

Si fa notare che se fosse possibile progettare un'armatura esattamente uguale a quella necessaria per far diventare  $M_{c,Rd} = M_{c,Ed}$ , ossia momento resistente = momento sollecitante, le due formule sarebbero perfettamente equivalenti.

La talvolta apparente eccessiva amplificazione dei momenti sollecitanti in alcune CC non deve trarre in inganno, la formula è infatti studiata dal normatore in modo che avvenga il seguente meccanismo:

Momento agente piccolo ► amplificazione grande ► momento di calcolo M1

Momento agente medio ► amplificazione media ► momento di calcolo M2

Momento agente grande ► amplificazione piccola ► momento di calcolo M3

Con il risultato che M1, M2 ed M3 sono praticamente uguali o comunque confrontabili.

Nelle analisi dinamiche con componente priva di segno ci sono due momenti sollecitanti dall'altra parte del nodo da accoppiare con quello da amplificare. Il programma esegue le due amplificazioni e considera solo quella da cui risulta l'amplificazione minore.

Questo si può agevolmente notare attivando la relazione estesa dei pilastri e controllando i diversi momenti di progetto risultanti nello stesso punto nelle diverse CC con i diversi coefficienti di amplificazione. A causa delle leggere differenze fra i vari momenti di progetto può capitare infatti che la relazione compatta sia ingannevole perché riporta un caso in cui il coefficiente di amplificazione è molto grande.

Quello che provoca talvolta una forte armatura dei pilastri è spesso invece l'eccessivo sovra-dimensionamento delle travi, magari dovuto a motivi architettonici o di praticità, e la loro eccessiva armatura. Sul primo punto ModeSt non può ovviamente intervenire, ma per il secondo sono state studiate apposite tecniche di progettazione per cercare di ridurre al minimo strettamente indispensabile l'armatura sugli appoggi delle travi. A tal proposito si veda **Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18**.

In ogni caso è possibile capire se una trave è geometricamente sovradimensionata anche semplicemente aprendola in progettazione interattiva e visualizzare l'area di ferro strettamente necessaria e l'area di ferro



effettivamente presente cliccando nel gruppo **Af teoriche** su **Aste** e poi su **Aree di ferro**. Se il diagramma è "piatto", cioè praticamente costante, la trave necessita solo dell'armatura minima di regolamento e quindi probabilmente è sovradimensionata.

Un altro caso in cui la gerarchia della resistenza è fortemente penalizzante è quello in cui la struttura (o il telaio di cui fa parte il pilastro) non ha comportamento shear-type (il che significa che le sollecitazioni di calcolo sui pilastri non sono quelle tipiche dei telai) e quindi quando i momenti sotto e sopra il pilastro sono discordi. Comportamenti di questo tipo dovrebbero indurre il progettista a riflettere sulla necessità di rivedere lo schema strutturale o quanto meno la classificazione dell'edificio.

### Nota 1)

Alcuni autori (si veda ad esempio E. COSENZA, G. MADDALONI, G. MAGLIULO, M. PECCE, R. RAMASCO – Progetto Antisismico di Edifici in Cemento Armato – IUSS Press Editore, Pavia 2007) danno una particolare interpretazione del punto 5.4.2.1, comma 5 dell'OPCM 3431 che qui si riporta per memoria: *"Il fattore di amplificazione a deve essere calcolato per entrambi i versi dell'azione sismica, applicando il fattore di amplificazione calcolato per ciascun verso ai momenti calcolati nei pilastri con l'azione agente nella medesima direzione"*.

Al di là del guazzabuglio linguistico di difficile comprensione e al di là del fatto che una prescrizione simile non appare nel D.M. 17/01/18 e nella relativa circolare, l'interpretazione che ne viene data è che i coefficienti di amplificazione possano essere adottati UNO alla volta, ossia sdoppiando le verifiche (a pressoflessione deviata) in due casi in cui viene amplificato una volta  $M_y$  lasciando invariato  $M_z$  e viceversa.

A nostro avviso questo avrebbe un senso se gli effetti sismici fossero VERAMENTE nelle direzioni degli assi locali del pilastro. D'altra parte la normativa prevede l'indeterminazione della direzione dell'azione sismica proprio combinando le azioni in una direzione con il 30% delle azioni nell'altra, e quindi questo tipo di verifica è in fin dei conti una verifica a flessione "semi-deviata" in cui si cerca di disaccoppiare quello che la normativa prescrive di accoppiare.

La questione è comunque dubbia, ma, vista la richiesta da parte di alcuni professionisti di potere operare in tal senso, è possibile attivare nei criteri di progetto il parametro **"Disaccoppia sovraresistenza"** per adottare questa interpretazione. Il parametro per default è disattivo, si lasciano all'utente l'onere e la responsabilità di adottare tale interpretazione. Il nostro consiglio è di chiedere prima conferma al Genio Civile competente.

### Nota 2)



In alcune dispense che circolano in rete, in alcuni dei tanti corsi che sono stati tenuti sul D.M. 17/01/18 ed in alcuni software di calcolo strutturale compare una particolare teoria. Si sostiene che il coefficiente di amplificazione  $\alpha$  dell'espressione C7.4.3 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 non possa mai essere superiore al fattore di comportamento  $q$ .

Su questa affermazione sorgono alcune importanti considerazioni:

- Considerando che il fattore di comportamento per edifici in c.a. generalmente oscilla fra 2 e 4, la limitazione ha spesso scarso effetto in quanto il momento di calcolo deriva anche da situazioni in cui il momento sollecitante è ottenuto con coefficienti di amplificazione 1.1-1.5 (si vedano le considerazioni sopra riportate).
- Ingegneristicamente è condivisibile il fatto che i momenti agenti non potranno essere più grandi di quelli risultanti da un calcolo effettuato con  $q=1$ , e quindi tale limitazione avrebbe una sua logica. Tale assunzione va però sicuramente contro i dettami espliciti della normativa che prescrive la gerarchia delle resistenze trave-pilastro. Infatti l'armatura del pilastro risulterebbe indipendente dalle dimensioni e dall'armatura delle travi che in esso concorrono, senza garantire la gerarchia delle resistenze il cui spirito è quello di pilotare la rottura per flessione sugli elementi orizzontali, garantendo la progettazione di telai a collasso duttile.
- In ogni caso è possibile operare secondo questa ipotesi, attivando nei criteri di progetto il parametro "**Limita fattore di sovraresistenza al massimo valore di struttura**". Nel caso di strutture con diversi coefficienti " $q$ " nelle due direzioni del sisma, come limite viene assunto il maggiore dei due. Il parametro per default è disattivo, si lasciano all'utente l'onere e la responsabilità di adottare tale interpretazione. Il nostro consiglio è di chiedere prima conferma al Genio Civile competente.

## Pilastri gettati in opera

La progettazione automatica delle armature viene effettuata partendo dal primo dei "pilastri" che compongono la pilastrata e seguendo una sequenza di test di possibili armature definite dall'utente tramite apposite **strategie**. Calibrando opportunamente le strategie di progetto è possibile dare la preferenza a tipologie d'armatura più consone al proprio modo di progettare. ModeSt considera tra gli schemi di armatura che soddisfino sia le verifiche a presso-tenso flessione sia le limitazioni della normativa quello che minimizza l'area di ferro totale nella sezione se nei criteri generali di progetto è stata selezionata l'opzione **Minimizzazione area di ferro totale nella sezione** altrimenti considera valido il primo schema di armatura.

L'armatura individuata per essere valida deve anche, "estesa" al pilastro soprastante, essere verificata con le sollecitazioni della sezione di base dello stesso.

Se in uno qualunque dei pilastri non è possibile trovare un'armatura sufficiente, ModeSt classifica la pilastrata come "NON PROGETTABILE" e passa alla successiva senza creare i relativi disegni.

Vengono invece creati comunque i disegni di pilastri per i quali sia stata progettata l'armatura longitudinale ma non sia stata individuata la staffatura (sezioni non gestite o staffatura adeguata non determinabile in funzione dei criteri di progetto).

## Verifiche nodi trave-pilastro

ModeSt esegue una o più verifiche dei nodi trave-pilastro in cemento armato a seconda del tipo di calcolo, della classe di duttilità della struttura e del grado di confinamento del nodo. Solo per i pilastri progettati è possibile capire quali nodi vengano considerati interamente confinati e quali no attivando il disegno della colorazione dei nodi selezionando "Confinamento" nella sezione "Nodi" del pannello **Colorazioni elementi**. In blu vengono disegnati i nodi non interamente confinati, in verde gli altri. Il grado di confinamento viene valutato come indicato al par. 7.4.4.3 del D.M. 17/01/18.

Per le strutture nuove e per tutti i nodi vengono progettate e verificate le staffe secondo i disposti del par. 7.4.4.3 ed eseguiti i controlli del par. 7.4.6.2.3 del D.M. 17/01/18. Le verifiche vengono eseguite distintamente per le sollecitazioni agenti nelle due direzioni degli assi locali della sezione del pilastro.

La verifica di resistenza a compressione del calcestruzzo (7.4.8) è espressa nella forma:

$$V_{jbd} \leq V_{jbr}$$

in cui  $V_{jbd}$  è il taglio agente nel nucleo di calcestruzzo, ed è calcolato utilizzando la (7.4.6) per i nodi interni, cioè se nella direzione considerata per la verifica la trave è passante nel nodo, viceversa utilizzando la (7.4.7). Mentre  $V_{jbr}$  è la resistenza a compressione del nucleo di calcestruzzo:  $V_{jbr} = \eta \cdot f_{cd} \cdot b_j \cdot h_{jc} \cdot \text{radq}(1 - v_d/\eta)$ . Il significato dei simboli utilizzati è indicato nella normativa.

Le citate formule permettono il calcolo del taglio agente nelle strutture nuove valutandolo secondo principi di gerarchia, con un coefficiente di sovraresistenza e l'azione calcolata in funzione del momento di snervamento della trave (sforzo nelle barre pari a  $F_{yd}$ ). Per le strutture esistenti il taglio viene calcolato considerando il momento agente sulle travi (limitato al valore del momento di snervamento) e valutando lo sforzo nelle barre pari a  $M/(0.9h)$ .

La verifica di resistenza a trazione viene eseguita controllando inizialmente che non si verifichi fessurazione diagonale nel nodo, utilizzando la (7.4.10) espressa nella forma:

$$R_{fni} \geq A_{fni}$$

in cui  $R_{fni}$  ed  $A_{fni}$  sono la resistenza e l'azione di fessurazione sul nodo integro ed hanno il valore delle tensioni a sinistra ed a destra della (7.4.10). Se la disuguaglianza in oggetto è soddisfatta la resistenza a trazione del nodo si considera verificata, altrimenti viene controllata l'integrità del nodo a seguito della fessurazione diagonale applicando le (7.4.11) e (7.4.12) espresse nella forma:

$$V_{jwR} \geq V_{jwd}$$

in cui  $V_{jwR}$  ed  $V_{jwd}$  sono la resistenza e l'azione di trazione diagonale sul nodo ed hanno il valore delle forze a sinistra ed a destra delle (7.4.11) e (7.4.12) secondo il tipo di nodo, interno o esterno.

Il controllo del punto 7.4.6.2.3 viene eseguito esprimendo la (7.4.29) nella forma:

$$R_{gsn} \geq 1$$

in cui  $R_{gsn} = [n_{st} \cdot A_{st} / (i \cdot b_j)] / [0.05 \cdot f_{ck} / f_{yk}]$  è il rapporto geometrico di staffatura nodo. Il significato dei simboli utilizzati è indicato nella normativa.

Per le strutture esistenti, sia in analisi lineari che non lineari vengono effettuate le verifiche di cui al par. C8.7.2.3.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19. Si fa notare che tali verifiche sono indipendenti dalla presenza o meno della staffatura, che viene quindi trascurata anche se presente.

Tutte le verifiche possono essere disattivate se lo si ritiene necessario o per situazioni particolari attraverso il parametro **Non progettare e verificare i nodi fra trave e pilastro** dei criteri di progetto. Eventualmente si può applicare l'indicazione del par. 7.4.4.3.1 della Circolare del D.M. 17/01/18 attraverso il parametro **Progetta e verifica secondo Circolare n. 7 del 21/01/19** dei criteri di progetto.

Poiché le verifiche richiedono la valutazione dell'armatura delle travi incidenti sul nodo, occorre che le travi risultino progettate.

Note:

- Poiché le verifiche dipendono dal numero effettivo di staffe presenti nel nodo in corrispondenza dell'incidenza delle travi, la progettazione "esatta" della staffatura necessaria nel caso in cui sul nodo si attestino travi di altezza diversa è particolarmente complessa. In alcuni casi potrebbe accadere che a seguito della progettazione automatica, alcune verifiche non siano soddisfatte. In tal caso sarà sufficiente modificare il numero di staffe in progettazione interattiva.
- Non vengono eseguite le verifiche dei nodi di pilastri modellati con muri/elementi bidimensionali ed utilizzo pilastro.
- Non vengono eseguite le verifiche dei nodi alla base del pilastro posizionato sopra ad un isolatore.

## Verifiche di duttilità

ModeSt esegue le verifiche di duttilità rispettando i dettagli costruttivi indicati nel par. 7.4.6.2.2 del D.M. 17/01/18. Per i pilastri a T e a L, non essendo indicato come valutare il coefficiente di efficacia del confinamento, la sezione viene suddivisa in due rettangoli e su questi vengono effettuati i controlli.

Per i pilastri rettangolari è possibile eseguire le verifiche di duttilità in modo esplicito attraverso il parametro **Verifica la duttilità dei pilastri rettangolari in modo esplicito** e considerare o meno l'effetto del confinamento prodotto dall'armatura trasversale (staffe e legature) attraverso il parametro **Considera effetto confinamento nella verifica di duttilità**.

## Pilastri prefabbricati

I pilastri prefabbricati vengono progettati individuando l'armatura di piede del pilastro utilizzando le **strategie** definite ed operando come specificato per i **Pilastri gettati in opera**. Quando viene individuato uno schema d'armatura soddisfacente, ModeSt tenta di diminuire il numero dei ferri progressivamente nei vari punti di rastremazione dell'armatura specificati nei criteri di progetto (vedi **Punti di alleggerimento armatura**). Se lo schema d'armatura può essere esteso fino alla testa del pilastro, ModeSt lo classifica come utilizzabile e passa ad esaminare un altro degli schemi definiti nelle strategie.

Al termine del processo, fra le diverse armature individuate viene scelta quella che minimizza il peso complessivo del ferro.

In questo caso nella progettazione della pilastrata vengono completamente ignorati eventuali elementi orizzontali incidenti e non vengono progettate armature di ripresa. La lunghezza libera d'inflessione viene valutata considerando i tratti compresi fra i nodi appartenenti ad impalcati diversi da zero.

## Progettazione dei muri/elementi bidimensionali come pilastri

I muri/elementi bidimensionali presenti nella struttura vengono assemblati in pannelli e possono essere progettati come pilastri se hanno i seguenti requisiti:

- il pannello deve essere costituito da un solo muro isolato e cioè nessun muro deve incidere col pannello in esame;

- nella **definizione del tipo di muro/elemento bidimensionale** deve essere specificato come utilizzo "Pilastro".

Il muro-pilastro viene rappresentato in vista tridimensionale nelle **finestre di modellazione** con un bordo dello stesso colore dei pilastri.

Se sopra al muro non incidono pilastri, il numero assegnato automaticamente a questo muro-pilastro è pari all'ultimo numero utilizzato per i pilastri più uno e nella carpenteria di piano in corrispondenza del pannello viene riportato il numero del relativo pilastro, altrimenti viene assegnato al muro-pilastro lo stesso numero del pilastro soprastante in modo del tutto analogo alla numerazione delle pilastrate.

## Disegno pilastrate e tabelle pilastri

ModeSt su richiesta crea oltre al disegno delle pilastrate anche il disegno delle tabelle pilastri, organizzabili in diversi modi, ma comunque correlate alla definizione degli impalcati presenti nella struttura e che in taluni casi può essere condizionata da esigenze di calcolo.

Si consiglia quindi, prima di progettare l'armatura, di eseguire una definizione ed una assegnazione degli impalcati che individui esattamente i piani che si intendono considerare nella tabella pilastri. In questo modo si evitano tabelle in cui l'organizzazione per piani non è corrispondente alla realtà come può accadere ad esempio se i pianerottoli delle scale sono stati schematizzati con impalcati intermedi. In tal caso sarà bene ridefinire gli impalcati ed assegnare impalcato 0 ai nodi che individuano i pianerottoli ed i corretti impalcati ai vari piani in modo da non avere un disegno in cui quasi tutti i pilastri saltano i piani definiti dai pianerottoli lasciando vuote le relative righe della tabella pilastri, mentre solo i pilastri dei pianerottoli interessano tutti i piani e quindi tutte le righe.

Inoltre, poiché il disegno e la quotatura delle sezioni dei pilastri (a parte il caso dei pilastri rettangolari in cui ModeSt effettua delle ottimizzazioni) viene effettuato nel sistema di riferimento locale della sezione e poi ruotato per riportarlo nell'effettiva posizione in pianta, è bene evitare se possibile l'introduzione nella struttura di pilastri ruotati di angoli superiori a 90° o inferiori a -90° in quanto in questi casi la lettura delle quotature può risultare di difficile interpretazione.

## Strategie di progetto

ModeSt progetta l'armatura dei pilastri seguendo determinate strategie completamente definibili dall'utente.

Una strategia consiste in una serie di armature ammissibili da testare e fra le quali ModeSt può scegliere la più adatta.

Per modificare le strategie di progetto occorre:

1. editare il file STRATEG.SRC presente nella cartella FILES con riferimento a quanto specificato in seguito
2. salvare il file STRATEG.SRC e compilarlo con il comando COMPILA impartito da una finestra Ms-Dos dalla cartella FILES

Il modo più semplice per definire una strategia potrebbe essere quello di elencare direttamente le armature ammissibili (ad esempio 4Ø12, poi 4Ø14, poi 4Ø16, ecc.) ma sono permessi comportamenti molto più sofisticati.

Una strategia è infatti composta da più schemi d'armatura (ognuno dei quali genera una o più armature reali) e dalla sequenza dei test da effettuare.

Una strategia è definita nel seguente modo (le parole in **MAIUSCOLO GRASSETTO** sono parole chiave, le parti successive al simbolo ' *scritte in corsivo sono commenti*, le parti fra [ ] possono essere omesse):

**STRATEGIA** nome N ' *nome : identifica la strategia, N : numero massimo di spigoli per cui è valida la strategia*

**SCHEMA** nome\_schema1 ' *schema di armatura*

..... ' *linee di definizione schema*

.....

.....

**SCHEMA** nome\_schema2 ' *schema di armatura*

.....

.....

.....

**SCHEMA** nome\_schema3 ' *schema di armatura*

.....

.....

.....

e così via con altri schemi d'armatura.

[**FOR** var = iniz **TO** fine [**STEP** passo]]

**PROVA** nome\_schema1 var ' *la variabile var assume i valori specificati nel FOR*

[**NEXT**]

[**FOR** var = iniz **TO** fine [**STEP** passo]]

**PROVA** nome\_schema2 var

[**NEXT**]

e così via con altri test d'armatura.

Le istruzioni **FOR** consentono di specificare i dati variabili utilizzando cicli, in cui la variabile "var" assume tutti valori compresi fra "iniz" e "fine" procedendo con passo "passo". Se "STEP passo" non è specificato, si assume 1.

Deve essere lasciato almeno uno spazio fra le varie indicazioni di FOR, var, =, iniz, TO, fine, STEP, passo.

Le linee di definizione degli schemi possono essere di due tipi:

linee "**sp**"

**sp** \* *'tutti gli spigoli*

**sp** % *'spigolo variabile che sarà indicato in seguito*

**sp** N *'spigolo numero N (dove N è un intero)*

linee "**lt**"

**lt** \* *'tutti i lati*

**lt** % *'lato variabile che sarà indicato in seguito*

**lt** N *'lato dallo spigolo numero N (dove N è un intero) allo spigolo numero N+1*

Su ogni linea occorre poi specificare il diametro del ferro:

**d** \* *'tutti i diametri*

**d** % *'diametro variabile che sarà indicato in seguito*

**d** N *'diametro del ferro N (dove N è un intero) in mm*

Nota: Se l'indicazione del diametro è omessa, si assume **d** \*

Nelle linee di spigolo occorre specificare la posizione:

**p o** *'esattamente nello spigolo*

**p +** *'spostato verso lo spigolo successivo (una volta)*

**p ++** *'spostato verso lo spigolo successivo (due volte)*

**p +++** *'in generale tante volte quanti sono i simboli +*

**p -** *'come sopra ma verso lo spigolo precedente*

**p /** *'come sopra ma lungo la bisettrice dell'angolo*

Nelle linee di lato occorre specificare il numero di ferri da inserire:

**n** % *'numero variabile che sarà indicato in seguito*

**n** N *'numero N (dove N è un intero). Il numero dei ferri di lato è calcolato automaticamente in modo da distanziare i ferri di lato al massimo N in mm (ad esempio N 200 vuol dire un ferro ogni 20 cm)*

**n -N** *'sul lato vengono messi N ferri*

Se al termine della linea che descrive una o più posizioni di spigolo viene aggiunto il simbolo **F** (ferro **F**isso) nel corso della progettazione per pilastri prefabbricati (con ferri andanti) i ferri generati non verranno interrotti in alcun caso.

Questo consente ad esempio la forzatura della presenza fissa di uno o più ferri interni per incrementare la resistenza al fuoco.

Nelle strategie per pilastri circolari devono comparire solo linee di lato.

Negli esempi che seguono si riportano quattro metodi diversi per definire una strategia che tenta prima con 1Ø12 per ogni spigolo e poi con 1Ø14 per ogni spigolo, valida per sezioni con 4 spigoli (rettangolari).

STRATEGIA banale1 4

SCHEMA num\_1

sp 1 d 12 p o

sp 2 d 12 p o

sp 3 d 12 p o

sp 4 d 12 p o

SCHEMA num\_2

sp 1 d 14 p o

sp 2 d 14 p o

sp 3 d 14 p o

sp 4 d 14 p o

PROVA num\_1

PROVA num\_2

STRATEGIA banale2 4 *'identica alla precedente ma espressa in modo più semplice in quanto il simbolo \* in corrispondenza di sp indica di utilizzare i valori per tutti gli spigoli. Espressa in questo modo la strategia è valida anche per sezioni con più di 4 spigoli (è sufficiente modificare il numero 4 accanto al nome 'banale2')*

SCHEMA num\_1

sp \* d 12 p o

SCHEMA num\_2

sp \* d 14 p o

PROVA num\_1

PROVA num\_2

STRATEGIA banale3 4 *'identica alla precedente ma espressa in modo più semplice utilizzando il simbolo % per indicare un diametro variabile*

SCHEMA num\_1

sp \* d % p o

PROVA num\_1 12 *'il valore 12 viene sostituito al simbolo %*

PROVA num\_2 14

STRATEGIA banale4 4 *'identica alla precedente ma espressa in modo più semplice*

SCHEMA num\_1

sp \* d % p o

FOR j = 12 TO 14

PROVA num\_1 j *'il valore di j (prima 12, poi 14) viene sostituito al simbolo %*

NEXT

È anche possibile esprimere i diametri non in modo diretto, ma con riferimento ai valori specificati nei criteri di progetto (vedi **Elenco diametri ferri longitudinali**). Volendo ad esempio nell'ultimo esempio non utilizzare i diametri 12 e 14, ma i primi due diametri specificati nei criteri di progetto, è sufficiente modificare il ciclo nel seguente modo:

STRATEGIA banale4 5 *'con diametri riferiti al criterio di progetto*

SCHEMA num\_1

sp \* d % p o

FOR j = 1 TO 2

PROVA num\_1 (j) *'il valore di (j) viene sostituito con il j-esimo diametro del criterio di progetto*

NEXT

In tal caso il valore finale del FOR può essere al massimo 7, poiché tanti sono i diametri specificabili nei criteri di progetto. Qualora nei criteri siano stati specificati un minor numero di diametri, i valori eccedenti vengono ignorati.

Esaminiamo ora in dettaglio una strategia in cui si vuole operare nel seguente modo:

1. tentare con un ferro di spigolo con tutti i diametri
2. tentare con 3 ferri di spigolo con tutti i diametri
3. tentare con un ferro di spigolo di basso diametro più ferri di lato fino ad un interasse minimo di 10 cm fra ferri
4. come al punto 3 ma con 3 ferri di spigolo
5. come al punto 3 ma con ferri di alto diametro
6. come al punto 4 ma con ferri di alto diametro

STRATEGIA Standard 8 *'valida fino a 8 spigoli*

SCHEMA Caso1

sp \* d % p o *'un ferro di spigolo*

SCHEMA Caso2

sp \* d % p o *'ferro di spigolo*

sp \* d % p + *'ferro di spigolo aggiuntivo destro*

sp \* d % p - *'ferro di spigolo aggiuntivo sinistro*

SCHEMA Caso3

sp \* d % p o *'ferro di spigolo*

lt \* d % n % *'ferro di lato a distanza n*

SCHEMA Caso4

sp \* d % p o *'ferro di spigolo*

sp \* d % p + *'ferro di spigolo aggiuntivo destro*

sp \* d % p - *'ferro di spigolo aggiuntivo sinistro*

lt \* d % n % *'ferro di lato a distanza n*

*'tentativo 1*

FOR j = 1 TO 7 *'per tutti i diametri del criterio*

PROVA Caso1 (j) *'prova con 1Ø(j) per spigolo*

NEXT

*'tentativo 2*

FOR j = 1 TO 7 *'per tutti i diametri del criterio*

PROVA Caso2 (j) *'prova con 3Ø(j) per spigolo*

NEXT

*'tentativo 3*

FOR j = 1 TO 3 *'per i primi 3 diametri del criterio*

FOR i = 300 to 100 step -50

PROVA Caso3 (j) i *'prova con 1Ø(j) per spigolo e ferri ogni 300,250,200,150,100 mm*

NEXT

NEXT

*'tentativo 4*

FOR j = 1 TO 3 *'per i primi 3 diametri del criterio*

FOR i = 300 to 100 step -50

PROVA Caso4 (j) i 'prova con 3Ø(j) per spigolo e ferri ogni 300,250,200,150,100 mm

NEXT

NEXT

'tentativo 5

FOR j = 4 TO 7 'per gli ultimi 3 diametri del criterio

FOR i = 300 to 100 step -50

PROVA Caso3 (j) i 'prova con 1Ø(j) per spigolo e ferri ogni 300,250,200,150,100 mm

NEXT

NEXT

'tentativo 6

FOR j = 4 TO 7 'per gli ultimi 3 diametri del criterio

FOR i = 300 to 100 step -50

PROVA Caso4 (j) i 'prova con 3Ø(j) per spigolo e ferri ogni 300,250,200,150,100 mm

NEXT

NEXT

Scambiando l'ordine dei tentativi è possibile creare una strategia che abbia meno "propensione" ad armare con tre ferri di spigolo, ma che prima tenti di inserire ferri di lato. Sarebbe sufficiente scambiare di posizione i tentativi 2 e 3.

Note:

- ferri di lato di diametro minimo vengono sempre aggiunti per rispettare i minimi di regolamento sulla mutua distanza fra ferri;
- se uno spigolo od un lato non sono esplicitamente definiti, in questi non vengono posti ferri;
- l'ordine in cui vengono definiti gli schemi dei ferri è importante per la corretta sequenza di tentativo. Nel progetto con tipologia "prefabbricato", poiché l'armatura di piede viene estesa (con eventuale eliminazione di alcuni ferri) fino alla testa del pilastro, ModeSt tenta tutte le disposizioni e poi sceglie, fra tutte le armature, quella che minimizza il peso complessivo del ferro. Solo in tal caso quindi la sequenza non è importante;
- i commenti iniziano con il carattere ' (apice) e finiscono con il termine della riga;
- gli spazi all'inizio ed alla fine della riga vengono ignorati;
- non esiste differenza tra maiuscolo e minuscolo.

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali di progetto e disegno armatura pilastri

Si tratta di criteri che stabiliscono alcuni parametri validi per tutti i pilastri presenti nella struttura, indipendentemente quindi dal numero del criterio di progetto assegnato nella definizione della sezione.

#### Parametri di progetto

**Pilastro prefabbricato:** specificare se considerare i minimi di regolamento e lo stile di progettazione relativi ai pilastri prefabbricati o ai pilastri gettati in opera. Per i pilastri gettati in opera viene considerata una ripresa di getto in corrispondenza dei nodi appartenenti ad un impalcato ed anche in altri punti in funzione di quanto specificato nel parametro **Continuità dei ferri nei nodi appartenenti all'impalcato 0**, mentre per i pilastri prefabbricati vengono considerati ferri andanti dal piede fino alla testa della pilastrata con eventuali alleggerimenti di armatura (alcuni ferri proseguono ed altri no).

**Progettazione dell'armatura con sollecitazioni più gravose:** specificare se progettare l'armatura dei pilastri solamente con le sollecitazioni ritenute più gravose ai fini di rendere più veloce la fase di progettazione. Le armature così progettate vengono comunque verificate per tutte le combinazioni delle condizioni di carico elementari. Poiché è difficile numericamente determinare quali siano le sollecitazioni più gravose, è possibile che le armature progettate con tali sollecitazioni risultino poi non verificate relativamente alle sollecitazioni delle altre combinazioni. In tal caso, occorre deselectare l'opzione e riprogettare solo i pilastri che risultano non verificati.

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

**Disaccoppiamento sovraresistenza:** questa opzione ha effetto solo per pilastri progettati a pressoflessione deviata in quanto il disaccoppiamento è implicito per verifiche a pressoflessione retta. Nel caso di progettazione secondo la gerarchia delle resistenze, i coefficienti di amplificazione dei momenti flettenti di calcolo dei pilastri (riferiti agli assi locali del pilastro e calcolati come da formula C7.2.1 della Circolare del D.M. 14/01/08) non vengono applicati direttamente ad entrambi i momenti agenti sul pilastro. Vengono invece creati due distinti casi di sollecitazione (sempre di pressoflessione deviata) in cui alternativamente viene amplificato o il solo momento  $M_y$  o il solo momento  $M_z$ . Per alcune considerazioni su questa opzione, si raccomanda di leggere anche **Progettazione in gerarchia delle resistenze**, con particolare riferimento alla **Nota 1**.

**Limita fattore di sovraresistenza al massimo valore di struttura:** specificare se il valore del fattore di comportamento ( $q$ ) debba essere considerato come un limite superiore nel calcolo dei coefficienti di amplificazione dei momenti flettenti di progettazione dei pilastri (riferiti agli assi locali del pilastro e calcolati come da formula C7.2.1 della Circolare del D.M. 14/01/08). Nel caso di strutture con diversi coefficienti " $q$ " nelle due direzioni del sisma, come limite viene assunto il maggiore dei due. Per alcune considerazioni su questa opzione, si raccomanda di leggere anche **Progettazione in gerarchia delle resistenze**, con particolare riferimento alla **Nota 2**.

**Tipo verifica di stabilità:** la normativa, con riferimento alle verifiche di stabilità, specifica che: "*La verifica [omissis] deve essere eseguita tenendo conto dello sforzo normale  $N^*\Omega$  (con  $\Omega$  valutato per la massima snellezza) o del momento flettente  $c*M$  (con  $M$  momento effettivo massimo); allo sforzo normale  $N^*\Omega$  si deve sostituire  $N$  se più sfavorevole.*".

Poiché vengono date diverse interpretazioni di questo comma, è possibile specificare quali verifiche di stabilità effettuare in aggiunta alla verifica per i valori di  $N$ - $M$  derivanti dal calcolo:

- **Per  $N^*\Omega$ - $M$  e per  $N$ - $c*M$  (standard)**
- **Per  $N^*\Omega$ - $c*M$  (doppia)**
- **Per  $N^*\Omega$  (sforzo normale, ma momento nullo)**
- **Per  $c*M$  (momento, ma sforzo normale nullo)**

È possibile fare eseguire più tipi di verifiche specificando ad esempio: standard + doppia.

**Nota:** almeno un'opzione deve essere selezionata.

**Max angolo di piegatura ferri:** specificare il massimo angolo di piegatura del ferro per farlo proseguire nel pilastro superiore nel caso di rastremazione della sezione. L'angolo viene calcolato considerando una lunghezza di piegatura funzione dell'altezza degli elementi che incidono sul nodo in cui si ha la rastremazione della sezione. Se sul nodo non incidono elementi ModeSt inserirà opportuni ferri di ripresa senza sagomare il ferro. Nel solo caso di pilastri prefabbricati è possibile specificare con il parametro **Lunghezza piegatura ferri al cambio sezione** la lunghezza di piegatura da considerare in mancanza di elementi incidenti.

**Progettazione armatura di ripresa:** specificare se ModeSt debba eseguire o meno il progetto dell'armatura di ripresa al piede del pilastro. Nel caso di fondazione con plinto a bicchiere ModeSt non effettua in nessun caso il progetto dell'armatura di ripresa, ma considera il pilastro più lungo di una quantità pari all'altezza del bicchiere del plinto.

**Minimizzazione armatura di ripresa:** specificare se l'armatura di ripresa al piede del pilastro vada progettata in funzione delle sole sollecitazioni ivi agenti o realizzate con ferri uguali a quelli del pilastro soprastante, ferri che possono essere sovrabbondanti perché progettati in funzione anche delle sollecitazioni in testa ed in taluni casi delle sollecitazioni al piede del pilastro al piano superiore.

**Minimizzazione area di ferro totale nella sezione:** specificare se l'area totale nella sezione del pilastro debba essere minimizzata. Se l'opzione è selezionata ModeSt considera tra gli schemi di armatura che soddisfino sia le verifiche a presso-tenso flessione sia le limitazioni della normativa quello che minimizza l'area di ferro totale nella sezione.

**Non progettare riprese ma estendi solo i ferri:** specificare se eseguire o meno il progetto dell'armatura di ripresa ad ogni impalcato oppure proseguire l'armatura inferiore.

**Verifiche in relazione:** specificare quali sono le CC per cui riportare in relazione la stampa delle verifiche a flessione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tutte:** vengono riportare le verifiche di tutte le CC.
- **Minimizzate:** vengono riportate le verifiche relative alle CC che provocano la massima tensione nel calcestruzzo e nel ferro. Se la CC nei due casi è la stessa, viene riportata una sola volta.

Per quanto riguarda le tensioni tangenziali, vengono in ogni caso riportate quelle massime, con l'indicazione della relativa CC.

## Ancoraggi

**Lunghezza ancoraggi:** specificare la lunghezza minima degli ancoraggi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Lunghezza minima come multiplo del diametro**



- **Lunghezza imposta come multiplo del diametro**

Selezionando **Lunghezza minima come multiplo del diametro**, viene effettuato il calcolo della lunghezza in funzione della tensione di snervamento nel ferro e dell'aderenza, ma viene comunque considerata una lunghezza maggiore di quella minima impostata, ad esempio specificando 40 gli ancoraggi devono avere in ogni caso lunghezza non inferiore a  $40\varnothing$ , ma possono comunque essere più lunghi se necessario. Mentre specificando **Lunghezza imposta come multiplo del diametro**, non viene effettuato il calcolo della lunghezza d'ancoraggio, ma viene considerata la lunghezza imposta che può risultare anche inferiore a quella necessaria, ad esempio impostando 40 la lunghezza degli ancoraggi sarà  $40\varnothing$  in ogni caso.

**Ancoraggi tutti uguali:** specificare se si desidera o meno che gli ancoraggi dello stesso pilastro vengano ricondotti alla lunghezza massima, in modo da avere barre d'armatura tutte della stessa lunghezza.

**Piegatura ancoraggi per discontinuità:** specificare se risvoltare i ferri quando, a causa di discontinuità, non sia possibile inserire un ancoraggio della lunghezza necessaria (ad esempio in testa al pilastro). ModeSt tronca l'ancoraggio oppure lo piega per una lunghezza pari al lato minore della sezione del pilastro, in relazione a quanto specificato in questo parametro.

**Piegatura ancoraggi ferri di ripresa:** specificare se gli spezzoni di ripresa vadano piegati o troncati nel caso che lo spessore della fondazione non sia sufficiente per garantire l'ancoraggio. La piegatura, se richiesta, viene eseguita per una lunghezza pari al lato minore della sezione del pilastro.

## **Armatura a taglio**

**Staffatura a spirale pilastri circolari:** specificare se i pilastri circolari debbano essere staffati con staffe circolari o con spirale. Si noti che per quanto riguarda la progettazione del pilastro non vengono effettuate in nessun caso le considerazioni di cui al par. 3.1.11 del D.M. 14/02/92 (pilastri cerchiati).

**Cambiare le staffe nei nodi appartenenti all'impalcato 0 se sul nodo incidono elementi:** specificare se in corrispondenza di nodi appartenenti all'impalcato 0 ModeSt debba prevedere o meno un eventuale cambio di staffatura se sul nodo incidono elementi. Ai sensi del D.M. 17/01/18, se sul nodo incidono elementi attivi per la gerarchia delle resistenze, le zone superiori ed inferiori verranno trattate come zone critiche a tutti gli effetti.

**Considera solo la zona critica alla base della pilastrata (strutture pendolari):** viene considerata sempre una sola zona critica alla base della pilastrata. Questa opzione, valida solo per le strutture calcolate in base al D.M. 17/01/2018, potrebbe essere utilizzata nelle strutture prefabbricate in cui il pilastro è una mensola e per il quale è ragionevole considerare che sia abbia una zona critica sola alla base del pilastro.

**Progetta a taglio con traliccio ad inclinazione variabile:** specificare se progettare e verificare l'armatura a taglio con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile ( $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$ ) oppure se adottare sempre un traliccio con inclinazione delle bielle comprese di  $45^\circ$  a cui corrisponde  $\text{ctg } \theta = 1$ . Nel caso di progettazione con traliccio ad inclinazione variabile sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Classe A:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  sia all'interno che all'esterno delle zone critiche. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.
- **Classe B:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  sia all'interno che all'esterno delle zone critiche. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.

**Estendi nel nodo staffe sottostanti anche se non richiesto dalla normativa:** specificare se staffare il pilastro anche nel tratto di intersezione con le travi utilizzando lo stesso passo e diametro delle staffe della pilastrata sottostante.

## **Prefabbricati**

**Lunghezza piegatura ferri al cambio sezione:** questo parametro viene utilizzato solo per i pilastri prefabbricati e consente di specificare la lunghezza del tratto nel quale piegare i ferri in caso di discontinuità di sezione. In funzione di questa lunghezza viene calcolato l'angolo di piegatura del ferro e confrontato con quanto specificato nel parametro **Max. angolo di piegatura ferri**.

**Punti di alleggerimento armatura:** specificare i punti in cui alleggerire l'armatura (alcuni ferri terminano ed altri proseguono). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **In corrispondenza del cambio di sezione**
- **In corrispondenza dell'impalcato**
- **In corrispondenza delle quote specificate**

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non verranno mai eseguiti alleggerimenti nell'armatura. È possibile fare eseguire più tipi di alleggerimento ad esempio **In corrispondenza dell'impalcato e delle quote specificate**.

**Interruzione ferri ai cambi di sezione:** specificare se, nel caso di cambio sezione, tutti i ferri di spigolo nei punti di discontinuità debbano essere piegati per proseguire nel pilastro soprastante o se almeno uno debba proseguire lungo lo spigolo fino al punto di cambio sezione.

## Parametri di disegno

Nella creazione dei disegni delle tabelle e armature dei pilastri oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili numerose altre opzioni.

**Scala disegno sezioni pilastri:** specificare la scala con la quale disegnare le sezioni dei pilastri, sia nelle tabelle che nei disegni dei pilastri in vista proiettata.

**Scala disegno viste pilastri:** specificare la scala con la quale disegnare le viste proiettate dei pilastri (se richieste).

**Creazione tabelle pilastri:** specificare se devono essere create o meno le tabelle dei pilastri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Tipo di tabella:** indicare il tipo di tabella pilastri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Armature disposte dal basso verso l'alto:** tabella pilastri complessiva con armature disposte dal basso verso l'alto (armatura di ripresa in basso).
- **Armature disposte dall'alto verso il basso:** tabella pilastri complessiva con armature disposte dal basso verso l'alto (armatura di ripresa in basso).
- **Armature disposte per impalcato:** viene creata una tabella per ogni impalcato della struttura, più una per i ferri di ripresa.

**Nota:** tutte le tabelle potranno essere automaticamente divise in più parti se eccedono le dimensioni indicate per le tavole.

2. **Max lunghezza tavole:** specificare la massima lunghezza utilizzabile per il disegno delle tabelle dei pilastri. Se necessario ModeSt disegnerà più tavole.
3. **Max altezza tavole:** specificare la massima altezza utilizzabile per il disegno delle tabelle dei pilastri. Se necessario ModeSt disegnerà più tavole.

**Creazione viste pilastri:** specificare cosa disegnare nelle due viste proiettate dei disegni delle armature dei pilastri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Disegno ferri dentro pilastro in vista:** specificare se nel disegno del pilastro in vista proiettata devono essere disegnati internamente anche i ferri longitudinali.
2. **Disegno staffe dentro pilastro in vista:** specificare se nel disegno del pilastro in vista proiettata devono essere disegnate internamente anche le staffe o la spirale d'armatura.
3. **Modalità di individuazione ferri:** specificare come ModeSt deve individuare i ferri (linee di riferimento). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Per posizione:** questa modalità è l'unica ammissibile nel caso vengano creati i disegni del pilastro in vista proiettata.
- **Per simboli**
- **In modo diretto**

4. **Modalità di indicazione ferri:** se la modalità di individuazione ferri selezionata è **Per posizione** o **Per simboli**, specificare come devono essere indicati i ferri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **In modo Diretto:** permette di indicare i ferri in modo diretto immediatamente accanto alla loro individuazione.
- **Mediante una tabella:** permette di i ferri mediante una tabella riportata sotto la sezione.

5. **Minimizzazione riferimenti:** se la modalità di individuazione ferri selezionata è **Per posizione**, indicare se ModeSt deve cercare di alleggerire il disegno omettendo, qualora ciò non crei ambiguità, l'individuazione specifica di alcuni ferri.

## Criteri di progetto armatura pilastri

### Materiali

**Considera come elemento esistente:** specificare se il pilastro è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il pilastro è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{c0}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il pilastro è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (LC1, LC2, LC3) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità ( $A_{gt}$ ):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8.7.2.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

### Parametri per analisi pushover

**Numero di fibre:** specificare il numero delle fibre con cui viene discretizzata la sezione del pilastro. Nel manuale di alcuni solutori come ad esempio Xfinest 2010 è riportato "Se viene utilizzato un numero sufficiente di fibre (200-400 in un'analisi tridimensionale), la distribuzione delle non linearità del materiale attraverso la sezione è solitamente ben descritta, anche nel caso di elevata non linearità". Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Fattore di confinamento nucleo interno:** specificare il valore del fattore di confinamento costante, definito come il rapporto tra lo sforzo di compressione nel calcestruzzo confinato e non confinato ed è usato per scalare la relazione sforzo-deformazione in tutto il campo di deformazioni. Nel manuale di alcuni solutori come ad esempio Xfinest 2010 è riportato "Sebbene possa essere calcolato utilizzando un qualunque modello di confinamento disponibile in letteratura [ad esempio Ahmad and Sahad, 1982; Sheikh and Uzumeri, 1982; Eurocode 8, 1996; Penelis and Kappos, 1997], si raccomanda l'uso della formula di Mander et al. [1989]. Il suo valore solitamente varia tra 1.0 e 1.3 per elementi in calcestruzzo armato ...". Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Fattore di incrudimento acciaio:** specificare il valore percentuale del fattore di incrudimento dell'acciaio delle barre d'armatura, definito come il rapporto tra il modulo elastico dopo lo snervamento e il modulo elastico iniziale. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Considera il pilastro nel telaio equivalente:** specificare se considerare o meno il pilastro nel telaio equivalente. Se l'opzione è selezionata il pilastro viene considerato nel telaio equivalente ed ha un comportamento descritto nel paragrafo **Generazione telaio equivalente**. Il pilastro viene sempre considerato nel telaio equivalente quando è sul perimetro di una tamponatura. È disponibile la seguente opzione:

- **Non sismo-resistente:** questa opzione vale solo per il telaio equivalente avanzato. Se l'opzione è selezionata il pilastro viene considerato come non sismo-resistente e nel telaio equivalente avanzato viene modellato come una biella resistente sia a compressione che a trazione.

### Parametri per verifiche di duttilità

**Considera formulazione per pareti:** specificare se utilizzare la formula 8.7.2.7b (pareti) anziché la formula 8.7.2.7a (travi e pilastri) della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Questo parametro consente di utilizzare la corretta formula quando le pareti sia isolate che raggruppate in nuclei scale o ascensore sono schematizzate con elementi asta con membratura pilastro.

**Considera rotazione massima di esercizio per determinare SLO e SLD:** specificare se gli stati limite di operatività (SLO) e danno (SLD) devono essere individuati quando si ha il raggiungimento della rotazione limite (calcolata con la formula 8.7.2.7a (travi e pilastri) della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19) in un pilastro anziché il raggiungimento dello spostamento relativo nei pilastri pari a limite imposto nel par. 7.3.6.1 del D.M. 17/01/18.

**Modalità di calcolo luce di taglio  $L_v$ :** specificare la modalità di calcolo della luce di taglio  $L_v$  necessaria per calcolare la capacità di rotazione rispetto alla corda  $\theta$ . Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **$L_v = L/2$ :** la luce di taglio è pari alla metà dell'altezza del pilastro.
- **$L_v = M/V$ :** la luce di taglio viene determinata seguendo le indicazioni del par. C8.7.2.3.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
- **$L_v = \text{Punto di nullo del momento flettente}$ :** la luce di taglio è pari alla distanza tra il punto di nullo del momento flettente e il filo della trave.

**Capacità di rotazione alla corda al collasso:** specificare quale formula utilizzare per calcolare la capacità di rotazione rispetto alla corda relativa allo stato limite ultimo di collasso. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Formula C8.7.2.1 con fattore:** specificare il fattore moltiplicativo del valore dato dalla formula C8.7.2.1 come prescritto dalla normativa: "Negli elementi non dotati di adeguati dettagli di tipo antisismico".
- **Formula C8.7.2.5:** viene sempre utilizzata nell'analisi sismica statica non lineare (**pushover a plasticità concentrata**) nel caso in cui siano presenti pilastri rinforzati.

**Sforzo normale di verifica per analisi pushover:** specificare quale sforzo normale utilizzare nelle verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Gravitazionale:** per tutti i passi dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) viene utilizzato lo sforzo normale relativo al primo passo dall'analisi.
- **Dal calcolo:** per tutti i passi dell'analisi sismica statica non lineare (pushover) viene utilizzato lo sforzo normale derivante dal calcolo.

### Parametri di calcolo

**Strategia di progetto:** specificare il nome della strategia (fra quelle contenute nel file STRATEG.SRC nella cartella FILES) da utilizzare per la progettazione dei pilastri. Si rimanda alle **Strategie di progetto** per maggiori chiarimenti su come definire nuove e diverse strategie di progettazione.

**Copriferro reale al bordo staffa:** specificare il valore del copriferro per il progetto dei pilastri. Si intende l'effettivo spessore del calcestruzzo fra il bordo esterno e il bordo della staffa.

**Diametro staffa teorica:** il diametro effettivo delle staffe può essere calcolato solo dopo il calcolo delle armature longitudinali, per poter rispettare i relativi minimi di normativa. D'altra parte il reale posizionamento delle barre è funzione oltre che del copriferro e del diametro, anche del diametro della staffa. Con questo parametro è possibile specificare il diametro della staffa da considerare per il calcolo della posizione delle barre.

**Continuità dei ferri nei nodi appartenenti all'impalcato 0:** con questo parametro è possibile specificare se eventuali nodi intermedi nel pilastro (appartenenti all'impalcato 0), debbano essere considerati o meno come punti di ripresa di getto. L'opzione viene ignorata nel caso di rastremazioni del pilastro e di conseguenza i nodi considerati come punti di ripresa di getto.

**Coeff.  $\beta$  in direzione Z locale:** specificare il valore del coefficiente  $\beta$  per il quale moltiplicare la lunghezza del pilastro per calcolare la lunghezza libera di inflessione in direzione dell'asse Z locale.

**Coeff.  $\beta$  in direzione Y locale:** specificare il valore del coefficiente  $\beta$  per il quale moltiplicare la lunghezza del pilastro per calcolare la lunghezza libera di inflessione in direzione dell'asse Y locale.

**Armatura secondo Circ. 65 del 10/4/97:** specificare se, nel caso di calcolo sismico, l'armatura debba corrispondere ai requisiti della Circolare dei LL.PP. n. 65 del 10/4/97.

**Raffittimento staffe in testa e al piede del pilastro:** specificare se creare due zone, in testa ed al piede del pilastro, con staffe più fitte rispetto alla zona centrale. In caso affermativo specificare il passo minimo della staffatura nelle due zone d'estremità. Se il passo della staffatura del pilastro risulta maggiore di quanto indicato, ModeSt crea le due zone determinandone la lunghezza secondo le indicazioni del D.M. 17/01/18 o della Circolare dei LL.PP. n. 65 del 10/4/97, dopodiché le staffa con il passo specificato.

**Parametri di progetto secondo il D.M. 18:** specificare le modalità di progettazione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Elemento dissipativo:** specificare se la trave debba essere considerata o meno come un elemento di tipo dissipativo. Se l'opzione è deselezionata la trave sarà considerata come un elemento non dissipativo e nel caso di struttura calcolata come dissipativa verrà progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è selezionata la trave sarà considerata come un elemento dissipativo e nel caso di struttura calcolata come non dissipativa verrà comunque progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Trascura gerarchia:** specificare se il pilastro debba essere progettato senza rispettare la gerarchia delle resistenze ma solo in funzione dello stato di sollecitazione determinato dal calcolo con il metodo FEM. La disattivazione della gerarchia delle resistenze può rendersi necessaria per controllare se le eccessive armature risultanti o l'impossibilità di progettare il pilastro dipendono da un effettivo stato di sollecitazione o dalle amplificazioni necessarie per il rispetto della gerarchia.
  - **Verifica a taglio ciclico elementi esistenti:** specificare per gli elementi esistenti vadano effettuate le verifiche di resistenza in condizioni cicliche (azioni sismiche), come richiesto al par. C8.7.2.3.5 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Questa opzione non è utilizzata per le strutture calcolate con l'analisi sismica statica non lineare (pushover).
  - **Limita verifica a pressoflessione ad elemento non dissipativo:** specificare se adottare le verifiche a pressoflessione con le sollecitazioni non dissipative (SND) nel caso in cui le verifiche a pressoflessione con la gerarchia delle resistenze siano più gravose. Questo parametro consente di ottemperare a quanto previsto nel par. 7.2.2 del D.M. 17/01/18: *"La domanda di resistenza valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda di resistenza valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo."*
  - **Limita verifica a taglio ad elemento non dissipativo:** specificare se adottare le verifiche a taglio con le sollecitazioni non dissipative (SND) nel caso in cui le verifiche a taglio con la gerarchia delle resistenze siano più gravose. Questo parametro consente di ottemperare a quanto previsto nel par. 7.2.2 del D.M. 17/01/18: *"La domanda di resistenza valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda di resistenza valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo."*
  - **Elemento secondario:** specificare se le verifiche del pilastro debbano essere eseguite solo per le combinazioni delle condizioni di carico elementari di tipo non sismico. Può essere necessario disattivare le verifiche per le CC sismiche se si ritiene che il pilastro vada considerata come un elemento secondario in quanto le azioni sismiche sono assorbite da altri elementi della struttura. In quest'ottica alcune interpretazioni della normativa ritengono il pilastro implicitamente verificata in termini di duttilità se sono

rispettati i limiti di normativa o se vengono effettuate specifiche valutazioni sulla duttilità (attualmente non effettuate da ModeSt).

- **Verifica la duttilità dei pilastri rettangolari in modo esplicito:** specificare se le verifiche di duttilità dei pilastri rettangolari debbano essere eseguite in modo esplicito con il metodo riportato nel par. 4.1.2.3.4.2 del D.M. 17/01/18 oppure in modo semplificato con la formula 7.4.29 del par. 7.4.6.2.2 del D.M. 17/01/18.
  - **Considera effetto confinamento nella verifica di duttilità:** specificare se nelle verifiche di duttilità dei pilastri rettangolari in modo esplicito debba essere considerato l'effetto di confinamento prodotto dall'armatura trasversale (staffe e legature). Se l'opzione è selezionata viene utilizzato il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo confinato riportato nel par. 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17/01/18.
2. **Incremento percentuale per piano debole:** specificare se e di quanto debbano essere incrementare le sollecitazioni nel pilastro derivanti dal calcolo FEM. Può essere necessario attivare questo parametro per tener conto delle indicazioni del paragrafo 7.2.3 del D.M. 17/01/18 (*Se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in altezza, deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significative riduzioni degli elementi non strutturali rispetto ai livelli adiacenti. Questo requisito s'intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 1,4 la domanda sismica sugli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con significativa riduzione degli elementi non strutturali.*) amplificando ad esempio del 40% le sollecitazioni nei pilastri delle strutture con piano terra a pilotis.
3. **Non progettare e verificare i nodi fra trave e pilastro:** specificare se debba essere progettato e verificato il nodo fra trave e pilastro. Si rimanda alle **Verifiche nodi trave-pilastro** per maggiori chiarimenti. È disponibile la seguente opzione:
- **Progetta e verifica secondo Circolare n. 7 del 21/01/19:** specificare se tener conto dell'indicazione del par. 7.4.4.3.1 della Circolare del D.M. 17/01/18: *"Le verifiche di resistenza dei nodi indicate nel presente paragrafo si applicano a strutture in CD "A" e, limitatamente ai nodi non interamente confinati, in CD "B". Esse non si applicano alle strutture non dissipative."* Se l'opzione è selezionata nel nodo viene inserita una staffatura che soddisfa le prescrizioni del par. 7.4.6.2.3 del D.M. 17/01/18.

**Verifiche a pressoflessione deviata:** specificare se le verifiche del pilastro debbano essere eseguite a pressoflessione retta o deviata. I pilastri con sezioni circolari sono sempre verificati a pressoflessione deviata. Si ricorda che se nella configurazione di ModeSt non è abilitata la creazione di disegni esecutivi o se non è stato richiesto il progetto esecutivo, viene eseguita soltanto la verifica a pressoflessione retta. È disponibile la seguente opzione:

- **Per calcoli secondo il D.M. 18 usa espressione 4.1.19:** specificare se le verifiche del pilastro debbano essere eseguite a pressoflessione deviata con la formula 4.1.19 riportata nel D.M. 17/01/18. Per sezioni circolari questo parametro viene ignorato.

## Verifiche a taglio

**Verifiche a taglio per sezioni circolari:** specificare come eseguire la valutazione della resistenza a taglio per sezioni circolari. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Usa formulazione sezioni generiche:** la resistenza a taglio viene valutata con il metodo indicato nel parametro **Verifiche a taglio per sezioni generiche**.
- **Considera rettangolo inscritto con B/H pari a:** la resistenza a taglio viene valutata considerando una sezione rettangolare inscritta con rapporto tra i lati pari al valore imposto. La staffa viene valutata come se fosse una normale staffa a due bracci. Il valore di  $b_w$  è uguale alla dimensione B del rettangolo inscritto e l'altezza utile è pari alla differenza tra la dimensione H del rettangolo inscritto e il valore imposto nel **Copriferro reale al bordo staffa**.

**Verifiche a taglio per sezioni generiche:** il calcolo della resistenza a taglio agli stati limite per sezioni generiche o nel caso di flessione deviata viene effettuato come indicato in **Armatura a Taglio**, con le seguenti opzioni:

- **Considera  $V_{rdu}$  minimo:** viene assunta la minima resistenza a taglio fra quelle ipotizzabili.
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  minimo:** viene assunta la resistenza a taglio calcolata in corrispondenza del valore minimo di  $b_w$ .
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  medio:** viene assunta la resistenza a taglio calcolata in corrispondenza del valore medio di  $b_w$ .
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  massimo:** viene assunta la resistenza a taglio calcolata in corrispondenza del valore massimo di  $b_w$ .
- **Considera sempre  $A_f$  Staffe non proiettata in direzione del taglio:** specificare se l'area resistente delle staffe (calcolata come somma delle aree delle staffe intercettate dalla fibra di verifica) debba essere ridotta considerandone solo la componente nella direzione ortogonale all'asse neutro. Nel progetto col metodo delle tensioni ammissibili l'area viene sempre ridotta.

## Armatura a pressoflessione

**Elenco diametri ferri longitudinali:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri longitudinali, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Max distanza fra i ferri su un lato:** specificare la distanza massima ammissibile fra due ferri su ognuno dei lati del pilastro. Se la distanza fra i ferri di spigolo risulta superiore al valore specificato verranno aggiunti uno o più ferri sul lato anche se non necessari per la verifica della sezione e anche se non specificato nella strategia di progetto.

**Min. interfero ammissibile:** specificare il valore minimo ammissibile della distanza fra i ferri.

**Distanza fra i ferri di spigolo:** specificare la distanza che deve intercorrere tra i ferri di spigolo, qualora ModeSt ne disponga più di uno.

**Min. numero ferri per pilastri circolari:** specificare il minimo numero di ferri da considerare nel pilastro se il criterio si riferisce ad un pilastro di sezione circolare (si ricorda che la normativa non permette di armare pilastri circolari con meno di 6 ferri).

**Reggistaffe aggiuntivi sezioni non rettangolari:** specificare se nei pilastri non rettangolari (ad esempio a T e a L) debbano essere aggiunti dei ferri al solo scopo di funzionare da reggistaffe. Tali ferri verranno inseriti con diametro pari al minimo fra quelli specificati come ammissibili.

**Fattore di riduzione  $\tau_{c0}$  per ancoraggio ferri:** specificare di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_{c0}$  (definito fra le caratteristiche dei materiali) per calcolare la tensione tangenziale di aderenza ammissibile necessaria per il calcolo degli ancoraggi dei ferri. Ad esempio specificando 0.6 si impone una riduzione di  $\tau_{c0}$  del 40%. Si ricorda che la normativa ammette riduzioni anche fino al 50%. L'ancoraggio non viene calcolato quando non è possibile proseguire il ferro oltre la testa del pilastro (pilastro terminale o discontinuità superiore a quella ammissibile).

## Armatura a taglio

**Elenco diametri staffe:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la staffatura del pilastro, separati da spazi. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10).

**Mantieni diametro costante nell'interpiano:** specificare se progettare la staffatura nell'interpiano mantenendo costante il diametro e facendo variare il passo.

**Passi staffe:** specificare il passo minimo, massimo e l'incremento per determinare la staffatura ammissibile del pilastro. Ad esempio inserendo (in cm) 14, 20 e 2 saranno ammissibili staffature con passo 14, 16, 18 e 20 cm.

**Tipo di minimizzazione staffatura:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di staffatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il numero delle staffe:** permette di ricercare la staffatura che globalmente minimizza il numero delle staffe (una staffa a 4 bracci viene considerata come due staffe).
- **Minimizza il peso delle staffe:** permette di ricercare la staffatura che globalmente minimizza il peso delle staffe.

**Max distanza fra ferri non collegati nelle zone critiche:** specificare la massima distanza ammissibile (in cm) fra due ferri, nelle zone critiche, sul lato di un pilastro senza che i ferri stessi debbano essere collegati ad altri con staffe o spilli di legatura. Questa opzione è utilizzata anche nelle strutture calcolate alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 9/01/96 quando è selezionata l'opzione **Armatura secondo Circ. 65 del 10/4/97**.

**Max numero ferri non collegati nelle zone critiche:** specificare il numero massimo di ferri, nelle zone critiche, non collegati sul lato di un pilastro compresi fra due ferri che invece risultano collegati ad altri con staffe o spilli di legatura. Questa opzione è utilizzata anche nelle strutture calcolate alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 9/01/96 quando è selezionata l'opzione **Armatura secondo Circ. 65 del 10/4/97**.

**Nota:** le zone critiche sono presenti solo nei pilastri dissipativi di struttura calcolate come dissipative.

**Max distanza fra ferri non collegati:** specificare la massima distanza ammissibile (in cm) fra due ferri, nella zona centrale, sul lato di un pilastro senza che i ferri stessi debbano essere collegati ad altri con staffe o spilli di legatura.

**Max numero ferri non collegati:** specificare il numero massimo di ferri, nella zona centrale, non collegati sul lato di un pilastro compresi fra due ferri che invece risultano collegati ad altri con staffe o spilli di legatura.

**Max distanza fra ferri nei nodi non collegati:** specificare la massima distanza ammissibile (in cm) fra due ferri, interni al nodo trave-pilastro, sul lato di un pilastro senza che i ferri stessi debbano essere collegati ad altri con staffe o spilli di legatura.

**Max numero ferri nei nodi non collegati:** specificare il numero massimo di ferri, interni al nodo trave-pilastro, non collegati sul lato di un pilastro compresi fra due ferri che invece risultano collegati ad altri con staffe o spilli di legatura.

**Nota:** i ferri classificabili come "di spigolo" (anche se più di uno) vengono sempre considerati come collegati.

**Collegamento ferri:** specificare in che modo realizzare i collegamenti fra i ferri di due lati opposti del pilastro. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Con spilli:** i collegamenti necessari verranno effettuati con degli spilli. Gli spilli non vengono considerati nel progetto dell'armatura a taglio.
- **Con staffe rettangolari:** se il numero di collegamenti necessari risulta pari a 2 è possibile effettuare il collegamento con staffe a quattro bracci. Se il numero di collegamenti necessari risulta invece diverso da 2 verranno sempre inseriti degli spilli. Il tipo di disegno delle staffe a quattro bracci sarà quello specificato nei criteri generali di disegno. Gli eventuali spilli non vengono considerati nel progetto dell'armatura a taglio.
- **Con staffe poligonali:** se il numero di collegamenti necessari risulta pari a 1 è possibile effettuare il collegamento con staffe poligonali: romboidali, esagonali o ottagonali. Gli eventuali spilli non vengono considerati nel progetto dell'armatura a taglio. Questa opzione è valida solo per le sezioni rettangolari.

**Ferri orizzontali pareti realizzati con staffe:** specificare se l'armatura orizzontale dei pilastri classificati come "pareti", debba essere eseguita con staffe uguali a quelle dei pilastri anziché con coppie di barre orizzontali risvoltate sul lato corto.

### Quote di alleggerimento armature pilastri prefabbricati

**Quota di alleggerimento armatura:** questo parametro viene utilizzato solo per i pilastri prefabbricati quando nei criteri generali di progetto è richiesto di alleggerire l'armatura in corrispondenza di quote prefissate (vedi parametro **Punti di alleggerimento armatura**); in tal caso occorre specificare le quote (relative alle coordinate di inserimento della struttura) in cui considerare un alleggerimento dell'armatura. Le quote devono essere progressive crescenti. Il primo valore pari a 0 termina la definizione delle quote.

### Dati per progettazione interattiva sezioni

**IMPORTANTE:** Questi dati e quelli relativi agli stati limite vengono utilizzati solamente se effettua la progettazione interattiva di sezioni caratterizzate da membratura di tipo **Pilastro**. In aggiunta a quanto specificato in questi criteri si rende noto che in progettazione interattiva sezioni le verifiche vengono effettuate con i seguenti dati, in modo da renderle congruenti con quelle effettuate in progettazione automatica pilastri:

**Verifica con barre in posizione teorica:** deselezionata (viene considerata la posizione effettiva)

**Considera My:** selezionata

**Considera Mz:** selezionata

Gli altri dati normalmente usati per la progettazione interattiva sezione vengono desunti dai normali criteri di progetto armatura pilastri.

**Distanza fra ferri su più strati:** indicare la distanza che deve intercorrere fra ferri disposti su più strati. Non si intende la distanza fra i baricentri dei ferri, ma l'effettiva distanza netta fra le barre. Il programma gestisce in modo automatico la variazione dei diametri dei ferri e ne ricalcola di conseguenza la posizione.

**Integrare lo scorrimento lungo il tratto:** poiché risulterebbe troppo a favore di sicurezza la valutazione della tensione nelle staffe in base allo scorrimento unitario agente nella sezione verificata, il programma valuta la variazione di scorrimento in base alla variazione del taglio ed estrapolandone i valori ne effettua l'integrazione, in modo da valutare la tensione nelle staffe con riferimento ad un tratto di asta di lunghezza finita specificata. Viene considerato lo scorrimento agente in un tratto di lunghezza specificata, centrato sulla sezione verificata. Agli estremi dell'asta il tratto viene considerato completamente a destra (o sinistra) della sezione in esame.

Se deselezionata non viene effettuata l'integrazione e la tensione nelle staffe viene valutata con riferimento allo scorrimento unitario.

### Dati per progettazione interattiva sezioni agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**
- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati



l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Usa dominio N-M per flessioni rette:** nel caso in cui le sollecitazioni siano rette ( $M_y$  tutti nulli o  $M_z$  tutti nulli in tutte le CC) e la sezione sia simmetrica rispetto al piano di sollecitazione, indicare se vadano effettuate le verifiche allo stato limite ultimo considerando il dominio N- $M_y$  (o N- $M_z$ ) anziché il dominio a sforzo normale costante. Se la sezione risulta non simmetrica per geometria o per posizioni e/o diametri dei ferri verrà in ogni caso effettuata la verifica considerando il dominio a sforzo normale costante. Nel caso in cui venga utilizzato per la verifica il dominio N- $M_y$  o il dominio N- $M_z$ , specificare come deve essere effettuato il calcolo della sicurezza:

- **Ricerca della sicurezza a sforzo normale costante**
- **Ricerca della sicurezza eccentricità con costante**

**Controllo rapporto X/D:** specificare se deve essere effettuato il controllo di normativa relativo al rapporto X/D fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione.

**Classificazione barre tese/comprese:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "comprese" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al disotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

### Dati per verifiche di resistenza al fuoco

**Tempo di verifica:** indicare il tempo dall'inizio dell'applicazione dell'azione termica in cui devono essere eseguite le verifiche di resistenza delle sezioni.

**Dimensione MESH:** indicare la dimensione della griglia dello schema alle differenze finite utilizzato per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione.

**Passo di calcolo:** indicare il passo temporale dello schema alle differenze finite utilizzato per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione.

**Temperatura ambiente:** indicare la temperatura [°C] dell'ambiente non esposto all'azione termica, tale valore è anche quello considerato come iniziale all'interno della sezione.

**Coefficiente di convezione a temperatura ambiente:** indicare il valore del coefficiente di convezione per superfici non esposte all'azione termica, ipotizzando per esse che il flusso termico netto sia pari al solo flusso di calore per convezione, cioè considerando compresi in esso anche gli effetti del trasferimento di calore per irraggiamento.

**Calcestruzzo:** indicare le caratteristiche del calcestruzzo utili a desumere, secondo le prescrizioni della normativa, sia i dati per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione (conducibilità termica, calore specifico e densità), che i dati utili ad effettuare le verifiche di resistenza delle sezioni.

- **Tipo di aggregati:** indicare se verranno utilizzati aggregati silicei o calcarei.
- **Massa volumica iniziale:** indicare la massa volumica del calcestruzzo alla temperatura di 20 °C. Tale valore permette di determinare la variazione della massa volumica con la temperatura (si veda il punto (3) del §3.3.2 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio).
- **Umidità iniziale:** indicare il contenuto di umidità. Tale valore permette di calcolare il calore specifico (vedi §3.3.2 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio).
- **Fattore di interpolazione conducibilità:** indicare il fattore che permette di ottenere il valore della conducibilità termica interpolando i valori indicati dalla normativa come limite inferiore e superiore (vedi §3.3.3 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio). Indicando 0 la conducibilità termica è pari al limite inferiore, indicando 1 è pari al limite superiore.

### Dati per verifiche FRP

#### Rinforzo longitudinale

- **Nome:** specificare il nome del tipo di rinforzo longitudinale da riportare nel disegno.
- **Tipo di fibra/resina:** indicare il tipo di fibra/resina necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
  - **Vetro/Epossidica**
  - **Arammidica/Epossidica**
  - **Carbonio/Epossidica**
- **Resistenza caratteristica ( $f_{rk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica del rinforzo di FRP.
- **Modulo elastico ( $E_f$ ):** specificare il valore del modulo elastico del rinforzo di FRP.
- **Deformazione caratteristica a rottura per trazione ( $\epsilon_{fk}$ ):** specificare il valore della deformazione caratteristica a rottura per trazione del rinforzo di FRP.
- **Spessore equivalente ( $t_r$ ):** specificare il valore dello spessore equivalente del rinforzo di FRP.
- **Sistemi di rinforzo:** indicare il tipo di sistema di rinforzo:
  - **Preformati**
  - **Impregnati in situ**

#### Rinforzo trasversale

- **Nome:** specificare il nome del tipo di rinforzo trasversale da riportare nel disegno.
- **Tipo di fibra/resina:** indicare il tipo di fibra/resina necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
  - **Vetro/Epossidica**
  - **Arammidica/Epossidica**
  - **Carbonio/Epossidica**
- **Resistenza caratteristica ( $f_{rk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica del rinforzo di FRP.
- **Modulo elastico ( $E_f$ ):** specificare il valore del modulo elastico del rinforzo di FRP.
- **Deformazione caratteristica a rottura per trazione ( $\epsilon_{fk}$ ):** specificare il valore della deformazione caratteristica a rottura per trazione del rinforzo di FRP.
- **Spessore equivalente ( $t_r$ ):** specificare il valore dello spessore equivalente del rinforzo di FRP.
- **Sistemi di rinforzo:** indicare il tipo di sistema di rinforzo:
  - **Preformati**
  - **Impregnati in situ**
- **Trascura resistenza a taglio dei rinforzi:** specificare se trascurare la resistenza a taglio dei rinforzi trasversali e quindi considerare solo il loro effetto di confinamento.
- **Modalità di carico:** indicare la modalità di carico necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
  - **Lungo termine**
  - **Ciclico**

#### Rinforzo nodi trave-pilastro

- **Nome:** specificare il nome del tipo di rinforzo da riportare nel disegno.
- **Tipo di fibra/resina:** indicare il tipo di fibra/resina necessaria per determinare il fattore di conversione per effetti di lunga durata  $\eta_1$  della Tabella 3-3 della CNR DT 200 R1/2012:
  - **Vetro/Epossidica**
  - **Arammidica/Epossidica**
  - **Carbonio/Epossidica**
- **Tipo di tessuto:** le tipologie di tessuto in FRP si differenziano in base alla disposizione delle fibre rispetto all'asse orizzontale del nodo, nel tessuto **Quadriassiale** le fibre sono disposte a  $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$  e  $90^\circ$ , nel **Biassiale** sono disposte a  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , nel **Uniassiale  $0^\circ$**  sono disposte parallelamente all'asse orizzontale e nel **Uniassiale  $90^\circ$**  sono disposte ortogonalmente all'asse orizzontale. Il tipo di tessuto indicato da applicare sul nodo trave-pilastro influenza il calcolo dell'area di tessuto del rinforzo.

- **Resistenza caratteristica ( $f_{rk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica del rinforzo di FRP.
- **Modulo elastico ( $E_f$ ):** specificare il valore del modulo elastico del rinforzo di FRP.
- **Deformazione caratteristica a rottura per trazione ( $\epsilon_{fk}$ ):** specificare il valore della deformazione caratteristica a rottura per trazione del rinforzo di FRP.
- **Spessore equivalente ( $t_f$ ):** specificare il valore dello spessore equivalente del rinforzo di FRP.
- **Caratteristiche fiocchi:** specificare le caratteristiche di resistenza dei fiocchi:
  - **Resistenza a taglio della resina ( $V_{res}$ ):** specificare la resistenza a taglio della resina.
  - **Resistenza a rottura ( $f_{ru}$ ):** specificare la resistenza ultima a rottura delle fibre del fiocco.
  - **Frazione volumetrica di fibre del fiocco ( $F_{vf}$ ):** specificare il valore della frazione volumetrica di fibre del fiocco.

**Coeff. parziale SLU di distacco ( $\gamma_{f,d}$ ):** specificare il valore del coefficiente parziale utilizzato nelle verifiche di sicurezza nei confronti del distacco dal supporto (par. 4.1.2 della CNR DT 200 R1/2012). I valori sono riportati nel par. 3.4.1 della CNR DT 200 R1/2012: *"Per il solo Stato Limite Ultimo di distacco dal supporto sono invece suggeriti valori di  $\gamma_m = \gamma_{fd}$  variabili, a giudizio del progettista, da 1.20 a 1.50 in funzione della maggiore o minore possibilità di prevedere, per la specifica applicazione, l'effettivo comportamento del composito nei riguardi del distacco dal supporto."*

**Fattore di conversione ambientale ( $\eta_a$ ):** specificare il valore del fattore di conversione ambientale utilizzato sia nella stima della pressione laterale di confinamento sia nel calcolo della deformazione massima nel rinforzo di FRP ( $\epsilon_{fd}$ ) utilizzata nelle verifiche a flessione e pressoflessione. I valori sono riportati nella Tabella 3-2 del par. 3.5.1 della CNR DT 200 R1/2012.

**Raggio di arrotondamento spigolo ( $r_c$ ):** specificare il valore del raggio di arrotondamento degli spigoli della sezione rinforzata. Nel par. 4.8.2.2 della CNR DT 200 R1/2012 viene indicato che *"Il raggio di curvatura,  $r_c$ , dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm"*.

**Coeff. condizione di carico ( $K_q$ ):** specificare il valore del coefficiente di condizione di carico utilizzato nelle verifiche di resistenza allo stato limite ultimo per distacco intermedio (modo 2) par. 4.1.4 della CNR DT 200 R1/2012: *"[omissis] da assumersi pari a 1.25 per prevalenti carichi distribuiti e 1 in tutti gli altri casi"*.

### Dati per verifiche incamicature in acciaio e CAM

**Resistenza di progetto strisce di collegamento ( $F_{yd}$ ):** specificare il valore della tensione di progetto dell'acciaio delle strisce orizzontali di collegamento nelle incamicature in acciaio. Nel caso di incamicature realizzate con il sistema CAM, la tensione di progetto non è personalizzabile ed è assunta pari a  $F_{yd} = 560 \text{ N/mm}^2$ .

**Rinforzo a flessione CAM:** la verifica a pressoflessione si esegue in modo semplificato, aggiungendo in corrispondenza dei ferri di spigolo dei pilastri un ferro del diametro specificato nella finestra di dialogo dei rinforzi con il sistema CAM e con le seguenti caratteristiche:

- **Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.
- **Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

### Dati per verifiche incamicature in c.a.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento (Fyk):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Considera resistenza a taglio della nuova sezione:** specificare se si debba considerare o meno il contributo della resistenza a taglio dell'incamiciatura. Se l'opzione è deselezionata la resistenza a taglio corrisponde a quella della sezione esistente con le relative caratteristiche meccaniche e staffatura. Se l'opzione è selezionata la resistenza a taglio corrisponde a quella della sezione con le dimensioni aumentate dal rinforzo e le caratteristiche meccaniche e staffatura del rinforzo inoltre è possibile, selezionando l'opzione **Considera anche contributo della sezione esistente**, sommare la resistenza a taglio della staffatura esistente a quella dell'incamiciatura. Si rimanda alle **Note tecniche sulle verifiche - Taglio** per maggiori chiarimenti.

## Pareti

### Introduzione

È possibile progettare come pareti in c.a., tenendo conto delle sollecitazioni indotte da pressoflessione e taglio, tutti gli elementi muri/elementi bidimensionali che abbiano:

- numero diverso da zero;
- tipologia con utilizzo "Parete".

Gli elementi muri/elementi bidimensionali presenti nella struttura vengono assemblati in pannelli, costituiti piano per piano da muri con lo stesso numero e allineati fra loro (analogamente alla numerazione delle travi). Non è possibile unificare fra loro elementi con spessore o tipologia diversa. Utilizzare in tal caso apposite numerazioni per pilotare il programma nella scelta delle pareti.

Se il pannello è costituito da un solo elemento isolato e se nella definizione del tipo di muro/elemento bidimensionale è stato specificato come utilizzo "Pilastro" la progettazione non viene effettuata in quanto demandata alle procedure di **progettazione pilastri**.

Le pareti possono avere aperture come porte o finestre di forma rettangolare. Aperture di forma non rettangolare verranno trasformate nei rettangoli circoscriventi l'apertura stessa.

È possibile introdurre e personalizzare armature specifiche in corrispondenza delle aperture, introducendo cerchiature o rinforzi diagonali o considerando la parte sovrastante come un architrave.


ModeSt crea e mantiene aggiornata la relazione di calcolo ed il computo delle armature e se richiesto anche la distinta dei ferri.


### Progettazione interattiva pareti


Nell'ambiente di progettazione interattiva pareti, se l'armatura della parete era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico della parete. Al termine della progettazione è possibile archiviare la parete e creare o aggiornare i file necessari.


Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:


#### Generali

**Progetta aut.**  progetta la parete esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.

**Ricalcola**  effettua il controllo che la parete sia verificata e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie.


**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico della parete.


**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.


**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato alla parete.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).

#### Mappe

**Tensioni normali**  disegna le tensioni normali nella parete.


**Tensioni tangenziali**  disegna le tensioni tangenziali nella parete.


**Sollecitazioni unitarie**  disegna gli sforzi normali, i tagli ed i momenti unitari nella parete.


Selezionando un caso di verifica dalla casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche** è possibile controllare le sollecitazioni e le tensioni nelle singole combinazioni delle CCE.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSL**B (Disegna sollecitazioni elementi bidimensionali), **VER**C (Verifiche correnti).

## Zone verifica


**Aggiungi**  aggiunge una zona verticale di verifica.

**Modifica**  modifica una zona verticale di verifica oppure il tipo di verifica nella parte superiore di un'apertura.

**Elimina**  elimina una zona verticale di verifica.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGG**Z (Aggiungi zona), **EDI**Z (Edita zona), **ELI**Z (Elimina zona).


## Armatura zone




**Modifica**  modifica o aggiunge l'armatura diffusa, l'armatura di una zona di rinforzo o di un'apertura.

**Elimina**  elimina l'armatura di una zona di rinforzo.


**Utilizzo da linea di comando:** **EDI**F (Edita ferro), **ELI**F (Elimina ferro).


## Disegno


**Arm. diffusa**  disegna l'armatura diffusa, cliccando sulla freccia a destra del comando è possibile con

**Nessun disegno**  cancellare gli eventuali disegni già presenti (l'indicazione del tipo di armatura diffusa viene riportata in calce al disegno), con **Totale**  disegnare sul prospetto della parete l'armatura diffusa con una retinatura (l'indicazione del tipo di armatura diffusa viene riportata in calce al disegno) e con **Parziale**  disegnare sul prospetto della parete l'armatura diffusa con un cerchio in un punto a scelta dell'utente, con la rappresentazione e l'indicazione del tipo di armatura diffusa.

**Zone ver.**  attiva o disattiva il disegno delle zone o delle sezioni di verifica.

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale della parete progettata.

**Distinta**  attiva o disattiva il disegno della tabella della distinta ferri. È possibile modificare la posizione della tabella della distinta ferri selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

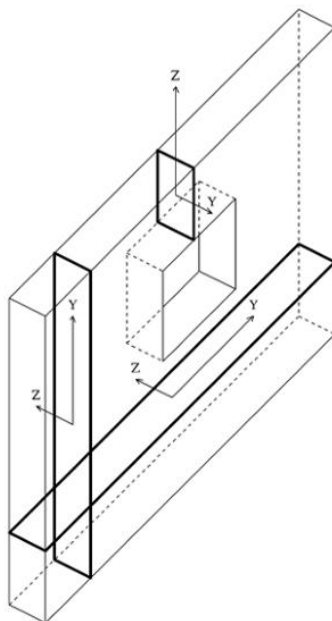
**Utilizzo da linea di comando:** **DAD** (Disegna armatura diffusa), **DPV** (Disegna punti/piani di verifica), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DDF** (Disegna distinta ferri), **DCMP** (Disegna computo).

## Note tecniche

### Verifiche e sistemi di riferimento

Le verifiche vengono effettuate su sezioni orizzontali (sempre) e su sezioni verticali sia nella parete che negli architravi (opzionali).

In ogni caso i sistemi di riferimento rispetto ai quali sono definite le sollecitazioni sono creati in modo che il momento  $M_y$  sia intuitivamente il principale momento di verifica. A parte il caso di alcune verifiche opzionali, le verifiche sono quindi sempre riferite a  $M_y$ . La figura in ogni caso mostra gli assi rispetto ai quali sono riportate le sollecitazioni di verifica.



Utilizzando uno dei tre bottoni del gruppo **Mappe** in editor interattivo è possibile visualizzare le mappe delle sollecitazioni sui bidimensionali, la cui integrazione fornisce le sollecitazioni di verifica. Tali mappe vanno lette in funzione del sistema di riferimento che appare in basso a sinistra della parete quando si esegue il comando. Per l'armatura distribuita vengono eseguite le verifiche relative alle seguenti sollecitazioni, integrate per l'intera estensione della parete:

- pressoflessione ortogonale al piano della parete ( $N, My$ ). Con tali sollecitazioni vengono progettate le barre verticali;
- taglio ortogonale al piano della parete come sezione non armata a taglio, se indicato nei criteri di progetto (**Controllare resistenza a taglio trasversale come sezione priva di armatura a taglio**). Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali;
- pressoflessione nel piano della parete ( $N, Mz$ ), se indicato nei criteri di progetto (**Effettuare le verifiche nel piano della parete**). Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali;
- taglio nel piano della parete come sezione armata a taglio, se indicato nei criteri di progetto (**Effettuare le verifiche nel piano della parete**). Con tali sollecitazioni vengono progettate le barre orizzontali;
- taglio nel piano della parete con verifica a scorrimento, se indicato nei criteri di progetto (**Effettuare le verifiche nel piano della parete**), per condizioni di carico sismiche e solo per pareti debolmente armate. Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali.

Per l'armatura concentrata vengono eseguite le verifiche relative alle sollecitazioni di pressoflessione ortogonale al piano della parete ( $N, My$ ), integrate sui bidimensionali interessati dalla zona. Con tali sollecitazioni vengono progettate le barre verticali dell'armatura concentrata, calcolata trascurando l'armatura distribuita presente. Inoltre è possibile definire zone senza posizionare armatura concentrata, in tale modo vengono eseguite le verifiche delle barre verticali dell'armatura distribuita interessate dalla zona.

Nel caso di armatura solo al centro della parete vengono eseguite solamente le verifiche relative alle seguenti sollecitazioni integrate per l'intera estensione della parete:

- taglio nel piano della parete come sezione armata a taglio. Con tali sollecitazioni vengono progettate le barre orizzontali;
- taglio nel piano della parete con verifica a scorrimento, per condizioni di carico sismiche. Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali;
- pressoflessione nel piano della parete ( $N, Mz$ ). Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali.

**Nota:** nel caso di armatura solo al centro della parete le barre verticali non vengono progettate, ma vengono semplicemente verificate (pressoflessione e taglio per scorrimento) con l'armatura minima posizionata in base alle opzioni di "Armatura distribuita", o con la rete elettrosaldata risultante dalla progettazione a taglio delle barre orizzontali della rete. Si consiglia quindi di eseguire tale tipo di progettazione su pareti modellate con elementi bidimensionali con utilizzo membranale.

**Utilizzo da linea di comando: DSLB** (Disegna sollecitazioni elementi bidimensionali).

## Gestione aperture

Un'apertura nella parete identifica in genere una **finestra** o una **porta**. Una finestra è tale se circondata completamente da elementi bidimensionali, mentre una porta lo è se ha elementi solo soprastanti. Aperture con solo elementi sottostanti non sono normalmente classificate in quanto in genere sono "finestre" solo se delimitate superiormente da un architrave costituita da un'asta.

Infatti eventuali aste con membratura "Generica" giacenti nel piano della parete e che di fatto costituiscono l'architrave di un'apertura vengono trattate come facenti parte integrante della parete e possono venire armate e verificate come gli architravi formate da elementi bidimensionali. Ovviamente tutti i dati necessari al progetto e alle verifiche (materiali, copriferri, ecc.) vengono desunti dai criteri di progetto della parete stessa.

Le aperture classificate come **finestre** possono essere caratterizzate da un'armatura di contorno costituita da barre staffate a formare una "cornice" o da ferri inclinati in corrispondenza degli spigoli per facilitare il flusso di tensioni. In entrambi i casi tali armature non vengono verificate, ma costituiscono armatura aggiuntiva scelta dal progettista. In alternativa è possibile indicare di trascurare completamente la presenza dell'apertura e semplicemente interrompere l'armatura diffusa, o invece di considerare la parte superiore come un architrave. Per default non vengono inserite armature particolari e l'apertura viene trascurata. In progettazione interattiva può essere indicato un comportamento diverso, ma a seguito della riprogettazione tali scelte andranno ovviamente perdute.


Analogamente le aperture classificate come **porte** vengono normalmente ignorate, ma in progettazione interattiva può essere imposto di considerare la parte superiore come un architrave.

Non sono gestibili come architravi le parti di parete o le aste che delimitano due aperture una sotto l'altra.

In ogni caso e comunque siano determinate o armate, gli architravi NON sono considerate travi di accoppiamento e non vengono fatti i relativi controlli.

## Progettazione e verifica armature

### VERIFICA SU SEZIONI ORIZZONTALI – FLESSIONE ORTOGONALE AL PIANO DELLA PARETE

Il programma individua automaticamente le principali sezioni orizzontali della parete su cui effettuare le verifiche. Queste sono normalmente il piede e la testa della parete e le linee in cui iniziano o terminano le aperture. In corrispondenza di un'apertura, ad esempio alla quota inferiore di una finestra si ha infatti una discontinuità sia di sollecitazioni che di geometria. Vengono quindi in tal caso individuate due linee di integrazione, una immediatamente sopra alla quota ed una immediatamente sotto (che nell'esempio citato porterà alla generazione di due sezioni di verifica, prima e dopo l'apertura). Attraverso il criterio di progetto **passo di verifica** vengono poi individuate altre linee intermedie di verifica su indicazione dell'utente. Se il passo è maggiore dell'altezza della parete, viene comunque effettuata una verifica in mezzzeria. Le posizioni di queste linee orizzontali di verifica possono essere visualizzate cliccando nel gruppo **Disegno su Zone ver.** .

Oltre a tali sezioni di calcolo è possibile richiedere l'individuazione di zone locali corrispondenti ai punti su cui incidono pilastri soprastanti o travi incidenti in cui a volte si hanno concentrazioni di sollecitazioni che non potrebbero essere colte con verifiche globali. Tali zone potranno poi essere modificate e/o integrate con altre ritenute opportune dall'utente per pilotare e controllare verifiche e armatura di rinforzo locali in punti ritenuti significativi. L'armatura per flessione ortogonale alla parete può essere progettata in funzione del criterio di progetto **in funzione delle sollecitazioni globali** oppure **in funzione delle zone di incidenza elementi**. Nel primo caso viene effettuata l'integrazione complessiva delle sollecitazioni sull'intera parete ed in base a queste viene progettata l'armatura. Qualora le verifiche non fossero soddisfatte nelle zone locali, è possibile imporre al programma attraverso il criterio (**Inserisci armatura specifica per zone di incidenza elementi**) di effettuare anche la progettazione di armatura locale di rinforzo.

Nel secondo caso l'armatura viene progettata in funzione delle sollecitazioni presenti nelle zone locali e le armature vengono estese al resto della parete.

Nelle zone locali caratterizzate da un'armatura di rinforzo, è possibile indicare al programma di togliere l'armatura diffusa attraverso il criterio di progetto (**Elimina armatura diffusa nelle zone di rinforzo**). Tutte le verifiche sia locali che globali vengono effettuate con le barre effettivamente ricadenti nella sezione di verifica in base a tale scelta.

È possibile completare l'armatura di rinforzo sia automaticamente che manualmente con una staffatura idonea a realizzare, attraverso il prolungamento ideale dell'armatura di un eventuale pilastro soprastante, un opportuno grado di confinamento nel calcestruzzo (**Aggiungi staffe chiuse**). Analogamente è possibile impedire la creazione di armature di rinforzo quando in modellazione sia stato esplicitamente inserito un pilastro compenetrante la parete (**Trascura zone con pilastro inglobato**).

Si noti che i comandi che progettano automaticamente l'armatura o eliminano l'armatura rispettano la preesistente presenza di zone di rinforzo utilizzandole per la progettazione locale o globale in funzione del criterio di progetto. Questo consente, dopo aver ad esempio esaminato l'andamento tensionale cliccando su uno dei tre bottoni del gruppo **Mappe**, di pilotare la progettazione in funzione di punti ritenuti, a giudizio del progettista, come particolarmente critici.

## VERIFICA SU SEZIONI ORIZZONTALI – TAGLIO ORTOGONALE AL PIANO DELLA PARETE

Le pareti non hanno generalmente problemi di taglio in direzione trasversale, ma è possibile imporre al programma di controllare la resistenza globale trasversale a taglio di una sezione priva di armatura a taglio attraverso il criterio di progetto (**Controllare resistenza a taglio trasversale come sezione priva di armatura a taglio**). Il mancato soddisfacimento di tale verifica dovrebbe servire al progettista per una miglior comprensione dell'effettivo comportamento della parete.

## VERIFICHE SU SEZIONI ORIZZONTALI – FLESSIONE NEL PIANO DELLA PARETE

Tali verifiche non dovrebbero generalmente essere necessarie per pareti essenzialmente inflesse ortogonalmente al proprio piano e l'armatura necessaria per questo stato flessionale non viene normalmente né verificata né progettata a meno non sia stato esplicitamente richiesto con l'apposito criterio di progetto (**Effettuare le verifiche nel piano della parete**). Quando questo parametro è attivato oltre ad effettuare le verifiche, anche l'armatura orizzontale viene progettata in funzione degli sforzi di taglio, e se la parete è classificata come debolmente armata, vengono effettuate le verifiche a scorrimento.

Occorre tener presente che se le armature minime o necessarie per flessione trasversale inserite dal programma risultassero per tali verifiche insufficienti o con coefficienti di sicurezza molto prossimi ad 1, potrebbe essere necessario valutare bene l'effettivo comportamento della parete nell'ambito della struttura, per decidere se non sia il caso di considerarla come una vera e propria parete resistente a taglio sismico e quindi da progettare con le caratteristiche tipiche (in ModeSt) del comportamento a **nucleo** (zone critiche, amplificazioni sforzi, ecc.).

## VERIFICA SU SEZIONI VERTICALI - FLESSIONE E TAGLIO ORTOGONALI AL PIANO DELLA PARETE

La verifica su sezioni verticali, ossia il controllo della flessione per momenti intorno all'asse verticale della parete si rende necessaria in genere solo per pareti molto lunghe e con carichi ortogonali, come ad esempio le pareti di serbatoi. È possibile attivare tali verifiche attraverso il criterio (**Effettuare verifiche su sezioni verticali**) ed indicando il passo di verifica orizzontale. In tal caso con riferimento anche al passo verticale, vengono individuate delle sezioni verticali di uguale dimensione a cavallo di linee orizzontali. Su tali sezioni vengono effettuate le verifiche per flessione con l'armatura orizzontale presente nella parete e per taglio come sezione non armata. La prima e l'ultima di queste sezioni (al piede ed in testa alla parete) avranno lunghezza pari alla metà delle altre. Eventuali sezioni ricadenti in parte in aperture verranno ignorate.

Tale armatura non viene progettata automaticamente ma semplicemente verificata. Qualora fosse insufficiente si dovrà intervenire in progettazione interattiva per adeguarla.

## ARCHITRAVI

Le zone di parete identificate come architravi vengono verificate a flessione e taglio agli estremi ed in mezzera come una trave. Se l'architrave è costituito da un'asta occorre ovviamente inserire in progettazione interattiva un'armatura costituita da barre e staffe, mentre se è formata da elementi bidimensionali è possibile decidere se armarla in aggiunta o in sostituzione dell'armatura diffusa. La verifica a taglio di architravi armate con solo armatura diffusa viene eseguita come sezione priva di armatura in quanto la posizione e la conformazione delle barre verticali non è detto possa garantire la corretta armatura a taglio. **Importante:** si ricorda che in un architrave modellata con elementi bidimensionali il calcolo con piani rigidi comporta l'impossibilità di insorgere dei corretti effetti flessionali come quelli che ci si aspetterebbe. Si veda a tal proposito quanto indicato in **Elementi bidimensionali e piani rigidi**. Resta onere del progettista valutare la plausibilità delle sollecitazioni risultanti dal calcolo.

## ARMATURA SOLO AL CENTRO DELLA PARETE

Nel caso di armatura solo al centro della parete vengono eseguite solamente le verifiche relative alle seguenti sollecitazioni integrate per l'intera estensione della parete:

- taglio su sezioni orizzontali ( $T_y$ ) come sezione armata a taglio. Con tali sollecitazioni vengono progettate le barre orizzontali;
- taglio su sezioni orizzontali ( $T_y$ ) con verifica a scorrimento, per condizioni di carico sismiche. Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali;
- pressoflessione nel piano della parete ( $N$ ,  $M_z$ ). Con tali sollecitazioni vengono verificate le barre verticali.

**Nota:** nel caso di armatura solo al centro della parete le barre verticali non vengono progettate, ma vengono semplicemente verificate (pressoflessione e taglio per scorrimento) con l'armatura minima posizionata in base alle opzioni di "Armatura distribuita", o con la rete elettrosaldata risultante dalla progettazione a taglio delle barre orizzontali della rete. Si consiglia quindi di eseguire tale tipo di progettazione su pareti modellate con elementi bidimensionali con utilizzo membranale.

## PARETI DEBOLMENTE ARMATE

In normativa non sono ben chiare le prescrizioni da ritenere cogenti per le cosiddette **pareti debolmente armate**, al di là di considerazioni geometriche complessive la cui valutazione resta ovviamente compito del



progettista. ModeSt si limita a segnalare dei warning quando alcune di tali prescrizioni geometriche sembrano non essere rispettate nelle singole pareti.

L'attivazione a livello di criteri di progetto del parametro **considera come parete debolmente armata ai sensi D.M. 18** comporta automaticamente la possibilità di incrementare lo sforzo normale come indicato da normativa per le pareti, con alcune opzioni e l'attivazione dei controlli di snellezza presenti in normativa. Indipendente dalla classe di duttilità A o B, il taglio per le pareti debolmente armate viene incrementato di  $(q+1)/2$  come indicato nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18: *"Per pareti estese debolmente armate il taglio ad ogni piano può essere ottenuto amplificando il taglio derivante dall'analisi del fattore  $(q+1)/2$ ."*

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta armatura), **ELAR** (Elimina armatura), **DSLB** (Disegna sollecitazioni elementi bidimensionali), **AGGZ** (Aggiungi zona di armatura concentrata).

## Pareti con cassero a perdere (ISOTEX o simili)

Premesso che è compito del progettista inserire in modellazione le pareti realizzate con tale sistema utilizzando lo spessore equivalente come definito nelle LINEE GUIDA PER SISTEMI COSTRUTTIVI A PANNELLI PORTANTI BASATI SULL'IMPIEGO DI BLOCCHI CASSERO E CALCESTRUZZO DEBOLMENTE ARMATO GETTATO IN OPERA (Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, parere n.117 del 10.02.2011, versione del Luglio 2011), le conseguenti verifiche discendono in modo automatico dai criteri e dalle metodologie precedentemente illustrate.

Le citate linee guida prevedono anche l'utilizzo di blocchi che permettono l'inserimento nella parete di una unica armatura centrale. ModeSt prevede esplicitamente tale opzione (**Inserire solo armatura al centro della parete**). In tale caso ovviamente non è possibile effettuare verifiche per flessione ortogonale alla parete e vengono quindi eseguite solo le verifiche nel piano longitudinale. In sede di modellazione sarebbe opportuno inserire tali pareti con comportamento membranale, per evitare l'insorgere di flessioni non assorbibili dalle pareti e per verificare se nel suo complesso l'organismo strutturale è in grado ugualmente di assorbire le sollecitazioni sismiche.

## Criteri di progetto

### Criteri generali di progetto e disegno armatura pareti

#### Parametri di progetto

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

#### Parametri di disegno

Nella creazione dei disegni delle armature delle pareti oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili numerose altre opzioni.

**Scala disegno pareti:** specificare la scala con la quale disegnare le pareti.

**Campitura disegno pareti:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per le sezioni delle pareti, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rada**
- **Fitta**

**Disegno armatura diffusa:** specificare se disegnare su tutta la parete l'armatura diffusa. In progettazione interattiva sarà comunque sempre possibile inserire, togliere o modificare il disegno dell'armatura diffusa.

**Disegno prospetto e pianta:** normalmente il disegno del prospetto e della sezione in pianta della parete si rende necessario solo per individuare la posizione delle zone di rinforzo. Con questa opzione è possibile indicare di disegnare sempre tali particolari, anche se non strettamente necessari per la comprensione dell'armatura, quando risulta essere uniforme.

#### Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose in termini di massima tensione nell'armatura, nel calcestruzzo e sul terreno.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.

## Criteri di progetto armatura pareti

### Materiali

**Considera come elemento esistente:** specificare se la parete è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la parete è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la parete è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000 \text{ kg/cm}^2$  e  $f_{tk} < 4500 \text{ kg/cm}^2$  (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600 \text{ kg/cm}^2$  (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità (Agt):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8A.6.5 della Circolare del D.M. 14/01/08.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

### Parametri per analisi pushover

**Considera la parete nel telaio equivalente:** specificare se considerare o meno la parete nel telaio equivalente. Se l'opzione è selezionata la parete viene considerata nel telaio equivalente, la rigidezza corrisponde a quella dell'insieme di muri/elementi bidimensionali inseriti nel modello che compongono la parete e si comporta come un elemento indefinitamente elastico. Per maggiori informazioni sul loro comportamento si veda il paragrafo **Generazione telaio equivalente**. È disponibile la seguente opzione:

- **Non sismo-resistente:** questa opzione vale solo per il telaio equivalente avanzato. Se l'opzione è selezionata la parete viene considerata come non sismo-resistente e nel telaio equivalente avanzato viene modellata come una biella resistente sia a compressione che a trazione.

### Parametri di calcolo

**Elemento dissipativo:** specificare se la parete debba essere considerata o meno come un elemento di tipo dissipativo. Se l'opzione è deselezionata la parete sarà considerata come un elemento non dissipativo e nel caso di struttura calcolata come dissipativa verrà progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è selezionata la parete sarà considerata come un elemento dissipativo e nel caso di struttura calcolata come non dissipativa verrà comunque progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND).

**Copriferro:** specificare il valore del copriferro per il posizionamento dei ferri verticali e cioè l'effettivo spessore del calcestruzzo fra il bordo della parete e il bordo esterno dei ferri orizzontali.

**Fattore moltiplicativo per calcolo  $\tau_t$  ( $\tau_t$ ):** poiché risulta complesso stabilire se la parete è trattabile come una sezione compatta parzializzata, come una mensola tozza o come una sezione interamente reagente (nelle zone non parzializzate), l'utente può definire due moltiplicatori  $k_l$  e  $k_t$  utilizzati per il calcolo delle tensioni tangenziali nella parete.

**Fattore di riduzione per ancoraggio ferri:** specificare di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_{co}$  o di  $F_{bd}$  (definito fra le caratteristiche dei materiali) per calcolare la tensione tangenziale di aderenza ammissibile necessaria per il calcolo degli ancoraggi dei ferri. Ad esempio specificando 0.6 si impone una riduzione di  $\tau_{co}$  o di  $F_{bd}$  del 40%. Si ricorda che la normativa ammette riduzioni anche fino al 50%.

**Lunghezza ancoraggi armature:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per i ferri d'armatura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata in funzione della  $\sigma_f$ :** la lunghezza degli ancoraggi è pari al risultato del calcolo teorico con  $\sigma_f = \sigma_{famm}$  e coefficiente di riduzione specificato nel criterio precedente.
- **Imposta come multiplo del diametro:** la lunghezza degli ancoraggi è pari al multiplo del diametro dei ferri.
- **Lunghezza minima pari a:** la lunghezza dei ferri di ancoraggio viene imposta pari al valore specificato nel caso in cui la lunghezza dell'ancoraggio calcolata in funzione della  $\sigma_f$  o come multiplo del diametro sia inferiore al valore impostato.

Non vengono effettuate le verifiche d'aderenza.

**Inserire solo armatura al centro della parete:** specificare se inserire l'armatura solo nel centro della parete (per maggiori informazioni si veda **Progettazione e verifica armature** e **Pareti con cassero a perdere (ISOTEX o simili)**).

**Modalità di progettazione e verifica armatura verticale:** specificare le modalità di progettazione e verifica dell'armatura verticale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

**In funzione delle zone di incidenza elementi:** l'armatura è progettata in funzione delle massime sollecitazioni locali (in corrispondenza dei nodi) sulla parete (per maggiori informazioni si veda **Progettazione e verifica armature**).

**In funzione delle sollecitazioni globali:** l'armatura viene progettata in funzione delle sollecitazioni globali sulla parete (per maggiori informazioni si veda **Progettazione e verifica armature**). È disponibile la seguente opzione:

- **Inserisci armatura di rinforzo nelle zone di incidenza elementi:** se selezionato oltre all'armatura diffusa sul pannello viene calcolata anche l'eventuale armatura da adottare localmente in corrispondenza dell'appoggio di travi e/o pilastri. La zona resistente viene assunta pari alla massima larghezza degli elementi trave o pilastro che incidono sul nodo della parete.

**Dimensione minima zone di incidenza elementi:** la zona resistente viene assunta pari alla massima larghezza degli elementi trave o pilastro che incidono sul nodo della parete. È disponibile la seguente opzione:

- **Pari a multiplo dello spessore:** la zona di incidenza viene assunta pari al multiplo dello spessore della parete specificato.

**Passo di verifica:** specificare il passo con il quale ModeSt deve individuare le sezioni orizzontali per effettuare la progettazione e la verifica dell'armatura verticale. Utilizzare un passo troppo piccolo porta a maggiori tempi di elaborazione.

**Trascura zone con pilastro inglobato:** indicare se eventuali zone individuate in funzione dei parametri succitati vadano trascurate qualora nella parete risulti inglobata anche un'asta di tipo "pilastro". Sarà infatti il modulo di progettazione pilastri a inserire una adeguata armatura in questo pilastro.

**Effettuare verifiche nel piano della parete:** specificare se eseguire le verifiche anche nel piano della parete (per maggiori informazioni si veda **Progettazione e verifica armature**).

**Elimina armatura diffusa nelle zone di rinforzo:** specificare se nelle zone con armatura verticale di rinforzo vada eliminata l'armatura verticale diffusa.

**Effettuare verifiche su sezioni verticali:** specificare se eseguire le verifiche anche su sezioni verticali della parete (per maggiori informazioni si veda **Progettazione e verifica armature**). È disponibile la seguente opzione:

- **Passo di verifica:** specificare il passo con il quale ModeSt deve individuare la dimensione delle sezioni verticali su cui effettuare la verifica dell'armatura orizzontale. Utilizzare un passo troppo piccolo porta a maggiori tempi di elaborazione.

**Elimina armatura diffusa nell'architrave:** specificare se negli architravi costituiti da bidimensionali e dei quali viene richiesta la verifica, vada eliminata l'armatura diffusa (sia verticale che orizzontale) per effettuare le verifiche con la sola armatura specifica introdotta.

**Controllare resistenza a taglio trasversale come sezione priva di armatura a taglio:** specificare se eseguire le verifiche a taglio nel piano trasversale della parete (per maggiori informazioni si veda **Progettazione e verifica armature**).

**Min. Af armatura diffusa:** specificare il minimo di armatura a metro lineare da considerare per le barre verticali e orizzontali. Lo scopo è di permettere per alcune normative di trascurare dei minimi da cui si può derogare a seguito di apposita certificazione, o di inserire dei minimi cautelativi anche per normative che non prevedono nessun minimo di armatura (D.M. 17/01/18).

**Considera come parete debolmente armata ai sensi D.M. 18:** specificare se eseguire le verifiche per le pareti debolmente armate come indicato nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Modalità di valutazione parametri nel caso di sisma diverso per X e Y:** poiché la struttura può avere comportamento sismico diverso nelle due direzioni e poiché le pareti possono non essere allineate alle direzioni del sisma, è possibile con questa opzione specificare come valutare le espressioni 7.4.13 o 7.4.14 riportate nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Usa valore massimo:** viene considerato il massimo valore fra quello calcolato con il fattore di comportamento in direzione X e Y.
  - **Componi in direzione parete:** viene considerata la composizione della proiezione lungo la parete dei valori calcolati con i fattori di struttura in direzione X e Y.
2. **Incremento del 50% delle forze assiali:** specificare se incrementare e decrementare del 50% le sollecitazioni assiali indotte dalle azioni statiche relative alle sole combinazioni di tipo sismico come previsto nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18. La normativa non è chiara, ma si segnala che l'Eurocodice indica esplicitamente di effettuare l'incremento anche per pareti debolmente armate. L'incremento non viene effettuato se il fattore di comportamento  $q$  è minore di 2. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Sempre**
  - **Solo per analisi sismiche statiche**
  - **Mai**
3. **Coeff.  $\beta$  per controllo snellezza:** specificare il valore del coefficiente  $\beta$  per il quale moltiplicare l'altezza della parete per calcolare la lunghezza libera di inflessione.

## Armatura diffusa

**Considera armatura con rete elettrosaldata:** specificare se armare la parete con rete elettrosaldata.

**Armatura verticale o rete:** specificare il diametro e il passo dei ferri costituenti l'armatura verticale principale.

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Armatura orizzontale:** specificare il diametro e il passo dei ferri costituenti l'armatura orizzontale principale.

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Tipo di armatura orizzontale:** specificare il tipo di armatura orizzontale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Dritta:** vengono disposti ferri dritti.
- **Con risvolti di estremità:** vengono disposti ferri con risvolto di lunghezza pari allo spessore della parete meno due volte il copriferro e il diametro della staffa.

**Modalità di chiusura:** specificare se e in che modo chiudere l'armatura orizzontale in prossimità degli estremi liberi. Le zone d'intersezioni tra pareti non sono considerate normalmente estremi liberi, comunque in progettazione interattiva è possibile applicare lo stesso tipo di chiusura anche per queste zone. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Nessuna chiusura:** non viene eseguita nessuna chiusura.
- **Chiusura con ferri ad U:** l'armatura orizzontale viene terminata con ferri a forma di U e di lunghezza pari a quanto specificato nel parametro **Lunghezza armatura di chiusura**.
- **Chiusura con staffe:** l'armatura orizzontale viene terminata con staffe di lunghezza pari a quanto specificato nel parametro **Lunghezza armatura di chiusura**.

**Lunghezza armatura di chiusura:** specificare il metodo di calcolo della lunghezza dei ferri di chiusura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Multiplo dello spessore pari a:** specificare il valore del multiplo dello spessore per il calcolo della lunghezza dei ferri di chiusura.
- **Lunghezza fissa pari a:** specificare il valore della lunghezza dei ferri di chiusura.

**Modalità di completamento armatura:** specificare come il programma debba comportarsi nel caso in cui le dimensioni (lunghezza e/o altezza) della parete non siano un multiplo del passo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Adattata:** il passo dei ferri viene ridotto in modo da posizionare il primo e l'ultimo ferro della parete adiacenti all'estremità interna della staffa o alle estremità superiori ed inferiori della parete.
- **Terminata:** il passo dei ferri non viene cambiato e vengono aggiunti due ferri adiacenti all'estremità interna della staffa o alle estremità superiori ed inferiori della parete.
- **Nessuna:** il passo dei ferri non viene cambiato e non vengono aggiunti ferri all'estremità della parete.

**Tipo di ottimizzazione armatura:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di armatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il peso complessivo dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il peso complessivo dei ferri.
- **Minimizza il numero dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il numero dei ferri.

## Armatura di rinforzo

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Numero minimo ferri:** specificare il minimo numero di ferri da considerare nella zona di rinforzo.

**Interferro minimo sotto il quale non è possibile aggiungere ferri:** specificare il valore minimo della distanza fra i ferri sotto il quale non è possibile aggiungere ferri nella zona di rinforzo.

**Aggiungi staffe chiuse:** specificare se e con quale diametro e passo aggiungere delle staffe chiuse nella zona di rinforzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Stesso diametro armatura diffusa orizzontale**
- **Diametro imposto**

- **Stesso passo armatura diffusa orizzontale**
- **Passo imposto**

### Armatura secondaria

**Diametro ferri di collegamento:** specificare il diametro dei ferri di collegamento fra le due armature disposte su facce parallele.

**Numero ferri di collegamento (a mq):** specificare il numero dei ferri di collegamento (a mq) fra le due armature disposte su facce parallele. Si ricorda che la normativa prevede un numero minimo di 6 collegamenti a mq (D.M. 14/02/92 par. 5.3.4) o 9 collegamenti a mq (D.M. 17/01/18 par. 7.4.6.2.4).

**Lunghezza ancoraggio ferri di collegamento:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per ogni collegamento fra le due armature disposte su facce parallele. Ad esempio specificando 10 cm per pareti di spessore 30 cm verranno conteggiati dei collegamenti di lunghezza pari a  $30 - 2 \cdot C_r + 10 + 10$  cm in totale, dove  $C_r$  è il copriferro specificato.

### Dati per progettazione agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**
- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Controllo rapporto X/D:** specificare se deve essere effettuato il controllo di normativa relativo al rapporto X/D fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione.

**Classificazione barre tese/comprese:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "comprese" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al disotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

## Nuclei

---

### Introduzione

È possibile progettare a pressoflessione e taglio le armature di nuclei irrigidenti in c.a. (come vani ascensore, pareti isolate, ecc.) costituiti da muri e/o da elementi bidimensionali, che siano stati associati a formare un unico nucleo come indicato in **Definizione nuclei** e che abbiano:

- numero diverso da zero;
- tipologia con utilizzo nucleo.

Nel caso di progetto secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 16/01/96 e di strutture non dissipative con il D.M. 17/01/18 il nucleo può essere costituito da più pareti ed è quindi possibile riunire in un nucleo unico eventuali vani scale, ascensore di forma qualunque. La progettazione dei nuclei potrebbe non essere ottimale nel caso di geometrie particolarmente complesse. Nel caso di progetto secondo il D.M. 17/01/18 di strutture dissipative i nuclei devono essere costituiti da pareti **single** e quindi occorre definire come nuclei diversi le singole pareti dei vani scale, ascensore, ecc. Per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**.

Viene sempre effettuato il progetto esecutivo, le armature teoriche strettamente necessarie non possono essere visualizzate trattandosi di progetto a pressoflessione su sollecitazioni globali. Le armature teoriche visualizzabili nelle finestre di modellazione cliccando nel gruppo **Af teoriche** della scheda **Post-Processor**



su **Bidi** non corrispondono alle armature del nucleo perché sono riferite a sollecitazioni locali.

Automaticamente è possibile progettare le armature e generare i disegni esecutivi, mentre interattivamente è possibile modificare l'armatura proposta o al limite armare in modo manuale il nucleo.

ModeSt crea e mantiene aggiornate la relazione di calcolo ed il computo delle armature.

È anche possibile consultare i tutorial: **Progettazione automatica armature** e **Progettazione interattiva armature nuclei e pareti irrigidenti**.

## Progettazione interattiva nuclei

Nell'ambiente di progettazione interattiva nuclei, se l'armatura del nucleo era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico del nucleo. Al termine della progettazione è possibile archiviare il nucleo e creare o aggiornare i file necessari.

È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature nuclei e pareti irrigidenti**.

Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:

### Proprietà correnti


Nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** è possibile: stabilire i diametri da utilizzare per aggiungere nuovi ferri o da assegnare a ferri esistenti; indicare la modalità di **Inserimento** (Semiautomatica, Manuale, Passo); indicare il valore del **Passo** dei ferri verticali; specificare la modalità di **Completamento** (Adattata, Terminata, Nessuna), nel caso si utilizzi la modalità di inserimento a Passo occorre specificare cioè come il programma debba comportarsi nel caso in cui la lunghezza della parete non sia un multiplo del passo. Per approfondimenti si veda il capitolo **Posizionamento armature**.


Nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** è possibile stabilire la staffatura da utilizzare per aggiungere nuove staffe o da assegnare a staffe esistenti.

Stabilire il **Livello** corrente. I livelli oltre al primo vengono visualizzati solo schematicamente per permettere il controllo delle tensioni.


**Utilizzo da linea di comando:** **FERC** (Ferro corrente), **STAC** (Staffatura corrente), **LIV** (Cambia livello nucleo).


### Generali

**Progetta aut.**  la progettazione dell'armatura è possibile effettuarla utilizzando le impostazioni dei criteri di progetto selezionando l'opzione "Usa criterio di progetto" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando oppure mantenendo le modifiche effettuate alla tipologia dell'armatura orizzontale deselezionando la suddetta opzione.

**Ricalcola**  effettua il controllo che il nucleo sia verificato e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie.

**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico del nucleo.

**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato al nucleo.

**Mod. configurazione**  modifica la tipologia dell'armatura orizzontale.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).

### Risultati num.


**Sollecitazioni**  visualizza le informazioni sui valori delle sollecitazioni nei nuclei.


**Utilizzo da linea di comando:** **?SLN** (Informazioni sollecitazioni nuclei).

### Diagrammi

I comandi sono visualizzabili solo se è stato eseguito il calcolo delle tensioni e si riferiscono al caso di verifica impostato nella casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche**.

**Sigma c.**  attiva o disattiva il disegno della tensione di compressione nel calcestruzzo.


**Sigma f.**  attiva o disattiva il disegno della tensione nei ferri verticali.


**Epsilon**  attiva o disattiva il disegno della deformazione allo stato limite ultimo.


Selezionando un caso di verifica dalla casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche** è possibile controllare le sollecitazioni e le tensioni nelle singole combinazioni delle CCE, mentre selezionando il "livello" dalla relativa casella di riepilogo a discesa nel pannello **Proprietà correnti** si possono visualizzare i vari livelli ed i relativi stati tensionali.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSC** (Disegna sigma calcestruzzo), **DSF** (Disegna sigma ferri), **DEPS** (Disegna epsilon), **VERC** (Verifiche correnti).

## Ferri

**Aggiungi**  aggiunge un nuovo ferro con la modalità di **Inserimento** indicata nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti**.


**Assegna**  assegna al ferro selezionato con il cursore grafico la combinazione di diametri corrente.

**Elimina**  elimina il ferro selezionato con il cursore grafico. Tenendo premuto il tasto Shift elimina tutti i ferri sulla faccia della relativa parete.

Attraverso il tasto destro sui ferri verticali è possibile cambiare il diametro con l'opzione *Proprietà*.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGF** (Aggiungi ferro), **AFER** (Assegna ferro), **ELIF** (Elimina ferro).

## Zone staffatura


**Assegna**  assegna o aggiunge la staffatura corrente nella zona di staffatura selezionata con il cursore grafico.



**Unifica**  unifica le zone di staffatura in cui è diviso il nucleo.


Attraverso il tasto destro sulle staffe è possibile cambiare il diametro e il passo con l'opzione *Proprietà*.


**Utilizzo da linea di comando:** **ASTA** (Assegna staffatura), **UNIZ** (Unifica zona).


## Disegno

**Parete**  aggiunge o elimina il disegno dell'armatura della parete in prospettiva cliccando rispettivamente su

**Aggiungi**  o su **Elimina** .

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale del nucleo progettato.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **DPAR** (Disegna parete), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DCMP** (Disegna computo).

# Note tecniche

## Progetto armature

Il progetto automatico delle armature viene eseguito utilizzando l'armatura indicata nei criteri di progetto ed operando tutte le necessarie verifiche. Viene segnalato se l'armatura è insufficiente ed in tal caso occorrerà modificarla o integrarla in progettazione interattiva. ModeSt non è in grado di scegliere automaticamente le armature in una configurazione complessa come quella di un nucleo. La progettazione automatica va pensata quindi come un semplice controllo su un'armatura "standard" che il progettista usa abitualmente nell'armatura dei nuclei.

Nel caso in cui all'interno del nucleo ci siano muri/elementi bidimensionali con criteri di progetto diversi non è prevedibile quale criterio sia adottato dal programma per progettare il nucleo. Si consiglia di impostare un unico criterio di progetto.

Il sistema di riferimento delle sollecitazioni sulle sezioni dei livelli di progetto dei nuclei riportate in relazione di calcolo è definito come segue:

- Se il nucleo è composto da una sola parete le sollecitazioni sono riferite al sistema di riferimento locale della sezione dei livelli di progetto. Tale sistema di riferimento ha l'asse X normale al piano della sezione e gli assi Y e Z rispettivamente parallelo ed ortogonale al piano della parete.



- Se il nucleo è composto da più pareti (progettazioni antecedenti al D.M. 17/01/18) allora le sollecitazioni sono riferite al sistema di riferimento globale.

## Verifiche secondo il D.M. 17/01/18

La verifica dei nuclei secondo il D.M. 17/01/18 suscita numerosi problemi di interpretazione delle indicazioni della normativa, palesemente derivante dagli Eurocodici e quindi probabilmente impostata su metodi di calcolo e di modellazione tipici di molti anni fa (schemi a telaio, analisi sismica statica). **I nuclei del programma corrispondono alle PARETI del par. 7.4.4.5 del D.M. 17/01/18.**

In primo luogo si nota come tutte le indicazioni facciano sempre riferimento a "pareti", con al più qualche indicazione su come far collaborare parti di pareti contigue. Il programma è in grado di verificare solo nuclei dissipativi costituiti da una sola parete. Occorre quindi che l'utente provveda a suddividere in nuclei diversi eventuali vani scale, ascensore, ecc. costituiti da più pareti. Operazione non necessaria nel caso di strutture non dissipative o di nuclei classificati come non dissipativi (si veda il parametro **Elemento dissipativo** nei criteri di progetto armatura nuclei).

I punti principali di controversa applicazione risultano quelli di valutazione delle sollecitazioni di calcolo (7.4.4.5.1). Si riporta un'analisi critica di quanto indicato in normativa con alcuni suggerimenti su come operare attraverso i criteri di progetto ed alcune spiegazioni su come si comporta ModeSt.

### MOMENTO FLETTENTE

*Il diagramma dei momenti flettenti lungo l'altezza della parete è ottenuto per traslazione verso l'alto dell'inviluppo del diagramma dei momenti derivante dall'analisi.*

La traslazione verso l'alto è a favore di sicurezza solo per pareti con comportamento a mensola. In strutture appena più complesse si ha spesso un andamento dei momenti flettenti che nelle parti alte della parete comporterebbe con la traslazione verso l'alto ad una **diminuzione** del momento di verifica, il che pare contrario allo spirito della normativa.

*L'inviluppo può essere assunto lineare, se la struttura non presenta significative discontinuità in termini di massa, rigidità e resistenza lungo l'altezza.*

Al di là dei noti problemi per capire se una struttura spaziale sia o meno regolare lungo l'altezza specialmente in termini di rigidità (si vedano le note riportate nel comando **Informazioni spostamenti e rigidità teoriche di impalcato**) questo comma fa pensare da un lato ad un metodo di calcolo semplificato (utilizzabile solo nelle condizioni citate) per l'individuazione delle sollecitazioni nelle varie sezioni della parete, e da un altro lato (se si fa riferimento ai diagrammi e alle note presenti nell'Eurocodice 8 e che la normativa non riporta) alla necessità di cautelarsi contro un sottodimensionamento delle armature nei piani intermedi della parete, poco sollecitate in caso di inversione del momento e nel caso di pareti accoppiate. Anche in questo caso inoltre talvolta la linearizzazione prima della traslazione può portare ad una diminuzione dei momenti di verifica.

*La traslazione deve essere in accordo con l'inclinazione degli elementi compressi nel meccanismo resistente a taglio e può essere assunta pari ad  $h_{cr}$  (altezza della zona inelastica di base).*

Se è **"l'entità"** della traslazione che ... *deve essere in accordo* ... niente da eccepire, ma se si intende anche il verso, allora in caso di inversione del momento nella parte alta della parete, ne risulterebbe un'inversione dell'inclinazione degli elementi compressi e quindi la traslazione dovrebbe essere verso il basso, il che è in contraddizione con quanto detto poco prima.

Se si aggiunge a quanto detto che l'Eurocodice riporta che tale inviluppo è da considerarsi per pareti snelle si comprende come sia ambiguo il metodo di calcolo da adottare. ModeSt consente attraverso i criteri di progetto di decidere se fare l'inviluppo e la traslazione (si veda i parametri **Inviluppo e traslazione dei momenti flettenti, Usa diagramma linearizzato** nei criteri di progetto armatura nuclei). La traslazione viene sempre fatta verso l'alto, ma in ogni caso non vengono mai adottati momenti inferiori a quelli derivanti dal calcolo.

### TAGLIO

*Per strutture si deve tener conto del possibile incremento delle forze di taglio a seguito della formazione della cerniera plastica alla base della parete.*

Questa è una prescrizione generica che non presenta particolari problemi, ma che viene poi spiegata in modo abbastanza ambiguo.

*Nelle strutture miste, il taglio nelle pareti non debolmente armate deve tener conto delle sollecitazioni dovute ai modi di vibrare superiori. A tal fine, il taglio derivante dall'analisi può essere sostituito ...*

Nel caso di analisi dinamica con un sufficiente numero di modi, si è già tenuto conto dei modi di vibrare superiori? Considerando inoltre che l'Eurocodice riporta questa disposizione solo per le pareti snelle, si capisce come anche in questo caso ModeSt non possa decidere come comportarsi, come non può decidere se la struttura è mista e se la parete è "non debolmente armata". Anche in questo caso la decisione è regolata da uno specifico criterio di progetto (si veda il parametro **Inviluppo e traslazione sforzi di taglio** nei criteri di progetto armatura nuclei).

*Il taglio deve essere incrementato del fattore ...*

Si noti come tutte le formule relative all'incremento del taglio facciano riferimento al fattore di comportamento  $q$ . Poiché la struttura può avere comportamento sismico diverso nelle due direzioni e poiché le pareti possono non essere allineate alle direzioni del sisma non è ben chiaro quale fattore vada preso. ModeSt effettua i calcoli dell'incremento con entrambi i fattori di struttura e un apposito criterio consente di decidere se prendere il valore massimo risultante o la proiezione in direzione della parete dei due valori (si veda il parametro **Modalità di valutazione parametri nel caso di sisma diverso per X e Y** nei criteri di progetto armatura nuclei).

**Nota:** si fa presente che ad oggi non è possibile inserire in ModeSt armature inclinate diagonali nelle pareti e quindi il termine  $V_{id}$  della 7.4.18 è sempre nullo. Di conseguenza non viene controllato il disposto di normativa "Per le pareti tozze deve risultare  $V_{id} > V_{Ed}/2$ ".

## SFORZO NORMALE

*Per le **pareti estese debolmente armate**, occorre limitare le tensioni di compressione nel calcestruzzo per prevenire l'instabilità fuori dal piano, secondo quanto indicato nel § 4.1.2.3.9.2 per i pilastri singoli. Se il fattore di comportamento  $q$  è superiore a 2, si deve tener conto delle forze assiale dinamica aggiuntiva (...). In assenza di più accurate analisi ...*

Anche in questo caso non è chiaro se l'aver effettuato una analisi dinamica della struttura possa essere considerata una "accurata analisi" e quindi la scelta se amplificare o meno lo sforzo normale è lasciata al progettista (si veda il parametro **Incremento del 50% delle forze assiali** nei criteri di progetto armatura nuclei). Se l'amplificazione è attivata, in caso di analisi sismica statica ogni caso di verifica ne genera due, rispettivamente con l'incremento ed il decremento dello sforzo normale e con le altre componenti di sollecitazione invariate. Nel caso di analisi sismica dinamica l'incremento di sforzo normale viene assunto con lo stesso segno con cui è stata considerata la componente dinamica derivante dal calcolo.

## Verifiche a pressoflessione

Al piede di ogni livello ModeSt effettua l'integrazione delle tensioni negli elementi bidimensionali o delle sollecitazioni nei muri in modo da ricavare i valori complessivi di sforzo normale e momento flettente che agiscono sul nucleo. Se sopra al nucleo in esame è stato definito un altro nucleo, vengono integrati anche gli sforzi al piede del primo livello del nucleo soprastante, per permettere il controllo delle tensioni delle armature di ripresa in funzione delle sollecitazioni soprastanti, ma con riferimento alla geometria di testa del nucleo in esame.

Tutti i livelli vengono verificati quindi per le sollecitazioni che gli competono come una sezione pressoinflessa con calcestruzzo reagente solo a compressione. Nessuna semplificazione viene effettuata nei confronti della geometria e dell'armatura (le barre d'armatura vengono considerate nella loro reale posizione) e ModeSt riconosce automaticamente la mancanza di elementi (aperture).

## Verifiche a taglio

Per effettuare le verifiche a taglio, sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite, ModeSt analizza ogni pezzo di parete costituente il nucleo e valuta i valori di  $\tau_l$  e  $\tau_t$  (taglio longitudinale e trasversale in coordinate locali) integrando le relative tensioni tangenziali o sforzi di taglio.

Agli **stati limite** il programma non esegue le verifiche in direzione ortogonale alla parete in quanto mancano indicazioni normative in merito. Le armature tese e compresse e le zone di calcestruzzo tese e compresse vengono valutate con riferimento allo stato limite ultimo dell'intero nucleo.

Alle **tensioni ammissibili** il programma opera nel modo seguente:

- Vengono calcolate le tensioni tangenziali:

$$\tau_l = \frac{k_l \cdot T_l}{A}$$
$$\tau_t = \frac{k_t \cdot T_t}{A}$$

dove  $A$  è l'area dell'elemento e  $k_l$  e  $k_t$  sono fattori moltiplicativi definiti nei criteri di progetto (vedi **Fattore moltiplicativo per calcolo  $\tau_l$  ( $\tau_t$ )**).

Risulta infatti complesso stabilire se il nucleo deve essere trattato come una sezione compatta parzializzata, come una mensola tozza o come una sezione interamente reagente (non parzializzata). Anche l'applicazione della formula di Jourasky è di dubbia validità per una sezione sicuramente non "compatta" come quella di un nucleo e nella quale una ripartizione delle tensioni tangenziali è già avvenuta in fase di calcolo con il solutore. Il coefficiente  $k$  permette all'utente di stabilire il metodo di calcolo delle tensioni tangenziali, eventualmente modificando i criteri di progetto dopo aver controllato le tensioni nelle varie CC.

Si ricorda che per sezioni compatte parzializzate si considera comunemente:

$$\tau = \frac{T}{0.9 \cdot A}$$

e quindi

$$k = \frac{1}{0.9} = 1.11$$

mentre per sezioni non parzializzate si può porre:

$$\tau = \frac{T}{1.5 \cdot A}$$

e quindi

$$k = 1.5$$

I valori precedenti si riferiscono al calcolo della  $\tau_{\max}$ , mentre l'utente può decidere di considerare la  $\tau_{\text{media}}$  e quindi porre in ogni caso  $k_l = k_t = 1$ .

- Definite in tal modo  $\tau_l$  e  $\tau_t$  vengono calcolate le tensioni nelle barre orizzontali del singolo elemento come:

$$\sigma_0 = \frac{\tau_l \cdot S}{A_0}$$

dove S è lo spessore dell'elemento e  $A_0$  l'area di ferro orizzontale a metro lineare verticale.

In pratica si considera quindi lo sforzo di scorrimento relativo ad un tratto di nucleo di altezza unitaria.

- I valori di  $\tau_l$  non vengono utilizzati per il calcolo delle tensioni nelle armature di collegamento. Si ricorda inoltre che alcuni solutori (quali ad esempio i solutori della serie SAP) non forniscono il valore di  $\tau_t$  per gli elementi bidimensionali (taglio fuori piano).

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali di progetto e disegno armatura nuclei

Si tratta di criteri che stabiliscono alcuni parametri validi per tutti i nuclei presenti nella struttura, indipendentemente quindi dal numero del criterio di progetto assegnato nella definizione del tipo di elemento bidimensionale che li caratterizza.

#### Parametri di progetto

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

#### Armatura a taglio

**Progetta a taglio con traliccio ad inclinazione variabile:** specificare se progettare e verificare l'armatura a taglio con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile ( $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$ ) oppure se adottare sempre un traliccio con inclinazione delle bielle comprese di  $45^\circ$  a cui corrisponde  $\text{ctg } \theta = 1$ . Nel caso di progettazione con traliccio ad inclinazione variabile sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Classe A:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  sia all'interno che all'esterno delle zone critiche. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.
- **Classe B:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  sia all'interno che all'esterno delle zone critiche. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.

#### Parametri di disegno

Nella creazione dei disegni delle armature dei nuclei oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili numerose altre opzioni.

**Scala disegno nuclei:** specificare la scala con la quale disegnare l'armatura dei nuclei.

**Campitura disegno nucleo:** specificare se effettuare la campitura ed il tipo di campitura da utilizzare per le sezioni del nucleo, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rada**
- **Fitta**

**Quotatura:** specificare se il disegno dei nuclei deve essere o meno completo di quotature.

#### Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose in termini di massima tensione nell'armatura, nel calcestruzzo.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.

# Criteri di progetto armatura nuclei

## Materiali

**Considera come elemento esistente:** specificare se il nucleo è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il nucleo è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{c0}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il nucleo è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità (Agt):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8A.6.5 della Circolare del D.M. 14/01/08.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

## Parametri di calcolo

**Copriferro:** specificare la distanza del bordo del ferro esterno dalla superficie del calcestruzzo.

**Fattore moltiplicativo per calcolo  $\tau_1$  ( $\tau_1$ ):** poiché risulta complesso stabilire se il nucleo è trattabile come una sezione compatta parzializzata, come una mensola tozza o come una sezione interamente reagente (nelle zone non parzializzate), l'utente può definire due moltiplicatori  $k_l$  e  $k_t$  utilizzati per il calcolo delle tensioni tangenziali in ognuno degli elementi costituenti il nucleo. Per maggiori dettagli si veda **Verifiche a taglio**.

**Fattore di riduzione per ancoraggio ferri:** specificare di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_{c0}$  o di  $F_{bd}$  (definito fra le caratteristiche dei materiali) per calcolare la tensione tangenziale di aderenza ammissibile necessaria per il calcolo degli ancoraggi dei ferri. Ad esempio specificando 0.6 si impone una riduzione di  $\tau_{c0}$  o di  $F_{bd}$  del 40%. Si ricorda che la normativa ammette riduzioni anche fino al 50%.

**Lunghezza ancoraggi armature:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per i ferri d'armatura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata in funzione della  $\sigma_f$ :** la lunghezza degli ancoraggi è pari al risultato del calcolo teorico con  $\sigma_f = \sigma_{amm}$  e coefficiente di riduzione specificato nel criterio precedente.
- **Imposta come multiplo del diametro:** la lunghezza degli ancoraggi è pari al multiplo del diametro dei ferri.
- **Lunghezza minima pari a:** la lunghezza dei ferri di ancoraggio viene imposta pari al valore specificato nel caso in cui la lunghezza dell'ancoraggio calcolata in funzione della  $\sigma_f$  o come multiplo del diametro sia inferiore al valore impostato.

Non vengono effettuate le verifiche d'aderenza.

**Rispetta prescrizioni relative alle pareti anche nei nuclei:** specificare se applicare ad ogni singola parete costituente il nucleo le prescrizioni di normativa relative alle "pareti".

**Considera pressoflessione retta per pareti isolate:** specificare se le verifiche delle pareti isolate debbano essere eseguite a pressoflessione retta o deviata. Nel caso struttura calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, quando occorra fare traslazioni e involuppo dei momenti e se in parte il nucleo è in zona critica, viene sempre eseguita la verifica a pressoflessione retta. La parete può essere costituita anche da muri/elementi bidimensionali meshati sia orizzontalmente che verticalmente purché nel loro insieme costituiscano una parete isolata.

**Armatura secondo Circ. 65 del 10/4/97:** specificare se, nel caso di calcolo sismico, l'armatura debba corrispondere ai requisiti della Circolare dei LL.PP. n. 65 del 10/4/97.

**Conteggiare le riprese in elevazione:** specificare se si vogliono conteggiare o meno le riprese dei ferri in elevazione. Questo parametro consente di progettare un unico nucleo dal piano di fondazione fino alla testa dell'edificio, ma di conteggiare nel computo dei materiali un numero di riprese pari al numero di interpiani dell'edificio.

**Conteggiare le riprese in fondazione:** specificare se si vogliono conteggiare o meno le riprese dei ferri in fondazione. Se il parametro è attivo ModeSt ricerca eventuali travi di fondazione o elementi bidimensionali su suolo elastico sotto il nucleo e setta di conseguenza il numero e la lunghezza dei ferri di ripresa dalla fondazione.

## Parametri di calcolo per il D.M. 18

**Elemento dissipativo:** specificare se il nucleo debba essere considerato o meno come un elemento di tipo dissipativo. Se l'opzione è deselezionata il nucleo sarà considerato come un elemento non dissipativo e nel caso di struttura calcolata come dissipativa verrà progettato e verificato con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è selezionata il nucleo sarà considerato come un elemento dissipativo e nel caso di struttura calcolata come non dissipativa verrà comunque progettato e verificato con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND).

**Inviluppo e traslazione dei momenti flettenti:** specificare se e come traslare lungo l'altezza del nucleo l'inviluppo del diagramma dei momenti derivante dal calcolo come previsto nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18 (per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sempre**
- **Solo per analisi sismiche statiche**
- **Mai**

**Usa diagramma linearizzato:** specificare se traslare il diagramma dei momenti flettenti linearizzato oppure semplicemente quello derivante dal calcolo come previsto nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18: *"L'inviluppo può essere assunto lineare se la struttura non presenta significative discontinuità in termini di massa, rigidezza e resistenza lungo l'altezza"*.

**Incremento del 50% delle forze assiali:** specificare se incrementare e decrementare del 50% le sollecitazioni assiali indotte dalle azioni statiche relative alle sole combinazioni di tipo sismico come previsto nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18 (per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sempre**
- **Solo per analisi sismiche statiche**
- **Mai**

**Incremento dello sforzo di taglio:** specificare se incrementare le sollecitazioni di taglio come previsto nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18 (per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**). Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Nessun incremento:** le sollecitazioni di taglio sono quelle derivanti dal calcolo della struttura.
2. **Incremento secondo espressioni 7.4.14 o 7.4.15:** le sollecitazioni di taglio derivanti dal calcolo della struttura vengono incrementate secondo le espressioni 7.4.14 o 7.4.15.
3. **Incremento pari a:** viene assunto il valore specificato.

**Inviluppo e traslazione sforzi di taglio:** specificare se inviluppare e traslare il diagramma delle sollecitazioni di taglio come previsto nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 17/01/18 (per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sempre**
- **Solo per analisi sismiche statiche**
- **Mai**

**Modalità di valutazione parametri nel caso di sisma diverso per X e Y:** poiché la struttura può avere comportamento sismico diverso nelle due direzioni e poiché le pareti possono non essere allineate alle direzioni del sisma, è possibile con questa opzione specificare come valutare le espressioni 7.4.13 o 7.4.14 riportate nel par. 7.4.4.5.1 del D.M. 14/01/08 (per approfondimenti si veda **Verifiche secondo il D.M. 17/01/18**). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Usa valore massimo:** viene considerato il massimo valore fra quello calcolato con il fattore di comportamento in direzione X e Y.
- **Componi in direzione parete:** viene considerata la composizione della proiezione lungo la parete dei valori calcolati con i fattori di struttura in direzione X e Y.

**Modalità di ripartizione taglio di calcolo per pareti con fori:** specificare in che modo, nel caso di pareti di nuclei con uno o più fori, vada ripartito il taglio di calcolo (derivante da amplificazioni e/o traslazioni). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **In funzione delle sollecitazioni agenti nelle zone resistenti (con segno):** il taglio viene ripartito rispettando le stesse modalità con cui il taglio complessivo agente si ripartisce nelle diverse parti componenti la parete. Nel caso in cui il taglio si ripartisca con segni diversi, questo può portare a forti aumenti dei singoli tagli di verifica, ma è il modo più matematicamente corretto.
- **In funzione delle sollecitazioni agenti nelle zone resistenti (in valore assoluto):** il taglio viene ripartito in proporzione ai tagli agenti assorbiti dalle diverse parti della parete indipendente dal loro segno. In questo modo si eliminano i problemi derivanti dall'approccio puramente matematico, ma si perde il concetto che il taglio di calcolo sia una amplificazione del taglio agente. A livello concettuale il taglio di calcolo è considerato come un taglio fittizio.
- **In funzione delle aree delle zone resistenti:** il taglio viene ripartito in proporzione alle aree (e quindi alle rigidità) delle diverse parti della parete indipendentemente dal suo segno. Il taglio di calcolo è definitivamente considerato come un taglio fittizio che viene ripartito in funzione delle rigidità a taglio.

**Armatura a flessione e a taglio**

**Armatura verticale:** specificare il diametro e il passo dei ferri costituenti l'armatura verticale principale.

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Armatura orizzontale:** specificare il diametro e il passo dei ferri costituenti l'armatura orizzontale principale.

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Modalità di completamento armatura verticale:** specificare come il programma debba comportarsi nel caso in cui la lunghezza della parete non sia un multiplo del passo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Adattata:** il passo dei ferri viene ridotto in modo da posizionare il primo e l'ultimo ferro della parete adiacenti all'estremità interna della staffa.
- **Terminata:** il passo dei ferri non viene cambiato e vengono aggiunti due ferri adiacenti all'estremità interna della staffa.
- **Nessuna:** il passo dei ferri non viene cambiato e non vengono aggiunti ferri all'estremità della parete.

**Tipo di armatura orizzontale:** specificare il tipo di armatura orizzontale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Dritta:** vengono disposti ferri dritti.
- **Con risvolti di estremità:** vengono disposti ferri con risvolto di lunghezza pari allo spessore della parete meno due volte il copriferro e il diametro della staffa.
- **A staffa chiusa:** vengono disposte staffe chiuse.

**Armare le pareti corte con staffe:** specificare se armare le pareti con staffe chiuse. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Se più corte di un multiplo dello spessore pari a:** vengono armate con staffe chiuse le pareti più corte del multiplo dello spessore impostato.
- **Se più corte di:** vengono armate con staffe chiuse le pareti più corte della lunghezza imposta.

## Armatura secondaria

**Diametro ferri di collegamento:** specificare il diametro dei ferri di collegamento fra le due armature disposte su facce parallele.

**Numero ferri di collegamento (a mq):** specificare il numero dei ferri di collegamento (a mq) fra le due armature disposte su facce parallele. Si ricorda che la normativa prevede un numero minimo di 6 collegamenti a mq (D.M. 14/02/92 par. 5.3.4) o 9 collegamenti a mq (D.M. 17/01/18 par. 7.4.6.2.4).

**Lunghezza ancoraggio ferri di collegamento:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per ogni collegamento fra le due armature disposte su facce parallele. Ad esempio specificando 10 cm per pareti di spessore 30 cm verranno conteggiati dei collegamenti di lunghezza pari a  $30 - 2 \cdot C_r + 10 + 10$  cm in totale, dove  $C_r$  è il copriferro specificato.

## Armatura di estremità

**Modalità di chiusura estremi liberi delle pareti:** specificare se e in che modo chiudere l'armatura orizzontale in prossimità degli estremi liberi. Le zone d'intersezioni tra pareti non sono considerate normalmente estremi liberi, comunque in progettazione interattiva è possibile applicare lo stesso tipo di chiusura anche per queste zone. Nel caso di armatura ai sensi del D.M. 17/01/18 vengono sempre usate staffe chiuse, vengono considerate le lunghezze minime imposte dalla normativa e vengono terminati anche gli estremi non liberi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Nessuna chiusura:** non viene eseguita nessuna chiusura.
- **Chiusura con ferri ad U:** l'armatura orizzontale viene terminata con ferri a forma di U e di lunghezza pari a quanto specificato nel parametro **Lunghezza armatura di chiusura**.
- **Chiusura con staffe:** l'armatura orizzontale viene terminata con staffe di lunghezza pari a quanto specificato nel parametro **Lunghezza armatura di chiusura**.

**Lunghezza armatura di chiusura:** specificare il metodo di calcolo della lunghezza dei ferri di chiusura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Multiplo dello spessore pari a:** specificare il valore del multiplo dello spessore per il calcolo della lunghezza dei ferri di chiusura.

- **Lunghezza fissa par a:** specificare il valore della lunghezza dei ferri di chiusura.

**Modalità di chiusura estremi interni delle pareti:** specificare se e in che modo chiudere l'armatura orizzontale in prossimità degli estremi interni alla parete che corrispondono alle estremità delle aperture. Nel caso di armatura ai sensi del D.M. 17/01/18 vengono sempre usate staffe chiuse, vengono considerate le lunghezze minime imposte dalla normativa. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Nessuna chiusura:** non viene eseguita nessuna chiusura.
- **Chiusura con ferri ad U:** l'armatura orizzontale viene terminata con ferri a forma di U e di lunghezza pari a quanto specificato nel parametro **Lunghezza armatura di chiusura**.
- **Chiusura con staffe:** l'armatura orizzontale viene terminata con staffe di lunghezza pari a quanto specificato nel parametro **Lunghezza armatura di chiusura**.

**Lunghezza armatura di chiusura:** specificare il metodo di calcolo della lunghezza dei ferri di chiusura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Multiplo dello spessore par a:** specificare il valore del multiplo dello spessore per il calcolo della lunghezza dei ferri di chiusura.
- **Lunghezza fissa par a:** specificare il valore della lunghezza dei ferri di chiusura.

### Dati per progettazione agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**
- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Controllo rapporto X/D:** specificare se deve essere effettuato il controllo di normativa relativo al rapporto X/D fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione.

**Classificazione barre tese/comprese:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "comprese" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al disotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

## Solette/platee

---

### Introduzione

È possibile progettare a flessione, a taglio e a punzonamento solette o platee di forma qualunque (anche con fori) e con spessori diversi composte da elementi bidimensionali, **che appartengono a piani (orizzontali o inclinati) per i quali è stato creato il disegno della carpenteria di piano**, che abbiano:

- numero diverso da zero;
- tipologia con utilizzo soletta/platea;
- la carpenteria di piano sia stata creata con l'opzione "Passante per tre nodi selezionati" per solette o platee giacenti su piani inclinati.



e che rispettino le seguenti limitazioni:

- l'armatura può avere solo due direzioni distinte, ortogonali fra loro, non necessariamente parallele agli assi coordinati, ma non sono previste armature radiali.

Viene sempre effettuato il progetto esecutivo, le armature teoriche strettamente necessarie possono essere



visualizzate cliccando nel gruppo **Af teoriche** su **Bidi**. Nel caso di verifica con il metodo degli Stati Limite è possibile eseguire anche la verifica a taglio per solette/platee. Il progetto dell'armatura può essere eseguito con il metodo classico oppure con quello di **Wood**.

Automaticamente è possibile progettare le armature a flessione e generare i disegni esecutivi, mentre interattivamente è possibile modificare l'armatura proposta o al limite armare in modo manuale la soletta/platea ed inserire zone di armatura a taglio.

È possibile inserire armature anche in zone con spessore diverso e in cui le superfici di armatura presentano delle discontinuità. L'indicazione su quale superficie si intende operare si effettua nella sezione **Posizionamento** del pannello **Proprietà correnti**; impostando la modalità automatica le ambiguità verranno risolte in funzione della disposizione dei disegni e dei punti indicati con il cursore grafico e quindi i ferri verranno inseriti nelle direzioni individuate dalla disposizione e dal cursore. La disattivazione della modalità automatica permette una gestione completamente manuale sia nell'assegnazione dell'armatura che nell'inserimento di zone d'armatura concentrata.

La direzione di armatura può essere specificata nelle varie superfici rendendole correnti e cliccando nel gruppo **Zone armature** su **Asse X**.

Interattivamente è possibile aggiungere zone di armatura di rinforzo sia a flessione che a taglio e se all'interno della soletta/platea sono presenti aste virtuali di cui sia stata progettata l'armatura, le relative zone vengono considerate implicitamente già verificate per flessione nella direzione della trave e completamente per taglio.

Per quanto riguarda le verifiche a punzonamento si fa presente che è possibile accorpare pilastri vicini sia automaticamente in base ai criteri di progetto che manualmente cliccando nel gruppo **Punzonamento** su

**Unifica**.

ModeSt crea e mantiene aggiornate la relazione di calcolo ed il computo delle armature.

È anche possibile consultare i tutorial: **Progettazione automatica armature**, **Progettazione interattiva armature solette/platee**, **Inserimento in una platea di zone di armatura con orientamento diverso** e **Progettazione interattiva di una platea con zone a diverso spessore**.

**Utilizzo da linea di comando:** **DAFB** (Disegna aree di ferro teoriche elementi bidimensionali), **ASSX** (Direzione asse X principale), **UNIP** (Unifica piramidi di punzonamento), **DISP** (Disposizione disegni), **AAZ** (Assegna armatura zona), **AGGZ** (Aggiungi zona di armatura concentrata), **FERC** (Ferro corrente).

## Progettazione interattiva solette/platee

Nell'ambiente di progettazione interattiva soletta/platea, se l'armatura della soletta/platea era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico della soletta/platea. Al termine della progettazione è possibile archiviare la soletta/platea e creare o aggiornare i file necessari.

È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature solette/platee**.

Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:

### Proprietà correnti

Nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** è possibile stabilire il diametro e il passo dell'armatura da utilizzare per aggiungere nuove zone d'armatura a flessione o da assegnare a zone esistenti diffuse o concentrate.


Nella sezione **Rinf.** del pannello **Proprietà correnti** è possibile stabilire il numero al metro quadro e il diametro dell'armatura a taglio da utilizzare per aggiungere nuove zone d'armatura a taglio o da assegnare a zone esistenti.


Nella sezione **Posizionamento** del pannello **Proprietà correnti** è possibile stabilire la superficie corrente, se è settata come superficie corrente quella "Automatica", indicando una zona generica della platea l'armatura verrà assegnata seguendo l'indicazione fornita dalla visualizzazione settata mentre se è stata impostata una superficie corrente verranno richieste la direzione e la posizione dell'armatura da assegnare. Modificare la direzione X (e quindi Y) dell'armatura con **Asse X**.


Nella sezione **Zone concentrate** del pannello **Proprietà correnti** è possibile stabilire: il **Tipo di zona** (Retangolare, Centrata su un punto generico, Centrata su un pilastro) da utilizzare per aggiungere nuove zone d'armatura concentrata; imporre una lunghezza X e/o Y delle zone d'armatura concentrata con **Imponi lungh. X** e **Imponi lungh. Y**; impostare un multiplo fisso per le lunghezze delle zone d'armatura concentrata in **Arrotondamento**.


**Utilizzo da linea di comando:** **FERC** (Ferro corrente), **SUPC** (Superfici correnti), **ASSX** (Direzione asse X principale), **TZC** (Tipo zona corrente), **LZX** (Lunghezza zona in direzione X), **LZY** (Lunghezza zona in direzione Y), **PASSO** (Imposta passo lunghezze ferri).


## Generali

**Progetta aut.**  progetta la soletta/platea esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.

**Ricalcola**  effettua il controllo che la soletta/platea sia verificata e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie.


**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico della soletta/platea.


**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato alla soletta/platea.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).

## Mappe

**Af teo. bidi**  attiva e disattiva la mappa dell'area di ferro necessaria per le combinazioni relative ai soli stati limite di esercizio e per eventuali minimi di regolamento nelle varie direzioni e posizioni (si veda **Progettazione agli stati limite**).


**M-Mu bidi**  attiva e disattiva la mappa della differenza tra i momenti agenti e quelli ultimi nelle varie direzioni.

**T-Tu bidi**  attiva e disattiva la mappa della differenza tra i tagli agenti e quelli ultimi nelle varie direzioni.

**Agg. aut. mappe** attiva e disattiva l'aggiornamento automatico delle mappe durante la modifica dell'armatura.

**Utilizzo da linea di comando:** **DAFB** (Disegna aree di ferro teoriche elementi bidimensionali), **UMAP** (Aggiornamento automatico mappe).

## Punti verifica

**Modifica**  modifica un punto di verifica. Tutti i nodi appartenenti alla soletta/platea vengono classificati come punti in cui effettuare le verifiche se necessario, la classificazione può essere modificata in "Non verificare" o in "Verifica sempre". La classificazione può essere modificata per ciascuna delle sollecitazioni di verifica: Mxx, Mzz, T. La modifica in sostanza permette di aggiungere i punti di verifica, eliminare quelli determinati automaticamente dal programma o escludere la verifica per determinate sollecitazioni.


**Utilizzo da linea di comando:** **EDPV** (Edita punti di verifica).

## Zone arm. flessione

**Progetta**  progetta automaticamente l'armatura diffusa.

**Asse X**  imposta l'orientamento della prima delle due direzioni d'armatura (asse X).

**Aggiungi**  aggiunge nuove zone d'armatura a flessione.


**Assegna**  assegna l'armatura corrente ad una zona o modifica il diametro e/o il passo a zone esistenti.


**Elimina**  elimina zone d'armatura diffusa o concentrata.

**Utilizzo da linea di comando:** **PAD** (Progetta armatura diffusa), **ASSX** (Direzione asse X principale), **AGGZ** (Aggiungi zona), **AAZ** (Assegna armatura zona), **ELIZ** (Elimina zona).

## Zone arm. taglio

**Aggiungi**  aggiunge nuove zone d'armatura a taglio.


**Assegna**  assegna l'armatura corrente ad una zona o modifica il diametro e/o il passo a zone esistenti.


**Elimina**  elimina zone d'armatura a taglio.

**Nota:** la zona interna all'armatura a taglio, con perimetro disegnato con linea tratteggiata, è l'area che assorbe il taglio mentre la cornice di tale zona, di larghezza 0.50 m, è la zona necessaria per il funzionamento dell'armatura a taglio. Le verifiche sono eseguite su una sezione di larghezza pari ad un metro secondo quanto indicato nel par. 4.1.2.3.5.2 del D.M. 17/01/2018. La grandezza rappresentativa dei rinforzi a taglio della [4.1.27] (cioè il rapporto fra l'area dell'armatura trasversale "Asw" e l'interasse tra due armature trasversali consecutive "s") è considerata pari a:  $Asw/s = n \cdot A1/1.0$ , dove "n" è il numero di rinforzi a metro quadro ed A1 è l'area del singolo rinforzo. Il valore di  $\cotg \theta$  è posto fisso e pari ad 1.






**Utilizzo da linea di comando:** **AGGZ** (Aggiungi zona), **AAZ** (Assegna armatura zona), **ELIZ** (Elimina zona).

## Punzonamento

**Progetta**  progetta solo l'armatura a punzonamento.


**Modifica**  assegna, modifica o elimina l'armatura a punzonamento. L'opzione "Verifica" permette di attivare o disattivare la verifica a punzonamento.





**Unifica**  unifica le piramidi di punzonamento, cliccando sulla freccia a destra del comando è possibile con


**Unifica automaticamente**  unificare automaticamente le piramidi di punzonamento, con **Cancella unificazioni**  cancellare tutte le unificazioni definite, con **Imposta direzione asse Y**  impostare la direzione dell'asse Y della piramide di punzonamento unificata, con **Unifica singole piramidi**  unificare le piramidi di punzonamento indicate con il cursore grafico e con **Cancella singole unificazioni**  cancellare la singola unificazione indicata con il cursore grafico.


**Utilizzo da linea di comando:** **PAP** (Progetta armatura punzonamento), **EDIP** (Edita armatura punzonamento), **UNIP** (Unifica piramidi di punzonamento).


## Disegno


**Disp.**  modifica la disposizione del disegno principale e dei disegni secondari d'armatura.


**Arm. diffusa**  crea o modifica il disegno dell'armatura diffusa, cliccando sulla freccia a destra del comando è possibile con **Nessun disegno**  cancellare gli eventuali disegni già presenti (l'indicazione del tipo di armatura diffusa viene riportata in calce al disegno), con **Totale**  disegnare tutta l'armatura diffusa con una retinatura (l'indicazione del tipo di armatura diffusa viene riportata in calce al disegno) e con **Parziale**  disegnare l'armatura diffusa con un cerchio in un punto a scelta dell'utente, con la rappresentazione e l'indicazione del tipo di armatura diffusa.

**Punzonamento**  attiva o disattiva il disegno delle piramidi di rottura per punzonamento. Il perimetro di verifica  $U_{out}$ , in cui non è più necessaria l'armatura a punzonamento, è rappresentato con una linea tratteggiata di colore blu e quello arretrato di 1.5d con una linea tratteggiata di colore rosso.

**Punti ver.**  attiva o disattiva il disegno dei punti di verifica, in cui verranno effettuate le verifiche da riportare in relazione, e che consentono di individuare i punti in cui sono soddisfatte oppure non soddisfatte le verifiche. I punti di verifica vengono visualizzati con un simbolo che indica la direzione di verifica che può assumere i seguenti colori: Verde, Rosso, Blu, che corrispondono rispettivamente a verifiche soddisfatte, non soddisfatte e da aggiornare. Il simbolo è un cerchio per verifiche alle tensioni ammissibili o agli stati limite di esercizio, un triangolo per le verifiche al limite elastico, un quadrato per verifiche agli stati limite ultimi, una "X" quando è classificato come "Non verificare". La rappresentazione dei punti di verifica viene effettuata rispettando la disposizione dei disegni. Nel caso in cui le armature in direzione X ed Y siano riportate in un unico disegno si può quindi avere una sovrapposizione dei simboli. Attivando il disegno dei punti di verifica si genera, in alto a destra del disegno della carpenteria di piano, una tabella in cui sono riportati sia i simboli che la loro descrizione.

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale della soletta/platea progettata.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **DISP** (Disposizione disegni), **DAD** (Disegna armatura diffusa), **DPUN** (Disegna punzonamento), **DPV** (Disegna punti/piani di verifica), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DCMP** (Disegna computo).

# Note tecniche

## Denominazioni

ModeSt è in grado di armare sia platee di fondazione che solette in elevazione; nel seguito si farà riferimento alle platee di fondazione, ma tutte le considerazioni esposte valgono anche per le solette in elevazione, quindi in tutti i punti in cui si fa riferimento a pilastri "inferiori" o "superiori", al segno dei momenti o alla posizione delle armature in contesti in cui il comportamento di ModeSt dipende dal fatto che la soletta sia di fondazione o di elevazione, è sottinteso che tali termini vadano intesi in senso opposto.

## Individuazione della soletta/platea

La soletta/platea viene definita utilizzando in automatico il disegno della carpenteria di piano relativa, creato da ModeSt. I nomi dei file che identificano le carpenterie non devono essere modificati.

Vengono selezionati come appartenenti alla soletta/platea tutti gli elementi i cui nodi giacciono alla quota corrispondente al disegno della carpenteria, con numero e criterio diverso da zero.

## Modalità di creazione disegni armatura

ModeSt è in grado di creare la rappresentazione grafica dell'armatura in più modi distinti, raggruppando le armature in tutte le direzioni e posizioni in un unico disegno o suddividendole per posizione e/o direzione in diversi disegni, disposti in diverse configurazioni. La modalità di disegno può essere definita nei criteri di progetto (vedi **Tipo di disegno**) e modificata in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Disegno** su



**Disp.** . Nei criteri di progetto (vedi **Particolari disegno principale** e **Particolari disegni secondari**) è possibile definire quali particolari della carpenteria di piano mantenere nei diversi disegni che vengono creati. In questo modo è possibile sia sostituire il normale disegno della carpenteria di piano con un disegno che contiene anche l'armatura della platea sia, nei casi più complessi, creare dei disegni schematici aggiuntivi con la sola armatura.

## Progetto armatura teorica a flessione

ModeSt esegue la progettazione dell'armatura considerando la sola flessione semplice, trascurando gli eventuali sforzi di trazione o compressione presenti nella platea (peraltro generalmente presenti solo nei serbatoi). L'armatura può essere progettata con la sollecitazione agente valutata considerando la massima tensione nodale oppure, se richiesto da criterio di progetto (vedi **Progetto e verifica con metodo d'integrazione**), con quella derivante dall'integrazione delle tensioni nodali, con la linea d'integrazione centrata nel punto di massima tensione nodale. Viene rispettato se richiesto da criterio di progetto (vedi **Min. percentuale di regolamento**) il minimo di regolamento percentuale per le zone tese.

Si fa notare che progettando e verificando con il metodo di integrazione non è garantita la copertura di tutti i punti della soletta. È bene controllare attraverso le mappe che solamente i punti di verifica siano scoperti dal punto di vista tensionale.

## Verifiche a taglio

Le verifiche a taglio vengono normalmente eseguite valutando le tensioni tangenziali (integrate se richiesto) su facce ortogonali alle direzioni di armatura. Questa tecnica è generalmente accettabile perché in genere localmente la direzione principale di flessione (e quindi di taglio) è congruente con le direzioni di armatura impostate.

Diverso è il caso di carichi concentrati (tipicamente pilastri) in quanto in quella zona non esiste una direzione principale di taglio. Nei nodi di questi punti infatti la media delle tensioni tangenziali, per effetto dei cambi di segno è praticamente nulla. In funzione poi della mesh e del tipo di formulazione adottata per gli elementi bidimensionali, si avrà un picco di tensione tangenziale in punti poco distanti.

Tenendo presente che in questi punti normalmente vengono eseguite le verifiche a punzonamento e quindi è possibile escludere tali punti dalle verifiche a taglio sia manualmente che tramite l'apposito criterio di progetto **Escludi punti di verifica sotto piramidi di punzonamento** è comunque possibile indicare attraverso il criterio di progetto **Verifica con taglio totale** di valutare lo sforzo di taglio utilizzando il taglio totale puntuale fuori piano. In questo caso l'eventuale integrazione delle tensioni tangenziale non viene effettuata.

Proprio per questo motivo le sollecitazioni nelle eventuali travi virtuali presenti nella soletta vengono calcolate usando il taglio totale (si veda **Tecniche di integrazione**), visto che poi nella soletta le zone interessate verranno escluse totalmente dalle verifiche a taglio.

## Progetto armatura teorica a punzonamento

Il progetto dell'armatura a punzonamento viene effettuato in tutti i nodi in cui incidono pilastri con perimetro interamente compreso all'interno della platea e non giacente sul bordo libero.

Se sul nodo incidono anche aste orizzontali o altri elementi bidimensionali non appartenenti alla platea oppure il pilastro si trova in corrispondenza del cambio di sezione della platea/soletta la verifica a punzonamento non viene effettuata.

ModeSt è in grado di riconoscere sforzi anomali di punzonamento (ad esempio platee con tensione sul terreno preponderante rispetto all'azione del pilastro), li segnala e progetta comunque correttamente l'eventuale armatura a punzonamento con ferri invertiti.

Nel caso di strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18 l'armatura a punzonamento viene calcolata utilizzando la metodologia riportata nel par. 6.4 del EC2. Il perimetro di verifica  $u_1$  viene calcolato in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Moltiplicatore altezza utile per valutare perimetro efficace (D.M. 18)**). Il valore del coefficiente  $\beta$ , dell'espressione 6.38, è determinato automaticamente dal programma. L'armatura a punzonamento, calcolata in conformità dell'espressione 6.52, può essere costituita da una sola fila di ferri piegati (il rapporto  $d/s$  è assunto pari a 0.67) oppure da barre verticali disposte radialmente in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Tipo di armatura a punzonamento**).

Il perimetro di verifica  $u_{out}$  (calcolato con l'espressione 6.54 del EC2), in cui non è più necessaria l'armatura a punzonamento, è rappresentato, nell'ambiente di progettazione interattiva soletta/platea, con una linea tratteggiata di colore blu e quello arretrato di 1.5d con una linea tratteggiata di colore rosso.

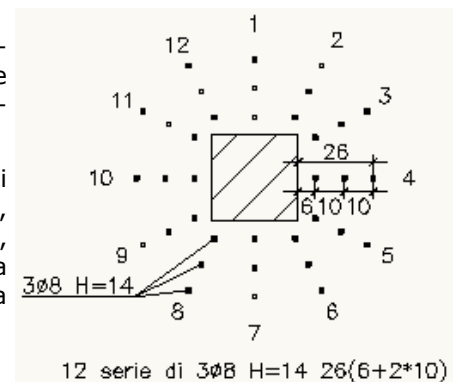
Nel caso di barre verticali disposte radialmente è possibile specificare nei criteri di progetto (vedi **Tipo di armatura a punzonamento**) se l'armatura debba essere collocata fino ad un perimetro distante  $k d$  dal perimetro di verifica  $u_{out}$  come prescritto nel par. 6.4.5 del EC2 (caso A della figura 6.22): "*Si raccomanda che il perimetro più lontano delle armature a taglio si collochi a una distanza non maggiore di  $k d$  all'interno di  $u_{out}$  ...*". Il valore di  $k$  adottato dal programma è 1.5.

Nel caso di strutture calcolate secondo il D.M. 14/02/92 o il D.M. 16/01/96 l'armatura a punzonamento viene calcolata ipotizzando una superficie di rottura a forma piramidale, con faccia superiore pari al perimetro d'ingombro del pilastro che provoca le tensioni di punzonamento e con facce inclinate secondo un angolo di  $45^\circ$ . Viene poi determinato nelle varie CC lo sforzo di punzonamento come differenza fra le azioni nei pilastri e nelle aste non orizzontali incidenti superiormente e inferiormente (considerando eventualmente anche le tensioni sul terreno sulla base inferiore della piramide di rottura). Gli sforzi tangenziali di punzonamento vengono determinati considerando  $\tau = N/(L \cdot H)$  dove  $N$  è l'azione di punzonamento,  $L$  è la lunghezza del perimetro medio delle facce valide della piramide di rottura e  $H$  è in funzione dell'altezza della platea specificabile dall'utente nei criteri di progetto (vedi **Fattore di riduzione altezza soletta/platea** e **Modifica altezza soletta/platea**). L'armatura a punzonamento viene calcolata e verificata nei casi seguenti:

- se  $\tau > \tau_{c0}$  nel caso di calcolo con metodo delle tensioni ammissibili;
- se la resistenza a punzonamento (calcolata in funzione della resistenza a trazione del calcestruzzo) è inferiore alla sollecitazione di punzonamento nel caso di calcolo con metodo degli stati limite secondo il D.M. 16/01/96.

## NOTE

- Per pilastri con forma concava (ad esempio a L o a T) viene considerato il perimetro che rende convessa la sezione, mentre per pilastri in acciaio è possibile indicare nei criteri di progetto (vedi **Allargamento piastra pilastri in acciaio**) di quanto si allarga la piastra di base rispetto all'ingombro del pilastro.
- Vengono considerate valide solo i lati del perimetro di verifica o le facce o le parti di facce della piramide di rottura con distanza dal bordo libero della platea inferiore a quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Distanza dal bordo libero (D.M. 92/96)**). Si fa presente che per calcoli eseguiti secondo il D.M. 17/01/18 la distanza dal bordo libero è assunta pari a 0.
- Per il calcolo delle armature si suppone poi che lo sforzo di punzonamento si ripartisca sui lati del perimetro di verifica o sulle varie facce della superficie piramide di rottura in modo proporzionale alla lunghezza media.
- Nel caso di armatura a punzonamento realizzata con barre verticali disposte radialmente viene riportato in sequenza il numero delle serie, il numero delle barre per ogni serie con indicato il diametro e l'altezza, la distanza radiale con specificato, fra parentesi tonde, la distanza della prima barra dal bordo del pilastro ed il numero e la distanza dell'intervallo fra le barre (vedi figura di esempio).



## Progettazione automatica armature

Per effettuare il progetto delle armature ModeSt esegue il progetto delle armature teoriche e quindi il progetto esecutivo secondo quanto specificato nei criteri di progetto.



La progettazione automatica dell'armatura a flessione viene eseguita ricercando un'armatura diffusa che rispetti i vincoli imposti dai criteri di progetto e che sia sufficiente in tutti i punti della platea. In automatico ModeSt non inserisce zone di rinforzo dell'armatura.

L'armatura a taglio non viene progettata automaticamente. Qualora le relative verifiche non fossero soddisfatte occorrerà inserire armatura diffusa o zone di rinforzo a taglio concentrate in modo interattivo.

La progettazione automatica dell'armatura a punzonamento viene eseguita tentando le disposizioni di barre (diametro e passo) previste nei criteri di progetto (vedi **Elenco diametri utilizzabili**), fino ad individuarne una in cui le barre che intersecano le facce di rottura a punzonamento abbiano una tensione inferiore alla  $\sigma_{f,adm}$  ammissibile indicata nei criteri di progetto (vedi **parametri acciaio**).

Vengono poi creati i disegni dei particolari relativi, involupando automaticamente zone con uguale forma ed armatura.

## Progettazione agli stati limite

La progettazione automatica ed interattiva delle solette/platee per strutture calcolate agli stati limite avviene con le stesse modalità esposte per il caso delle tensioni ammissibili (si veda il capitolo **Progettazione armatura teorica a flessione**).

In progettazione interattiva occorre fare alcune precisazioni:

I tipi di mappa **Xs, Xi, Ys, Yi**, visualizzabili cliccando nel gruppo **Af teoriche** della scheda **Solette/Platee**



su **Bidi**, rappresentano l'area di ferro necessaria per le combinazioni di carico agli stati limite di esercizio e per eventuali minimi di regolamento, non è quindi sufficiente che l'area di ferro assegnata copra in ogni punto l'area teorica, ma occorre anche che il momento ultimo sia superiore ai momenti agenti per le combinazioni agli stati limite ultimi. Questo può essere controllato con le mappe  $\Delta x^+$ ,  $\Delta x^-$ ,  $\Delta y^+$ ,  $\Delta y^-$ ,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , attivabili



cliccando nel gruppo **M-Mu** della scheda **Solette/Platee** su **Bidi**, che permettono di visualizzare la differenza tra i momenti agenti e quelli ultimi. In questo modo, modificando l'area di ferro diffusa o concentrata presente in qualsiasi direzione e posizione, è possibile verificare se l'armatura inserita soddisfa le verifiche.

L'individuazione delle zone in cui non risulta verificata a taglio la soletta/platea può essere effettuata con i tipi di mappe **TX, TY** in quanto permettono di visualizzare la differenza tra i tagli agenti e quelli ultimi.

## Metodo di Wood

È noto che in linea di principio si dovrebbe disporre l'armatura nelle piastre seguendo il tracciato dei momenti principali che nella pratica non è possibile, quindi la direzione dell'armatura risulta, in generale, disallineata rispetto alla direzione dei momenti principali; le conseguenze, in termini di dimensionamento dell'armatura, sono sensibili soprattutto nel caso di piastre con lati paralleli fortemente obliqui oppure localmente nel caso di piastre irregolari.

Il metodo di Wood – Armer consente di tener conto dell'effetto del disallineamento dell'armatura rispetto alla direzione dei momenti principali nel caso di armatura a maglia ortogonale.

Operativamente il metodo prevede di utilizzare per il progetto e la verifica dell'armatura in direzione X e Z non rispettivamente il momento flettente  $M_{xx}$  e  $M_{zz}$  risultante dal calcolo, ma il momento flettente equivalente  $M_{xxW}$  (o  $M_{zzW}$ ), ricavato da  $M_{xx}$  ( $M_{zz}$ ) introducendo un fattore correttivo legato al momento torcente di piastra  $M_{xz}$ .

La formulazione completa del metodo è reperibile nell'allegato A 2.8 "Armature delle piastre" dell'Eurocodice 2.

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali di progetto e disegno armatura solette/platee

#### Parametri di progetto

**Progetto e verifica con metodo d'integrazione:** specificare se il progetto e la verifica dell'armatura deve essere effettuato valutando le sollecitazioni agenti utilizzando l'integrazione delle tensioni negli elementi bidimensionali. Si fa presente che nel caso si utilizzi il metodo, in progettazione interattiva solette/platee le **mappe** non indicano se la verifica è soddisfatta o no, in quanto sono riferite a calcoli senza integrazioni, la colorazione dei **punti di verifica** è invece congruente con le verifiche. È disponibile la seguente opzione:

- **Massima dimensione della linea d'integrazione:** specificare la dimensione massima della linea d'integrazione. La linea d'integrazione è simmetrica ed orientata in direzione ortogonale al punto di verifica, e si interrompe in corrispondenza del bordo della soletta/platea. Si fa presente che qualsiasi sia la dimensione specificata le sollecitazioni agenti sono sempre riportate al metro. Ad esempio, per un punto di verifica

distante dal bordo 0.3 m di una soletta/platea alta 0.5 m, e con una dimensione massima della linea d'integrazione pari a 1.6 m, avremo una linea d'integrazione pari a 1.1 m ( $1.6/2+0.3$ ) e le sollecitazioni riportate al metro per progettare e verificare la sezione con base 1.0 m ed altezza 0.5 m.

**Calcolo armature con metodo di Wood:** specificare se deve essere effettuato il progetto dell'armatura valutando i momenti flettenti con il **metodo di Wood**. Non è utilizzabile quando si valutano le sollecitazioni agenti con il metodo d'integrazione.

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

**Accoppia pilastri per calcolo punzonamento:** specificare se unire pilastri vicini per valutare un'unica piramide di punzonamento. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Massima distanza come un moltiplicatore dello spessore:** specificare la massima distanza dell'intorno all'interno del quale vengono unificati automaticamente i pilastri.

## Armatura a taglio

**Controllo resistenza a taglio allo S.L.U. D.M. 96:** specificare se considerare la prescrizione di normativa (par. 4.2.2.2 del D.M. 16/01/96) relativa al caso di solette/platee sprovviste di armatura trasversale resistente a taglio, nel qual caso occorre verificare che detti elementi abbiano sufficiente capacità di ripartire i carichi trasversalmente. Si fa presente che per calcoli eseguiti agli stati limite con il D.M. 17/01/18 viene sempre effettuata la verifica del par. 4.1.2.3.5.1 nelle zone prive di rinforzi a taglio.

**Verifica con taglio totale:** specificare se il taglio di verifica debba essere valutato separatamente in funzione delle tensioni tangenziali nelle due direzioni di armatura o come il taglio complessivo fuori piano. Questo parametro viene preso in considerazione anche se è selezionato il calcolo con il metodo di integrazione.

**Progetta a taglio con traliccio ad inclinazione variabile:** specificare se progettare e verificare l'armatura a taglio con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile ( $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$ ) oppure se adottare sempre un traliccio con inclinazione delle bielle compresse di  $45^\circ$  a cui corrisponde  $\text{ctg } \theta = 1$ . Nel caso di progettazione con traliccio ad inclinazione variabile sono disponibili le seguenti opzioni:

- **In Classe A limita la ctg  $\theta$  a:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  per le strutture in Classe A. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.
- **In Classe B limita la ctg  $\theta$  a:** specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  per le strutture in Classe B. Valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5.

## Parametri di disegno

Nella creazione dei disegni delle armature delle solette/platee oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili numerose altre opzioni.

**Tipo di disegno:** specificare la modalità di creazione dei disegni dell'armatura della soletta/platea. Nello stesso disegno è infatti possibile rappresentare le armature in diversi modi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- 1** viene creato un unico disegno contenente le specifiche di tutte le armature (diffuse e concentrate) in direzione X ed Y, superiori ed inferiori;
- 2A** vengono creati due schemi d'armatura affiancati, il primo con le armature superiori in direzione X ed Y, il secondo con le armature inferiori in direzione X ed Y;
- 2B** vengono creati due schemi d'armatura uno sotto l'altro, il primo con le armature superiori in direzione X ed Y, il secondo con le armature inferiori in direzione X ed Y;
- 2C** vengono creati due schemi d'armatura affiancati, il primo con le armature in direzione X superiori ed inferiori, il secondo con le armature in direzione Y, superiori ed inferiori;
- 2D** vengono creati due schemi d'armatura uno sotto l'altro, il primo con le armature in direzione X superiori ed inferiori, il secondo con le armature in direzione Y, superiori ed inferiori;
- 3A** vengono creati quattro schemi d'armatura raggruppati: sopra i due schemi d'armatura con le armature in direzione X superiori ed inferiori, sotto i due schemi d'armatura con le armature in direzione Y superiori ed inferiori;
- 3B** vengono creati quattro schemi d'armatura raggruppati: sopra i due schemi d'armatura con le armature superiori in direzione X ed Y, sotto i due schemi d'armatura con le armature inferiori in direzione X ed Y;
- 4** vengono creati quattro schemi d'armatura affiancati uno all'altro, ognuno per le diverse direzioni e posizioni d'armatura;

- 5 vengono creati quattro schemi d'armatura uno sotto l'altro, ognuno per le diverse direzioni e posizioni d'armatura.

**Particolari disegno principale:** specificare quali particolari del disegno della carpenteria di piano eliminare nel primo schema di disegno dell'armatura della soletta/platea. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Eliminare le quotature**
- **Eliminare le campiture**
- **Eliminare la numerazione dei pilastri**
- **Eliminare la numerazione delle travi e dei muri**

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non viene eliminato nessun particolare.

**Particolari disegni secondari:** specificare quali particolari del disegno della carpenteria di piano eliminare negli schemi di disegno dell'armatura della soletta/platea successivi al primo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Eliminare le quotature**
- **Eliminare le campiture**
- **Eliminare la numerazione dei pilastri**
- **Eliminare la numerazione delle travi e dei muri**

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non viene eliminato nessun particolare.

**Disegno armatura diffusa:** specificare se disegnare su tutta la soletta/platea l'armatura diffusa. In progettazione interattiva sarà comunque sempre possibile inserire, togliere o modificare il disegno dell'armatura diffusa.

**Posizione particolari punzonamento:** specificare dove devono essere posizionati i disegni dei particolari relativi alle armature a punzonamento. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Lateralmente al disegno**
- **Inferiormente al disegno**
- **In automatico:** lateralmente se il disegno complessivo è alto e stretto, inferiormente in caso contrario. Si noti che in questo caso, modificando la disposizione dei disegni delle armature, il posizionamento dei particolari può cambiare.

**Copriferro per calcolo lunghezza ferri:** specificare il copriferro da utilizzare per il calcolo delle lunghezze dei ferri (risvolti, tratti sagomati per punzonamento, ecc.).

**Risvoltare al bordo i ferri:** specificare se i ferri debbano essere risvoltati in prossimità dei bordi della soletta/platea. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Inferiori**
- **Superiori**

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non viene risvoltato nessun ferro.

**Lunghezza risvolti ferri al bordo:** specificare la lunghezza dei risvolti dei ferri al bordo della soletta/platea. ModeSt controlla automaticamente che il risvolto non sia superiore all'altezza della soletta/platea. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a**
- **Pari all'altezza meno due volte il copriferro**

**Disegno particolare ferri al bordo:** specificare se disegnare il particolare del risvolto dell'armatura al bordo della soletta/platea.

**Scala disegno particolare ferri al bordo:** specificare la scala con la quale disegnare il particolare del risvolto dei ferri al bordo della soletta/platea.

**Calcolo lunghezza ferri semplificato:** il programma normalmente calcola le lunghezze e le quotature dei ferri tenendo conto in modo esatto della loro posizione e del loro diametro. Ne deriva ovviamente che ferri di ugual forma ma di diverso diametro avranno lunghezza e quotatura diversa, così come si avrà una differenza di lunghezza e quotatura fra i ferri in direzione X ed i ferri in direzione Y, dovendo tener conto della loro reale disposizione. Con il calcolo semplificato le quotature e le lunghezze vengono valutate in funzione di un unico diametro medio (da specificare nei parametri successivi) e senza considerare le reciproche posizioni dei ferri.

## Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:



- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose in termini di massima tensione nell'armatura, nel calcestruzzo e sul terreno.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.

## Criteri di progetto armature solette/platee

### Materiali

**Considera come elemento esistente:** specificare se la soletta/platea è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la soletta/platea è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$  calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la soletta/platea è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità ( $\Delta\epsilon_t$ ):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8A.6.5 della Circolare del D.M. 14/01/08.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

## Parametri di calcolo

**Parametri di progetto secondo il D.M. 18:** specificare le modalità di progettazione. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Elemento dissipativo:** specificare se la soletta/platea debba essere considerata o meno come un elemento di tipo dissipativo. Se l'opzione è deselezionata la soletta/platea sarà considerata come un elemento non dissipativo e nel caso di struttura calcolata come dissipativa verrà progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è selezionata la soletta/platea sarà considerata come un elemento dissipativo e nel caso di struttura calcolata come non dissipativa verrà comunque progettata e verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND).
- **Sollecitazioni dissipative amplificate per elementi di fondazione:** specificare se la platea debba essere progettata con le sollecitazioni dissipative amplificate come previsto nella terza opzione del par. 7.2.5 del D.M. 17/01/18: *"quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD"A" e 1,10 in CD"B";"*.

**Angolo d'armatura:** specificare l'angolo che la prima direzione d'armatura (armatura in direzione X) deve formare con l'asse X. La seconda direzione d'armatura (armatura in direzione Y) formerà con la prima un angolo di 90°.

**Copriferro teorico superiore:** specificare il valore del copriferro teorico superiore da utilizzare per il progetto della soletta/platea. Tale valore viene assunto come distanza del baricentro dell'armatura superiore dall'estremo superiore della soletta/platea.

**Copriferro teorico inferiore:** specificare il valore del copriferro teorico inferiore da utilizzare per il progetto della soletta/platea. Tale valore viene assunto come distanza del baricentro dell'armatura inferiore dall'estremo inferiore della soletta/platea.

**Tipo di progetto in doppia armatura:** specificare come calcolare la doppia armatura nei punti della soletta/platea in cui non è sufficiente la semplice armatura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tensioni pari ai valori amm.:** permette di calcolare l'armatura in modo che le tensioni nel ferro e nel calcestruzzo siano pari ai valori ammissibili.
- **Tensioni pari ai valori amm. con  $A_{fCom}/A_{fTesa}$  minore o pari a:** come nel caso precedente, ma con la limitazione che il rapporto fra  $A_{fCom}$  e  $A_{fTesa}$  sia inferiore o uguale a quanto specificato.
- **Tensioni pari ai valori amm. con  $A_{fCom}/A_{fTesa}$  pari a:** progettare sempre con un rapporto d'armatura pari a quello specificato.

**Min. percentuale di regolamento:** specificare in quali casi considerare la prescrizione di normativa relativa alla percentuale di armatura longitudinale in zona tesa. Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 16/01/96. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Platee di fondazione su suolo elastico:** permette di considerare il minimo percentuale solo per le platee di fondazione (su suolo elastico).
- **Solette di elevazione:** permette di considerare il minimo percentuale solo per le solette di elevazione.

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non verranno mai considerati i minimi percentuali, mentre se sono entrambe selezionate verranno sempre considerati i minimi percentuali.

**Controlla min. armatura di ripartizione:** specificare se considerare la prescrizione di normativa (par. 5.3.5 del D.M. 16/01/96) relativa alla percentuale di armatura di ripartizione nel caso di solette non calcolate come piastre. Se l'opzione è attiva viene controllato che l'armatura di ripartizione sia non inferiore al 20% dell'armatura principale. Quest'opzione è utile ad esempio nel caso di solette a sbalzo (balconi).

### Armatura a flessione

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri d'armatura della soletta/platea, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il passo minimo, massimo e l'incremento per determinare l'armatura della soletta/platea. Ad esempio inserendo (in cm) 14 20 2 saranno ammissibili armature con interasse fra i ferri di 14, 16, 18 e 20 cm.

**Uniformizzazione interassi armatura:** specificare se e come uniformizzare gli interassi delle armature della soletta/platea. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sempre**
- **Nella stessa direzione:** uniformizza gli interassi delle armature nella stessa direzione (X-Y).
- **Nella stessa posizione:** uniformizza gli interassi delle armature nella stessa posizione (superiore-inferiore).

**Uniformizzazione diametri armatura:** specificare se e come uniformizzare i diametri delle armature della soletta/platea. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sempre**
- **Nella stessa direzione:** uniformizza i diametri delle armature nella stessa direzione (X-Y).
- **Nella stessa posizione:** uniformizza i diametri delle armature nella stessa posizione (superiore-inferiore).

**Tipo di ottimizzazione armatura a flessione:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di armatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il peso complessivo dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il peso complessivo dei ferri.
- **Minimizza il numero dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il numero dei ferri.

### Verifiche a taglio

**Escludi punti di verifica sotto piramidi di punzonamento:** specificare se escludere nelle verifiche a taglio i punti al di sotto della piramide di punzonamento. Non sono esclusi i punti che si trovano tra il perimetro di verifica  $u_1$  e il perimetro  $u_{out}$ . Se l'opzione è attiva il programma esclude tali punti e provvede ad individuare altri.

**Escludi punti di verifica sotto muri/bidimensionali:** specificare se escludere nelle verifiche a taglio i punti al di sotto di elementi verticali modellati con muri/elementi bidimensionali. Se l'opzione è attiva il programma esclude tali punti e provvede ad individuare altri.

### Ancoraggi

**Fattore di riduzione  $\tau_{c0}$  per ancoraggio ferri:** specificare di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_{c0}$  (definito fra le caratteristiche dei materiali) per calcolare la tensione tangenziale di aderenza ammissibile necessaria per il calcolo degli ancoraggi dei ferri. Ad esempio specificando 0.6 si impone una riduzione di  $\tau_{c0}$  del 40%.

Si fa presente comunque che durante il calcolo degli ancoraggi, quando si raggiunge il bordo della soletta/platea o generalmente quando il ferro non può essere prolungato, ModeSt risvolta il ferro (se richiesto) e rinuncia alla verifica dell'ancoraggio.

**Lunghezza ancoraggi armature:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per i ferri d'armatura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata in funzione della  $\sigma_f$ :** la lunghezza degli ancoraggi è pari al risultato del calcolo teorico con  $\sigma_f = \sigma_{famm}$  e coefficiente di riduzione  $\tau_{c0}$  specificato nel criterio precedente.
- **Imposta come multiplo del diametro:** la lunghezza degli ancoraggi è pari al multiplo del diametro dei ferri.

Quando i ferri raggiungono il bordo della soletta/platea, vengono risvoltati (se richiesto) e non viene eseguita la verifica della lunghezza degli ancoraggi.

**Lunghezza ancoraggi ferri punzonamento:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per i ferri per punzonamento. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata in funzione della  $\sigma_f$ :** la lunghezza degli ancoraggi è pari al risultato del calcolo teorico con  $\sigma_f = \sigma_{famm}$  e coefficiente di riduzione  $\tau_c$  specificato nel criterio precedente.
- **Imposta come multiplo del diametro:** la lunghezza degli ancoraggi è pari al multiplo del diametro dei ferri.

Quando i ferri raggiungono il bordo della soletta/platea, vengono risvoltati (se richiesto) e non viene eseguita la verifica della lunghezza degli ancoraggi.

### Armatura a punzonamento

**Fattore di riduzione altezza soletta/platea:** poiché in letteratura diversi sono i metodi consigliati per il calcolo delle tensioni di punzonamento, si consente all'utente di specificare in dettaglio la formula di calcolo. Posto:

$$\tau = N/(k \cdot h \cdot S)$$

dove:

$\tau$ : tensione tangenziale per punzonamento

**N**: sforzo complessivo di punzonamento

**k**: coefficiente moltiplicativo

**h**: altezza della soletta/platea

**S**: perimetro medio utile della superficie teorica di rottura

con questo parametro è possibile specificare il valore del coefficiente moltiplicativo **k** (generalmente 0.9 o 1).

**Modifica altezza soletta/platea:** poiché in letteratura diversi sono i metodi consigliati per il calcolo delle tensioni di punzonamento, si consente all'utente di specificare in dettaglio la formula di calcolo. Posto:

$$\tau = N/(k \cdot h \cdot S)$$

dove:

$\tau$ : tensione tangenziale per punzonamento

**N**: sforzo complessivo di punzonamento

**k**: coefficiente moltiplicativo

**h**: altezza della soletta/platea

**S**: perimetro medio utile della superficie teorica di rottura

con questo parametro è possibile stabilire se ModeSt debba considerare l'altezza utile o l'altezza effettiva della soletta/platea. Se l'opzione è deselezionata ModeSt considera l'altezza effettiva della soletta/platea, mentre se è selezionata viene considerata l'altezza utile (altezza effettiva detratta la media fra copriferro teorico superiore e copriferro teorico inferiore).

**Allargamento piastra pilastri in acciaio:** specificare di quanto la piastra di base dei pilastri in acciaio si allarga rispetto all'ingombro netto della sezione. Con questo valore ModeSt determina le dimensioni della piastra di base e di conseguenza calcola gli sforzi di punzonamento.

**Distanza dal bordo libero (D.M. 92/96):** specificare la distanza massima dal bordo della soletta/platea che devono avere le superfici teoriche di rottura a punzonamento per essere considerate ai fini del calcolo della tensione tangenziale e per essere interessate dall'armatura a punzonamento. Non è infatti ipotizzabile che nascano superfici di rottura in prossimità del bordo libero della platea, causa un effetto di "trascinamento" che porta la rottura ad estendersi fino al bordo libero. Con questo parametro è possibile stabilire fino a che distanza dal bordo libero sia lecito considerare come valida la superficie di rottura. Si fa presente che per calcoli eseguiti secondo il D.M. 17/01/18 la distanza dal bordo libero è assunta pari a 0. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Distanza come un moltiplicatore dello spessore**
- **Distanza imposta a**

**Tipo di armatura a punzonamento:** specificare in che modo realizzare l'armatura a punzonamento. Si fa presente che per calcoli eseguiti sia secondo il D.M. 14/02/92 sia secondo il D.M. 16/01/96 l'armatura a punzonamento viene realizzata con i ferri piegati. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo un ferro piegato:** vengono inseriti un numero di ferri piegati disposti parallelamente fra di loro.
- **Serie di barre verticali disposte radialmente:** vengono inseriti una serie di barre verticali (pioli) disposti radialmente.

**Controlla prescrizioni EC2:** specificare se l'armatura a punzonamento, nel caso in cui sia realizzata con barre verticali disposte radialmente, debba essere posizionata come prescritto nel par. 6.4.5 del EC2 (caso A della figura 6.22): *"Si raccomanda che il perimetro più lontano delle armature a taglio si collochi a una distanza non maggiore di  $k d$  all'interno di  $u_{out}$  ..."*. Il valore di  $k$  adottato dal programma è 1.5.

**Moltiplicatore altezza utile per valutare perimetro efficace (D.M. 18):** specificare il moltiplicatore dell'altezza utile (spessore della soletta/platea meno il valore del **Copriferro teorico superiore/inferiore**). Con questo valore il programma determina le dimensioni della base della piramide di punzonamento e di conseguenza calcola il perimetro efficace come indicato al par. 4.1.2.1.3.4 del D.M. 17/01/18. Si fa presente che per calcoli eseguiti sia secondo il D.M. 14/02/92 sia secondo il D.M. 16/01/96 il valore del moltiplicatore è assunto pari a 1 a cui corrisponde un angolo di 45°.

**Tolleranza di posizionamento barre:** specificare con che tolleranza rispetto al perimetro del pilastro iniziare la piegatura delle barre a punzonamento. Per una efficace armatura a punzonamento è infatti necessario che le barre piegate intersechino una ipotetica superficie di rottura disposta a 45° (l'intersezione può anche non avvenire nel punto medio della superficie). Consentendo una leggera tolleranza è possibile aumentare il numero di barre progettabili per l'armatura a punzonamento. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Distanza come un moltiplicatore dello spessore**
- **Distanza imposta a**

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri necessari per l'armatura a punzonamento, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il passo minimo, massimo e l'incremento per determinare la posizione dei ferri per punzonamento. Ad esempio inserendo (in cm) 14 20 2 saranno ammissibili armature per punzonamento con interasse fra i ferri di 14, 16, 18 e 20 cm.

**Tipo di ottimizzazione armatura a punzonamento:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di armatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il peso complessivo dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il peso complessivo dei ferri.
- **Minimizza il numero dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il numero dei ferri.

### Dati per progettazione agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**
- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Controllo rapporto x/d:** specificare se deve essere effettuato il controllo di normativa relativo al rapporto X/D fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione.

**Classificazione barre tese/comprese:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "comprese" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al disotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

# Plinti/Pali

## Introduzione

È possibile progettare i plinti/pali, tenendo conto delle sollecitazioni indotte dallo sforzo normale, dai momenti flettenti e dai tagli, che abbiano:

- numero diverso da zero;
- pilastro soprastante verticale e con sezione non fittizia (non necessaria per il progetto dell'armatura dei pali singoli).

Automaticamente è possibile progettare le armature e generare i disegni esecutivi oppure determinare solo le armature teoriche strettamente necessarie, mentre interattivamente è possibile modificare l'armatura proposta o al limite armare in modo manuale il plinto/palo.

ModeSt crea e mantiene aggiornate la relazione di calcolo ed il computo delle armature.

Per quanto riguarda l'interazione fra i plinti e la sovrastruttura ed i vincolamenti da assegnare ai nodi, si veda anche quanto esposto in **Fondazioni su plinti** ed argomenti correlati.

La progettazione e le verifiche nel caso di calcolo col metodo degli stati limite sia per plinti snelli che per plinti tozzi vengono effettuate sia per le combinazioni di carico allo stato limite ultimo che per quelle di esercizio per quanto riguarda l'armatura del plinto. L'armatura dell'eventuale bicchiere viene progettata e verificata secondo la CNR UNI 10025/84 solamente nei confronti degli stati limite ultimi.

La progettazione e la verifica dei plinti a bicchiere viene effettuata con riferimento alle CNR UNI 10025/84 anche nel caso di calcolo col metodo delle tensioni ammissibili. In tal caso però nei plinti a bicchiere è difficile determinare la diminuzione dello sforzo di punzonamento dovuta alla collaborazione fra pilastro e pareti interne del bicchiere (par. 2.1.1.3). In relazione a quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Collaborazione pilastro-bicchiere**) è possibile stabilire una collaborazione forfettaria ossia: tensione tangenziale fissa e relativa detrazione di sforzo agente sul fondo o proporzionale alle superfici agenti.

Nel caso di strutture calcolate sismicamente secondo il D.M. 17/01/18 e con fattore di comportamento  $q$  diverso da 1, nelle verifiche dei bicchieri dei plinti, anche se vengono interpretati come elementi di fondazione, questi sono comunque collegamenti di tipo b (par. 7.4.5.2) e le sollecitazioni sono ulteriormente incrementate di un  $\gamma_{Rd}=1.2$  (7.4.5.2.1) recependo quanto riportato nella circolare al punto C7.4.5.1.1 per la verifica dei bicchieri dei plinti: "... il vincolo di base dei pilastri deve realizzare un incastro totale con la fondazione dimensionato con le regole relative ai collegamenti tipo b di cui al 7.4.5.2.1 delle NTC".

È anche possibile consultare i tutorial: **Progettazione automatica armature** e **Progettazione interattiva armature plinti**.

## Progettazione interattiva plinti/pali

Nell'ambiente di progettazione interattiva plinti/pali, se l'armatura del plinto/palo era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico del plinto/palo. Al termine della progettazione è possibile archiviare il plinto/palo e creare o aggiornare i file necessari.

È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature plinti**.

Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:


### Proprietà correnti

Nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** è possibile: stabilire i numeri e i diametri da utilizzare per aggiungere nuovi ferri o da assegnare a ferri esistenti; indicare la modalità di **Inserimento** (Automatica, Semiautomatica). Per approfondimenti si veda il capitolo **Posizionamento armature**.


**Utilizzo da linea di comando: FERC** (Ferro corrente).

### Generali


**Progetta aut.**  progetta plinto/palo esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.


**Ricalcola**  effettua il controllo che il plinto/palo sia verificato e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie.

**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico del plinto/palo.

**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di


misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.


**Info ver. pali**  apre quella che in pratica è una finestra di progettazione interattiva sezione in cui in automatico sono già state definite tutte le sollecitazioni, i ferri e le staffe, desunti in automatico dal palo indicato. Non è possibile eseguire comandi di modifica dell'armatura, ma è possibile esaminare in dettaglio le verifiche eseguite, visualizzando le tensioni nel calcestruzzo o nell'acciaio, domini di rottura, stati di deformazione. Vengono visualizzati anche i diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale, taglio e momento lungo il palo, gli spostamenti orizzontali, le curve sforzo normale-cedimento della testa del palo, le curve taglio (e momento)-spostamento orizzontale della testa del palo.


**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato al plinto/palo.


**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione), **?VER** (Informazioni verifiche).

## Diagrammi

**Sigma t.**  attiva o disattiva il disegno della tensione sul terreno.

**Sigma c.**  attiva o disattiva il disegno della tensione di compressione sul calcestruzzo sul piano di verifica selezionato con il cursore grafico.


**Sigma f.**  attiva o disattiva il disegno della tensione sui ferri sul piano di verifica selezionato con il cursore grafico.

I suddetti comandi sono visualizzabili solo se è stato eseguito il calcolo delle tensioni con il comando **Ricalcola**  e si riferiscono al caso di verifica impostato nella casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche**.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSIG** (Disegna tensione sul terreno), **DSC** (Disegna sigma calcestruzzo), **DSF** (Disegna sigma ferri).

## Ferri

**Aggiungi**  aggiunge un ferro. Sia in **disegno oggetto** che in **disegno tecnico**, quando si aggiunge un ferro appaiono automaticamente le **linee guida** necessarie per il posizionamento delle barre.

**Assegna**  assegna al ferro selezionato con il cursore grafico il diametro corrente.

**Elimina**  elimina il ferro selezionato con il cursore grafico.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGF** (Aggiungi ferro), **AFER** (Assegna ferro), **ELIF** (Elimina ferro).


## Arm. pali


**Modifica**  modifica l'armatura dei pali.

**Utilizzo da linea di comando:** **EDAP** (Edita armatura pali).


## Disegno


**Punzonamento**  attiva o disattiva il disegno della piramide di rottura per punzonamento.


**Punti ver.**  attiva o disattiva il disegno dei piani di verifica, in cui verranno effettuate le verifiche da riportare in relazione, e che consentono di individuare i punti in cui sono soddisfatte oppure non soddisfatte le verifiche.

**Tecnico/oggetto**  attiva o disattiva il disegno tecnico.

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale del plinto/palo progettato.

**Distinta**  attiva o disattiva il disegno della tabella della distinta ferri. È possibile modificare la posizione della tabella della distinta ferri selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **DPUN** (Disegna punzonamento), **DPV** (Disegna punti/piani di verifica), **DTEC** (Disegno tecnico), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DDF** (Disegna distinta ferri), **DCMP** (Disegna computo).

## Note tecniche

### Progettazione plinti indipendenti ai sensi D.M. 17/01/18

La progettazione dei plinti può essere effettuata anche quando il progettista ha a disposizione solo le reazioni vincolari di una sovrastruttura calcolata da altri (caso classico dei prefabbricati). Nel caso di strutture calcolate sismicamente secondo il D.M. 17/01/18 occorre, in tal caso, procedere come segue:

1. Inserire una serie di nodi (la cui posizione non è rilevante), definire i plinti ad essi associati ed i pilastri incidenti (le cui dimensioni sono comunque necessarie per le verifiche a punzonamento) e procedere poi con l'inserimento sia dei plinti che dei pilastri.
2. Applicare i carichi come indicato in **carichi nodali da file**.
3. Se i plinti sono a bicchiere e si vuole verificare il bicchiere con i tagli e i momenti resistenti del pilastro sovrastante occorre creare un file con lo stesso nome della struttura con estensione MRP. Il file deve essere creato nella cartella del progetto e deve contenere i seguenti dati separati dal carattere ";": numero del nodo al piede della struttura; numero della combinazione delle condizioni di carico elementare di tipo SLV o SND; valori dei tagli e dei momenti resistenti, espressi in daN e daNm, eventualmente già amplificati di  $\gamma_{Rd}$ : TY, TZ, MY, MZ. Un esempio di file dati per la definizione dei tagli e dei momenti resistenti potrebbe essere il seguente: 6;2;-74266;74266;154053;154053. Nota: se il file MRP viene modificato occorre rivedificare i plinti.
4. Lanciare il calcolo della struttura con il metodo agli elementi finiti in modo da trasformare i carichi nodali assegnati nelle reazioni vincolari che verranno poi utilizzate nel progetto dei plinti.

È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature plinti**.

### Calcolo tensioni sul terreno

Il calcolo delle tensioni sul terreno viene effettuato con un calcolo a pressoflessione deviata per una sezione non reagente a trazione (parzializzabile), soggetta alle seguenti azioni:

- **Reazioni vincolari agenti:** le forze calcolate dal solutore FEM come reazioni vincolari sul nodo;
- **Effetti dovuti ai tagli:** momenti aggiuntivi dovuti ai tagli agenti sulla testa del plinto, moltiplicati per l'altezza totale del plinto (il plinto è sempre posizionato **sotto** il nodo);
- **Effetti dovuti all'eccentricità:** momenti aggiuntivi dovuti alla diversa posizione del nodo rispetto al baricentro della base del plinto (quindi solo per plinti non simmetrici);
- **Effetti dovuti al peso proprio:** sforzo normale ed eventuali momenti dovuti alla diversa posizione del baricentro del volume del plinto rispetto al baricentro della base del plinto (quindi solo per plinti non simmetrici);
- **Effetti dovuti ai sovraccarichi e al peso del terreno:** sforzo normale dovuto al peso del terreno e ad eventuali sovraccarichi indicati nei **criteri di progetto**.

### Plinti tozzi

#### Calcolo azioni sollecitanti

La verifica dei plinti definiti come **tozzi** in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto viene effettuata calcolando gli sforzi in un ipotetico traliccio spaziale con vertice al centro del pilastro e base in corrispondenza dei vertici della piramide definita con l'angolo d'inclinazione stabilito dall'utente sempre nei criteri di progetto (vedi **Angolo limite plinti snelli/tozzi**) per i plinti diretti e in corrispondenza dei centri dei pali per i plinti su pali. Gli sforzi nel traliccio così definito (isostatico) vengono calcolate considerando gli effetti dello sforzo normale agente sul pilastro.

Per i plinti monopalo non viene effettuata nessuna verifica in quanto si presume una trasmissione diretta dello sforzo dal pilastro al palo. Il plinto non è altro che un elemento di collegamento e viene armato con le armature minime specificate nei criteri di progetto (minimo diametro con massimo passo).

#### Verifiche

Nel traliccio così definito i diagonal compressi sono costituiti dal calcestruzzo, mentre i tiranti tesi sul fondo sono costituiti dall'armatura del fondo. In funzione del massimo degli sforzi nei suddetti tiranti viene calcolata la tensione nell'armatura in ognuna delle direzioni del plinto o nell'armatura di collegamento fra i pali.

#### Disposizione armatura

**Plinti diretti con o senza bicchiere, rettangolari, a gradoni, piramidali:** l'armatura viene distribuita uniformemente sul fondo del plinto.

**Plinti rettangolari su pali:** il 75% dell'armatura richiesta viene sempre disposta in corrispondenza dei pali.

**Plinti poligonali su pali:** l'armatura viene disposta a collegamento dei pali, in una fascia di larghezza corrispondente al diametro del palo.



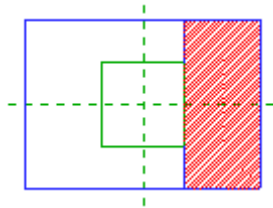
# Plinti snelli

## Calcolo azioni sollecitanti

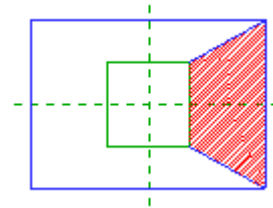
La verifica dei plinti definiti come **snelli** in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Angolo limite plinti snelli/tozzi**) viene effettuata calcolando il momento flettente indotto nel fondo del plinto dalle tensioni sul terreno o dagli sforzi agenti nei pali.

Nei plinti diretti i valori del momento di verifica vengono valutati considerando la pressione sul terreno agente su una porzione di suola definita con il metodo dei rettangoli (più oneroso) o con il metodo dei trapezi (vedi figura).

### Zona spingente metodo dei rettangoli



### Zona spingente metodo dei trapezi



Definita l'area che provoca la spinta verso l'alto viene valutato il momento indotto da una forza calcolata come prodotto fra la tensione massima sul terreno e l'area stessa, con punto di applicazione nel baricentro.

Poiché gli effetti dovuti al peso del plinto ed agli eventuali sovraccarichi sono contrari alla spinta del terreno o alle azioni dei pali e quindi rendono meno gravosa la flessione, è possibile chiederne la detrazione attraverso i criteri di progetto (vedi **Detrazione p.p. e sovraccarichi**).

## Sezioni di verifica

Le sezioni di verifica sono le seguenti:

- **Plinti rettangolari senza bicchiere:** a filo pilastro;
- **Plinti rettangolari con bicchiere:** a filo o in asse della parete del bicchiere in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Sezione verifica plinti a bicchiere**);
- **Plinti a gradoni:** a filo pilastro e a filo del gradone;
- **Plinti piramidali:** a filo del pilastro ed a metà distanza fra il pilastro ed il bordo del plinto (spinta minore, ma anche altezza minore).

Per i plinti monopalo non viene effettuata nessuna verifica in quanto si presume una trasmissione diretta dello sforzo dal pilastro al palo. Il plinto non è altro che un elemento di collegamento.

## Disposizione armatura

**Plinti diretti con o senza bicchiere, rettangolari, a gradoni, piramidali:** se è stato richiesto dai criteri di progetto (vedi **Raffittimento armatura zona centrale**) viene effettuato il raffittimento dell'armatura disponendone il 75% in una fascia centrale corrispondente al 50% della dimensione del plinto, mentre il restante 25% viene disposto nelle fasce laterali. Nel caso di plinti non simmetrici la fascia di raffittimento viene comunque mantenuta centrata sotto il pilastro e le fasce laterali vengono di conseguenza modificate o eliminate.

**Plinti rettangolari su pali:** se è stato richiesto dai criteri di progetto (vedi **Raffittimento armatura zona centrale**) viene effettuato il raffittimento dell'armatura disponendone il 75% in corrispondenza dei pali.

L'eventuale doppia armatura viene sempre distribuita in modo uniforme.

## Punzonamento

Nel caso di strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18 l'armatura a punzonamento viene calcolata utilizzando la metodologia riportata nel par. 6.4 del EC2. Il perimetro di verifica  $u_1$  viene calcolato in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Moltiplicatore altezza utile per valutare perimetro efficace (D.M. 18)**). Il valore del coefficiente  $\beta$ , dell'espressione 6.38, è determinato automaticamente dal programma. L'armatura a punzonamento, calcolata in conformità dell'espressione 6.52, è costituita da una sola fila di ferri piegati e di conseguenza il rapporto  $d/s_r$  è assunto pari a 0.67.

Nel caso di strutture calcolate secondo il D.M. 14/02/92 o il D.M. 16/01/96 l'armatura a punzonamento viene calcolata ipotizzando una superficie di rottura a forma piramidale, con faccia superiore pari al perimetro d'ingombro del pilastro che provoca le tensioni di punzonamento e con facce inclinate secondo un angolo di 45°. Per pilastri con forma non rettangolare viene considerato il rettangolo involupante, mentre per pilastri in acciaio è possibile indicare nei criteri di progetto (vedi **Allargamento piastra pilastri in acciaio**) di quanto si allarga la piastra di base rispetto all'ingombro del pilastro. Vengono considerate valide solo le facce con distanza dal bordo libero del plinto inferiore a quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Distanza dal**

**bordo libero**). Nel caso di faccia non valida vengono prolungate le facce adiacenti fino al bordo stesso. L'armatura a punzonamento viene calcolata e verificata nei casi seguenti:

- se  $\tau > \tau_{c0}$  nel caso di calcolo con metodo delle tensioni ammissibili;
- se la resistenza a punzonamento (calcolata in funzione della resistenza a trazione del calcestruzzo) è inferiore alla sollecitazione di punzonamento nel caso di calcolo col metodo degli stati limite secondo il D.M. 16/01/96.

**Plinti diretti:** lo sforzo di punzonamento viene determinato come risultante della tensione sul terreno sulla parte della base del plinto esterna al piede della piramide di rottura. La risultante viene valutata considerando una tensione pari alla tensione massima, detraendo il peso proprio del plinto e l'effetto di eventuali sovraccarichi.

**Plinti a bicchiere:** la verifica a punzonamento si esegue come indicato nella CNR UNI 10025/84.

### Note

Nel caso di plinti asimmetrici (per forma o per posizione delle armature) può insorgere flessione deviata. In tal caso l'armatura teorica calcolata nell'ipotesi di flessione retta può non essere sufficiente. La progettazione automatica di questo tipo di plinti non viene quindi effettuata. In progettazione interattiva può essere ugualmente progettato automaticamente, ma le verifiche dell'armatura progettata potrebbero non essere rispettate, specie se il plinto risulta molto armato (doppia armatura). Occorre in tal caso integrare o modificare manualmente le armature.

Nel caso di progetto col metodo degli stati limite si ipotizza comunque sempre una situazione di rottura con asse neutro parallelo al fondo del plinto.

Non sono attualmente supportati plinti poligonali snelli su pali.

## Micropali

In ModeSt è possibile progettare i micropali di tipo Radice e Tubfix per le strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18.

Per le strutture calcolate ai sensi del D.M. 14/02/92 o del D.M. 16/01/96 vengono fornite solo le sollecitazioni agenti e non vengono effettuate le verifiche.

I micropali di tipo Radice sono progettati in modo analogo ai pali trivellati.

Per i micropali di tipo Tubfix vengono effettuate solo le verifiche di resistenza, della sezione circolare cava, con la relazione 4.2.4 del D.M. 17/01/18 utilizzando la resistenza impostata nel parametro **Tensione caratteristica di snervamento (Fyk)** dei criteri di progetto specifici dei plinti/pali.

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali di disegno armatura plinti/pali

#### Parametri di progetto

**Progettazione e verifica dell'armatura con sollecitazioni più gravose:** specificare se progettare e verificare l'armatura dei plinti/pali solamente con le sollecitazioni ritenute più gravose ai fini di rendere più veloce la fase di progettazione e verifica. Poiché è difficile numericamente determinare quali siano le sollecitazioni più gravose, è possibile che le armature progettate con tali sollecitazioni possano risultare non verificate relativamente alle sollecitazioni delle altre combinazioni. In tal caso, il progettista può deselectare l'opzione e riverificare i plinti/pali per controllare se le verifiche sono tutte soddisfatte.

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

#### Parametri di disegno

**Scala disegno plinti/pali:** specificare la scala con la quale disegnare le armature dei plinti/pali.

**Disegno ancoraggi non necessari:** il programma consente di omettere il disegno dei ganci per alcuni tipi di ferri (fondo, superiori, verticali bicchiere, staffoni verticali ed orizzontali) in quanto ancorati in zona compressa e non sollecitati in prossimità della fine del ferro. Vengono comunque disegnati i ganci dei ferri per punzonamento e dei ferri conformati come staffe chiuse.

**Copriferro per calcolo lunghezze ferri plinto:** specificare il copriferro da utilizzare per il calcolo delle lunghezze e delle quotature dei ferri nel plinto. Con questo valore si intende la distanza fra la superficie del plinto ed il bordo del ferro.

**Copriferro per calcolo lunghezze ferri bicchiere:** specificare il copriferro da utilizzare per il calcolo delle lunghezze e delle quotature dei ferri nel bicchiere. Con questo valore si intende la distanza fra la superficie del bicchiere ed il bordo del ferro.

**Calcolo lunghezza ferri semplificato:** il programma normalmente calcola le lunghezze e le quotature dei ferri tenendo conto in modo esatto della loro posizione e del loro diametro. Ne deriva ovviamente che ferri di

ugual forma ma di diverso diametro avranno lunghezza e quotatura diversa, così come si avrà una differenza di lunghezza e quotatura fra i ferri in direzione X ed i ferri in direzione Y, dovendo tener conto della loro reale disposizione. Con il calcolo semplificato le quotature e le lunghezze vengono valutate in funzione di un unico diametro medio (da specificare nei parametri successivi) e senza considerare le reciproche posizioni dei ferri.

**Diametro per calcolo lunghezze ferri plinto:** se è stato richiesto il calcolo semplificato delle lunghezze dei ferri, indicare il diametro medio da considerare nel plinto per calcolare la lunghezza e la quotatura dei ferri.

**Diametro per calcolo lunghezze ferri bicchiere:** se è stato richiesto il calcolo semplificato delle lunghezze dei ferri, indicare il diametro medio da considerare nel bicchiere per calcolare la lunghezza e la quotatura dei ferri.

## Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose in termini di massima tensione nell'armatura, nel calcestruzzo e sul terreno.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.

## Criteri di progetto armatura plinti/pali

### Materiali

**IMPORTANTE:** In questa sezione sono riportate le caratteristiche del materiale del plinto. È possibile specificare caratteristiche diverse per il bicchiere (vedi **Materiali bicchiere**) e per il palo (vedi **Materiali palo**).

**Considera come elemento esistente:** specificare se il plinto è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il plinto è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada

applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

$\gamma_c$  **per stati limite ultimi**: specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico**: ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a**: valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza**: se la parete è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio**: selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico**: specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ )**: specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ )**: specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

$\sigma_{amm}$  **acciaio**: specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

$\sigma_{amm}$  **reti e tralicci**: specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità ( $A_{gt}$ )**: specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8A.6.5 della Circolare del D.M. 14/01/08.

$\gamma_s$  **per stati limite ultimi**: specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico**: ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a**: valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione**: specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

## Parametri di calcolo

**Copriferro teorico di calcolo**: specificare il valore del copriferro teorico con il quale posizionare, progettare e verificare le armature del fondo del plinto. Con questo valore si intende la distanza fra la superficie esterna del plinto e il baricentro del ferro.

**Angolo limite plinti snelli/tozzi**: specificare l'angolo ( $\alpha$ ) fra la retta diagonale della base del plinto e la retta che passa dallo spigolo di base del plinto ed il centro della base del pilastro (vedi figura) oltre il quale il plinto va considerato tozzo e progettato con il metodo delle bielle invece che a flessione.

**Considerare snelli plinti ambigui**: la determinazione se il plinto sia snello o tozzo può essere ambigua per plinti non simmetrici che possono risultare snelli in alcune direzioni e tozzi in altre. Specificare se in tal caso il plinto vada considerato snello.

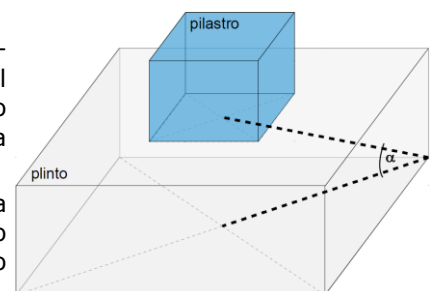
**Peso specifico calcestruzzo plinto**: specificare il peso specifico del calcestruzzo del plinto.

**Sovraccarichi agenti sul plinto**: indicare il valore del peso del terreno e di eventuali sovraccarichi agenti sul plinto.

**Detrazione peso proprio e sovraccarichi**: specificare se detrarre o meno il peso proprio del plinto e gli eventuali sovraccarichi dal valore della tensione sul terreno per il calcolo delle sollecitazioni a flessione e a punzonamento.

**Sollecitazioni dissipative amplificate**: specificare se il plinto/palo debba essere progettato con le sollecitazioni dissipative amplificate come previsto nella terza opzione del par. 7.2.5 del D.M. 17/01/18: *"quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD"A" e 1,10 in CD"B";"*.

**Calcolo momenti con metodo dei trapezi**: indicare se il calcolo del momento flettente dovuto alla tensione sul terreno vada effettuato con il cosiddetto "metodo dei trapezi" o con il "metodo dei rettangoli".



**Sezione verifica plinti a bicchiere:** specificare se effettuare le verifiche dei plinti a bicchiere a filo parete o in asse alla parete.

**Raffittimento armatura zona centrale:** specificare se raffittire o meno l'armatura del fondo nella zona centrale. In tal caso il 75% dell'armatura verrà distribuita in una fascia centrale pari al 50% della larghezza del plinto.

### Armatura base

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Elemento costante:** specificare quale elemento mantenere costante. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Diametro:** permette di armare mantenendo il diametro costante e modificare il passo dei ferri.
- **Passo:** permette di armare mantenendo il passo costante e modificare il diametro.

**Tipo di ottimizzazione armatura:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di armatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il peso complessivo dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il peso complessivo dei ferri.
- **Minimizza il numero dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il numero dei ferri.

**Lunghezza rivolto ferri inferiori:** specificare di quanto debbano essere risvoltati verso l'alto i ferri sul fondo del plinto. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a**
- **Come percentuale dell'altezza del plinto**

**Min. armatura superiore:** specificare se si desidera che nella parte superiore del fondo del plinto venga disposta un'armatura orizzontale anche se non necessaria a flessione. In tal caso verrà inserita un'armatura pari al minimo diametro al massimo passo.

**Diametro staffoni di montaggio:** specificare il diametro per gli eventuali staffoni di montaggio (ferri non calcolati ma inseriti su richiesta secondo quanto specificato nei parametri successivi).

**Staffoni orizzontali di montaggio:** specificare se ed a quale distanza inserire orizzontalmente degli staffoni di cerchiatura (ne verranno inseriti comunque almeno due).

**Staffoni verticali di montaggio:** specificare, per i plinti a gradoni e per i plinti piramidali, se ed a quale distanza inserire (nella fascia centrale) degli staffoni verticali anche se non necessari per esigenze di calcolo.

**Lunghezza rivolto staffoni orizzontali:** specificare di quanto risvoltare i ferri orizzontali di montaggio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a**
- **Come percentuale del lato del plinto**
- **Unico ferro lungo il perimetro del plinto**

### Armatura a punzonamento

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Allargamento piastra pilastri in acciaio:** specificare di quanto la piastra di base dei pilastri in acciaio si allarga rispetto all'ingombro netto della sezione. Con questo valore il programma determina le dimensioni della piastra di base e di conseguenza calcola gli sforzi di punzonamento.

**Distanza dal bordo libero:** specificare la distanza massima dal bordo del plinto che devono avere le superfici teoriche di rottura a punzonamento per essere considerate ai fini del calcolo della tensione tangenziale e per essere interessate dall'armatura a punzonamento. Non è infatti ipotizzabile che nascano superfici di rottura troppo in prossimità del bordo libero del plinto, causa un effetto di "trascinamento" che porta la rottura ad estendersi fino al bordo libero. Con questo parametro è possibile stabilire fino a che distanza dal bordo libero sia lecito considerare come valida la superficie di rottura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Distanza imposta a**
- **Distanza come un moltiplicatore dello spessore del plinto**

**Moltiplicatore altezza utile per valutare perimetro efficace (D.M. 18):** specificare il moltiplicatore dell'altezza utile (altezza complessiva del basamento del plinto meno il valore del **Copriferro teorico di calcolo**). Con questo valore il programma determina le dimensioni della base della piramide di punzonamento e di conseguenza calcola il perimetro efficace come indicato al par. 4.1.2.1.3.4 del D.M. 17/01/18. Si fa presente che per calcoli eseguiti sia secondo il D.M. 14/02/92 sia secondo il D.M. 16/01/96 il valore del moltiplicatore è assunto pari a uno a cui corrisponde un angolo di 45°.

**Collaborazione pilastro-bicchiere:** indicare se ed in che modo considerare l'effetto di collaborazione fra il pilastro e le pareti del bicchiere nelle verifiche a punzonamento con il metodo delle tensioni ammissibili. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Valutata sulla superficie di contatto fra pilastro e bicchiere:** la superficie di contatto fra pilastro e bicchiere, valutata lungo il perimetro del pilastro viene aggiunta alla superficie della piramide di rottura e viene valutato un unico valore di  $\tau$ . Le armature vengono progettate e verificate per lo sforzo determinato come integrale delle  $\tau$  agenti sulla sola piramide di rottura.
- **Valutata come moltiplicatore del valore della resistenza a trazione del plinto:** allo sforzo di punzonamento agente sulla piramide di rottura viene detratto lo sforzo assorbito dalla superficie di contatto pilastro-bicchiere con questa tensione. Le armature vengono progettate e verificate per lo sforzo residuo.

### Plinti poligonali su pali

**Rete elettrosaldada inferiore:** specificare se inserire la rete elettrosaldada diffusa sulla faccia inferiore dei plinti poligonali su pali per evitare fessurazioni. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Diametro**
- **Passo**

**Rete elettrosaldada superiore:** specificare se inserire la rete elettrosaldada diffusa sulla faccia superiore dei plinti poligonali su pali per evitare fessurazioni. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Diametro**
- **Passo**

**Distanziatori:** indicare se inserire dei distanziatori (ferri a forma di Omega) da prevedere per il sostegno della rete superiore. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Diametro**
- **Dimensione:** specificare le dimensioni del "piede" e la larghezza dei distanziatori.
- **Numero:** specificare quanti distanziatori prevedere per ogni mq di plinto.

### Materiali bicchiere

**IMPORTANTE:** In questa sezione sono riportate le caratteristiche del materiale del bicchiere. È possibile specificare caratteristiche diverse per il resto del plinto (vedi **Materiali**). Alcuni dati non sono utilizzati e vengono riportati per uniformità e completezza.

**Considera come elemento esistente:** specificare se il bicchiere è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il bicchiere è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se la parete è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità ( $A_{gt}$ ):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8A.6.5 della Circolare del D.M. 14/01/08.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

## Armatura bicchiere

**Copriferro teorico:** specificare il valore del copriferro teorico con il quale posizionare, progettare e verificare le armature del bicchiere del plinto. Con questo valore si intende la distanza fra la superficie esterna del bicchiere e il baricentro del ferro.

**Bicchieri con pareti organizzate:** specificare se le pareti interne del bicchiere sono organizzate in modo da aumentare l'aderenza col getto di sigillatura (vedi CNR 10025/84).

**Rck calcestruzzo di riempimento:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato viene ricalcolato il valore base della resistenza a trazione del calcestruzzo di riempimento secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Resistenza a trazione del calcestruzzo riempimento:** specificare la resistenza a trazione del calcestruzzo di riempimento. In mancanza di dati più esatti si può considerare un valore pari a  $0.7 \cdot 0.27 \cdot R_{ck}^{(2/3)}$  [N/mm<sup>2</sup>] come consigliato dal D.M. 16/01/96 par. 2.1.2.

**Denominatore momento flettente parete:** indicare il valore del denominatore (n) da utilizzare nella consueta formula  $q \cdot l^2 / n$  per valutare il momento flettente che nasce nei telai orizzontali a causa della pressione sulla parete del bicchiere.

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Passi utilizzabili:** specificare il valore minimo, massimo e l'incremento per determinare i passi ammissibili dei ferri di armatura. Ad esempio specificando (in cm) 10 20 5 saranno ammissibili ferri ogni 10, 15 o 20 cm.

**Tipo di ottimizzazione armatura:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di armatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il peso complessivo dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il peso complessivo dei ferri.
- **Minimizza il numero dei ferri:** permette che l'armatura venga progettata minimizzando il numero dei ferri.

**Ferri verticali interamente al bicchiere:** nel bicchiere vengono inseriti normalmente solo dei ferri verticali in corrispondenza degli spigoli. Con questo parametro è possibile specificare se ed a che distanza inserire altri ferri verticali intermedi nelle pareti del bicchiere. Questi ferri avranno lo stesso diametro dei ferri verticali negoli spigoli del bicchiere.

**Ferri orizzontali aggiuntivi nel fondo bicchiere:** nel bicchiere vengono inseriti normalmente dei ferri orizzontali solo in corrispondenza della parte alta per un tratto che varia a seconda che il bicchiere abbia le pareti organizzate o meno. Con questo parametro è possibile specificare se ed a che distanza dal fondo inserire un ferro orizzontale aggiuntivo. Questo ferro avrà lo stesso diametro dei ferri orizzontali in testa al bicchiere.

### Dati per progettazione agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**
- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

### Materiali pali e micropali Radice

**IMPORTANTE:** In questa sezione sono riportate le caratteristiche del materiale del palo e del micropalo Radice. È possibile specificare caratteristiche diverse per il resto del plinto (vedi **Materiali**). Alcuni dati non sono utilizzati e vengono riportati per uniformità e completezza.

**Considera come elemento esistente:** specificare se il palo o il micropalo Radice è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il palo o il micropalo Radice è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.



**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{c1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il palo o il micropalo Radice è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità ( $A_{gt}$ ):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8A.6.5 della Circolare del D.M. 14/01/08.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

### Armatura a pressoflessione pali e micropali Radice

**Considera momenti da interazione cinematica:** specificare se aumentare le sollecitazioni di progetto dei pali per tenere conto dell'azione cinematica in condizioni sismiche. L'opzione è estesa anche ai micropali di tipo Tubfix.

**Elenco diametri ferri longitudinali:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri longitudinali, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Copriferro reale al bordo staffa:** specificare il valore del copriferro per il progetto dei pali. Si intende l'effettivo spessore del calcestruzzo fra il bordo esterno e il bordo della staffa.

**Diametro staffa teorica:** il diametro effettivo delle staffe può essere calcolato solo dopo il calcolo delle armature longitudinali, per poter rispettare i relativi minimi di normativa. D'altra parte il reale posizionamento delle barre è funzione oltre che del copriferro e del diametro, anche del diametro della staffa. Con questo parametro è possibile specificare il diametro della staffa da considerare per il calcolo della posizione delle barre.

**Max distanza fra i ferri:** specificare la distanza massima ammissibile fra due ferri. Se la distanza netta fra i ferri risulta superiore al valore specificato verranno aggiunti uno o più ferri anche se non necessari per la verifica della sezione.

**Min. interferro ammissibile:** specificare il valore minimo ammissibile della distanza fra i ferri.

**Distanza fra i ferri di spigolo:** specificare la distanza che deve intercorrere tra i ferri di spigolo, qualora ModeSt ne disponga più di uno.

**Min. numero ferri:** specificare il minimo numero di ferri da considerare nella sezione del palo e del micropalo Radice.

**Alleggerimento ferri longitudinali:** specificare se deve essere effettuato l'alleggerimento dell'armatura (alcuni ferri terminano ed altri proseguono) lungo il fusto del palo o del micropalo Radice. Se l'opzione è attiva occorre specificare sia il punto in cui effettuare l'alleggerimento sia il numero minimo di ferri nella sezione del palo o del micropalo Radice. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Alla quota indicata**
- **Come percentuale della lunghezza del palo**
- **Min. numero ferri in zona alleggerimento:** specificare il minimo numero di ferri da considerare nella sezione del palo o del micropalo Radice della zona di alleggerimento. Il minimo numero di ferri può essere specificato indicandone il numero **Pari a** oppure come **Percentuale dell'armatura di testa del palo**.

### **Armatura a taglio pali e micropali Radice**

**Elenco diametri staffe:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la staffatura del palo o del micropalo Radice, separati da spazi. Sono ammessi anche valori non consecutivi (ad esempio 6 10).

**Passi staffe:** specificare il passo minimo, massimo e l'incremento per determinare la staffatura ammissibile del palo o del micropalo Radice. Ad esempio inserendo (in cm) 14, 20 e 2 saranno ammissibili staffature con passo 14, 16, 18 e 20 cm.

**Tipo di minimizzazione staffatura:** specificare il criterio di scelta fra le diverse combinazioni di staffatura risultanti dai parametri precedenti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Minimizza il numero delle staffe:** permette di ricercare la staffatura che globalmente minimizza il numero delle staffe (una staffa a 4 bracci viene considerata come due staffe).
- **Minimizza il peso delle staffe:** permette di ricercare la staffatura che globalmente minimizza il peso delle staffe.

**Staffatura a spirale:** specificare se i pali circolari debbano essere staffati con staffe circolari o con spirale.

**Verifiche a taglio per sezioni circolari:** specificare come eseguire la valutazione della resistenza a taglio per sezioni circolari. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Usa formulazione sezioni generiche:** la resistenza a taglio viene valutata con il metodo indicato nel parametro **Verifiche a taglio per sezioni generiche**.
- **Considera rettangolo inscritto con B/H pari a:** la resistenza a taglio viene valutata considerando una sezione rettangolare inscritta con rapporto tra i lati pari al valore imposto. La staffa viene valutata come se fosse una normale staffa a due bracci. Il valore di  $b_w$  è uguale alla dimensione B del rettangolo inscritto e l'altezza utile è pari alla differenza tra la dimensione H del rettangolo inscritto e il valore imposto nel **Copriferro reale al bordo staffa**.

**Verifiche a taglio per sezioni generiche:** il calcolo della resistenza a taglio agli stati limite per sezioni generiche o nel caso di flessione deviata viene effettuato come indicato in **Armatura a Taglio**, con le seguenti opzioni:

- **Considera  $V_{rdu}$  minimo:** viene assunta la minima resistenza a taglio fra quelle ipotizzabili.
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  minimo**
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  medio**
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  massimo**

- **Considera sempre Af Staffe non proiettata in direzione del taglio:** specificare se l'area resistente delle staffe (calcolata come somma delle aree delle staffe intercettate dalla fibra di verifica) debba essere ridotta considerandone solo la componente nella direzione ortogonale all'asse neutro. Nel progetto col metodo delle tensioni ammissibili l'area viene sempre ridotta.

**Classificazione barre tese/compresse:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "compresse" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al disotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

### Materiali micropali Tubfix

**IMPORTANTE:** In questa sezione sono riportate le caratteristiche del materiale del micropalo Tubfix. È possibile specificare caratteristiche diverse per il resto del plinto (vedi **Materiali**). Alcuni dati non sono utilizzati e vengono riportati per uniformità e completezza.

**Considera come elemento esistente:** specificare se il micropalo Tubfix è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se il micropalo Tubfix è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio per profilati a sezione cava:** selezionare il tipo di acciaio fra quelli previsti dal D.M. 17/01/18 per i profili a sezione cava. I valori delle resistenze sono quelli riportati nella tabella 4.2.II e non è possibile personalizzarli.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico micropalo Tubfix da utilizzare nel calcolo delle sollecitazioni lungo il fusto.

**Tensione caratteristica di snervamento (Fyk):** specificare il valore della resistenza di snervamento.

### Capacità portante

**Efficienza:** specificare come valutare l'efficienza di pali in gruppo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a**
- **Automatica:** il valore dell'efficienza è calcolata con la formula empirica di Converse Labarre (Pag. 396 - Viggiani 1999).

## Solai

### Introduzione

In progettazione interattiva è possibile armare i solai **che appartengono a piani (orizzontali o inclinati) per i quali è stato creato il disegno della carpenteria di piano**. Il progetto dei solai su piani inclinati si può effettuare solo su carpenterie di piano create con l'opzione "Passante per tre nodi selezionati".



La **definizione dello schema di calcolo** del solaio da progettare avviene graficamente tracciando una linea che intersechi i solai da analizzare. Non è possibile armare e definire gli schemi di calcolo seguenti:

- composti da un unico solaio a sbalzo;
- composti da un insieme di solai con diversa orditura;
- solai con altezza o spessore della cappa uguale a zero;
- solai con criteri diversi.

Le tipologie di solai progettabili sono le seguenti: travetti tralicciati (monotrave o bitrave), a pannelli, a lastra predalles, gettati in opera (pignatte con getto di completamento in opera), soletta piena e a travetti precompressi. Per specificare la tipologia di solaio a soletta piena occorre imporre l'altezza del solaio uguale all'altezza della cappa.

Non è possibile definire uno schema di calcolo composto da solai di diversa tipologia poiché non si possono differenziare i criteri di progetto ad esclusione del caso di uno schema in cui siano presenti solai del tipo a soletta piena (ad esempio uno sbalzo).

Le verifiche possono essere effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili o con il metodo degli stati limite.

Definiti gli schemi è possibile **progettare le armature** e generare i disegni esecutivi. È possibile progettare l'armatura di tutti gli schemi definiti cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.**  oppure del singolo schema cliccando nel gruppo **Armatura** su **Progetta aut.** . La progettazione viene effettuata integrando l'armatura di base del solaio con una combinazione di barre da porre in opera scelta automaticamente tramite i criteri di progetto fra quelle definite in **archivio** in modo da coprire l'area di ferro necessaria.

Per ogni schema è possibile modificare l'armatura proposta, inserire in campata dei carichi concentrati e/o rompitratte (note anche come corree di ripartizioni), specificare la larghezza di eventuali fasce piene all'estremità di ogni singola campata.

ModeSt crea e mantiene aggiornate la relazione di calcolo.

È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature solai**.

## Definizione schemi di calcolo dei solai



La definizione degli **schemi di calcolo** dei solai da progettare si effettua graficamente direttamente sul disegno della carpenteria di piano, precedentemente creata, semplicemente tracciando una linea, parallela all'orditura dei solai, che individui i solai da analizzare. I due punti selezionati con il cursore grafico individuano gli estremi dello schema di calcolo (rappresentato con una linea tratteggiata) al quale viene associato automaticamente un numero progressivo che identifica lo schema. Vengono considerati appartenenti allo schema di calcolo i solai attraversati dalla linea. I due punti cliccati devono essere esterni alla trave o al muro del primo e dell'ultimo solaio dello schema.



Automaticamente vengono desunti le luci delle campate, le larghezze degli appoggi, i valori dei carichi uniformemente distribuiti relativi ai solai interessati dallo schema e determinate le combinazioni di carico.

Poiché la definizione degli schemi serve solo per il progetto dell'armatura dei solai, può ovviamente essere effettuata indifferentemente prima o dopo il calcolo della struttura.

## Archivi combinazioni ferri solai


È possibile utilizzare archivi per la memorizzazione di combinazioni di ferri longitudinali, reti elettrosaldate, tralicci e travetti precompressi ricorrenti nel progetto dell'armatura dei solai e che verranno poste in opera. In particolare per i solai a travetti precompressi, si memorizzano le ditte fornitrici con i relativi elenchi dei travetti prodotti. I momenti resistenti, poiché sono forniti dalle ditte relativamente agli stati limite di esercizio, nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono moltiplicati per 1.5 e sono considerati a metro lineare.


La modifica degli archivi è effettuabile dal menu dell'applicazione  selezionando **Archivi**  e poi

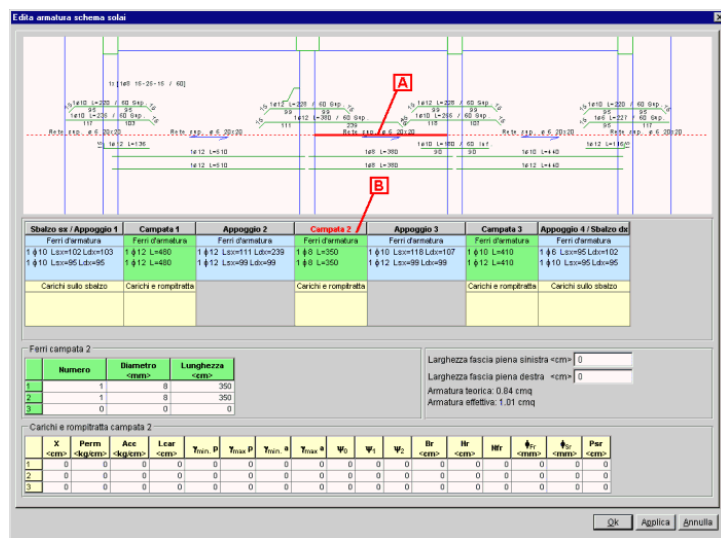
**Combinazione ferri solai**  oppure in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Generali** su **Mod. comb. ferri** . Per inserire una nuova combinazione di ferri, una nuova rete o un tipo di traliccio occorre cliccare sul bottone "Nuovo" e inserire i dati richiesti, mentre per eliminarli occorre selezionare la riga corrispondente e cliccare sul bottone "Elimina". Per selezionare una riga della tabella occorre cliccare sulla parte grigia a sinistra di ogni riga, mentre per deseleggerla basta cliccare in punto qualunque della tabella.

L'archivio dei ferri longitudinali è ordinato in funzione dell'area mentre quelli delle reti elettrosaldate e dei tralicci sono ordinati in funzione della descrizione. Facciamo notare che dopo aver inserito o modificato una o più righe della tabella e chiuso la finestra di dialogo, alla sua riapertura le righe precedentemente inserite o modificate saranno posizionate nella tabella in base all'ordinamento.

## Modifica armatura schema solaio

In progettazione interattiva per ogni schema di solaio è possibile modificare l'armatura proposta, inserire in campata dei carichi concentrati e/o rompitratte (note anche come corree di ripartizioni), specificare la larghezza di eventuali fasce piene all'estremità di ogni singola campata. La procedura è utilizzabile solo per schemi di solaio già progettati automaticamente. Le modifiche si effettuano tramite la finestra di dialogo (riportata di seguito) che si apre cliccando nel gruppo **Armatura** su **Modifica**  oppure attraverso il tasto destro sulla linea tratteggiata che rappresenta lo **schema di calcolo** del solaio.

Si consiglia di definire prima tutti gli schemi di calcolo dei solai, progettare l'armatura cliccando nel gruppo **Generali** su **Progetta aut.**  e successivamente apportare le modifiche poiché se aggiungete uno schema ed eseguite la progettazione automatica questa annulla tutte le modifiche effettuate.



La finestra di dialogo si presenta suddivisa essenzialmente in due parti, quella superiore in cui viene riportato sia il disegno dell'armatura del solaio che una tabella con la descrizione dell'armatura per ogni appoggio e campata del solaio; quella inferiore per la modifica dell'armatura, l'inserimento di eventuali carichi e/o rompitratta e la specifica della larghezza di un'eventuale fascia piena alle estremità della campata.

Selezionando l'appoggio o la campata, nella parte superiore della finestra di dialogo, cliccando con il cursore grafico sul disegno dell'armatura del solaio (si veda il punto A riportato nella figura soprastante) o all'interno della colonna della tabella (si veda il punto B riportato nella figura soprastante) è possibile effettuare le suddette modifiche.

I parametri richiesti nella finestra di dialogo hanno il seguente significato:

**Ferri Appoggi:** si possono inserire al massimo 3 ferri. I ferri su appoggi intermedi possono avere lunghezze diverse a destra a sinistra rispetto all'asse della trave o del muro. La lunghezza sinistra e destra dei ferri non può essere maggiore della luce della campata adiacente ed inferiore a quella necessaria per soddisfare le verifiche (valore impostato automaticamente dal programma). Per i ferri sugli appoggi d'estremità la lunghezza è invece quella totale. La modifica dei ferri degli sbalzi si effettua cambiando l'armatura dell'appoggio adiacente lo sbalzo.

**Ferri Campata:** si possono inserire al massimo 3 ferri. I ferri sono sempre centrati rispetto alla campata e non possono essere più lunghi della sua luce.

**Carichi e rompitratta:** all'interno della campata è possibile inserire i soli carichi, i soli rompitratta oppure entrambi. Sia i carichi che i rompitratta possono essere posizionati ad una distanza baricentrica "X" misurata dall'inizio della campata. Si possono applicare esclusivamente carichi in senso ortogonale all'orditura del solaio. Tali carichi, a metro lineare, possono avere un'aliquota permanente "Perm." e un'aliquota "Acc." e sono applicati in modo uniforme su di una lunghezza "Lcar" misurata parallelamente all'orditura del solaio; i carichi possono ad esempio rappresentare il peso a metro lineare dei tramezzi trasversali all'orditura del solaio (per ulteriori chiarimenti si consulti anche il tutorial **Progettazione interattiva armature solai**). Il rompitratta è un elemento trasversale al solaio con sezione di base "Br" e altezza "Hr", armato con "Nfr" ferri longitudinali (specificando ad esempio 2 si intende il travetto armato sia con 2 ferri superiori che inferiori) di diametro "Ør" e staffe di diametro "Øsr" con passo "Psr". La sezione del rompitratta viene verificata a flessione con un momento flettente ricavato da una formula semi-empirica del Prof. Turrini (Università di Padova):  $M = 1/\alpha \cdot Q \cdot L^3$  dove:  $\alpha$  è un coefficiente pari a 250, Q è il carico a metro quadrato applicato sul solaio, L è la luce della campata del solaio.

## Progettazione interattiva solai

Nell'ambiente di progettazione interattiva solai, se l'armatura dei solai era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico della carpenteria di piano. È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva armature solai**.


### Generali

**Progetta aut.** progetta l'armatura degli schemi dei solai secondo le specifiche dei criteri di progetto.

**Ricalcola** effettua il controllo che i solai siano verificati, segnalando le eventuali anomalie.


**Anteprima rel.** visualizza l'anteprima della relazione di calcolo.


**Mod. criteri** modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato al solaio.

**Mod. comb. ferri**  modifica la combinazione dei ferri dei solai.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **?REL** (Anteprima relazione).


## Schemi


**Aggiungi**  inserimento di uno schema di calcolo.

**Elimina**  elimina uno schema di calcolo.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGH** (Aggiungi schema), **ELIH** (Elimina schema).

## Armatura

**Progetta aut.**  progetta l'armatura dello schema selezionato con il cursore grafico secondo le specifiche dei criteri di progetto.

**Modifica**  modifica l'armatura dello schema selezionato con il cursore grafico. Per ogni **schema di calcolo** del solaio è possibile modificare l'armatura progettata automaticamente, inserire in campata dei carichi concentrati e/o rompitratta (note anche come corree di ripartizioni) e specificare la larghezza di eventuali fasce piene all'estremità di ogni singola campata.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMAH** (Progetta armatura schema), **EDAH** (Edita armatura schema).

## Note tecniche

### Calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo viene effettuato secondo l'ipotesi di trave continua su appoggi rigidi con un massimo di 10 campate in continuità ed eventuali sbalzi d'estremità.

Dallo schema di calcolo vengono automaticamente desunti le luci nette delle campate, le larghezze degli appoggi, i valori dei carichi uniformemente distribuiti relativi ai solai interessati dallo schema e determinate le combinazioni di carico. Il programma esegue automaticamente tutte le possibili combinazioni a "scacchiera" dei carichi permanenti strutturali, con i permanenti non strutturali ed il primo carico accidentale diverso da zero definito nella tipologia del solaio ed il sovraccarico accidentale concentrato stabilito attraverso il parametro **Categoria dei carichi concentrati** nei criteri di progetto.

Per solai che giacciono su piani inclinati i carichi permanenti sono carichi in direzione Z globale ed agiscono sulla reale superficie del solaio, mentre i carichi accidentali, sempre in direzione Z globale, agiscono sulla proiezione orizzontale della superficie del solaio.

I carichi sugli elementi a sbalzo in zona sismica vengono amplificati in ragione del grado di sismicità prelevato dai parametri di calcolo della struttura. Il sisma verticale sugli elementi a sbalzo di strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18 e ricadenti in Zona 1 o 2 viene applicato utilizzando il metodo indicato nel D.M. 16/01/96 e quindi amplificando i carichi.

In corrispondenza degli appoggi d'estremità è possibile applicare un momento fittizio, senza influenzare la distribuzione dei momenti, per garantire un'armatura minima superiore a momento negativo. Mentre in campata è possibile inserire un momento di progetto minimo, senza influenzare la distribuzione dei momenti, per il dimensionamento delle armature del solaio. Il progetto dell'armatura viene effettuato per la condizione più sfavorevole.

### Limitazioni sugli schemi di calcolo dei solai

Per poter effettuare il progetto dell'armatura dei solai occorre **che appartengano ad orizzontamenti per i quali è stato creato il disegno della carpenteria di piano**.

Non è possibile armare e definire gli schemi di calcolo seguenti:

- composti da un unico solaio a sbalzo;
- composti da un insieme di solai con diversa orditura;
- solai con altezza o spessore della cappa uguale a zero;
- solai con criteri diversi.

Non è possibile definire uno schema di calcolo composto da solai di diversa tipologia poiché non si possono differenziare i criteri di progetto ad esclusione del caso di uno schema in cui siano presenti solai del tipo a soletta piena (ad esempio uno sbalzo).

### Progetto armature

Il progetto delle armature viene eseguito calcolando le sezioni minime d'armatura che soddisfano tutte le verifiche e prelevando dall'**archivio delle combinazioni dei ferri** in funzione dell'elenco dei diametri indicati nei criteri di progetto (vedi **Elenco diametri utilizzabili**) quelle con area superiore all'area minima richiesta.

Per i solai a travetti precompressi il progetto avviene ricercando nell'**archivio delle combinazioni dei ferri**, in funzione del nome della ditta specificato nei criteri di progetto (vedi **Elenco ditte**), il travetto che abbia un momento resistente superiore al momento flettente massimo di campata mentre, l'armatura agli appoggi è progettata come per le altre tipologie di solai.

Viene segnalato se l'armatura è insufficiente ed in tal caso occorrerà cambiare l'elenco dei diametri disponibili nei criteri di progetto ed eventualmente modificare l'archivio delle combinazioni dei ferri introducendo nuove combinazioni.

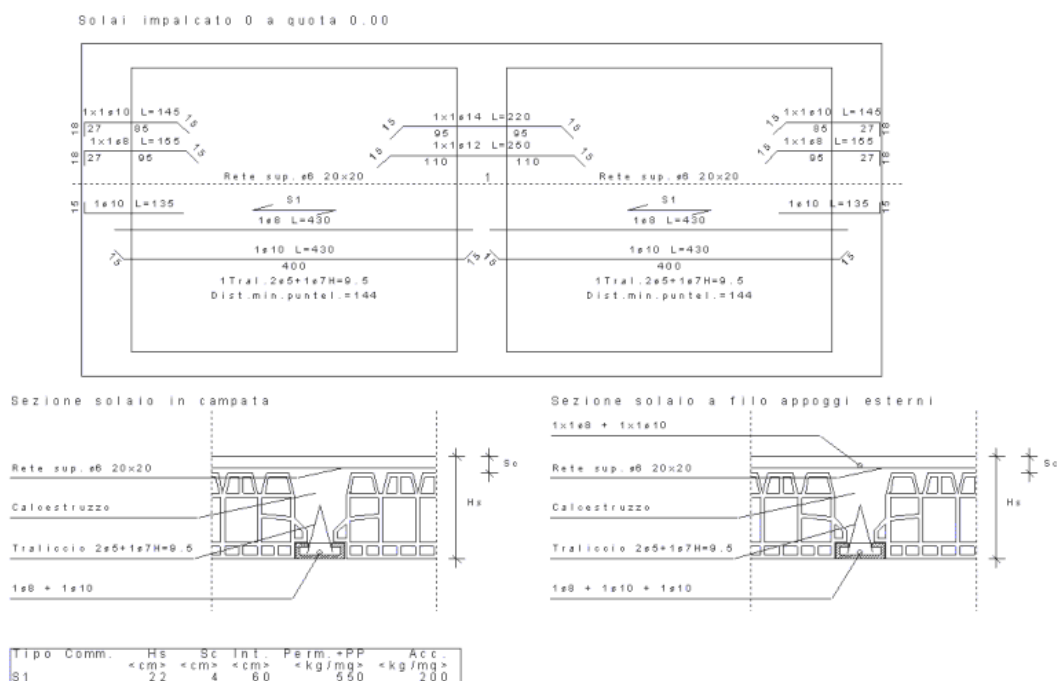
Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono riferite al singolo travetto o ad entrambi i travetti abbinati, mentre per i pannelli, le lastre predalles, i solai gettati in opera e le solette piene sono relative alla dimensione della striscia di solaio specificata nel criterio di progetto al parametro **interasse di calcolo**, ovviamente nel caso in cui l'interasse di calcolo coincida con la dimensione del pannello o della lastra, le armature sono relative all'intero pannello o lastra.

## Solai a travetti tralicciati (monotrave o bitrave)

Nel progetto delle armature vengono analizzate due fasi:

- Nella **prima fase** il solaio in continuità viene suddiviso per campate ciascuna caricata dal peso proprio del solaio compreso del getto in opera e dal peso dell'operaio in mezzeria per le operazioni di getto. In questa fase, non essendo il solaio autoportante, viene determinata la distanza di puntellazione utilizzando i metodi del P-critico, Omega UNI 10011 e Beton-Kalender, verificando l'instabilità sia del corrente superiore che delle staffe del traliccio.
- Nella **seconda fase** il solaio assume uno schema statico di trave continua su appoggi rigidi con eventuali mensole d'estremità. Vengono verificate le sezioni in campata, a filo appoggio/banchinaggio della trave/muro e in asse della trave/muro. La sezione in campata, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri longitudinali del traliccio e dai ferri aggiuntivi. La sezione a filo appoggio/banchinaggio della trave/muro, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione in asse della trave/muro, di forma rettangolare (base pari all'**interasse di calcolo** ed altezza uguale a quella del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi.

Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono riferite al singolo travetto o ad entrambi i travetti abbinati e vanno intese posizionate come in figura sottostante.



## Solai a pannelli

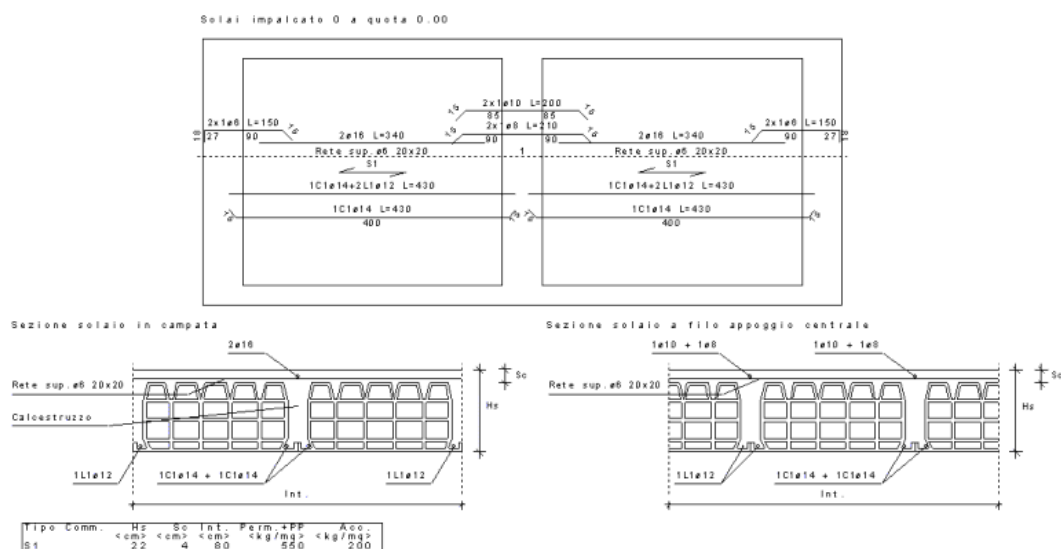
Nel progetto delle armature vengono analizzate due fasi:

- Nella **prima fase**, se il solaio è autoportante, il solaio in continuità viene suddiviso per campate ciascuna caricata dal peso proprio del solaio compreso il peso del getto in opera e dal peso dell'operaio in mezzeria per le operazioni di getto. In questa fase viene verificata l'**autoportanza con getto in calcestruzzo**.



- Nella **seconda fase** il solaio assume uno schema statico di trave continua su appoggi rigidi con eventuali mensole d'estremità. Vengono verificate le sezioni in campata, a filo appoggio/banchinaggio della trave/muro e in asse della trave/muro. La sezione in campata, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione a filo appoggio/banchinaggio della trave/muro, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione in asse della trave/muro, di forma rettangolare (base pari all'interasse di calcolo ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi.

Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono relative alla dimensione della striscia di solaio specificata nel criterio di progetto al parametro **interasse di calcolo**, ovviamente nel caso in cui l'interasse di calcolo coincida con la dimensione del pannello, le armature sono relative all'intero pannello e vanno intese posizionate come in figura sottostante.



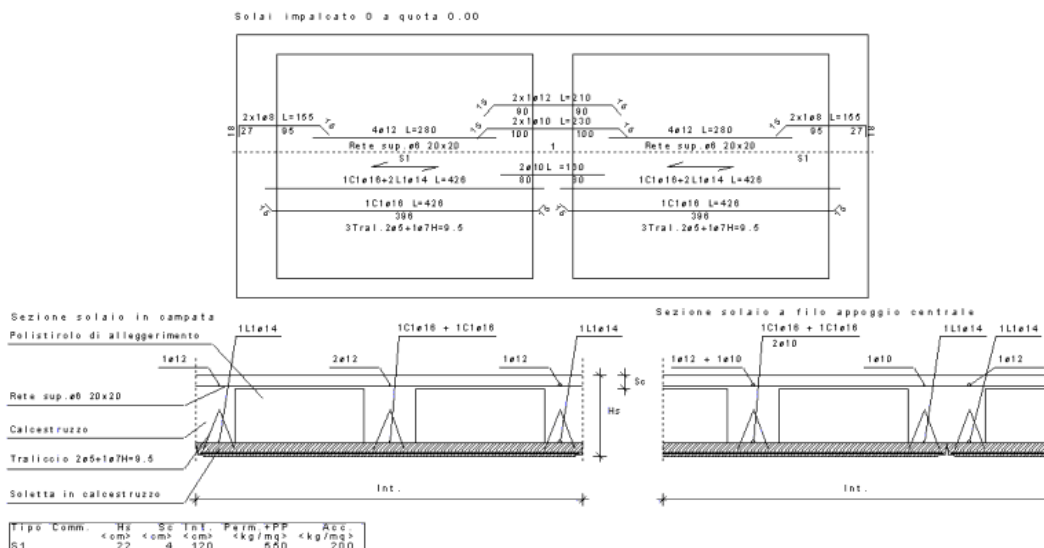
## Solai a lastra predalles

Nel progetto delle armature vengono analizzate due fasi:

- Nella **prima fase** il solaio in continuità viene suddiviso per campate ciascuna caricata dal peso proprio del solaio compreso il peso del getto in opera e dal peso dell'operaio in mezzeria per le operazioni di getto. In questa fase, se il solaio non è autoportante, viene determinata la distanza di puntellazione utilizzando i metodi del P-critico, Omega UNI 10011, Omega con contributo della suola inferiore e Beton-Kalender, verificando l'instabilità sia del corrente superiore che delle staffe dal traliccio. Se il solaio è autoportante o autoportante con tralicci viene verificata l'autoportanza rispettivamente **con getto in stabilimento del calcestruzzo** nel vano/i centrale o **con tralicci** senza puntelli.
- Nella **seconda fase** il solaio assume uno schema statico di trave continua su appoggi rigidi con eventuali mensole d'estremità. Vengono verificate le sezioni in campata, a filo appoggio/banchinaggio della trave/muro e in asse della trave/muro. La sezione in campata, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi e dalla rete elettrosaldata. La sezione a filo appoggio/banchinaggio della trave/muro, di forma a doppio T (la dimensione della nervatura è pari a quanto imposto nei criteri di progetto e larghezza delle ali è pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione in asse della trave/muro, di forma rettangolare (base pari all'interasse di calcolo ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi.

Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono relative alla dimensione della striscia di solaio specificata nel criterio di progetto al parametro **interasse di calcolo**, ovviamente nel caso in cui l'interasse di calcolo coincida con la dimensione della lastra, le armature sono relative all'intera lastra e vanno intese posizionate come in figura sottostante.





## Solai gettati in opera

Nel progetto delle armature, il solaio assume uno schema statico di trave continua su appoggi rigidi con eventuali mensole d'estremità. Vengono verificate le sezioni in campata, a filo appoggio della trave/muro e in asse della trave/muro. La sezione in campata, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi e dalla rete elettrosaldata. La sezione a filo appoggio della trave/muro, di forma rettangolare (base pari alla larghezza del travetto ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione in asse della trave/muro, di forma rettangolare (base pari all'**interasse di calcolo** ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi.

Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono relative alla dimensione della striscia di solaio specificata nel criterio di progetto al parametro **interasse di calcolo**.

## Soletta piena

Nel progetto delle armature, il solaio assume uno schema statico di trave continua su appoggi rigidi con eventuali mensole d'estremità. Vengono verificate le sezioni in campata, a filo appoggio della trave/muro e in asse della trave/muro. La sezione in campata, di forma a T (base pari alla larghezza del travetto e larghezza delle ali pari all'**interasse di calcolo**) è sollecitata a flessione e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi e dalla rete elettrosaldata. La sezione a filo appoggio della trave/muro, di forma rettangolare (base pari alla larghezza del travetto ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione in asse della trave/muro, di forma rettangolare (base pari all'**interasse di calcolo** ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi.

Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono relative alla dimensione della striscia di solaio specificata nel criterio di progetto al parametro **interasse di calcolo**.

## Travetti precompressi

Nel progetto delle armature, il solaio assume uno schema statico di trave continua su appoggi rigidi con eventuali mensole d'estremità. Vengono verificate le sezioni in campata, a filo appoggio della trave/muro e in asse della trave/muro. La sezione in campata, sollecitata a flessione, viene verificata confrontando il momento flettente di calcolo con quello resistente presente nell'**archivio delle combinazioni dei ferri** in funzione del nome della ditta specificato nei criteri di progetto (vedi **Elenco ditte**). I momenti resistenti, poiché sono forniti dalle ditte relativamente agli stati limite di esercizio, nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono moltiplicati per 1.5 e sono considerati a metro lineare. La sezione a filo appoggio della trave/muro, di forma rettangolare (base pari alla larghezza del travetto ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi. La sezione in asse della trave/muro, di forma rettangolare (base pari all'**interasse di calcolo** ed altezza pari all'altezza del solaio) è sollecitata a flessione e taglio e viene verificata con le classiche formule di verifica delle sezioni in c.a. L'armatura presente nella sezione è costituita dai ferri aggiuntivi.

Le armature riportate per ogni schema di calcolo sono relative alla dimensione della striscia di solaio specificata nel criterio di progetto al parametro **interasse di calcolo**.

## Verifica a taglio

La verifica a taglio a filo appoggio viene eseguita tenendo conto di eventuali ferri piegati a 45° o sagomati a greca, in alternativa, se si consente una zona piena di calcestruzzo, viene calcolato l'arretramento dei blocchi in laterizio (disposti anche a pettine) oppure, nel caso di lastre predalles, un arretramento dei pan di polistirolo.

## Calcolo dell'autoportanza

Il calcolo dell'autoportanza con i tralicci, in fase di getto, può essere eseguito con i metodi del P-critico, Omega UNI 10011, Omega con contributo della suola inferiore e Beton-Kalender. I metodi sono validi per i tipi di solai seguenti: travetto, lastra predalles da 120, 200 e 250 nei casi non autoportante o autoportante a tralicci.

Se il solaio è autoportante il programma cercherà da un archivio predefinito di tralicci commerciali la tipologia tale da assicurare l'autoportanza del getto di calcestruzzo in prima fase senza la necessità di un puntellamento in campata; se l'esito della ricerca è negativo verrà segnalato nelle anomalie che l'autoportanza non può essere garantita.

Il calcolo dell'autoportanza dei solai viene eseguito con i metodi seguenti:

- **Autoportanza con tralicci**
- **Autoportanza con getto in calcestruzzo**

### AUTOPORTANZA CON TRALICCI

In prima fase il solaio in continuità viene suddiviso nelle singole campate che assumono uno schema statico di una trave in semplice appoggio. In questa fase viene considerato il peso proprio per il getto in opera con eventuale peso dell'operaio in mezzeria per le operazioni di getto.

La verifica viene effettuata sul singolo traliccio considerando il carico totale della lastra diviso per il numero di tralicci presenti nella lastra.

Se la verifica risulta non soddisfatta viene aggiunto un traliccio dello stesso tipo imposto nei criteri di progetto: viene tolta una fetta di polistirolo di 10 cm dalla sezione, viene ricalcolato il peso proprio del solaio con la nuova geometria della sezione e rieseguita la verifica dell'autoportanza. Se aggiungendo tralicci si supera il numero massimo di tralicci inseribili nella sezione per soddisfare la verifica di autoportanza viene visualizzato un messaggio di errore: Tralicci insufficienti in autoportanza.

Nel calcolo dell'autoportanza del traliccio si può scegliere i metodi: P-Critico, Omega UNI 10011, Omega con contributo della suola inferiore, Beton-Kalender.

### AUTOPORTANZA CON GETTO IN CALCESTRUZZO

In prima fase il solaio in continuità viene suddiviso nelle singole campate che assumono uno schema statico di una trave in semplice appoggio. In questa fase viene considerato il peso proprio per il getto in opera con eventuale peso dell'operaio in mezzeria per le operazioni di getto.

La verifica viene effettuata considerando la sezione della lastra con il getto in stabilimento della nervatura centrale tra i pan di polistirolo riempiti fino al filo superiore del pane di polistirolo.

La sezione risulta sollecitata a flessione e verificata con le classiche formule delle sezioni in c.a.; la zona superiore risulta compressa mentre quella inferiore risulta tesa.

In questo caso l'armatura a trazione resistente in fase di autoportanza è solo quella centrale (ferri, tralicci, rete inferiore se presente).

Se la zona superiore compressa non soddisfa la tensione massima ammissibile sul calcestruzzo il programma prevede l'inserimento di armatura a compressione nella nervatura centrale e viene visualizzato un messaggio di avviso: Armatura a compressione in prima fase.

Se il numero massimo di tondini inseribili o il diametro massimo ammesso non soddisfa la verifica viene visualizzato un messaggio di errore: Tondini insufficienti area richiesta XXX cmq.

## Verifiche di deformabilità e fessurazione

La verifica di deformabilità può essere effettuata calcolando sia la freccia elastica che viscosa. Per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, nel caso in cui nei criteri di progetto dell'armatura dei solai si è deciso di non determinare la freccia viscosa, ModeSt provvede automaticamente a verificare se la snellezza ( $\lambda = l/h$ ) soddisfa l'espressione C4.1.13 del par. C4.1.2.2.2 della Circolare del D.M.08 e segnalare se non è verificata. La freccia viscosa viene calcolata in funzione del **grado di umidità** relativa e del **tempo di applicazione del carico** specificati nei criteri di progetto.

Entrambe le frecce possono essere valutate nelle seguenti ipotesi o metodi:

- **Sezione interamente reagente:** il momento d'inerzia della sezione è quello riferito all'asse neutro della sezione.

- **Sezione fessurata:** il momento d'inerzia della sezione è quello del solo calcestruzzo.
- **Metodo di integrazione:** la freccia è calcolata con il teorema dei lavori virtuali, suddividendo la campata in 21 conci e utilizzando per l'estremità dei conci la sezione interamente reagente o fessurata rispettivamente se il momento flettente è inferiore o maggiore del momento di fessurazione.

Il valore della freccia della generica campata di solaio, caricata con un carico uniformemente distribuito, è calcolato con la segue formula:

$$f = 5/384 \cdot Q L^4 / EJ - 1/6 \cdot M_a L^2 / EJ - 1/6 \cdot M_b L^2 / EJ$$

dove:

$M_a$  e  $M_b$  = momenti agli estremi della campata

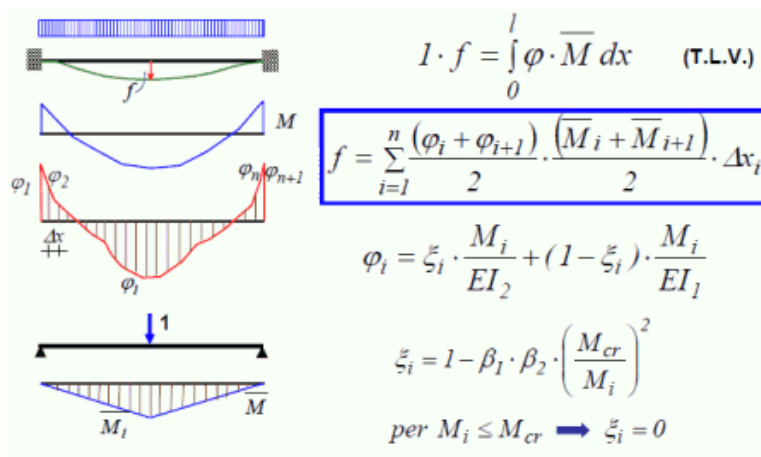
$L$  = luce del solaio

$Q$  = carico a metro lineare sull'interasse del solaio

Il valore massimo della freccia viene determinato suddividendo in 21 conci la campata.

## METODO DI INTEGRAZIONE

Il valore della freccia viene calcolato applicando il principio dei lavori virtuali come riportato nella figura sottostante.



Dove  $M_{cr}/M$  è il rapporto tra il momento di fessurazione e il momento flettente effettivo,  $\beta_1=1$  per acciaio ad aderenza migliorata,  $\beta_2=1$  per applicazione di un singolo carico di breve durata,  $\beta_2=0.5$  per carichi permanenti o per cicli di carico ripetuti (carico di lunga durata freccia viscosa).

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali di disegno armatura solai

#### Parametri di disegno

Nella creazione dei disegni delle armature dei solai oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili altre opzioni.

**Eliminare le quotature esterne e interne:** specificare se deve essere effettuata la quotatura degli elementi interni ed esterni della carpenteria.

**Eliminare le quotature dei pilastri:** specificare se riportare nel disegno anche la quotatura delle dimensioni dei pilastri.

**Eliminare le dimensioni delle travi e dei muri:** specificare se riportare nel disegno le dimensioni delle travi e dei muri.

**Eliminare la numerazione delle travi e dei muri:** specificare se riportare nel disegno la numerazione delle travi e dei muri.

**Eliminare le campiture:** specificare se deve essere effettuata la campitura dei pilastri e dei muri.

**Eliminare il disegno del cerchio intorno al numero del pilastro:** specificare se disegnare il cerchio intorno al numero del pilastro.

**Disegnare i particolari dei tipi di solai utilizzati:** specificare se disegnare i particolari dei tipi di solai utilizzati.

**Disegnare esploso armatura ferri lateralmente alla carpenteria:** specificare se disegnare l'esploso dei ferri relativi agli schemi dei solai progettati lateralmente alla carpenteria di piano. Se l'opzione è attiva, l'ar-

matura relativa ad ogni singolo schema viene riportata all'interno di un riquadro e posizionata automaticamente lateralmente al disegno della carpenteria di piano altrimenti viene riportata sopra lo schema del solaio. È disponibile la seguente opzione:

- **Disegnare l'ingombro delle travi e dei muri:** specificare se disegnare l'ingombro delle travi e dei muri su cui appoggiano i solai.

## Criteri di progetto armatura solai

### Materiali

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{ct}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Tipo di acciaio ( $FeB\ 22\div 44k$ ):** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valore che può successivamente essere modificato per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000\text{ kg/cm}^2$  e  $f_{tk} < 4500\text{ kg/cm}^2$  (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600\text{ kg/cm}^2$  (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Tipo di acciaio ( $B450A\div B450C$ ):** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio, valore che può successivamente essere modificato per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

## Parametri di calcolo

**Tipo di solaio:** selezionare il tipo di solaio fra uno dei seguenti: travetto, travetto abbinato, pannello a due nervature, pannello a tre nervature, lastra predalles da 60, 120, 200 e 250, gettato in opera e travetto precompresso.

**Elenco ditte:** selezionare il nome della ditta da utilizzare nel progetto dei solai a travetti precompressi. L'elenco dei nomi delle ditte è quello presente nell'**archivio delle combinazioni dei ferri**. I momenti resistenti, poiché sono forniti dalle ditte relativamente agli stati limite di esercizio, nelle verifiche agli stati limite ultimi vengono moltiplicati per 1.5 e sono considerati a metro lineare.

**Categoria dei carichi concentrati D.M. 92/96:** selezionare la categoria del sovraccarico accidentale per dedurre l'intensità e l'impronta del carico concentrato in funzione del Prospetto 5.1 della Cir. 16/01/96 "*Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*".

**Categoria dei carichi concentrati D.M. 18:** selezionare la categoria del sovraccarico accidentale per dedurre l'intensità e l'impronta del carico concentrato in funzione della Tabella 3.1.II del D.M. 17/01/18.

**Tipo di autoportanza:** selezionare il tipo di autoportanza fra uno dei seguenti: non autoportante, autoportante, autoportante a tralicci.

**Metodi di calcolo per l'autoportanza con tralicci:** specificare il metodo di calcolo per l'autoportanza con tralicci. Per maggiori dettagli si veda **Calcolo dell'autoportanza**. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **P-critico**
- **Omega UNI 10011**
- **Omega con contributo della suola inferiore**
- **Beton-Kalender**

**Interasse solaio:** specificare l'interasse di calcolo del solaio.

**Larghezza della nervatura:** specificare la larghezza della nervatura. Per nervatura si intende lo spazio esistente tra gli elementi in laterizio o la somma degli spazi tra i blocchi di polistirolo. Ad esempio per la lastra predalles da 120 inserendo il valore di 40 cm risulta una larghezza del pane di polistirolo pari a 40 cm.

**Copriferro teorico superiore:** specificare il valore del copriferro teorico superiore da utilizzare per il progetto dei solai. Tale valore viene assunto come distanza del baricentro dell'armatura superiore dall'estradosso del solaio.

**Copriferro teorico inferiore:** specificare il valore del copriferro teorico inferiore da utilizzare per il progetto dei solai. Tale valore viene assunto come distanza del baricentro dell'armatura inferiore dall'intradosso del solaio.

**Spessore lastra predalles:** specificare lo spessore della soletta inferiore per i solai del tipo a lastra predalles.

**Numero travetti precompressi:** specificare il numero dei travetti precompressi.

**Min. momento fittizio agli appoggi:** specificare se calcolare un momento fittizio negativo applicato solo agli appoggi d'estremità dello schema di calcolo del solaio. In caso affermativo occorre specificare il denominatore. Ad esempio inserendo 14 ModeSt applicherà una coppia pari a  $ql^2/14$  ai due appoggi d'estremità.

**Min. momento fittizio in campata:** specificare se calcolare un momento fittizio positivo in campata. In caso affermativo occorre specificare il denominatore. Ad esempio inserendo 14 ModeSt terrà conto, insieme alle altre CC, anche della parte positiva di un diagramma dei momenti che in campata presenta un momento pari a  $ql^2/14$ .

**Spuntamento parabole travi:** specificare se effettuare lo spuntamento parabolico dei momenti sugli appoggi in corrispondenza delle travi con conseguente ridefinizione del diagramma dei momenti flettenti.

**Spuntamento parabole muri:** specificare se effettuare lo spuntamento parabolico dei momenti sugli appoggi in corrispondenza dei muri con conseguente ridefinizione del diagramma dei momenti flettenti.

**Massimo banchinaggio:** specificare la massima distanza di arretramento del laterizio dal filo dell'appoggio. Tale arretramento è previsto realizzato con riempimento in getto di calcestruzzo.

## Armatura a flessione e a taglio

**Elenco diametri utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei ferri, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Tipo di tralicci:** selezionare il tipo di traliccio da utilizzare nel progetto dell'armatura del solaio. L'elenco dei tipi di tralicci che compare nella casella di riepilogo a discesa coincide con quello definito nell'**archivio combinazioni ferri solai**.

**Tipo di reti:** selezionare il tipo di rete elettrosaldata da utilizzare nel progetto dell'armatura del solaio. L'elenco dei tipi di reti che compare nella casella di riepilogo a discesa coincide con quello definito nell'**archivio combinazioni ferri solai**.

**Diametro minimo ferri compressi:** specificare il diametro minimo delle barre da adottare superiormente ed inferiormente nelle zone compresse nel solaio.

**Diametro massimo ferri compressi:** specificare il diametro massimo delle barre da adottare superiormente ed inferiormente nelle zone compresse nel solaio.

**Sporgenza minima ferri agli appoggi:** specificare la minima distanza di quanto i ferri all'estradosso debbano sporgere oltre il filo degli appoggi.

**Barre di ammaraggio sugli appoggi centrali:** specificare se inserire anche sugli appoggi centrali del solaio delle barre di ammaraggio.

**Ferri superiori in campata:** specificare se devono essere inseriti e con che diametro dei ferri superiormente in campata.

**Lunghezza minima ferri in campata come percentuale della luce:** specificare la percentuale della luce netta per calcolare la lunghezza minima dei ferri in campata.

**Spezzoni in campata:** selezionare la tipologia di spezzoni da inserire in campata. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Nessuno
- Massimo due ferri di diversa lunghezza

- Massimo un ferro

**Armatura a taglio:** specificare il tipo d'armatura a taglio da utilizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Ferri sagomati a 45°
- Ferri sagomati a greca

**Lunghezza risvolto ferri:** specificare la lunghezza dei risvolti dei ferri superiori all'estremità del solaio. ModeSt non controlla che il risvolto sia superiore all'altezza della trave o del solaio.

**Lunghezza ganci d'estremità superiori:** specificare la lunghezza dei ganci d'estremità superiori. ModeSt non controlla che la lunghezza del gancio sia superiore all'altezza del solaio.

**Lunghezza ganci d'estremità inferiori:** specificare la lunghezza dei ganci d'estremità inferiori. ModeSt non controlla che la lunghezza del gancio sia superiore all'altezza del solaio.

### Verifiche di deformabilità e fessurazione

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- Ordinarie
- Aggressive
- Molto aggressive

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Armatura sensibile:** specificare se l'armatura appartenga o meno al gruppo delle "armature sensibili" come indicato nel par. 4.1.2.2.4.4 del D.M. 17/01/18. Il tipo di armatura influenza la scelta degli stati limite di fessurazione da considerare come indicato nella Tabella 4.1.IV del D.M. 17/01/18.

**Modalità di calcolo della freccia:** specificare come calcolare la freccia elastica e se determinare la freccia viscosa. Per maggiori dettagli si veda **Verifiche di deformabilità e fessurazione**. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Con sezione interamente reagente
- Con sezione fessurata
- Con metodo di integrazione

**Calcolo freccia viscosa:** specificare se determinare la freccia viscosa. In caso affermativo il metodo di calcolo è uguale a quello specificato precedentemente per la freccia elastica altrimenti, per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, viene verificato se la snellezza ( $\lambda=l/h$ ) soddisfa l'espressione C4.1.13 del par. C4.1.2.2.2 della Circolare del D.M. 14/01/08. Il coefficiente di viscosità varia in funzione dell'umidità relativa e del tempo di applicazione del carico come indicato nel par. 11.2.10.7 del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Grado di umidità

- **Tempo di applicazione del carico:** sono previsti solo i tempi di applicazione di 15, 30 e 60 giorni.

## Sezioni

---

### Introduzione

In progettazione interattiva sezioni è possibile armare con ferri longitudinali e staffe sezioni in calcestruzzo armato di qualsiasi forma poligonale anche con più fori all'interno.

La progettazione interattiva può essere eseguita considerando le sollecitazioni provenienti da una o più aste caratterizzate dalla sezione in esame o con sollecitazioni inserite manualmente.

Si può progettare interattivamente l'armatura di una ipotetica sezione in cemento armato definita come la sezione di un insieme di elementi bidimensionali o di muri presente nel modello.

In questo modo sono progettabili ad esempio elementi come le solette delle scale, i muri di sostegno anche con sproni o rinforzi, le solette di un balcone, le nervature di una soletta o le travi parete che siano stati schematizzati nel modello con elementi "muro" o con elementi bidimensionali veri e propri.

Le sollecitazioni o le tensioni vengono automaticamente integrate e viene definita una sezione di geometria equivalente, completa di eventuali raccordi d'angolo. **Questa sezione non compare nell'elenco delle sezioni definite.**

Quando si progetta una sezione rettangolare o a T con membratura trave, vengono utilizzati i criteri di progetto relativi alle travi con particolare riferimento a quelli della scheda **Dati per progettazione interattiva sezioni**. Se in tali criteri è prevista la **verifica con barre in posizioni teoriche**, in flessione retta e **considerando solo My**, i ferri nella sezione vengono posizionati con le stesse modalità usate nel progetto delle travi, quindi differenziando il copriferro superiore ed inferiore, trascurando eventuali ferri di parete, di suola o di fianco e con i ferri longitudinali immaginati al centro del lato inferiore e superiore della sezione. Come copriferro teorico laterale (necessario per il posizionamento dei ferri per le verifiche a fessurazione) viene considerato quanto indicato nei criteri della trave come **copriferro reale al bordo staffe**, più il **diametro della staffa teorica**, più mezzo diametro del ferro più vicino all'angolo sinistro del lato superiore o inferiore a seconda del caso.

Nelle verifiche a taglio occorre valutare l'altezza utile, dipendente dal copriferro che nelle travi può essere diverso superiormente ed inferiormente, quindi la verifica a taglio dipende dal segno del momento che identifica le barre tese ed il relativo copriferro. Nel progetto delle travi, in cui la verifica a taglio viene fatta a zone di staffatura come altezza utile viene considerata quella corrispondente al momento massimo (in valore assoluto, ma poi considerato con segno) della zona di staffatura, mentre nelle sezioni la verifica è puntuale e quindi tale considerazione non può essere fatta. Questo può far cambiare sia il valore del taglio resistente che i controlli di normativa che fanno riferimento all'altezza utile.

In tutte le altre combinazioni di opzioni le verifiche vengono effettuate come per una sezione di tipo generico, considerando tutti i ferri inseriti o nella posizione teorica (pari alla media fra **copriferro teorico superiore** e **copriferro teorico inferiore**) o nella loro posizione effettiva.

Sarà possibile inserire barre longitudinali sia in modo manuale sia più semplicemente in modo automatico o semi-automatico, con linee guida variabili in funzione del diametro delle staffe, del ferro e del copriferro in modo da garantire l'inserimento delle barre nella corretta posizione.

Il programma gestisce dinamicamente sia le barre longitudinali che le staffe, in modo da mantenerne la corretta posizione anche quando si modifica il diametro o la configurazione.

I criteri di verifica ed i parametri di posizionamento delle barre e delle staffe vengono desunti dai criteri di progetto.

Si fa notare che la sezione è verificabile solo se ha verifica prevista c.a. e che i criteri utilizzati dipendono dal tipo di membratura specificata (trave, pilastro o generica).

Oltre al calcolo delle tensioni vengono effettuate le verifiche di normativa relative al tipo di membratura indicata. Nel caso di membratura generica nei criteri di progetto è possibile specificare a quale normativa fare riferimento, ed eventualmente disattivare tutti i controlli.

Le verifiche possono essere effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili o con il metodo degli stati limite.

Vengono effettuate le verifiche a presso-flessione e taglio, **non vengono effettuate verifiche a torsione.**

ModeSt crea e mantiene aggiornate la relazione di calcolo ed il computo delle armature, considerando una lunghezza teorica dell'elemento con la quale computare le staffe e le barre longitudinali. Tale lunghezza è specificabile dall'utente con il tasto destro sulla finestra di progettazione interattiva ► *Proprietà*.

Si ricorda che possono essere definite sezioni poligonali (eventualmente con fori) come indicato in **Definizione sezioni**.

# Progettazione interattiva sezioni

Nell'ambiente di progettazione interattiva sezioni, se l'armatura della sezione era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico della sezione. È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva sezioni**.

Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:


## Proprietà correnti


Nella sezione **Ferri** del pannello **Proprietà correnti** è possibile: stabilire i diametri da utilizzare per aggiungere nuovi ferri o da assegnare a ferri esistenti; indicare la modalità di **Inserimento** (Automatica, Semiautomatica, Manuale, Passo); indicare il valore del **Passo** dei ferri longitudinali; specificare la modalità di **Completamento** (Adattata, Terminata, Nessuna), nel caso si utilizzi la modalità di inserimento a Passo occorre specificare come il programma debba comportarsi nel caso in cui la lunghezza del lato della sezione non sia un multiplo del passo. Per approfondimenti si veda il capitolo **Posizionamento armature**.


Nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti** è possibile stabilire la staffatura da utilizzare per aggiungere nuove staffe o da assegnare a staffe esistenti.


**Utilizzo da linea di comando:** **FERC** (Ferro corrente), **STAC** (Staffatura corrente).

## Generali

**Ricalcola**  effettua il controllo che la sezione sia verificata e che siano rispettati tutti i minimi di regolamento, segnalando le eventuali anomalie. È possibile impostare la modalità di ricalcolo automatica o manuale selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Modalità di ricalcolo e verifica**.

**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico della sezione.

**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Def. sollecit.**  definisce le sollecitazioni. Il comando compare solo nella progettazione interattiva di sezioni con sollecitazioni manuali. Nella finestra di dialogo è possibile, cliccando sul bottone "Aggiungi" o "Inserisci" definirle manualmente oppure cliccando sul bottone "Interattivo" definirle graficamente selezionando le aste, anche con sezione e membratura diversa, o un'integratore trasversale nella finestra di modellazione oppure importarle da un file, in formato CSV. Per eliminare le sollecitazioni definite occorre selezionare la riga corrispondente e cliccare sul bottone "Elimina".


Nel file CSV devono essere contenuti i seguenti dati:


1. Il tipo di normativa da utilizzare: **TA** (Tensioni Ammissibili), **SLU** (Stato Limite Ultimo), **SLU S** (Stato Limite ultimo Sismico per calcoli eseguiti secondo il D.M. 16/01/96), **SLO** (Stato Limite di Operatività), **SLD** (Stato Limite di Danno), **SLV** (Stato Limite di salvaguardia della Vita), **SND** (Stato limite di salvaguardia della vita Non Dissipativo), **SLC** (Stato Limite di Collasso), **SLE R** (Stato Limite di Esercizio per combinazioni RARE), **SLE F** (Stato Limite di Esercizio per combinazioni FREQUENTI), **SLE Q** (Stato Limite di Esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI), **SLU I** (Stato Limite di resistenza al fuoco);
2. I valori delle cinque componenti di sollecitazione: N, Ty, Tz, My, Mz.
3. Da notare che i dati devono essere espressi in daN e m, separati da virgola o da punto e virgola, e non è possibile utilizzare normativa diverse. Un esempio di file dati potrebbe essere il seguente:


SLU, -10800, 0, -900, -1800, 0

SLU, -7000, 0, -900, -1800, 0


SLU, -7500, 490, 0, 0, 860

**Ridef. aste ass.**  ridefinisce le sollecitazioni di verifica attraverso la selezione, in modellazione, di un insieme di aste con la stessa sezione. Il comando compare solo nella progettazione interattiva di sezioni con sollecitazioni automatiche.

**Ass. altre aste**  associa le sollecitazioni di verifica attraverso la selezione, in modellazione, di altre aste con la stessa sezione. Il comando compare solo nella progettazione interattiva di sezioni con sollecitazioni automatiche.


**Def. punti ver.**  definisce i punti in cui effettuare la verifica. Il comando compare solo nella progettazione interattiva di sezioni con sollecitazioni automatiche.




**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato alla sezione.

**Utilizzo da linea di comando:** **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione), **DESL** (Definisci sollecitazioni), **DEPV** (Definisci punti di verifica).

## Risultati num.


**Sollecitazioni**  visualizza le informazioni sui valori delle sollecitazioni nella sezione.






## Diagrammi


**Tau**  attiva o disattiva il disegno della tensione tangenziale (solo per calcolo alle tensioni ammissibili). La mappa permette di controllare i valori di  $\tau$  confrontandoli con  $\tau_{c0}$  e  $\tau_{c1}$ .

**Scorrim.**  attiva o disattiva il disegno dello scorrimento (solo per calcolo alle tensioni ammissibili).

**Sigma c.**  attiva o disattiva il disegno della tensione di compressione nel calcestruzzo.

**Sigma f.**  attiva o disattiva il disegno della tensione nei ferri.

**Dominio**  disegna il dominio di rottura, cliccando sulla freccia a destra del comando è possibile con **Dominio globale**  disegnare il dominio di rottura globale, con **Dominio a N costante**  disegnare il dominio a sforzo normale costante, con **Dominio a My costante = 0**  disegnare il dominio a My costante pari a zero e con **Dominio a Mz costante = 0**  disegnare il dominio a Mz costante pari a zero.

**Epsilon**  attiva o disattiva il disegno dello stato di deformazione allo stato limite ultimo.


**Mom./Curv.**  disegna il diagramma momento/curvatura.

**Temperatura**  attiva o disattiva la mappa delle temperature nella sezione al tempo specificato.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTAU** (Disegna tau), **DSCO** (Disegna scorrimento), **DSC** (Disegna sigma calcestruzzo), **DSF** (Disegna sigma ferri), **DDOM** (Disegna dominio), **DEPS** (Disegna epsilon), **DTMP** (Disegna temperatura).

## Ferri


**Aggiungi**  aggiunge un ferro.


**Assegna**  assegna al ferro selezionato con il cursore grafico il diametro corrente.

**Elimina**  elimina il ferro selezionato con il cursore grafico.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGF** (Aggiungi ferro), **AFER** (Assegna ferro), **ELIF** (Elimina ferro).

## Staffe


**Aggiungi**  aggiunge una staffa di qualsiasi forma in modo manuale.

**Assegna**  assegna o modifica la staffa.


**Elimina**  elimina la staffa.

**Utilizzo da linea di comando:** **AGGT** (Aggiungi staffa), **ASTA** (Assegna staffatura), **ELIT** (Elimina staffatura).

## Disegno

**Tecnico/oggetto**  attiva o disattiva il disegno tecnico.

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale della sezione progettata.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTEC** (Disegno tecnico), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DCMP** (Disegna computo).

## Animazioni


**Temperatura**  crea l'animazione dell'evoluzione della temperatura nella sezione al variare del tempo.


**Stop animazione**  termina la riproduzione del filmato di animazione.


## Modalità di ricalcolo e verifiche

In tutte le progettazioni interattive il programma esegue decine se non centinaia di verifiche e di calcoli per la determinazione delle tensioni e per i controlli di normativa. Tutti i calcoli devono ovviamente essere ripetuti ogni volta che avvengono modifiche nell'armatura, nei dati, nelle opzioni e nei criteri di progetto.

Su computer non particolarmente veloci o nelle fasi preliminari di progettazione interattiva può essere inutile procedere ogni volta alla riverifica dell'oggetto. A tale scopo è possibile stabilire due modalità di ricalcolo:

- **Automatica:** il calcolo viene tenuto aggiornato ad ogni modifica effettuata e nella legenda, se attiva e configurata come compatta o estesa vengono riportate le verifiche effettuate ed i principali casi non soddisfatti.
- **Manuale:** il calcolo viene invalidato alla prima modifica effettuata e la legenda riporta la necessità di aggiornare le verifiche. Per effettuare il ricalcolo occorre cliccare nel gruppo **Generali** su **Ricalcola** .

Si noti che anche nel caso di modalità di ricalcolo automatica il comando **Ricalcola**  consente di visualizzare tutti i casi in cui le verifiche non sono soddisfatte.

La modalità di ricalcolo può essere modificata con il menu che compare cliccando sulla freccia a destra di **Ricalcola** .

Per esaminare in dettaglio le diverse verifiche effettuate ed analizzare stati tensionali con diagrammi o informazioni occorre stabilire quale verifica debba essere visualizzata. La casella di riepilogo a discesa nel pannello **Stato verifiche** consente di stabilire la verifica corrente, ossia quella per cui visualizzare i risultati nella legenda e i diagrammi nella finestra, e nella quale è possibile selezionare anche i casi speciali, ossia quelli che sono particolarmente significativi ai sensi delle verifiche (massime tensioni, minimi coefficienti di sicurezza, ecc.) ed un riassunto globale di tutte le verifiche (report complessivo).



## Gestione staffe


Quando viene avviata una nuova progettazione interattiva di una sezione, il programma definisce automaticamente delle staffe *immaginarie* che nel caso di sezioni predefinite rappresentano quelle che sono normalmente le staffe standard, mentre nel caso di sezioni generiche sono semplicemente equivalenti al contorno della sezione e degli eventuali fori presenti all'interno.

Queste staffe *immaginarie* hanno diametro pari al diametro teorico specificato nei criteri di progetto (vedi **Diametro staffa teorica**) e sono posizionate ad una distanza dal bordo della sezione pari al copriferro al bordo staffa, indicato sempre nei criteri di progetto (vedi **Copriferro reale al bordo staffa**).

Utilizzando queste staffe come guida è possibile inserire ferri in modo automatico o semiautomatico garantendone il corretto posizionamento anche in assenza di una vera armatura a taglio.

Le staffe reali nella sezione possono essere definite in due modi:

- Assegnando alle staffe immaginarie una staffa cliccando nel gruppo **Staffe** su **Assegna**  con diametro, passo ed un numero di bracci impostato nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti**.
- Inserendo manualmente una staffa di qualsiasi forma cliccando nel gruppo **Staffe** su **Aggiungi**  con diametro e passo impostato nella sezione **Staffe** del pannello **Proprietà correnti**.

L'inserimento manuale delle staffe avviene con le stesse modalità del comando **Linea**  in Ms-Cad ed è possibile (e consigliato) utilizzare le opzioni presenti nel pannello **Parametri Ms-Cad** (**Snap**, **Estremità**, **Intersezione**, ecc.). Per agevolare l'inserimento delle staffe il programma visualizza delle linee guida già posizionate in funzione del diametro della staffa corrente lungo i lati ed i prolungamenti dei lati della sezione. Seguire tali linee con **Snap** e **Estremità** attivi nel pannello **Parametri Ms-Cad** consente generalmente di inserire le staffe nel modo più rapido e corretto.

È importante notare che ognuno dei segmenti che costituiscono una staffa è caratterizzato da un **lato esterno** e da un **lato interno**. Tale definizione influenza due comportamenti:

- in caso di cambiamento del diametro della staffa il **lato esterno** resta fermo e lo spessore della staffa cresce o decresce dalla parte del **lato interno**;
- il posizionamento dei ferri automatici e semiautomatici viene effettuato sul **lato interno** della staffa.

Nelle staffe chiuse il lato esterno viene definito automaticamente in funzione del verso di inserimento. Per staffe inserite in senso **orario** il lato esterno risulta essere quello realmente *esterno* al poligono. Per staffe aperte viene effettuata la classificazione di esterno/interno solo per il primo e per l'ultimo segmento in funzione del verso del primo e dell'ultimo angolo di piegatura della staffa. Gli altri segmenti vengono definiti

come **lati doppi**. In corrispondenza dei lati doppi la staffa cresce o decresce da entrambe le parti e sarà possibile posizionare i ferri su entrambi i lati.

Gli ancoraggi vengono posizionati nella parte interna del relativo lato della staffa.

La classificazione dei diversi lati della staffa è facilmente controllabile aggiungendo i ferri. Le linee guida per il posizionamento dei ferri vengono infatti tracciate sul **lato interno** della staffa. Se un lato presenta linee guida da entrambe le parti, significa che è classificato come **lato doppio**.

Tutte le definizioni effettuate in automatico dal programma possono essere modificate con il tasto destro sulla staffa.

## Note tecniche - Tensioni ammissibili

### Verifiche effettuate

#### PREMESSA

- Vengono effettuate le verifiche relative ai seguenti punti di normativa, con le relative note e considerazioni.
- Per i punti citati vengono effettuati tutti i controlli non esplicitamente esclusi in queste note.
- Punti di normativa non citati non vengono controllati.

#### 3.1.3 Tensioni normali di compressione ammissibili nel conglomerato

##### SEZIONE CON MEMBRATURA TRAVE

La riduzione della tensione ammissibile nel calcestruzzo viene effettuata solo per alcune sezioni predefinite (Rettangolari, Rettangolari cave, T, L, C, Z, U, V, I, Pigreco) calcolando il minimo spessore della sezione con ovvie considerazioni geometriche e di definizione di "soletta". Per sezioni di altro tipo non viene effettuata la riduzione della tensione ammissibile nel calcestruzzo.

In funzione del minimo spessore della "soletta" si decide se la riduzione della tensione debba essere del 30%, del 10% o nulla.

La riduzione viene effettuata solo sugli spigoli corrispondenti agli estremi dei lati che individuano quella che può essere definita "soletta" e quindi ad esempio non sull'anima delle travi a T.

##### SEZIONE CON MEMBRATURA PILASTRO

La "dimensione trasversale" della sezione e quindi la tensione ammissibile ridotta viene valutata con ovvie considerazioni geometriche per le sezioni predefinite mentre per le sezioni definite per coordinate (con fori o meno) si considera la minima lunghezza fra i lati che non siano interni ad una concavità della sezione.

La tensione media nel calcestruzzo viene valutata come media matematica fra la massima e la minima tensione nel calcestruzzo. Nel caso di sezione parzializzata sarà quindi pari alla metà della tensione massima.

##### SEZIONE CON MEMBRATURA GENERICA

Non vengono effettuate riduzioni sulla tensione ammissibile nel calcestruzzo.

#### 3.1.4 Tensioni tangenziali ammissibili nel conglomerato

Viene controllato il valore di  $\tau$  in relazione a  $\tau_{c0}$  e  $\tau_{c1}$  in funzione della presenza o meno di staffatura senza effettuare il controllo sui valori all'attacco delle ali sull'anima di travi a T o a cassone e senza l'incremento del 10% per torsione. Non vengono effettuati controlli sull'aderenza delle barre.

#### 3.1.5 Tensioni ammissibili negli acciai in barre tonde lisce

Vengono effettuate le verifiche di cui al prospetto 6.

#### 3.1.6 Tensioni ammissibili negli acciai in barre ad aderenza migliorata

Vengono effettuate le verifiche di cui al prospetto 7. Non vengono effettuati controlli di fessurazione.

#### 3.1.12 Instabilità flessione dei pilastri

Il valore della lunghezza libera d'inflessione viene valutato con riferimento ai coefficienti  $\beta$  indicati nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità in direzione Y/Z locale**).

##### 3.1.12.1 Carico centrato e 3.1.12.2 Carico eccentrico

Vengono valutate diverse combinazioni di N-M con riferimento a quanto indicato nei criteri di progetto (vedi **Tipo verifica di stabilità**).

#### 5.3.1 Armatura longitudinale

La verifica della percentuale d'armatura viene sempre effettuata in relazione al tipo di barra. Non vengono effettuati i controlli relativi alla torsione e quelli sull'armatura all'estremità delle travi per taglio.

#### 5.3.2. Staffe

Il valore di  $b^*$  viene valutato in tutte le fibre della sezione (vedi **Verifiche a taglio**) e viene effettuato il controllo più gravoso. Il valore dell'altezza utile viene valutato nella direzione ortogonale all'asse neutro. Non viene effettuato il controllo sul passo  $< 12 \varnothing$ , non essendo possibile nella verifica della sezione determinare le zone d'appoggio. Non vengono effettuate le verifiche relative ai limiti da rispettare in presenza di torsione. Non viene controllato se le staffe sono collegate da armature longitudinali.

#### 5.3.4. Pilastri

Non vengono effettuati i controlli sui tratti di giunzione per ricoprimento e sul numero di barre presenti nella sezione. Non vengono effettuati i controlli sui pilastri prefabbricati né quelli relativi a setti e pareti.

## Circolare 65 del 10/4/97

### Premessa

- Le verifiche relative alla Circolare n. 65 del Ministero dei LL.PP. del 10/4/97 vengono effettuate solo se richieste nei criteri di progetto (vedi **Verifiche secondo circ. 65 del 10/04/97**) e se è stato eseguito il calcolo con analisi sismica (statica o dinamica).
- Vengono effettuate le verifiche relative ai successivi punti della Circolare, con le relative note e considerazioni.
- Per i punti citati vengono effettuati tutti i controlli non esplicitamente esclusi in queste note.
- Punti della Circolare non citati non vengono controllati.

### ALLEGATO 1

#### 1 Travi

##### 1.1 Definizioni e limiti geometrici

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 2 ("*La lunghezza libera d'inflessione...*"), al comma 3 ("*La larghezza della trave...*") e al comma 4 ("*Il rapporto  $b/h$ ...*").

##### 1.2 Armature longitudinali

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 3 ("*A ciascuna estremità...*") e al comma 4 ("*Almeno un quarto...*").

Data l'ambiguità delle definizioni "superiori" e "inferiori" a causa della grande generalità di sezioni supportate da ModeSt, le verifiche vengono effettuate considerando le armature tese e compresse.

In alcuni casi, specialmente nelle verifiche allo stato limite ultimo con bassa armatura, l'asse neutro può risultare interno al copriferro, di conseguenza l'armatura risulta tutta tesa e le verifiche risultano non soddisfatte. Sarà sufficiente ignorare le segnalazioni.

#### 2 Pilastri

##### 2.1 Definizioni e limiti geometrici

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 4 ("*Il rapporto  $L/b$ ...*").

##### 2.2 Armature longitudinali

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 4 ("*Per tutta la lunghezza...*").

## Verifiche a taglio

Le tensioni tangenziali dovute al taglio vengono calcolate applicando la formula di Jourasky alla sezione inflessa o pressoinflessa parzializzata, considerando la componente di taglio nel piano di flessione e valutando il valore di  $\tau$  su corde parallele all'asse neutro ( $\tau$  nella direzione dell'asse di flessione) ogni 0.2 cm in modo da trovare il punto di massimo con sufficiente precisione. L'eventuale componente di taglio ortogonale al piano di flessione viene trascurata.

Poiché viene valutata la tensione tangenziale considerando la direzione delle tensioni **principali** di compressione, in caso di pressoflessione il valore di  $\tau$  dipende anche dalla quantità di barre d'armatura.

Lo sforzo di scorrimento viene valutato anch'esso in ogni corda della sezione parallela all'asse neutro e, valutando l'area di ferro delle staffe intercettate dalla fibra in questione, viene valutata la tensione di trazione nelle staffe considerando la quota parte della barra proiettata nella direzione ortogonale all'asse neutro.

Per la valutazione dello scorrimento integrato, necessario per effettuare delle verifiche nelle staffe non eccessivamente a favore di sicurezza (come sarebbero le verifiche puntuali) per ogni corda si effettua un ipotetico integrale con una variazione costante dello scorrimento pari al gradiente del taglio nella sezione considerata. Si considera una lunghezza d'integrazione pari a quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Integrare lo scorrimento lungo il tratto**).

# Note tecniche - Stati limite

## D.M. 16/01/96 - Verifiche effettuate

### Premessa

- Vengono effettuate le verifiche relative ai successivi punti di normativa, con le relative note e considerazioni.
- Per i punti citati vengono effettuati tutti i controlli non esplicitamente esclusi in queste note.
- Punti di normativa non citati non vengono controllati.
- Non viene effettuato nessun controllo e non vengono seguite specifiche relative alle armature di precompressione.

### 4 Norme di calcolo (e punti seguenti)

Vengono effettuati i controlli previsti nel caso di calcolo elastico-lineare senza ridistribuzioni.

#### 4.0.2 Resistenze di calcolo

La maggiorazione del 25% del coefficiente  $G_c$  viene effettuata se la minima dimensione trasversale della sezione è minore di 5 cm. Per dimensione trasversale si intende la lunghezza del minimo lato compreso fra due spigoli che non siano interni ad una concavità della sezione.

#### 4.1.1.2 Calcolo elastico lineare senza ridistribuzioni

Il controllo di  $x/d$  viene effettuato solo se richiesto dai criteri di progetto (vedi **Controllo rapporto X/D**).

#### 4.2.1 Verifiche allo stato limite ultimo per sollecitazioni che provocano tensioni normali (sforzo normale, flessione semplice e composta) (e punti seguenti)

##### 4.2.1.2. Sicurezza


La normativa prescrive:

(..omissis..)

*b) in ogni caso, per tenere conto delle incertezze sul punto di applicazione dei carichi si deve ipotizzare una eccentricità, prevista nella direzione più sfavorevole, da sommare a quella eventuale dei carichi e di entità pari al maggiore dei due valori  $h/30$  e 20 mm, essendo  $h$  la dimensione nella direzione considerata per la eccentricità;*

Per effettuare questa verifica ModeSt calcola la dimensione  $h$  della sezione per tutte le posizioni dell'asse neutro che sono state considerate nel calcolo del dominio, per valutare un'eccentricità aggiuntiva nella direzione ortogonale a quella dell'asse neutro, da sommare (vettorialmente) all'eccentricità agente e ricavare così un nuovo valore del momento flettente. In questo modo si è certi di trovare anche la *direzione più sfavorevole*, altrimenti di difficile determinazione.

Per questi nuovi valori di sollecitazione non viene ovviamente calcolato il corrispondente valore ultimo, ma semplicemente calcolata la sicurezza in base a considerazioni geometriche (vedi **Verifiche per tensioni normali**). In relazione viene riportato il valore delle sollecitazioni ultime calcolate in riferimento alla sollecitazione principale agente e la minima sicurezza determinata sulla base delle sollecitazioni correlate.

È possibile controllare visivamente il grado di sicurezza di tutti i punti disegnando il dominio di rottura cliccando nel gruppo **Diagrammi** su **Dominio** : nei vari casi di verifica (selezionabili nella casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche**) oltre al punto di sollecitazione viene disegnata una rosa di punti che rappresentano le sollecitazioni correlate calcolate.

Vengono effettuate le verifiche di cui al punto c) (elementi snelli) utilizzando il procedimento della colonna modello. Nel diagramma del dominio di rottura viene disegnato anche il dominio di rottura ridotto con il quale vengono effettuate le verifiche.

#### 4.2.1.3 Diagrammi di calcolo tensioni-deformazioni del calcestruzzo

Viene sempre assunto il diagramma parabola-rettangolo.

#### 4.2.1.4 Diagrammi di calcolo tensioni-deformazioni dell'acciaio

Vengono seguite le specifiche di normativa.

#### 4.2.2 Verifiche allo stato limite ultimo per sollecitazioni taglianti (e punti seguenti)

La normativa prescrive:

(..omissis..)

##### 4.2.2.2. Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio.

(..omissis..)

##### 4.2.2.2.2. Verifica dell'armatura longitudinale.

*La verifica comporta la traslazione del diagramma del momento flettente lungo l'asse longitudinale nel verso che dà luogo ad un aumento del valore assoluto del momento flettente.*

Le verifiche possono effettuarsi rispettando la condizione:

$$V_{sdu} \leq 0.25 f_{ctd} * r (1 + 50 \rho_l) * b_w * d * \Delta$$

(..omissis..)

4.2.2.3. Elementi con armature trasversali resistenti al taglio.

(..omissis..)

4.2.2.3.3. Verifica dell'armatura longitudinale.

La verifica comporta la traslazione del diagramma del momento flettente lungo l'asse longitudinale nel verso che dà luogo ad un aumento del valore assoluto del momento flettente.

In altri termini, l'armatura longitudinale deve essere dimensionata per resistere al momento sollecitante  $M_{sdu}$  (V) pari a:

$$M_{sdu}(V) = M_{sdu} + V_{sdu} * a_1$$

con:  $a_1 = 0,9 d (1 - \cot \alpha)$  e comunque:  $a_1 \geq 0,2 d$

Si premette che ModeSt esegue le verifiche di cui al par. 4.2.2.2. se la sezione è priva di staffe, mentre se risulta presente un qualsiasi tipo di staffatura esegue quelle di cui al par. 4.2.2.3. (vedi anche **Verifiche a taglio**).

Come si può notare la normativa prescrive chiaramente come effettuare la traslazione del momento flettente nel par. 4.2.2.3, ma nel par. 4.2.2.2. non dice esplicitamente se la condizione da rispettare comprenda già la traslazione del diagramma del momento flettente. ModeSt quindi anche in tal caso opera la traslazione del momento secondo le specifiche del par. 4.2.2.3.3.

Il valore di  $d$  (e quindi di  $a_1$ ) viene valutato nella direzione ortogonale a quella dell'asse neutro per la sollecitazione ultima corrispondente alla sollecitazione agente. Anche in tal caso si ha quindi un valore di sollecitazione correlato alla sollecitazione agente, anch'esso verificato e visualizzato come già sopra citato per le verifiche per tensioni normali. La traslazione del momento non viene effettuata per sezioni con membratura di tipo "pilastro".

#### 4.2.4 Elementi snelli (e punti seguenti)

Vengono effettuate le verifiche di stabilità con il procedimento della "colonna modello" come indicato al par. 4.2.4.8.2 solo per elementi con membratura di tipo "pilastro" o "generica" e nel caso di sollecitazioni automatiche. Il valore della lunghezza libera d'inflessione viene valutato con riferimento ai coefficienti  $\beta$  indicati nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità in direzione Y/Z locale**) e viene assunta come snellezza il massimo tra i valori  $\lambda_y$  e  $\lambda_z$ , valutati considerando la lunghezza dell'asta da nodo a nodo per sezioni con membratura di tipo "pilastro" e da inizio a fine zona rigida per sezioni di altro tipo. Nei vari casi di verifica (selezionabili nella casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche**) è possibile visualizzare il diagramma del momento-curvatura usando *Disegna ► Diagramma momento curvatura* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sullo sfondo della finestra di progettazione interattiva. Si aprirà così una finestra in cui vengono disegnati i diagrammi del momento di curvatura, del momento ridotto, dello sforzo normale e la retta che individua la minima distanza tra il momento di curvatura e lo sforzo normale. Scorrendo con il cursore lungo l'asse della curvatura si visualizzano i valori corrispondenti alle grandezze disegnate e cliccando in un punto è possibile fissare sul diagramma tali valori. È possibile salvare l'immagine rappresentata nella finestra attraverso il menu *Esporta*. Durante l'esportazione si può utilizzare un diverso schema di colore (esempio con sfondo bianco anziché nero) semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo.

Nel calcolo di  $\lambda^*$  viene considerato il massimo valore dello sforzo di compressione.

#### 4.3 Verifiche allo stato limite d'esercizio (e punti seguenti)

Vengono effettuate le verifiche di cui punti 4.3.2 punto 1) come le specifiche di cui al punto 4.3.2.1 assumendo sempre lo stato fessurato.

##### 5.3.1 Armatura longitudinale


La verifica della percentuale d'armatura viene sempre effettuata in relazione al tipo di barra. Non vengono effettuati i controlli relativi alla torsione e quelli sull'armatura all'estremità delle travi per taglio.

##### 5.3.2. Staffe

Il valore di  $b$  viene valutato in tutte le fibre della sezione (vedi **Verifiche a taglio**) e viene effettuato il controllo più gravoso. Il valore dell'altezza utile viene valutato nella direzione ortogonale all'asse neutro. Non viene effettuato il controllo sul passo  $< 12\phi$ , non essendo possibile nella verifica della sezione determinare le zone d'appoggio. Non vengono effettuate le verifiche relative ai limiti da rispettare in presenza di torsione. Non viene controllato se le staffe sono collegate da armature longitudinali.

##### 5.3.4. Pilastri

Non vengono effettuati i controlli sui tratti di giunzione per ricoprimento e sul numero di barre presenti nella sezione. Non vengono effettuati i controlli sui pilastri prefabbricati né quelli relativi a setti e pareti.

Il controllo se le staffe sono chiuse non può essere sempre effettuato correttamente in caso di staffe inserite manualmente cliccando nel gruppo **Staffe** su **Aggiungi** . In tal caso sarà sufficiente ignorare il relativo messaggio d'errore.

ModeSt inoltre non può controllare se le staffe sono "conformate in modo da contrastare efficacemente...".

## Circolare 65 del Ministero dei LL.PP. del 10/4/97

### Premessa

- Le verifiche relative alla Circolare n. 65 del Ministero dei LL.PP. del 10/4/97 vengono effettuate solo se richieste nei criteri di progetto (vedi **Verifiche secondo circ. 65 del 10/04/97**) e se è stato eseguito il calcolo con analisi sismica (statica o dinamica).
- Vengono effettuate le verifiche relative ai successivi punti della Circolare, con le relative note e considerazioni.
- Per i punti citati vengono effettuati tutti i controlli non esplicitamente esclusi in queste note.
- Punti della Circolare non citati non vengono controllati.

### Allegato 1

#### 1 Travi

##### 1.1 Definizioni e limiti geometrici

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 2 ("*La lunghezza libera d'inflessione...*"), al comma 3 ("*La larghezza della trave...*") e al comma 4 ("*Il rapporto  $b/h$ ...*").

##### 1.2 Armature longitudinali

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 3 ("*A ciascuna estremità...*") e al comma 4 ("*Almeno un quarto...*").

Data l'ambiguità delle definizioni "superiori" e "inferiori" a causa della grande generalità di sezioni supportate da ModeSt, le verifiche vengono effettuate considerando come "superiori" le armature sopra il baricentro della sezione e "inferiori" quelle sotto.

#### 2 Pilastri

##### 2.1 Definizioni e limiti geometrici

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 4 ("*Il rapporto  $L/b$ ...*").

##### 2.2 Armature longitudinali

Non vengono effettuati i controlli di cui al comma 4 ("*Per tutta la lunghezza...*").

## Verifiche a presso-tenso flessione

### PREMESSA

Le verifiche per sollecitazioni che inducono tensioni normali (sforzo normale e momento) secondo il metodo degli stati limite teoricamente consistono nel determinare se la sollecitazione agente ( $N-M_y-M_z$ ) è contenuta o meno all'interno del dominio di rottura totale della sezione.

Nel caso di elementi snelli le verifiche vengono effettuate basandosi sul dominio di rottura ridotto che viene determinato con il procedimento della "colonna modello".

Per poter procedere alle successive verifiche previste dalle diverse normative e per valutare in un certo qual modo la distanza dal bordo del dominio è però necessario determinare anche una terna di **Sollecitazioni ultime** giacenti sul confine del dominio e logicamente correlate alle sollecitazioni agenti.

In pratica, dette **S** le sollecitazioni agenti ed **U** le sollecitazioni ultime da determinare, si sceglie in modo opportuno un punto **O** all'interno del dominio come "**origine**" delle sollecitazioni. Il punto del confine del dominio allineato sulla congiungente **O-S** sarà il cercato punto **U**.

Il rapporto fra le distanze **U-O** e **S-O** dà in un certo qual modo la valutazione della **sicurezza** relativa alla verifica in oggetto. Infatti un valore pari ad 1 indicherà in modo univoco che **S** giace sul bordo del dominio mentre un valore minore di 1 indicherà che **S** giace all'esterno del dominio e che la verifica non è soddisfatta. Questo indipendentemente dalla scelta di **O** e quindi dalla modalità di calcolo di **U**.

Valori maggiori di 1 indicano che la sicurezza è soddisfatta, ma non ne forniscono un valore in modo univoco. La scelta di **O** e la modalità di calcolo di **U** rispecchiano infatti a livello logico la scelta di una modalità di accrescimento dei carichi, ma le diverse modalità di accrescimento sono già implicitamente considerate dalle combinazioni dei carichi previste dai metodi agli stati limite e valutate con criteri semi-probabilistici.

La scelta di **O** e quindi di **U** può quindi essere effettuata secondo diverse modalità senza incidere sulla bontà o correttezza delle verifiche.

**Nota:** se al termine della verifica compare il messaggio "*sicurezza a rottura non calcolabile ma soddisfatta*" questo può essere trascurato perché le verifiche sono soddisfatte. Il programma avverte comunque che non

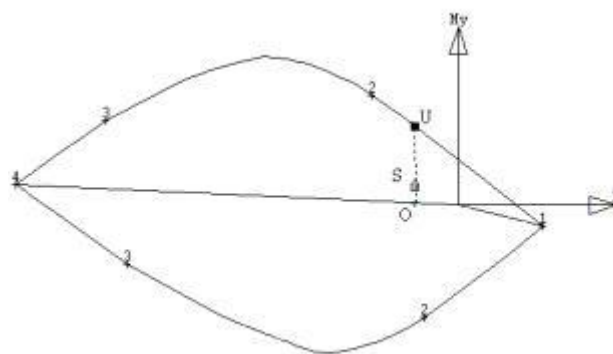
è stato determinato il coefficiente di sicurezza e quindi non verrà riportato nella relazione di calcolo. Ricordiamo che secondo il metodo degli stati limite le verifiche consistono nel determinare se la sollecitazione agente ( $N$ - $M_y$ - $M_z$ ) è contenuta o meno all'interno del dominio di rottura totale della sezione e quindi non sono indispensabili le valutazioni sul coefficiente di sicurezza.

### FLESSIONE E PRESSO-TENSO FLESSIONE RETTA

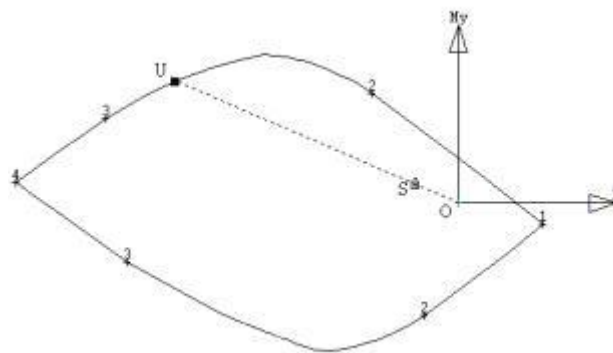
Se nei criteri di progetto è impostata l'opzione **Usa dominio N-M per flessioni rette** e se la sezione è soggetta solo a momento  $M_y$  o  $M_z$  (ed eventualmente sforzo normale) ModeSt controlla che gli stati di rottura corrispondenti alle sole posizioni dell'asse neutro ortogonali all'asse di sollecitazione non comportino l'insorgere di momenti nell'altro senso. Se il controllo è positivo significa che la sezione è soggetta a sola flessione o pressoflessione retta ed in tal caso viene valutato il dominio di rottura al variare di  $N$ - $M_y$  (o  $N$ - $M_z$ ).

In questo caso nei criteri di progetto è possibile scegliere la modalità di ricerca sicurezza:

- **Sicurezza a sforzo normale costante:** il punto  $O$  viene scelto come la proiezione del punto  $S$  sulla retta congiungente il punto con  $N=0$  e  $M=0$  ed il punto del dominio corrispondente all'assetto di rottura 1 o 4 (trazione pura o compressione pura in funzione delle sollecitazioni agenti). Non viene scelto il punto con  $N$  pari a quello agente e  $M=0$  (sull'asse  $N$ ) perché in alcuni casi può ricadere fuori dal dominio, come appare evidente dalla figura, e quindi non può essere utilizzato per la determinazione di  $U$ . Nel caso improbabile in cui  $S$  coincida con  $O$ , si effettua una verifica ad eccentricità costante.



- **Sicurezza a eccentricità costante:** viene ovviamente scelto come punto  $O$  il punto con  $N=0$ ,  $M=0$ .



Se la citata opzione non è attiva o se il citato controllo non risulta rispettato, si procede come nel caso della flessione e pressoflessione deviata.

### FLESSIONE E PRESSO-TENSO FLESSIONE DEVIATA

Viene valutato il dominio di rottura al variare di  $M_y$ - $M_z$  con  $N$  costante pari a quello agente. Il punto  $O$  viene scelto in analogia al caso precedente e per gli stessi motivi come l'intersezione fra la retta nello spazio congiungente il punto con  $N=0$ ,  $M_y=0$ ,  $M_z=0$  ed il punto del dominio corrispondente all'assetto di rottura 1 o 4 (trazione pura o compressione pura in funzione delle sollecitazioni agenti) con il piano corrispondente a  $N$  pari a quello agente.



## Verifiche a taglio

Le verifiche a taglio con il metodo degli stati limite dipendono in linea generale, secondo le diverse formulazioni delle normative, dalla larghezza  $b_w$  della membratura, dall'altezza utile della sezione e (per la verifica delle armature) dalla quantità di area di ferro tesa presente nella sezione e dalla quantità di staffe.

Nel caso di sezione generica o soggetta a pressoflessione deviata non esiste un metodo riportato in letteratura e la normativa non offre nessuna indicazione. Per analogia con quanto si usa fare per le sezioni rettangolari, ModeSt tenta di trovare un "traliccio resistente" che abbia un senso all'interno della sezione. Data la notevole variazione di risultati che comporta l'individuazione di tale traliccio, è possibile con gli appositi criteri di progetto modificare il comportamento del programma, che qui si riassume:

4. L'altezza utile della sezione viene valutata come la distanza fra il punto maggiormente compresso e la barra d'armatura maggiormente tesa.
5. Le verifiche vengono condotte per ogni fibra della sezione (discretizzata in strisce parallele alla direzione dell'asse neutro) considerando solo le fibre comprese fra la barra più tesa della sezione e la fibra maggiormente compressa e trascurando le fibre che non intercettano staffatura.
6. In ogni fibra viene calcolato il valore di  $b_w$  e viene valutata l'area di ferro delle staffe intercettate.
7. Se richiesto dal criterio di progetto (vedi **Considera sempre Af Staffe non proiettata in direzione del taglio**) l'area delle staffe viene ridotta considerandone solo la componente nella direzione ortogonale all'asse neutro. Nel progetto col metodo delle tensioni ammissibili l'area viene sempre ridotta.
8. L'area di ferro tesa viene valutata, secondo quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Classificazione barre tese/comprese**), trascurando o meno le barre troppo vicine all'asse neutro. **Criteri di verifica armatura sezioni in c.a.**
9. Dopo aver valutato in tal modo il valore del taglio resistente in tutte le fibre, viene scelto quello specificato dal criterio di progetto **Modalità di calcolo Vrdu**.

Si fa notare come la possibile variazione dell'area delle staffe faccia sì che non ci sia necessariamente un rapporto diretto fra larghezza di  $b_w$  e il valore della resistenza a taglio.

## Criteri di progetto e disegno

### Criteri generali armatura sezioni in c.a.

#### Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose in termini di massima tensione nell'armatura e nel calcestruzzo.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.

### Criteri di verifica armatura sezioni in c.a.

Nella creazione dei disegni delle armature delle sezioni sono modificabili anche le direttive dei **Criteri generali di disegno**.

**IMPORTANTE:** Si ricorda che se la sezione di cui si effettua la progettazione interattiva è caratterizzata da tipo di membratura **trave** o **pilastro**, i criteri utilizzati saranno quelli relativi a tali membrature, e non quelli qui riportati, che sono utilizzati unicamente per la verifica delle sezioni con tipo di membratura **generica**.

#### Materiali

**Considera come elemento esistente:** specificare se è un elemento strutturale esistente oppure nuovo. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo e non il modulo elastico.

**Tipo di calcestruzzo:** selezionare il tipo di calcestruzzo previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che viene modificata la tipologia viene cambiata la classe del calcestruzzo e di conseguenza ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa.

**Rck calcestruzzo:** specificare il valore della classe del calcestruzzo così come indicato dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono ricalcolati il modulo elastico e tutti i valori delle resistenze secondo le indicazioni della normativa. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare il calcestruzzo a tassi inferiori a quelli previsti dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.3 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica cilindrica ( $F_{ck}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza caratteristica a trazione ( $F_{ctk}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media ( $F_{cm}$ ):** specificare il valore della resistenza cilindrica media del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.1 del D.M. 17/01/18.

**Resistenza media a trazione ( $F_{ctm}$ ):** specificare il valore della resistenza media a trazione del calcestruzzo. In mancanza di dati più esatti si può considerare il valore calcolato con l'espressione riportata nel par. 11.2.10.2 del D.M. 17/01/18.

**$\sigma_{amm}$ . calcestruzzo:** specificare il valore massimo della tensione a compressione alla quale far lavorare il calcestruzzo.

**$\tau_{co}$ :** specificare il valore minimo per le tensioni tangenziali al disotto delle quali è sufficiente l'armatura a taglio minima di regolamento.

**$\tau_{ct1}$ :** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali. Quando si supera tale valore ModeSt lo segnala nelle anomalie, ma progetta ugualmente l'armatura a taglio.

**Riduci  $F_{cd}$  per tutte le verifiche secondo il D.M. 18:** non essendo chiaro se il coefficiente  $\alpha_{cc}$  pari a 0.85 debba essere considerato solo per le verifiche a pressoflessione, anche perché nel D.M. 16/01/96 la resistenza a compressione nelle verifiche a pressoflessione è pari a  $0.85F_{cd}$  e pari a  $F_{cd}$  nelle altre verifiche, o se vada applicato in genere per tutte le verifiche e controlli in cui si fa riferimento a  $F_{cd}$ , questa opzione consente di applicare la riduzione dello 0.85 di  $F_{cd}$  in tutte le verifiche.

**$\gamma_c$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  del calcestruzzo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Livello di conoscenza e Fattore di confidenza:** se è un elemento strutturale esistente è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza dell'acciaio e non il modulo elastico.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio e ricalcolato il valore della tensione ammissibile nell'acciaio, valori che possono successivamente essere modificati per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**Tensione media di snervamento ( $F_{ym}$ ):** specificare il valore della tensione media di snervamento dell'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . acciaio:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio.

**$\sigma_{amm}$ . reti e tralicci:** specificare il valore massimo della tensione alla quale far lavorare l'acciaio di reti elettrosaldate e tralicci. Si ricorda che per normativa non sono ammesse reti con  $f_{yk} < 4000$  kg/cm<sup>2</sup> e  $f_{tk} < 4500$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 2.2.5) a cui corrisponde  $\sigma_{amm} = 2600$  kg/cm<sup>2</sup> (D.M. 14/02/92 par. 3.1.7).

**Allungamento per verifiche di duttilità ( $A_{gt}$ ):** specificare la deformazione ultima dell'acciaio necessaria per valutare la capacità di rotazione della sezione in calcestruzzo armato secondo l'equazione C8.7.2.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

**Coeff. di omogeneizzazione:** specificare il fattore di amplificazione dell'acciaio per il progetto della sezione (indicato con  $n$  dalla normativa).

**Parametri per analisi pushover**

**Numero di fibre:** specificare il numero delle fibre con cui viene discretizzata la sezione della travata. Nel manuale di alcuni solutori come ad esempio Xfinest 2010 è riportato *"Se viene utilizzato un numero sufficiente di fibre (200-400 in un'analisi tridimensionale), la distribuzione delle non linearità del materiale attraverso la sezione è solitamente ben descritta, anche nel caso di elevata non linearità"*. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Fattore di confinamento nucleo interno:** specificare il valore del fattore di confinamento costante, definito come il rapporto tra lo sforzo di compressione nel calcestruzzo confinato e non confinato ed è usato per scalare la relazione sforzo-deformazione in tutto il campo di deformazioni. Nel manuale di alcuni solutori come ad esempio Xfinest 2010 è riportato *"Sebbene possa essere calcolato utilizzando un qualunque modello di confinamento disponibile in letteratura [ad esempio Ahmad and Sahad, 1982; Sheikh and Uzumeri, 1982; Eurocode 8, 1996; Penelis and Kappos, 1997], si raccomanda l'uso della formula di Mander et al. [1989]. Il suo valore solitamente varia tra 1.0 e 1.3 per elementi in calcestruzzo armato ..."*. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

**Fattore di incrudimento acciaio:** specificare il valore percentuale del fattore di incrudimento dell'acciaio delle barre d'armatura, definito come il rapporto tra il modulo elastico dopo lo snervamento e il modulo elastico iniziale. Si rimanda al manuale del solutore per informazioni aggiuntive sul parametro.

### Posizione barre e normativa

**Copriferro reale al bordo staffa:** specificare il valore del copriferro per il posizionamento delle staffe e cioè l'effettivo spessore del calcestruzzo fra il bordo esterno della sezione e il bordo della staffa.

**Diametro staffa teorica:** specificare il diametro teorico della staffa per consentire il posizionamento dei ferri anche in assenza di una staffatura reale. In questo modo sarà possibile operare verifiche con la reale posizione dei ferri anche quando non si intende effettuare verifiche a taglio.

**Distanza fra ferri su più strati:** indicare la distanza che deve intercorrere fra i ferri disposti su più strati. Non si intende la distanza fra i baricentri dei ferri, ma l'effettiva distanza netta fra le barre. Il programma gestisce in modo automatico la variazione dei diametri dei ferri e ne ricalcola di conseguenza la posizione.

**Verifica con barre in posizione teorica:** specificare se eseguire le verifiche considerando l'effettiva posizione delle barre, calcolata considerando il copriferro al bordo staffa, il diametro della staffa e il diametro del ferro, o se debbano essere eseguite con le posizioni teoriche, in cui tutti i ferri sono considerati ad una distanza dal bordo della sezione pari al copriferro specificato.

**Normativa di riferimento:** indicare in base a quale tipo di normativa effettuare le verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Relativa alle travi:** permette di effettuare le verifiche di normativa relative alle travi.
- **Relativa ai pilastri:** permette di effettuare le verifiche di normativa relative ai pilastri.
- **Relativa solo al controllo sulle tensioni:** permette di effettuare solo le verifiche generiche di normativa (tensioni) senza considerare le prescrizioni relative a travi o pilastri.

**Elemento dissipativo:** specificare se la sezione debba essere considerata o meno come un elemento di tipo dissipativo. Se l'opzione è deselezionata la sezione sarà considerata come un elemento non dissipativo e nel caso di struttura calcolata come dissipativa verrà verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è selezionata la sezione sarà considerata come un elemento dissipativo e nel caso di struttura calcolata come non dissipativa verrà comunque verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND).

**Verifiche secondo circ. 65 del 10/04/97:** specificare se, nel caso di calcolo sismico, effettuare i controlli previsti dalla Circolare n. 65 del 10/04/97 del Ministero dei Lavori Pubblici.

### Verifiche e sollecitazioni

**Passo di verifica:** specificare il passo con il quale il programma deve valutare le sollecitazioni nelle aste associate alla sezione per poi effettuare le verifiche. Vengono automaticamente aggiunti se necessario i punti di massimo all'interno dell'asta. Indicando 0 le aste vengono verificate solo in corrispondenza degli estremi (al netto delle eventuali zone rigide).

**Integrare lo scorrimento lungo il tratto:** poiché risulterebbe troppo a favore di sicurezza la valutazione della tensione nelle staffe in base allo scorrimento unitario agente nella sezione verificata, il programma valuta la variazione di scorrimento in base alla variazione del taglio ed estrapolandone i valori ne effettua l'integrazione, in modo da valutare la tensione nelle staffe con riferimento ad un tratto di asta di lunghezza finita specificata. Viene considerato lo scorrimento agente in un tratto di lunghezza specificata, centrato sulla sezione verificata. Agli estremi dell'asta il tratto viene considerato completamente a destra (o sinistra) della sezione in esame.

Se deselezionata non viene effettuata l'integrazione e la tensione nelle staffe viene valutata con riferimento allo scorrimento unitario.

**Verifiche a pressoflessione:** specificare se effettuare le verifiche a pressoflessione o a flessione semplice (indipendentemente dalla presenza o meno di sforzo normale fra le sollecitazioni).

**Verifiche a flessione/pressoflessione retta:** specificare se effettuare le verifiche a flessione o a pressoflessione retta. In questo caso i momenti  $M_y$  e  $M_z$  (e relativi  $T_z$  e  $T_y$ ) vengono considerati separatamente e solo se specificati nelle opzioni successive. Se deselezionata vengono effettuate le verifiche a flessione o a pressoflessione deviata ed i momenti  $M_y$  e  $M_z$  (e relativi  $T_z$  e  $T_y$ ) vengono considerati agenti contemporaneamente. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera  $M_y$ :** specificare se si desiderano le verifiche per il momento  $M_y$  (e taglio  $T_z$ ).
- **Considera  $M_z$ :** specificare se si desiderano le verifiche per il momento  $M_z$  (e taglio  $T_y$ ).
- **Considera  $M_y$  e  $M_z$ :** specificare se si desiderano le verifiche sia per i momenti  $M_y$  che  $M_z$  (e taglio  $T_z$  e  $T_y$ ).

**Verifiche a fessurazione secondo Circolare n. 252 del 15/10/1996:** specificare se eseguire la verifica a fessurazione con la Circolare n. 252 del 15/10/96 anziché la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

**Verifiche di stabilità in direzione Z locale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità ed il valore del coefficiente  $\beta$  per il quale moltiplicare la lunghezza netta dell'asta per calcolare la lunghezza libera di inflessione in direzione dell'asse Z locale. Le verifiche di stabilità vengono eseguite solo per sezioni con membratura di tipo Pilastro o Generica e con sollecitazioni automatiche.

**Verifiche di stabilità in direzione Y locale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità ed il valore del coefficiente  $\beta$  per il quale moltiplicare la lunghezza netta dell'asta per calcolare la lunghezza libera di inflessione in direzione dell'asse Y locale. Le verifiche di stabilità vengono eseguite solo per sezioni con membratura di tipo Pilastro o Generica e con sollecitazioni automatiche.

**Tipo verifica di stabilità:** la normativa, con riferimento alle verifiche di stabilità, specifica che: "*La verifica [omissis] deve essere eseguita tenendo conto dello sforzo normale  $N^*\Omega$  (con  $\Omega$  valutato per la massima snellezza) o del momento flettente  $c^*M$  (con  $M$  momento effettivo massimo); allo sforzo normale  $N^*\Omega$  si deve sostituire  $N$  se più sfavorevole.*".

Poiché vengono date diverse interpretazioni di questo comma, è possibile specificare quali verifiche di stabilità effettuare in aggiunta alla verifica per i valori di  $N$ - $M$  derivanti dal calcolo:

- **Per  $N^*\Omega$ - $M$  e per  $N$ - $c^*M$  (standard)**
- **Per  $N^*\Omega$ - $c^*M$  (doppia)**
- **Per  $N^*\Omega$  (sforzo normale, ma momento nullo)**
- **Per  $c^*M$  (momento, ma sforzo normale nullo)**

È possibile fare eseguire più tipi di verifiche specificando ad esempio: **standard + doppia**.

**Nota:** almeno un'opzione deve essere selezionata. Le verifiche di stabilità vengono eseguite solo per sezioni con membratura di tipo Pilastro o Generica e con sollecitazioni automatiche.

## Verifiche a taglio

**Modalità di calcolo  $V_{rdu}$ :** il calcolo della resistenza a taglio agli stati limite per sezioni generiche o nel caso di flessione deviata viene effettuato come indicato in **Verifiche a Taglio**, con le seguenti opzioni:

- **Considera  $V_{rdu}$  minimo:** viene assunta la minima resistenza a taglio fra quelle ipotizzabili.
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  minimo**
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  medio**
- **Considera  $V_{rdu}$  calcolato in corrispondenza di  $b_w$  massimo**
- **Considera sempre  $A_f$  Staffe non proiettata in direzione del taglio:** specificare se l'area resistente delle staffe (calcolata come somma delle aree delle staffe intercettate dalla fibra di verifica) debba essere ridotta considerandone solo la componente nella direzione ortogonale all'asse neutro. Nel progetto col metodo delle tensioni ammissibili l'area viene sempre ridotta.

**Verifica a taglio con traliccio ad inclinazione variabile:** specificare se verificare l'armatura a taglio con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile ( $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$ ) oppure se adottare sempre un traliccio con inclinazione delle bielle comprese di  $45^\circ$  a cui corrisponde  $\text{ctg } \theta = 1$ . Nel caso di verifica con traliccio ad inclinazione variabile è possibile specificare il valore massimo ammissibile della  $\text{ctg } \theta$  (valori accettabili sono compresi tra 1 e 2.5).

## Dati per progettazione agli stati limite

**Condizioni ambientali:** indicare le condizioni ambientali secondo la normativa Italiana per determinare i fattori di sicurezza negli stati limiti d'esercizio:

- **Ordinarie**
- **Aggressive**

- **Molto aggressive**

**Scelta cemento:** cliccando sul bottone "Scelta cemento", sono accessibili all'utente le caratteristiche dei cementi relativi al produttore selezionato nella casella di riepilogo a discesa. Tecnisoft fornisce i dati relativi ai cementi di produzione industriale come uno strumento di utilità secondo le specifiche fornite dai relativi produttori, e non si assume alcuna responsabilità circa l'effettiva rispondenza alle specifiche di normativa. Nella tabella sono riportati i prodotti da utilizzare in funzione della classe d'esposizione, sono anche indicati l'ambiente con la sua descrizione, il massimo rapporto acqua/cemento e la minima resistenza del calcestruzzo. Cliccando sul nome del prodotto è possibile collegarsi al sito Internet del produttore per avere maggiori informazioni sulle sue caratteristiche.

**Usa dominio N-M per flessioni rette:** nel caso in cui le sollecitazioni siano rette ( $M_y$  tutti nulli o  $M_z$  tutti nulli in tutte le CC) e la sezione sia simmetrica rispetto al piano di sollecitazione, indicare se vadano effettuate le verifiche allo stato limite ultimo considerando il dominio N- $M_y$  (o N- $M_z$ ) anziché il dominio a sforzo normale costante. Se la sezione risulta non simmetrica per geometria o per posizioni e/o diametri dei ferri verrà in ogni caso effettuata la verifica considerando il dominio a sforzo normale costante. Nel caso in cui venga utilizzato per la verifica il dominio N- $M_y$  o il dominio N- $M_z$ , specificare come deve essere effettuato il calcolo della sicurezza:

- **Ricerca della sicurezza a sforzo normale costante**

- **Ricerca della sicurezza con eccentricità costante**

**Controllo rapporto X/D:** specificare se effettuare il controllo di normativa relativo al rapporto X/D fra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione.

**Classificazione barre tese/comprese:** in numerose verifiche interviene la valutazione dell'area di ferro teso (ad esempio nel calcolo della resistenza ultima a taglio) e/o dell'area di ferro compressa (ad esempio nel calcolo della capacità in termini di rotazione). Nel caso più generale possono risultare "tese" o "comprese" armature molto vicine all'asse neutro ed il loro conteggio può quindi falsare le relative verifiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo le barre con deformazione percentuale rispetto alla barra più tesa/compressa non inferiore a:** specificare la percentuale della deformazione della barra più tesa/compressa in assoluto affinché le barre con deformazione al di sotto del valore specificato siano considerate allo stesso modo. Ad esempio specificando 30% verranno considerate tese tutte quelle barre la cui deformazione sia almeno il 30% della deformazione della barra più tesa della sezione e analogamente per quelle compresse.
- **In funzione della deformazione:** verranno considerate tese o compresse tutte le barre con deformazione positiva o negativa.

## **Dati per verifiche di resistenza al fuoco**

**Tempo di verifica:** indicare il tempo dall'inizio dell'applicazione dell'azione termica in cui devono essere eseguite le verifiche di resistenza delle sezioni.

**Dimensione MESH:** indicare la dimensione della griglia dello schema alle differenze finite utilizzato per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione.

**Passo di calcolo:** indicare il passo temporale dello schema alle differenze finite utilizzato per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione.

**Temperatura ambiente:** indicare la temperatura [°C] dell'ambiente non esposto all'azione termica, tale valore è anche quello considerato come iniziale all'interno della sezione.

**Coefficiente di convezione a temperatura ambiente:** indicare il valore del coefficiente di convezione per superfici non esposte all'azione termica, ipotizzando per esse che il flusso termico netto sia pari al solo flusso di calore per convezione, cioè considerando compresi in esso anche gli effetti del trasferimento di calore per irraggiamento.

**Calcestruzzo:** indicare le caratteristiche del calcestruzzo utili a desumere, secondo le prescrizioni della normativa, sia i dati per l'analisi di propagazione del calore all'interno della sezione (conduttività termica, calore specifico e densità), che i dati utili ad effettuare le verifiche di resistenza delle sezioni.


- **Tipo di aggregati:** indicare se verranno utilizzati aggregati silicei o calcarei.
- **Massa volumica iniziale:** indicare la massa volumica del calcestruzzo alla temperatura di 20 °C. Tale valore permette di determinare la variazione della massa volumica con la temperatura (si veda il punto (3) del §3.3.2 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio).
- **Umidità iniziale:** indicare il contenuto di umidità. Tale valore permette di calcolare il calore specifico (vedi §3.3.2 di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio).
- **Fattore di interpolazione conducibilità:** indicare il fattore che permette di ottenere il valore della conduttività termica interpolando i valori indicati dalla normativa come limite inferiore e superiore (vedi §3.3.3

di UNI EN 1992-1-2 Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio). Indicando 0 la conduttività termica è pari al limite inferiore, indicando 1 è pari al limite superiore.

## Distinte ferri

Per le travi, pilastri, plinti/pali e pareti è possibile ottenere le distinte di taglio dei ferri che riassumono numero, peso, posizione, diametro, lunghezza e forma delle barre.

Nei **criteri generali di disegno** sono indicate alcune opzioni relative alle modalità di creazione delle distinte stesse. Le distinte vengono sempre create come un disegno a parte e nell'albero del progetto vengono inserite in una apposita cartella "Distinte ferri". È possibile comunque fare apparire le distinte anche a fianco o sotto al disegno dell'elemento strutturale.

Le distinte possono ovviamente essere come gli altri disegni **assemblate in tavole** con l'apposita procedura. Nella progettazione interattiva armatura travi, plinti/pali e pareti è possibile attivare o disattivare il disegno della tabella della distinta ferri cliccando nel gruppo **Disegni** su **Distinta**  oppure con l'opzione *Attiva disegno distinta ferri* del menu a comparsa che si ottiene cliccando col tasto destro sullo sfondo della finestra di progettazione interattiva, in entrambi i casi è anche possibile modificare la posizione del disegno della distinta ferri.

## Rinforzi strutturali

### Introduzione

In ModeSt, secondo diverse modalità, è possibile gestire interventi di rinforzo strutturale tramite materiali compositi FRP, incamiciature con il sistema CAM, incamiciature in acciaio e in c.a.

Gli interventi di rinforzo sono applicabili solo su pilastri e/o travi in c.a. di sezione rettangolare e di strutture esistenti calcolate in base al D.M. 17/01/18.

In funzione del tipo di rinforzo sarà possibile ottenere un incremento di resistenza per effetto confinamento, di resistenza a flessione o di resistenza a taglio.

Le verifiche di resistenza al fuoco non vengono eseguite.

### Note sul calcolo delle strutture rinforzate

Nel caso di analisi statica e sismica statica o dinamica lineare si considerando per i pilastri sia l'aumento del peso sia della rigidezza del rinforzo dell'incamiciatura in c.a.

Nel caso di analisi sismica statica non lineare (**pushover a fibre**) la fase di calcolo viene eseguita trascurando i rinforzi tranne quelli dei pilastri realizzati con incamiciature in c.a. (si veda a proposito quanto indicato in **Linee guida sulla modellazione e la verifica**), ma la ricerca degli stati limite lungo la curva di pushover viene effettuata tenendo conto anche della presenza o meno di tali rinforzi. Poiché tale ricerca dipende anche ad esempio dalla staffatura negli elementi (l'analisi globale dipende solo dalle barre longitudinali) o dall'effetto confinamento (sempre trascurato nell'analisi globale), il programma consente, dopo aver modificato le armature o introdotto i rinforzi, di eseguire nuovamente la ricerca degli stati limite cliccando nel gruppo **Verifica**


della scheda **Post-Processor** su **Cemento**  e poi su **Ricerca stati limite pushover c.a.** . È responsabilità del progettista capire se sia sufficiente la sola nuova ricerca degli stati limite o se vada effettuata nuovamente l'analisi globale della struttura, obbligatoria a seguito della modifica delle barre d'armatura longitudinale o del rinforzo dei pilastri con incamiciature in c.a.


Nel caso di analisi sismica statica non lineare (**pushover a plasticità concentrata**) il calcolo non viene eseguito in presenza di rinforzi con FRP, incamiciatura in acciaio o sistema CAM. Nel caso di rinforzi la capacità di rotazione alla corda al collasso viene sempre valutata con la formula C8.7.2.5 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Si fa notare che (nel caso di analisi pushover) se l'effetto confinamento nei pilastri fa in genere aumentare la duttilità della struttura, mentre il rinforzo a taglio delle travi sposta i problemi di rottura globale dal lato fragile al lato duttile, risulta generalmente poco efficace il rinforzo a flessione sia dei pilastri che delle travi. L'implementazione di tali verifiche in modo analitico conferma quindi indirettamente quanto indicato dalla normativa come considerazione generale, ossia che gli interventi di rinforzo aumentano in genere la duttilità, ma non la resistenza della struttura. Con analisi statiche lineari l'effetto dei rinforzi ovviamente è finalizzato all'incremento di resistenza specifico richiesto (taglio o momento).

## Rinforzi dei nodi trave-pilastro

I rinforzi possono essere applicati ai nodi di pilastri in c.a. di sezione rettangolare e di strutture esistenti calcolate in base al D.M. 17/01/18. Il programma consente di rinforzare il nodo con i materiali compositi FRP, con il sistema CAM o qualsiasi tipologia di rinforzo "personalizzato".

L'assegnazione dei dati del rinforzo avviene nell'ambiente di progettazione interattiva dei pilastri cliccando nel gruppo **Rinforzi** su **Nodo** .

A seguito dell'introduzione dei rinforzi, ModeSt crea anche i relativi disegni riportando quanto specificato nella **descrizione**. Tali disegni possono essere assemblati come gli altri in tavole e visualizzati in anteprima in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Disegno** su **Rinforzi** . L'anteprima può essere utile anche per controllare la correttezza dei rinforzi assegnati.

### RINFORZO PERSONALIZZATO

Il programma non progetta il rinforzo ma consente all'utente di modellare qualsiasi tipologia di rinforzo. Infatti, dopo averlo progettato in modo autonomo, l'utente può di inserire i valori dell'**incremento di tensione orizzontale** e il **decremento del taglio totale agente in dir. Y/Z** che intervengono nelle espressioni C8.7.2.11 e C8.7.2.12 del par. C8.7.2.3.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19 come di seguito riportato:

$\sigma_{or}$  = incremento di tensione orizzontale

$V_{nr}$  = decremento del taglio totale agente in dir. Y/Z

$$\sigma_{jt} = \left( \frac{N}{2A_j} + \frac{\sigma_{or}}{2} \right) - \sqrt{\left( \frac{N}{2A_j} - \frac{\sigma_{or}}{2} \right)^2 + \left( \frac{V_j - V_{nr}}{A_j} \right)^2} \quad [C8.7.2.11]$$

$$\sigma_{jc} = \left( \frac{N}{2A_j} + \frac{\sigma_{or}}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{N}{2A_j} - \frac{\sigma_{or}}{2} \right)^2 + \left( \frac{V_j - V_{nr}}{A_j} \right)^2} \quad [C8.7.2.12]$$

Si fa notare che  $V_j - V_{nr} = \max(V_j - V_{nr}; 0)$ .

### RINFORZO CON FRP

La verifica viene effettuata utilizzando le espressioni C8.7.2.11 e C8.7.2.12 del par. C8.7.2.3.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19 e le indicazioni riportate nel manuale **JointFRP\_prod\_version\_v2.0.0-Manual\_ita.pdf (reluis.it)**.

La presenza delle fibre sulle facce del nodo trave-pilastro incrementa solo la resistenza in termini di tensione principale di trazione ( $\sigma_{jt,FRP}$ ) e non ha effetto sulla tensione principale di compressione come di seguito riportato:

$\sigma_{jt,FRP}$  = incremento della resistenza a trazione generata dal rinforzo in FRP

$$\sigma_{jt} = \left| \frac{N}{2A_j} - \sqrt{\left( \frac{N}{2A_j} \right)^2 + \left( \frac{V_j}{A_j} \right)^2} \right| \leq 0.3\sqrt{f_c} + \sigma_{jt,FRP} \quad [C8.7.2.11]$$

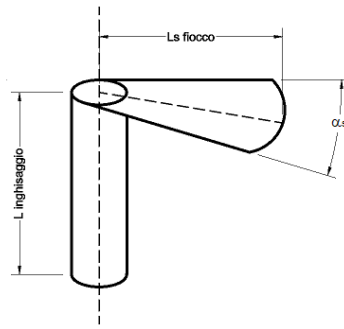
$$\sigma_{jc} = \frac{N}{2A_j} + \sqrt{\left( \frac{N}{2A_j} \right)^2 + \left( \frac{V_j}{A_j} \right)^2} \leq 0.5f_c \quad [C8.7.2.12]$$

Si fa osservare che nel caso in cui la carenza di resistenza sia solo a compressione è inutile rinforzare i nodi con gli FRP.

Per ancorare il rinforzo del nodo è possibile utilizzare il metodo della **fasciatura ad U** dell'estremità delle travi oppure l'inserimento di **fiochi** (elementi fibrorinforzati alloggiati in appositi fori).

Nel caso di ancoraggio con fasciatura a U non vengono eseguite verifiche. È consigliato, nel manuale della ReLUIS per il calcolo dei rinforzi strutturali del 2011, che la lunghezza della zona di trave fasciata sia maggiore o uguale di 75 cm.

Nel caso di ancoraggio con fiochi le verifiche vengono eseguite utilizzando le espressioni riportate nel paragrafo 11 del manuale **JointFRP\_prod\_version\_v2.0.0-Manual\_ita.pdf**. Nella figura sottostante sono riportati i dati della geometria del fiocco.



È possibile considerare e verificare anche il rinforzo utile per contrastare l'azione di taglio esercitata dalle tamponature adiacenti al pilastro inferiore al nodo. La verifica è effettuabile solo in presenza delle tamponature e nelle quali sia stata selezionata l'opzione "Area di carico e verifica". La lunghezza e l'altezza netta della tamponatura viene determinata automaticamente dal programma mentre lo spessore è assunto pari al valore specificato nel parametro **Spessore resistente** dei criteri di progetto. La massima azione orizzontale che la tamponatura può generare sul nodo trave-pilastro è calcolata in funzione della geometria della tamponatura e della **Resistenza caratteristica a compressione nulla ( $f_{vko}$ )** specificata nei criteri di progetto.

**Note:**

- Il numero dei lati rinforzati del pilastro è sempre pari a 1 anche se nel disegno ne compaiono 2.
- È consigliabile non utilizzare un numero di strati superiore a 3.
- La **Lunghezza estensione rinforzo trave** è la zona della trave in cui il rinforzo del nodo deve proseguire per poter essere ancorato con fasciatura ad U o con fiocchi.
- L'altezza del nodo ( $H_b$ ) è pari alla media delle altezze delle travi convergenti nel nodo mentre l'altezza del pilastro ( $H_c$ ) è pari alla massima dimensione della sezione.

**RINFORZO CON SISTEMA CAM**

La verifica viene effettuata utilizzando le espressioni C8.7.2.11 e C8.7.2.12 del par. C8.7.2.3.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19 e le indicazioni riportate nel paragrafo 7.5.3 del manuale **Linee Guida cuciture attive a marchio CAM®**.

La presenza dei nastri con una determinata pretensione genera un incremento della tensione orizzontale ( $\sigma_{or}$ ) mentre la presenza del piatto in acciaio genera un decremento del taglio totale agente ( $V_{nr}$ ) nella direzione in cui è applicato. Questi due contributi intervengono nelle espressioni C8.7.2.11 e C8.7.2.12 del par. C8.7.2.3.5 della Circolare n. 7 del 21/01/19 come di seguito riportato:

$$\sigma_{jt} = \left( \frac{N}{2A_j} + \frac{\sigma_{or}}{2} \right) - \sqrt{\left( \frac{N}{2A_j} - \frac{\sigma_{or}}{2} \right)^2 + \left( \frac{V_j - V_{nr}}{A_j} \right)^2} \quad [C8.7.2.11]$$

$$\sigma_{jc} = \left( \frac{N}{2A_j} + \frac{\sigma_{or}}{2} \right) + \sqrt{\left( \frac{N}{2A_j} - \frac{\sigma_{or}}{2} \right)^2 + \left( \frac{V_j - V_{nr}}{A_j} \right)^2} \quad [C8.7.2.12]$$

$\sigma_{or} = A_n * F_p / A_j$  (**incremento di tensione orizzontale**)

dove:

$A_n$  = area dei nastri

$F_p$  = tensione di pretensione

$A_j$  = area del nodo

$V_{nr} = V_j * K_{piatto} / (K_{piatto} + K_{nodo})$  (**quota parte del taglio totale agente assorbito dal piatto in acciaio in dir. Y/Z**)

dove:

$K_{piatto}$  = rigidezza a taglio del piatto

$K_{nodo}$  = rigidezza a taglio del nodo

Si fa notare che  $V_j - V_{nr} = \max(V_j - V_{nr} ; 0)$ .

**Note:**



- Il piatto in acciaio viene sempre disegnato su una sola faccia del pilastro anche se è possibile disporlo su entrambe le facce. Se il progettista desidera disporlo su entrambe le facce è sufficiente che specifichi uno spessore pari al doppio e poi modificare i disegni con un CAD.
- Gli angolari hanno solo una funzione di ripartizione dell'azione prodotta dai nastri e vengono sempre disegnati su tutti gli spigoli anche se possono essere sostituiti da piastre imbutite.
- Il valore della tensione di pretensione consigliato dal produttore del sistema CAM è 800 daN/cm<sup>2</sup>.

## Rinforzi con FRP

### Introduzione


I rinforzi con materiali compositi FRP possono essere applicati a travi e pilastri in c.a. di sezione rettangolare e di strutture esistenti calcolate in base al D.M. 17/01/18.

Le verifiche vengono eseguite secondo la CNR DT 200 R1/2012.

I rinforzi con materiali compositi FRP hanno effetto sulle resistenze a flessione, a taglio e come effetto confinamento, in funzione di quanto specificato nei dati e nei criteri di progetto, con particolare riferimento alle modalità di ancoraggio (garantito o meno) ed al tipo di avvolgimento. Si rimanda a quanto indicato nei criteri di progetto e alla citata CNR per ulteriori approfondimenti.

In sede di calcolo struttura, è possibile chiedere la creazione di una combinazione di condizioni di carico particolare, corrispondente allo stato attuale selezionando l'opzione "**Genera le combinazioni corrispondenti allo stato attuale**" presente nella scheda "Dati struttura". Quando tale combinazione viene creata, tutte le verifiche vengono effettuate tenendo conto dello stato deformativo e tensionale presente al momento dell'introduzione dei rinforzi e corrispondente a tale combinazione di carico.

Per effettuare le verifiche occorre in primo luogo inserire nei criteri di progetto i corretti valori dei materiali compositi FRP. L'assegnazione del tipo di rinforzo e dei relativi dati geometrici avviene nell'ambiente di progettazione interattiva di travi e pilastri cliccando nel gruppo **Rinforzi** sui relativi comandi.

A seguito dell'introduzione dei rinforzi, ModeSt crea anche i relativi disegni con le indicazioni di come sono realizzati. Tali disegni possono essere assemblati come gli altri in tavole e visualizzati in anteprima in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Disegno** su **Rinforzi** . L'anteprima può essere utile anche per controllare la correttezza dei rinforzi assegnati.

### Note tecniche sulle verifiche

Il programma consente di verificare rinforzi a flessione e taglio nonché interventi di confinamento di pilastri come riportato nel seguente elenco:

#### TRAVI

- Verifica a presso/tenso-flessione.
- Verifica a taglio.

#### PILASTRI

- Verifica a presso/tenso-flessione.
- Verifica a taglio.
- Effetto del confinamento.

Le verifiche dei rinforzi su nodi trave-pilastro e quelle di resistenza al fuoco non vengono eseguite.

Le verifiche sono effettuate solo su travi e pilastri in c.a. di strutture esistenti calcolate in base al D.M. 17/01/18.

#### EFFETTO DEL CONFINAMENTO

Il confinamento si considera solo nei seguenti casi:

1. se risulta efficace come indicato al punto 7 del paragrafo 4.5.2;
2. se si tratta di pressoflessione con piccola eccentricità. L'eccentricità viene considerata "piccola" in ogni combinazione di carico se il centro di pressione risulta interno al nocciolo centrale d'inerzia della sezione di solo calcestruzzo. Se in una qualunque delle due direzioni di flessione il centro di pressione risulta esterno al nocciolo, l'eccentricità è considerata "grande" ed il confinamento non viene considerato.

#### VERIFICHE A PRESSO/TENSO-FLESSIONE

Per i pilastri le verifiche possono essere eseguite solo in pressoflessione retta o in pressoflessione deviata con la formula 4.1.10 riportata nel D.M. 17/01/18 (vedi **Verifiche a pressoflessione deviata**). Nei pilastri vengono considerate collaboranti sia le fibre ortogonali al piano di flessione che quelle ad esso parallele. Per

queste ultime si valuta lo stato deformativo nel loro baricentro, e ovviamente la fibra collabora solo se è tesa. Ne discende che un rinforzo effettuato con ad esempio quattro strisce di fibra di 10 cm, ha un comportamento diverso rispetto ad uno costituito da una striscia di 40 cm quando inflesso parallelamente al proprio piano.

I tratti di stondatura delle fibre applicate negli spigoli dei pilastri vengono sempre trascurati.

Normalmente le fibre non vengono considerate in corrispondenza della loro estremità come ad esempio sulla punta dei rinforzi estesi parzialmente nella campata delle travi, questo ovviamente perché in tale punti deve essere controllata la capacità di resistenza della trave anche senza fibra. Fanno eccezione la testa ed il piede dei pilastri e le fibre delle travi estese fino al filo del pilastro per coprire momenti d'appoggio o di campata ma di segno contrario. La fibra in questi casi viene considerata collaborante, non sarebbe altrimenti possibile controllare la capacità di rinforzo delle fibre in tali punti. È compito ed onere del progettista prevedere adeguati sistemi (risvolto fibre, ancoraggi particolari, ecc.) per garantire che anche in tali punti la fibra possa lavorare come previsto.

Se è stato definito lo stato attuale, le tensioni nelle fibre vengono valutate tenendo conto delle deformazioni iniziali dell'elemento.

## **VERIFICHE A TAGLIO**

La verifica viene eseguita utilizzando il metodo riportato nel paragrafo 4.3.3. La tensione efficace  $f_{red}$  nelle travi viene calcolata con la relazione (4.22) nei casi di completo avvolgimento o di disposizione a U con ancoraggio garantito (se selezionata l'opzione "Si adottano dispositivi per vincolare le estremità libere" nella finestra di dialogo dei rinforzi trasversali) e se i rinforzi si trovano in zone in cui la trave è compressa superiormente altrimenti viene calcolata utilizzando la relazione (4.21), nei pilastri si adotta sempre la relazione (4.21) poiché nelle varie combinazioni di carico le zone compresse si invertono di posizione a causa dell'inversione di segno del momento flettente. Il rinforzo a taglio nei pilastri viene valutato se nei criteri di progetto è stato indicato attraverso il parametro **Trascura resistenza a taglio dei rinforzi** di considerare collaboranti anche a taglio i rinforzi trasversali.

## **VERIFICHE PER DISTACCO DI ESTREMITÀ (MODO 1)**

La verifica viene eseguita valutando che la tensione nella fibra sia inferiore a quella limite calcolata con la relazione (4.4) del paragrafo 4.1.3. La tensione nella fibra è quella indotta dalla differenza tra la sollecitazione flettente agente e quella dello stato attuale (se definito).

La verifica non viene mai eseguita nei pilastri poiché si assume che l'ancoraggio sia sempre garantito. Nelle travi viene eseguita solo se è deselezionata l'opzione "Ancoraggio garantito" e verificata in corrispondenza del punto di estremità e nel punto di inizio dell'ancoraggio della fibra ed in eventuali punti di progettazione se presenti lungo il tratto di ancoraggio.

## **VERIFICHE PER DISTACCO INTERMEDIO (MODO 2)**

La verifica viene eseguita valutando che la tensione nella fibra sia inferiore a quella limite calcolata con la relazione (4.6) del paragrafo 4.1.4. La tensione nella fibra è quella indotta dalla differenza tra la sollecitazione flettente agente e quella dello stato attuale (se definito).

La verifica viene sempre eseguita nelle travi mentre nei pilastri viene eseguita solo nelle zone in cui non ci sono fibre di rinforzo trasversali.

## **VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

Le verifiche a fessurazione non vengono eseguite poiché non esiste sia in letteratura sia in altre normative un metodo di comprovata validità. La verifica sullo stato tensionale nella fibra viene effettuata utilizzando il metodo riportato nel paragrafo 4.2.3.2 e controllata solo per gli stati limite di esercizio quasi permanenti (SLE Q) mentre le verifiche sulle tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio vengono effettuate con i metodi indicati dal D.M. 17/01/18. La tensione nella fibra è quella indotta dalla differenza tra la sollecitazione flettente agente e quella dello stato attuale (se definito).

## **NOTE:**

### **STATO ATTUALE E INVILUPPI**

Qualora si abbiano elementi inviluppati, è ovviamente possibile avere (se definite) delle sollecitazioni di stato attuale diverse da un elemento all'altro, il che fa sì che i momenti ultimi a parità (ovvia) di armatura, siano diversi. ModeSt gestisce correttamente questa situazione a livello di verifiche, che quindi saranno corrette anche in situazioni simili. Si hanno però due conseguenze: il momento ultimo riportato nel diagramma dei momenti delle travi è riferito sempre al primo elemento dell'inviluppo e quindi possono capitare casi in cui il diagramma sembra coperto, ma le verifiche risultano non soddisfatte. Analogamente i momenti ultimi che vengono considerati per il calcolo della gerarchia delle resistenze trave/pilastro (se attiva, cosa dubbia nel caso di edifici esistenti) saranno sempre riferiti al primo elemento dell'inviluppo. Stessa cosa per la gerarchia taglio/momento anche se in tal caso si usano sempre i valori massimi di momento ultimo, e quindi a favore di sicurezza. In definitiva, si sconsiglia l'uso contemporaneo di inviluppi, definizione di stato attuale e rinforzi

con fibre, a meno che non si sia certi che lo stato di sollecitazione per lo stato attuale sia uguale o simile per tutti gli elementi involuppati.

## TORSIONE NELLE TRAVI

Fermo restando che la verifica lato calcestruzzo (4.1.32) è indipendente dalla presenza delle fibre, ModeSt considera in maniera implicita il contributo delle fibre anche per la torsione. Le verifiche sono infatti effettuate detraendo dalle staffe presenti nella travata la quantità necessaria per torsione (ossia la quantità necessaria per soddisfare la 4.1.28). Le staffe residue vengono considerate per la verifica a taglio e quindi, se insufficienti, possono essere integrate con fibre trasversali. Ovviamente se non si ha neanche la copertura della 4.1.28, sarà inutile aggiungere fibre.


# Rinforzi con incamiciature in acciaio o CAM

## Introduzione

I rinforzi con incamiciature in acciaio o con il sistema CAM possono essere applicati solo a pilastri in c.a. e le verifiche vengono eseguite secondo la Circolare n. 7 del 21/01/19 per le incamiciature in acciaio, e secondo il documento "LINEE GUIDA CAM – STRUTTURE IN C.A." per quelle realizzate con il sistema CAM. In particolare, solo per quelle realizzate con il sistema CAM viene considerato anche l'incremento di epsilon 0.


Le eventuali combinazioni di condizioni di carico corrispondenti allo stato attuale, generate con l'opzione "**Genera le combinazioni corrispondenti allo stato attuale**" presente nella scheda "Dati struttura", in questo tipo di rinforzi sono ininfluenti.

Per effettuare le verifiche occorre in primo luogo inserire nei criteri di progetto i corretti valori della resistenza di progetto dell'acciaio. Tale valore, come quello dello spessore e della larghezza delle strisce orizzontali, non vengono richiesti nel caso si rinforzo con il sistema CAM, in quanto sono quelli consigliati nel documento "LINEE GUIDA CAM – STRUTTURE IN C.A.".

L'assegnazione del tipo di rinforzo e dei relativi dati geometrici avviene nell'ambiente di progettazione interattiva dei pilastri cliccando nel gruppo **Rinforzi** su **Incamiciature in acciaio o CAM** . Si fa notare che vengono richiesti anche alcuni dati (sovrapposizione strisce, particolari dell'ancoraggio di piede, ecc.) che sono necessari solo per la realizzazione dei disegni esecutivi, ma ininfluenti ai fini delle verifiche.

I rinforzi con incamiciature in acciaio hanno effetto sulla resistenza a taglio e come effetto confinamento. Non è gestito il rinforzo in termini di flessione poiché richiede particolari costruttivi adeguati a garantire la collaborazione tra il rinforzo longitudinale e il pilastro.

I rinforzi con il sistema CAM hanno effetto sulle resistenze a flessione, a taglio e come effetto confinamento. La verifica a pressoflessione si esegue in modo semplificato, aggiungendo in corrispondenza degli spigoli della sezione un ferro del diametro specificato nella finestra di dialogo dei rinforzi con il sistema CAM (il diametro consigliato dal produttore è il 26) e con le caratteristiche indicate nei criteri di progetto (vedi **Rinforzo a flessione CAM**), si considerano solo i ferri tesi (come dichiarato dal produttore) e la resistenza di progetto è calcolata considerandolo un materiale nuovo. Nella definizione del rinforzo a flessione è possibile specificare se considerarlo efficace nella zona di verifica (testa o piede) ed indicare la lunghezza di ancoraggio che è solo per motivi di disegno e computo e non di verifica.


A seguito dell'introduzione dei rinforzi, ModeSt crea anche i relativi disegni con le indicazioni di come sono realizzati. Tali disegni possono essere assemblati come gli altri in tavole e visualizzati in anteprima in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Disegno** su **Rinforzi** . L'anteprima può essere utile anche per controllare la correttezza dei rinforzi assegnati.


## Rinforzi con incamiciature in c.a.

## Introduzione

I rinforzi con incamiciature in c.a. possono essere applicati solo a pilastri in c.a. e le verifiche vengono eseguite come indicato nel paragrafo C8.7.4.2.1 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

Le eventuali combinazioni di condizioni di carico corrispondenti allo stato attuale, generate con l'opzione "**Genera le combinazioni corrispondenti allo stato attuale**" presente nella scheda "Dati struttura", in questo tipo di rinforzi sono ininfluenti.

L'assegnazione del tipo di rinforzo e dei relativi dati geometrici avviene nell'ambiente di progettazione interattiva dei pilastri cliccando nel gruppo **Rinforzi** su **Incamiciature in c.a.** .

A seguito dell'introduzione dei rinforzi, ModeSt crea anche i relativi disegni con le indicazioni di come sono realizzati. Tali disegni possono essere assemblati come gli altri in tavole e visualizzati in anteprima in progettazione interattiva cliccando nel gruppo **Disegno** su **Rinforzi** . L'anteprima può essere utile anche per controllare la correttezza dei rinforzi assegnati.

## Note tecniche sulle verifiche

Il programma consente di verificare rinforzi a flessione e taglio di pilastri in c.a. di strutture esistenti calcolate in base al D.M. 17/01/18. Le verifiche vengono eseguite come indicato nel paragrafo C8.7.4.2.1 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

### EFFETTO DEL CONFINAMENTO

L'effetto di confinamento dovuto sia alla staffatura della camicia sia di quella esistente non vengono tenuti in conto. Le caratteristiche del diagramma sigma-epsilon delle varie parti della sezione sono quindi quelle del calcestruzzo indicate nei criteri come caratteristiche della camicia, immaginate estese a tutta la sezione come indicato al punto C8.7.4.2.1 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

### VERIFICHE A PRESSO/TENSO-FLESSIONE

Le verifiche sono effettuate considerando per il calcestruzzo un diagramma sigma-epsilon univoco e pari a quello del calcestruzzo indicato nei criteri come caratteristiche della camicia, immaginate estese a tutta la sezione come indicato nel par. C8.7.4.2.1 della Circolare n. 7 del 21/01/19, mentre per l'acciaio vengono differenziate per quanto riguarda i fattori di confidenza, la classe, ecc.

In ogni caso i valori del momento ultimo ed elastico sono ridotti di un fattore pari al 90% come indicato al punto C8.7.4.2 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

### VERIFICHE A TAGLIO

Nelle verifiche a taglio è possibile scegliere se considerare o meno il contributo della resistenza a taglio dell'incamiciatura attraverso il parametro **Considera resistenza a taglio della nuova sezione**. Se l'opzione è deselezionata la resistenza a taglio corrisponde a quella della sezione esistente con le relative caratteristiche meccaniche e staffatura. Se l'opzione è selezionata la resistenza a taglio corrisponde a quella della sezione con le dimensioni aumentate dal rinforzo e le caratteristiche meccaniche e staffatura del rinforzo. Inoltre, selezionando il parametro **Considera anche contributo della sezione esistente** la resistenza a taglio sarà considerata non minore di quella calcolata considerando la somma delle resistenze delle staffe nuove ed esistenti, con la base di taglio (bw) della nuova sezione ma con l'altezza utile (d) pari a quella della sezione attuale, rispetto alla quale si ritiene possano essere tenute in conto le staffe esistenti. Tale ultima opzione permette di tenere in conto delle staffe esistenti, oltre che le nuove, in un unico modello del traliccio ad inclinazione variabile. Ovviamente per le staffe esistenti, viene tenuto in conto delle differenze nella resistenza dovute ai fattori di confidenza.

Sia la capacità della sezione di dimensioni aumentate dal rinforzo con le sole staffe nuove che quella ottenuta considerando anche il contributo della sezione esistente sono ridotte di un fattore pari a al 90% come indicato al punto C8.7.4.1 della Circolare n. 7 del 21/01/19.

### VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Gli stati limite di esercizio vengono effettuate nel modo consueto valutando le tensioni in una sezione omogeneizzata con calcestruzzo non resistente a trazione. I controlli sulle tensioni massime sia lato acciaio che lato calcestruzzo vengono effettuati con riferimento alle resistenze della camicia, che essendo la più esterna, è quella soggetta alle tensioni maggiori.

Nelle verifiche a fessurazione si prendono in conto tutti i ferri ricadenti nelle zone di influenza soggette a fessurazione.

### NOTA IMPORTANTE:

Nella definizione della armatura longitudinale della incamiciatura occorre specificare se è garantito l'ancoraggio superiore e/o inferiore delle barre. La lunghezza indicata è solo per motivi di disegno e computo. ModeSt non entra nel merito di come venga realizzato l'ancoraggio, per il quale esistono diverse possibilità (inghisaggio, ferri passanti bloccati con piastre, resine, ecc.) ma si comporta in modo diverso a seconda che l'ancoraggio sia garantito o meno: a livello di verifiche a flessione (sia ultime che di esercizio) vengono tenuti in conto solo i ferri che siano ancorati nella rispettiva zona di verifica (testa o piede).

Per le verifiche a taglio, si ritiene che le staffe dell'incamiciatura (se presenti) possano contribuire alla creazione di un traliccio resistente solamente se le barre longitudinali risultano ancorate **sia al piede che alla testa del pilastro**.

# Modellazione e verifica strutture in muratura

## Introduzione

ModeSt è in grado di eseguire le verifiche di strutture in muratura ordinaria o armata o miste, sia per azioni statiche (carichi verticali e/o da vento) che per azioni sismiche, ai sensi delle normative vigenti. ModeSt è in grado di eseguire anche le verifiche dei cinematismi (meccanismi locali di collasso) di strutture in muratura ordinaria calcolate sismicamente con il metodo degli stati limite secondo il D.M. 17/01/18.

La struttura, modellata con qualche accorgimento (si veda il paragrafo **Individuazione automatica dei maschi e delle fasce**), ma essenzialmente nel modo consueto utilizzato per il calcolo FEM, può contenere oltre a elementi in muratura ordinaria o armata anche elementi in cemento armato come travi, pilastri, pareti, solette/platee ed elementi in acciaio e legno.

Qualunque sia il tipo di calcolo richiesto ModeSt procede in prima fase ad una analisi di tipo FEM nel modo consueto, dalla quale vengono desunte le sollecitazioni negli elementi strutturali per i carichi verticali (ed eventualmente sismici se il calcolo sismico richiesto è di tipo FEM) e sul quale in alcuni casi viene effettuata l'analisi modale necessaria per le successive elaborazioni.

Il vantaggio di questo approccio è che le eventuali verifiche degli altri elementi strutturali (travi, pilastri, ecc.) possono ovviamente poi essere effettuate normalmente con le relative procedure. Nel caso di analisi sismica statica non lineare (pushover) i suddetti elementi strutturali saranno ovviamente soggetti solo alle sollecitazioni derivanti dalla parte non sismica delle diverse combinazioni di carico.

ModeSt individua automaticamente dalla struttura i maschi e le fasce come indicato nel paragrafo **Individuazione automatica dei maschi e delle fasce** ma possono essere inseriti anche manualmente come indicato nel paragrafo **Inserimento manuale dei maschi e delle fasce**.

Per la muratura ordinaria vengono verificate le fasce solo per le azioni sismiche e i maschi per le azioni statiche, sismiche e dei cinematismi.

Per la muratura armata, nel caso di calcolo con analisi sismica statica o dinamica lineare, vengono verificati solo i maschi murari sia per le azioni statiche che sismiche entrambe effettuate sui **maschi per verifiche sismiche**.

Nel caso di calcolo con analisi sismica statica non lineare (pushover) il telaio equivalente viene creato dai **maschi per verifiche sismiche** (si veda anche "**Generazione telaio equivalente**") e di conseguenza anche le verifiche sismiche globali dell'edificio.

Anche prima di avere effettuato il calcolo è possibile, ed è buona regola, controllare in qualunque momento quali siano i maschi e le fasce in muratura che ModeSt ha individuato automaticamente.

## Individuazione automatica dei maschi e delle fasce

I maschi murari rappresentano le parti della struttura verticale che verranno verificate per le azioni statiche, sismiche e per i cinematismi (meccanismi locali di collasso). Le fasce murarie rappresentano le parti della struttura orizzontale che verranno verificate per le azioni sismiche.

Verranno considerati come maschi i muri e gli elementi bidimensionali con le seguenti caratteristiche:

- tipo di utilizzo "muratura ordinaria" o "muratura armata" (vedi **Definizione del tipo di muro/elemento bidimensionale**) e con numero diverso da 0. Assegnare ai muri e agli elementi bidimensionali il numero 0 è un metodo per poterli escludere dall'individuazione automatica dei maschi;
- muri/elementi bidimensionali allineati, dello stesso tipo e con uguale scostamento dal filo fisso;
- i nodi che definiscono il piede e la testa del maschio murario devono giacere su un piano orizzontale ed appartenere ad un impalcato;
- è necessario che esistano nodi alla stessa quota degli impalcati definiti. Se si modellano elementi che saltano un piano o inclinati è consigliato prima definire gli impalcati e successivamente meshare i muri/elementi bidimensionali. In questo modo la procedura di meshatura è in grado di imporre il passaggio dei nodi della mesh alle quote degli impalcati;
- non è necessario avere una mesh regolare, anche se è consigliato sia per la determinazione delle sollecitazioni di verifica sia per l'eventuale inserimento di maschi o fasce manuali, poiché il programma individua i maschi e le fasce esclusivamente con procedure geometriche ed il calcolo delle sollecitazioni viene eseguito con l'integrazione su linea, che è in grado di trovare le sollecitazioni anche senza incidere sui nodi, ma estrapolando e interpolando le sollecitazioni negli elementi bidimensionali intercettati. L'unica limitazione è che il maschio murario in corrispondenza della linea di integrazione, contenga almeno un elemento bidimensionale.

Verranno considerati come fasce solo gli elementi bidimensionali con le seguenti caratteristiche:

- tipo di utilizzo "muratura ordinaria" (vedi **Definizione del tipo di muro/elemento bidimensionale**) e con numero diverso da 0. Assegnare agli elementi bidimensionali il numero 0 è un metodo per poterli escludere dall'individuazione automatica delle fasce.

In tutte le visualizzazioni soffermando il mouse sopra un elemento, si ha la visualizzazione di un suggerimento a video con le informazioni associate all'elemento che variano in funzione delle visualizzazioni attive.



**Nota:** qualunque modifica venga fatta alla geometria e ai criteri di progetto relativi alle murature, comporta la perdita del modello di muratura e di tutte le eventuali modifiche e personalizzazione apportate ai maschi. Si consiglia quindi di procedere a tutte le modifiche solo quando il modello base è ormai definitivo.

## MASCHI IN MURATURA PER LE VERIFICHE STATICHE


I maschi murari vengono individuati ricercando ed assemblando gli elementi continui da ogni impalcato fino a "terra". Come "terra" si considera il livello in cui tutti i suoi nodi hanno un qualche vincolamento e non sono presenti muri/elementi bidimensionali sottostanti. Come "testa" dei maschi si considera il livello con i nodi appartenenti all'impalcato più alto. Non esisteranno quindi maschi che vadano ad esempio dall'impalcato 1 al 2 senza muratura sottostante. Potranno però convivere ad esempio in una struttura a due piani maschi che vanno dall'impalcato 0 al 2, purché ci siano nodi intermedi alla stessa quota dell'impalcato 1, con maschi che vanno dall'impalcato 0 all'impalcato 1. I maschi murari vengono poi suddivisi in parti che rispecchiano i diversi impalcati della struttura. Queste saranno le parti soggette a verifica in testa, in mezzeria ed al piede come previsto dalla normativa.

I maschi murari vengono numerati in maniera indipendente dalla numerazione che i muri/elementi bidimensionali hanno nella modellazione.


Per visualizzarli occorre prima renderli corrente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare "Verifiche statiche" nella sezione "Maschi e fasce", poi attivare il disegno della colorazione degli elementi in muratura cliccando nuovamente su **Muratura** .

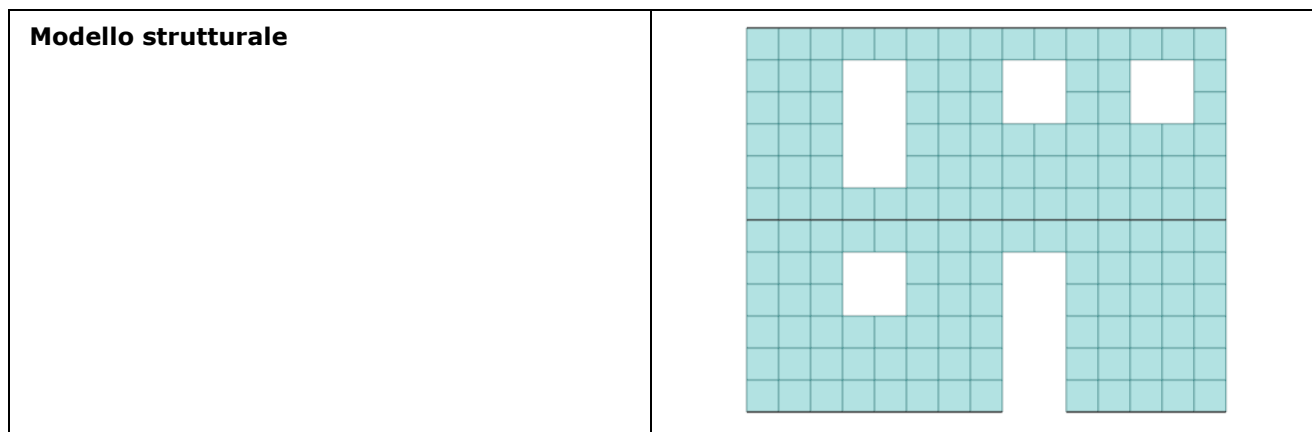
Quando è attiva la colorazione dei maschi murari è possibile attivare il disegno del numero del maschio clic-

cando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".

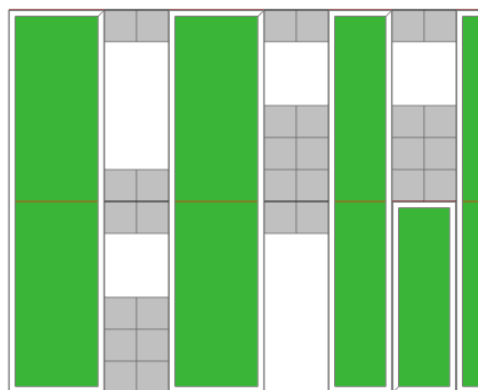
La selezione dei maschi in muratura si effettua, dopo aver attivato la colorazione degli elementi in muratura,

selezionando "Muratura" del pannello **Selezioni** e poi cliccando su  e quindi specificando il numero del maschio o della fascia.

Nella figura sottostante è riportato un esempio di generazione automatica dei **maschi murari per le verifiche statiche**. I colori si riferiscono allo schema di colore di default.




**Maschi murari per le verifiche statiche:** i maschi murari vengono individuati ricercando ed assemblando gli elementi verticali continui da ogni piano fino a terra.



## MASCHI E FASCE IN MURATURA PER LE VERIFICHE SISMICHE

I maschi murari vengono individuati ricercando ed assemblando per ogni piano gli elementi presenti tra due aperture oppure gli elementi continui da ogni impalcato fino a "terra" in funzione di quanto specificato nell'opzione **Metodo di individuazione** dei criteri generali delle murature.

Per visualizzarli occorre prima renderli corrente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare "Verifiche sismiche" nella sezione "Maschi e fasce", poi attivare il disegno della colorazione degli elementi in muratura cliccando nuovamente su **Muratura**




Verranno trascurati i maschi murari che non rispondono ai requisiti di rapporto L/H definito nei criteri di progetto o per i quali è stata richiesta esplicitamente la non resistenza sismica (vedi **Comportamento maschi per azioni sismiche**) e le fasce che non hanno un elemento resistente a trazione o per le quali è stata richiesta esplicitamente la non resistenza sismica (vedi **Comportamento fasce per azioni sismiche**).

Nel calcolo della struttura non vengono considerate le rigidità dei muri/elementi bidimensionali che costituiscono i maschi e le fasce trascurati, ma mantenute le loro masse che vengono trasferite o all'impalcato o ai nodi adiacenti in base a quanto impostato nei parametri di calcolo (vedi **Recupero masse secondarie**). Per visualizzare i muri/elementi bidimensionali che non vengono trasferiti al solutore occorre eseguire il **controllo congruenza dati** e cliccare sulla voce "seleziona". La selezione consente di controllare l'eventuale presenza di porzioni di elementi che fuoriescono dal perimetro dei maschi o delle fasce, e decidere se modificare la mesh in modo che gli elementi bidimensionali siano tutti contenuti all'interno del loro perimetro.

Quando è attiva la colorazione dei maschi murari e delle fasce è possibile attivare il disegno del numero del

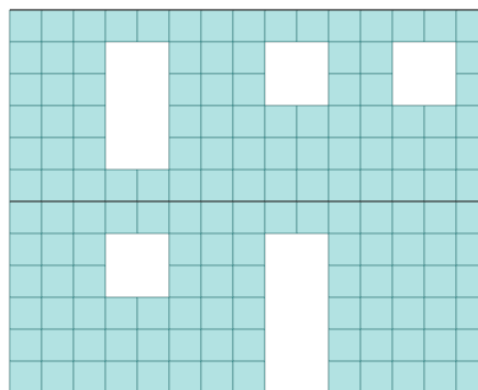
maschio o della fascia cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".

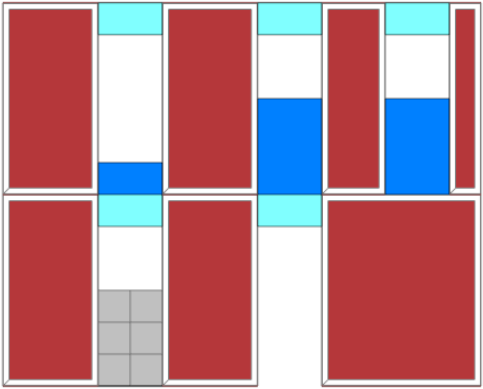
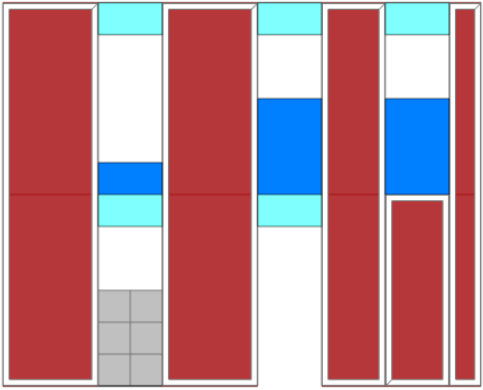
La selezione dei maschi o delle fasce si effettua, dopo aver attivato la colorazione degli elementi in muratura,

selezionando "Muratura" del pannello **Selezioni** e poi cliccando su  e quindi specificando il numero del maschio o della fascia.

Nella figura sottostante è riportato un esempio che evidenzia le differenze tra i due metodi di generazione: **Assemblando per ogni piano gli elementi continui tra due aperture, Assemblando gli elementi continui da ogni impalcato fino a "terra"**. I colori si riferiscono allo schema di colore di default.

### Modello strutturale




<p><b>Assemblando per ogni piano gli elementi continui tra due aperture:</b> i maschi murari vengono individuati ricercando ed assemblando per ogni piano gli elementi presenti tra due aperture.</p>	
<p><b>Assemblando gli elementi continui da ogni impalcato fino a "terra":</b> i maschi murari vengono individuati ricercando ed assemblando gli elementi in muratura verticali continui da ogni piano fino a terra.</p>	

## MASCHI IN MURATURA PER LE VERIFICHE DEI CINEMATISMI

I maschi murari vengono generati con la stessa metodologia dei maschi murari per le verifiche statiche.

Per visualizzarli occorre prima renderli corrente cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione**

sulla freccia sottostante **Muratura**  e quindi selezionare "Verifiche cinematiche" nella sezione "Maschi e fasce", poi attivare il disegno della colorazione degli elementi in muratura cliccando nuovamente su **Muratura**




Quando è attiva la colorazione dei maschi murari è possibile attivare il disegno del numero del maschio clic-


cando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** su **Numeri proprietà**  e selezionando "Numero" nella sezione "Muri/Bidimensionali".

## Inserimento ed eliminazione dei maschi e delle fasce manuali

Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della

scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , è possibile inserire manualmente un maschio una fascia in muratura.


Il maschio murario si inserisce cliccando nel gruppo **Maschi** e poi su **Inserisce**  e quindi selezionando prima due nodi che individuano rispettivamente il piede e la testa dell'asse verticale di riferimento e poi due nodi a destra o sinistra dell'asse verticale di riferimento che ne identificano la sua estensione e che consentono di far assumere al maschio le seguenti forme: rettangolare, trapezoidale, triangolare, pentagonale.

La fascia si inserisce cliccando nel gruppo **Fasce** e poi su **Inserisce**  e quindi selezionando prima due nodi che individuano rispettivamente l'inizio e la fine dell'asse orizzontale di riferimento e poi un nodo superiore o inferiore all'asse orizzontale di riferimento che ne identifica la sua estensione.

Alcuni esempi sull'inserimento dei maschi e delle fasce sono presenti nelle [Note tecniche murature](#).





Il maschio murario si elimina cliccando nel gruppo **Maschi** e poi su **Elimina**  e quindi selezionando il maschio murario.



La fascia si elimina cliccando nel gruppo **Fasce** e poi su **Elimina**  e quindi selezionando la fascia muraria. Per inserire o eliminare un maschio o una fascia anche su gli altri modelli di verifica (statico, sismico, cinematici) oltre a quello corretto occorre selezionare l'opzione "Applica modifiche su tutti" presente nel gruppo **Generali**.

In tutte le visualizzazioni soffermando il mouse sopra un elemento, si ha la visualizzazione di un suggerimento a video con le informazioni associate all'elemento che variano in funzione delle visualizzazioni attive.

## Selezione e modifica dei maschi e delle fasce manuali

Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della

scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , è possibile selezionare e modificare le proprietà di un maschio o di una fascia inseriti manualmente.

La selezione dei maschi e delle fasce si effettua cliccando nel pannello **Selezioni** su "Altre" e poi su **Maschi manuali**  o su **Fasce manuali** .

La modifica delle proprietà dei maschi e delle fasce manuali può essere effettuata selezionandoli ed effettuando le modifiche nel pannello **Proprietà elementi selezionati**.

## Caratteristiche meccaniche della muratura

La muratura è un materiale che ha caratteristiche meccaniche diverse dagli elementi che la compongono: blocchi naturali o artificiali, malta. Per le murature di nuova costruzione, la conoscenza delle caratteristiche dei componenti permette di determinarne la resistenza attraverso le tabelle riportate nel D.M. 20/11/87 e nel D.M. 17/01/18. Per le murature esistenti il problema è senz'altro più complesso, per le diverse tipologie esistenti e per le difficoltà di determinarne le caratteristiche mediante prove di laboratorio tuttavia, sono state condotte delle prove sperimentali i cui risultati sono stati riportati nella Circolare dei LL.PP. n. 21745 del 30/7/81 e nell'Ord. 3431/05. Tali valori sono "consigliati" in assenza di dati sperimentali sulle particolari murature esaminate. Naturalmente essi sono indicativi e il progettista può apportare modifiche a seconda dei casi esaminati.

### D.M. 20/11/87

Le due proprietà fondamentali in base alle quali si classifica una muratura sono la sua resistenza caratteristica a compressione  $f_k$  e la sua resistenza caratteristica a taglio  $f_{vk}$ .

La resistenza caratteristica a compressione  $f_k$  si può determinare per via sperimentale oppure, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni, il valore può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la tabella (par. 2.3.1.1 del D.M. 20/11/87) seguente:

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento (kg/cmq)	M1 (kg/cmq)	M2 (kg/cmq)	M3 (kg/cmq)	M4 (kg/cmq)
20	12	12	12	12
30	22	22	22	20
50	35	34	33	30
75	50	45	41	35
100	62	53	47	41
150	82	67	60	51
200	97	80	70	61
300	120	100	86	72
400	143	120	104	n.d.

La resistenza caratteristica a taglio  $f_{vk}$  è definita (par. 2.3.2.1 del D.M. 20/11/87) come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la seguente relazione:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n$$

dove la resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di carichi verticali  $f_{vk0}$  si determina per via sperimentale oppure, per le murature formate da elementi resistenti artificiali pieni o semipieni, tale resistenza può essere valutata per via indiretta in base alle caratteristiche dei componenti tramite la tabella (par. 2.3.2.1 del D.M. 20/11/87) seguente:

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento (kg/cmq)	Tipo di malta	$f_{vk0}$ (kg/cmq)
$f_{bk} \leq 150$	M1-M2-M3-M4	2
$f_{bk} > 150$	M1-M2-M3-M4	3
$f_{bk} \leq 30$	M1-M2-M3	1
$f_{bk} \leq 30$	M4	1
$f_{bk} > 30$	M1-M2-M3	2
$f_{bk} > 30$	M4	1

#### D.M. 17/01/18

Si riportano i valori delle caratteristiche di resistenza delle murature tratte dalla "Tabella 11.10.VI - Valori di  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm<sup>2</sup>)"

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento (N/mmq)	M15 (N/mmq)	M10 (N/mmq)	M5 (N/mmq)	M2.5 (N/mmq)
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	n.d.

Si riportano i valori delle caratteristiche di resistenza delle murature tratte dalla "Tabella 11.10.VII - Valori di  $f_k$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in N/mm<sup>2</sup>)"

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento (N/mmq)	M15 (N/mmq)	M10 (N/mmq)	M5 (N/mmq)	M2.5 (N/mmq)
2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2

≥ 40.0	14.3	12.0	10.4	n.d.
--------	------	------	------	------

Si riportano i valori delle caratteristiche di resistenza delle murature tratte dalla "Tabella 11.10.VII- Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali  $f_{vk0}$  (valori in N/mm<sup>2</sup>)"

Elementi per muratura	$f_{vk0}$ ( N/mm <sup>2</sup> )			
	Malta ordinaria di classe di resistenza data		Malta per strati sottili (giunto orizzontale ≥ 0,5 mm e ≤ 3 mm)	Malta alleggerita
Laterizio	M10 - M20	0,30	0,30*	0,15
	M2,5 - M9	0,20		
	M1 - M2	0,10		
Silicato di calcio	M10 - M20	0,20	0,20**	0,15
	M2,5 - M9	0,15		
	M1 - M2	0,10		
Calcestruzzo vibro-compresso Calcestruzzo areato autoclavato Pietra artificiale e pietra naturale a massello	M10 - M20	0,20	0,20**	0,15
	M2,5 - M9	0,15		
	M1 - M2	0,10		

\* valore valido per malte di classe M10 o superiore e resistenza dei blocchi  $f_{bk} \geq 5.0$  N/mm<sup>2</sup>

\*\* valore valido per malte di classe M5 o superiore e resistenza dei blocchi  $f_{bk} \geq 3.0$  N/mm<sup>2</sup>

Si riportano i valori delle caratteristiche di resistenza delle murature tratte dalla "Tabella C8.5.I" della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Tipologia di muratura	f (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	W (kN/mc)
	min.-max	min.-max		min.-max	min.-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1.0-2.0	0.018-0.032		690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con parametri di spessore disomogeneo (*)	2.0	0.035-0.051		1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2.6-3.8	0.056-0.074		1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1.4-2.2	0.028-0.042		900-1260	300-420	13 ÷ 16 (**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2.0-3.2	0.04-0.08	0.10-0.19	1200-1620	400-500	13 ÷ 16 (**)
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5.8-8.2	0.09-0.12	0.18-0.28	2400-3300	800-1100	22

Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2.6-4.3	0.05-0.13	0.13-0.27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	5.0-8.0	0.08-0.17	0.20-0.36	3500-5600	875-1400	15

\* Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1.2.

\*\* Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dritte. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione  $f$  può essere valutata attraverso le indicazioni del par. 11.10 delle NTC.

\*\*\* Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0.7 per le resistenze e 0.8 per i moduli elastici.

#### **CIRCOLARE DEI LL.PP. N. 21745 DEL 30/7/81**

	$\tau_k$ (t/mq)	$\sigma_k$ (t/mq)	$\mu$
<b>MURATURE NON CONSOLIDATE</b>			
Mattoni pieni [6x12x24 cm] ( $R_b=1000$ t/mq); malta bastarda ( $R_m=250$ t/mq)	12	300	1.5
Blocco modulare [29x19x19 cm] (con caratteristiche rispondenti alle prescrizioni dell'all. I D.M. 3/3/1975); malta bastarda ( $R_m=250$ t/mq)	8	250	1.5
Blocco in argilla espansa o calcestruzzo ( $R_b=750$ t/mq); malta bastarda ( $R_m=500$ t/mq)	18	300	1.5
Muratura in pietra (in presenza di ricorsi di mattoni estesi a tutto lo spessore del muro, il valore rappresentativo di $\tau_k$ può essere incrementato del 30%):			
a) pietrame in cattive condizioni	2	50	1.5
b) pietrame grossolanamente squadrato e ben organizzato	7	200	1.5
c) a sacco in buone condizioni	4	150	1.5
Muratura in blocchi di tufo di buona qualità	10	250	1.5
<b>MURATURE NUOVE</b>			
Mattoni pieni con fori circolari (22Ø15 mm); malta cementizia ( $R_m \geq 1450$ t/mq)	20	500	2.0
Forati doppio UNI rapporto vuoto/pieno 40%; malta cementizia ( $R_m \geq 1450$ t/mq)	24	500	2.0
<b>MURATURE CONSOLIDATE</b>			
Muratura in mattoni pieni, spessore cm 25, o in pietrame squadrato, consolidata con 2 lastre di calcestruzzo armato da cm 3 (minimo)	18	500	2.0
Muratura in pietra iniettata (kg 150 di miscela al mc di muro)	11	300	1.5
Muratura in pietra a sacco iniettata (kg 180 di miscela al mc di muro)	11	300	1.5
Muratura in pietra a sacco consolidata con 2 lastre di calcestruzzo armato da cm 3 (minimo)	10	250	2.0
Muratura in pietra o in laterizio con tiranti	n.d.	n.d.	2.0

**ORD. 3431/05**

Anche se l'Ord. 3431 non è più supportata dal programma, si riportano i dati della "Tabella 11.D.1 Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti, semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata.", in quanto vengono ritenuti utili nel caso di edifici in muratura esistenti. Per maggiori delucidazioni si consiglia di consultare l'Allegato 11.D dell'Ord. 3431.

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	W (kN/mc)
	min.-max	min.-max	min.-max	min.-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	60-90	2.0-3.2	690-1050	115-175	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	110-155	3.5-5.1	1020-1440	170-240	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	150-200	5.6-7.4	1500-1980	250-330	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	80-120	2.8-4.2	900-1260	150-210	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	300-400	7.8-9.8	2340-2820	390-470	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	180-280	6.0-9.2	1800-2400	300-400	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI)	380-500	24.0-32.0	2800-3600	560-720	15
Muratura in blocchi laterizi forati (perc. foratura < 45%)	460-600	30.0-40.0	3400-4400	680-880	12
Muratura in blocchi laterizi forati, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300-400	10.0-13.0	2580-3300	430-550	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo (perc. foratura tra 45% e 65%)	150-200	9.5-12.5	2200-2800	440-560	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni	300-440	18.0-24.0	2700-3500	540-700	14

## Verifiche effettuate

### D.M. 14/02/92 - D.M. 20/11/87

Le verifiche effettuate sono le seguenti (con riferimento ai paragrafi della normativa):

#### **VERIFICHE PER CARICHI VERTICALI, AZIONI NEL PIANO ED ORTOGONALI AL PIANO SIA SISMICHE CHE STATICHE**

- Pressoflessione fuori piano nella muratura ordinaria (paragrafo 2.4.1.1)  
 $\sigma = N/(\Phi \cdot A)$
- Pressoflessione nel piano nella muratura ordinaria (paragrafo 2.4.1.2.1)  
 $\sigma = N/(\Phi_t \cdot \Phi_b \cdot A)$
- Taglio nella muratura ordinaria (paragrafo 2.4.1.2.2)  
 $\tau = V/(\beta \cdot A)$

### D.M. 16/01/96 - D.M. 20/11/87

Le verifiche effettuate sono le seguenti (con riferimento ai paragrafi della normativa):

#### **VERIFICHE PER CARICHI VERTICALI, AZIONI NEL PIANO ED ORTOGONALI AL PIANO SIA SISMICHE CHE STATICHE**

- Pressoflessione fuori piano nella muratura ordinaria (paragrafo 2.4.2.2)

$$N_u = \Phi \cdot F_d \cdot A$$

- Pressoflessione nel piano nella muratura ordinaria (paragrafo 2.4.2.3.1)

$$N_u = \Phi_t \cdot \Phi_b \cdot F_d \cdot A$$

- Taglio nella muratura ordinaria (paragrafo 2.4.2.3.2)

$$V_u = \beta \cdot F_{vd} \cdot A$$

## D.M. 17/01/18

Le verifiche effettuate sono le seguenti (con riferimento ai paragrafi della normativa):

### VERIFICHE PER AZIONI STATICHE

#### MURATURA ORDINARIA

- Pressoflessione fuori dal piano

$$N_u = \Phi \cdot F_d \cdot t \cdot I$$

- Pressoflessione nel piano (paragrafo 7.8.2.2.1)

$$M_u = (l^2 \cdot t \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0.85 \cdot F_d)$$

- Taglio (paragrafo 7.8.2.2.2)

$$V_u = l' \cdot t \cdot F_{vd}$$

$$V_u = (l' \cdot t \cdot 1.5 \cdot \tau_{0d} / b) \cdot (1 + \sigma_0 / 1.5 \cdot \tau_{0d})^{1/2} \text{ (Rottura per taglio diagonale su tessitura irregolare)}$$

$$V_u = (l' \cdot t / b) \cdot ((f_{vd} / 1 + \mu \cdot \phi) + (\mu \cdot \sigma_0 / 1 + \mu \cdot \phi)) \leq (l' \cdot t \cdot f_{btd} / b \cdot 2.3) \cdot (1 + \sigma_0 / f_{btd})^{1/2} \text{ (Rottura per taglio diagonale su tessitura regolare)}$$

#### MURATURA ARMATA

- Pressoflessione fuori dal piano (paragrafo 7.8.3.2.3)

**Nota:** nel caso di parete soggetta solo a sforzo normale, la verifica viene eseguita confrontando lo sforzo normale agente con quello resistente  $N_u = F_d \cdot t \cdot I + \sum_i A_{fi} \cdot F_{yd_i}$

- Pressoflessione nel piano (paragrafo 7.8.3.2.1)

- Taglio (paragrafo 7.8.3.2.2)

$$V_u = \min (V_t, V_{tc})$$

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S} = d \cdot t \cdot F_{vd} + (0.6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot F_{yd}) / s$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot F_d \cdot t \cdot d$$

#### Note:

- Nel caso di analisi lineare le resistenze vengono divise sia per il coefficiente parziale di sicurezza che per il fattore di confidenza mentre nel caso di analisi non lineare solo per il fattore di confidenza. I valori del coefficiente parziale di sicurezza e del fattore di confidenza sono quelli specificati nei criteri di progetto.
- Non vengono eseguite le verifiche a flessione e a taglio nelle fasce di piano sia in muratura ordinaria che armata.

### VERIFICHE PER AZIONI SISMICHE (ANALISI LINEARE)

#### MURATURA ORDINARIA

- Pressoflessione nel piano (paragrafo 7.8.2.2.1)

$$M_u = (l^2 \cdot t \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0.85 \cdot F_d)$$

- Pressoflessione fuori dal piano (paragrafo 7.8.2.2.3)

$$M_u = (l \cdot t^2 \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0.85 \cdot F_d)$$

- Taglio (paragrafo 7.8.2.2.2)

$$V_u = l' \cdot t \cdot F_{vd} \text{ (Rottura per scorrimento)}$$

$$V_u = (l' \cdot t \cdot 1.5 \cdot \tau_{0d} / b) \cdot (1 + \sigma_0 / 1.5 \cdot \tau_{0d})^{1/2} \text{ (Rottura per taglio diagonale su tessitura irregolare)}$$

$$V_u = (l' \cdot t / b) \cdot ((f_{vd} / 1 + \mu \cdot \phi) + (\mu \cdot \sigma_0 / 1 + \mu \cdot \phi)) \leq (l' \cdot t \cdot f_{btd} / b \cdot 2.3) \cdot (1 + \sigma_0 / f_{btd})^{1/2} \text{ (Rottura per taglio diagonale su tessitura regolare)}$$

- Flessione nelle fasce di piano (paragrafo 7.8.2.2.4)

$$M_u = (H_p \cdot h / 2) \cdot (1 - H_p / (0.85 \cdot F_{hd} \cdot h \cdot t))$$

- Taglio nelle fasce di piano (paragrafo 7.8.2.2.4)

$$V_t = h \cdot t \cdot F_{vd0}$$

$$V_p = 2M_u / l$$

Il valore della resistenza a taglio per l'elemento in muratura ordinaria è assunto pari al minimo tra  $V_t$  e  $V_p$ .

#### MURATURA ARMATA

- Pressoflessione fuori dal piano (paragrafo 7.8.3.2.3)

- Pressoflessione nel piano (paragrafo 7.8.3.2.1)
- Taglio (paragrafo 7.8.3.2.2)

$$V_u = \min (V_t, V_{tc})$$

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S} = d \cdot t \cdot F_{vd} + (0.6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot F_{yd}) / s$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot F_d \cdot t \cdot d$$

**Note:**

- Il D.M. 17/01/18 indica il parametro "d" come "*distanza fra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa*". Considerando che l'applicazione letterale di questa prescrizione, in una sezione con armatura diffusa porta oltre che al cambiamento continuo della resistenza a taglio nelle diverse CC, addirittura al paradosso che a volte aggiungendo armatura interna si diminuisce la resistenza a taglio, e considerando che l'Euro-codice, oltre ad essere molto più conservativo in termini di coefficienti, lo è anche indicando per "d" l'intera lunghezza della parete, si è ritenuto di rispettare lo spirito della normativa utilizzando per "d" la distanza fra il lembo compresso e la barra più tesa.
- Non vengono eseguite le verifiche a flessione e a taglio nelle fasce di piano in muratura armata.

**VERIFICHE PER AZIONI SISMICHE (ANALISI NON LINEARE)**

**MURATURA ORDINARIA**

- Pressoflessione nel piano (paragrafo 7.8.2.2.1)

$$M_u = (l^2 \cdot t \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0.85 \cdot F_d)$$

- Taglio (paragrafo 7.8.2.2.2)

$$V_u = l \cdot t \cdot F_{vd} \text{ (Rottura per scorrimento)}$$

$$V_u = (l \cdot t \cdot 1.5 \cdot \tau_{0d} / b) \cdot (1 + \sigma_0 / 1.5 \cdot \tau_{0d})^{1/2} \text{ (Rottura per taglio diagonale su tessitura irregolare)}$$

$$V_u = (l \cdot t / b) \cdot ((f_{vd} / 1 + \mu \cdot \phi) + (\mu \cdot \sigma_0 / 1 + \mu \cdot \phi)) \leq (l \cdot t \cdot f_{btd} / b \cdot 2.3) \cdot (1 + \sigma_0 / f_{btd})^{1/2} \text{ (Rottura per taglio diagonale su tessitura regolare)}$$

- Flessione nelle fasce di piano (paragrafo 7.8.2.2.4)

$$M_u = (H_p \cdot h / 2) \cdot (1 - H_p / (0.85 \cdot F_{hd} \cdot h \cdot t))$$

- Taglio nelle fasce di piano (paragrafo 7.8.2.2.4)

$$V_t = h \cdot t \cdot F_{vd0}$$

$$V_p = 2M_u / l$$

Il valore della resistenza a taglio per l'elemento in muratura ordinaria è assunto pari al minimo tra  $V_t$  e  $V_p$ .

**Note:**

- Nel paragrafo 7.8.2.2.1 è specificato che: " $f_d = f_k / \gamma_M$  è la resistenza a compressione di progetto della muratura. In caso di analisi statica non lineare, la capacità a pressoflessione può essere calcolata ponendo  $f_d$  pari al valore medio della capacità a compressione della muratura [omissis], non fornendo la normativa un metodo per calcolare la resistenza media nel caso di materiale nuovo, si ipotizza  $f_k = f_m$  e di conseguenza si pone  $F_d = f_m / \gamma_M$ .

**MURATURA ARMATA**

- Pressoflessione nel piano (paragrafo 7.8.3.2.1)

- Taglio (paragrafo 7.8.3.2.2)

$$V_u = \min (V_t, V_{tc})$$

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S} = d \cdot t \cdot F_{vd} + (0.6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot F_{yd}) / s$$

$$V_{tc} = 0.3 \cdot F_d \cdot t \cdot d$$

**Note:**

- Le precedenti verifiche definiscono le resistenze al limite elastico dei maschi murari e delle fasce di piano e vengono utilizzate per costruire la curva di capacità.
- Non vengono eseguite le verifiche a flessione e a taglio nelle fasce di piano in muratura armata.

**VERIFICHE PER AZIONE SISMICA ORTOGONALE AL PIANO**

**MURATURA ORDINARIA**

- Pressoflessione fuori dal piano (paragrafo 7.8.2.2.3)


$$M_u = (l^2 \cdot t \cdot \sigma_0 / 2) \cdot (1 - \sigma_0 / 0.85 \cdot F_d)$$

**MURATURA ARMATA**

- Pressoflessione fuori dal piano (paragrafo 7.8.3.2.3)


# Mappe tassi di sfruttamento strutture in muratura


La visualizzazione dei tassi di sfruttamento per le strutture in muratura per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata, purché il calcolo sia stato eseguito, cliccando nel gruppo **Verifica**


della scheda **Post-Processor** su **Muratura** , selezionando "Tassi di sfruttamento" e cliccando poi sul tasso di sfruttamento da visualizzare e quindi selezionando i maschi murari.

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra la tensione, di compressione o di taglio, e la relativa tensione ammissibile oppure tra la sollecitazione agente e la relativa sollecitazione resistente.

I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:

**Globali** : relativi alla verifica più gravosa nei maschi e nelle fasce di piano in muratura fra tutte quelle che sono state eseguite.


**Pressoflessione nel piano** : relativi alla verifica a pressoflessione nel piano nei maschi e nelle fasce di piano in muratura.

**Pressoflessione ortogonale al piano** : relativi alla verifica a pressoflessione ortogonale al piano nei maschi in muratura.

**Taglio nel piano** : relativi alla verifica a taglio nel piano nei maschi e nelle fasce di piano in muratura.

I tassi di sfruttamento sono valutati solo per le combinazioni delle condizioni di carico elementari.

Se nella visualizzazione dei tassi di sfruttamento compare il messaggio "**Attenzione: i tassi di sfruttamento visualizzati sono relativi ad una combinazione non congruente con il modello impostato**" controllate,

cliccando nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** sulla freccia sottostante **Muratura** , che nella sezione "Maschi e fasce" sia impostato "Verifiche statiche" se la combinazione delle condizioni elementari di carico (CC) è di tipo SLU oppure "Verifiche sismiche" se è di tipo SLV. I tassi di sfruttamento verranno comunque disegnati mappando solo i maschi nel caso in cui sia impostato "Verifiche statiche" e maschi e fasce nel caso di "Verifiche sismiche".



**Utilizzo da linea di comando: DTSFB** (Disegna tassi di sfruttamento murature).

**Argomenti correlati: Fattori di scala.**



## Verifiche per azioni statiche e sismiche


### Verifica automatica ed interattiva


A seguito del calcolo della struttura in muratura ModeSt, la verifica per le azioni statiche (carichi verticali e/o da vento) e per le per azioni sismiche sia nel piano che fuori dal piano si effettua cliccando nel gruppo **Verifica**

della scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su **Verifica**  e quindi selezionando i maschi murari. Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della

scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , dopo aver attivato la visualizzazione dei maschi per

verifiche statiche o sismiche cliccando nel gruppo **Modello** sulla freccia sottostante **Muratura** , è possibile progettare interattivamente il maschio murario cliccando nel gruppo **Maschi** e poi su **Proprietà**  e quindi selezionando un maschio murario.

Il comando **Ricalcola**  come di consueto esegue le verifiche mentre dal pannello **Stato verifiche** è possibile impostare la verifica corrente, ossia quella per cui visualizzare i risultati. La relativa casella di riepilogo a discesa dà la possibilità di individuare tutte le verifiche effettuate sul maschio in oggetto.

Il comando **Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.




**Nota:** qualunque modifica venga effettuata in progettazione interattiva sia per le verifiche per azioni statiche sia per le azioni sismiche non comporta la perdita del modello di muratura. È possibile annullare le modifiche effettuate e ripristinare le impostazioni prelevandole dai criteri di progetto cliccando nel gruppo **Verifica** della

scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su **Ripristina parametri dai criteri** .




## Verifiche statiche

Le verifiche per azioni statiche, verticali e/o ortogonali al piano del maschio murario, dipendono dalla snellezza ( $\lambda$ ), dal valore del fattore laterale di vincolo ( $\rho$ ), dall'eccentricità accidentale ( $e_a$ ) che sono funzione della geometria del maschio murario e dalle eccentricità dei carichi dovuti ai solai ( $e_{s1}$ ,  $e_{s2}$ ) che dipendono sia dai carichi verticali agenti (peso parete soprastante, peso del solaio) che della lunghezza dell'appoggio del solaio specificata nei criteri di progetto (**Lunghezza appoggio solai**).

È possibile attivare e disattivare quali solai costituiscono un appoggio per le verifiche cliccando nel gruppo **Definisci** su **Appoggi**  e poi rispettivamente su **Aggiungi**  o su **Elimina** . Tali modifiche fanno cambiare ovviamente le snellezze, i punti di verifica e l'andamento del momento per carichi ortogonali al piano dell'elemento.

Si fa notare che in questa sede vengono considerati come "da vento" tutti i carichi ortogonali alla parete, indipendentemente dal fatto che siano stati introdotti o meno in una CCE di tipologia classificata "ufficialmente" come da vento.




La modifica delle lunghezze di appoggio dei solai, l'altezza di calcolo dell'interpiano, la presenza di irrigidimenti

trasversali ed il loro interasse si effettua cliccando nel gruppo **Interpiano** su **Proprietà**  oppure attraverso l'opzione *Proprietà* del tasto destro del mouse su una delle linee che identificano un maschio di interpiano o sul testo che specifica gli irrigidimenti.

Si fa presente che tutti questi ultimi parametri influenzano solo le verifiche per carichi verticali ed ortogonali e non i meccanismi di collasso.

## Verifiche sismiche

Nelle verifiche per le azioni sismiche ortogonali al piano, il maschio murario avrà uno schema con gli appoggi attivati o disattivati in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto **Considera appoggio sui solai anche per carichi sismici** che ovviamente influenzeranno l'andamento del momento flettente.

È possibile attivare e disattivare quali solai costituiscono un appoggio per le verifiche cliccando nel gruppo **Definisci** su **Appoggi**  e poi rispettivamente su **Aggiungi**  o su **Elimina** . Tali modifiche fanno cambiare ovviamente lo schema statico e di conseguenza l'andamento del momento flettente.

## Verifiche dei cinematismi (meccanismi locali di collasso)

### Introduzione

Il D.M. 17/01/18 (paragrafo 8.7.1), suggerisce di effettuare le verifiche dei meccanismi locali di collasso tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, basato sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo. L'analisi cinematica ha lo scopo quindi di valutare le condizioni di equilibrio limite del corpo rigido sollecitato dal sisma.

Nell'analisi cinematica le strutture murarie sono costituite da corpi rigidi, per cui si ritiene che tale metodo non sia applicabile a murature di pessima qualità per le quali è prevedibile un meccanismo di espulsione del materiale per effetto dell'azione sismica. Questo tipo di meccanismo non è verificabile attualmente con MoDeSt.

Sono verificabili i meccanismi di collasso che si realizzano nel piano ortogonale a quello della parete. In particolare sono verificabili i meccanismi di collasso per ribaltamento, sia rispetto alla base dell'intera muratura che dei singoli pannelli d'interpiano, senza o con ammorsamenti, anche parziali, con i pannelli ortogonali. Sono inoltre verificabili i meccanismi di collasso per flessione verticale, rispetto ad ogni solaio, interessati anche parzialmente la muratura.

È possibile eseguire le verifiche sia attraverso l'analisi cinematica lineare, riferite sia allo stato limite di vita che a quello di danno, che con l'analisi cinematica non lineare.

**Non vengono eseguite le verifiche dei meccanismi locali di collasso per la muratura armata.**

Prima di effettuare le verifiche di tutti i meccanismi locali di collasso, il progettista deve studiare la costruzione per individuare le sue carenze strutturali, lo stato fessurativo e tutti quegli elementi che permettono di decidere quali cinematismi si possono innescare. Infatti, si possono attraverso i criteri generali di progetto (vedi **Verifica cinematismi con cunei di rottura (pareti ben ammorsate)**, **Verifica cinematismi senza cunei di rottura** e **Verifica cinematismi a flessione verticale**) selezionare quali meccanismi di collasso verificare (vedi **Verifica automatica ed interattiva**).

Inoltre è possibile intervenire manualmente per decidere quali maschi e quali cinematismi verificare come indicato nel paragrafo **Verifica automatica ed interattiva**.

## Meccanismi locali di collasso

I meccanismi di collasso e le relative verifiche vengono effettuate sui **maschi per verifiche cinematici**.

Le verifiche vengono effettuate solo per la parte in muratura ordinaria di strutture calcolate sismicamente con il metodo degli stati limite secondo il D.M. 17/01/18.



Vengono valutate in automatico tutte le caratteristiche geometriche dei meccanismi di collasso, come lo spessore dei muri e dei solai e le quote di interpiano.

Automaticamente vengono determinati sia il valore delle forze peso relative ai muri e agli ammorsamenti con le relative coordinate del punto di applicazione, sia le forze peso derivanti dai solai che si appoggiano sul maschio murario, con le relative coordinate del punto di applicazione, valutate in funzione della lunghezza di appoggio dei solai indicata nei criteri di progetto specifici (vedi **Lunghezza appoggio solai**). Tutte le forze peso calcolate automaticamente sono relative alla combinazione di carico sismica.

La geometria del cuneo della parete ammorsata è calcolata in funzione dell'angolo di generazione del cuneo di rottura indicato nei criteri generali di progetto (vedi **Angolo di generazione del cuneo di rottura**). La parete ammorsata viene suddivisa in blocchi in base al numero assegnato ai muri/elementi bidimensionali, consentendo così la modifica o l'eliminazione della massa di ogni singolo blocco.

Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della

scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , dopo aver attivato la visualizzazione dei maschi per

verifiche cinematici cliccando nel gruppo **Modello** sulla freccia sottostante **Muratura** , è possibile progettare interattivamente il maschio murario cliccando nel gruppo **Maschi** e poi su **Proprietà**  e quindi selezionando un maschio murario.

È possibile modificare tutti i valori calcolati automaticamente ed aggiungere altre forze peso e/o forze aggiuntive attraverso l'opzione *Forze peso e costanti* del menu a comparsa sulla finestra stessa.

I carichi applicati nel modello, diversi da quelli sopra indicati (come ad esempio i carichi definiti manualmente o i pesi propri di travi in c.a. o acciaio) non vengono applicati automaticamente al cinematico ma devono essere inseriti manualmente come forze peso.

I carichi ai quali non corrisponde una massa, come la trazione di tiranti o la spinta orizzontale di volte o archi, sono inseribili manualmente nel cinematico come forze costanti.

Le coordinate di applicazione delle forze agenti sul cinematico sono espresse rispetto a un sistema di riferimento avente origine nel punto di mezz'aria alla base della prima parete del maschio, asse Z verticale ascendente ed asse X diretto verso la parte interna dell'edificio.

Non vengono verificati quei cinematici in cui il punto di rotazione è sotto lo zero sismico specificato nel parametro **Quota di riferimento** nella scheda "Dati Struttura" del calcolo della struttura in muratura.

Sono verificabili i meccanismi di collasso che si realizzano nel piano ortogonale a quello del maschio. In particolare sono verificabili i meccanismi di collasso per ribaltamento, sia rispetto alla base dell'intera muratura che dei singoli pannelli d'interpiano senza ammorsamenti (Figg. 1, 3, 6) e con ammorsamenti (Figg. 2, 5, 9), anche parziali (Figg. 4, 7, 8), con i pannelli ortogonali. Sono inoltre verificabili i meccanismi di collasso per flessione verticale, rispetto ad ogni interpiano (Figg. 11, 12), che interessano anche parzialmente la muratura (Figg. 10, 13).

Nella figura sottostante è riportato un esempio con tutti i possibili meccanismi di collasso verificabili. I colori si riferiscono allo schema di colore di default.

Fig. 1 - Rotazione attorno al 2° piano

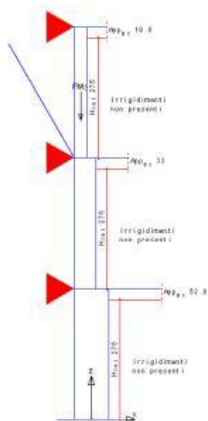


Fig. 2 - Rotazione attorno al 2° piano con parete ortogonale ammorsata

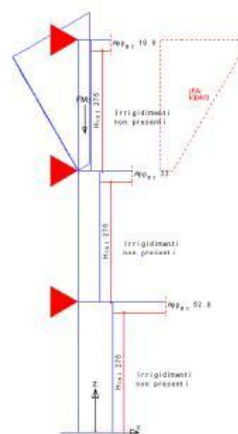


Fig. 3 - Rotazione attorno al 1° piano

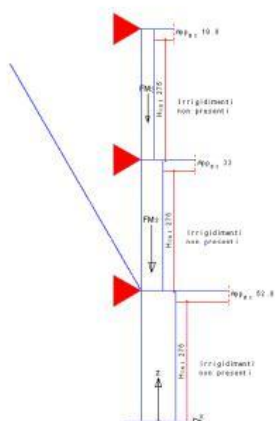


Fig. 4 - Rotazione attorno al 1° piano con parete ortogonale ammorsata parzialmente

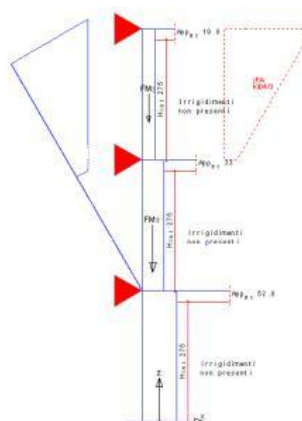


Fig. 5 - Rotazione attorno al 1° piano con parete ortogonale ammorsata

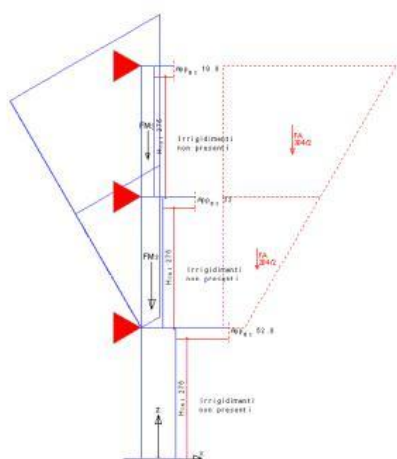


Fig. 6 - Rotazione attorno alla base della parete

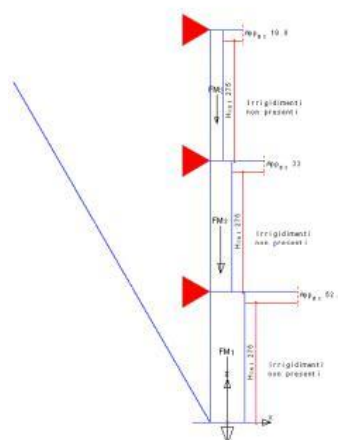


Fig. 7 - Rotazione attorno alla base della parete con parete ortogonale ammorsata parzialmente

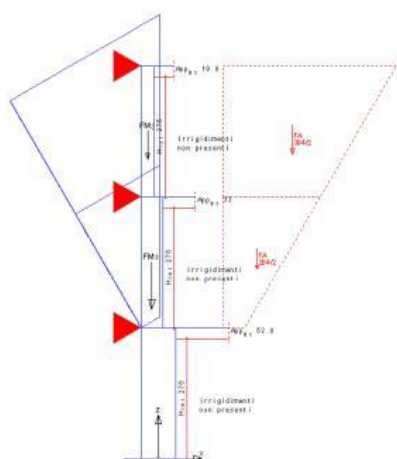


Fig. 8 - Rotazione attorno alla base della parete con parete ortogonale ammorsata parzialmente

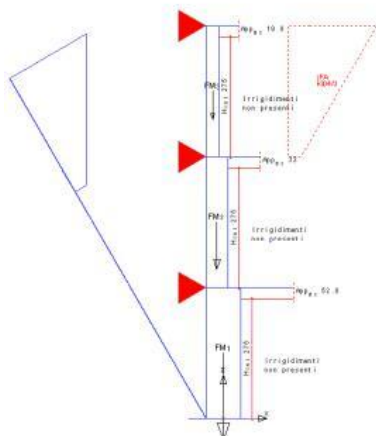


Fig. 9 - Rotazione attorno alla base della parete con parete ortogonale ammassata

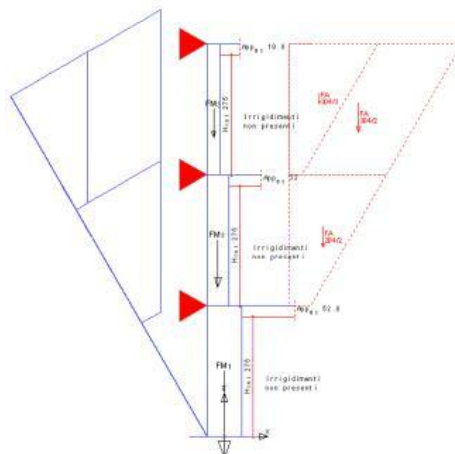


Fig. 10 - Flessione verticale attorno al 2° piano di una porzione della parete

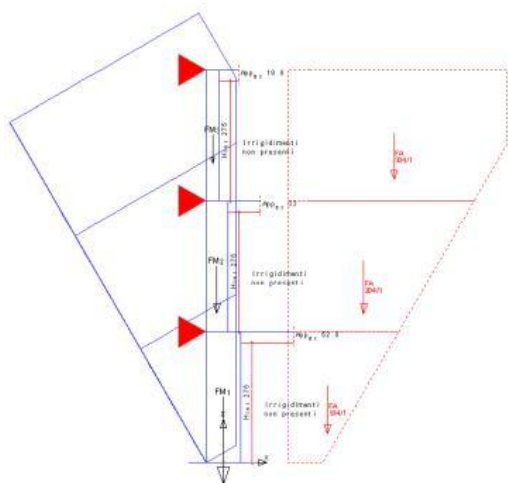


Fig. 11 - Flessione verticale attorno al 1° piano dell'intera parete

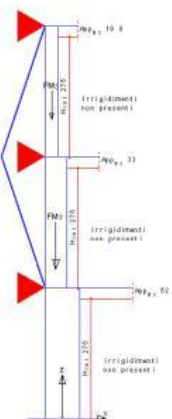


Fig. 12 - Flessione verticale attorno al 2° piano dell'intera parete

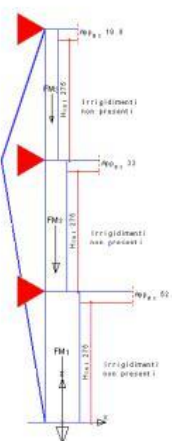
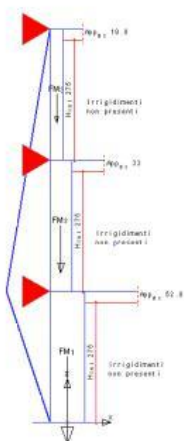
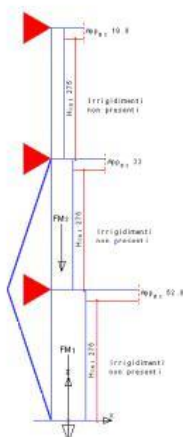



Fig. 13 - Flessione verticale attorno al 1° piano di una porzione della parete



## Verifica automatica ed interattiva

A seguito del calcolo della struttura in muratura ModeSt, la verifica le verifiche sui cinematicismi individuabili nel modello, con i carichi definiti come pesi propri della muratura e carichi di solaio (vedi **Meccanismi locali di collasso**) si effettua cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Muratura**



e poi su **Verifica**  e quindi selezionando i maschi murari.

ModeSt individua sempre tutti i meccanismi di collasso possibili ma, attraverso i criteri generali di progetto (vedi **Verifica cinematici con cunei di rottura (pareti ben ammassate)**, **Verifica cinematici senza cunei di rottura** e **Verifica cinematici a flessione verticale**) è possibile selezionare quali meccanismi di collasso devono essere verificati automaticamente. Questi parametri hanno quindi solo la funzione di filtrare quelli che si ritengono più probabili nella struttura in esame. Alcuni meccanismi potrebbero infatti non avere senso in particolari situazioni. Ad esempio in una struttura in cui viene rifatto il tetto con cordolo in c.a., mentre gli altri solai restano allo stato di fatto, poco ammassati alla muratura, non hanno più senso i meccanismi di ribaltamento, ma solo quelli di flessione di interpiano.

Normalmente quindi occorre sempre intervenire manualmente per decidere di quali maschi e di quali cinematismi fare le verifiche. Può essere a volte più conveniente disabilitarli tutti e intervenire poi con la verifica interattiva dei maschi murari per decidere di quali cinematismi e di quali maschi murari attivare la verifica.

I cinematicismi sono verificati solo per strutture calcolate con analisi sismica con il metodo agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18. Le verifiche, effettuate seguendo quanto indicato nel paragrafo C8A.4 della Circolare del D.M. 14/01/08, sono le seguenti:

- **Verifiche di sicurezza per lo stato limite di danno (SLD)**

Verifica della relazione C8A.4.7 nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra, se invece il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota da terra viene verificata anche la relazione C8A.4.8.

- **Verifiche di sicurezza per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)**

Verifica della relazione C8A.4.9 (C8A.4.11 per analisi cinematica non lineare) nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra, se invece il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota da terra viene verificata anche la relazione C8A.4.10 (C8A.4.12 per analisi cinematica non lineare).



Sottolineiamo che nel caso di maschi murari composti da muri/elementi bidimensionali con spessori diversi, nelle verifiche viene adottato come spessore di verifica della parete un valore medio pesato.

Nell'ambiente di progettazione interattiva delle murature, apribile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della




scheda **Post-Processor** su  e poi su **Murature** , dopo aver attivato la visualizzazione dei maschi per




verifiche cinematiche cliccando nel gruppo **Modello** sulla freccia sottostante **Muratura** , è possibile progettare interattivamente il maschio murario cliccando nel gruppo **Maschi** e poi su **Proprietà**  e quindi selezionando un maschio murario.




Il comando **Cinematismi**  consente di accedere ad una finestra di gestione dei meccanismi di collasso del maschio murario in oggetto. È possibile abilitare e disabilitare i meccanismi e rendere corrente quello di cui eventualmente modificarne le forze agenti, anche introducendo forze aggiuntive.

Per ogni meccanismo di collasso reso corrente, è possibile con il tasto destro del mouse sulla finestra di progettazione interattiva ► *Forze peso e costanti* accedere alla finestra di gestione delle forze agenti. In questo modo è possibile inserire carichi non valutati automaticamente dal programma e modificare quelli presenti. Le modifiche effettuate possono essere estese per tutti i cinematismi abilitati per il maschio murario in oggetto. Le forze più comuni sono il tiro di eventuali catene o spinte orizzontali aggiuntive.

Si fa presente che mentre il tiro di catene sarà una forza di tipo costante, l'effetto di una volta sarà dato da due componenti, uno orizzontale di tipo costante (spinta), ed uno verticale di tipo gravitazionale dovuto al peso della volta.

Il comando **Ricalcola**  come di consueto esegue le verifiche mentre dal pannello **Stato verifiche** è possibile impostare la verifica corrente, ossia quella per cui visualizzare i risultati. La relativa casella di riepilogo a discesa dà la possibilità di individuare tutte le verifiche effettuate sul maschio in oggetto.

Il comando **Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

Il comando **3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale del cinematismo selezionato.

**Nota:** qualunque modifica venga effettuata in progettazione interattiva non comporta la perdita del modello di muratura. È possibile annullare le modifiche effettuate e ripristinare le impostazioni prelevandole dai criteri

di progetto cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su **Ripristina parametri dai criteri** .

## Murature armate

### Introduzione

La verifica delle strutture in muratura armata viene eseguita con le stesse metodologie indicate per la muratura ordinaria, cui si rimanda per i concetti generali.

La verifica è eseguibile solo ai sensi del D.M. 17/01/18 sia per strutture nuove che esistenti, con analisi lineare o analisi sismica statica non lineare (pushover).

Le murature armate non vengono verificate secondo i principi di gerarchia delle resistenze.

La singola parete in muratura può essere composta da parti in muratura ordinaria e parti in muratura armata, è possibile affiancare a parti di struttura in muratura ordinaria delle parti in muratura armata. Come per la muratura ordinaria, è possibile avere la parte inferiore della struttura in cemento armato, con armatura eventualmente progettabile e verificabile a parte con le procedure previste per le strutture in c.a.

Occorre tener presente che ModeSt prima di eseguire il calcolo o la riverifica della struttura, progetta o riprogetta sempre le armature secondo le indicazioni dei criteri di progetto e crea in automatico i disegni esecutivi. Quindi per modificare un'armatura non sufficiente o non ritenuta idonea, occorre semplicemente modificare il relativo criterio di progetto (eventualmente duplicando la tipologia di elemento bidimensionale) e rilanciare la verifica o l'analisi.

Le verifiche vengono eseguite sempre sui **maschi per verifiche sismiche**, utilizzando le caratteristiche indicate nel modello per la resistenza della muratura e per l'acciaio e ipotizzando una rottura a parabola-rettangolo, in maniera perfettamente identica alle verifiche di sezioni in c.a., con la sola limitazione all'allungamento dell'acciaio, come indicato dalla normativa.

### Definizione e posizionamento armature

Data la variegata disponibilità sul mercato di tipologie di blocchi per la realizzazione di strutture in muratura armata, il posizionamento e la tipologia di armatura sono completamente personalizzabili attraverso i criteri di progetto.

L'armatura verticale delle pareti in muratura armata consiste in un'armatura concentrata alle estremità ed un'armatura diffusa lungo la parete stessa. In caso di necessità le armature concentrate vengono ripetute a richiesta a una o due volte la distanza modulare dei blocchi.

Normalmente il posizionamento delle barre concentrate è nel centro del "quadrato" terminale definito dallo spessore, ed è possibile definirne quantità e posizionamento. La distanza fra ferri consente di adattare l'armatura di volta in volta alla dimensione del foro dei diversi produttori.

Nel caso di angolo o incrocio fra pareti di uguale spessore in cui sia ben definibile in modo univoco il posizionamento teorico delle barre (punto di incrocio degli assi delle pareti) viene definita una sola configurazione di barre concentrate valida per tutte le pareti che si incrociano. In tal caso viene posta la configurazione di maggiore area di ferro con riferimento ai criteri di progetto e a livello di verifica la parete si estende fino al lembo più esterno.

Nel caso di incontro fra pareti di spessore diverso o comunque con discontinuità, ogni parete ha un comportamento indipendente dalle altre in termini di armatura e a livello di verifica la parete si intende finita nel punto di incontro con le altre. In questo caso resta a carico dell'utente la definizione della eventuale armatura nel "pilastrino" che si viene a formare e che in ogni caso non verrà messa in conto per le verifiche.

## Criteri di verifica

---

### Criteri generali di verifica murature

#### Individuazione maschi per verifiche sismiche

**Metodo di individuazione:** specificare quale metodo utilizzare per l'individuazione automatica dei maschi da verificare per le sollecitazioni sismiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Assemblando per ogni piano gli elementi continui tra due aperture:** i maschi murari vengono individuati assemblando per ogni piano gli elementi presenti tra due aperture (si veda **Individuazione dei maschi murari**). I momenti indotti dall'azione sismica ortogonale al piano della parete vengono sempre calcolati con metodo semplificato. Il valore del momento flettente è quello di una trave incernierata all'estremità con carico uniformemente distribuito. Se è stata deselezionata l'opzione **Considera appoggio sui solai anche per carichi sismici** dei criteri di verifica murature, lo schema statico è quello di una mensola incastrata al piede con un carico uniformemente distribuito e forze concentrate in corrispondenza degli impalcati; l'altezza della mensola è uguale all'altezza della parete in muratura. Il valore dell'intensità dei carichi è calcolato come indicato dalla normativa Italiana.
- **Assemblando gli elementi continui da ogni impalcato fino a "terra":** i maschi murari vengono individuati assemblando gli elementi continui da ogni impalcato fino a "terra". Come "terra" si considera il livello in cui uno o più dei suoi nodi hanno un qualche vincolamento (si veda **Individuazione dei maschi murari**). **Questa opzione non può essere utilizzata per le strutture in muratura armata.** I momenti indotti dall'azione sismica ortogonale al piano della parete vengono sempre calcolati con metodo semplificato. Il valore del momento flettente è quello di una trave incernierata all'estremità con carico uniformemente distribuito. Se è stata deselezionata l'opzione **Considera appoggio sui solai anche per carichi sismici** dei criteri di verifica murature, lo schema statico è quello di una mensola incastrata al piede con un carico uniformemente distribuito e forze concentrate in corrispondenza degli impalcati; l'altezza della mensola è uguale all'altezza del maschio murario se l'opzione è attivata viceversa è pari all'altezza totale: somma delle altezze dei maschi murari. Il valore dell'intensità dei carichi è calcolato come indicato dalla normativa Italiana.

#### Verifiche per azioni statiche

**Calcolo dei momenti:** specificare la modalità di calcolo del momento flettente da considerare nelle verifiche a pressoflessione per azioni ortogonali al maschio murario, modificandone eventualmente la quota parte dovuta al vento. Premesso che le azioni dovute al vento vanno introdotte nel modello come carichi ortogonali all'elemento, ed inserite in condizioni di carico elementari che non abbiano altri carichi, eventualmente combinate per tenere conto di diverse direzioni e versi dell'azione, con questo parametro si può indicare al programma come calcolare le sollecitazioni da esso provocate. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Con momenti derivanti dal calcolo:** il valore del momento flettente di verifica è determinato integrando le sollecitazioni o le tensioni derivanti dal calcolo della struttura con metodo FEM dei muri/elementi bidimensionali che compongono i maschi murari tenendo conto indistintamente di tutte le CCE, eventuale vento compreso.
- **Con quota parte dei momenti ricalcolata con metodo semplificato:** il valore del momento flettente di verifica è determinato integrando le sollecitazioni o le tensioni derivanti dal calcolo della struttura con metodo FEM dei muri/elementi bidimensionali che compongono i maschi murari, ma trascurando le CCE che contengono le azioni ortogonali alle pareti. Al momento così calcolato (che può quindi derivare dal comportamento della struttura nel suo insieme (volte, spinte, ecc.) viene aggiunto il valore del momento flettente dovuto al vento calcolato come quello di una trave incernierata all'estremità (o a mensola) con carico uniformemente distribuito.
- **Con momenti ricalcolati con metodo semplificato:** il valore del momento flettente è solo quello eventuale dovuto al vento ed è quello di una trave incernierata all'estremità (o a mensola) con carico uniformemente distribuito. I momenti derivanti dal calcolo con metodo FEM vengono ignorati. In assenza di vento si avranno quindi momenti nulli.

**Esegui verifiche a pressoflessione e a taglio nel piano:** specificare se si debbano eseguire le verifiche a pressoflessione e a taglio nel piano. Tali verifiche devono essere eseguite nel caso in cui siano stati applicati carichi ortogonali alla parete come ad esempio i carichi da vento.

**Nota:** in questa sede vengono considerati come "da vento" tutti i carichi ortogonali alla parete, indipendentemente dal fatto che siano stati introdotti o meno in una CCE di tipologia classificata "ufficialmente" come da vento.

**Esegui verifiche anche in sommità dell'ultimo piano:** specificare se le verifiche si debbano eseguire anche in sommità del maschio murario dell'ultimo piano. Questa opzione non ha effetto sulle strutture in muratura armata per le quali viene sempre eseguita la verifica anche in sommità della parete.

### **Verifiche per azioni sismiche**

**Trascura eccentricità aggiuntive (D.M. 92/96):** specificare se nella verifica a pressoflessione si debbano trascurare l'eccentricità dei carichi verticali. In caso affermativo, alla tensione indotta dai carichi verticali, privi di eccentricità aggiuntive, viene aggiunta quella provocata dal sisma ortogonale alla parte affetta dall'eccentricità  $e_v$ .

**Trascura tagli e momenti statici nel piano:** specificare se nella verifica a pressoflessione e a taglio nel piano del maschio murario o della parete si debbano trascurare le componenti statiche dei tagli e dei momenti. In caso affermativo, vengono considerati solo quelli indotti dall'azione sismica.

**Esegui verifiche anche in sommità dell'ultimo piano:** specificare se le verifiche si debbano eseguire anche in sommità della parete dell'ultimo piano. Questa opzione non ha effetto sulle strutture in muratura armata per le quali viene sempre eseguita la verifica anche in sommità della parete.

### **Analisi sismica statica non lineare (pushover)**

**Genera telaio equivalente avanzato:** specificare se utilizzare il telaio equivalente avanzato oppure quello standard nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Per maggiori informazioni sulle differenze tra i telai equivalenti si veda il paragrafo **Differenze tra il telaio equivalente standard e avanzato**.

**Crea collegamenti fra pareti:** specificare se considerare o meno la collaborazione reciproca fra pareti ortogonali. In questo caso vengono creati collegamenti rigidi fra le estremità delle pareti incidenti fra di loro ed anche in questo caso i nodi necessari descrivono il comportamento in entrambi i piani verticali e nel piano orizzontale.

**Calcola con zone rigide:** specificare se considerare o meno l'irrigidimento provocato dalle fasce di piano, facendo generare delle zone rigide alle estremità delle aste che rappresentano gli elementi in muratura verticali (maschi o pareti). Tali zone vengono generate immaginando un comportamento irrigidente degli architravi e dei sottofinestra con una diffusione a 30 gradi. Tale meccanismo è risultato il più adatto per simulare l'effetto irrigidente delle fasce di piano da numerosi studi condotti in merito (Prof. Dolce, Prof. Magenes). Se la ricerca delle zone rigide è attiva, viene in ogni caso considerata rigida la zona corrispondente allo spessore del solaio (se definito).

**Calcola spostamenti per la rottura di maschi e fasce in muratura in modo incrementale:** premesso che un maschio o una fascia si considerano rotti solo dopo che si sono plasticizzati, specificare se considerare l'elemento rotto quando il limite di spostamento ultimo (drift) è superato dalla differenza tra lo spostamento e quello a cui corrisponde la plasticizzazione dell'elemento oppure dallo spostamento.

**Calcola spostamenti di danno e operatività a livello di maschio:** specificare se nelle verifiche per gli stati limite di danno e operatività, considerare lo spostamento del baricentro dell'impalcato o lo spostamento del maschio murario.

### **Verifiche dei cinematismi (meccanismi locali di collasso)**

**Tipo di analisi:** specificare quale sia il metodo da utilizzare per la verifica dei cinematismi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Cinematica lineare:** le verifiche dei meccanismi locali di collasso sono effettuate utilizzando il metodo dell'analisi cinematica lineare. Per la teoria del metodo si rimanda al par. C8A.4.1 della Circolare del D.M. 14/01/08.
- **Cinematica non lineare:** le verifiche dei meccanismi locali di collasso sono effettuate utilizzando il metodo dell'analisi cinematica non lineare. Per la teoria del metodo si rimanda al par. C8A.4.2 della Circolare del D.M. 14/01/08.
- **Entrambi:** le verifiche dei meccanismi locali di collasso sono effettuate utilizzando il metodo dell'analisi cinematica lineare e non lineare.

**Verifica cinematismi:** specificare se si debbano eseguire o meno le verifiche dei cinematismi. Nel caso in cui le verifiche sono da effettuare, sono disponibili una serie di opzioni, di seguito elencate, che consentono di specificare quali siano i cinematismi da verificare.

**Verifica anche stato limite di danno:** secondo quanto indicato nel par. C8A.4.2.3 della Circolare del D.M. 14/01/08 non sono richieste le verifiche dei meccanismi locali di collasso per gli stati limite di danno. Questo



parametro, disattivo nel caso di analisi cinematica non lineare, consente di eseguire anche le verifiche per gli stati limite di danno in modo che il progettista possa eventualmente controllare se sono soddisfatte.

**Verifica cinematismi con cunei di rottura (pareti ben ammortate):** specificare se si debbano eseguire o meno le verifiche di quei cinematismi che includono la collaborazione di una porzione degli eventuali pannelli murari ortogonali al maschio murario da verificare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo per muratura nuova:** le verifiche vengono effettuate solo per le murature in cui è stata deselezionata nei criteri di verifica murature l'opzione **Considera come elementi esistenti**.

- **Sempre**

- **Mai**

**Considera solo cunei di rottura interessanti tutto il cinematismo:** specificare se verificare solo quei cinematismi in cui il cuneo della muratura ortogonale alla parte da verificare è presente per tutti i piani interessati dal cinematismo.

**Angolo di generazione del cuneo di rottura:** specificare l'angolo, rispetto alla verticale, per l'individuazione del cuneo di muratura, ortogonale alla parte da verificare, che collabora al cinematismo. Generalmente si assume un angolo di 30 gradi.

**Verifica cinematismi senza cunei di rottura:** specificare se si debbano eseguire o meno le verifiche di quei cinematismi che non includono la collaborazione di una porzione delle eventuali pareti ortogonali al maschio murario da verificare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Solo per muratura esistente:** le verifiche vengono effettuate solo per le murature in cui è stata selezionata nei criteri di verifica murature l'opzione **Considera come elementi esistenti**.

- **Sempre**

- **Mai**

**Verifica cinematismi a flessione verticale:** specificare se si debbano eseguire o meno le verifiche dei cinematismi che prevedono il collasso della parete per flessione nel piano verticale. Questi cinematismi considerano che si formi una cerniera in corrispondenza dell'impalcato che determina una sorta di "effetto ad arco verticale".

### Parametri di disegno muratura armata

Nella creazione dei disegni delle murature armature oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili altre opzioni.

**Eliminare le quotature esterne e interne:** specificare se deve essere effettuata la quotatura degli elementi interni ed esterni della carpenteria.

**Eliminare le quotature dei pilastri:** specificare se riportare nel disegno anche la quotatura delle dimensioni dei pilastri.

**Eliminare le dimensioni delle travi e dei muri:** specificare se riportare nel disegno le dimensioni delle travi e dei muri.

**Eliminare la numerazione delle travi e dei muri:** specificare se riportare nel disegno la numerazione delle travi e dei muri.

**Eliminare le campiture:** specificare se deve essere effettuata la campitura dei pilastri e dei muri.

**Eliminare il disegno del cerchio intorno al numero del pilastro:** specificare se disegnare il cerchio intorno al numero del pilastro.

### Stampe

**Stampa dettaglio evoluzione per passi:** indicare se nella relazione di calcolo riportare per ogni singolo passo le sollecitazioni e lo stato in cui si trovano (elastico, plastico per taglio, ecc.) i diversi elementi del telaio equivalente (maschi murari, fasce di piano, ecc.).

**Stampa dettaglio evoluzione per elementi:** indicare se nella relazione di calcolo riportare per ogni singolo elemento del telaio equivalente (maschi murari, fasce di piano, ecc.) le sollecitazioni e lo stato in cui si trova (elastico, plastico per taglio, ecc.) nei singoli passi del calcolo. Sono disponibili inoltre le seguenti opzioni:

- **Stampa solo passi significativi:** vengono stampati i dati solo per il primo e l'ultimo passo e i passi immediatamente precedenti e seguenti un cambio di stato.
- **Raggruppa in un'unica tabella:** tutte le stampe dei singoli elementi vengono raggruppate in un'unica tabella.

**Riporta in relazione il disegno dello schema del cinematismo:** specificare se riportare nella relazione di calcolo il disegno schematico del cinematismo verificato.

**Riporta in relazione il disegno della curva carico-spostamento:** specificare se riportare nella relazione di calcolo il disegno della curva di capacità con la bilineare equivalente nel caso di analisi sismica statica non lineare (pushover).

# Criteri di verifica murature

## Materiali

**Considera come elementi esistenti:** specificare se la parete è una muratura esistente oppure nuova. Nel caso di murature esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1, LC2, LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**). Il livello di conoscenza fornisce il metodo per la determinazione dei parametri meccanici della muratura mentre il fattore di confidenza, eventualmente modificabile dall'utente, viene utilizzato per ridurre solo le caratteristiche di resistenza della muratura e non i moduli elastici. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tipo muratura:** selezionare il tipo di muratura tra quelle riportate nella Tabella C8.5.I della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Automaticamente e in funzione del livello di conoscenza vengono determinati i parametri meccanici della muratura. Si sottolinea che per il livello di conoscenza LC3 si assumono i valori medi delle caratteristiche di resistenza della muratura e dei moduli elastici mentre, per gli altri livelli di conoscenza si seguono le indicazioni della normativa.
- **Parametri migliorativi:** cliccando sul bottone "Carica" si accede ad una finestra che consente di specificare sia la tipologia che l'entità dei parametri migliorativi. Tali valori non possono essere superiori a quelli riportati nella Tabella C8.5.II della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Questi coefficienti correggono i valori delle caratteristiche meccaniche ricavate in funzione dei precedenti parametri: **Tipo muratura e Livello di conoscenza.**

**Caratteristiche meccaniche:** cliccando sul bottone "Calcola" si accede ad una finestra che consente di determinare sia la resistenza a compressione e a taglio, sia la resistenza caratteristica massima a taglio, sia il modulo elastico ed elastico tangenziale della muratura. I valori sono determinati solo in base al D.M. 17/01/18. La resistenza a taglio ( $f_{vk0}$ ) è calcolata in base alla Tabella 11.10.VIII. La resistenza caratteristica massima a taglio ( $f_{vk,lim}$ ) è calcolata come indicato al par. 11.10.3.3 del D.M. 17/01/18. La resistenza a compressione ( $f_k$ ) è calcolata in base alla Tabella 11.10.VI o Tabella 11.10.VII. I moduli di elasticità sono determinati con le formule ( $E = 1000 \cdot f_k$ ,  $G = 0.4 \cdot E$ ) del par. 11.10.3.4 del D.M. 17/01/18.

**Nota:** ogni volta che viene cambiato il **Tipo muratura**, il **Livello di conoscenza** o i **Parametri migliorativi** vengono ricalcolati automaticamente i valori dei parametri meccanici della muratura. È possibile variare successivamente tali valori per far lavorare la muratura anche a tassi diversi da quelli previsti dalla normativa.

**Resistenza a taglio:** specificare la tipologia di verifica a taglio e i relativi coefficienti e resistenze. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Scorrimento:** in questo caso viene considerata la rottura per scorrimento come indicato nel par. 7.8.2.2.2 del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Resistenza caratteristica a compressione nulla ( $f_{vk0}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a compressione nulla impiegata nella verifica a taglio per scorrimento. Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche meccaniche della muratura.**
  - **Resistenza caratteristica massima a taglio ( $f_{vk,lim}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica massima a taglio impiegata nella verifica a taglio per scorrimento. Per la muratura nuova il valore viene automaticamente determinato, come indicato al par. 11.10.3.3 del D.M. 17/01/18, dalla procedura del calcolo delle **Caratteristiche meccaniche.** Per le murature esistenti non viene calcolata poiché non esiste nel D.M. 17/01/18 una procedura per la sua determinazione. Facciamo osservare che l'assenza di una procedura nel D.M. 17/01/18 non è una lacuna della normativa poiché la verifica a scorrimento dovrebbe essere utilizzata solo per murature nuove.
- **Fessurazione diagonale su tessitura irregolare:** in questo caso viene considerata la rottura per taglio diagonale su tessitura irregolare come indicato nella relazione C8.7.1.16 del par. C8.7.1.3.1.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Resistenza media a compressione nulla ( $\tau_0$ ):** specificare la resistenza media a taglio della muratura in assenza di tensioni normali. Da utilizzare nel caso si esegua un calcolo alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 9/01/96 in cui veniva chiamata  $\tau_k$ . Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche meccaniche della muratura.**
- **Fessurazione diagonale su tessitura regolare:** in questo caso viene considerata la rottura per taglio diagonale su tessitura regolare come indicato nella relazione C8.7.1.17 del par. C8.7.1.3.1.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Resistenza media a compressione nulla ( $f_{v0}$ ):** specificare la resistenza media a taglio della muratura in assenza di tensioni normali. Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche meccaniche della muratura.**
  - **Coefficiente di attrito ( $\mu$ ):** specificare il coefficiente di attrito della muratura.
  - **Coefficiente di ingranamento ( $\phi$ ):** specificare il coefficiente di ingranamento della muratura.

- **Resistenza a trazione blocchi ( $f_{bt}$ ):** specificare la resistenza a trazione dei blocchi.

**Resistenza caratter. a compressione nulla fasce ( $f_{vko}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a compressione nulla impiegata nella verifica a taglio delle fasce di piano (espressione [7.8.4] del D.M. 17/01/18). Il valore della resistenza proposto dal programma nel caso di verifica a taglio per scorrimento è uguale al valore della Resistenza caratteristica a compressione nulla ( $f_{vko}$ ), nel caso di verifica rottura a taglio diagonale su tessitura irregolare è uguale al valore della Resistenza media a compressione nulla ( $\tau_0$ ) moltiplicato per 1.5 e nel caso di verifica rottura a taglio diagonale su tessitura regolare è uguale al valore della Resistenza media a compressione nulla ( $f_{v0}$ ) divisa per  $(1+\mu*\phi)$ .

**Resistenza a compressione ( $f_k$ ):** specificare la resistenza a compressione della muratura. Da utilizzare nel caso si esegua un calcolo alle tensioni ammissibili secondo il D.M. 14/02/92 o agli stati limite secondo il D.M. 9/01/96 in cui veniva chiamata  $\sigma_k$ . Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche statiche delle pareti in muratura**.

**Resistenza a compressione per forze orizzontali ( $f_{hk}$ ):** specificare la resistenza a compressione in direzione orizzontale dei blocchi. Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche statiche delle pareti in muratura**.

**Modulo elastico (E):** specificare il modulo di elasticità della muratura. Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche statiche delle pareti in muratura**. Questo parametro viene usato nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Nel caso di analisi FEM il modulo di elasticità è quello **definito nei materiali**.

**Modulo elastico tangenziale (G):** specificare il modulo di elasticità tangenziale della muratura. Per una indicazione sui valori da assumere si veda anche **Caratteristiche statiche delle pareti in muratura**. Questo parametro viene usato nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Nel caso di analisi FEM il modulo di elasticità tangenziale è quello **definito nei materiali**.

**Tipo di acciaio (B450A÷B450C):** selezionare il tipo di acciaio previsto dalla normativa Italiana. Ogni volta che questo dato viene modificato, viene modificato il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio, valore che può successivamente essere modificato per far lavorare l'acciaio a tensioni inferiori a quelle previste dal regolamento.

**Modulo elastico:** specificare il valore del modulo elastico dell'acciaio.

**Tensione caratteristica di snervamento ( $F_{yk}$ ):** specificare il valore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

**$\gamma_s$  per stati limite ultimi:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$  dell'acciaio. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Automatico:** ModeSt sceglie il coefficiente di sicurezza  $\gamma$  automaticamente.
- **Pari a:** valore del coefficiente di sicurezza  $\gamma$ .

### Verifiche per azioni statiche

**Coeff.  $\gamma$  per verifiche per carichi verticali ai sensi D.M. 18:** specificare il valore del coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare nelle verifiche relative a combinazioni di carico di tipo statico (vedi par. 4.5.6.1 del D.M. 17/01/18).

**Lunghezza appoggio solai:** specificare come calcolare la lunghezza dell'appoggio del solaio necessaria per calcolare l'eccentricità della reazione d'appoggio dei solai  $e_{s2}$ . Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a:** specificare il valore della lunghezza d'appoggio dei solai.
- **Come multiplo dello spessore del maschio pari a:** un valore maggiore di zero indica il numero di multipli dello spessore del maschio murario in funzione dei quali calcolare la lunghezza dell'appoggio dei solai.

**Trascura eccentricità per solai continui:** specificare se trascurare per i solai continui l'eccentricità della reazione d'appoggio dei solai  $e_{s2}$ .

### Verifiche per azioni sismiche

**Coeff.  $\gamma$  per verifiche per azioni sismiche ai sensi D.M. 18:** specificare il valore del coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare nelle verifiche relative a combinazioni di carico di tipo sismico (vedi par. 7.8.1.1 del D.M. 17/01/18: *"I coefficienti parziali di sicurezza per la resistenza del materiale forniti nel Capitolo 4 possono essere ridotti del 20% e comunque fino ad un valore non inferiore a 2"*).

**Considera appoggio sui solai anche per carichi sismici:** secondo la normativa Italiana, l'azione sismica ortogonale al piano dell'elemento è rappresentata da un carico uniformemente distribuito pari ad un multiplo del peso dell'elemento e da forze concentrate pari ad un multiplo del carico trasmesso dagli orizzontamenti che si appoggiano su di essa, questo parametro consente di specificare se il solaio costituisce un appoggio efficace per il pannello murario e di conseguenza trascurare la componente sismica dei carichi concentrati. Il momento flettente di verifica è quindi calcolato come una trave incernierata ( $ql^2/8$ ) con luce pari all'altezza del maschio murario o della parete muraria (generalmente coincide con l'altezza d'interpiano) e caricata con

carico uniformemente distribuito. In caso contrario il momento flettente è calcolato come una mensola incastrata al piede di altezza pari al maschio murario o alla parete muraria e caricata con un carico uniformemente distribuito e con delle forze concentrate in prossimità degli impalcati.

### Comportamento maschi per azioni sismiche

**Comportamento maschi:** specificare come considerare un maschio murario ai fini della resistenza all'azione sismica. Qualunque sia il suo comportamento, il maschio murario viene sempre verificato nei confronti dei carichi verticali. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Resistente:** il maschio murario viene considerato come resistente all'azione sismica.
- **Non resistente:** il maschio murario non viene considerato come resistente all'azione sismica. I muri/elementi bidimensionali che compongono il maschio murario non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti. Nel telaio equivalente standard l'asta rappresentante il maschio murario viene eliminata mentre nel telaio equivalente avanzato viene modellato come una biella resistente solo a compressione.
- **Non resistente se L/H è minore di:** il maschio murario non viene considerato come resistente all'azione sismica se il rapporto tra la lunghezza e l'altezza dell'elemento è inferiore al valore specificato. I muri/elementi bidimensionali che compongono il maschio murario non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti.

**Comportamento maschi nell'analisi sismica statica non lineare:** specificare quale sia il tipo di rottura del maschio murario nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Nel caso di strutture in muratura armata le opzioni relative al tipo di rottura a taglio sono trascurate, e utilizzate le espressioni riportate nel par. 7.8.2.2.2 del D.M. 17/01/18.

**Spostamento ultimo per rottura a taglio:** specificare il valore dello spostamento ultimo da utilizzare nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Per una indicazione sul valore da assumere per le murature esistenti si veda il par. C8.7.1.3.1.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19: "*Lo spostamento ultimo a SLC è definito in corrispondenza di una rotazione della corda, calcolata come sopra per la sezione di estremità di verifica, pari a 0,005*". Per le murature nuove si veda il par. 7.8.2.2.2 del D.M. 17/01/18: "*lo spostamento ultimo allo SLC, a meno di moti rigidi del pannello, può essere assunto pari allo 0,5% dell'altezza del pannello*". Nel caso di muratura armata nuova si veda il par. 7.8.3.2.2 del D.M. 17/01/18: "*lo spostamento ultimo può essere assunto pari allo 0,8% dell'altezza del pannello*". Nel caso di muratura armata esistente il D.M. 17/01/18 non indica il valore dello spostamento ultimo da assumere per cui spetta al progettista la scelta del valore da adottare.

**Plasticizzazione per taglio:** specificare se durante l'analisi sismica statica non lineare (pushover) il maschio murario si debba plasticizzare per taglio oppure rimanere elastico fino alla rottura.

**Spostamento ultimo per rottura a pressoflessione:** specificare il valore dello spostamento ultimo da utilizzare nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Per una indicazione sul valore da assumere per le murature esistenti si veda il par. C8.7.1.3.1.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19: "*Lo spostamento ultimo a SLC è definito in corrispondenza di una rotazione della corda pari a 0,01*". Per le murature nuove si veda il par. 7.8.2.2.1 del D.M. 17/01/18: "*lo spostamento ultimo allo SLC, a meno di moti rigidi del pannello, può essere assunto pari all'1,0% dell'altezza del pannello*". Nel caso di muratura armata nuova si veda il par. 7.8.3.2.1 del D.M. 17/01/18: "*lo spostamento ultimo può essere assunto pari allo 1,6% dell'altezza del pannello*". Nel caso di muratura armata il D.M. 17/01/18 non indica il valore dello spostamento ultimo da assumere per cui spetta al progettista la scelta del valore da adottare.

**Plasticizzazione per pressoflessione:** specificare se durante l'analisi sismica statica non lineare (pushover) il maschio murario si debba plasticizzare per pressoflessione oppure rimanere elastico fino alla rottura.

### Comportamento fasce per azioni sismiche

**Fascia sopra il piano:** per elementi sopra il piano si intendono fasce schematizzate con muri/elementi bidimensionali posizionati al di sotto di un vano finestra (generalmente chiamati sotto-finestra). Questi elementi vengono verificati solo per le sollecitazioni sismiche. Nel caso di muratura armata i sotto-finestra sono considerati privi di armatura sia a flessione che a taglio per cui il loro comportamento è uguale ad un elemento in muratura ordinaria. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Resistente ma non da verificare:** la fascia viene considerata nel calcolo della struttura ma non viene verificata.
- **Non resistente:** la fascia non viene considerata come resistente all'azione sismica. Gli elementi bidimensionali che compongono la fascia non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti. Nel telaio equivalente standard l'asta rappresentante la fascia viene eliminata mentre nel telaio equivalente avanzato viene modellata come una biella resistente solo a compressione.
- **Considera in presenza di cordolo/architrave sottostante in c.a. o acciaio:** la fascia viene considerata come resistente all'azione sismica se sotto di esso è presente un'asta con verifica prevista in cemento

armato o acciaio da cui viene desunta la resistenza a trazione (si veda par. 7.8.2.2.4 del D.M. 17/01/18). Si tenga presente che se si tratta di un elemento in cemento armato, dovrà essere una trave con armatura. Nel caso in cui la fascia non venga riconosciuta gli elementi bidimensionali che la compongono non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti.

- **Considera ipotizzando elemento con resistenza a trazione pari a:** la fascia può comunque essere considerata come resistente all'azione sismica anche se non si inseriscono al di sotto di esso aste con verifica prevista in cemento armato o acciaio semplicemente specificando il valore della resistenza a trazione di tale elemento. Nel caso in cui la fascia non venga riconosciuta gli elementi bidimensionali che la compongono non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti.

**Fascia sotto il piano:** per elementi sotto il piano si intendono fasce schematizzate con muri/elementi bidimensionali posizionati al di sopra di un vano finestra (generalmente chiamati architravi). Questi elementi vengono verificati solo per le sollecitazioni sismiche. Nel caso di muratura armata gli architravi sono considerati privi di armatura sia a flessione che a taglio per cui il loro comportamento è uguale ad un elemento in muratura ordinaria. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Resistente ma non da verificare:** la fascia viene considerata nel calcolo della struttura ma non viene verificata.
- **Non resistente:** la fascia non viene considerata come resistente all'azione sismica. Gli elementi bidimensionali che compongono la fascia non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti. Nel telaio equivalente standard l'asta rappresentante la fascia viene eliminata mentre nel telaio equivalente avanzato viene modellata come una biella resistente solo a compressione.
- **Considera in presenza di cordolo/architrave sottostante in c.a. o acciaio:** la fascia viene considerata come resistente all'azione sismica se sotto di esso è presente un'asta con verifica prevista in cemento armato o acciaio da cui viene desunta la resistenza a trazione (si veda par. 7.8.2.2.4 del D.M. 17/01/18). Si tenga presente che se si tratta di un elemento in cemento armato, dovrà essere una trave con armatura. Nel caso in cui la fascia non venga riconosciuta gli elementi bidimensionali che la compongono non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti.
- **Considera in presenza di cordolo/architrave sopra/sotto il piano in c.a. o acciaio:** la fascia viene considerata come resistente all'azione sismica se sotto o sopra di esso è presente un'asta con verifica prevista in cemento armato o acciaio da cui viene desunta la resistenza a trazione (si veda par. 7.8.2.2.4 del D.M. 17/01/18). Si tenga presente che se si tratta di un elemento in cemento armato, dovrà essere una trave con armatura. Nel caso in cui siano presenti elementi sia sotto che sopra l'architrave, verrà data priorità agli elementi sotto l'architrave. Nel caso in cui la fascia non venga riconosciuta gli elementi bidimensionali che la compongono non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti.
- **Considera ipotizzando elemento con resistenza a trazione pari a:** la fascia può comunque essere considerata come resistente all'azione sismica anche se non si inseriscono al di sotto di esso aste con verifica prevista in cemento armato o acciaio semplicemente specificando il valore della resistenza a trazione di tale elemento. Nel caso in cui la fascia non venga riconosciuta gli elementi bidimensionali che la compongono non vengono trasferiti al solutore ma vengono mantenute le loro masse trasferendole o all'impalcato o ai nodi adiacenti.

**Comportamento fasce nell'analisi sismica statica non lineare:** specificare il valore dello **Spostamento ultimo per rottura a taglio** e dello **Spostamento ultimo per rottura a pressoflessione** della fascia in muratura da utilizzare nell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Per una indicazione sui valori da assumere per le murature esistenti si veda il par. C8.7.1.3.1.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

### Parametri di progetto muratura armata

**Armatura verticale concentrata negli incroci/spigoli:** specificare il tipo di armatura verticale concentrata da inserire in corrispondenza di ciascuna estremità della parete, ad ogni intersezione tra le pareti e all'interno della parete se la distanza tra l'armatura verticale concentrata è superiore ai 4 m. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Diametro:** specificare il diametro dei ferri costituenti l'armatura verticale concentrata.
- **Armatura nella prima posizione:** specificare la tipologia di armatura e la distanza tra i ferri all'interno della zona concentrata. La posizione del baricentro dell'armatura è in corrispondenza dell'intersezione degli assi delle pareti e con distanza dal bordo esterno pari al massimo valore della metà degli spessori delle pareti che si intersecano. Nelle estremità delle pareti la distanza del baricentro dell'armatura dal bordo libero è quindi pari alla metà dello spessore della parete.

- **Armatura nella seconda posizione:** specificare la tipologia di armatura, la distanza tra i ferri all'interno della zona concentrata e la distanza tra i baricentri dell'armatura tra la prima e la seconda posizione.
- **Armatura nella terza posizione:** specificare la tipologia di armatura, la distanza tra i ferri all'interno della zona concentrata e la distanza tra i baricentri dell'armatura tra la seconda e la terza posizione.

**Armatura distribuita:** specificare il **diametro** e il **passo** dei ferri costituenti l'armatura verticale distribuita.

**Armatura orizzontale:** specificare il **copriferro**, il **diametro** e il **passo** dei ferri costituenti l'armatura orizzontale. Il valore del copriferro, necessario per il posizionamento dei ferri orizzontali, è l'effettiva distanza fra il bordo esterno e il bordo del ferro orizzontale.

**Lunghezza ancoraggi armature:** specificare la lunghezza degli ancoraggi per i ferri d'armatura verticali.

## Progetto e verifica strutture in acciaio



### Verifica delle aste

#### Introduzione

È possibile effettuare la verifica di aste in acciaio che abbiano:

- numero diverso da zero;
- sezione con verifica prevista acciaio.

La verifica delle aste in acciaio può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Acciaio**  e poi su **Verifica** .
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'asta ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Verifica automatica*.

**Argomenti correlati:** Verifiche effettuate.

#### Verifiche effettuate

Per strutture calcolate ai sensi del D.M. 14/02/92 o del D.M. 16/01/96, le verifiche vengono effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili e agli stati limite secondo le Norme Tecniche CNR 10011/85 e successive modifiche. Per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18 le verifiche vengono effettuate secondo la suddetta normativa e la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19, oppure secondo la normativa Eurocodice numero 3 (EC3) in funzione del criterio di progetto **Verifiche con EC3**. Da notare che il sistema di riferimento di normativa adottato dalla CNR 10011/85 (assi X e Y) non corrisponde al sistema di riferimento locale adottato in ModeSt (assi Y e Z) in quanto l'asse X in ModeSt coincide con l'asse dell'asta. Il D.M. 17/01/18 e la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 adottano invece la stessa nomenclatura degli assi adottata in ModeSt.

Vengono effettuate le verifiche di stabilità anche di membrature costituite da più aste allineate purché abbiano stesso numero, stessa sezione e stessa rotazione. Se la membratura così definita è composta da un numero di aste maggiore di quanto specificato nel criterio di verifica relativo (vedi **Massimo numero aste costituenti unica membratura**), viene effettuata automaticamente la suddivisione in più membrature.

Per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18 in zona sismica, se richiesto dal criterio di progetto **Effettua le verifiche della gerarchia delle resistenze per strutture intelaiate**, vengono effettuate le verifiche previste al capitolo 7.5 solamente per gli elementi con membratura di tipo "trave", purché prive di rotazione, e per gli elementi con membratura di tipo "pilastro". Per la corretta individuazione delle lunghezze e delle incidenze per i controlli di gerarchia, occorre che le travi abbiano una numerazione che consenta (a parità di numero) l'individuazione automatica delle "travate" con relative campate e ricerca dei pilastri incidenti. Per pilastri suddivisi in più parti fra piano e piano, le verifiche vengono effettuate solo per la parte di pilastro immediatamente sottostante il nodo di incidenza con la travata.

#### CNR 10011/85 (D.M. 14/02/92 - D.M. 16/01/96)

Le verifiche effettuate sono le seguenti (con riferimento ai paragrafi della normativa):

##### VERIFICHE DI RESISTENZA ( $\sigma$ , $\tau$ , $\sigma_{id}$ )

- Paragrafo 6.2 (area effettiva definita dal criterio di progetto **Rapporto fra area effettiva e area nominale**).
- Paragrafo 6.3 (area netta definita dal criterio di progetto **Rapporto fra area netta e area nominale**).
- Paragrafo 6.5 (con riferimento a 6.5.2.1 e coefficiente  $\psi$  definito dai criteri di progetto **Coeff. di forma intorno all'asse Y (Z)**).

- Paragrafo 6.6

- Paragrafo 6.7

## VERIFICHE DI STABILITÀ ASTE

- Paragrafo 7.2.2 (7.2.2.4) con  $\lambda = \text{Max} [\lambda_y, \lambda_z]$  calcolati con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale**) o nei parametri asta. Le verifiche di stabilità delle singole aste sono effettuate nei piani principali d'inerzia o nei piani Y e Z locali della sezione in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Verifica nei piani principali**), quindi i riferimenti citati a Y e Z sono da intendersi come riferimenti a  $\xi$  ed  $\eta$  nel caso di verifica nei piani principali.
- Paragrafo 7.2.3 per aste accoppiate, con riferimento ai paragrafi 7.2.3.2.1 o 7.2.3.4.1 in funzione del criterio di progetto (vedi **Tipo di accoppiamento aste composte**). Se richiesto dal criterio di progetto (vedi **Interasse calastrelli o imbottiture**) l'interasse dei calastrelli o delle imbottiture viene calcolato come una frazione del valore massimo che soddisfa le limitazioni di snellezza locale di normativa. Viene comunque imposta una divisione dell'asta in almeno tre campi (7.2.3.2.3).
- Paragrafo 7.3.1 e 7.2.6.1 per tutte le sezioni indipendentemente dal fatto che l'asta sia inflessa, semplicemente compressa o pressoinflessa.
- Paragrafo 7.3.2 per le sezioni a I, con riferimento ai paragrafi 7.3.2.2.1 o 7.3.2.2.2 per sezioni laminate o per sezioni saldate-composte che non rispettano le limitazioni indicate, con lunghezza dei campi compresi fra ritegni torsionali calcolata in funzione del criterio di progetto (vedi **Verifiche di stabilità laterale**).
- Paragrafo 7.4.1 con riferimento al paragrafo 7.4.1.2 con gli stessi coefficienti  $\beta$  adottati per le verifiche di cui al paragrafo 7.2.2 e coefficienti  $\psi$  (di forma) definiti nei criteri di progetto. Il momento viene definito lineare se il coefficiente di secondo grado dell'equazione che lo definisce è nullo in tutte le CCE. In caso di momento non lineare il momento medio viene valutato come la media dei valori assoluti dei momenti d'estremità e di campata, ed assunto con lo stesso segno del massimo momento in valore assoluto.
- Paragrafo 7.6.1 e 7.6.2 per sezioni a I ed a C.

## VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

- È possibile specificare nei criteri di progetto (vedi **Trascura deformazione dovuta al sisma (T.A.)**) se considerare o meno le deformazioni dovute al sisma.

## VERIFICHE DI STABILITÀ MEMBRATURE

- Paragrafo 7.2.2 (7.2.2.4) con  $\lambda = \text{Max} [\lambda_y, \lambda_z]$  calcolati con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale**) o risultanti dal calcolo in funzione degli sforzi normali nelle varie aste come indicato nei criteri di progetto (vedi **Sforzo normale di verifica e Contributo eventuali sforzi di trazione**). Le verifiche di stabilità delle membrature sono effettuate negli stessi piani delle singole aste. Se la verifica avviene nei piani Y e Z la snellezza viene aumentata (7.2.2.3.3) solo se specificato nei criteri di progetto (vedi **Incremento snellezza**).
- Paragrafo 7.2.3 per aste accoppiate, con riferimento ai paragrafi 7.2.3.2.1 o 7.2.3.4.1 in funzione del criterio di progetto. Come interasse calastrelli viene assunto il massimo fra quelli delle varie aste costituenti la membratura.
- Paragrafo 7.3.1 e 7.2.6.1 per tutte le sezioni indipendentemente dal fatto che la membratura sia inflessa, semplicemente compressa o pressoinflessa.
- Paragrafo 7.3.2 per le sezioni a I, con riferimento ai paragrafi 7.3.2.2.1 o 7.3.2.2.2 per sezioni laminate o per sezioni saldate-composte che non rispettano le limitazioni indicate, con lunghezza dei campi compresi fra ritegni torsionali calcolata in funzione del criterio di progetto (vedi **Verifiche di stabilità laterale**).
- Paragrafo 7.4.1 con riferimento al paragrafo 7.4.1.2 con gli stessi coefficienti  $\beta$  adottati per le verifiche di cui al paragrafo 7.2.2 e coefficienti  $\psi$  definiti nei criteri di progetto. Il momento viene definito lineare se: 1) ha andamento lineare in ognuna delle aste che compongono la membratura; 2) i valori dei momenti d'estremità di tutte le aste si discostano meno di 10 kgm dal valore teorico che avrebbe un momento variabile linearmente fra il momento iniziale della prima asta ed il momento finale dell'ultima asta.

## D.M. 17/01/18 - EC3 (Stati limite D.M. 17/01/18)

Si fa presente che la normativa chiama "membratura" quello che in ModeSt in realtà è una singola "asta". In ModeSt le "membrature" sono un insieme di aste. Le verifiche denominate in seguito EC3 si riferiscono alla UNI EN 1993-1-1:2005 (corretta il 25/09/2008).

Le verifiche effettuate sono le seguenti (con riferimento ai paragrafi della normativa):

### VERIFICHE DI RESISTENZA

Si veda il paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/18. Nel caso di verifica con EC3 si veda il paragrafo 6.2.

**Nota:** nel seguito per "sismoresistente" si intende un elemento di una struttura per cui è stato fatto un calcolo sismico, in cui non sono richieste le semplificazioni per la zona 4 e il cui criterio di progetto richiede le verifiche di cui al punto 7 (vedi **Effettua le verifiche della gerarchia delle resistenze per strutture intelaiate**).

Premesso che la classificazione delle sezioni viene effettuata per ogni sezione di verifica, come spiegato più in dettaglio nel capitolo **Classificazione delle sezioni**, e che per le sezioni in classe 3 e 4 viene sempre effettuata solo la verifica tensionale (formula 4.2.4 del D.M. 17/01/18 o 6.1 del EC3) si riportano in dettaglio le diverse verifiche effettuate da ModeSt, con alcune note e precisazioni.

- **Trazione**

Verifica della relazione 4.2.5 del D.M. 17/01/18 o 6.5 del EC3 con il controllo di quanto indicato nelle relazioni 4.2.6 e 4.2.7 del D.M. 17/01/18 o 6.6 e 6.7 del EC3 con area netta come definita dal criterio di progetto **Rapporto fra area effettiva e area nominale**. Si noti che la nuova normativa ha cambiato denominazione quando si riferisce all'area depurata dai fori.

Verifica della relazione 4.2.8 del D.M. 17/01/18 o 6.5.4 del EC8 solamente se elemento sismoresistente.

- **Compressione**

Verifica della relazione 4.2.9 del D.M. 17/01/18 o 6.9 del EC3 con riferimento all'area nominale della sezione per le sezioni in classe 1, 2 e 3. Il calcolo con l'area efficace (relazione 4.2.10 secondo caso del D.M. 17/01/18 o 6.11 del EC3) è implicito nel calcolo tensionale effettuato per le sezioni in classe 4 sulla sezione ridotta per instabilità.

- **Flessione monoassiale (retta)**

Verifica della relazione 4.2.11 del D.M. 17/01/18 o 6.12 del EC3 con riferimento alla relazione 4.2.12 del D.M. 17/01/18 o 6.13 del EC3 per sezioni in classe 1 e 2. Le verifiche delle relazioni 4.2.13 e 4.2.14 del D.M. 17/01/18 o 6.14 e 6.15 del EC3 sono implicite nel calcolo tensionale effettuato per le sezioni in classe 3 sulla sezione ridotta per instabilità e sulla sezione effettiva per sezioni in classe 4. Non viene controllata la verifica della relazione 4.2.15 del D.M. 17/01/18 o 6.16 del EC3.

- **Taglio**

Le aree resistenti a taglio per le verifiche in campo plastico delle sezioni in classe 1 e 2 vengono determinate come indicato nelle formule 4.2.18 e 4.2.23 del D.M. 17/01/18 o nel paragrafo 6.2.6 (3) del EC3.

In assenza di torsione le verifiche vengono quindi condotte con riferimento alle formule 4.2.16 del D.M. 17/01/18 o 6.17 del EC3 e 4.2.17 del D.M. 17/01/18 o 6.18 del EC3 per le sezioni in classe 1 e 2 ed in termini tensionali per le sezioni di classe 3 e 4 con la formula 4.2.26 del D.M. 17/01/18 o 6.19 del EC3.

In presenza di torsione vengono applicate le formule 4.2.24 e 4.2.25 del D.M. 17/01/18 o 6.26 e 6.27 e 6.28 del EC3 solamente per le sezioni da esse previste. Negli altri casi viene effettuata la verifica tensionale con la formula 4.2.26 del D.M. 17/01/18 o 6.19 del EC3 anche per le sezioni in classe 1.

- **Torsione**

Non è gestita singolarmente, essendo le verifiche già implicite nelle verifiche a taglio e torsione. Il caso di torsione pura viene quindi gestito con un calcolo di tipo tensionale con la formula 4.2.26 (equivalente alla formula 4.2.4) o 6.19 del EC3.

- **Flessione e taglio**

Un esame della formula 4.2.32 del D.M. 17/01/18 o della corrispondente al paragrafo 6.2.8 (3) del EC3, porta alle seguenti considerazioni:

Posto:  $W_{pl,y} = W_{pl,ali} + W_{pl,anima}$

e notando che si ha:  $W_{pl,anima} = h w^2 t_w / 4$

Ponendo in prima approssimazione:  $A_v = h w t_w$

Si nota che in pratica la formula 4.2.32 valuta una riduzione del  $W_{pl,y}$  di una quota parte dell'area resistente a taglio attraverso il coefficiente  $\rho$ . Questo permette di estendere l'applicabilità della formula 4.2.32 anche ad altre sezioni, facendo riferimento all'area resistente a taglio, valutata come nelle formule 4.2.18 – 4.2.23.

Con tali ipotesi i momenti ultimi ridotti per taglio per le sezioni in classe 1 e 2 vengono valutati come indicato nella formula 4.2.32 del D.M. 17/01/18 o 6.30 del EC3.

- **Presso o tenso flessione retta**

Nel caso di sezioni in classe 1 o 2, per sezioni a I si utilizzano le formule 4.2.34 e 4.2.35 del D.M. 17/01/18 o 6.37 e 6.38 del EC3, per sezioni rettangolari la formula 6.32 del EC3, per sezioni rettangolari cave le formule 6.39 e 6.40 del EC3, per le sezioni circolari e circolari cave con la formula 6.2 del EC3.

Tutti gli altri tipi di sezione e le sezioni in classe 3 e 4 vengono verificati in termini tensionali.

- **Presso o tenso flessione biassiale**



Per la presso-tenso flessione biassiale è possibile specificare da criterio di progetto se utilizzare i disposti del EC3 (più dettagliati) o quelli del D.M. 17/01/18 per determinare gli esponenti della formula 4.2.38.

Con i disposti del EC3 si usa quanto specificato al punto 6.41 per le sezioni in esso previsto, e i disposti della formula 4.2.39 negli altri casi.

Per tutti i casi non previsti e per le sezioni in classe 3 e 4 vengono effettuate verifiche in termini tensionali.

- **Flessione, taglio e sforzo assiale**

Si eseguono le verifiche previste, del resto implicite in quanto esposto negli altri punti di normativa.

#### **VERIFICHE DI STABILITÀ ASTA**

Si veda il paragrafo 4.2.4.1.3 del D.M. 17/01/18. Nel caso di verifica con EC3 si veda il paragrafo 6.3.

- **Aste compresse (paragrafo 4.2.4.1.3.1 del D.M. 17/01/18 o 6.3.1 del EC3)**

Vengono completamente controllati tutti i punti di normativa per le aste che risultano semplicemente compresse. La lunghezza libera di inflessione viene valutata con riferimento alla lunghezza dell'asta con  $\lambda = \text{Max} [\lambda_y, \lambda_z]$  calcolati con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale**) o nei parametri asta. Le verifiche di stabilità delle singole aste sono effettuate nei piani principali d'inerzia o nei piani Y e Z locali della sezione in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Verifica nei piani principali**), quindi i riferimenti citati a Y e Z sono da intendersi come riferimenti a  $\xi$  ed  $\eta$  nel caso di verifica nei piani principali.

- **Travi inflesse (paragrafo 4.2.4.1.3.2 del D.M. 17/01/18 o 6.3.2 del EC3)**

La verifica viene effettuata solo per le aste con sezione a I o a C indipendentemente dal fatto che abbiano o meno membratura di tipo "trave". La lunghezza di calcolo viene calcolata in funzione della lunghezza dell'asta con interasse fra ritegni torsionali calcolata in funzione del criterio di progetto (vedi **Verifiche di stabilità laterale**). Il momento critico viene valutato come indicato nella formula C.4.2.30. In quest'ambito il coefficiente  $\psi$  deve essere valutato in funzione dei momenti di estremità di tutta la eventuale "travata" di cui l'asta in oggetto fa parte. Per travate suddivise in più parti può quindi essere necessario, per le aste che la compongono, specificare il valore di  $\psi$  attraverso i criteri di progetto.

La normativa non dà indicazioni su come valutare i coefficienti  $\beta$  e  $\lambda$  presenti nella formula 4.2.51, ma fornisce solo dei suggerimenti, è quindi possibile personalizzare tali valori tramite i criteri di progetto.

- **Membrature inflesse e compresse (paragrafo 4.2.4.1.3.3 del D.M. 17/01/18 o 6.3.3 del EC3)**

Le verifiche vengono effettuate con riferimento al punto C.4.2.4.1.3.3. Per le sezioni a doppio I e le sezioni rettangolari cave si utilizza il **Metodo B**, per le altre sezioni il **Metodo A**.

Nel caso di verifica con EC3, per sezioni doppiamente simmetriche si eseguono secondo il paragrafo 6.3.3 utilizzando il **Metodo 2** dell'Appendice B, per le sezioni circolari cave e a C viene utilizzato il **Metodo A** della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Le verifiche non vengono effettuate quando è richiesto di considerare i fenomeni di instabilità torsionale, attraverso il parametro **Verifiche di stabilità laterale** dei criteri di progetto, ma non è possibile determinare il valore del momento critico ( $M_{cr}$ ).

Quando si utilizza il **Metodo B** è possibile modificare i coefficienti  $\alpha_{my}$ ,  $\alpha_{mz}$ ,  $\alpha_{mt}$ , in funzione del reale andamento del momento tramite i criteri di progetto se non si vogliono usare quelli cautelativi proposti come default.

Sempre tramite criterio di progetto è possibile indicare quale delle due tabelle per il calcolo dei coefficienti "k" si debba utilizzare. ModeSt non può infatti stabilire quale sia il grado di vincolamento a torsione della sezione (presenza di solette, controventi, ecc.).

Si segnala che in alcune edizioni del D.M. 17/01/18 (sia cartacee che elettroniche) la tabella C.4.2.IV riporta valori errati per i coefficienti  $k_{zz}$ , usando il pedice y anziché z per i parametri di calcolo.

- **Stabilità dei pannelli (paragrafo 4.2.4.1.3.4 del D.M. 17/01/18)**

La stabilità dei pannelli soggetti a taglio (C.4.2.4.1.3.4.1) non viene attualmente verificata. Anche nel caso di verifica con EC3 non vengono effettuate.

La stabilità dei pannelli soggetti a compressione (C.4.2.4.1.3.4.1) è effettuata implicitamente con il calcolo della sezione efficace per le sezioni in classe 4.

#### **VERIFICHE DI STABILITÀ MEMBRATURA**

Per le membrature definite in ModeSt (si veda **Massimo numero aste costituenti unica membratura**) vengono effettuate le verifiche di seguito elencate.

- **Aste compresse (paragrafo 4.2.4.1.3.1 del D.M. 17/01/18 o 6.3.1 del EC3)**

Vengono completamente controllati tutti i punti di normativa per le membrature che risultano semplicemente compresse. Il valore dello sforzo normale considerato nella verifica è in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Sforzo normale di verifica**). La lunghezza libera di inflessione viene valutata con riferimento alla lunghezza dell'asta con  $\lambda = \text{Max} [\lambda_y, \lambda_z]$  calcolati con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei

criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale**) o nei parametri asta. Le verifiche di stabilità delle membrature sono effettuate nei piani principali d'inerzia o nei piani Y e Z locali della sezione in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Verifica nei piani principali**), quindi i riferimenti citati a Y e Z sono da intendersi come riferimenti a  $\xi$  ed  $\eta$  nel caso di verifica nei piani principali.

- **Travi inflesse (paragrafo 4.2.4.1.3.2 del D.M. 17/01/18 o 6.3.2 del EC3)**

La verifica viene effettuata solo per le membrature con sezione a I indipendentemente dal fatto che abbiano o meno membratura di tipo "trave". La lunghezza di calcolo viene calcolata in funzione della lunghezza della membratura con interasse fra ritegni torsionali calcolata in funzione del criterio di progetto (vedi **Verifiche di stabilità laterale**). Il momento critico viene valutato come indicato nella formula C.4.2.30. In quest'ambito il coefficiente  $\psi$  deve essere valutato in funzione dei momenti di estremità di tutta la eventuale "travata" di cui l'asta in oggetto fa parte.

La normativa non dà indicazioni su come valutare i coefficienti  $\beta$  e  $\lambda$  presenti nella formula 4.2.51, ma fornisce solo dei suggerimenti, è quindi possibile personalizzare tali valori tramite i criteri di progetto.

- **Membrature inflesse e compresse (paragrafo 4.2.4.1.3.3 del D.M. 17/01/18 o 6.3.3 del EC3)**

Le verifiche vengono effettuate con riferimento al punto C4.2.4.1.3.3. Per le sezioni a doppio I e le sezioni rettangolari cave si utilizza il **Metodo B**, per le altre sezioni il **Metodo A**.

Nel caso di verifica con EC3, per sezioni doppiamente simmetriche si eseguono secondo il paragrafo 6.3.3 utilizzando il **Metodo 2** dell'Appendice B, per le sezioni generiche viene utilizzato il **Metodo A** della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Le verifiche non vengono effettuate quando è richiesto di considerare i fenomeni di instabilità torsionale, attraverso il parametro **Verifiche di stabilità laterale** dei criteri di progetto, ma non è possibile determinare il valore del momento critico ( $M_{cr}$ ).

Quando si utilizza il **Metodo B** è possibile modificare i coefficienti  $\alpha_{my}$ ,  $\alpha_{mz}$ ,  $\alpha_{mt}$ , in funzione del reale andamento del momento tramite i criteri di progetto se non si vogliono usare quelli cautelativi proposti come default.

Sempre tramite criterio di progetto è possibile indicare quale delle due tabelle per il calcolo dei coefficienti "k" si debba utilizzare. ModeSt non può infatti stabilire quale sia il grado di vincolamento a torsione della sezione (presenza di solette, controventi, ecc.).

Si segnala che in alcune edizioni del D.M. 17/01/18 (sia cartacee che elettroniche) la tabella C4.2.IV riporta valori errati per i coefficienti  $k_{zz}$ , usando il pedice y anziché z per i parametri di calcolo.

## **VERIFICHE DI ELEMENTI DISSIPATIVI E GERARCHIA DELLE RESISTENZE**

Premesso che tali verifiche vengono effettuate solo per gli elementi "sismoresistenti", così come sopra definiti, si riportano alcune note e considerazioni sul comportamento di ModeSt.

- Tutte le verifiche del capitolo 7 del D.M. 17/01/18 o del capitolo 6 del EC8 vengono effettuate solo per elementi con membratura "trave" o con membratura "pilastro", ad eccezione della verifica effettuata con la formula 7.5.2 del D.M. 17/01/18 o 6.8 del EC8 che è implicita nella verifica con la formula 4.2.8 del D.M. 17/01/18 o 6.5.4 del EC8, e che viene controllato per tutti gli elementi "sismoresistenti".
- Viene controllato se gli elementi "sismoresistenti" rispondono ai requisiti della tabella 7.5.I e alla relazione 7.5.3 del D.M. 17/01/18 o al prospetto 6.3 del EC8 dove DCM corrisponde alla Classe B e DCH alla Classe A.
- Paragrafo 7.5.4.1 "Travi" del D.M. 17/01/18 o 6.6.2 "Travi" del EC8.
- Verifica della relazione 7.5.4 del D.M. 17/01/18 o 6.2 del EC8: la verifica è implicita nelle verifiche per flessione effettuate per tutte le aste.
- Verifica della relazione 7.5.5 del D.M. 17/01/18 o 6.3 del EC8: poiché la normativa non fornisce dettagli, la verifica viene effettuata sia per trazione che per compressione in tutte le CC.
- Verifica della relazione 7.5.6 del D.M. 17/01/18 o 6.4 del EC8: la verifica viene effettuata valutando  $V_{Ed,M}$  con la lunghezza della "campata" della "travata" cui l'asta appartiene. Per  $M_{pl,Rd}$  viene considerato il momento plastico resistente della sezione, non depurato della resistenza a taglio.
- Paragrafo 7.5.4.2 "Colonne" del D.M. 17/01/18 o 6.6.3 "Colonne" del EC8. Le sollecitazioni di progetto vengono amplificate come indicato nelle formule 7.5.7, 7.5.8 e 7.5.9 del D.M. 17/01/18 o 6.6 del EC8 ricercando tutte le aste incidenti in testa ai pilastri che proseguono (quindi non per i pilastri dell'ultimo piano, e comunque non per i pilastri non collegati ad un pilastro soprastante) e considerando solo le aste con membratura "trave" appartenenti ad una campata che non sia qualificabile come mensola o come asta completamente immersa in un elemento bidimensionale.
- Verifica della relazione 7.5.10 del D.M. 17/01/18 o 6.7 del EC8: viene controllata in tutte le CC.

- Verifica della relazione 7.5.11 del D.M. 17/01/18 o 6.8 del EC8: non viene attualmente controllata (riguarda i collegamenti e non l'asta).
- Verifica della relazione 7.5.12 del D.M. 17/01/18 o 4.4.2.3 del EC8: viene controllata per le CC sismiche, considerando per i pilastri i momenti resistenti eventualmente ridotti per effetto del taglio e dello sforzo normale. Nelle diverse CC si possono quindi avere verifiche diverse.

## Definizione automatica ed interattiva delle membrature

La membratura è costituita da più aste allineate con la stessa sezione, stessa rotazione e con filo fisso e scostamenti dal filo fisso differenti purché non si creino degli sfalsamenti tra le aste contigue.

La definizione si effettua cliccando nel gruppo **Membrature** della scheda **Post-Processor** su **Definizione**



, selezionando **Acciaio**  e poi cliccando su **Automatica**  o su **Manuale** .

La modalità **automatica** permette di definire automaticamente le membrature composte da aste con lo stesso numero in funzione di quanto specificato nel criterio di verifica **Massimo numero aste costituenti unica membratura**, suddividendole in più membrature se il numero delle aste è maggiore di quanto specificato nel criterio di verifica.

La modalità **manuale** permette di definire le membrature graficamente selezionando le aste in acciaio nella finestra di modellazione. Per aggiungere ad una membratura un'altra asta è sufficiente selezionarla mentre per eliminarla occorre selezionarla tenendo premuto il tasto Ctrl. Per definire un'altra membratura contigua ad una già definita occorre selezionare due volte la prima asta e poi continuare selezionando le altre aste.

Le membrature vengono colorate alternando due colori e la loro colorazione viene visualizzata al termine della definizione automatica e all'inizio di quella manuale.

Le membrature non possono essere composte da una sola asta ma se erroneamente definite vengono classificate come "Non definita".

## Visualizzazione risultati e ricerca sezioni ottimizzanti

Per le aste in acciaio sono disponibili alcuni strumenti che aiutano a controllare i risultati e a ottimizzare la progettazione della struttura.

### VISUALIZZAZIONE RISULTATI

Per le aste in acciaio sono visualizzabili mediante mappe a colori i tassi di sfruttamento del materiale e le verifiche di stabilità locali e globali per la sollecitazione corrente di tipo CC (si veda **Sollecitazione corrente**) e per il risultato corrente (si veda **Risultato corrente**), nonché le snellezze locali e globali (in termini di membratura).

La visualizzazione può essere effettuata nelle **finestre di modellazione** cliccando nel gruppo **Verifica** della

scheda **Post-Processor** su **Acciaio** 

e poi selezionando **Tassi di sfruttamento** o **Snellezze** purché il calcolo sia stato eseguito. Non è necessario procedere preventivamente alla verifica delle aste, il calcolo dei tassi di sfruttamento viene comunque effettuato.

### RICERCA SEZIONI OTTIMIZZANTI

Un potente strumento per il dimensionamento delle strutture in acciaio è la ricerca delle sezioni ottimizzanti

eseguibile cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Acciaio**  e poi su **Ricerca sezioni ottimizzanti** .

Dopo aver selezionato una o più aste è possibile ricercare nell'archivio tutte le sezioni che rendono verificate le aste in esame, visualizzare il risultato ordinato per tasso di sfruttamento e per peso ed infine definire ed assegnare automaticamente la sezione ritenuta ottimizzante: ovviamente, dato che cambiano i parametri d'inerzia della sezione, occorrerà ripetere il calcolo e controllare i risultati, ma generalmente le variazioni sono minime e la scelta effettuata viene confermata anche dalla riverifica.

La ricerca nell'archivio può essere filtrata indicando quali siano le tipologie di sezione da ricercare (per default le stesse della sezione originale o quelle che la compongono se accoppiata), indicando eventualmente i primi caratteri del codice della sezione (ad esempio nel caso di sezioni a I indicando **I** nella casella di testo relativa a 'Caratteri della sezione' si impone la ricerca solo di sezioni di tipo **IPE** mentre indicando **HE** si escludono ovviamente le **IPE** consentendo le **HEA**, **HEB**, ecc.).

Nel caso di sezioni a L (sia semplici che accoppiate), rettangolari e rettangolari cave, si può specificare l'obbligo di mantenere le differenze dimensionali in modo che una sezione a lati disuguali resti dello stesso tipo (ad esempio  $B > H$ ) o che venga mantenuta la condizione  $B = H$ .

# Mappe tassi di sfruttamento

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra la relativa tensione e la tensione ammissibile o l'azione e la resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento per le aste in acciaio per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito,

cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Acciaio** , selezionando "Tassi di sfruttamento" e cliccando poi sul tasso di sfruttamento da visualizzare.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di aste e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.


Con l'opzione *Tassi di sfruttamento* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se i tassi di sfruttamento vadano rappresentati con una mappatura a colori con un andamento analogo ad un diagramma, o con una colorazione variabile lungo l'asta.


La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni di carico elementari e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi. Il tasso di sfruttamento nei riguardi della stabilità (calcolata col metodo Omega) può essere eseguito solo per tutti i risultati.

La visualizzazione del tasso di sfruttamento viene effettuata sempre nel piano locale XZ dell'asta.


I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:


## ASTE


**Resistenza globale (tutte le verifiche)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi a tutte le verifiche di resistenza. Per le sezioni appartenenti alla classe 3 o per le strutture calcolate alle tensioni ammissibili, viene visualizzato i tassi di sfruttamento nei confronti della tensione ideale dovuta a sforzo normale, momento flettente, taglio e torsione.


**Resistenza a pressoflessione** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alle verifiche di resistenza per sforzo normale e momento flettente.


**Resistenza a taglio e torsione** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento per taglio e torsione.

**Stabilità globale (tutte le verifiche)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi a tutte le verifiche di stabilità.


**Stabilità a pressoflessione** : attiva la visualizzazione del tasso di sfruttamento relativi alle verifiche di stabilità per sforzo normale e momento flettente. Risulta ovviamente un valore costante per tutta l'asta dato che la verifica prevede il calcolo di un solo valore. La visualizzazione non viene effettuata per aste in trazione per tutti i risultati e per le quali quindi non sono state effettuate le verifiche di stabilità.


**Stabilità a flessione (svergolamento)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica di stabilità per momento flettente chiamata anche verifica di stabilità a svergolamento.


**Stabilità ad imbozzamento** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica di stabilità ad imbozzamento. Il tasso di sfruttamento è visualizzabile solo per le strutture calcolate alle tensioni ammissibili.


**Freccia massima** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla freccia massima. Per freccia massima si intende il valore massimo di tutte le tipologie di frecce determinate.

## MEMBRATURE

**Stabilità globale (tutte le verifiche)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi a tutte le verifiche di stabilità.

**Stabilità a pressoflessione** : attiva la visualizzazione del tasso di sfruttamento relativo alle verifiche di stabilità per sforzo normale e momento flettente. Risulta ovviamente un valore costante per tutta l'asta dato che la verifica prevede il calcolo di un solo valore. La visualizzazione non viene effettuata per membrature in trazione per tutti i risultati e per le quali quindi non sono state effettuate le verifiche di stabilità.

**Stabilità a flessione (svergolamento)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica di stabilità per momento flettente chiamata anche verifica di stabilità a svergolamento. Risulta ovviamente un valore costante per tutta l'asta dato che la verifica prevede il calcolo di un solo valore.

**Freccia massima** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla freccia massima. Per freccia massima si intende il valore massimo di tutte le tipologie di frecce determinate.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTSFA** (Disegna tassi di sfruttamento acciaio).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala.**

## Mappe snellezza

La visualizzazione delle snellezze per le aste in acciaio può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito, cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Acciaio**




, selezionando "Snellezze" e cliccando poi sulla snellezza da visualizzare.


La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di aste e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.

Con l'opzione *Tassi di sfruttamento* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se le snellezze vadano rappresentate con una mappatura a colori con un andamento analogo ad un diagramma, o con una colorazione variabile lungo l'asta.

La visualizzazione della snellezza viene effettuata sempre nel piano locale XZ dell'asta.

I tipi di snellezza che si possono visualizzare sono:

**Snellezze max singole aste** : attiva la visualizzazione della snellezza massima dell'asta considerando la singola asta. La visualizzazione non viene effettuata per aste con tensione di trazione per tutti i risultati e per le quali quindi non sono state effettuate le verifiche di stabilità.

**Snellezze max intere membrature** : attiva la visualizzazione della snellezza massima dell'asta considerando l'intera membratura di cui fa parte l'asta. La visualizzazione non viene effettuata per aste appartenenti a membrature con tensione di trazione per tutti i risultati e per le quali quindi non sono state effettuate le verifiche di stabilità.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSNEA** (Disegna snellezze acciaio).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala.**

## Note tecniche

### Classificazione delle sezioni

La classificazione delle sezioni viene effettuata in ogni punto di verifica con le relative sollecitazioni, quindi può accadere che lungo l'asta la sezione cambi di classe (ad esempio un'asta incernierata soggetta a trazione e flessione agli estremi è sicuramente in classe 1 in quanto in trazione pura, mentre in campata può essere in un'altra classe a causa del momento flettente).

Nelle sollecitazioni di pressoflessione deviata, si controlla se la sezione rientra fra quelle (pre-tabellate) che sono sempre in classe 1 o 2 per qualsiasi stato di sollecitazione (si noti che ai fini delle verifiche previste dalla normativa ed attualmente supportate da ModeSt, la classificazione 1 o 2 è ininfluente). Tale controllo viene effettuato sulla base del CODICE della sezione, così come definito negli archivi di default forniti col programma o specificato nella definizione della sezione. L'assenza del codice comporta l'impossibilità di trovare la classe della sezione in base alla tabella predefinita. Si fa notare come la gran parte delle sezioni a I in commercio rientri in questa categoria. Successivamente si controlla che sia selezionato il criterio di progetto **Usa classe 1 in pressoflessione deviata se non presente in archivio**, se uno dei due controlli è soddisfatto si assume la sezione in classe 1.

Nel caso di pressoflessione deviata se il codice della sezione non rientra fra quelli previsti in tabella (file ProfiliFE.csv nella cartella di nome ETC) o è deselezionato il criterio di progetto **Usa classe 1 in pressoflessione deviata se non presente in archivio** ModeSt assume che la sezione sia al massimo in classe 3 e controlla che non ricada in classe 4, verificando i disposti delle tabelle 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.V del D.M. 17/01/18.

In tutti gli altri casi di sollecitazione la classe della sezione viene valutata direttamente verificando i disposti delle tabelle 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.V del D.M. 17/01/18. Per le sezioni ad L interamente compresse ed appartenenti alla classe 4, la sezione ridotta viene così determinata:

- per le sezioni a lati uguali, riducendo entrambi i lati in modo tale che  $H = B = 11.5 \cdot \epsilon$
- per le sezioni a lati disuguali, riducendo entrambi i lati in modo tale che il rapporto tra i lati ( $H/B$ ) rimanga costante a pari a  $2 \cdot s \cdot 11.5 \cdot \epsilon$

Nel caso in cui la sezione ricada in classe 4, come previsto al punto C4.2.4.1.3.4.2 della circolare esplicativa del D.M. 14/01/08 e come anche indicato dal EC3 (parte 5, paragrafo 4.3) si attiva una procedura iterativa

che, tenendo conto della variazione di posizione del baricentro e quindi dello stato tensionale, valuta la sezione efficace depurando le parti della sezione che hanno problemi di stabilità.

Tale procedura (in realtà raramente necessaria per i profili in commercio) in alcuni casi (specialmente in pressoflessione deviata) non è sempre convergente, perché la variazione della posizione del baricentro porta talvolta ad una variazione dello stato tensionale che riclassifica la sezione in classe 3, o che riporta il baricentro nella configurazione precedente o in una configurazione meno penalizzante. In tal caso dopo alcuni tentativi l'iterazione viene arrestata e viene scelta la soluzione più a favore di sicurezza (quella con area efficace minore).

Per le verifiche di stabilità (a flessione o pressoflessione retta o deviata) le sezioni vengono in ogni caso riclassificate facendo riferimento alle sollecitazioni di verifica (momenti e sforzi normali equivalenti o massimi a seconda dei casi).

## Calcolo tensioni

Vengono valutate le  $\sigma$  per sforzo normale e flessione nei piani principali e le  $\tau$  dovute a taglio (in entrambe le direzioni) e torsione.

Nel calcolo delle  $\sigma$  per sforzo normale e flessione la sezione viene considerata completa di raccordi ed eventuali variazioni di spessore. Nel calcolo della  $\tau$  per taglio e torsione e della corrispondente  $\sigma$  per sforzo normale e flessione necessaria per il calcolo della  $\sigma_{id}$ , i raccordi vengono immaginati lineari e gli spessori costanti. Vengono valutate le tensioni in tutti i vertici del perimetro della sezione, nel centro dei lati o in corrispondenza dei punti del perimetro allineati con il baricentro ed inoltre all'inizio e alla fine dei raccordi. Per sezioni prive di raccordi il punto d'attacco anima-ala viene verificato considerandolo una volta come appartenente all'anima ed una volta come appartenente all'ala.

La tensione tangenziale per taglio viene calcolata sovrapponendo gli effetti del taglio in direzione Y e del taglio in direzione Z, immaginati come sollecitazioni pure (si considerano allineati centro di taglio, centro di torsione e baricentro). In ogni punto della sezione si ha quindi:

$$\tau = T \cdot S / (b \cdot J)$$

dove:

- T**    sforzo di taglio;
- S**    momento statico della parte di sezione sovrastante o sottostante il punto di verifica;
- b**    corda (larghezza della sezione);
- J**    momento d'inerzia della sezione intorno all'asse normale alla direzione di azione di T.

La tensione tangenziale per torsione si calcola sempre nell'ipotesi di torsione pura (uniforme). Per sezioni composte da profili sottili si ha quindi:

$$\tau = M_x \cdot t / J_x$$

dove:

- M<sub>x</sub>**    momento torcente;
- t**    spessore della sezione nel punto di verifica;
- J<sub>x</sub>**    momento d'inerzia torsionale.

Nei punti di spigolo si suppone una tensione tangenziale per torsione nulla.

Per sezioni circolari piene o cave si ha:

$$\tau = M_x \cdot r / J_x$$

dove:

- M<sub>x</sub>**    momento torcente;
- r**    raggio della sezione (interno o esterno per sezioni cave);
- J<sub>x</sub>**    momento d'inerzia torsionale.

Per sezioni rettangolari sul lato lungo si ha:

$$\tau = M_x \cdot \alpha / (b \cdot h)$$

dove:

- M<sub>x</sub>**    momento torcente;

- b** lato lungo della sezione;
- h** lato corto della sezione;
- $\alpha$  coefficiente suggerito da De Saint-Venant e pari a  $3+1.8*n$  (con  $n = b/h$ ).

Sul lato corto si considera  $\tau_1 = k*\tau$ , con  $k$  variabile fra 1 e 0.7425 per  $1 < n < 4$  e pari a 0.7425 per  $n > 4$ .  
Da notare che per piatti allungati l'espressione citata tende a coincidere a quella definita per sezioni con spessori sottili.

Nel caso di sollecitazioni dinamiche, per le verifiche a pressoflessione vengono controllate tutte le combinazioni possibili di  $N \pm N_d$ ,  $M_y \pm M_{y_d}$  e  $M_z \pm M_{z_d}$ , mentre per il taglio ed il momento torcente la componente dinamica viene considerata dello stesso segno della componente statica.

## Sezioni accoppiate

Per il calcolo ai sensi della CNR 10011/85 le tensioni nelle sezioni accoppiate vengono calcolate nell'ipotesi che le due sezioni siano rigidamente collegate. Questa ipotesi fornisce risultati corretti in termini di tensioni se la sezione è sollecitata solo da  $N$ ,  $M_y$  e  $T_z$  (le sezioni trattate sono simmetriche rispetto all'asse  $Z$  locale). ModeSt calcola comunque le tensioni dovute a  $M_z$  e  $T_y$  con le stesse ipotesi e ripartisce in parti uguali  $M_x$  (momento torcente) nelle due sezioni.

Per le verifiche ai sensi del D.M. 17/01/18 tali componenti di sollecitazione vengono invece trascurate completamente.

In ogni caso ModeSt segnala la presenza di queste componenti di sollecitazione nel report visualizzato al termine delle verifiche. I valori di sollecitazione riportati servono perché il progettista possa valutare se si tratta di sforzi secondari dovuti alla modalità di modellazione o se sono significativi e quindi richiedono analisi o schematizzazioni più approfondite.

La deformabilità dell'asta per queste sollecitazioni è infatti diversa da quella dell'asta teorica costituita dalle sezioni accoppiate a causa della deformabilità dei calastrelli o delle imbottiture e quindi le sollecitazioni stesse possono essere errate. I risultati possono dirsi corretti solo se le due sezioni sono saldate in continuo.

## Sezioni generiche

Le sezioni generiche vengono classificate in classe 3 e verificate sempre in campo elastico. Non viene controllata la correttezza di tale ipotesi e quindi non si esamina se la sezione sia in classe 4. Non sono quindi generalmente verificabili sezioni in profilo sottile a meno che non si sia certi della loro appartenenza alla classe 3 sotto ogni tipo di sollecitazione.

Attraverso la definizione da criterio di progetto di uno spessore nominale (vedi **Spessore nominale**) viene valutata la resistenza del materiale e insieme al valore del momento di inerzia torsionale (vedi **Momento di inerzia torsionale**), ne viene valutata la tensione tangenziale per torsione.

Qualora si pensi che la sezione sia assimilabile concettualmente ad una sezione a "I" ossia con una parte preponderante resistente a taglio (ad esempio una I saldata composta con ali diverse o una I con anima rinforzata), è possibile specificare nei criteri di progetto i valori delle aree resistenti a taglio ed effettuare le verifiche a semplice flessione e taglio come indicato nel par. 4.2.4.1.2.6 del D.M. 17/01/18 (vedi **Riduzione resistenza flessionale come per sezioni a I**).

Le verifiche di stabilità vengono effettuate considerando, se non diversamente indicato nei criteri di progetto, la curva "d" (Tab. 4.2.IX del D.M. 17/01/18) come curva di instabilità.

La verifica di stabilità per flessione e compressione viene effettuata usando il metodo A (C4.2.4.1.3.3.1). Per la determinazione coefficiente di snellezza normalizzata  $\lambda_{LT}$  e quindi del necessario momento critico (C4.2.30) viene usata (se definita) la costante di ingobbamento indicata nei criteri (vedi **Costante di ingobbamento**). Se tale costante non è specificata il momento critico, a favore di sicurezza, risulterà minore.

## Normativa

Si fa presente che in alcune edizioni delle CNR 10011/85 si sono riscontrati i seguenti errori:

paragrafo 7.3.2.2.1	$t_w/t_f \leq 0.5$ e $t_w/t_f \leq 0.3$ invece di: $t_w/t_f \geq 0.5$ e $t_w/t_f \geq 0.3$
prospetto 7-VIII caso II:	$k_o = 1 + \psi * k_1 - \psi i * k_3 + 10 * \psi * (1 + \psi)$ invece di: $k_o = (1 + \psi) * k_1 - \psi i * k_3 + 10 * \psi * (1 + \psi)$

paragrafo 7.6.2.1	<p>(verifica all'imbozzamento dei pannelli) l'espressione riportata per il calcolo della <math>\sigma_{cr,id}</math> probabilmente non è corretta. La relazione originale di Massonnet che definisce il dominio di interazione fra le tensioni ideali d'imbozzamento è infatti leggermente diversa, in quanto il termine a denominatore sotto radice quadrata risulta essere:</p> $(3-\psi)/4 * (\sigma_x/\sigma_{cr,x})^2$ <p>e non</p> $((3-\psi)/4 * \sigma_x/\sigma_{cr,x})^2$ <p>come invece riporta la normativa.</p> <p>In altri testi (G. Ballio - F.M. Mazzolani) l'espressione della <math>\sigma_{cr,id}</math> presenta il termine sotto radice quadrata come in Massonnet, ma il termine che moltiplica la radice a denominatore è <math>(1-\psi)/4</math> anziché <math>(1+\psi)/4</math> come riportano la normativa e la relazione di Massonnet. Questo appare visibilmente errato in quanto per pannelli con tensioni essenzialmente di trazione (<math>\psi &lt; -1</math>) la <math>\sigma_{cr,id}</math> risulterebbe minore di quella per pannelli con tensioni di compressione (<math>0 &lt; \psi &lt; 1</math>).</p> <p>Il criterio di progetto <b>Modalità di calcolo SigmaCr,id</b> permette comunque di scegliere quale espressione utilizzare per il calcolo della <math>\sigma_{cr,id}</math>.</p>
-------------------	--

## Varie

- Nelle verifiche di stabilità viene assunta come area resistente l'area nominale del profilo.
- Nel report visualizzato all'inizio delle verifiche viene riportato l'elenco dei casi in cui non sono rispettate le verifiche di normativa.

## Criteri di verifica

### Criteri generali di verifica aste in acciaio

Si tratta di criteri che stabiliscono alcuni parametri validi per tutte le aste presenti nella struttura, indipendentemente quindi dal numero del criterio di verifica assegnato nella definizione della sezione.

#### Verifiche aste in acciaio

**Numero punti di verifica:** specificare il numero di punti interni alle aste (oltre agli estremi) nei quali effettuare le verifiche. Indipendentemente da quanto specificato con questo parametro, in modellazione grafica sarà comunque possibile ottenere le rappresentazioni dei tassi di sfruttamento in qualunque punto dell'asta.

**Numero CC da considerare di tipo I (CNR 10011):** la normativa (par. 3.3.1 della CNR 10011/85) distingue le combinazioni di carico (CC) in combinazioni di tipo I e di tipo II. Specificare quante sono le combinazioni da considerare come combinazione di tipo I. Ad esempio specificando 3 verranno considerate come CC di tipo I le prime 3 CC definite nel calcolo e come CC di tipo II le successive.

**Verifiche con EC3:** specificare se eseguire le verifiche delle aste in conformità alla normativa Eurocodice 3 (EC3). Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18.

**Coeff. amplificativo sollecitazioni per effetti del secondo ordine:** nel paragrafo 4.2.3.4 del D.M. 17/01/18 viene prescritto che l'analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine quando il moltiplicatore dei carichi che induce l'instabilità globale della struttura  $\alpha_{cr}$  è maggiore di 10 in caso contrario si deve eseguire un'analisi del secondo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione deformata della struttura. Tali valori di  $\alpha_{cr}$  possono essere ottenuti da un'analisi di buckling oppure valutati utilizzando l'espressione (C4.2.5) della Circolare del D.M. 14/01/08. In sostituzione dell'analisi del secondo ordine si può utilizzare un metodo semplificato, valido soprattutto per le strutture intelaiate e proposto anche nel EC3-1-1 al punto 5.2, in cui si incrementano gli effetti delle azioni ottenuti dall'analisi lineare mediante il coefficiente  $1/(1-1/\alpha_{cr})$ . Attraverso questo parametro è possibile specificare di quanto debbano essere incrementate le sollecitazioni nelle aste derivanti dal calcolo FEM.

#### Stampe

**Verifiche da riportare in relazione:** specificare quali delle verifiche effettuate riportare nella relazione di calcolo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tutte**
- **Aste più sollecitate a parità di sezione**
- **Aste più sollecitate a parità di sezione e numero**

**Nota:** le verifiche di stabilità delle membrature vengono stampate in ogni caso per tutte le membrature verificate.



**Stampa dettaglio verifiche:** specificare se riportare anche le sotto-verifiche. Questa opzione è utilizzata solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18.

## Criteri di verifica aste in acciaio

### Materiali

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio fra quelli previsti dalla CNR 10011/85. I valori delle resistenze sono quelli riportati nei prospetti 2-I e 2-II e non è possibile personalizzarli.

**Tipo di acciaio per profilati a sezione aperta:** selezionare il tipo di acciaio fra quelli previsti dal D.M. 17/01/18 per i profili a sezione aperta. I valori delle resistenze sono quelli riportati nella tabella 4.2.I e non è possibile personalizzarli.

**Tipo di acciaio per profilati a sezione cava:** selezionare il tipo di acciaio fra quelli previsti dal D.M. 17/01/18 per i profili a sezione cava. I valori delle resistenze sono quelli riportati nella tabella 4.2.II e non è possibile personalizzarli.

**Tipo di acciaio:** selezionare il tipo di acciaio adottato fra quelli previsti dal EC3. Ogni volta che questo valore viene modificato vengono cambiati i valori delle resistenze in base a quelli riportati nel prospetto 3.1 del EC3. È possibile personalizzare successivamente tali valori per poterli ad esempio adeguare ad altre normative.

**F<sub>y</sub>:** specificare il valore della resistenza di snervamento.

**F<sub>u</sub>:** specificare il valore della resistenza ultima.

**F<sub>y,40</sub>:** specificare il valore della resistenza di snervamento per sezioni con spessore superiore a 40 mm.

**F<sub>u,40</sub>:** specificare il valore della resistenza ultima per sezioni con spessore superiore a 40 mm.

**γ<sub>M0</sub>:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza relativo alle verifiche di resistenza.

**γ<sub>M1</sub>:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza relativo alle verifiche di stabilità.

**γ<sub>M2</sub>:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza relativo alle verifiche di resistenza a trazione.

**γ<sub>Rd</sub>:** specificare il valore del coefficiente di sovraresistenza relativo alla relazione (4.29) del par. 4.4.2.3 del EC8.

**γ<sub>ov</sub>:** specificare il valore del coefficiente di sicurezza relativo alle verifiche del par. 6.6.3 del EC8.

**Considera come elemento esistente (S.L. D.M. 18/EC3):** specificare se l'asta in acciaio è esistente oppure nuova. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

### Parametri per analisi pushover

**Considera l'asta nel telaio equivalente:** specificare se considerare o meno l'asta in acciaio nel telaio equivalente. Se l'opzione è selezionata l'asta in acciaio viene considerata nel telaio equivalente ed ha un comportamento descritto nel paragrafo **Generazione telaio equivalente**. L'asta viene sempre considerata nel telaio equivalente quando è sul perimetro di un solaio o di una tamponatura. È disponibile la seguente opzione:

**Non sismo-resistente:** questa opzione vale solo per il telaio equivalente avanzato. Se l'opzione è selezionata l'asta in acciaio viene considerata come non sismo-resistente e nel telaio equivalente avanzato viene modellata come una biella resistente sia a compressione che a trazione.

### Verifiche di resistenza

**Rapporto fra area effettiva e area nominale:** specificare il rapporto fra l'area effettiva e l'area nominale del profilato (par. 6.2.1 della CNR 10011/85, relazione 4.2.7 del D.M. 17/01/18, relazione 6.7 del EC3) per le verifiche a trazione.

**Rapporto fra area netta e area nominale:** specificare il rapporto fra l'area netta e l'area nominale del profilato (par. 5.3.5 e 6.3 della CNR 10011/85) per le verifiche a compressione.

**Coeff. di forma intorno all'asse Y (Z):** specificare il coefficiente di parziale adattamento plastico (coefficiente di forma) per il calcolo della tensione dovuta al momento flettente (par. 6.5.1 e 6.5.2 della CNR 10011/85) che per le verifiche a pressoflessione intorno all'asse Y (Z) locale (par. 7.4.2.1 della CNR 10011/85). Normalmente si usa 1. Viene usato per le verifiche di resistenza e di stabilità.

**Verifica le bielle solo con sollecitazioni di trazione moltiplicate per:** attivando questo parametro, l'asta (se definita con vincolo biella), viene verificata solo per le sollecitazioni di trazione, moltiplicate per il valore indicato. Questo permette di simulare in analisi lineare il comportamento dei controventi, con l'ipotesi sottintesa che trascurando il controvento compresso, l'altro abbia una sollecitazione doppia e che l'effetto del reale comportamento non lineare sul resto della struttura sia trascurabile.

**Valutare la τ per torsione negli spigoli (CNR 10011):** specificare se valutare il valore della τ in prossimità degli spigoli del profilato. Questa opzione permette ad esempio per una sezione a I di valutare la τ per torsione negli spigoli delle ali dove il valore della τ di taglio è nulla.

**Elemento dissipativo:** specificare se l'asta debba essere considerata o meno come un elemento con comportamento dissipativo. Se l'opzione è selezionata l'asta sarà considerata come dissipativa e verificata con le sollecitazioni di tipo dissipativo (SLV) eseguendo se necessario e se non diversamente specificato (**Effettua**

**le verifiche della gerarchia delle resistenze per strutture intelaiate)** anche le verifiche di gerarchia delle resistenze. Nel caso di struttura calcolata come non dissipativa questo criterio viene ignorato e l'asta verrà considerata come non dissipativa e verrà verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Se l'opzione è deselezionata l'asta verrà considerata come non dissipativa anche nel caso di struttura calcolata come dissipativa e quindi verrà verificata con le sollecitazioni di tipo non dissipativo (SND). Le verifiche con le sollecitazioni non dissipative (SND) anche per le sezioni di classe 1 e 2 vengono eseguite al limite elastico se non diversamente indicato (**Verifica in campo plastico elemento non dissipativo**).

**Effettua le verifiche della gerarchia delle resistenze per strutture intelaiate:** specificare se debbano essere effettuati i controlli per gli elementi dissipativi ed i controlli per la gerarchia delle resistenze previsti nel capitolo 7.5 del D.M. 17/01/18. Tali controlli vengono comunque eseguiti solo per elementi con tipologia trave e/o pilastro.

**Usa classe 1 in pressoflessione deviata se non presente in archivio:** nel caso di pressoflessione deviata se il codice della sezione non rientra fra quelli previsti nella tabella (file ProfiliFE.csv nella cartella di nome ETC) specificare se imporre l'appartenenza della sezione alla classe 1. Per maggiori informazioni si veda **Classificazione delle sezioni**.

**Verifica in campo plastico elemento non dissipativo:** specificare se l'asta debba essere verificata quando possibile in campo plastico anche nel caso di struttura calcolata come non dissipativa. Infatti anche nel caso di struttura non dissipativa, la resistenza di alcuni elementi può essere valutata al limite di plasticizzazione. Si pensi ad esempio ad aste con sezione di classe 1 o 2 incernierate che ovviamente non potrebbero in nessun caso partecipare alla dissipazione e che quindi in nessun caso debbono essere verificate al limite elastico. Ovviamente la verifica in campo plastico (al limite ultimo) viene eseguita solo se la sezione è di classe 1 o 2.

**Usa prescrizione EC3 quando più dettagliate:** in alcuni punti la normativa Italiana ha eliminato la gestione di casi particolari che invece l'EC3 tratta in modo più specifico.

**Considera prescrizioni relative ai ponti:** specificare se adottare il coefficiente di sicurezza per la resistenza e la stabilità delle membrature specifico per i ponti come indicato nel par. 4.2.4.1.1 del D.M. 17/01/18.

### **Verifiche di resistenza sezioni generiche**

**Spessore nominale:** specificare lo spessore del profilo da utilizzare per determinare la resistenza del materiale con le tabelle 4.2.I e 4.2.II del D.M. 17/01/18 e per il calcolo della resistenza a torsione. Se non specificato, verrà considerato uno spessore minore di 40 mm e non verranno effettuate verifiche a torsione.

**Momento di inerzia torsionale:** specificare il valore del momento di inerzia torsionale. Se non specificato, le verifiche a torsione non verranno effettuate.

**Costante di ingobbamento:** specificare il valore da utilizzare per le verifiche di stabilità flessione-torsionale. Se non specificato, verrà valutato un momento critico minore (a favore di sicurezza).

**Riduzione resistenza flessionale come per sezioni a I:** indicare se le verifiche a flessione e taglio semplice debbano essere effettuate facendo riferimento ai momenti resistenti elastici, ma effettuando una preliminare verifica a taglio con le aree di taglio indicate e riducendo se necessario il modulo elastico  $W$  di un fattore  $p$  come indicato al par. 4.2.4.1.2.6 del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Area resistente a taglio in dir. Y locale:** indicare il valore dell'area resistente a taglio ( $A_v$ ) in direzione Y locale per l'applicazione della relazione [4.2.17].
- **Area resistente a taglio in dir. Z locale:** indicare il valore dell'area resistente a taglio ( $A_v$ ) in direzione Z locale per l'applicazione della relazione [4.2.17].

### **Verifiche di deformabilità**

**Max valore del rapporto tra la luce e la freccia (totale):** specificare il valore massimo del rapporto tra luce e freccia della trave dovuta ai carichi permanenti ed accidentali.

**Max valore del rapporto tra la luce e la freccia (solo accidentali):** specificare il valore massimo del rapporto tra luce e freccia della trave dovuta solo ai carichi accidentali.

**Max valore del rapporto tra altezza e spostamento orizz. (aste):** specificare il valore massimo del rapporto tra l'altezza dell'asta e lo spostamento orizzontale. Lo spostamento orizzontale è dato dalla differenza dei vettori spostamento dei due nodi di estremità dell'asta. Per strutture calcolate con il D.M. 17/01/18 i valori limiti sono quelli riportati nella Tabella 4.2.XII del par. 4.2.4.2.2 del D.M. 17/01/18.

**Max valore del rapporto tra altezza e spostamento orizz. (membrature):** specificare il valore massimo del rapporto tra l'altezza della membratura e lo spostamento orizzontale. Lo spostamento orizzontale è dato dalla differenza dei vettori spostamento dei due nodi di estremità della membratura. Per strutture calcolate con il D.M. 17/01/18 i valori limiti sono quelli riportati nella Tabella 4.2.XII del par. 4.2.4.2.2 del D.M. 17/01/18.

**Considerare anche spostamento relativo nodi per calcolo freccia:** specificare se nel calcolo della freccia vada messo in conto anche lo spostamento relativo fra i nodi o se vada calcolata solo come la massima deformazione rispetto alla congiungente i nodi nella configurazione deformata. Si noti che per aste verticali

con membratura pilastro viene sempre preso in considerazione anche lo spostamento relativo e quindi l'opzione è sempre considerata attiva. L'opzione deve essere selezionata per le aste con un comportamento a mensola altrimenti si sottostima il valore della freccia.

**Considerare solo la verifica di deformabilità delle membrature:** specificare se valutare e riportare in relazione solo la verifica di deformabilità delle membrature (se definite). Per aste facenti parte di una membratura e caratterizzate da questo criterio non verrà valutata la freccia, intendendo che abbia senso solo quella della membratura di cui fanno parte. Se l'asta è singola, disattivare questo parametro per avere la verifica di deformabilità.

**Trascura deformazione dovuta al sisma (T.A.):** specificare se trascurare le deformazioni indotte dall'azione sismica nel calcolo della deformazione delle aste per strutture calcolate alle Tensioni Ammissibili.

### Verifiche di stabilità

**Riduzione lunghezza libera d'inflessione:** se il calcolo è stato effettuato considerando le zone rigide, è possibile specificare se la lunghezza libera di inflessione delle aste deve essere considerata al netto (eventualmente parziale) delle zone rigide o da nodo a nodo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Distanza fra i nodi dell'asta:** viene considerata come lunghezza libera di inflessione la distanza fra i nodi dell'asta.
- **Distanza ridotta delle zone rigide moltiplicate per il valore:** viene considerata come lunghezza libera di inflessione la distanza fra i nodi dell'asta ridotta delle zone rigide moltiplicate per tale fattore.

**Tipo di accoppiamento aste composte:** specificare il tipo di accoppiamento usato per le aste composte. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Separate:** le due sezioni che compongono l'asta vengono considerate separate ed ognuna è libera di inflettersi indipendentemente dall'altra.
- **Calastrellate o separate:** ai sensi della CNR 10011/85 le aste vengono considerate calastrellate e le verifiche avvengono secondo quanto specificato al par. 7.2.3.2. Ai sensi del D.M. 17/01/18 le aste vengono considerate separate.
- **Imbottite:** le aste vengono considerate imbottite e le verifiche avvengono secondo quanto specificato al par. 7.2.3.4 della CNR 10011/85 o al par. C4.2.4.1.3.1.5 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
- **Automatico:** ModeSt esamina automaticamente il tipo e la disposizione delle sezioni:
  - per profilati a L e UNP accoppiati lato labbri le aste si considerano sempre calastrellate per le verifiche ai sensi della CNR 10011/85 e separate ai sensi del D.M. 17/01/18;
  - per profilati a L e UNP accoppiati lato costole le aste si considerano calastrellate per le verifiche ai sensi della CNR 10011/85 e separate ai sensi del D.M. 17/01/18 se la distanza è maggiore di 3 volte lo spessore dei profilati, imbottite in caso contrario;
  - per profilati a I le aste si considerano calastrellate per le verifiche ai sensi della CNR 10011/85 e separate ai sensi del D.M. 17/01/18.

**Calcolo momento medio usando i valori assoluti:** specificare se calcolare il momento flettente medio considerando i valori assoluti e non i segni dei momenti.

**Interasse calastrelli o imbottiture:** specificare l'interasse dei calastrelli o delle imbottiture. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Distanza pari a:** viene assunto tale valore e controllato se sono rispettate le limitazioni di normativa. Se non sono rispettate ModeSt assume il massimo ammissibile da normativa (par. 7.2.3.2.1, 7.2.3.3 e 7.2.3.4.2 della CNR 10011/85) segnalando il problema nelle anomalie.
- **Interasse da normativa moltiplicato per il valore:** viene assunto un interasse dei calastrelli o delle imbottiture pari al massimo ammissibile da normativa moltiplicato per il valore assoluto del dato fornito. Ad esempio, specificando 0.8, se da normativa risulta un interasse massimo di 100 cm, ModeSt considera un interasse di  $100 \cdot 0.8 = 80$  cm. Nel caso di aste calastrellate il minimo di normativa è funzione dello sforzo normale agente sull'asta. ModeSt considera il massimo valore di compressione fra tutte le CC.
- **Aste rigidamente collegate:** vengono assunte le aste come rigidamente collegate e calcola di conseguenza la snellezza equivalente.

**Curva di stabilità (D.M. 18/EC3):** indicare se le curve di stabilità da adottare nelle verifiche vadano valutate automaticamente in funzione della tipologia di sezione e se laminata o meno, o se utilizzare la curva unica specificata. Le verifiche ai sensi della CNR 10011/85 vengono sempre eseguite con curve valutate automaticamente.

**Aste laminate:** specificare, ai fini delle verifiche di stabilità laterale delle travi inflesse, se l'asta è laminata o composta (par. 7.3.2 della CNR 10011/85 o Tabelle 4.2.VII e 4.2.IX par. 4.2.4.1.3.1 del D.M. 17/01/18).

Nel caso di verifiche eseguite ai sensi del D.M. 17/01/18, le sezioni cave sono sempre considerate come formate "a caldo".

**$\sigma_{max}$  amm. senza verifiche di stabilità (CNR 10011):** specificare la percentuale della tensione ammissibile al di sotto della quale trascurare le verifiche di stabilità. Scopo di questo parametro è evitare la stampa di verifiche di stabilità (sicuramente soddisfatte) per aste minimamente compresse a causa di sollecitazioni secondarie nella struttura. In caso di asta compressa ModeSt controlla se la tensione per solo sforzo normale supera il valore percentuale indicato e solo in tal caso procede alle verifiche di stabilità. In ogni caso viene considerata non compressa un'asta con  $\sigma < 10$  g/cmq.

**Verifica nei piani principali:** specificare se la verifica di stabilità globale deve essere effettuata nei piani principali d'inerzia della sezione o nei piani Y e Z locali. Questo parametro ed il seguente hanno ovviamente significato solo se gli assi Y e Z locali della sezione non coincidono con gli assi principali d'inerzia (sezioni a L).

**Carichi sull'estradosso (CNR 10011):** specificare se nella verifica di sicurezza a svergolamento i carichi sono da considerare applicati sull'estradosso della trave (par. 7.3.2.2.1 della CNR 10011/85).

### Verifiche di stabilità asta

**Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità ed il valore del coefficiente  $\beta$  da utilizzare per le verifiche di stabilità intorno all'asse Y (Z) locale delle aste. Eventuali coefficienti  $\beta$  assegnati alle aste come parametro aggiuntivo (si veda **Definizione dei parametri aste**) hanno comunque la precedenza su questi.

**Verifiche di stabilità flessio-torsionale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità flessio-torsionale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Coeff. per calcolo interasse ritegni torsionali:** specificare il valore del coefficiente di libera inflessione ( $\beta_x$ ) intorno all'asse della sezione (torsionale). Tale coefficiente, moltiplicato per la lunghezza totale dell'asta, determina la lunghezza di un campo di trave fra due ritegni torsionali successivi per la verifica di sicurezza a svergolamento (par. 7.3.2 della CNR 10011/85, D.M. 17/01/18 par. 4.2.4.1.3.2). Un eventuale coefficiente  $\beta_x$  assegnato alle aste come parametro aggiuntivo (si veda **Definizione dei parametri aste**) ha comunque la precedenza su questo.
- **Eseguire anche le verifiche al punto 7.3.2 (CNR 10011):** specificare se effettuare anche le verifiche del par. 7.3.2 della CNR 10011/85. Vengono comunque eseguite le verifiche di cui ai punti 7.3.2.2.1 e 7.3.2.2.2.

**Aste inflesse (D.M. 18/EC3):** indicare i parametri necessari per la verifica di stabilità laterale per flessione (par. 4.2.4.1.3.2 del D.M. 17/01/18 e par. C4.2.4.1.3.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19). Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Coefficiente  $\psi$  per calcolo momento critico:** specificare come calcolare il coefficiente per il calcolo del momento critico.
  - **Valuta in base ai momenti dell'asta:** nella verifica viene utilizzato il valore calcolato con la formula C4.2.31 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
  - **Utilizza valore imposto:** nella verifica viene utilizzato il valore imposto.
2. **Fattore correttivo di distribuzione  $K_c$**
3. **Snellezza di riferimento  $\lambda_{LT,0}$**
4. **Coeff.  $\beta$**

**Aste pressoinflesse (D.M. 18/EC3):** indicare i parametri necessari per la verifica di stabilità laterale per flessione (par. 4.2.4.1.3.3 del D.M. 17/01/18). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera come molto deformabile a torsione:** specificare se l'elemento da verificare sia molto deformabile torsionalmente. Se l'opzione è selezionata viene utilizzata la tabella C4.2.V al posto della tabella C4.2.IV riportate nella Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
- **Fattore correttivo di distribuzione  $\alpha_{mY}/C_{mY}$**
- **Fattore correttivo di distribuzione  $\alpha_{mZ}/C_{mZ}$**
- **Fattore correttivo di distribuzione  $\alpha_{mLT}/C_{mLT}$**

**Verifiche di stabilità all'imbozzamento (CNR 10011):** per le verifiche di stabilità all'imbozzamento (par. 7.6 della CNR 10011/85) sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Numero irrigidimenti orizzontali anima:** specificare il numero di nervature orizzontali di irrigidimento dell'anima nelle sezioni a I ed a C, necessario per il calcolo delle dimensioni dei pannelli da verificare ad imbozzamento (par. 7.6 della CNR 10011/85).
2. **Interasse irrigidimenti verticali anima:** specificare l'interasse fra le nervature verticali di irrigidimento dell'anima nelle sezioni a I ed a C, necessario per il calcolo delle dimensioni dei pannelli da verificare ad imbozzamento (par. 7.6 della CNR 10011/85). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Numero di suddivisioni:** l'interasse viene calcolato dividendo l'asta nel numero di parti indicate. Ad esempio specificando 85 l'asta verrà divisa in pannelli di lunghezza non inferiore a 85 cm.
  - **Distanza non inferiore a:** l'asta viene divisa nel numero di parti minimo necessario per ottenere un interasse delle nervature maggiore di quello indicato.
  - **Pari alla lunghezza dell'asta:** la verifica verrà effettuata su un pannello di lunghezza pari a quella dell'asta.
3. **Modalità di calcolo SigmaCr,id:** specificare l'espressione da utilizzare per il calcolo della  $\sigma_{cr,id}$  per maggiori informazioni si veda **Normativa**. Sono disponibili le seguenti opzioni:
- **Normativa:** espressione riportata dalla normativa.
  - **Massonnet:** espressione ricavata dalla relazione di Massonnet.
  - **Ballio:** espressione riportata in G. Ballio - F.M. Mazzolani.

### Verifiche di stabilità membratura

**Massimo numero aste costituenti unica membratura:** specificare il massimo numero di aste che possono costituire un'unica membratura per le verifiche di stabilità globale.

**Sforzo normale di verifica:** specificare la modalità di calcolo dello sforzo normale da considerare per le verifiche di stabilità globale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Massimo valore fra tutte le aste:** considera il massimo valore di compressione fra tutte le aste che compongono la membratura.
- **Media aritmetica dei valori di tutte le aste:** considera la media aritmetica dei valori degli sforzi normali di tutte le aste che compongono la membratura.
- **Media pesata di tutte le aste:** considera la media pesata (sulle lunghezze) dei valori degli sforzi normali di tutte le aste che compongono la membratura.

**Contributo eventuali sforzi di trazione:** specificare se nell'eventuale calcolo dello sforzo normale medio e nel calcolo automatico dei coefficienti  $\beta$  devono essere considerati anche gli sforzi di trazione eventualmente presenti nelle aste che compongono un'unica membratura.

**Incremento snellezza:** se è stato specificato di non effettuare le verifiche nei piani principali (si veda **Verifica nei piani principali**), indicare se la snellezza deve essere aumentata come da normativa (par. 7.2.2.3.3 della CNR 10011/85).

**Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità ed il valore del coefficiente  $\beta$  da utilizzare per le verifiche di stabilità intorno all'asse Y (Z) locale da considerare nelle verifiche di stabilità globale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Coeff.  $\beta$  intorno all'asse Y (Z) calcolato in funzione dello sforzo normale:** il coefficiente  $\beta$  viene calcolato come:

$$\beta = 0.75 + 0.25 \cdot N_{\min} / N_{\max}; \beta \geq 0.50$$

dove  $N_{\max}$  e  $N_{\min}$  sono il massimo ed il minimo sforzo di compressione nelle aste che compongono la membratura ( $N_{\min}$  può essere di trazione se è stato specificato che devono essere considerati anche gli sforzi di trazione). Nella formula citata (G. Ballio - F. M. Mazzolani - Strutture in acciaio - ISEDI) si considerano positivi gli sforzi di compressione. Si osservi che in questo caso i coefficienti  $\beta$  possono variare da una CC all'altra.

- **Coeff.  $\beta$  intorno all'asse Y (Z)**

**Verifiche di stabilità flessio-torsionale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità flessio-torsionale. È disponibile la seguente opzione:

- **Coeff. per calcolo interasse ritegni torsionali:** specificare il valore del coefficiente di libera inflessione ( $\beta_x$ ) intorno all'asse della sezione (torsionale). Tale coefficiente, moltiplicato per la lunghezza totale della membratura, determina la lunghezza di un campo di trave fra due ritegni torsionali successivi per la verifica di sicurezza a svergolamento (par. 7.3.2 della CNR 10011/85, D.M. 17/01/18 par. 4.2.4.1.3.2). Un eventuale coefficiente  $\beta_x$  assegnato alle aste come parametro aggiuntivo (si veda **Definizione dei parametri aste**) ha comunque la precedenza su questo.

**Membrature inflesse (D.M. 18/EC3):** indicare i parametri necessari per la verifica di stabilità laterale per flessione (par. 4.2.4.1.3.2 del D.M. 17/01/18 e par. C4.2.4.1.3.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19). Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Coefficiente  $\psi$  per calcolo momento critico:** specificare come calcolare il coefficiente per il calcolo del momento critico.
  - **Valuta in base ai momenti della membratura:** nella verifica viene utilizzato il valore calcolato con la formula C4.2.31 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

- **Utilizza valore imposto:** nella verifica viene utilizzato il valore imposto.

## 2. Fattore correttivo di distribuzione $K_c$

## 3. Snellezza di riferimento $\lambda_{LT,0}$

## 4. Coeff. $\beta$

**Membrature pressoinflesse (D.M. 18/EC3):** indicare i parametri necessari per la verifica di stabilità laterale per flessione (par. 4.2.4.1.3.3 del D.M. 17/01/18). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera come molto deformabile a torsione:** specificare se l'elemento da verificare sia molto deformabile torsionalmente. Se l'opzione è selezionata viene utilizzata la tabella C4.2.V al posto della tabella C4.2.IV riportate nella Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
- **Fattore correttivo di distribuzione  $\alpha_{my}/C_{my}$**
- **Fattore correttivo di distribuzione  $\alpha_{mz}/C_{mz}$**
- **Fattore correttivo di distribuzione  $\alpha_{mLT}/C_{mLT}$**

## Dati per verifiche di resistenza al fuoco

**Tempo di verifica (REI):** indicare il tempo dall'inizio dell'applicazione dell'azione termica in cui devono essere eseguite le verifiche di resistenza delle sezioni.

**Fattore di momento uniforme equivalente  $\beta_{M,y}$ :** il fattore può essere stimato dalla figura 4.2 del par. 4.2.3.5 del EC3.

**Fattore di momento uniforme equivalente  $\beta_{M,z}$ :** il fattore può essere stimato dalla figura 4.2 del par. 4.2.3.5 del EC3.

**Fattore di momento uniforme equivalente  $\beta_{M,LT}$ :** il fattore può essere stimato dalla figura 4.2 del par. 4.2.3.5 del EC3.

**Nota:** i fattori di momento uniforme equivalente sono utilizzati nelle verifiche di stabilità a pressoflessione deviata definita al par. 4.2.3.5 delle UNI EN 1993-1-2 (EC3).

# Progettazione dei collegamenti

## Inviluppi

### Definizione inviluppi

ModeSt è in grado di involuppare fra loro più reticolari con la stessa geometria o più collegamenti con la stessa tipologia in modo da progettare le unioni in funzione delle sollecitazioni massime, producendo però un solo disegno e un'unica relazione di calcolo.

La definizione degli inviluppi delle reticolari/collegamenti può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Inviluppi** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Definizione**  e poi su reticolare o su collegamento da involuppare.

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Automatica** , attraverso il bottone **Modifica inviluppi** relativo alla reticolare/collegamento da involuppare.

Nella casella relativa a **Inviluppo reticolari/collegamenti** è possibile specificare i numeri delle reticolari o i **nomi dei collegamenti** da involuppare. Su ogni riga è possibile indicare un solo inviluppo, inserendo inizialmente il numero della reticolare/collegamento "principale" e successivamente i numeri delle reticolari/collegamenti da involuppare separati da spazio. La sintassi è la seguente: **n1 n2 n3 n4 ...** per creare il disegno relativo alla sola reticolare/collegamento n1, ma progettando i collegamenti tenendo conto anche delle sollecitazioni delle reticolari/collegamenti n2, n3, n4, ... È possibile anche indicare negli inviluppi le reticolari che si desidera vengano disegnate viste dalla parte opposta rispetto a quella individuata per default da ModeSt. È sufficiente indicare il numero della reticolare negativo.

Nella finestra di dialogo è possibile, cliccando sul bottone **Interattivo** definire graficamente gli inviluppi selezionando gli elementi nella finestra di modellazione oppure, cliccando sul bottone **Automatico** far definire gli inviluppi automaticamente al programma. Dopo aver effettuato una qualsiasi modifica agli inviluppi, occorre cliccare sul bottone **Applica** prima di procedere alla definizione automatica o interattiva degli inviluppi. Per ogni elemento strutturale si riportano di seguito alcune note sulla correttezza degli inviluppi:



- La correttezza degli inviluppi viene controllata al termine della loro definizione.

- Non è possibile involuppare reticolari costituite da un diverso numero di aste, con sezioni non corrispondenti o con lunghezze delle aste (da nodo a nodo) non corrispondenti. Per l'individuazione di tutti i parametri che dipendono dalla configurazione geometrica della reticolare e dagli elementi incidenti su di essa ModeSt fa comunque sempre riferimento alla reticolare "principale".
- Non è possibile involuppare collegamenti con diversa tipologia ed appartenenti ad aste con sezioni di diversa tipologia.

**Utilizzo da linea di comando: DEIN** (Definisce involuppi).

## Colorazione involuppi



La colorazione delle reticolari o dei collegamenti appartenenti a differenti involuppi si effettua cliccando nel

gruppo **Involuppi** della scheda **Post-processor** su **Colorazioni**  e poi su **Reticolari**  o su **Collegamenti** .

**Utilizzo da linea di comando: COLI** (Colora involuppi).

## Progettazione automatica

La progettazione automatica delle reticolari o dei collegamenti in acciaio può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Automatica**  e nella finestra di dialogo scegliendo quali elementi progettare automaticamente.  
È possibile progettare solo alcune reticolari specificandone i numeri separati da spazio nella casella di testo **Reticolari singole**. La sintassi è la seguente: **n1 n2 n3 n4** per progettare le reticolari con numero n1, n2, n3, n4 (ad esempio 1 101 201) oppure **-n1 -n2 -n3 -n4** per progettare tutte le reticolari escluso quelle con numero n1, n2, n3, n4 (ad esempio -1 -101 -201). Non è possibile utilizzare contemporaneamente i due metodi (specifica ad esclusione).  
Non è possibile progettare singoli collegamenti.
- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando sulla freccia a destra di **Automatica**  e poi su quali elementi progettare.
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sul simbolo della reticolare o sull'estremità dell'asta ► *Elaborazioni e Ms-Cad ► Progettazione automatica*.  
In questo caso viene eseguita la progettazione automatica della sola reticolare selezionata o del collegamento assegnato all'estremità dell'asta, eventualmente involuppati con altri.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome della reticolare o del collegamento (che è stato precedentemente progettato) ► *Progettazione automatica*.  
In questo caso viene eseguita la ri-progettazione automatica della reticolare o del collegamento selezionato, eventualmente involuppati con altri.

L'involuppo di più reticolari o collegamenti geometricamente uguali è effettuabile secondo i criteri ed i metodi indicati in **Definizione degli involuppi**.




L'opzione "Solo elementi non progettati" consente di progettare le reticolari e i collegamenti solo degli elementi non progettati.

**Utilizzo da linea di comando: PROG** (Progetta).

## Progettazione interattiva

In progettazione interattiva è possibile controllare e modificare tutte le unioni dei finali di asta della reticolare in acciaio o tutti i collegamenti in acciaio ed aggiungere particolari costruttivi, note e dettagli con i comandi di Ms-Cad.

La progettazione interattiva delle reticolari o dei collegamenti in acciaio può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Interattiva**  e poi su **Reticolari**  specificando il numero della reticolare oppure, oppure cliccando su **Collegamenti**  specificando il **nome del collegamento** da progettare.
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sul simbolo della reticolare o sull'estremità dell'asta ► *Elaborazioni e Ms-Cad ► Progettazione interattiva*.

- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome del file relativo ad una reticolare o ad un collegamento (che è stato precedentemente progettato) ► *Progettazione interattiva*.



In tutti i casi, se sono stati definiti degli involuppi di reticolari o di collegamenti, viene automaticamente ricercato il gruppo a cui la reticolare o il collegamento appartiene e nelle verifiche vengono considerate le sollecitazioni di tutto il gruppo.

L'involuppo di più reticolari o collegamenti geometricamente uguali è effettuabile secondo i criteri ed i metodi indicati in **Definizione involuppi**.

**Utilizzo da linea di comando:** **EDIT** (Editor).

## Copia ed assegna progettazione

È possibile copiare la progettazione dei collegamenti in acciaio per assegnarla ad altri collegamenti in acciaio. La copia e l'assegnazione delle progettazioni dei collegamenti in acciaio si effettua cliccando nel gruppo **Pro-**



**gettazione** della scheda **Post-Processor** su **Copia**  e poi su **Collegamenti**  e quindi selezionando l'estremità dell'asta da cui copiare la progettazione e poi quella a cui assegnarla.

Al termine della copia è necessario effettuare la riverifica dei collegamenti in acciaio. Successivamente occorre comunque controllare le progettazioni dei collegamenti, poiché potrebbero essere state assegnate ad aste geometricamente diverse.

**Utilizzo da linea di comando:** **COPRO** (Copia ed assegna le progettazioni di un elemento).

## Riverifica automatica

La riverifica automatica delle reticolari o dei collegamenti in acciaio può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Acciaio**  e poi su **Riverifica elementi progettati** .




È possibile riverificare solo alcune reticolari specificandone i numeri separati da spazi nella casella di testo **Reticolari singole**. Nella casella **Reticolari singole** è possibile specificare l'insieme di reticolari da riverificare. Le specifiche sono quelle riportate in **Selezione reticolari** ad esclusione di FIN, FINC e VIS, al quale si rimanda per maggiori dettagli. In particolare se nella sequenza di selezioni (ad esempio IMP 1 QZ 0 SEL) è presente l'opzione SEL questa viene eseguita per prima.

- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sul simbolo della reticolare o sull'estremità dell'asta ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Riverifica automatica*.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome della reticolare o del collegamento ► *Riverifica automatica*.

## Mappe tassi di sfruttamento

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra l'azione agente e la relativa resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento di capacità degli elementi di fondazione per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo

sia stato eseguito, cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Acciaio** , selezionando "Tassi di sfruttamento", e poi cliccando su **Reticolari**  o **Collegamenti** .

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di reticolari o di estremità di aste a cui appartengono i collegamenti e non può essere effettuata se non sono verificati.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTSFFAR** (Disegna tassi di sfruttamento reticolari), **DTSFFAT** (Disegna tassi di sfruttamento collegamenti).



**Argomenti correlati:** **Fattori di scala**.

## IDEA StatiCa Steel



La procedura consente di esportare i dati di tutte le aste in acciaio che convergono in un nodo qualsiasi della struttura a IDEA StatiCa Steel. Con IDEA StatiCa Steel è possibile progettare interattivamente il collegamento in acciaio anche con normative diverse da quella utilizzata nel calcolo della struttura.

L'esportazione dei dati (geometria e sollecitazioni) a IDEA StatiCa Steel può essere effettuata in diversi modi:



- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Interattiva**  e poi su **Collegamenti con IDEA StatiCa Steel**  specificando il numero del nodo da progettare.
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sul nodo ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Progettazione collegamenti con IDEA StatiCa Steel*.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome del file relativo ad un collegamento (che è stato precedentemente progettato) ► *Progettazione collegamenti con IDEA StatiCa Steel*.

Prima di procedere all'esportazione occorre accertarsi che nelle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu

dell'applicazione  e poi su **Opzioni** , sia settata correttamente la cartella d'installazione di IDEA StatiCa Steel.

Facciamo notare che qualsiasi modifica alla geometria e/o alle sollecitazioni effettuate in IDEA StatiCa Steel verranno completamente perse alla riapertura del collegamento da ModeSt.

La sezione delle aste viene esportata utilizzando il codice indicato nella definizione della sezione ed il file sezmgmt.csv. Il file sezmgmt.csv contiene le codifiche delle sezioni in acciaio utilizzate dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Nel file ci sono una serie di righe e colonne, dove in ogni riga è specificato il codice della sezione utilizzato dal programma indicato in cima alla colonna (intestazione). Il file sezmgmt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows.

Per cui, prima di procedere con l'esportazione, consigliamo di verificare che il codice indicato corrisponda esattamente al tipo di sezione, per evitare di avere aste con sezione di forma o dimensioni diversa da quelle della struttura, e che sia presente nel file sezmgmt.csv. Quindi, se il codice della sezione coincide con quello presente nella colonna "ModeSt", la sezione viene definita utilizzando il codice indicato nella colonna "Idea".


L'esportazione viene interrotta se la sezione è priva di codice oppure non è presente nella prima colonna del file sezmgmt.csv.

Vengono esportate solo le aste con verifica prevista acciaio.

**Non vengono esportate le aste con sezioni del seguente tipo: doppia I, doppia C lato labbri e Omega.**

Le caratteristiche meccaniche e di resistenza delle aste esportate sono le seguenti:

- Modulo elastico (E): 21000000000 daN/mq
- Coefficiente di Poisson ( $\nu$ ): 0.3
- Coefficiente di dilatazione termica ( $\alpha$ ):  $12 \cdot 10^{-6}/K$
- Conduttività termica ( $\lambda$ ): 50 W/m.K
- Capacità calore specifico (c): 0.00049 kJ/m.K
- Resistenza di snervamento ( $F_y$ ): valore impostato nei criteri di progetto delle verifiche delle aste in acciaio, scheda materiali, sezione EC3
- Resistenza ultima ( $F_u$ ): valore impostato nei criteri di progetto delle verifiche delle aste in acciaio, scheda materiali, sezione EC3
- Resistenza di snervamento per spessori superiori a 40 mm ( $F_{y,40}$ ): valore impostato nei criteri di progetto delle verifiche delle aste in acciaio, scheda materiali, sezione EC3
- Resistenza ultima per spessori superiori a 40 mm ( $F_{u,40}$ ): valore impostato nei criteri di progetto delle verifiche delle aste in acciaio, scheda materiali, sezione EC3

Per esportare un elemento come continuo è sufficiente assegnare ad un'asta incidente nel nodo il collegamento di tipo "Asta continua" .

Eventuali modifiche alla struttura vanno salvate precedentemente alla progettazione dei collegamenti con IDEA StatiCa Steel.

## Reticolari in acciaio

### Introduzione

È possibile progettare i collegamenti bullonati o saldati di tutte le aste componenti una reticolare in acciaio, tenendo conto delle sollecitazioni indotte dallo sforzo normale, dal momento con asse normale al piano della reticolare e dal taglio nel piano della reticolare.

Per le reticolari con giunzione di tipo "Bullonata" e "Saldata" la sezione delle aste deve essere di tipo doppia L, doppia C lato costole, rettangolare cava e circolare cava. Le sezioni ad L non possono avere lo spessore variabile cioè il valore del dato percentuale "%" deve essere nullo. Per le sezioni di tipo doppia L e doppia C lato costole la distanza di accoppiamento "D" non deve essere nulla, questo per consentire l'inserimento della piastra tra i due profili accoppiati. Sono ammesse anche le sezioni I (IPE o HE) se assegnate alle aste verticali degli estremi della reticolare ma non ai montanti, ai correnti superiori o inferiori e ai diagonali.

Per le reticolari con giunzione di tipo "Saldata in testa" la sezione delle aste deve essere a I (IPE o HE), rettangolare cava o circolare cava. Non è possibile progettare una reticolare composta esclusivamente da aste con sezione circolare cava.

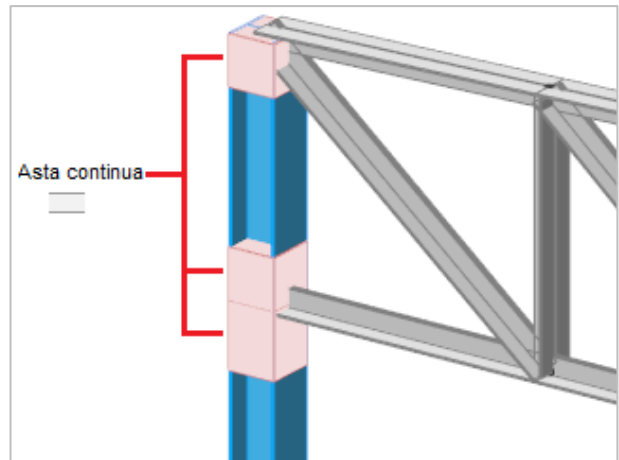
Per progettare il collegamento della reticolare con i pilastri, posizionati agli estremi della reticolare, è necessario assegnare il collegamento di tipo "Asta continua" agli estremi delle aste dei pilastri che si debbono collegare con la reticolare (si veda l'esempio riportato in figura).

È possibile generare in automatico i disegni esecutivi completi ma modificabili in progettazione interattiva, oppure progettare in modo completamente o parzialmente manuale i collegamenti.

Per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, il progetto e la verifica dei collegamenti vengono effettuati sempre al limite elastico, ossia confrontando la resistenza con le sollecitazioni derivanti dal calcolo, non vengono quindi effettuati i controlli che garantiscono un comportamento dissipativo del collegamento. Pertanto le sollecitazioni di progetto sono ottenute dall'analisi eseguita in ipotesi di comportamento strutturale non dissipativo.

ModeSt crea e mantiene aggiornata la relazione di calcolo ed il computo delle membrature e delle piastre.

È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva unioni reticolari in acciaio.**




## Progettazione interattiva reticolari


Nell'ambiente di progettazione interattiva reticolari, se la reticolare era già stata precedentemente progettata e archiviata verrà richiamata, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico. Al termine della progettazione è possibile archiviare il collegamento e creare o aggiornare i file necessari. Sono disponibili tutti i comandi di Ms-Cad. Si veda anche **Ms-Cad e progettazione interattiva.**


Si riportano di seguito tutti i comandi raggruppati per funzionalità:


### Generali

**Progetta aut.**  progetta la reticolare esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.

**Ricalcola**  effettua il controllo della correttezza della progettazione, con la segnalazione di eventuali anomalie geometriche e tensionali.

**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico della reticolare.


**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato alla reticolare.


**Mod. configurazione**  modifica la configurazione della reticolare.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).

### Diagrammi


**Tassi sfrutt.**  attiva o disattiva i tassi di sfruttamento.


I tassi di sfruttamento sono visualizzabili solo se è stato eseguito il calcolo delle tensioni con il comando


**Ricalcola**  e si riferiscono alla CC stabilita dal pannello **Parametri risultati** della sezione "Sollecitazioni e risultati correnti" selezionandola dalla casella di riepilogo a discesa "Risultati".

**Utilizzo da linea di comando:** **DTSFR** (Disegna tassi di sfruttamento reticolari).


## Collegamento


**Progetta aut.**  progetta automaticamente il collegamento della reticolare selezionato con il cursore grafico.


**Proprietà**  modifica il collegamento progettato in automatico o eventualmente consente di progettarlo completamente in modo manuale.


**Elimina prog.**  elimina la progettazione del collegamento selezionato con il cursore grafico.


### Finale di asta

**Progetta aut.**  progetta automaticamente il singolo finale di asta selezionato con il cursore grafico.

**Proprietà**  modifica il singolo finale di asta progettato in automatico o eventualmente consente di progettarlo completamente in modo manuale.


**Elimina prog.**  elimina la progettazione del singolo finale di asta selezionato con il cursore grafico.


**Avvicina**  avvicina il finale di asta al nodo.

**Allontana**  allontana il finale di asta al nodo.

## Disegno

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale della reticolare progettata.

**Computo**  attiva o disattiva il disegno del computo dei materiali. È possibile modificare la posizione della tabella del computo selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale), **DCMP** (Disegna computo).

## Note tecniche

### Continuità e posizionamento

ModeSt riconosce automaticamente le aste allineate e per default le considera come continue. È possibile interrompere la continuità con il tasto destro del mouse sul nodo relativo al collegamento dove si vuole interrompere la continuità.

Se viceversa ModeSt ha interrotto aste che si desiderava considerare come continue, questo significa che le aste non sono perfettamente allineate. Controllare il posizionamento dei nodi ed eventualmente definendo un sistema di riferimento personalizzato con l'asse X lungo l'asta continua (si veda **Sistema di riferimento attivo**), sarà possibile, dopo aver **selezionato i nodi** lungo l'asse X, assegnare il valore 0 alle coordinate Y e Z in modo da eliminare errori dovuti a tolleranze o imprecisioni numeriche.

In ognuno dei nodi costituenti una reticolare ModeSt cerca di definire una "*priorità*" delle aste che vi confluiscono, in modo da stabilire quali siano le aste che devono maggiormente avvicinarsi al nodo e stabilire così le relative lunghezze di taglio. Anche questa priorità è modificabile con il tasto destro del mouse sulle estremità delle aste con le opzioni "*avvicina*" e "*allontana*". A volte può sembrare che il comando non abbia effetto in quanto ha modificato solo priorità equivalenti; in questo caso sarà sufficiente avvicinare o allontanare di nuovo l'estremo dell'asta. Un breve suono segnala che l'asta non può essere ulteriormente allontanata o avvicinata al nodo.

Sempre con il tasto destro del mouse sul nodo è possibile imporre che tutte le aste terminino ad una stessa distanza dal nodo.

### Forma delle piastre di collegamento

Nei nodi delle reticolari in acciaio ModeSt definisce automaticamente la forma delle piastre che può essere di due tipi:

- **Poligonale:** viene definita sagomando la piastra ortogonalmente ai profili in modo da rispettare l'ingombro necessario al collegamento e minimizzando ed ottimizzando poi il poligono risultante.
- **Rettangolare:** viene definita considerando il rettangolo con base parallela alle prime due aste nella sequenza di priorità e imponendo le altre dimensioni in modo da rispettare l'ingombro necessario al collegamento nelle varie aste.

Il tipo di piastra viene determinato in funzione di quanto specificato nei criteri di progetto (vedi **Forma della piastra**), ma può essere modificato con il tasto destro sul nodo che identifica il collegamento.

In corrispondenza del bordo **esterno** della reticolare (determinato automaticamente da ModeSt) nel caso di giunzione saldata la piastra non viene allargata per accogliere la saldatura, ma, per profili doppio L e doppio C, arretrata (per consentire saldature a cordoni d'angolo nello spazio che resta fra i profili) o portata a filo del profilo (per consentire saldature su piastra sagomata in modo da garantire la penetrazione del cordone). Anche questo comportamento può essere modificato con il tasto destro sul nodo che identifica il collegamento.

## Telai in acciaio

### Introduzione

È possibile progettare i collegamenti del tipo a squadretta, flangia, coprighiunto, piastra di fondazione, saldatura a cordone d'angolo e continuità con saldatura a completo ripristino.

Nella progettazione dei collegamenti per strutture intelaiate in acciaio si è reso necessario definire in modo congruente una serie di denominazioni che consentano, sia nell'utilizzo del programma (messaggi di errore, anomalie, segnalazioni) che nella stesura della presente documentazione, di fare riferimento senza ambiguità alle varie parti che costituiscono il collegamento.

Si è quindi adottata la seguente terminologia:

**Collegamento:** indica l'insieme di tutte le parti che vengono progettate e disegnate (saldature, bullonature, ecc.).

**Finale:** indica la parte terminale dell'asta a cui è stato assegnato il tipo di collegamento prescelto.










**Ospite:** indica l'asta alla quale il finale si attacca tramite il collegamento.




















**Bullonatura:** indica un insieme di bulloni che deve essere verificato come oggetto unitario. In un collegamento possono quindi esserci più bullonature (ad esempio nel giunto a squadretta).

**Saldatura:** indica un insieme di cordoni di saldature che deve essere verificato come oggetto unitario. In un collegamento possono quindi in teoria esserci più saldature, anche se questo attualmente non avviene in nessuno dei collegamenti effettuati da ModeSt.


I collegamenti sono identificati mediante un nome che è definito come la coppia dei numeri dei nodi separati dal simbolo "\_" (ad esempio 1\_101) dove il primo numero indica il nodo su cui insiste il collegamento, mentre il secondo nodo indica l'altro estremo dell'asta a cui appartiene il collegamento. Ad esempio il nome del collegamento definito al primo estremo dell'asta che va dal nodo 5 al 105 sarà 5\_105, mentre il nome del collegamento eventualmente presente sull'altro estremo dell'asta sarà 105\_5.

Il tipo di sezione dell'asta a cui è possibile assegnare il collegamento è funzione del tipo di collegamento ed è riassunto nella tabella seguente:

Tipologia collegamento		Tipologia sezione asta
	Flangia	I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L
	Flangia estesa inferiormente	I
	Flangia estesa superiormente	I
	Flangia estesa inferiormente e superiormente	I
	Flangia su flangia di elevazione	I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L
	Flangia rinforzata	I
	Flangia rinforzata e estesa inferiormente	I
	Flangia rinforzata e estesa superiormente	I
	Flangia rinforzata e estesa inferiormente e superiormente	I

	Flangia rinforzata con mensola	I
	Flangia rinforzata con mensola e estesa superiormente	I
	Flangia su flangia a T	I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L
	Squadretta	I
	Saldatura a cordone d'angolo	I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L, Rettangolare
	Saldatura a cordone d'angolo rinforzata	I
	Piastra d'anima	I*, L, C, Rettangolare, Circolare, Circolare cava, Rettangolare cava, doppia L lato costole, doppia C lato costole
	Coprigiunto d'anima	I
	Coprigiunto d'anima e ali	I
	Coprigiunto completo	I
	Continuità con flangia	I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L
	Continuità con flangia e rinforzi	Circolare cava
	Continuità con saldatura a completa penetrazione	I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L
	Piastra di fondazione	I, 2I, T, C, Circolare cava, Rettangolare cava, L
	Piastra di fondazione rinforzata	Circolare cava, Rettangolare cava
	Piastra di fondazione con 1 rinforzo	I
	Piastra di fondazione con 2 rinforzi	I
	Piastra di fondazione con 3 rinforzi	I
	Piastra di fondazione con 4 rinforzi	I

\* Collegamento progettabile solo nel caso in cui le aste finale ed ospite sono ortogonali.

Si fa notare che è possibile assegnare ad un'asta anche il collegamento di tipo "Asta continua" . Questo tipo di collegamento è bene venga assegnato almeno ad uno degli ospiti del collegamento. Questo consente al programma sia a livello di disegno che a livello di verifica di operare in modo corretto in quanto indica che l'asta prosegue (ovviamente se è presente l'asta) dopo l'incidenza con quella interessata dal finale. Inoltre all'ospite con collegamento di "Asta continua" viene data la priorità per la ricerca delle configurazioni ed interferenze geometriche necessarie alla progettazione. Questo può rendersi necessario nel caso di cambi sezione o ambiguità nella scelta fra le aste incidenti sul finale. In alcuni casi, senza questa indicazione, non sono inoltre calcolabili in modo corretto uno o più parametri di tipo geometrico (ad esempio la distanza dai bordi liberi) per effettuare alcune verifiche come quelle da rifollamento. È necessario dare questa informazione anche ad aste che non proseguono nel modello oltre il finale come ad esempio per giunti fra due aste orizzontali ad angolo fra di loro. In questo caso l'asta ospite è univoca e non ci sono ambiguità, ma con questa indicazione il programma comprende che l'asta va comunque pensata estesa oltre il nodo fino al bordo esterno della sezione del finale per essere in grado di "ospitare" realmente il finale dell'altra e compiere le verifiche con una configurazione geometrica corretta.

Per strutture calcolate sia ai sensi del D.M. 14/02/92 che del D.M. 16/01/96, le verifiche vengono effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili e agli stati limite secondo le Norme Tecniche CNR 10011/85 e successive modifiche.

Per strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18, il progetto e la verifica dei collegamenti vengono effettuati sempre al limite elastico, ossia confrontando la resistenza con le sollecitazioni derivanti dal calcolo; non vengono quindi effettuati i controlli che garantiscono un comportamento dissipativo del collegamento. Pertanto

le sollecitazioni di progetto sono ottenute dall'analisi eseguita in ipotesi di comportamento strutturale non dissipativo.

È possibile generare in automatico i disegni esecutivi completi ma modificabili in progettazione interattiva, oppure progettare in modo completamente o parzialmente manuale i collegamenti.

ModeSt crea e mantiene aggiornata la relazione di calcolo.


È anche possibile consultare il tutorial: **Progettazione interattiva collegamenti struttura intelaiata**.


## Progettazione interattiva collegamenti

Nell'ambiente di progettazione interattiva collegamenti, se il collegamento era già stato precedentemente progettato e archiviato verrà richiamato, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico. Al termine della progettazione è possibile archiviare il collegamento e creare o aggiornare i file necessari. Sono disponibili tutti i comandi di Ms-Cad. Si veda anche **Ms-Cad e progettazione interattiva**.


Si riportano di seguito tutti i comandi raggruppati per funzionalità:


### Generali


**Progetta aut.**  progetta il collegamento esattamente come ModeSt avrebbe fatto in progettazione automatica.

**Ricalcola**  effettua il controllo della correttezza della progettazione, con la segnalazione di eventuali anomalie geometriche e tensionali.

**Note:** viene controllata la resistenza a taglio dei bulloni o tirafondi, la resistenza a trazione nei bulloni, la lunghezza di ancoraggio dei tirafondi, il rifollamento nelle piastre e nei profilati, la resistenza delle saldature e della piastra. Vengono controllate le distanze dal bordo libero o irrigidito dei bulloni o tirafondi e i loro interessi.


**Elimina prog.**  elimina completamente la progettazione lasciando solo il disegno geometrico del collegamento.


**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.


**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato al collegamento.


**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).


### Diagrammi

**Tau**  attiva o disattiva il disegno della tensione tangenziale nei bulloni o tirafondi e nelle saldature.

**Sigma f.**  attiva o disattiva il disegno della tensione agente nei bulloni o tirafondi, nella piastra e nelle saldature.


**Sforzi bul.**  attiva o disattiva il disegno degli sforzi nei bulloni.

**Tassi sfrutt.**  attiva o disattiva il disegno dei tassi di sfruttamento.


I suddetti comandi sono visualizzabili solo se è stato eseguito il calcolo delle tensioni con il comando **Ricalcola**  e si riferiscono al caso di verifica impostato nella casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche**.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTAU** (Disegna tau), **DSF** (Disegna sigma ferri), **DSB** (Disegna sforzi bulloni), **DTSFCL** (Disegna tassi di sfruttamento collegamenti).

### Collegamento

**Proprietà**  modifica il collegamento progettato in automatico o eventualmente consente di progettarlo completamente in modo manuale.

### Disegno

**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale del collegamento progettato.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale).

### Disegno dei telai

È possibile creare il disegno della pianta e del prospetto dei telai in acciaio con l'indicazione dei collegamenti progettati, con ModeSt o con IDEA StatiCa Steel, cliccando nel gruppo **Disegni** della scheda **Post-Processor**



su **Telai in acciaio**. I telai vengono disegnati, utilizzando la **scala** specificata nei criteri generali di disegno nodi in acciaio, se sono stati progettati i collegamenti.

**Utilizzo da linea di comando: DTEL** (Disegna telai).

## Note tecniche

### Individuazione elementi

Quando viene eseguita la progettazione automatica o interattiva di un collegamento in acciaio, ModeSt ricerca automaticamente l'ospite a cui agganciarsi in base a considerazioni di tipo geometrico e in base alle caratteristiche del collegamento stesso. Quale elemento è stato scelto come ospite lo si desume chiaramente dal disegno generato. Nei rari casi di ambiguità (ad esempio un giunto trave-colonna che insiste su una colonna che rastrema) in cui ModeSt abbia sbagliato la ricerca automatica, sarà sufficiente assegnare un collegamento di tipo "continuità" all'asta che si vuole venga prioritariamente individuata come ospite.

Nel caso di piastre di fondazione vengono ricercati ovviamente come ospiti solo gli elementi in cemento armato e dai relativi criteri di progetto vengono desunte le caratteristiche del calcestruzzo ed eventualmente delle barre in acciaio. Tali dati sono infatti indispensabili per le necessarie verifiche. Qualora la piastra di fondazione non abbia nessun elemento di cemento armato sottostante, vengono adottate le caratteristiche dei materiali presenti nel criterio di progetto n. 1 delle sezioni generiche.

### Nome dei collegamenti

Il nome di un collegamento è definito come la coppia dei numeri dei nodi separati dal simbolo "\_" (ad esempio 1\_101) dove il primo numero indica il nodo su cui insiste il collegamento, mentre il secondo numero indica l'altro nodo dell'asta a cui appartiene il collegamento.

Ad esempio il nome del collegamento definito al primo estremo dell'asta che va dal nodo 5 al 105 sarà 5\_105, mentre il nome del collegamento eventualmente presente sull'altro estremo dell'asta sarà 105\_5.

### Sistemi di riferimento

Ogni collegamento ha un sistema di riferimento proprio che dipende dal tipo di collegamento e dal sistema di riferimento dell'asta del finale. L'asse Y del collegamento giace nel piano della faccia dell'ospite ed è congruente con l'asse Y locale dell'asta del finale. L'asse X del collegamento è normale al piano e quindi in genere coincide con l'asse X locale dell'asta del finale. Solo nel caso di asta sbieca rispetto all'ospite (possibile solo per le flange trave-colonna) si ha un disallineamento fra i due assi, che rimangono comunque rivolti nella stessa direzione (se l'asta incide con il primo nodo, altrimenti si ha un cambio di segno dell'asse).

Rispetto a questo sistema di riferimento vengono riportate le "Azioni sul collegamento" che, a parte il citato caso di finale sbieco rispetto all'ospite, sono praticamente le stesse di quelle agenti sull'asta del finale.

Da queste sollecitazioni vengono ricavate quelle nei sistemi di riferimento delle bullonature e delle saldature. I sistemi di riferimento delle bullonature e delle saldature hanno l'asse Z normale al piano su cui insistono (uscendo rispetto all'asta cui si collegano) e l'asse X generalmente coincidente con l'asse X dell'asta cui si collegano. L'asse Y è quello che completa un sistema di riferimento destrorso. L'origine del sistema è nel baricentro delle bullonature se nei criteri di progetto è stato scelto di trascurare il contributo a flessione della piastra (**Considera solo bulloni per verifiche a flessione**) altrimenti è nel baricentro della piastra. Nel caso di saldature l'origine è nel baricentro della saldatura stessa. Vengono quindi valutate in funzione di queste posizioni e della geometria del collegamento eventuali eccentricità e sollecitazioni da esse indotte.

Nella documentazione relativa ai diversi collegamenti verranno approfonditi tali aspetti.

### Sollecitazioni di verifica

Per la verifica dei collegamenti vengono adottate le sollecitazioni agenti sull'asta (riportate nel **sistema di riferimento** del collegamento) con alcune considerazioni e possibilità di intervento da parte dell'utente. Le verifiche delle **piastre di fondazione** possono in alternativa essere eseguite con le reazioni vincolari del nodo.

Le sollecitazioni vengono valutate nel punto in cui è applicato il collegamento, punto che non necessariamente è il nodo dell'asta. Si pensi ad una trave che insiste su una colonna con il nodo che è in asse alla colonna stessa. Il collegamento si trova arretrato rispetto al nodo di una quantità pari a metà della dimensione della colonna.

Nel caso di calcolo senza zone rigide, questo può portare alla nascita di sollecitazioni che il collegamento non è in grado di sostenere, anche se lo schema di calcolo comprendeva degli appropriati svincolamenti. È possibile intervenire per ovviare a questo inconveniente utilizzando l'apposito criterio di progetto (**Trascura sollecitazioni teoricamente nulle**). Attivando questo parametro vengono in ogni caso annullate le sollecitazioni relative agli svincoli dell'asta.



In altri casi sollecitazioni secondarie possono nascere ad esempio da un calcolo effettuato senza piani infinitamente rigidi, ma che di fatto sono assorbite da elementi non modellati (ad esempio solai). In questo caso è possibile forzare esplicitamente ModeSt a trascurare tali sollecitazioni con il criterio di progetto (**Componenti sollecitazioni da trascurare**). Fare attenzione a non trascurare sollecitazioni che invece sono di primaria importanza per la verifica del collegamento. ModeSt non è ovviamente in grado di effettuare controlli in tal senso. Le sollecitazioni trascurate e considerate sono quelle nel sistema di riferimento dell'asta.

In ogni caso se sul collegamento risultano agenti delle componenti di sollecitazione non assorbibili dal collegamento stesso, ModeSt segnala l'anomalia e le trascura nelle verifiche.

Nelle varie parti del collegamento vengono poi valutate le sollecitazioni indotte da considerazioni geometriche. Tali effetti vengono illustrati nella documentazione relativa ai vari tipi di collegamento.

## Modalità di progettazione

L'approccio alla progettazione di collegamenti in acciaio è particolarmente complesso, data la possibilità di realizzare diverse configurazioni geometriche tutte valide per lo stesso collegamento, semplicemente variandone ad esempio dimensioni, numero e diametro dei bulloni, ecc.

Per questo motivo in ModeSt è stato adottato un procedimento di progettazione in parte euristico ed in parte meccanico articolato in due fasi.

In prima fase vengono generate una serie di possibili configurazioni geometriche attraverso delle regole che tenendo conto del tipo e delle dimensioni della sezione dell'asta del finale stabiliscono degli intervalli di tentativo ad esempio sugli spessori delle piastre, sul numero di bulloni ed il loro interasse, sulle dimensioni delle piastre, ecc.

Le configurazioni così generate vengono controllate e classificate fra quelle geometricamente valide (prive di interferenze geometriche e rispettose dei limiti di normativa) e quelle non valide.

Viene poi effettuato un ordinamento delle configurazioni dando la priorità a quelle "migliori", ossia più compatte, o con meno bulloni, o con spessori minori.

Sono queste le configurazioni che vengono normalmente visualizzate nella finestra di dialogo "proprietà", utilizzando il bottone "Scegli". È possibile visualizzare anche quelle scartate con un apposito check di controllo: Mostra solo configurazioni geometricamente valide.

In seconda fase tutte le configurazioni vengono testate dal punto di vista dello stato tensionale, effettuando tutte le verifiche necessarie. Viene poi scelta la prima fra le configurazioni le cui verifiche risultano soddisfatte.

Da numerosi test effettuati si è evinto che il metodo porta ad una progettazione "ragionevole" per le sezioni di comune utilizzo e soggette ad un normale stato di sollecitazione. Può non riuscire a progettare un collegamento specialmente per sezioni molto piccole in cui risulta difficoltoso posizionare i bulloni o le piastre rispettando i limiti di normativa, o per sezioni sollecitate al limite della capacità portante dell'asta stessa a prescindere da problemi di stabilità e svergolamento.

La progettazione interattiva consente comunque di adattare il collegamento generato in modo da tener conto di considerazioni personali o ingegneristiche che un programma non sarà mai in grado di fare in automatico; inoltre la possibilità di gestire un archivio in cui memorizzare le tipologie di uso più frequente permette anche il facile riutilizzo di soluzioni già studiate e personalizzate per i casi più complessi.

## Modalità di verifica

Le verifiche vengono effettuate seguendo i disposti della circolare CNR 10011/85 e successive modificazioni, sia per calcoli effettuati col metodo delle tensioni ammissibili che col metodo degli stati limite. Vengono quindi in entrambi i casi effettuati essenzialmente dei controlli sul valore delle tensioni.

La verifica di piastre bullonate inflesse (ad esempio le flange) viene effettuata generalmente secondo due metodi:

- la piastra viene considerata collaborante a compressione e la verifica risulta quella di una sezione parzializzata in cui la zona compressa della piastra equilibra lo sforzo di trazione nei bulloni tesi. I bulloni compressi vengono trascurati (metodo riportato ad esempio da Ballio-Mazzolani);
- la piastra viene ignorata e l'equilibrio è garantito dai bulloni tesi e compressi (metodo riportato ad esempio da Nunziata).

È possibile stabilire che tipo di modalità utilizzare nelle verifiche attraverso l'apposito criterio di progetto **Considera solo bulloni per verifiche a flessione**.

Nel valutare le distanze dai bordi e gli interassi delle bullonature si considera generalmente il caso più sfavorevole di distanza in direzione della forza e di collegamento teso. Viene considerata comunque la differenza fra bordi liberi e bordi irrigiditi.

Non vengono effettuate verifiche di imbozzamento o svergolamento nelle piastre.

Nelle piastre circolari il momento flettente viene valutato considerando una piastra anulare incastrata sull'asta.



## Piastra di fondazione

Si fa presente che qualora vengano assegnate piastre con uno o più irrigidimenti a sezioni non a I, Rettangolare cava o Circolare cava, ModeSt considera sempre una piastra priva di rinforzi. In questi casi le verifiche vengono effettuate considerando come colonna una sezione rettangolare di ingombro equivalente.

È possibile posizionare i tirafondi in corrispondenza della mezzeria del lato della piastra indicando, in progettazione interattiva, un numero pari a 1 di forature in entrambe le direzioni X e Y.

Per i pilastri con sezione Circolare cava è possibile scegliere la forma della piastra (circolare o rettangolare) utilizzando il parametro dei criteri di progetto **Forma della piastra**. È possibile scegliere la disposizione della piastra (Ortogonale, Verticale o Orizzontale) utilizzando il parametro dei criteri di progetto **Disposizione della piastra nel collegamento "piastra di fondazione"**.

Nel caso di piastre eccentriche rispetto al baricentro della colonna le sollecitazioni vengono riportate nel baricentro della piastra.

Le verifiche delle piastre di fondazione, attraverso un apposito criterio di progetto (vedi **Verifica piastra e tirafondi con reazioni vincolari**), possono essere eseguite con le sollecitazioni dell'asta a cui viene assegnato il finale oppure con le reazioni vincolari del nodo. In entrambi i casi le saldature di attacco della colonna alla piastra vengono verificate in base alle sollecitazioni dell'asta. Nel caso di nodi di fondazione su cui insistono dei controventi (peraltro non disegnati) se la piastra è progettata in base alle sollecitazioni dell'asta questo può portare ad una evidente sottostima delle sollecitazioni agenti sulla piastra; si consiglia in questo caso di effettuare il progetto in base alle reazioni vincolari del nodo. Nel caso di verifica con le sollecitazioni dell'asta le azioni sul collegamento vengono determinate tenendo conto dell'altezza del getto di riempimento.

La verifica dei tirafondi viene eseguita come la verifica di una sezione in calcestruzzo con dimensioni pari alla piastra di fondazione, armata con delle barre pari alla bullonatura adottata. A differenza delle normali sezioni in calcestruzzo, in questo caso attraverso un apposito criterio di progetto (vedi **Trascura tirafondi compressi**) è possibile trascurare il contributo resistente delle barre compresse ai fini della verifica delle tensioni nel calcestruzzo.

Si fa notare che nel caso di fondazioni interamente compresse con tirafondi con ancoraggio ad uncino la normativa non prescrive dei minimi di regolamento e quindi possono risultare dei tirafondi di lunghezza particolarmente corta, in questo caso attraverso un apposito criterio di progetto (vedi **Lunghezza minima d'infissione**) è possibile imporre una lunghezza minima d'infissione. In progettazione interattiva è ovviamente sempre possibile adattare tali lunghezze alle proprie preferenze. Quando i tirafondi sono con rosetta viene trascurata la resistenza per attrito e viene fatto assorbire lo sforzo di trazione nel tirafondo interamente alla rosetta.

Nelle piastre circolari il momento flettente viene valutato considerando una piastra anulare incastrata sull'asta.

Oltre alle verifiche dei tirafondi ed alle verifiche delle saldature dell'asta con la piastra di fondazione, vengono nei vari casi effettuati numerosi altri controlli:

### Piastre senza rinforzi

Nel caso di sezioni NON a I e quindi assimilate a sezioni rettangolari di pari ingombro vengono effettuate per ognuno dei quattro lati della piastra le verifiche di una mensola incastrata alla colonna e soggetta al momento risultante dovuto alla tensione sul terreno ed alle azioni dei tirafondi nella zona interessata dal bordo della piastra. Come sezione resistente viene considerata la sezione totale eventualmente depurata dei fori dei tirafondi se ne esistono di tesi in quella zona.

Nel caso di sezioni ad I dal lato delle ali si procede nello stesso modo, mentre dal lato dell'anima le verifiche laterali vengono omesse e sostituite con verifiche locali in cui per ogni tirafondo si valuta una distribuzione delle tensioni a 45° fino all'intersezione con le ali o con l'anima della colonna, per poi procedere ad una verifica della sezione rettangolare di dimensioni e sollecitazioni così individuate. Non vengono considerate eventuali interferenze fra le diverse zone di diffusione.

### Piastre con rinforzi

Le verifiche a flessione sui quattro lati vengono effettuate considerando anche l'eventuale presenza degli irrigidimenti e sempre come mensole incastrate alla colonna.

Nei quattro lati intorno alla colonna viene poi valutata la tensione media nel calcestruzzo e vengono calcolate le sollecitazioni e quindi le tensioni nella piastra immaginata come una trave su due o tre appoggi con mensole agli estremi, caricata da un carico distribuito. Nel caso di singolo rinforzo d'anima questa verifica non viene effettuata.

In corrispondenza dei tirafondi vengono poi effettuate le verifiche locali considerando la diffusione fino ai bordi degli irrigidimenti in modo analogo a quanto riportato per le **flange**.

## Flange, continuità con flangia e flangia a T

Nel caso di sezioni NON a doppio I e quindi assimilate a sezioni rettangolari di pari ingombro vengono effettuate per ognuno dei quattro lati della piastra le verifiche di una mensola incastrata all'asta soggetta al mo-

mento risultante dovuto all'eventuale compressione della piastra e/o alle azioni dei bulloni nella zona interessata dal bordo della piastra. Come sezione resistente viene considerata la sezione totale eventualmente depurata dei fori dei bulloni se ne esistono di tesi presenti in quella zona.

Nel caso di sezioni ad I dal lato delle ali si procede nello stesso modo se sono presenti estensioni superiori e/o inferiori, mentre dal lato dell'anima le verifiche laterali vengono omesse e sostituite con verifiche locali in cui per ogni bullone si valuta una distribuzione delle tensioni a 45° fino all'intersezione con le ali o con l'anima dell'asta, per poi procedere ad una verifica della sezione rettangolare di dimensioni e sollecitazioni così individuate. Non vengono considerate eventuali interferenze fra le diverse zone di diffusione.

Nelle piastre circolari il momento flettente viene valutato considerando una piastra anulare incastrata sull'asta.

Nella continuità con flangia è possibile scegliere la disposizione della piastra (Orto. finale, Orto. ospite, Biscante, Verticale o Orizzontale) utilizzando il parametro dei criteri di progetto **Disposizione della piastra nel collegamento "continuità con flangia"**.

Nelle flange in elevazione vengono effettuate le verifiche d'imbozzamento dell'anima dell'ospite (colonna), delle piastre di rinforzo orizzontali e inclinate. Le verifiche vengono effettuate secondo i metodi riportati nel Ballio-Mazzolani.

Nelle flange a T non vengono effettuate le verifiche d'imbozzamento dell'anima dell'ospite (colonna), delle piastre di rinforzo orizzontali.

Nel caso del collegamento del tipo "Flangia su flangia di elevazione" (composto da una piastra saldata sul finale e bullonata, con fori filettati, ad un'altra piastra saldata sull'ospite) la verifica della trasmissione della trazione del bullone attraverso la filettatura viene eseguita in modo empirico, ed è considerata soddisfatta quando lo spessore della piastra sull'ospite è maggiore di 5/6 il passo delle spire del bullone.

## Squadrette

I giunti a squadretta non sono in grado di sostenere le seguenti componenti di sollecitazione dell'asta del finale:  $T_y$ ,  $M_x$ ,  $M_z$ . La presenza di tali componenti di sollecitazione viene segnalata come anomalia.

Le sollecitazioni di verifica vengono valutate a filo dell'attacco della squadretta bullonata sull'ospite.

La bullonatura sull'anima viene quindi verificata considerando anche il momento di trasporto dovuto al taglio e, in caso di asimmetria, anche per l'effetto dello sforzo normale eccentrico nell'asta del finale rispetto al baricentro della bullonatura.

Con le stesse sollecitazioni viene verificata la doppia sezione della squadretta.

L'anima dell'asta del finale viene inoltre verificata per il taglio trasmesso dai bulloni cercando il punto di minore sicurezza come accoppiata fra taglio agente e sezione ridotta dalle forature e dalle eventuali spallature.

Le bullonature sull'anima dell'ospite vengono considerate soggette anche all'eccentricità del taglio e dello sforzo normale trasferito dai bulloni sul finale. Anche in tal caso vengono messe in conto tutte le eccentricità geometriche eventualmente presenti. Le verifiche vengono per simmetria condotte e rappresentate graficamente solo su una delle due squadrette.

Non vengono eseguite verifiche dell'anima dell'asta ospite: taglio sezione ridotta, ecc.

## Coprigiunti

I coprigiunti di sola anima non sono in grado di sostenere le seguenti componenti di sollecitazione dell'asta del finale:  $T_y$ ,  $M_x$ ,  $M_z$ . La presenza di tali componenti di sollecitazione viene segnalata come anomalia.

Le sollecitazioni di verifica sono sia quelle dell'asta del finale che quelle dell'asta ospite. Questo può portare all'apparenza ad un raddoppio delle verifiche, reso però necessario dal fatto che in teoria lo stato di sollecitazione può essere diverso nelle due aste (ad esempio per carichi concentrati). Le verifiche vengono per simmetria condotte e rappresentate graficamente dalla parte dell'asta del finale.

Nel caso di coprigiunto di sola anima le piastre vengono verificate per tutte le componenti di sollecitazione non trascurate e analogamente la bullonatura, con i necessari momenti di trasporto dovuti all'eccentricità del taglio e dello sforzo normale rispetto al baricentro della bullonatura.

Nel caso di coprigiunto d'anima e d'ali o coprigiunto completo lo stato di sollecitazione viene ripartito nel seguente modo:

Taglio in direzione Z: viene affidato tutto alla piastra d'anima

Taglio in direzione Y: viene affidato tutto alle piastre d'ali in parti uguali

Con riferimento ai simboli riportati in figura si ha poi:

$$J_{anima} = \frac{a \cdot H_n^3}{12}$$

$$J_{ala} = \frac{s \cdot B \cdot H_a^2}{4}$$

Il momento  $M_y$  viene quindi ripartito in:

$$M_{y_{anima}} = \frac{M_y \cdot J_{anima}}{J_{anima} + 2 \cdot J_{ala}}$$

$$M_{y_{ali}} = M_y - M_{y_{anima}}$$

Analogamente per lo sforzo normale si ha:

$$A_{anima} = a \cdot H_n$$

$$A_{ala} = s \cdot B$$

Da cui:

$$N_{anima} = \frac{N \cdot A_{anima}}{A_{anima} + 2 \cdot A_{ala}}$$

$$N_{ali} = N - N_{anima}$$

Alla piastra d'anima vengono quindi affidati anche  $M_{y_{anima}}$  e  $N_{anima}$  mentre le piastre sulle ali saranno soggette ad uno sforzo normale pari a  $N_{ali}/2$  a cui va a sommarsi l'effetto dovuto a  $M_{y_{ali}}$ , valutato come:

$$\Delta N_{ali} = \frac{M_{y_{ali}}}{H_n}$$

Gli sforzi normali sulle ali così determinati vengono poi ripartiti eventualmente fra le piastre superiori ed inferiori dell'ala in proporzione alle relative aree.

Al taglio in direzione Y sulle ali viene a sommarsi poi l'effetto di un eventuale momento torcente:

$$\Delta T_{ali} = \frac{M_x}{H_n}$$

Anche i tagli Y sulle ali così determinati vengono poi ripartiti eventualmente fra le piastre superiori ed inferiori dell'ala in proporzione alle relative aree.

## Saldatura a completa penetrazione

La verifica viene condotta effettuando una normale verifica della sezione dell'asta del finale e confrontando le tensioni con quelle ammissibili in funzione della classe della saldatura. La completa penetrazione presuppone infatti che venga ricostituita la sezione originale.

## Saldatura a cordone d'angolo

La verifica del collegamento viene condotta effettuando oltre alla verifica dei cordoni di saldatura anche quella dell'imbozzamento dell'anima dell'ospite (colonna), delle piastre di rinforzo orizzontali e inclinate. Quest'ultime verifiche vengono effettuate secondo i metodi riportati nel Ballio-Mazzolani.

## Piastra d'anima

Il collegamento con piastra d'anima si realizza saldando la piastra all'asta ospite e bullonandola al finale di asta. Il collegamento, pensato per realizzare una cerniera, viene verificato considerando solo le sollecitazioni dell'asta del finale:  $N$ ,  $T_z$ . Le altre componenti di sollecitazioni, se presenti, vengono trascurate.

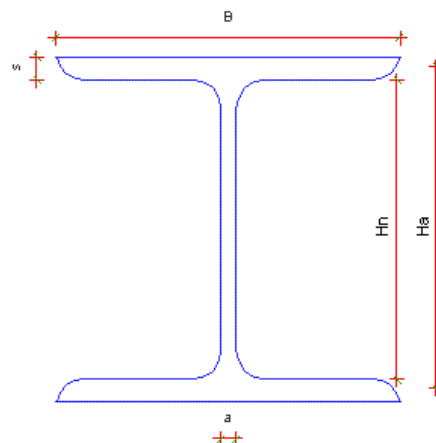
Nella verifica vengono considerati i necessari momenti di trasporto dovuti all'eccentricità del taglio e dello sforzo normale rispetto al baricentro della bullonatura. Per le aste con vincolo di tipo biella, le sollecitazioni di verifica vengono moltiplicate per il valore specificato nel parametro **Verifica le bielle solo con sollecitazioni di trazione moltiplicate per** dei criteri di progetto delle aste in acciaio.

Le aste con sezione a I possono essere collegate solo se orizzontali.

Il collegamento delle aste con sezione circolare è composto da un manicotto avvitato al finale al cui estremo è presente un foro che consente di collegarsi, con un bullone, alla piastra saldata sull'ospite.

La piastra viene sempre posizionata sul lato parallelo all'asse Z locale della sezione del finale. Di conseguenza, per collegare una sezione a L o rettangolare di un controvento di falda con una piastra posizionata parallelamente alla falda occorre assegnare all'asta una rotazione di  $90^\circ$  o  $270^\circ$ .

Per le aste inclinate è possibile scegliere la forma della piastra (poligonale o rettangolare) utilizzando il parametro dei criteri di progetto **Collegamenti a piastra d'anima di aste inclinate con piastra di forma rettangolare**.



# Criteri di progetto e disegno

## Criteri generali di disegno nodi in acciaio

Nella creazione dei disegni delle reticolari e dei collegamenti in acciaio oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno** sono specificabili numerose altre opzioni.

### Parametri di disegno reticolari

**Scala disegno esecutivo reticolare:** specificare la scala con cui creare il disegno esecutivo principale della reticolare. Anche se tale disegno non venisse creato a causa della richiesta di creare solo il disegno schematico della reticolare, questo sarà comunque il fattore di scala principale del disegno Ms-Cad generato.

**Disegna a parte particolari collegamenti:** indicare se disegnare i collegamenti come particolari estratti dal disegno principale. I collegamenti vengono sempre disegnati a parte se si è richiesto solo il disegno schematico della reticolare.

**Scala disegno particolari collegamenti:** specificare la scala con cui creare (se richiesti) gli eventuali disegni dei particolari dei collegamenti.

**Crea solo disegno schematico:** indicare se creare solo il disegno schematico della reticolare (assi dei profili e quotature) anziché il disegno tecnico esecutivo totale. In caso affermativo i collegamenti verranno in ogni caso disegnati come particolari a parte.

**Scala disegno schematico:** specificare la scala con cui creare (se richiesto) il disegno schematico della reticolare (assi dei profili e quotature).

### Parametri di disegno collegamenti

**Scala disegno collegamenti:** specificare la scala con cui creare il disegno esecutivo dei collegamenti.

**Scala disegno telai:** specificare la scala con cui creare il disegno esecutivo dei telai.

### Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose in termini di massima tensione nei bulloni o saldature e nei profilati.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.

## Criteri di progetto nodi in acciaio

### Progettazione bullonature

**Elenco diametri bulloni utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei bulloni, separati da spazi (ad esempio 12 14 16 18 20 22 24 27 30). Sono ammessi anche valori non consecutivi.

**Numero minimo bulloni:** indicare il valore del numero minimo di bulloni da utilizzare per il progetto e la verifica dei collegamenti della reticolare, del coprigiunto e della squadretta.

**Classe bulloni:** selezionare la classe dei bulloni (previste dalla normativa Italiana) da utilizzare per il progetto e la verifica dei collegamenti.

**Zona filettata:** specificare se le verifiche di resistenza devono essere effettuate con riferimento all'area filettata o all'area nominale del bullone.

### Progettazione saldature

**Altezza della saldatura:** specificare come calcolare l'altezza della saldatura per i collegamenti delle reticolari. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Uguale allo spessore del profilato:** viene assunta pari allo spessore dell'anima o dell'ala del profilato da collegare.
- **Valore minimo tra profilato e piastra:** viene assunta pari al minimo valore tra lo spessore del profilato e quello della piastra.

### Progettazione reticolari

**Modalità di calcolo sforzo normale per giunti su aste continue:** indicare come valutare lo sforzo normale per giunti su aste continue. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera per ogni semigiunto le sollecitazioni di calcolo delle aste:** lo sforzo normale nel semigiunto è la sollecitazione derivante dall'analisi. Ad esempio se lo sforzo normale dell'asta di sinistra è 1000 daN e quello dell'asta di destra è 700 daN, entrambi i semigiunti vengono progettati con uno sforzo normale di 1000 daN.

- **Considera per ogni semigiunto la differenza fra le sollecitazioni delle aste:** lo sforzo normale nel semigiunto è la differenza fra le sollecitazioni derivanti dall'analisi. Ad esempio se lo sforzo normale dell'asta di sinistra è 1000 daN e quello dell'asta di destra è 700 daN, entrambi i semigiunti vengono progettati con uno sforzo normale di 300 daN.
- **Considera per ogni semigiunto la differenza fra le sollecitazioni delle aste divisa per due:** lo sforzo normale nel semigiunto è la differenza fra le sollecitazioni derivanti dall'analisi divisa per due. Ad esempio se lo sforzo normale dell'asta di sinistra è 1000 daN e quello dell'asta di destra è 700 daN, entrambi i semigiunti vengono progettati con uno sforzo normale di 150 daN.
- **Considera per ogni semigiunto il massimo fra le sollecitazioni delle aste diviso per due:** lo sforzo normale nel semigiunto è il massimo fra le sollecitazioni derivanti dall'analisi diviso per due. Ad esempio se lo sforzo normale dell'asta di sinistra è 1000 daN e quello dell'asta di destra è 700 daN, entrambi i semigiunti vengono progettati con uno sforzo normale di 500 daN.

In ogni caso il momento con asse normale al piano della reticolare e il taglio nel piano della reticolare restano comunque le sollecitazioni derivanti dall'analisi.

**Forma della piastra:** indicare la forma della piastra di giunzione dei collegamenti nelle reticolari. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rettangolare:** la forma della piastra viene adattata alle dimensioni dei collegamenti concorrenti nel nodo in modo da assumere una forma rettangolare.
- **Poligonale:** la piastra rispecchia le dimensioni dei collegamenti garantendo solamente una intersezione ortogonale con i profili concorrenti nel nodo.

In progettazione interattiva sarà comunque possibile modificare tale indicazione anche nei singoli giunti.

**Rendi continue aste allineate:** indicare se considerare come continue eventuali aste allineate di uguale sezione e posizionamento. In progettazione interattiva sarà comunque possibile modificare tale indicazione anche nei singoli giunti.

**Finali equidistanti per aste incrociate:** indicare se interrompere eventuali doppi allineamenti di aste incrociate (ad esempio nei controventi) posizionando il termine dei profili ad uguale distanza dal nodo. In progettazione interattiva sarà comunque possibile modificare tale indicazione anche nei singoli giunti.

**Arretra piastra nelle saldature di bordo:** indicare se effettuare le saldature sul bordo dei profili all'esterno della reticolare sagomando la piastra in modo da garantire la penetrazione del cordone o arretrando la piastra in modo da ricavare lo spazio necessario (all'interno dei profili) per effettuare i cordoni di saldatura. La scelta non ha influenza sulle verifiche in quanto posizione e dimensione dei cordoni restano invariate, ma cambiano le dimensioni della piastra stessa. In progettazione interattiva sarà comunque possibile modificare tale valore anche nei singoli giunti.

**Saldature con dimensioni bilanciate:** indicare se calcolare la lunghezza dei cordoni di saldatura imponendo che il loro baricentro coincida con il baricentro del profilo, in modo da non creare momenti aggiuntivi dovuti all'eccentricità.

**Arrotondamento lunghezza cordoni di saldatura:** indicare il valore di arrotondamento per le lunghezze dei cordoni di saldatura. Ad esempio indicando 5 mm verranno progettati cordoni con lunghezza sempre multipla di 5 mm.

**Rapporto minimo fra lunghezza e spessore cordone:** indicare il valore minimo che deve risultare come rapporto fra lunghezza e spessore del cordone di saldatura. Come buona regola costruttiva viene generalmente indicato un valore pari a 15 (CNR 10011/85 par. 9.2.3).

**Massimo ingombro collegamento lungo il profilo:** indicare a quale ingombro complessivo (in percentuale sulla lunghezza dell'asta) limitare la lunghezza del collegamento in fase di progettazione automatica. Ad esempio specificando 30 verranno considerati come non validi i collegamenti con saldature la cui lunghezza supera il 30% della lunghezza complessiva dell'asta.

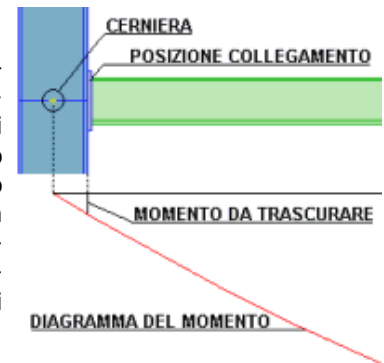
**Allargamento piastra ai lati del profilo:** indicare di quanto allargare la piastra (in mm) ortogonalmente al profilo prima di modificarne la forma per il collegamento agli altri profili. In progettazione interattiva sarà comunque possibile modificare tale valore anche nei singoli giunti.

**Minimo spazio libero tra i profili:** indicare quanto spazio lasciare libero fra i bordi dei profili che concorrono nel nodo. ModeSt calcola ed adatta la lunghezza dei profili in modo da garantire il mantenimento della distanza indicata.

**Spessore piastra se non imposto dal profilo:** indicare lo spessore della piastra. Tale valore viene considerato solo nel caso in cui nel nodo concorrano solo aste per le quali non è già noto lo spessore della piastra (profili accoppiati).

## Progettazione collegamenti

**Trascura sollecitazioni teoricamente nulle:** indicare se trascurare le sollecitazioni che sarebbero teoricamente nulle a causa degli svincolamenti presenti all'estremità delle aste ma che potrebbero risultare non nulle nel caso di calcolo senza zone rigide per la differente posizione del nodo rispetto al punto in cui vengono calcolate le sollecitazioni sul collegamento. Ad esempio nel caso di collegamento trave-colonna con flangia, nel calcolo senza zone rigide un eventuale cerniera è pensata in asse alla colonna ma il collegamento può essere posizionato sull'ala della colonna, in tal caso per l'andamento del momento si avrebbe una sollecitazione non nulla sul collegamento stesso (vedi figura). Questo parametro permette di eliminare questi effetti secondari.



**Componenti sollecitazioni da trascurare:** indicare quali componenti di sollecitazione trascurare nel progetto del collegamento. Questo parametro permette di trascurare le sollecitazioni presenti nell'asta ma che nella struttura reale non sono presenti. Si pensi ad esempio ad un coprigiunto di una trave in cui sono presenti anche il momento torcente e quello trasversale alla trave ma che nel caso reale possono essere nulli per la presenza di un solaio.

**Classe saldature a completa penetrazione:** selezionare la classe della saldatura fra **Prima** o **Seconda**. Viene verificata la sezione della saldatura uguale alla sezione dell'asta, se la saldatura è di prima classe le tensioni vengono confrontate con le tensioni ammissibili altrimenti vengono confrontate con le tensioni ammissibili ridotte come da normativa Italiana.

**Considera solo bulloni per verifiche a flessione:** indicare se nella verifica a flessione delle flange vada considerato solo il contributo dei bulloni, trascurando l'eventuale zona compressa della piastra.

**Angolo massimo di incidenza:** specificare il massimo angolo nel piano verticale o orizzontale che può avere l'asta affinché venga progettato il collegamento. Non sono progettabili collegamenti con l'asta inclinata sia nel piano verticale che orizzontale.

**Piastre di fondazione:** per le piastre di fondazione sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Elenco diametri tirafondi utilizzabili:** specificare l'elenco dei diametri utilizzabili per la progettazione dei tirafondi, separati da spazi (ad esempio 10 12 14 16 18). Sono ammessi anche valori non consecutivi.
- **Lunghezza minima d'infissione:** specificare la lunghezza minima d'infissione dei tirafondi. Ad esempio specificando 200 i tirafondi devono avere in ogni caso lunghezza non inferiore a 200 mm, ma possono comunque essere più lunghi se necessario. Nei tirafondi con rosetta la lunghezza è pari al valore specificato.
- **Altezza getto riempimento:** specificare l'altezza del getto di riempimento.
- **Verifica piastra e tirafondi con reazioni vincolari:** indicare se eseguire le verifiche della piastra di fondazione e dei tirafondi con le reazioni vincolari al posto delle sollecitazioni nell'asta. Questo parametro permette nel caso di nodi di fondazione su cui insistono dei controventi (peraltro non disegnati) di non sottostimare le sollecitazioni agenti sulla piastra e sui tirafondi come invece avverrebbe se progettati in base alle sollecitazioni dell'asta. Questo parametro deve essere utilizzato nel caso di nodi incastrati. Le saldature vengono sempre verificate con le sollecitazioni dell'asta.
- **Trascura tirafondi compressi:** indicare se nella determinazione delle sollecitazioni sui bulloni si debbano trascurare quelli compressi. Nella piastra di fondazione la determinazione delle sollecitazioni avviene assimilando la superficie di contatto (piastra-fondazione) ad una sezione rettangolare in c.a. Trascurando i bulloni compressi la verifica viene effettuata considerando solo il contributo dell'armatura tesa.
- **Tirafondi con barre filettate:** indicare se utilizzare le barre filettate anziché le barre da cemento armato. Le barre filettate vengono trattate come bulloni con la classe specificata in **Classe bulloni**. Per le barre da cemento armato vengono adottate quelle dell'elemento di fondazione su cui insiste la piastra di fondazione oppure le caratteristiche presenti nel primo criterio di progetto dell'armatura delle sezioni.
- **Tipo di tirafondi:** selezionare il tipo di tirafondo fra **Dritti** o **Uncini** per le barre da cemento armato oppure **Dritti** o **Rosetta** per le barre filettate. In progettazione interattiva sarà comunque possibile modificare la tipologia per ogni singolo giunto.
- **Fattore di riduzione per ancoraggio tirafondi:** specificare di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_{c0}$  o di  $F_{bd}$  (definito fra le caratteristiche dei materiali) per calcolare la tensione tangenziale di aderenza ammissibile necessaria per il calcolo degli ancoraggi dei ferri. Ad esempio specificando 0.6 si impone una riduzione di  $\tau_{c0}$  o di  $F_{bd}$  del 40%. Si ricorda che la normativa ammette riduzioni anche fino al 50%. Per calcolare la lunghezza d'ancoraggio si fa riferimento al valore di  $\tau_{c0}$  o di  $F_{bd}$  definito nel criterio di progetto dell'elemento a cui la piastra di fondazione è collegata. Nel caso in cui non sia presente nessun elemento di fondazione si fa riferimento al primo criterio di progetto dell'armatura delle sezioni.

**Piastra circolare per sezioni circolari cave:** indicare se nel caso di sezioni circolari cave, per collegamenti del tipo Continuità con flangia e Piastra di fondazione vada utilizzata una piastra di forma circolare anziché quadrata.

**Numero minimo bulloni per piastra circolare:** indicare il numero minimo di bulloni da utilizzare per il progetto e la verifica dei collegamenti del tipo Continuità con flangia e Piastra di fondazione per sezioni circolari cave con piastra circolare.

**Collegamenti a piastra d'anima di aste inclinate con piastra di forma rettangolare:** indicare se nel caso di collegamenti del tipo Piastra d'anima di aste inclinate vada utilizzata una piastra di forma rettangolare anziché poligonale.

**Disposizione della piastra nel collegamento "continuità con flangia":** selezionare la disposizione della piastra nei collegamenti del tipo Continuità con flangia. È possibile scegliere fra: **Orto. finale** la piastra è ortogonale all'asta del finale, **Orto. ospite** la piastra è ortogonale all'asta ospite, **Bisecante** la piastra è sulla retta che divide in parti uguali l'angolo formato fra l'asta del finale e l'asta ospite, **Verticale** la piastra è parallela all'asse Z del sistema di riferimento globale, **Orizzontale** la piastra è parallela al piano XY del sistema di riferimento globale.

**Disposizione della piastra nel collegamento "piastra di fondazione":** selezionare la disposizione della piastra nei collegamenti del tipo Piastra di fondazione. È possibile scegliere fra: **Ortogonalmente** la piastra è ortogonale all'asta del finale, **Verticale** la piastra è parallela all'asse Z del sistema di riferimento globale, **Orizzontale** la piastra è parallela al piano XY del sistema di riferimento globale.

**Progetta i collegamenti ignorando i controlli sulle distanze della bullonatura:** indicare se progettare i collegamenti ignorando le prescrizioni sulle distanze della bullonatura previste dalla normativa. Questo parametro viene ignorato per i collegamenti delle reticolari, dei coprighiunti, della piastra d'anima, e sull'ala della squadretta sul finale d'asta.

**Progetta i collegamenti eseguendo anche le verifiche locali delle piastre:** indicare se progettare i collegamenti eseguendo o ignorando le verifiche locali delle piastre. Se l'opzione è deselezionata non vengono eseguite le verifiche locali e di conseguenza il progettista deve verificare che la piastra abbia uno spessore tale da considerarla infinitamente rigida.

### Verifiche ai sensi D.M. 18

**Esposizione a fenomeni corrosivi:** indicare la classe d'esposizione del collegamento necessaria per controllare se le distanze massime tra i bulloni rispettano le limitazioni della Tabella 4.2.XVIII del D.M. 17/01/18. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Unione non esposta alla corrosione**
- **Unione esposta alla corrosione**
- **Unione di elementi in acciaio resistente alla corrosione**

## Progetto e verifica strutture in legno



### Verifica delle aste

#### Introduzione

È possibile effettuare la verifica di aste in legno che abbiano:

- numero diverso da zero;
- sezione con verifica prevista legno.

La verifica delle aste in legno può essere effettuata in diversi modi:


- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Legno**  e poi su **Verifica** .
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'asta ► **Elaborazioni e Ms-Cad** ► **Verifica automatica**.

Le verifiche vengono effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili (in conformità alla normativa tedesca DIN 1052) e agli stati limite (in conformità alla normativa EC5 e al D.M. 17/01/18), sia per legno massiccio che lamellare.

Da notare che il sistema di riferimento di normativa (assi X e Y) corrisponde al sistema di riferimento locale adottato in ModeSt (assi Y e Z) in quanto l'asse X coincide con l'asse dell'asta.

Per le verifiche secondo la DIN 1052 è possibile indicare nei criteri di progetto quante combinazioni di carico devono essere considerate di tipo H (vedi **Numero CC da considerare di tipo H**) e quante di tipo Hz.

Per effettuare le verifiche secondo la normativa EC5 e il D.M. 17/01/18 è necessario sia stata definita la durata del carico per ogni condizione di carico elementare. La durata del carico si assegna alla tipologia di CCE

clickando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Carichi** su **Tipi CCE** , selezionando nell'elenco la tipologia di CCE, premendo sul tasto "Modifica" e nella finestra di dialogo selezionando la durata.

A causa dell'anisotropia del materiale dovuta alla distribuzione casuale di difetti (nodi, fessurazioni, ecc.) in genere gli assi principali della sezione non coincidono con gli assi teorici e un carico agente in un piano di inerzia teorico provoca inflessione lungo entrambe le direzioni principali della sezione, per cui le verifiche di stabilità vengono sempre effettuate con riferimento alla snellezza massima relativamente al piano di inflessione e quello ad esso ortogonale.

Per le verifiche di stabilità è possibile utilizzare i valori di sollecitazioni derivanti dal calcolo oppure utilizzare dei "momenti efficaci" come riportato in letteratura (Giordano), in modo del tutto analogo a quanto indicato nella CNR 10011 relativa all'acciaio. Essendo la teoria e lo studio dell'instabilità in fin dei conti del tutto indipendente dal tipo di materiale, è parso logico estendere le opzioni e le modalità previste per le verifiche delle aste in acciaio anche alle verifiche delle aste in legno.

Viene effettuata la verifica di stabilità anche di membrature costituite da più aste allineate purché abbiano stesso numero, stessa sezione e stessa rotazione. Se la membratura così definita è composta da un numero di aste maggiore di quanto specificato nel criterio di verifica **Massimo numero aste costituenti unica membratura**, viene effettuata automaticamente la suddivisione in più membrature.

**Argomenti correlati: Verifiche effettuate.**

## Tipi di legno

Come ausilio al progettista nella scelta delle caratteristiche del legno, è stata implementata nei criteri di progetto, sia per il legno massiccio che per il legno lamellare, la possibilità di caricare in automatico la classificazione effettuata nella normativa DIN 1052 ed EC5 ed i valori più comuni riportati in letteratura (Giordano - Tecnica delle costruzioni in legno, Caironi-Bonera - Il legno lamellare), nelle UNI 11035 e nella manualistica tecnica.

I valori riportati sono ovviamente indicativi e l'utente potrà modificarli in funzione delle proprie esigenze ed esperienza. Grande è infatti la variabilità delle caratteristiche di un materiale, dipendendo dalla zona di provenienza, dall'assenza di difetti, ecc.

Qualora si adotti per le verifiche il metodo delle tensioni ammissibili, è indispensabile indicare sempre la classificazione DIN per poter effettuare le verifiche di stabilità col metodo  $\omega$ .

## Verifiche effettuate

### Tensioni ammissibili (DIN 1052)

Le verifiche effettuate sono le seguenti:

#### VERIFICHE DI RESISTENZA ( $\sigma$ , $\tau$ )

Viene determinato il tasso di sfruttamento in regime di presso-flessione (o tenso-flessione) deviata, sommando algebricamente le tensioni di flessione e compressione (o trazione), e verificato che sia minore dell'unità.

Viene determinato il tasso di sfruttamento derivante dal taglio e verificato che sia minore dell'unità.

#### VERIFICHE DI STABILITÀ ASTE

Le verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili si basano sul metodo  $\omega$ , in analogia ai concetti usati per le strutture metalliche, e per sezioni in legno massiccio o lamellare nessuna variante è stata apportata rispetto al metodo classico di verifica a carico di punta tranne l'adozione di coefficienti specifici per il legno massiccio e lamellare che fanno riferimento alla normativa in oggetto.

- Verifica alla instabilità: viene effettuata per snellezza  $\lambda = \text{Max} [\lambda_y, \lambda_z]$  maggiore o uguale a 30, calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o nei parametri asta. Nelle verifiche di stabilità delle singole aste si fa riferimento sempre agli assi principali della sezione e si controlla il tasso di sfruttamento in regime di presso-flessione, amplificato del coefficiente  $\omega$  relativo al legno specifico.
- Verifica alla instabilità flessione-torsionale: la normativa DIN introduce il coefficiente  $K_m$  e la snellezza flessione-torsionale  $\lambda_m$  per la determinazione del tasso di sfruttamento, tenendo conto del coefficiente definito nei criteri di progetto (vedi **Coeff. per calcolo ritegni torsionali**).
- È possibile scegliere nei criteri di progetto che per la verifica della sezione venga considerato un valore ridotto equivalente del momento (vedi **Usa momenti equivalenti per verifiche di stabilità a presso-flessione**) se il momento flettente varia linearmente lungo l'asta; in caso contrario il momento equivalente viene valutato come la media dei valori assoluti dei momenti d'estremità e di campata ed assunto con lo stesso segno del massimo momento in valore assoluto.

#### VERIFICHE DI STABILITÀ MEMBRATURE



- Viene effettuata con  $\lambda = \text{Max} [\lambda_y, \lambda_z]$  maggiore o uguale a 30, calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o risultanti dal calcolo in funzione degli sforzi normali nelle varie aste come indicato nei criteri di progetto (vedi **Sforzo normale di verifica** e **Contributo eventuali sforzi di trazione**).
- Nella determinazione del momento equivalente agente, la distribuzione del momento viene definita lineare se: 1) ha andamento lineare in ognuna delle aste che compongono la membratura; 2) i valori dei momenti d'estremità di tutte le aste si discostano meno di 10 kgm dal valore teorico che avrebbe un momento variabile linearmente fra il momento iniziale della prima asta ed il momento finale dell'ultima asta.

#### VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

- È possibile specificare nei criteri di progetto (vedi **Trascura sisma per verifiche di deformazione alle T.A.**) se considerare o meno le deformazioni dovute al sisma.
- Viene preso in esame il fenomeno viscoso solo se il peso permanente "g" supera il 50% del peso totale "q". In tal caso la freccia elastica viene amplificata mediante un coefficiente amplificativo che dipende dal rapporto g/q e dall'umidità in cui si prevede debba essere impiegato l'elemento strutturale.

#### Stati limite (EC5)

Le verifiche effettuate sono le seguenti:

#### VERIFICHE DI RESISTENZA ( $\sigma$ , $\tau$ )

- Paragrafo 2.4.1 per la determinazione dei valori di calcolo del legno, calcolati mediante il coefficiente  $\gamma_m$ , modificabile nei criteri di progetto (vedi **Coeff.  $\gamma_m$** ), ed il coefficiente  $k_{mod}$ , definito in funzione della classe di servizio nei criteri di progetto (vedi **Classe di servizio**) e della durata del carico (si veda **Introduzione**). Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico, è opportuno scegliere un valore di  $k_{mod}$  che corrisponda all'azione di minor durata (3.1.7). Poiché la normativa non si esprime in proposito, il progettista può decidere come classificare la durata del sisma nei criteri di progetto (vedi **Considera azioni sismiche di durata**).
- Paragrafo 6.1.2 per la verifica a trazione (espressione 6.1), in cui i valori caratteristici possono essere aumentati mediante il coefficiente  $k_h$  in funzione del criterio di progetto (vedi **Considera incremento per sezioni piccole**) qualora la sezione abbia una larghezza, per il legno massiccio, minore di 150 mm e, per il legno lamellare, minore di 600 mm (espressioni 3.1 e 3.2).
- Paragrafo 6.1.4 per la verifica a compressione (espressione 6.2).
- Paragrafo 6.1.6 per la verifica a flessione (espressioni 6.11 e 6.12), in cui i valori caratteristici possono essere aumentati mediante il coefficiente  $k_h$  in funzione del criterio di progetto (vedi **Considera incremento per sezioni piccole**) qualora la sezione abbia un'altezza, per il legno massiccio, minore di 150 mm e, per il legno lamellare, minore di 600 mm (espressioni 3.1 e 3.2).
- Paragrafo 6.1.7 per la verifica a taglio (espressione 6.13), in cui si utilizza la larghezza efficace della base  $b_{ef}$  (espressione 6.13a).
- Paragrafo 6.1.8 per la verifica a torsione (espressione 6.14).
- Paragrafo 6.2.3 per la verifica a tensoflessione (espressioni 6.17 e 6.18).
- Paragrafo 6.2.4 per la verifica a pressoflessione (espressioni 6.19 e 6.20).

#### VERIFICHE DI STABILITÀ ASTE

- Paragrafo 6.3.2 per la verifica delle aste compresse o pressoinflesse (espressioni 6.23 e 6.24) con  $\lambda$  calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o nei parametri asta.
- Paragrafo 6.3.3 per la verifica delle aste inflesse o pressoinflesse (espressioni 6.33 e 6.35), in cui si tiene conto del coefficiente definito nei criteri di progetto (vedi **Coeff. per calcolo ritegni torsionali**) per la determinazione di  $\lambda_{rel,m}$ .
- È possibile scegliere nei criteri di progetto che per la verifica della sezione venga considerato un valore ridotto equivalente del momento (vedi **Usa momenti equivalenti per verifiche di stabilità a pressoflessione**) se il momento flettente varia linearmente lungo l'asta; in caso contrario il momento equivalente viene valutato come la media dei valori assoluti dei momenti d'estremità e di campata ed assunto con lo stesso segno del massimo momento in valore assoluto.

#### VERIFICHE DI STABILITÀ MEMBRATURE

- Viene calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o risultanti dal calcolo in funzione degli sforzi normali nelle varie aste come indicato nei criteri di progetto (vedi **Sforzo normale di verifica** e **Contributo eventuali sforzi di trazione**).

- Nella determinazione del momento equivalente agente, la distribuzione del momento viene definita lineare se: 1) ha andamento lineare in ognuna delle aste che compongono la membratura; 2) i valori dei momenti d'estremità di tutte le aste si discostano meno di 10 kgm dal valore teorico che avrebbe un momento variabile linearmente fra il momento iniziale della prima asta ed il momento finale dell'ultima asta.

## VERIFICHE DI DEFORMAZIONE

- Le verifiche di deformazione (calcolo delle frecce) vengono eseguite per le aste con membratura trave o generica e per gli stati limite di esercizio.
- Paragrafo 4.1, in cui la freccia elastica viene amplificata mediante un coefficiente amplificativo  $k_{def}$  che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo dovuto all'effetto combinato della viscosità e dell'umidità, mediante la classe di servizio definita nei criteri di progetto (vedi **Classe di servizio**).
- Il calcolo delle deformazioni viene eseguito con riferimento alle combinazioni teoriche (riportate nella relazione di calcolo) e non alle combinazioni effettive (CC), quindi eventuali aggiunte, modifiche, cancellazioni della matrice delle combinazioni (CC) non vengono tenute in conto.

## Stati limite (D.M. 17/01/18)

Le verifiche effettuate sono le seguenti:

## VERIFICHE DI RESISTENZA ( $\sigma$ , $\tau$ )

- Paragrafo 4.4.6 per la determinazione dei valori di calcolo del legno, calcolati mediante il coefficiente  $\gamma_m$ , modificabile nei criteri di progetto (vedi **Coeff.  $\gamma_m$** ), ed il coefficiente  $k_{mod}$ , definito in funzione della classe di servizio nei criteri di progetto (vedi **Classe di servizio**) e della durata del carico (si veda **Introduzione**). Se una combinazione di carico comprende azioni appartenenti a differenti classi di durata del carico, verrà scelto il valore di  $k_{mod}$  che corrisponde all'azione di minor durata. Per le combinazioni sismiche la durata è considerata istantanea.
- Paragrafo 4.4.8.1.1 per la verifica a trazione (espressione 4.4.2), in cui i valori caratteristici possono essere aumentati mediante il coefficiente  $k_h$  in funzione del criterio di progetto (vedi **Considera incremento per sezioni piccole**) qualora la sezione abbia una larghezza, per il legno massiccio, minore di 150 mm e, per il legno lamellare, minore di 600 mm (paragrafo 11.7.1.1, espressioni 11.7.1 e 11.7.2).
- Paragrafo 4.4.8.1.3 per la verifica a compressione (espressione 4.4.3).
- Paragrafo 4.4.8.1.6 per la verifica a flessione (espressioni 4.4.5a e 4.4.5b), in cui i valori caratteristici possono essere aumentati mediante il coefficiente  $k_h$  in funzione del criterio di progetto (vedi **Considera incremento per sezioni piccole**) qualora la sezione abbia una larghezza, per il legno massiccio, minore di 150 mm e, per il legno lamellare, minore di 600 mm (paragrafo 11.7.1.1, espressioni 11.7.1 e 11.7.2).
- Paragrafo 4.4.8.1.7 per la verifica a tensoflessione (espressioni 4.4.6a e 4.4.6b).
- Paragrafo 4.4.8.1.8 per la verifica a pressoflessione (espressioni 4.4.7a e 4.4.7b).
- Paragrafo 4.4.8.1.9 per la verifica a taglio (espressione 4.4.8), in cui si utilizza la larghezza della base ridotta determinata, in funzione del tipo di legno, come indicato nel par. C4.4.8.1.9 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.
- Paragrafo 4.4.8.1.10 per la verifica a torsione (espressione 4.4.9).
- Paragrafo 4.4.8.1.11 per la verifica a taglio e torsione (espressione 4.4.10). La tensione tangenziale è valutata utilizzando la larghezza della base ridotta determinata, in funzione del tipo di legno, come indicato nel par. C4.4.8.1.9 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

## VERIFICHE DI STABILITÀ ASTE

- Paragrafo 7.6.1.2.1 della CNR-DT 206-R1/2018 per la verifica delle aste soggette a flessione semplice (espressione 7.20) o a flessione deviata (espressione 7.26) o a tensoflessione (espressione 7.27), in cui si tiene conto del coefficiente definito nei criteri di progetto (vedi **Coeff. per calcolo ritegni torsionali**) per la determinazione di  $\lambda_{rel,m}$ .
- Paragrafo 7.6.1.2.2 della CNR-DT 206-R1/2018 per la verifica delle aste soggette a compresse (espressione 7.28) con  $\lambda$  calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o nei parametri asta.
- Paragrafo 7.6.1.2.3 della CNR-DT 206-R1/2018 per la verifica delle aste soggette a pressoflessione (espressione 7.31) con  $\lambda$  calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o nei parametri asta.
- È possibile scegliere nei criteri di progetto che per la verifica della sezione venga considerato un valore ridotto equivalente del momento (vedi **Usa momenti equivalenti per verifiche di stabilità a pressoflessione**) se il momento flettente varia linearmente lungo l'asta; in caso contrario il momento equivalente

viene valutato come la media dei valori assoluti dei momenti d'estremità e di campata ed assunto con lo stesso segno del massimo momento in valore assoluto.

## VERIFICHE DI STABILITÀ MEMBRATURE

- Paragrafo 7.6.1.2.1 della CNR-DT 206-R1/2018 per la verifica delle aste soggette a flessione semplice (espressione 7.20) o a flessione deviata (espressione 7.26) o a tensoflessione (espressione 7.27), in cui si tiene conto del coefficiente definito nei criteri di progetto (vedi **Coeff. per calcolo ritegni torsionali**) per la determinazione di  $\lambda_{rel,m}$ .
- Paragrafo 7.6.1.2.2 della CNR-DT 206-R1/2018 per la verifica delle aste soggette a compresse (espressione 7.28) con  $\lambda$  calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o risultanti dal calcolo in funzione degli sforzi normali nelle varie aste come indicato nei criteri di progetto (vedi **Sforzo normale di verifica** e **Contributo eventuali sforzi di trazione**).
- Paragrafo 7.6.1.2.3 della CNR-DT 206-R1/2018 per la verifica delle aste soggette a pressoflessione (espressione 7.31) con  $\lambda$  calcolata con i coefficienti  $\beta_y$  e  $\beta_z$  definiti nei criteri di progetto (vedi **Verifiche di stabilità globale in dir. Y (Z) locale**) o risultanti dal calcolo in funzione degli sforzi normali nelle varie aste come indicato nei criteri di progetto (vedi **Sforzo normale di verifica** e **Contributo eventuali sforzi di trazione**).
- È possibile scegliere nei criteri di progetto che per la verifica della sezione venga considerato un valore ridotto equivalente del momento (vedi **Usa momenti equivalenti per verifiche di stabilità a pressoflessione**) se il momento flettente varia linearmente lungo l'asta; in caso contrario il momento equivalente viene valutato come la media dei valori assoluti dei momenti d'estremità e di campata ed assunto con lo stesso segno del massimo momento in valore assoluto. Nella determinazione del momento equivalente agente, la distribuzione del momento viene definita lineare se: 1) ha andamento lineare in ognuna delle aste che compongono la membratura; 2) i valori dei momenti d'estremità di tutte le aste si discostano meno di 10 kgm dal valore teorico che avrebbe un momento variabile linearmente fra il momento iniziale della prima asta ed il momento finale dell'ultima asta.

## VERIFICHE DI DEFORMAZIONE




- Le verifiche di deformazione (calcolo delle frecce) vengono eseguite per le aste con membratura trave o generica e per gli stati limite di esercizio statici.
- Paragrafo 4.4.7 e C4.4.7, in cui la freccia elastica viene amplificata mediante un coefficiente amplificativo  $k_{def}$  che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo dovuto all'effetto combinato della viscosità e dell'umidità, mediante la classe di servizio definita nei criteri di progetto (vedi **Classe di servizio**).
- Il calcolo delle deformazioni viene eseguito con riferimento alle combinazioni teoriche (riportate nella relazione di calcolo) e non alle combinazioni effettive (CC), quindi eventuali aggiunte, modifiche, cancellazioni della matrice delle combinazioni (CC) non vengono tenute in conto.

## Definizione automatica ed interattiva delle membrature

La membratura è costituita da più aste allineate con la stessa sezione, stessa rotazione e con filo fisso e scostamenti dal filo fisso differenti purché non si creino degli sfalsamenti tra le aste contigue.

La definizione si effettua cliccando nel gruppo **Membrature** della scheda **Post-Processor** su **Definizione**



, selezionando **Legno**  e poi cliccando su **Automatica**  o su **Manuale** .

La modalità **automatica** permette di definire automaticamente le membrature composte da aste con lo stesso numero in funzione di quanto specificato nel criterio di verifica **Massimo numero aste costituenti unica membratura**, suddividendole in più membrature se il numero delle aste è maggiore di quanto specificato nel criterio di verifica.

La modalità **manuale** permette di definire le membrature graficamente selezionando le aste in acciaio nella finestra di modellazione. Per aggiungere ad una membratura un'altra asta è sufficiente selezionarla mentre per eliminarla occorre selezionarla tenendo premuto il tasto Ctrl. Per definire un'altra membratura contigua ad una già definita occorre selezionare due volte la prima asta e poi continuare selezionando le altre aste.


Le membrature vengono colorate alternando due colori e la loro colorazione viene visualizzata al termine della definizione automatica e all'inizio di quella manuale.

Le membrature non possono essere composte da una sola asta ma se erroneamente definite vengono classificate come "Non definita".

## Mappe tassi di sfruttamento

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra la relativa tensione e la tensione ammissibile o l'azione e la resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento per le aste in legno per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito,

cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Legno** , selezionando "Tassi di sfruttamento", "Aste" e cliccando poi sul tasso di sfruttamento da visualizzare.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di aste e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.

Con l'opzione *Tassi di sfruttamento* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se i tassi di sfruttamento vadano rappresentati con una mappatura a colori con un andamento analogo ad un diagramma, o con una colorazione variabile lungo l'asta.


La visualizzazione del tasso di sfruttamento viene effettuata sempre nel piano locale XZ dell'asta.


La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi.

Il tasso di sfruttamento nei riguardi della stabilità può essere eseguito solo per tutti i risultati.


I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:


## ASTE


**Resistenza globale (tutte le verifiche)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi a tutte le verifiche di resistenza.


**Resistenza a presso-tenso flessione** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alle verifiche di resistenza per sforzo normale e momento flettente.

**Resistenza a taglio e torsione** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento per taglio e torsione.


**Stabilità globale (tutte le verifiche)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi a tutte le verifiche di stabilità.


**Stabilità a presso-tenso flessione** : attiva la visualizzazione del tasso di sfruttamento relativi alle verifiche di stabilità per sforzo normale e momento flettente. Risulta ovviamente un valore costante per tutta l'asta dato che la verifica prevede il calcolo di un solo valore. La visualizzazione non viene effettuata per aste per le quali non sono state effettuate le verifiche di stabilità.


**Stabilità a flessione (svergolamento)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica di stabilità per momento flettente chiamata anche verifica di stabilità a svergolamento.


**Freccia massima** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla freccia massima. Per freccia massima si intende il valore massimo di tutte le tipologie di frecce determinate.

## MEMBRATURE

**Stabilità globale (tutte le verifiche)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi a tutte le verifiche di stabilità.

**Stabilità a presso-tenso flessione** : attiva la visualizzazione del tasso di sfruttamento relativo alle verifiche di stabilità per sforzo normale e momento flettente. Risulta ovviamente un valore costante per tutta l'asta dato che la verifica prevede il calcolo di un solo valore. La visualizzazione non viene effettuata per aste per le quali non sono state effettuate le verifiche di stabilità.

**Stabilità a flessione (svergolamento)** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla verifica di stabilità per momento flettente chiamata anche verifica di stabilità a svergolamento. Risulta ovviamente un valore costante per tutta l'asta dato che la verifica prevede il calcolo di un solo valore.

**Freccia massima** : attiva la visualizzazione dei tassi di sfruttamento relativi alla freccia massima. Per freccia massima si intende il valore massimo di tutte le tipologie di frecce determinate.

**Utilizzo da linea di comando: DTSFL** (Disegna tassi di sfruttamento legno).

**Argomenti correlati: Fattori di scala.**

## Mappe snellezza

La visualizzazione delle snellezze per le aste in legno può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito, cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Legno**




, selezionando "Snellezze" e cliccando poi sulla snellezza da visualizzare.


La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di aste e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.

Con l'opzione *Tassi di sfruttamento* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra è possibile scegliere se le snellezze vadano rappresentate con una mappatura a colori con un andamento analogo ad un diagramma, o con una colorazione variabile lungo l'asta.

La visualizzazione della snellezza viene effettuata sempre nel piano locale XZ dell'asta.

Il tipo di snellezza che si possono visualizzare sono:

**Snellezze max singole aste** : attiva la visualizzazione della snellezza massima dell'asta considerando la singola asta. La visualizzazione non viene effettuata per aste con tensione di trazione per tutti i risultati e per le quali quindi non sono state effettuate le verifiche di stabilità;

**Snellezze max intere membrature** : attiva la visualizzazione della snellezza massima dell'asta considerando l'intera membratura di cui fa parte l'asta. La visualizzazione non viene effettuata per aste appartenenti a membrature con tensione di trazione per tutti i risultati e per le quali quindi non sono state effettuate le verifiche di stabilità.

**Utilizzo da linea di comando: DSNEL** (Disegna snellezze legno).

**Argomenti correlati: Fattori di scala.**

## Criteri di verifica

### Criteri generali di verifica aste in legno

Si tratta di criteri che stabiliscono alcuni parametri validi per tutte le aste presenti nella struttura, indipendentemente quindi dal numero del criterio di verifica assegnato nella definizione della sezione.

#### Verifiche aste in legno

**Numero punti interni per controllo  $\sigma$** : specificare il numero di punti interni alle aste nei quali calcolare (oltre agli estremi) il valore di  $\sigma$  e  $\tau$  per la ricerca dei valori massimi ed i controlli di sicurezza. Indipendentemente da quanto specificato con questo parametro, in modellazione grafica sarà comunque possibile ottenere le rappresentazioni di  $\sigma$  e  $\tau$  in qualunque punto dell'asta.

**Numero CC da considerare di tipo H**: la normativa DIN 1052 distingue le combinazioni di carico (CC) in combinazioni di tipo H (carichi principali) e di tipo Hz (carichi principali ed addizionali). Specificare quante sono le combinazioni da considerare come combinazione di tipo H. Ad esempio, specificando 3, verranno considerate di tipo H le prime 3 CC definite nel calcolo e di tipo Hz le successive.

**Usa momenti equivalenti per verifiche di stabilità a presso-flessione**: specificare se considerare nelle verifiche di stabilità a presso-flessione il valore del momento flettente equivalente come riportato in letteratura (Giordano).

**Trascura sisma per verifiche di deformazione alle T.A.**: specificare se trascurare le deformazioni indotte dall'azione sismica nel calcolo della deformazione delle aste.

**Considera azioni sismiche di durata**: selezionare il tempo di esposizione al carico per la determinazione del coefficiente di correzione,  $K_{mod}$ , relativamente all'azione sismica. Per verifiche secondo il D.M. 17/01/18 l'azione sismica è considerata di durata istantanea (si veda il paragrafo 4.4.4). Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Permanente**
- **Lunga**
- **Media**
- **Breve**
- **Molto breve/Istantanea**

#### Stampe

**Verifiche da riportare in relazione**: specificare quali delle verifiche effettuate riportare nella relazione di calcolo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Tutte**
- **Aste più sollecitate a parità di sezione**
- **Aste più sollecitate a parità di sezione e numero**

**Nota**: le verifiche di stabilità delle membrature vengono stampate in ogni caso per tutte le membrature verificate.

# Criteri di verifica aste in legno

## Caratteristiche legno

**Valori caratteristici riportati in letteratura:** cliccando sul bottone "Carica", sono accessibili all'utente le caratteristiche relative alla classificazione di alcuni tipi di legno che sono state recuperate dalla letteratura disponibile. Accanto alla nomenclatura del legno viene riportato tra parentesi il riferimento bibliografico.

**Tipo di legno:** specificare il tipo di legno adottato. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Lamellare**
- **Massiccio**

**Verifiche Tensioni Ammissibili (DIN 1052):** specificare se effettuare le verifiche secondo il metodo delle Tensioni Ammissibili, in conformità alla normativa tedesca DIN 1052-A1, tenendo presente che sono valide per carichi di tipo H. Per le condizioni di carico di tipo Hz, è ammesso un incremento pari al 25% dei valori tensionali ammissibili indicati. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Classificazione per verifiche di stabilità:** specificare la classificazione secondo cui effettuare le verifiche di stabilità. Se viene scelta una classificazione diversa da quella precedentemente scelta col tasto Carica, è necessario inserire manualmente i parametri per le verifiche di resistenza.
2. **Moduli di elasticità:** specificare i moduli di elasticità. Per il legno massiccio di latifoglie i moduli di elasticità tangenziale e torsionale vengono di default posti uguali. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Flessionale ( $E$ ):** specificare il valore del modulo elastico flessionale.
  - **Assiale parallelo alle fibre ( $E_0$ ):** specificare il valore del modulo elastico assiale valutato parallelamente alle fibre.
  - **Tangenziale ( $G$ ):** specificare il valore del modulo elastico tangenziale.
  - **Torsionale ( $G_T$ ):** specificare il valore del modulo elastico torsionale.
3. **Tensioni ammissibili:** specificare i valori delle tensioni ammissibili. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Flessione ( $\sigma_m$ ):** specificare il valore massimo della tensione a flessione a cui far lavorare il legno.
  - **Compressione parallela alle fibre ( $\sigma_n$ ):** specificare il valore massimo della tensione a compressione, valutata parallelamente alle fibre, a cui far lavorare il legno.
  - **Trazione parallela alle fibre ( $\sigma_t$ ):** specificare il valore massimo della tensione a trazione, valutata parallelamente alle fibre, a cui far lavorare il legno.
  - **Taglio ( $\tau$ ):** specificare il valore massimo ammissibile per le tensioni tangenziali.

**Verifiche Stati Limite (EC5/D.M. 18):** specificare se effettuare le verifiche secondo il metodo degli Stati Limite, in conformità alla normativa Eurocodice 5 (EC5) o al D.M. 17/01/18.

**Considera come elemento esistente:** specificare se l'asta in legno è esistente oppure nuova. Nel caso di elementi esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

1. **Moduli di elasticità:** specificare i moduli di elasticità. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Medio parallelo alle fibre ( $E_{0,mean}$ ):** specificare il valore medio del modulo elastico valutato parallelamente alle fibre.
  - **Caratteristico parallelo alle fibre ( $E_{0,05}$ ):** specificare il valore caratteristico, riferito al frattile del 5%, del modulo elastico valutato parallelamente alle fibre.
  - **Tangenziale medio ( $G_{mean}$ ):** specificare il valore del modulo elastico tangenziale.
2. **Resistenze caratteristiche:** specificare i valori delle resistenze caratteristiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Flessione ( $f_{m,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a flessione.
  - **Compressione parallela alle fibre ( $f_{c,0,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a compressione, valutata parallelamente alle fibre.
  - **Trazione parallela alle fibre ( $f_{t,0,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione, valutata parallelamente alle fibre.
  - **Taglio ( $f_{v,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a taglio e torsione.
3. **Considera incremento per sezioni piccole:** specificare se si vuole prendere in considerazione i coefficienti k di incremento delle resistenze caratteristiche a trazione e flessione per sezioni inferiori a 150 mm per il legno massiccio ed inferiori a 600 mm per il legno lamellare (vedi par. 3.2.2 e 3.3.2 del EC5).

## Parametri di calcolo

**DIN 1052:** specificare i parametri per il calcolo secondo la normativa tedesca DIN1052-A1. È disponibile la seguente opzione:

- **Percentuale di umidità u:** specificare la percentuale di umidità dell'ambiente in cui si prevede sia utilizzata la struttura. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **minore o uguale al 18%**
  - **maggiore del 18%**

**EC5/D.M. 18:** specificare la classe di servizio della struttura, come previsto dall'Eurocodice 5 (vedi par. 3.1.5 del EC5). Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Classe di servizio:** specificare la classe di servizio della struttura. Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Classe di servizio 1:** si riporta la normativa Eurocodice 5: *"è caratterizzata da un'umidità dei materiali corrispondente ad una temperatura di 20 °C ed un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno; in questa classe l'umidità media nella maggior parte dei legni di conifere non eccede il 12%"*.
  - **Classe di servizio 2:** si riporta la normativa Eurocodice 5: *"è caratterizzata da un'umidità dei materiali corrispondente ad una temperatura di 20 °C ed un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno; in questa classe l'umidità media nella maggior parte dei legni di conifere non eccede il 20%"*.
  - **Classe di servizio 3:** si riporta la normativa Eurocodice 5: *"condizioni climatiche che conducono ad umidità più elevate di quelle della classe di servizio 2; le strutture coperte, solo in casi eccezionali, dovrebbero essere considerate appartenenti a questa classe"*.
2. **Coeff.  $\gamma_m$  (EC5):** specificare il valore del coefficiente parziale per la proprietà del materiale (vedi par. 2.3.3.2 del EC5).
3. **Coeff.  $\gamma_m$  (D.M. 18):** specificare il valore del coefficiente parziale per la proprietà del materiale (vedi par. 4.4.6 del D.M. 17/01/18).

**Max valore del rapporto tra luce e freccia istantanea (solo accidentali):** specificare il valore massimo del rapporto tra luce e freccia istantanea dell'asta o della membratura dovuta solo ai carichi accidentali. Questo parametro consente di verificare quanto indicato nel par. 4.4.7 del D.M. 17/01/18: *"Nei casi in cui sia opportuno limitare la freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili nella combinazione di carico rara, in mancanza di più precise indicazioni, si raccomanda che essa sia inferiore a  $L/300$ , essendo L la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo"*.

**Max valore del rapporto tra luce e freccia istantanea (totale):** specificare il valore massimo del rapporto tra luce e freccia istantanea dell'asta o della membratura dovuta ai carichi permanenti ed accidentali. Questo parametro consente di verificare quanto indicato nel par. C4.4.7 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19: *"In aggiunta alla verifica di freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili nella combinazione di carico rara riportata nel § 4.4.7 delle NTC, si consiglia, per la medesima combinazione di carico, di limitare opportunamente anche la freccia istantanea totale, derivante cioè dai carichi permanenti e dai carichi variabili, ..."*.

**Max valore del rapporto tra luce e freccia finale:** specificare il valore massimo del rapporto tra luce e freccia finale dell'asta o della membratura. Questo parametro consente di verificare quanto indicato nel par. 4.4.7 del D.M. 17/01/18: *"Nei casi in cui sia opportuno limitare la freccia finale, in mancanza di più precise indicazioni, si raccomanda che essa sia inferiore a  $L/200$ , essendo L la luce dell'elemento o, nel caso di mensola, il doppio dello sbalzo"*.

**Considerare anche spostamento relativo nodi per calcolo freccia:** specificare se nel calcolo della freccia vada messo in conto anche lo spostamento relativo fra i nodi o se vada calcolata solo come la massima deformazione rispetto alla congiungente i nodi nella configurazione deformata. Si noti che per aste verticali con membratura pilastro viene sempre preso in considerazione anche lo spostamento relativo e quindi l'opzione è sempre considerata attiva. L'opzione deve essere selezionata per le aste con un comportamento a mensola altrimenti si sottostima il valore della freccia.

**Considerare solo la verifica di deformabilità delle membrature:** specificare se valutare e riportare in relazione solo la verifica di deformabilità delle membrature (se definite). Per aste facenti parte di una membratura e caratterizzate da questo criterio non verrà valutata la freccia, intendendo che abbia senso solo quella della membratura di cui fanno parte. Se l'asta è singola, disattivare questo parametro per avere la verifica di deformabilità.

## Verifiche di stabilità asta

**Riduzione lunghezza libera d'inflessione:** se il calcolo è stato effettuato considerando le zone rigide, è possibile specificare se la lunghezza libera di inflessione delle aste deve essere considerata al netto (eventualmente parziale) delle zone rigide o da nodo a nodo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Distanza fra i nodi dell'asta:** viene considerata come lunghezza libera di inflessione la distanza fra i nodi dell'asta.

- **Distanza ridotta delle zone rigide moltiplicate per il valore:** viene considerata come lunghezza libera di inflessione la distanza fra i nodi dell'asta ridotta delle zone rigide moltiplicate per tale fattore.

**Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità ed il valore del coefficiente  $\beta$  da utilizzare per le verifiche di stabilità intorno all'asse Y (Z) locale delle aste. Eventuali coefficienti  $\beta$  assegnati alle aste come parametro aggiuntivo (si veda **Definizione dei parametri aste**) hanno comunque la precedenza su questi.

**Verifiche di stabilità laterale (svergolamento):** specificare se effettuare le verifiche di stabilità laterale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Coeff. per calcolo interasse ritegni torsionali:** specificare il valore del coefficiente di libera inflessione ( $\beta_x$ ) intorno all'asse della sezione (torsionale). Tale coefficiente, moltiplicato per la lunghezza totale dell'asta, determina la lunghezza di un campo di trave fra due ritegni torsionali successivi per la verifica di sicurezza a svergolamento. Un eventuale coefficiente  $\beta_x$  assegnato alle aste come parametro aggiuntivo (si veda **Definizione dei parametri aste**) ha comunque la precedenza su questo.

### Verifiche di stabilità membratura

**Massimo numero aste costituenti unica membratura:** specificare il massimo numero di aste che possono costituire un'unica membratura per le verifiche di stabilità globale.

**Sforzo normale di verifica:** specificare la modalità di calcolo dello sforzo normale da considerare per le verifiche di stabilità globale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Massimo valore fra tutte le aste:** considera il massimo valore di compressione fra tutte le aste che compongono la membratura.
- **Media aritmetica dei valori di tutte le aste:** considera la media aritmetica dei valori degli sforzi normali di tutte le aste che compongono la membratura.
- **Media pesata di tutte le aste:** considera la media pesata (sulle lunghezze) dei valori degli sforzi normali di tutte le aste che compongono la membratura.

**Contributo eventuali sforzi di trazione:** specificare se nell'eventuale calcolo dello sforzo normale medio devono essere considerati anche gli sforzi di trazione eventualmente presenti nelle aste che compongono un'unica membratura.

**Verifiche di stabilità globale nel piano XZ (XY) locale:** specificare se effettuare le verifiche di stabilità ed il valore del coefficiente  $\beta$  da utilizzare per le verifiche di stabilità intorno all'asse Y (Z) locale da considerare nelle verifiche di stabilità globale.

**Verifiche di stabilità laterale (svergolamento):** specificare se effettuare le verifiche di stabilità laterale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Coeff. per calcolo interasse ritegni torsionali:** specificare il valore del coefficiente di libera inflessione ( $\beta_x$ ) intorno all'asse della sezione (torsionale). Tale coefficiente, moltiplicato per la lunghezza totale dell'asta, determina la lunghezza di un campo di trave fra due ritegni torsionali successivi per la verifica di sicurezza a svergolamento. Un eventuale coefficiente  $\beta_x$  assegnato alle aste come parametro aggiuntivo (si veda **Definizione dei parametri aste**) ha comunque la precedenza su questo.

### Dati per verifiche di resistenza al fuoco

**Tempo di verifica (REI):** indicare il tempo dall'inizio dell'applicazione dell'azione termica in cui devono essere eseguite le verifiche di resistenza delle sezioni.

**Velocità di carbonizzazione convenzionale:** la velocità di carbonizzazione convenzionale di progetto può essere stimata dal prospetto 3.1 del par. 3.4.2 del EC5. Per approfondimenti si veda **Verifiche delle aste**.

## Progettazione pannelli X-LAM

### Introduzione

ModeSt è in grado di eseguire il calcolo di strutture con elementi portanti costituiti da pannelli in legno X-LAM e di eseguirne le verifiche.


Uno dei punti critici per il calcolo di questo tipo di strutture è rappresentato dal fatto che le connessioni fra i pannelli non possono essere considerate rigide, ma al contrario in esse si concentra praticamente tutta la deformabilità e la capacità dissipativa della struttura.

Inoltre le modalità di connessione dipendono da esigenze di cantiere, di produzione e di trasporto.

In quest'ottica e per consentire anche la produzione di disegni esecutivi, ModeSt permette di eseguire il calcolo della struttura attraverso la definizione dei singoli pannelli e delle loro connessioni con gli altri.

In pratica nei criteri di progetto è possibile definire dei tipi di connessione di default da applicare ai pannelli come primo tentativo di calcolo. Attraverso la numerazione degli elementi il programma individua i diversi





pannelli e cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Assegna connessioni**  è possibile assegnare ai lati dei pannelli le connessioni specificate nel criterio. In questo modo vengono generati i pannelli su cui poi sarà possibile eseguire le verifiche, modificare le connessioni, ecc.

Dopo aver assegnato le connessioni, è possibile avere una visuale complessiva di come sono state create nella sezione **Pannelli in legno** del pannello **Colorazioni elementi**.

Si fa presente che in sede di calcolo le giunzioni a trazione vengono completamente ignorate. Eventuali deformazioni a trazione possono essere gestite con le giunzioni longitudinali, ma non risulta che ad oggi nessuno ritenga necessario mettere in conto tale deformabilità.

Dopo avere eseguito la definizione delle connessioni di default in progettazione interattiva del pannello, apri-

bile cliccando nel gruppo **Progettazioni** della scheda **Post-Processor** su **Interattiva**  e poi su **Pannelli** , è possibile personalizzare i dati ed eventualmente spezzare il pannello aggiungendo delle connessioni verticali in corrispondenza di linee guida determinate automaticamente dal programma in funzione della mesh. Tali connessioni vengono considerate a livello di calcolo struttura e influiscono ovviamente sul comportamento della struttura e sulle sollecitazioni, ma consentono di verificare le giunzioni a trazione (hold down) considerando ugualmente il pannello come monolitico.

Calcolata la struttura, una verifica dei pannelli potrà evidenziare se qualche giunzione è da rinforzare o da alleggerire, ed eventualmente anche l'analisi delle deformate può servire per capire se il cambiamento di alcune rigidezze può rendere più regolare il comportamento della struttura.




Nella struttura è comunque possibile inserire dei link su linea eventualmente con comportamento elastico per simulare collegamenti non rigidi ad esempio nei pannelli di solaio, di copertura, ecc.

È possibile eseguire delle verifiche locali in qualunque elemento della struttura, quali ad esempio i pannelli di solaio o di copertura, usando la progettazione interattiva delle sezioni con sollecitazioni da integratore longitudinale come indicato in **Verifica interattiva sezioni pannelli**.

In presenza di pannelli in legno vengono create carpenterie di piano apposite, con indicati, per la testa ed il piede dei pannelli, le tipologie e le caratteristiche delle connessioni.

## Consigli sulla modellazione

Per una corretta schematizzazione della struttura occorre tenere presente che:

- i pannelli X-LAM possono essere modellati solo con elementi bidimensionali;
- gli elementi bidimensionali con numero 0 impediscono la generazione del pannello. L'appartenenza o l'accorpamento degli elementi bidimensionali ad uno specifico pannello viene stabilita assegnando agli elementi lo stesso numero. È possibile in tal modo pilotare la generazione dei pannelli X-LAM;
- gli elementi bidimensionali allineati, ma di tipo diverso, non vengono assemblati a costituire un unico pannello;
- il grado di libertà in Z dei nodi in cui incide una giunzione a taglio è quello assegnato nel modello;
- nel caso di angolo o incrocio fra pannelli in cui non sia ben definibile in modo univoco la lunghezza del pannello (elementi bidimensionali che si compenetrano) il programma provvede ad accorciare il pannello parallelo all'asse globale Y. La correttezza delle lunghezze calcolate è facilmente controllabile generando la carpenteria di piano. In progettazione interattiva è possibile allungare o accorciare la dimensione del pannello con i comandi **Stira lato sx**  e **Stira lato dx** . Per evitare di dover intervenire sulla maggior parte dei pannelli, si consiglia di assegnare ai pannelli, ove possibile, il filo fisso eterno o interno (11 o 33);
- le connessioni vengono posizionate automaticamente sulla faccia interna del pannello. Per faccia interna si intende quella dalla parte negativa dell'asse locale Y dell'elemento bidimensionale. La modifica dell'orientamento dell'asse locale Y si può effettuare cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** su **Inverte asse locale Y bidimensionali** . Ad esempio se vogliamo modellare i pannelli della facciata di un edificio con connessioni all'interno dell'edificio, si devono modellare i pannelli utilizzando elementi bidimensionali che abbiano l'asse locale Y rivolto verso l'esterno;
- l'altezza del pannello è determinata dal programma come la differenza tra l'altezza d'interpiano (differenza di quota tra i due impalcati consecutivi) e lo spessore degli elementi bidimensionale utilizzati per modellare il solaio o la copertura. Nel caso in cui gli elementi bidimensionali siano posizionati intradossati rispetto al nodo l'altezza del pannello è uguale all'altezza d'interpiano. Occorre quindi fare attenzione sia nella definizione delle quote degli impalcati che nel posizionamento dei bidimensionali dei solai e delle coperture;
- nelle strutture in legno lamellare le pareti dell'edificio, per problemi costruttivi, sono generalmente composte da un insieme di pannelli allineati e connessi fra di loro, mentre le giunzioni a trazione (hold down) vengono posizionate agli estremi dell'intera parete. Per questo in progettazione interattiva è possibile spez-

zare il pannello aggiungendo delle connessioni verticali in corrispondenza di linee guida determinate automaticamente dal programma in funzione della mesh. Tali connessioni vengono considerate a livello di calcolo struttura e influiscono ovviamente sul comportamento della struttura e sulle sollecitazioni, ma consentono di verificare le giunzioni a trazione (hold down) considerando ugualmente il pannello come monolitico. La posizione delle linee guida può essere realizzata inserendo delle aste verticali con sezione fittizia 0 o -1 prima di meshare gli elementi bidimensionali che compongono il pannello oppure raddrizzando e/o spostando i nodi di mesh.

## Caratteristiche meccaniche dei pannelli X-LAM

Il "legno lamellare a tavole incrociate" (Cross Laminated Timber – in breve CLT o X-LAM) è un prodotto strutturale bidimensionale utilizzabile per pareti, solai orizzontali, tetti. Data la anisotropia del legno, a rigor di logica i pannelli hanno un comportamento anisotropo o al massimo ortotropo con caratteristiche di resistenza e di elasticità diversa in ognuna delle tre direzioni.

La necessità di consentirne un utilizzo semplificato in ambito ingegneristico e strutturale con le dovute e necessarie semplificazioni ha condotto nel corso degli ultimi anni a numerosi studi e convegni sia in ambito universitario che da parte dei diversi produttori che sentivano comunque la necessità di offrire dei metodi di calcolo e di progettazione.

A livello Europeo (Eurocodici) manca ancora una precisa modalità di calcolo e verifica per i pannelli CLT, ma sono state comunque emanate direttive (EAD 130010-00-0304: Glued laminated timber made of hardwood – structural laminated veneer lumber made of beech) su quanto è richiesto ai produttori per la certificazione del prodotto e quindi per ottenere il benestare europeo (ETA: European technical approval).

In sede di calcolo della struttura vengono valutati i due moduli elastici equivalenti nelle due direzioni come media pesata sugli spessori delle tavole. Per il calcolo viene poi utilizzato il maggiore dei due (generalmente quello verticale). La struttura in questo modo è più rigida e quindi risulta generalmente a vantaggio di sicurezza per il calcolo dell'azione sismica.

### Nota:



Le caratteristiche del legno possono in genere essere desunte dalle certificazioni ETA dei produttori, ma il calcolo e le verifiche richiedono però anche alcuni dati che non sempre sono riportati. In quest'ottica si fa presente che in letteratura ed in molti studi si riporta che:

1. I valori caratteristici (frattile del 5%) possono essere ricavati ai sensi della EAD 130005-00-0304, come i 5/6 dei valori medi.
2. Modulo tangenziale ortogonale alle fibre medio (G90) ha in genere valori variabili fra 40 e 100 MPa, e spesso viene assunto pari a 50 MPa o 1/10 del modulo tangenziale parallelo alle fibre medio (G0).
3. Il rapporto fra il modulo elastico parallelo e ortogonale alle fibre medio (E0/E90) viene spesso assunto pari a 30.
4. La resistenza a taglio per torsione viene comunemente assunta pari a 2.5 MPa.

## Progettazione interattiva

In progettazione interattiva è possibile controllare e modificare tutte le giunzioni o la lunghezza dei pannelli X-LAM, note e dettagli con i comandi di Ms-Cad.

La progettazione interattiva dei pannelli X-LAM può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Interattiva**  e poi su **Pannelli**  specificando il numero del pannello da progettare.
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'elemento bidimensionale ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Progettazione interattiva*.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome del file relativo al pannello X-LAM (che è stato precedentemente progettato) ► *Progettazione interattiva*.

**Utilizzo da linea di comando: EDIT** (Editor).

## Progettazione interattiva pannelli

Nell'ambiente di progettazione interattiva pannelli X-LAM, se le connessioni del pannello erano già state precedentemente assegnate ed archiviate verranno richiamate, altrimenti verrà creato il solo disegno geometrico del pannello. Al termine della progettazione è possibile archiviare il pannello e creare o aggiornare i file necessari.

Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:


### Proprietà correnti


Nella sezione **Giunzioni a taglio** del pannello **Proprietà correnti** è possibile: indicare il **Tipo** (Distribuito o Concentrato) e la **Posizione** (Anteriore o Posteriore) di giunzione da assegnare; specificare per ciascun grado di libertà se sono liberi, bloccati od elastici (i gradi di libertà rotazionali Ry loc e Rz loc sono definiti solo in termini locali e possono essere solo liberi o bloccati) e per i gradi di libertà liberi e bloccati specificare se attivare il Controllo ed specificare il valore della Resistenza (il valore della resistenza deve essere quella di progetto e quindi comprensiva del Kmod e del coefficiente di sicurezza); indicare una **Descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

Nella sezione **Giunzioni a trazione** del pannello **Proprietà correnti** è possibile: indicare la **Posizione** (Anteriore o Posteriore) di giunzione da assegnare; specificare il valore della resistenza a trazione **Rtr** (il valore della resistenza deve essere quella di progetto e quindi comprensiva del Kmod e del coefficiente di sicurezza); indicare una **Descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.


**Utilizzo da linea di comando:** **GIUC** (Giunzione a taglio corrente), **HDC** (Giunzione a trazione corrente).


## Generali

**Assegna connessioni**  assegna le connessioni al pannello dal criterio di progetto.

**Ricalcola**  effettua il controllo che il pannello e le connessioni siano verificati, segnalando le eventuali anomalie.


**Elimina prog.**  elimina completamente le connessioni lasciando solo il disegno geometrico del pannello.


**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando la relativa opzione del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.


**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato al pannello.

**Utilizzo da linea di comando:** **ARMA** (Progetta), **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione).

## Mappe

**Tensioni normali**  disegna le tensioni normali nel pannello.


**Tensioni tangenziali**  disegna le tensioni tangenziali nel pannello.


**Sollecitazioni unitarie**  disegna gli sforzi normali, i tagli ed i momenti unitari nel pannello.

Selezionando un caso di verifica dalla casella di riepilogo a discesa del pannello **Stato verifiche** è possibile controllare le sollecitazioni e le tensioni nelle singole combinazioni delle CCE.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSLB** (Disegna sollecitazioni elementi bidimensionali), **VERC** (Verifiche correnti).

## Dimensioni


**Stira lato sx**  stira il lato sinistro del pannello. Valori positivi dello spostamento accorciano il pannello mentre valori negativi allungano il pannello.


**Stira lato dx**  stira il lato destro del pannello. Valori positivi dello spostamento allungano il pannello mentre valori negativi accorciano il pannello.

La modifica delle dimensioni si rende necessaria quando il programma non ha individuato automaticamente la forma del pannello che il progettista intende far realizzare. Nel caso in cui si apportino modifiche al pannello, si consiglia di controllare le dimensioni dei pannelli che vi incidono ortogonalmente.

**Utilizzo da linea di comando:** **DSX** (Stira lato sinistro), **DDX** (Stira lato destro).


## Giunzioni a taglio


**Assegna**  assegna una giunzione a taglio.


**Elimina**  elimina una giunzione a taglio.


**Utilizzo da linea di comando:** **AGIU** (Assegna giunzione a taglio), **ELIG** (Elimina giunzione a taglio).

## Giunzioni a trazione

**Aggiungi**  aggiunge una giunzione a trazione (hold down).


**Assegna**  assegna una giunzione a trazione (hold down).

**Elimina**  elimina una giunzione a trazione (hold down).

**Sposta**  sposta una giunzione a trazione (hold down).

**Utilizzo da linea di comando:** **AGHD** (Aggiungi giunzione a trazione), **AHD** (Assegna giunzione a trazione), **ELHD** (Elimina giunzione a trazione), **SPHD** (Sposta giunzione a trazione).

## Disegno

**Zone ver.**  attiva o disattiva il disegno delle sezioni di verifica.



**3D**  apre una finestra con la visualizzazione tridimensionale del pannello progettato.

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

**Utilizzo da linea di comando:** **DPV** (Disegna punti/piani di verifica), **SHADE** (Visualizzazione tridimensionale).



## Riverifica automatica


La riverifica automatica dei pannelli X-LAM o delle sezioni dei pannelli definite localmente nella struttura può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Legno**  e poi su **Riverifica elementi progettati** .
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'elemento bidimensionale ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Riverifica automatica pannello*.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome del pannello X-LAM o della sezione ► *Riverifica automatica*.

## Verifica interattiva sezioni pannelli


Nell'ambiente di progettazione interattiva di sezioni pannelli X-LAM è possibile eseguire le verifiche di sezioni di pannelli X-LAM appartenenti a qualsiasi elemento della struttura. Alla progettazione interattiva si accede


cliccando nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** su **Interattiva**  e poi su **Sollecitazioni integratori longitudinali** , viene richiesto di selezionare un integratore. Le sollecitazioni sono determinate integrando le sollecitazioni o le tensioni degli elementi bidimensionali (si veda **Tecniche di integrazione**).


La sezione viene inizialmente creata ipotizzando le fibre longitudinali del pannello X-LAM orientate ortogonalmente alla sezione, con il comando **Inverti orientamento**  è comunque possibile invertire l'orientamento degli strati del pannello.


Le verifiche vengono poi effettuate analogamente a quelle dei pannelli come indicato in **Verifiche effettuate**. Si riportano di seguito i comandi principali raggruppati per funzionalità:

### Generali

**Ricalcola**  effettua le verifiche segnalando le eventuali anomalie. È possibile impostare la modalità di ricalcolo automatica o manuale selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando, per maggiori informazioni si veda il capitolo **Modalità di ricalcolo e verifica**.


**Anteprima rel.**  visualizza l'anteprima della relazione di calcolo. È possibile visualizzare una relazione in forma sintetica oppure estesa selezionando le relative opzioni del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando. È possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente utilizzando l'opzione "Usa sistema tecnico" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando.

**Inverti orientamento**  inverte l'orientamento degli strati del pannello nella verifica della sezione. La sezione viene inizialmente creata ipotizzando le fibre longitudinali del pannello X-LAM orientate ortogonalmente alla sezione.

**Mod. criteri**  modifica i criteri di progetto posizionandosi automaticamente sul criterio specifico assegnato al tipo di bidimensionale.

**Utilizzo da linea di comando:** **CALC** (Ricalcola), **ELAR** (Elimina progettazione), **?REL** (Anteprima relazione), **INVE** (Inverte orientamento strati).

## Risultati num.

**Sollecitazioni**  visualizza le informazioni sui valori delle sollecitazioni nella sezione.


## Diagrammi

**Tau**  attiva o disattiva il disegno della tensione tangenziale.

**Sigma**  attiva o disattiva il disegno della tensione di compressione o trazione.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTAU** (Disegna tau), **DSC** (Disegna sigma).

## Disegno

**Opzioni**  modifica le opzioni di disegno.

# Verifiche effettuate

## Pannelli X-LAM

Poiché non esiste ancora una normativa specifica per le verifiche dei pannelli X-LAM, il programma fa riferimento a quanto prescritto nel D.M. 17/01/18, integrate con quanto prescritto ai paragrafi 6.2.3, 6.2.4 e 6.3.2 dell'EC5, e con riferimento agli studi eseguiti presso l'Institute of Timber Engineering and Wood Technology - Graz University of Technology. L'Eurocodice 5, come gli altri Eurocodici, è attualmente in corso di revisione e la nuova versione, che verrà pubblicata presumibilmente entro il 2020, includerà le verifiche sui pannelli X-LAM, conseguentemente il programma verrà se necessario adeguato.

Si fa presente che il coefficiente di sistema  $K_{sys}$ , applicabile solo nel caso di tensioni sufficientemente costanti, viene assunto pari ad 1.00 a favore di sicurezza.

Il coefficiente  $K_m$  per le verifiche a flessione e pressoflessione viene assunto pari ad 1.00 secondo le indicazioni dell'EC5: "Per altri prodotti strutturali a base di legno, per tutte le sezioni trasversali:  $k_m = 1,0$ ".

Si fa inoltre presente che nelle verifiche dei pannelli (in cui è definibile una lunghezza di inflessione), in caso di sforzo normale di compressione le verifiche sono effettuate tenendo conto della stabilità e quindi con la sicurezza per compressione valutata senza l'elevazione al quadrato. Nelle verifiche di semplici sezioni la verifica lato compressione viene effettuata elevando al quadrato la sicurezza per compressione. Il tutto conformemente a quanto indicato sia nel D.M. 14/01/08 che nell'Eurocodice 5.

Le verifiche vengono eseguite per gli stati limite ultimi di Vita e statici.

## VERIFICHE A FLESSIONE NEL PIANO DEL PANNELLO

Viene semplicemente considerata una sezione resistente costituita dalle sole tavole disposte in senso ortogonale al piano di tensione.

## VERIFICHE A TAGLIO NEL PIANO DEL PANNELLO

Viene considerato l'approccio suggerito dall'Università di Graz, e da altri, considerando il volume rappresentativo dell'elemento e il volume rappresentativo del sotto-elemento. Questo si rende necessario per poter valutare e verificare separatamente i meccanismi di taglio e di torsione che interessano le tavole di legno e gli strati di incollaggio delle tavole.

Il volume rappresentativo è definito dallo spessore equivalente  $t^*$  e da una superficie quadrata pari all'incrocio delle tavole. Lo spessore  $t^*$  è dato dalla sommatoria degli spessori efficaci  $t_i^*$  in corrispondenza dei giunti, ossia le superfici di contatto fra le tavole. Per il primo e l'ultimo giunto, si considera come spessore efficace  $t_i^*$  il  $\min(2 \cdot t_{test}, t_{int})$  per i giunti interni il  $\min(t_i, t_{i-1})$ .

Risulta quindi  $t^* \text{ sempre } \leq t_{tot}$ .

La tensione tangenziale nominale risulta comunque costante e definita in funzione del taglio unitario come:  $\tau_0^* = T_u / t^*$ .

## Meccanismo a taglio

L'effettiva tensione tangenziale per taglio viene valutata come 2 volte la tensione ideale nominale:  $\tau_v^* = 2 \cdot \tau_0^*$ .

Questo perché viene ipotizzata una distribuzione costante, contrariamente ad una distribuzione quadratica. Le ipotesi della teoria di trave (deformazione a taglio libera sul confine) non sono infatti soddisfatte per l'interferenza data dalla struttura chiusa della piastra X-LAM.

## Meccanismo a torsione

La tensione tangenziale per torsione della singola interfaccia può poi essere valutata assumendo una larghezza "a" delle tavole, attraverso il calcolo del Momento torsionale e del modulo di resistenza polare, e risulta essere pari a:

$$\tau_T^* = 3 \cdot \tau_0^* \cdot t_i^* / a$$

## VERIFICHE A FLESSIONE ORTOGONALI AL PIANO DEL PANNELLO

Gli studi in corso sui pannelli X-LAM prevedono numerosi metodi di verifica per le sollecitazioni ortogonali al pannello: metodo Gamma modificato (teoria di Mohler), Teoria dei compositi (k Method), Analogia del Taglio (Kreuzinger), Teoria di Timošenko, ecc.

Per semplicità e comunque sempre dal lato della sicurezza è stato per ora adottato il cosiddetto k Method, che in pratica prevede l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane, ma trascurando il contributo delle tavole con fibratura parallela al piano di flessione.

In quest'ottica può essere calcolato un momento d'inerzia efficace:

$$J_{eff} = \sum [J_i] + \sum [A_i \cdot y_i^2]$$

ed una area efficace:

$$A_{eff} = \sum [A_i]$$

In cui gli indici variano solo sulle tavole con fibratura ortogonale al piano e da cui poi discende lo stato tensionale. Le altre tavole sono trascurate e risultano scariche.

### VERIFICHE A TAGLIO ORTOGONALI AL PIANO DEL PANNELLO

In accordo al metodo assunto per le verifiche flessionali, vengono effettuate con un metodo che è praticamente il metodo di Jourawsky opportunamente modificato, in cui nel calcolo dei momenti statici si trascurano le tavole con orientamento parallelo al piano di tensione. Si ha quindi un andamento della tensione da taglio che resta costante all'interno di tali tavole, cui è comunque demandato il trasferimento delle tensioni da scorrimento.

Risultano quindi necessarie due verifiche: nelle tavole ortogonali al piano dovrà essere verificata la normale resistenza a taglio, mentre in quelle parallele si dovrà fare riferimento alla resistenza a taglio da rotolamento (rolling shear).

### VERIFICHE DI STABILITÀ

Vengono eseguite ai sensi delle NTC e dell'EC5, valutando  $N_{crit}$  in accordo con le assunzioni effettuate per il calcolo delle tensioni.

Viene definita una rigidezza equivalente a flessione:

$$K_{CLT,05} = \sum [J_i \cdot E_i] + \sum [A_i \cdot y_i^2 \cdot E_i]$$

(estesa a tutte le tavole, ognuna con il relativo modulo elastico caratteristico ( $E_{0,05}$  o  $E_{90,05}$ ))

ed una rigidezza equivalente a taglio:

$$S_{CLT,05} = K \cdot \sum [A_i \cdot G_i]$$

anch'essa estesa a tutte le tavole, ognuna con il relativo modulo elastico tangenziale caratteristico ( $G_{0,05}$  o  $G_{90,05}$ ) ed in cui  $K$  è un fattore di correzione rigidezza a taglio che può essere valutato analiticamente, ma che per le tipologie di pannelli in normale produzione ha un valore di circa 0.2-0.25. Il programma a favore di sicurezza adotta un valore pari a 0.2.

Ciò premesso si ha:

$$n_{cr} = \frac{K_{CLT,05} \cdot \pi^2}{I_k^2 \cdot \left( 1 + \frac{K_{CLT,05}}{S_{CLT,05} \cdot I_k^2} \right)}$$

Da cui:

$$k_c = \min \left[ \frac{1.0}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \right]$$

$$k = 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2)$$

$$\beta_c = 0.1$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{A_{net,ef} \cdot f_{c,0,k}}{n_{cr}}}$$

La verifica viene poi effettuata come:

$$\frac{\sigma_c}{k_c \cdot f_{cd,compr}} + \frac{\sigma_{My}}{f_{cd,fless}} + \frac{\sigma_{Mz}}{f_{cd,fless}}$$

In cui le tensioni sono calcolate con riferimento a  $J_{eff}$  ed  $A_{eff}$ .

Attualmente non viene valutata la snellezza nel piano della parete, generalmente molto minore ed influente.

Bibliografia parziale:

- Blaß H.J., Fellmoser P., [2004]. "Design of solid wood panels with cross layers", 8th World Conference on Timber Engineering WCTE, Lahti, Finland, p. 543-8.

- Bogensperger T., Moosbrugger T., Silly G., Verification of CLT-plates under loads in plane, WCTE 2010, 11th World Conference on Timber Engineering, Riva del Garda, 2010
- Alexandra Thiel, ULS and SLS design of CLT and its implementation in the CLT designer, Institute of Timber Engineering and Wood Technology - Graz University of Technology

### Giunzioni a taglio o a trazione (hold down)

Le verifiche delle giunzioni consistono semplicemente nel confronto fra le sollecitazioni in esse agenti e le resistenze indicate nei criteri di progetto.

Normalmente la resistenza di una giunzione è valutata come la minima fra quelle che interessano i diversi meccanismi di rottura (piastra o angolare acciaio, chiodatura, tirafondi, ecc.) quindi in teoria ognuna con un  $K_{mod}$  diverso lato legno per ogni CC e con coefficienti di sicurezza diversi fra legno, acciaio e calcestruzzo. Normalmente, e nell'ottica di progettare una giunzione duttile, si fa in modo che il meccanismo dirimente sia quello della rottura lato chiodi.

Resta comunque compito del progettista decidere che valore di resistenza vuole che venga controllato dal programma, che non modifica i valori forniti. Dato che la situazione di maggior stress è quella sismica, si suppone infatti che  $K_{mod}$  sia pari ad 1, e ci si aspetta che il progettista abbia valutato le resistenze lato legno con lo stesso coefficiente di sicurezza indicato nei criteri per le verifiche del pannello. Eurocodice e D.M. 14/01/08 hanno infatti valori molto diversi.

Le sollecitazioni sulle giunzioni a taglio vengono valutate semplicemente dividendo la relativa sollecitazione del pannello per il numero di giunzioni (se concentrate) o riportandola a metro lineare (se distribuite). Non vengono messi in conto incrementi in direzione Z (Z della giunzione, quindi orizzontali) per valutare l'equilibrio con il momento torcente sul pannello, né incrementi verticali che si immagina siano assorbiti dalle giunzioni a trazione.

Le sollecitazioni sulle giunzioni a trazione (hold down) vengono calcolate con considerazioni di equilibrio, trascurando il pannello, e non vengono verificate quelle compresse.

## Mappe tassi di sfruttamento pannelli

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra l'azione agente e la relativa resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento per i pannelli X-LAM per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito,

cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Legno** , selezionando "Tassi di sfruttamento", "Pannelli" e cliccando poi sul tasso di sfruttamento da visualizzare.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di elementi bidimensionali e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi.

I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:

**Globali**  : relativi alla verifica più gravosa dei pannelli X-LAM.

**Flessione/pressoflessione**  : relativi alla verifica a flessione/pressoflessione dei pannelli X-LAM.

**Taglio**  : relativi alla verifica a taglio dei pannelli X-LAM.

**Connessioni**  : relativi alla verifica delle connessioni a trazione a taglio.

**Utilizzo da linea di comando: DTSFLP** (Disegna tassi di sfruttamento pannelli).

**Argomenti correlati: Fattori di scala.**

## Criteri di progetto

### Criteri generali di progetto

#### Stampe

**Tipo di relazione:** indicare il tipo di relazione di calcolo da realizzare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sintetica:** vengono riportate solo le verifiche più gravose.
- **Estesa:** vengono riportate tutte le verifiche effettuate.



# Criteri di progetto pannelli X-LAM

## Caratteristiche legno

**Larghezza tavola:** specificare la dimensione delle tavole da considerare per le verifiche a torsione nei pannelli X-LAM. Il dato non è sempre specificato nei certificati dei produttori e spesso i pannelli sono composti con tavole di larghezza diversa. Ai fini delle verifiche vengono comunemente utilizzate larghezze variabili fra i 10 e i 15 cm.

**Peso:** specificare il valore del peso specifico per determinare il peso proprio del pannello X-LAM.

**Coeff. di dilatazione termica:** specificare il valore del coefficiente di dilatazione termica.

**Coeff. di Poisson:** specificare il valore del coefficiente di Poisson.

**Moduli di elasticità:** specificare i moduli di elasticità. Per approfondimenti si veda **Caratteristiche meccaniche dei pannelli X-LAM**. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Medio parallelo alle fibre ( $E_{0,mean}$ ):** specificare il valore medio del modulo elastico valutato parallelamente alle fibre.
- **Caratteristico parallelo alle fibre ( $E_{0,05}$ ):** specificare il valore caratteristico, riferito al frattile del 5%, del modulo elastico valutato parallelamente alle fibre.
- **Medio perpendicolare alle fibre ( $E_{90,mean}$ ):** specificare il valore medio del modulo elastico valutato perpendicolarmente alle fibre.
- **Caratteristico perpendicolare alle fibre ( $E_{90,05}$ ):** specificare il valore caratteristico, riferito al frattile del 5%, del modulo elastico valutato perpendicolarmente alle fibre.
- **Tangenziale medio parallelo alle fibre ( $G_{0,mean}$ ):** specificare il valore del modulo elastico tangenziale valutato parallelamente alle fibre.
- **Tangenziale caratteristico parallelo alle fibre ( $G_{0,05}$ ):** specificare il valore caratteristico, riferito al frattile del 5%, del modulo elastico tangenziale valutato parallelamente alle fibre.
- **Tangenziale medio perpendicolare alle fibre ( $G_{90,mean}$ ):** specificare il valore del modulo elastico tangenziale valutato perpendicolarmente alle fibre.
- **Tangenziale caratteristico perpendicolare alle fibre ( $G_{90,05}$ ):** specificare il valore caratteristico, riferito al frattile del 5%, del modulo elastico tangenziale valutato perpendicolarmente alle fibre.

**Resistenze caratteristiche:** specificare i valori delle resistenze caratteristiche. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Flessione ( $f_{m,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a flessione.
- **Compressione parallela alle fibre ( $f_{c,0,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a compressione, valutata parallelamente alle fibre.
- **Trazione parallela alle fibre ( $f_{t,0,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a trazione, valutata parallelamente alle fibre.
- **Taglio ( $f_{v,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a taglio.
- **Taglio torsione ( $f_{t,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a taglio per torsione. La resistenza a taglio per torsione viene comunemente assunta pari a 2.5 MPa.
- **Taglio rotolamento ( $f_{r,k}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a taglio per rotolamento.

## Parametri di calcolo

**Classe di servizio:** specificare la classe di servizio della struttura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Classe di servizio 1:** si riporta la normativa D.M. 17/01/18: *"È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno"*.
- **Classe di servizio 2:** si riporta la normativa D.M. 17/01/18: *"È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno"*.
- **Classe di servizio 3:** si riporta la normativa D.M. 17/01/18: *"È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2"*.

**Trascura componenti statiche nelle verifiche delle giunzioni verticali:** specificare se nelle verifiche delle giunzioni verticali si debbano trascurare le componenti statiche delle sollecitazioni. Se l'opzione è attiva, le giunzioni verticali vengono verificate solo per le componenti sismiche delle sollecitazioni sismiche.



**Coeff.  $\gamma_m$ :** specificare il valore del coefficiente parziale per la proprietà del materiale (vedi par. 4.4.6 del D.M. 17/01/18).

### Giunzioni a trazione (hold down)

**Distanza:** specificare la distanza dal bordo del pannello in cui posizionare il baricentro della giunzione a trazione (hold down).

**Resistenza di progetto:** specificare la resistenza di progetto della singola giunzione a trazione (hold down).

**Descrizione:** specificare la descrizione della giunzione a trazione (hold down) da riportare nei disegni esecutivi.

### Giunzioni a taglio al piede su cemento

**Distribuita con valori unitari a metro:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

**Concentrata:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

### Giunzioni a taglio al piede su legno

**Distribuita con valori unitari a metro:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

**Concentrata:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. La rigidità e la resistenza si riferiscono alla singola giunzione. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

### Giunzioni a taglio alla testa

**Nessuna giunzione:** selezionare quest'opzione se non si desidera assegnare le giunzioni a taglio in testa al pannello.

**Distribuita con valori unitari a metro:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

**Concentrata:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. La rigidità e la resistenza si riferiscono alla singola giunzione. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.

### Giunzioni a taglio laterali su pannelli ortogonali

**Nessuna giunzione:** selezionare quest'opzione se non si desidera assegnare le giunzioni a taglio lateralmente al pannello.

**Concentrata:** indicare i gradi di libertà da rendere liberi, bloccati o elastici. Nel caso di vincoli bloccati o elastici è possibile specificare la resistenza di progetto della giunzione. Le giunzioni vengono assegnate solo sui bordi in cui il pannello si interseca ortogonalmente con altri pannelli. È possibile indicare una **descrizione** della giunzione da riportare nei disegni esecutivi.


## Verifica tamponature

### Introduzione

È possibile effettuare la verifica delle tamponature che abbiano:

- numero diverso da zero;
- utilizzo area di carico e verifica.

La verifica delle tamponature può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Tamponature** .
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sulla tamponatura ► *Verifica automatica*.

La verifica è eseguibile sia per strutture nuove che esistenti calcolate sismicamente ai sensi del D.M. 17/01/18.

**Argomenti correlati:** Verifiche effettuate.

## Verifiche effettuate

---

Le verifiche vengono effettuate solo per strutture calcolate sismicamente agli stati limite ai sensi del D.M. 17/01/18.

La forza da applicare alla tamponatura è determinata in base alla relazione (7.2.1) del paragrafo 7.2.3 del D.M. 17/01/18 con fattore di comportamento pari a 2 e considerata uniformemente distribuita. Il peso della tamponatura è calcolato come prodotto dal **Peso per unità di superficie** specificato nei criteri di progetto e non quello indicato per la valutazione del carico sulle aste, che può tener conto di aperture, ecc. Come per i solai, anche per le tamponature il carico viene determinato con riferimento alle posizioni teoriche di travi e pilastri.

Poiché il programma consente di inserire pannelli di tamponatura anche di forma non rettangolare, l'altezza di verifica viene calcolata come altezza media dividendo l'area del pannello per il suo ingombro massimo in pianta. Nel caso più comune di elemento rettangolare, l'altezza media viene ovviamente a coincidere con l'altezza reale. L'altezza di calcolo viene poi determinata detraendo soltanto l'eventuale ingombro minimo di aste orizzontali poste superiormente. Non vengono detratti gli spessori di eventuali solette o di aste inferiori estradossate. La quota del baricentro in cui si considera applicata la forza è valutata con riferimento alle posizioni teoriche di travi e pilastri, senza detrazioni.

Le tamponature aderenti ad una maglia di telaio, il cui schema statico è quello di una trave incernierata agli estremi, vengono verificate confrontando la sollecitazione flettente agente con quella resistente determinata come indicato nel paragrafo 7.8.2.2.3 del D.M. 17/01/18 oppure con la relazione indicata nel par. 6.3.2 dell'EC6 in funzione del parametro dei criteri di progetto **Aderente al telaio**.

Le tamponature non aderenti ad una maglia di telaio, il cui schema statico è quello di una mensola, vengono verificate confrontando la sollecitazione flettente agente con quella resistente determinata come indicato nel paragrafo 7.8.2.2.3 del D.M. 17/01/18 oppure con il momento stabilizzante in funzione del parametro dei criteri di progetto **Non aderente al telaio**.

Le verifiche per il contenimento del danno, come indicato nel paragrafo 7.3.6.1 del D.M. 17/01/18, sono eseguite se è stato attivato il parametro dei criteri di progetto **Verifiche per contenimento danno**. Attraverso le opzioni del suddetto parametro, vengono determinati i valori limite degli spostamenti relativi necessari per eseguire le verifiche.

## Puntoni equivalenti

---

È possibile indicare al programma di generare in automatico due puntoni diagonali equivalenti per tenere in conto dell'interazione tra tamponature e telai.

Il metodo usato è quello introdotto nella Circolare dei LL.PP. n. 65 del 10/4/97 e consiste nell'utilizzare un'asta con rigidezza equivalente al pannello di muratura compreso all'interno del telaio. Nel solo caso di tamponature quadrangolari il programma se richiesto crea due aste, **resistenti solo a compressione**, segnalando eventualmente se non sono rispettati campi di utilizzo specificati nel testo della circolare citata.

L'introduzione di questa schematizzazione è di totale responsabilità del progettista, perché può modificare in modo significativo e non facilmente controllabile il comportamento della struttura.

Si fa infatti presente che il D.M. 17/01/18 al paragrafo 7.2.3 prescrive: *"In nessun caso la scelta degli elementi da considerare secondari può determinare il passaggio da struttura "irregolare" a struttura "regolare", né il contributo alla rigidezza totale sotto azioni orizzontali degli elementi secondari può superare il 15% della analoga rigidezza degli elementi principali."* Tali controlli NON vengono eseguiti dal programma.

La schematizzazione dei puntoni può comportare inoltre una sottostima notevole delle sollecitazioni degli elementi sia per azioni sismiche che per i semplici carichi verticali.

L'introduzione di tali elementi comporta inoltre ovviamente l'obbligo di eseguire analisi non lineari e quindi preclude il calcolo modale e l'analisi sismica dinamica lineare.

Nel caso di analisi pushover l'analisi modale o dinamica sono necessarie in realtà solo per la valutazione della distribuzione delle forze incrementalì. In quest'ottica, per poter consentire ugualmente uno studio del comportamento della struttura, è possibile comunque indicare al programma di eseguire l'analisi modale ipotizzando che le due aste che schematizzano la tamponatura abbiano comportamento lineare (quindi resistenti sia a trazione che compressione) ma riducendone la rigidezza (vedi **Considera nell'analisi modale del pushover c.a.**).

Anche in questo caso si lasciano al progettista le considerazioni sulla validità ed i limiti di un simile approccio.

## Mappe tassi di sfruttamento

---

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra l'azione agente e la relativa resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento per le tamponature per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo sia stato eseguito,




clickando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Tamponature**, selezionando "Tassi di sfruttamento" e clickando poi sul tasso di sfruttamento da visualizzare.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di tamponature e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi.

I tassi di sfruttamento che si possono visualizzare sono:

**Globali**  : relativi alla verifica più gravosa delle tamponature.

**Pressoflessione ortogonale al piano**  : relativi alla verifica a pressoflessione ortogonale al piano delle tamponature.

**Deformazione**  : relativi alla verifica di deformazione delle tamponature.

**Utilizzo da linea di comando: DTSFTA** (Disegna tassi di sfruttamento tamponature).

**Argomenti correlati: Fattori di scala.**

## Criteri di verifica tamponature

### Materiali

**Considera come elementi esistenti:** specificare se la tamponatura è esistente oppure nuova. Nel caso di tamponature esistenti è possibile selezionare il livello di conoscenza (**LC1**, **LC2**, **LC3**) da cui discende il valore del fattore di confidenza (**FC**).

**Peso per unità di superficie:** specificare il peso specifico a mq da utilizzare per calcolare il peso della tamponatura ( $W_a$ ) e quindi la forza sismica agente sulla tamponatura. L'altezza della tamponatura viene determinata automaticamente dal programma come specificato in **Verifiche effettuate** in funzione della sua geometria.

**Resistenza caratteristica a compressione ( $f_k$ ):** specificare la resistenza caratteristica a compressione della tamponatura.

**Resistenza media a compressione ( $f_m$ ):** specificare la resistenza media a compressione della tamponatura.

**Resistenza caratteristica a compressione nulla ( $f_{vko}$ ):** specificare il valore della resistenza caratteristica a compressione nulla impiegata per la verifica della resistenza dei rinforzi con FRP dei nodi trave-pilastro. In particolare tale resistenza è utilizzata per determinare la massima azione orizzontale che la tamponatura può generare sul nodo trave-pilastro.

**Modulo elastico ( $E$ ):** specificare il modulo di elasticità della tamponatura.

**Coeff.  $\gamma$ :** specificare il valore del coefficiente parziale di sicurezza da utilizzare nelle verifiche.

### Parametri per verifiche

**Spessore resistente:** specificare lo spessore della sezione resistente della tamponatura da utilizzare nelle verifiche. In questo modo è possibile svincolare il peso, comprendente ad esempio parti non strutturali come intonaci, faccia vista, ecc. dalla parte di tamponatura effettivamente resistente.

**Verifiche a ribaltamento:** specificare se debbano essere eseguite le verifiche a ribaltamento. Se l'opzione è attiva occorre specificare se la tamponatura inserita all'interno di una maglia di un telaio è aderente o no al telaio e quale sia il metodo di verifica. In entrambi i casi si trascura l'eventuale contributo resistente dovuto alla flessione orizzontale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Aderente al telaio:** per le tamponature aderenti al telaio, il cui schema statico è quello di una trave incernierata agli estremi, la verifica si effettua confrontando la sollecitazione flettente agente con quella resistente determinata come indicato nel paragrafo 7.8.2.2.3 del D.M. 17/01/18.
- **Aderente al telaio con verifica con relazione EC6:** per le tamponature aderenti al telaio, il cui schema statico è quello di una trave incernierata agli estremi, la verifica si effettua confrontando il valore del momento agente con quello resistente determinato dal valore del carico resistente calcolato con la relazione proposta nel par. 6.3.2 dell'EC6.
- **Non aderente al telaio:** per le tamponature non aderenti al telaio, il cui schema statico è quello di una mensola, la verifica si effettua confrontando la sollecitazione flettente agente con quella resistente determinata come indicato nel paragrafo 7.8.2.2.3 del D.M. 17/01/18.

- **Non aderente al telaio con verifica a ribaltamento:** per le tamponature non aderenti al telaio, il cui schema statico è quello di una mensola, la verifica si effettua confrontando il momento ribaltante con il momento stabilizzante.

**Verifiche per contenimento danno:** specificare se debbono essere eseguite le verifiche per il contenimento del danno come indicato nel paragrafo 7.3.6.1 del D.M. 17/01/18. Se l'opzione è attiva occorre specificare se la tamponatura è **Collegata rigidamente alla struttura (fragile)** o **Collegata rigidamente alla struttura (duatile) (caso a)** oppure è **Progettata per non subire danni (caso b)**, attraverso queste opzioni vengono determinati i valori limite degli spostamenti relativi necessari per eseguire le suddette verifiche.

### Puntoni equivalenti


**Considera nell'analisi modale del pushover c.a.:** indicare se durante l'analisi modale o dinamica, necessarie per la valutazione della distribuzione delle forze incrementali, i puntoni vadano messi in conto come aste a comportamento lineare, eventualmente riducendone la rigidità. Se l'opzione è deselezionata, i puntoni vengono ignorati nell'analisi preliminare e schematizzati solo durante il pushover. Si consiglia di approfondire l'argomento leggendo anche quanto riportato in **Puntoni equivalenti**.

## Controllo delle progettazioni

### Status

È possibile effettuare un controllo sullo stato in cui si trovano gli elementi strutturali in termini sia di progettazione sia di verifiche.

La scelta di quali elementi visualizzare lo status si effettua attraverso le opzioni della finestra di dialogo che

compare cliccando sulla freccia sottostante **Status**  e poi su **Opzioni** .

La visualizzazione dello **stato delle progettazioni** si effettua cliccando nel gruppo **Progettazione** della



scheda **Post-Processor** su **Status**  e poi su **Progetto** . Viene visualizzato, mediante la colorazione, quali siano quelli progettati, non progettati, non progettabili, da riverificare o non riverificabili.

Quando un elemento si trova nello stato "Progettati" non è garantito che tutte le verifiche siano soddisfatte.

Un elemento si trova nello stato "Non progettabili" quando ha numero zero o verifica prevista nessuna.

Per i solai gli unici stati visualizzabili sono "Progettati" o "Non Progettati" per cui se sono state apportate delle modifiche o ricalcolata la struttura si consiglia di eseguire la riverifica automatica dei solai.


La visualizzazione dello **stato delle verifiche** si effettua cliccando nel gruppo **Progettazione** della scheda

**Post-Processor** su **Status**  e poi su **Verifiche** . Viene visualizzato, mediante la colorazione, quali siano quelli verificati, non verificati, da riverificare, con limiti di regolamento non soddisfatti e quelli verificati con avvisi. La visualizzazione degli elementi verificati con avvisi può essere disattivata con l'opzione *Disattiva la visualizzazione dello status "verificato con avvisi"* presente nella scheda "Generali" delle opzioni di ModeSt,



apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** .

## Visualizzazione progettazioni e rinforzi nella modellazione

Per tenere sotto controllo il grado di dettaglio a cui si è giunti nella redazione del progetto, controllare il corretto posizionamento sia dei collegamenti progettati sia dei rinforzi assegnati a travi e pilastri, nelle finestre di modellazione è possibile visualizzare le armature, i collegamenti completi di piastre, bullonature e saldature e i rinforzi con materiali compositi FRP insieme al modello strutturale. La visualizzazione si effettua cliccando

nel gruppo **Progettazione** della scheda **Post-Processor** su **3D** .

È possibile specificare di quali elementi visualizzare le armature, i collegamenti o i rinforzi utilizzando le opzioni

della finestra di dialogo che compare cliccando sulla freccia sottostante **3D**  e poi su **Opzioni** .

# Modellazione e verifiche geotecniche

## Modellazione

### Definizioni

#### Introduzione

La **modellazione geotecnica** è la definizione delle grandezze rappresentative del comportamento meccanico del volume di terreno influenzato dalla struttura che si sta progettando; il frutto di tale operazione è la **colonna stratigrafica**. La colonna stratigrafica è un insieme ordinato di **strati**, ad ognuno dei quali è associata una **unità geotecnica**, ovvero l'insieme dei **parametri geotecnici** presenti alla profondità dello strato.

I **parametri geotecnici**, ordinati nei seguenti gruppi, sono le grandezze rappresentative del comportamento meccanico di un terreno.

- **Classificazione:**  
Coesivo; Incoerente; Roccia; Non classificato.
- **Pesi specifici:**  
Peso specifico del terreno naturale  $\gamma$   
Peso specifico del terreno saturo  $\gamma_{\text{sat}}$
- **Proprietà indice:**  
Densità relativa  $D_r$  (solo se Incoerente)  
Indice di plasticità  $I_p$  (solo se Coesivo)
- **Parametri plastici:**  
Angolo di attrito efficace  $\phi'$   
Coesione efficace  $c'$   
Coesione non drenata  $c_u$  (solo se Coesivo)
- **Caratteristiche litostatiche:**  
Grado di sovraconsolidazione OCR (solo se non è Roccia)  
Coefficiente di spinta a riposo  $k_0$
- **Parametri elastici:**  
Modulo elastico  $E$   
Modulo elastico tangenziale  $G$   
Esponente del parametro tensionale  $k_j$   
Coefficiente di Poisson  $\nu$   
Modulo edometrico  $E_{\text{ed}}$   
Modulo elastico non drenato  $E_u$  (solo se Coesivo)

L'**unità geotecnica** rappresenta un insieme di parametri geotecnici il cui valore non è associato alla posizione stratigrafica (stato tensionale in sito) del terreno che si intende caratterizzare. L'unica funzione dell'unità geotecnica è raggruppare l'insieme di parametri geotecnici da associare ad uno strato.

Uno **strato** è una parte del sottosuolo per la quale si ipotizzano costanti i parametri geotecnici, pertanto questo è definito da un'unità geotecnica, dalla profondità della superficie superiore e da un criterio di progetto. Tale entità permette di creare la colonna stratigrafica e di associare i parametri geotecnici alla loro effettiva posizione stratigrafica.

La **falda** è una proprietà della colonna stratigrafica e definisce la presenza di acqua nel terreno.

Le **prove in sito** sono definite da un insieme di misure ordinate in funzione della profondità in cui vengono effettuate. Sono considerate le prove seguenti: SPT, DP, CPT, GFS.

La **colonna stratigrafica** è definita da un insieme ordinato di strati (secondo la profondità della superficie superiore), da una falda ed eventualmente da un insieme di prove in sito.

Le **pressioni litostatiche** rappresentano lo stato tensionale in sito, il **calcolo delle pressioni litostatiche** è indispensabile alla caratterizzazione geotecnica e alla progettazione.

La **caratterizzazione geotecnica** è un insieme di correlazioni fra i risultati delle prove in sito, le pressioni litostatiche, e alcuni dei parametri geotecnici associati agli strati. La caratterizzazione geotecnica permette, oltre la **determinazione dei parametri geotecnici** correlabili, la creazione della relazione geotecnica.

# Parametri geotecnici

## Classificazione

Un terreno può essere classificato come: Coesivo, Incoerente, Roccia, Non classificato.

Sono classificabili come **coesivi** i terreni a grana fine, come limi e argille, caratterizzati da un basso coefficiente di permeabilità e per i quali, se presenti sotto falda, è possibile ipotizzare un comportamento sia drenato che non drenato.

Sono classificabili come **incoerenti** i terreni a grana grossa, come sabbie e ghiaie, caratterizzati da un alto coefficiente di permeabilità e per i quali viene in ogni caso ipotizzato un comportamento drenato.

La seguente tabella sintetizza tali concetti.

Classificazione	Ipotesi implicite	Condizioni di calcolo
Coesivo	Bassa permeabilità	Sia drenate che non drenate
Incoerente	Alta permeabilità	Solo drenate
Roccia	-	-
Non classificato	-	-

La scelta della classificazione determina quali sono i parametri da inserire per caratterizzare un terreno: per terreni che non sono classificati come coesivi non sono mai previste condizioni di calcolo non drenate e quindi non è richiesto l'inserimento della coesione non drenata e del modulo elastico non drenato; la densità relativa è una proprietà associabile solo a terreni incoerenti così come l'indice di plasticità lo è per i terreni coesivi; per le rocce non è necessario indicare alcun grado di sovraconsolidazione.

Per i terreni classificati come incoerenti è comunque possibile assegnare valori non nulli di coesione, anche se generalmente i terreni a grana grossa ne sono privi, per poter tener conto di fenomeni di cementazione naturale.

## Pesi specifici

I pesi specifici permettono di calcolare, una volta definita la colonna stratigrafica, le pressioni verticali totali ed efficaci. Tali parametri sono:

- Peso specifico del terreno naturale  $\gamma$
- Peso specifico del terreno saturo  $\gamma_{sat}$

Il terreno viene ipotizzato di peso specifico naturale (o umido)  $\gamma$  al di sopra della falda e di peso specifico  $\gamma_{sat}$ , completamente saturo, al di sotto della falda.

I parametri sono calcolati secondo le seguenti relazioni:

- Peso specifico del terreno naturale  $\gamma = \gamma_d \cdot (1+w)$
- Peso specifico del terreno saturo  $\gamma_{sat} = \gamma_d + n \cdot \gamma_w$

dove:

- $n$     porosità: rapporto fra il volume dei vuoti e il volume totale,  $n = e/(1+e)$ .
- $e$     indice dei vuoti: rapporto fra il volume dei vuoti e il volume del solido,  $e = n/(1-n)$ .
- $\gamma_s$     peso specifico della sostanza solida: peso per volume dei solidi.
- $\gamma_d$     peso specifico del terreno secco: peso dei solidi per volume totale,  $\gamma_d = \gamma_s/(1+e)$ .
- $w$     contenuto d'acqua: rapporto fra il peso dell'acqua e il peso dei solidi.
- $\gamma_w$     peso specifico dell'acqua.

## Proprietà indice

Le proprietà indice, caratterizzando i terreni, permettono l'utilizzo di correlazioni per la determinazione di altri parametri geotecnici, una volta che per questi è stata definita l'effettiva collocazione stratigrafica. La stima delle proprietà indice è legata al grado di approfondimento dell'indagine geotecnica svolta ed il loro inserimento è opzionale. Tali parametri sono:

- Densità relativa  $D_r$  (solo per terreni incoerenti)
- Indice di plasticità  $I_p$  (solo per terreni coesivi)

La **densità relativa** è un indice del grado di addensamento di terreni incoerenti:

Stato di addensamento	Dr
Molto sciolto	0 - 20
Sciolto	20 - 40
Medio	40 - 60
Denso	60 - 80
Molto denso	80 - 100

La conoscenza di tale proprietà è di aiuto alla determinazione di altri parametri quali l'angolo di attrito e il coefficiente di spinta a riposo.

La densità relativa influenza: il calcolo della profondità critica di infissione per pali; il calcolo della capacità portante in condizioni statiche per rottura locale secondo Vesic (1975) per le fondazioni superficiali.

L'**indice di plasticità** rappresenta l'ampiezza dell'intervallo di contenuto d'acqua in cui il terreno presenta un comportamento plastico:

Comportamento	Ip
Non plastico	0 - 5
Poco plastico	5 - 15
Plastico	15 - 40
Molto denso	> 40

La conoscenza di tale proprietà è di aiuto alla determinazione di altri parametri quali l'angolo di attrito, la coesione non drenata e il coefficiente di spinta a riposo.

### Parametri plastici

I parametri plastici definiscono il limite agli stati tensionali fisicamente ammissibili per sollecitazioni di taglio, il raggiungimento di tali stati tensionali viene associato alle condizioni di rottura per le analisi limite utilizzate in fase di progettazione e verifica, per tali analisi i valori inseriti sono intesi come caratteristici. Tali parametri sono:

- Angolo di attrito efficace  $\phi'$
- Coesione efficace  $c'$
- Coesione non drenata  $c_u$  (solo per terreni coesivi)

In condizioni drenate la tensione tangenziale limite ( $\tau_f$ ) è ipotizzata variabile in funzione della tensione normale efficace ( $\sigma'_{nf}$ ) secondo il criterio di Mohr - Coulomb:  $\tau_f = c' + \sigma'_{nf} \cdot \tan(\phi')$ .

In condizioni non drenate la tensione tangenziale limite ( $\tau_f$ ) è ipotizzata pari alla coesione non drenata:  $\tau_f = c_u$ .

### Caratteristiche litostatiche

Le caratteristiche litostatiche definiscono la condizione tensionale del terreno in condizioni ante opera. Tali parametri sono:

- Grado di sovraconsolidazione OCR (solo se non è Roccia)
- Coefficiente di spinta a riposo  $k_0$

Il **grado di sovraconsolidazione** misura il rapporto fra le pressioni verticali efficaci massime a cui il terreno è stato sottoposto in passato e le pressioni verticali efficaci attuali, tale parametro influenza: il valore del coefficiente di spinta a riposo; il calcolo della pressione limite alla base del palo attraverso il fattore di riduzione per terreni coesivi sovraconsolidati; il calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali col metodo edometrico.

Il **coefficiente di spinta a riposo** è definito come il rapporto fra le pressioni orizzontali e verticali efficaci (calcolo delle pressioni litostatiche:  $k_0 = \sigma'_{h0}/\sigma'_{v0}$ ); tale parametro influenza il calcolo dell'attrito laterale limite per pali, in condizioni drenate.

### Parametri elastici

I parametri elastici permettono di descrivere il comportamento tensodeformativo di un terreno in campo elastico lineare isotropo. Tali parametri sono:

- Modulo elastico E
- Modulo elastico tangenziale G
- Esponente del parametro tensionale kj
- Coefficiente di Poisson v
- Modulo edometrico E<sub>ed</sub>
- Modulo elastico non drenato E<sub>u</sub> (solo per terreni coesivi)

Il modulo elastico (modulo di Young) di calcolo, utilizzato per le verifiche, è ipotizzato variabile con lo stato tensionale litostatico secondo la seguente relazione:

$$E = E^*(p'/p_{atm})^{kj}$$

In cui la pressione media efficace normalizzata con la pressione atmosferica ( $p'/p_{atm}$ ) è il parametro tensionale, l'esponente del parametro tensionale (kj) rappresenta la variabilità dei parametri elastici ed E è il valore del modulo di Young per  $p' = p_{atm}$ .

Ipotizzando il coefficiente di Poisson costante nello strato considerato, risulta che tutti i moduli elastici hanno la stessa variabilità del modulo di Young. Pertanto, in fase di primo inserimento dei dati, i valori di G, E<sub>ed</sub> e E<sub>u</sub> vengono calcolati automaticamente:

Il modulo elastico tangenziale risulta:

$$G = E / [2*(1+v)]$$

In condizioni edometriche, quindi per deformazioni laterali nulle, il modulo elastico vale:

$$E_{ed} = E * \{ (1-v) / [(1+v)*(1-2*v)] \}$$

In condizioni non drenate, quindi per deformazioni volumetriche nulle ( $v_u=0.5$ ), il modulo elastico vale:

$$E_u = E * \{ 3 / [2*(1+v)] \}$$

L'inserimento dei parametri elastici è opzionale perché per alcune analisi possono non essere utili. La conoscenza dei parametri elastici è comunque indispensabile al calcolo della capacità portante e della risposta deformativa per carichi orizzontali dei pali; al calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali secondo la teoria dell'elasticità e col metodo edometrico; al calcolo di capacità portanti riferite a meccanismi di rottura per punzonamento per fondazioni superficiali e profonde (Vesic, 1975).

**Nota:** i moduli di elasticità tangenziale e normale sono fortemente influenzati dal livello di sollecitazione; in altri termini, il comportamento del materiale è marcatamente non lineare. Per adottare il modello di mezzo linearmente elastico nei problemi applicativi si possono introdurre i valori iniziale, secante o tangente di tali moduli (Viggiani 1999).

**Nota:** si osserva che i valori di E decrescono sensibilmente al crescere del livello di tensione deviatorica; i valori iniziali (deviatore nullo) valgono circa il doppio di quelli (E<sub>50</sub>) relativi ad una tensione deviatorica pari al 50% di quella a rottura (Viggiani 1999).

I calcoli e le verifiche verranno compiute utilizzando i parametri inseriti in fase di input. L'utente può scegliere, in base ai dati a sua disposizione ad alle sue ipotesi progettuali, se inserire i valori iniziale, secante o tangente dei moduli elastici.

## Prove in sito

### Prove SPT

La Standard Penetration Test (SPT) è una prova penetrometrica dinamica discontinua, consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore (queste prove vengono solitamente effettuate durante i sondaggi) di dimensioni standardizzate secondo una procedura standardizzata. Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi (N1, N2, N3) necessario per ciascun avanzamento. Tali misure, ottenute in modo discontinuo con la profondità, caratterizzano la resistenza meccanica alla penetrazione.

La misura utile alla modellazione è rappresentata dal numero NSPT = N2 + N3.

Se con N1 = 50 l'avanzamento è minore di 15 cm, oppure con N2 + N3 = 100 l'avanzamento è minore di 30 cm, la prova viene sospesa e vengono annotate le relative penetrazioni.

### Prove DP

La Dynamic Penetration test (DP) è una prova penetrometrica dinamica continua, consiste nell'infissione a percussione di una punta conica metallica fissata ad un'asta in acciaio.

Le misure utili alla modellazione sono rappresentate dal numero NDP di colpi necessario per un prefissato avanzamento della punta conica. Tali misure, ottenute in modo continuo con la profondità, caratterizzano la resistenza meccanica alla penetrazione.



Le correlazioni esistenti in letteratura fra i vari parametri geotecnici e i risultati di prove in sito di tipo dinamico riguardano i valori di NSPT della prova SPT, per utilizzare le prove DP risulta quindi necessario stabilire un rapporto fra NSPT e NDP. È ad onere dell'utente calcolare NSPT/NDP in base allo strumento utilizzato per la prova.

**Nota:** il rapporto NSPT/NDP è ricavabile dalla seguente considerazione energetica:  $NSPT \cdot QSPT = NDP \cdot QDP$  dove QSPT e QDP sono l'energia specifica per colpo rispettivamente della prova SPT e DP, si ottiene quindi  $NSPT/NDP = QDP/QSPT$ . L'energia specifica per colpo è data dalla relazione  $Q = (M \cdot H)/(a \cdot \delta)$  in cui: peso della massa battente (M); altezza di caduta (H); area della base della punta conica (A); avanzamento della punta conica ( $\delta$ ) sono le caratteristiche dello strumento utilizzato per la prova.

## Prove CPT

La Cone Penetration Test (CPT) è una prova penetrometrica statica continua, consiste nella misura della resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica standardizzata, infissa nel terreno con un martinetto meccanico o idraulico.

Le misure utili alla modellazione sono rappresentate dalla tensione resistente laterale locale ( $f_s$ ) e la resistenza unitaria alla punta ( $q_c$ ).

**Nota:** il rapporto  $q_c/f_s$  (rapporto Begemann) può essere utile ad una stima orientativa della granulometria dei terreni attraversati.

Torbe ed argille organiche	$q_c/f_s \leq 15$
Limi ed argille	$15 < q_c/f_s \leq 30$
Limi sabbiosi e sabbie limose	$30 < q_c/f_s \leq 60$
Sabbie e sabbie con ghiaia	$q_c/f_s > 60$

(Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977).

## Prove GFS





Viene intesa come Prova GFS l'insieme delle misure delle velocità di propagazione delle onde elastiche ottenute attraverso metodi d'indagine geofisica, sia invasivi (down hole, cross hole, seismic cone, suspension jogging, tomografia sismica) che non invasivi (riflessione, rifrazione, SASW, GPR). Una qualsiasi di queste prove viene classificata all'interno del programma come prova GFS.



Le misure utili alla modellazione sono rappresentate delle velocità di propagazione delle onde di taglio ( $v_s$ ) e di compressione ( $v_p$ ).

# Inserimento e modifica

## Filosofia di base

Il fine della modellazione geotecnica è la definizione di una (o più di una) colonna stratigrafica, in seguito sono riportati i passi di inserimento e modifica dei dati e di creazione delle entità utili alla definizione della colonna stratigrafica:

passo I	definizione di una o più unità geotecniche cliccando nel gruppo <b>Definizioni</b> della scheda <b>Modellazione su Proprietà elementi</b>  e poi su <b>Unità geotecniche</b>  , quindi premendo sul tasto "Aggiungi" e nella finestra di dialogo specificando i dati richiesti, per maggiori informazioni si veda <b>Unità geotecniche</b> ;
passo II	creazione di una colonna stratigrafica cliccando nel gruppo <b>Definizioni</b> della scheda <b>Modellazione su Proprietà elementi</b>  e poi su <b>Colonne stratigrafiche</b>  , quindi premendo sul tasto "Aggiungi" e nella finestra di dialogo specificando i dati richiesti, per maggiori informazioni si veda <b>Colonne stratigrafiche</b> ;
passo IIa	inserimento di uno strato o di più strati, definendone la loro profondità;
passo IIb	associazione delle unità geotecniche agli strati della colonna;
passo IIc	definizione della falda;
passo IId	definizione della posizione rispetto al sistema di riferimento globale;

passo III	caratterizzazione geotecnica, cioè nuova definizione dei parametri geotecnici attraverso l'utilizzo delle correlazioni con prove in sito (ovviamente questo passo è opzionale ed è possibile solo se sono disponibili prove in sito);
passo IIIa	creazione ed associazione delle prove in sito cliccando nel gruppo <b>Definizioni</b> della scheda <b>Modellazione su Proprietà elementi</b>  e poi su <b>Prove geotecniche</b>  , quindi premendo sul tasto "Aggiungi" e nella finestra di dialogo specificando i dati richiesti, per maggiori informazioni si veda <b>Prove geotecniche</b> ;
passo IIIb	scelta dei criteri da utilizzare per le correlazioni con le prove definite;
passo IIIc	associazione dei criteri geotecnici agli strati della colonna;
passo IIId	indicazioni di calcolo dei parametri geotecnici.




La definizione iniziale di una colonna stratigrafica avviene salvando i dati impostati al passo II, la colonna così creata è in ogni momento modificabile cliccando nel gruppo **Definizioni** della scheda **Modellazione su Pro-**

**prietà elementi**  e poi su **Colonne stratigrafiche** , selezionando dall'elenco la colonna stratigrafica e quindi premendo sul tasto "Modifica".

Una volta avvenuta la definizione iniziale di una colonna stratigrafica è possibile visualizzare i diagrammi che, in funzione della profondità, danno i valori delle pressioni litostatiche, dei parametri inseriti e dei risultati delle prove in sito assegnate.

Quando un parametro è stato ridefinito attraverso la caratterizzazione geotecnica, il suo valore iniziale, definito nell'unità geotecnica, NON è più preso in considerazione.

È possibile importare nella struttura corrente la modellazione geotecnica da un'altra struttura cliccando dal

menu dell'applicazione  su **Importa**  e poi **Modellazione geotecnica** . Questa operazione comporta la perdita dei dati, già definiti, relativi alle unità e alle prove geotecniche, alle colonne stratigrafiche e ai criteri di progetto geotecnici.

La definizione di una colonna stratigrafica è sufficiente per la creazione della relazione geotecnica. La relazione geotecnica è l'elenco ordinato dei parametri associati ai singoli strati della colonna. Per i parametri ricalcolati (nel passo III) vengono riportate in relazione le correlazioni utilizzate nella caratterizzazione geotecnica, mentre la giustificazione dei valori non ricalcolati (definiti direttamente nell'unità geotecnica) è onere del progettista.

## Caratterizzazione geotecnica

### Introduzione

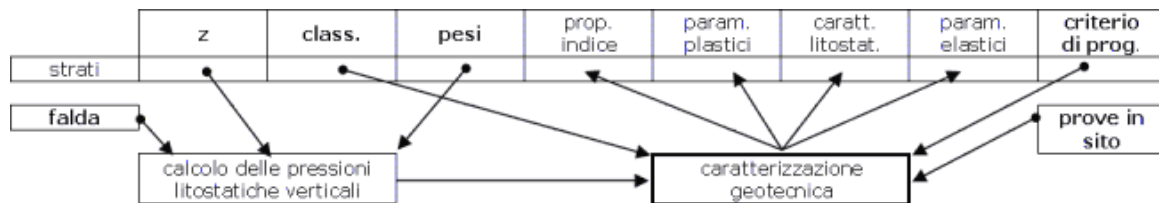
La caratterizzazione geotecnica avviene nell'ambito della definizione della colonna stratigrafica, una volta che ad ogni strato è associato lo stato tensionale in sito (determinato col calcolo delle pressioni litostatiche).

Se alla colonna in oggetto sono state assegnate prove in sito allora la determinazione dei parametri geotecnici dei singoli strati può essere fatta attraverso l'utilizzo di una serie di relazioni che legano le misure che compongono le prove ai valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Tale operazione prevede la scelta, nei criteri di progetto specifici degli strati, delle relazioni da utilizzare per calcolare i singoli parametri della colonna. L'accesso alla gestione dei criteri di progetto è possibile, sempre nell'ambito della definizione della colonna stratigrafica, da tasto destro sulla finestra di riepilogo a discesa del criterio assegnato allo strato oggetto di valutazione. I colori delle caselle dei vari parametri ne indicano la correlabilità e lo stato di valutazione: verde se un parametro è correlabile; azzurro se è già stato correlato.

Ogni singola correlazione è effettuabile o disattivabile da tasto destro, sia sulla casella del parametro oggetto di valutazione, sia sul titolo del parametro stesso. È anche possibile effettuare le correlazioni selezionando la riga rappresentativa dello strato e cliccare sul bottone "Correla".

In sintesi: i parametri geotecnici possono essere determinati attraverso stime fatte dal progettista a priori dell'utilizzo del programma oppure attraverso una caratterizzazione geotecnica. Nel primo caso l'assegnazione dei parametri allo strato avviene per mezzo dell'unità geotecnica, nel secondo i parametri vengono calcolati dai risultati di prove in sito, in funzione delle pressioni litostatiche verticali e della classificazione, secondo il seguente schema:



Inoltre il valore del coefficiente di spinta a riposo  $k_0$  può essere calcolato attraverso relazioni che non prevedono l'utilizzo di correlazioni da prove in sito.

### Informazioni preliminari

Se lo strato è caratterizzato come incoerente è possibile inserire alcune informazioni aggiuntive relative alla composizione granulometrica, tali informazioni servono all'utilizzo di correlazioni proposte da alcuni autori. È richiesto:

**Coefficiente di uniformità (U):** è un parametro richiesto per il calcolo di  $D_r$  secondo Marcuson e Bieganousky (1977).

**Nota:** il coefficiente di uniformità ( $U = D_{60}/D_{10}$ ) è un parametro rappresentativo della composizione granulometrica (determinabile per setacciatura) ed è definito dal rapporto fra i diametri corrispondenti al 60% di materiale passante ( $D_{60}$ ) e al 10% ( $D_{10}$ ). Il coefficiente di (dis)uniformità è tanto maggiore quanto più la granulometria è eterogenea ed è almeno pari ad uno, per granulometrie uniformi.

**Definizione della composizione granulometrica:** specificare se lo strato da caratterizzare è definibile come:

- sabbia fine uniforme (sabbia fine)
- sabbia fine ben gradata - sabbia media uniforme (sabbia fine)
- sabbia media ben gradata - sabbia grossa uniforme (sabbia grossa)
- sabbia e ghiaia - ghiaia media (sabbia grossa)

Tale definizione è richiesta sia per il calcolo di  $\phi'$  da  $D_r$  secondo Schmertmann (1978) che per il calcolo del coefficiente correttivo  $C_N$  da applicare al valore rappresentativo di  $N_{SPT}$  per il calcolo di  $D_r$  secondo Skempton (1986) e per il calcolo di  $\phi'$ :  $C_N = 2/[1 + (\sigma'_{v0}/p_{atm})]$  per sabbie fini;  $C_N = 3/[2 + (\sigma'_{v0}/p_{atm})]$  per sabbie grosse.

**Correggi  $N_{SPT}$  se la misura è sottofalda:** se viene scelta questa opzione i valori (direttamente letti dalla prova) di  $N_{SPT} > 15$  misurati sottofalda vengono corretti secondo la seguente relazione:  $N_{SPT} = N_{SPT} + 0.5 \cdot (N_{SPT} - 15)$ .

## Densità relativa

In seguito sono riportate le correlazioni fra i risultati delle prove in sito e la densità relativa ( $D_r$ ). Nel caso in cui si scelgano relazioni di più autori, è possibile indicare se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

### Correlazioni con prove SPT

Il valore rappresentativo di  $N_{SPT}$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Terzaghi e Peck (1948)**  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 77)
- Secondo **Gibbs e Holtz (1957)**  
(M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pagg. 179, 180)
- Secondo **Meyerhof (1957)**  
(M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pagg. 179, 180)
- Secondo **Schultze e Menzenbach (1961)** (consigliata per sabbie)  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 82)
- Secondo **Bazaraa (1967)** (consigliata per sabbie sovraconsolidate)  
(M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 180)
- Secondo **Marcuson e Bieganousky (1977)** specificando il coefficiente di uniformità (U)  
(M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 180)
- Secondo **Skempton (1986)** specificando la composizione granulometrica, viene utilizzata la seguente relazione:

$$D_r = 100 \cdot (C_N \cdot N_{SPT} / 60)^{0.5}$$

### Correlata con prove CPT

Il valore rappresentativo di  $q_c$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Schmertmann (1976)**  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 54)
- Secondo **Jamiolkowski et al. (1985)** (consigliata per sabbie normalconsolidate)  
(M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 243)
- Secondo **Baldi et al. (1986)**  
(M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pagg. 243, 244)

### Angolo d'attrito

In seguito sono riportate le correlazioni fra i risultati delle prove in sito e l'angolo d'attrito ( $\phi'$ ). Nel caso in cui si scelgano relazioni di più autori, è possibile indicare se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

#### Correlazioni con prove SPT

Il valore rappresentativo di  $N_{SPT}$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Terzaghi e Peck (1948)**  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 77)
- Secondo **Schmertmann (1975)** viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni incoerenti):  
$$\phi' = \arctan\{N_{SPT} / [12.2 + 20.3 \cdot (\sigma'_{v0} / p_{atm})]\}^{0.34}$$
- Secondo **Wolff (1989)** se definita la composizione granulometrica, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni incoerenti):  
$$\phi' = 27.1 + 0.3 \cdot (C_N \cdot N_{SPT}) - 0.00054 \cdot (C_N \cdot N_{SPT})^2$$
- Secondo **Hatanaka e Uchida (1996)** se definita la composizione granulometrica, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni incoerenti):  
$$\phi' = 20 + [20 \cdot (C_N \cdot N_{SPT})]^{0.5}$$
- Secondo **Road Bridge Specification** viene utilizzata la seguente relazione (valida per sabbie, sabbie con fini presenti a profondità superiori a 2m):  
$$\phi' = 15 + [15 \cdot N_{SPT}]^{0.5}$$
- Secondo **Owasaki e Iwasaki** (valida per sabbie, sabbie con fini presenti a profondità superiori a 2m)  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 78)
- Secondo **Japanese National Railway** (valida per sabbie da medie a grossolane, sabbie ghiaiose presenti a profondità superiori a 2m)  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 79)
- Secondo **Peck-Hanson e Thornburn** (valida per sabbie presenti a profondità non superiori a 5m soprafalda o 8m sottofalda)  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 78)
- Secondo **De Mello** (valida per valori di  $\phi'$  non superiori a 38°)  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 79)

#### Correlazioni con prove CPT

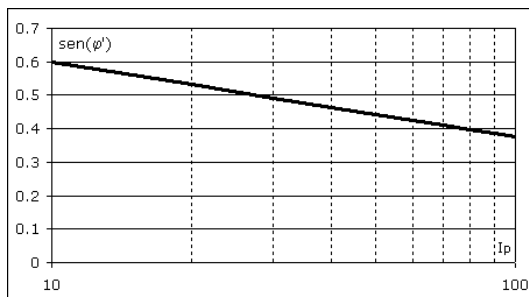
Il valore rappresentativo di  $q_c$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. È disponibile la seguente opzione:

- Secondo **Robertson e Campanella (1983)** viene utilizzata la seguente relazione:  
$$\phi' = \arctan[0.1 + 0.38 \cdot \log(q_c / \sigma'_{v0})]$$
- Secondo **Durgunoglu e Mitchell** (valida per sabbie normalconsolidate con valori di  $\phi'$  compresi fra 32° e 45°):  
(F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 52)
- Secondo **Caquot** (valida per sabbie normalconsolidate):

### Correlazioni con proprietà indice

Se sono definite la densità relativa per terreni incoerenti e l'indice di plasticità per terreni coesivi, sono disponibili le seguenti opzioni:

- **In funzione della densità relativa, per terreni incoerenti** (se definita la composizione granulometrica) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 80)
- **In funzione dell'indice di plasticità, per terreni coesivi:** la relazione utilizzata è espressa dal seguente grafico:



### Coesione non drenata

In seguito sono riportate le correlazioni fra i risultati delle prove in sito e cu. Nel caso in cui si scelgano relazioni di più autori, è possibile indicare se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

#### Correlazioni con prove SPT

Il valore rappresentativo di  $N_{SPT}$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Hara et al. (1971)**, viene utilizzata la seguente relazione:  
$$cu = 29 \cdot (N_{SPT})^{0.72} <kPa>$$
- Secondo **Stroud (1974)**, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi per i quali è noto l'indice di plasticità):  
$$cu = f(I_p) \cdot N_{SPT}$$

in cui  $f(I_p)$ , variabile in funzione dell'indice di plasticità, è scelto pari al suo valor medio:  
 $f(I_p) = 4.4 \text{ kPa}$ .

#### Correlazioni con prove CPT

Il valore rappresentativo di  $q_c$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. È disponibile la seguente opzione:

- Secondo **Mayne e Kemper (1988)**: viene utilizzata la seguente relazione:  
$$cu = (q_c - \sigma'_{v0}) / 20$$
- Secondo **Lunne e Eide**: viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi per i quali è noto l'indice di plasticità):  
$$cu = (q_c - \sigma'_{v0}) / (20.7 - 0.18 \cdot I_p) <kg/cm^2>$$

### Correlazioni con proprietà indice

Se è definito l'indice di plasticità per terreni coesivi, sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Skempton (1953)**: viene utilizzata la seguente relazione:  
$$cu = \sigma'_{v0} \cdot [0.11 + 0.37 \cdot (I_p / 100)] \cdot OCR^{0.8}$$
- Secondo **Bjerrum e Simons (1960)**: viene utilizzata la seguente relazione (valida per argille normalconsolidate con  $I_p > 5\%$ ):  
$$cu = 0.45 \cdot \sigma'_{v0} \cdot (I_p / 100)^{0.5} \cdot OCR^{0.8}$$

### Calcolo con pressione verticale efficace

È possibile calcolare la coesione non drenata indicando il moltiplicatore della pressione verticale efficace che ne restituisce il valore.

## Caratteristiche litostatiche

In seguito sono riportate le correlazioni fra i risultati delle prove in sito e OCR.

### Correlazioni con prove SPT

Il valore rappresentativo di  $N_{SPT}$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. È disponibile la seguente opzione:

- Secondo **Mayne e Kemper (1988)**, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi):

$$OCR = 0.193 * (N_{SPT} / \sigma'_{v0})^{0.689}$$

con  $\sigma'_{v0}$  e in MPa

### Correlazioni con prove CPT

Il valore rappresentativo di  $q_c$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. È disponibile la seguente opzione:

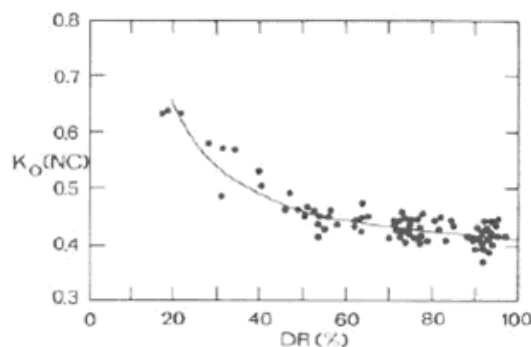
- Secondo **Mayne e Kemper (1988)**, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi):

$$OCR = 0.37 * [(q_c - \sigma_{v0}) / \sigma'_{v0}]^{1.01}$$

In seguito sono riportate le relazioni disponibili per il calcolo del **Coefficiente di spinta a riposo**, secondo la relazione:  $k_0 = k_0(NC) * OCR^\alpha$ :

Per il **Calcolo di  $k_0(NC)$**  sono disponibili le seguenti opzioni:

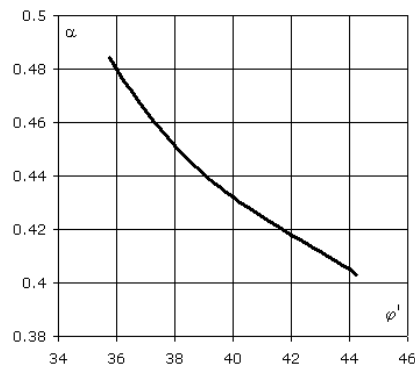
- Secondo **Jaky (1936)**, viene utilizzata la seguente relazione:  
 $k_0(NC) = 1 - \sin(\phi')$
- Secondo **Brooker e Ireland (1965)**, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi):  
 $k_0(NC) = 0.95 - \sin(\phi')$
- Secondo **Alpan (1967)**, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi per i quali è noto l'indice di plasticità):  
 $k_0(NC) = 0.19 + 0.233 * \log(I_p)$
- Secondo **Massarsch (1979)**, viene utilizzata la seguente relazione (valida per terreni coesivi per i quali è noto l'indice di plasticità):  
 $k_0(NC) = 0.44 + 0.42 * (I_p / 100)$
- Secondo **correlazione con Dr**, viene utilizzato il legame fra  $k_0$  e  $Dr$  relativo al seguente grafico (valido per terreni incoerenti):



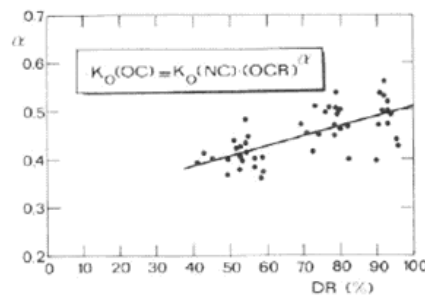
- **Calcolato dal coefficiente di Poisson, secondo la seguente relazione:**  $k_0(NC) = \nu / (1 - \nu)$

Per il **Calcolo di  $\alpha$**  sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a:** specificare il valore di  $\alpha$ .
- Secondo **Kulhawy (1989)**:  $\alpha = \sin(\phi')$
- Secondo **Alpan (1967)**, per terreni coesivi:  $\alpha = 0.54 * 10^{-I_p/281}$
- Secondo **Alpan (1967)**, per terreni incoerenti, verrà considerato il legame fra  $\alpha$  e  $Dr$  relativo al seguente grafico:



- Secondo **correlazione con Dr**, per terreni incoerenti, verrà considerato il legame fra  $\alpha$  e  $D_r$  relativo al seguente grafico:



## Parametri elastici

In seguito sono riportate le correlazioni fra i risultati delle prove in sito e i parametri elastici.

### Correlazioni con prove GFS

Secondo la teoria dell'elasticità vengono utilizzate le seguenti relazioni fra velocità di propagazione delle onde sismiche ( $v_s$  e  $v_p$ ) e il modulo elastico tangenziale iniziale ( $G_0$ ) in condizioni dinamiche:

$$G_0 = (\gamma/g) * v_s^2 ; E_{ed} = (\gamma/g) * v_p^2$$

$$\nu = [(1/2) * (v_p/v_s)^2 - 1] / [(v_p/v_s)^2 - 1]$$

Se  $v_s$  e  $v_p$  risultano variabili all'interno di uno strato i parametri elastici sono determinati attraverso una regressione lineare dei valori puntuali risultanti dalle relazioni precedenti, vengono pertanto determinati i valori di  $G_0$  e  $k_j$  che permettono di determinare il modulo elastico tangenziale variabile con la pressione media efficace  $[G_0 = G_{0,a} * (p'/p_{atm})^{k_j}]$ . Perciò, calcolati gli  $n$  valori puntuali  $[G_{0,i} = (\gamma/g) * v_{s,i}^2 ; p'_i]$ , risulta:

$$k_j = \{\sum_{i=1,n} [(\ln(G_{0,i}) - a) * (\ln(p'_i) - b)]\} / \{\sum_{i=1,n} [(\ln(p'_i) - b)^2]\} ; k_j \geq 0$$

$$G_0 = \exp[a - k_j * b]$$

in cui:

$$a = \{\sum_{i=1,n} [\ln(G_{0,i})]\} / n$$

$$b = \{\sum_{i=1,n} [\ln(p'_i/p_{atm})]\} / n$$

Il valore di  $\nu$  viene valutato mediando i risultati degli  $n$  valori puntuali, il resto dei parametri elastici viene valutato da  $G_0$  e  $\nu$ .

### Correlazioni con prove SPT

Il valore rappresentativo di  $N_{SPT}$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Stroud e Butler (1975)**, valida per terreni coesivi per i quali è noto l'indice di plasticità (M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 189)
- Secondo **Stroud (1989)** (M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 190)
- Secondo **Schmertmann (1978)**, se definita la composizione granulometrica (valida per terreni incoerenti) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pagg. 82, 83)
- Secondo **Farrent** (valida per terreni sabbiosi) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 83)

- Secondo **Menzenbach e Malcev** se definita la composizione granulometrica (valida per terreni incoerenti) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 84)
- Secondo **D'Appolonia et al.** se definita la composizione granulometrica (valida per terreni incoerenti sovraconsolidati) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 83)
- Secondo **Schulze e Menzenbach** (valida per terreni sabbiosi) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 83)
- Secondo **Crespellani e Vannucchi** per il calcolo del modulo elastico tangenziale iniziale ( $G_0$ ) in condizioni dinamiche (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 84)
- Secondo **Ohsaki e Iwasaki**, per sabbie per il calcolo del modulo elastico tangenziale iniziale ( $G_0$ ) in condizioni dinamiche (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 84)
- Secondo **Ohsaki e Iwasaki**, per sabbie con fini per il calcolo del modulo elastico tangenziale iniziale ( $G_0$ ) in condizioni dinamiche (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 84)

### Correlazioni con prove CPT

Il valore rappresentativo di  $q_c$  è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **Schmertmann (1977)** se definita la composizione granulometrica (valida per terreni incoerenti normalconsolidati) (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 55)
- Secondo **Robertson e Campanella (1983)** (valida per terreni incoerenti normalconsolidati per i quali è nota la densità relativa): (F. CETRARO – Ingegneria geotecnica e geologia applicata – EPC Libri, Roma 2007. Pag. 56)
- Secondo **Kulhawy e Mayne (1990)** (M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 236)
- Secondo **Rix e Stokoe (1992)**, per il calcolo del modulo elastico tangenziale iniziale ( $G_0$ ) in condizioni dinamiche (M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 248)
- Secondo **Mayne e Rix (1993)**, per il calcolo del modulo elastico tangenziale iniziale ( $G_0$ ) in condizioni dinamiche (M. TANZINI – L'indagine geotecnica – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2002. Pag. 238)

Secondo la correlazione scelta, l'insieme dei parametri elastici viene calcolato, partendo dal valore del coefficiente di Poisson definito nell'unità geotecnica, utilizzando le seguenti relazioni:

G =	E =	Eed =	Eu =	
1	$2 \cdot (1 + \nu)$	$[2 \cdot (1 - \nu)] / (1 - 2 \cdot \nu)$	3	*G
$1 / [2 \cdot (1 + \nu)]$	1	$(1 - \nu) / [(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)]$	$3 / [2 \cdot (1 + \nu)]$	*E
$(1 - 2 \cdot \nu) / [2 \cdot (1 - \nu)]$	$[(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)] / (1 - \nu)$	1	$[3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)] / [2 \cdot (1 - \nu)]$	*Eed
1/3	$[2 \cdot (1 + \nu)] / 3$	$[2 \cdot (1 - \nu)] / [3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)]$	1	*Eu

È infine possibile specificare, come **Fattore correttivo**, il rapporto fra i parametri determinati dalle precedenti correlazioni e i parametri di calcolo.

**Nota:** i valori dinamici (dei moduli elastici,  $G_0$ ) possono essere da 2 a 10 volte maggiori del valore statico (dei parametri considerati nei calcoli, G) (Bowles 1998).

**Nota:** si osserva che i valori di E decrescono sensibilmente al crescere del livello di tensione deviatorica; i valori iniziali (deviatore nullo) valgono circa il doppio di quelli ( $E_{50}$ ) relativi ad una tensione deviatorica pari al 50% di quella a rottura (Viggiani 1999).



## Note tecniche

### Calcolo delle pressioni litostatiche

Una volta definita la colonna stratigrafica, per quanto riguarda le profondità degli strati, il loro peso specifico e la falda, è possibile calcolare l'andamento delle pressioni litostatiche con la profondità ( $z$ ) dal piano di campagna:

$\sigma_{v0}(z)$  pressione litostatica verticale totale

$u(z)$  pressione neutra

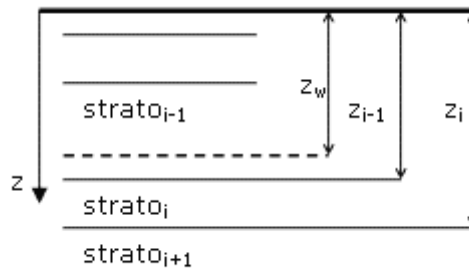
$\sigma'_{v0}(z)$  pressione litostatica verticale efficace

$\sigma'_{h0}(z)$  pressione litostatica orizzontale efficace

$\sigma_{h0}(z)$  pressione litostatica orizzontale totale

$p'(z)$  pressione media efficace

in relazione al seguente schema:



per una generica  $z$  in cui è presente l' $i$ -esimo strato, la pressione litostatica verticale totale risulta:

$\sigma_{v0}(z) = \sum_{j=1, i-1} \left\{ \begin{array}{l} \gamma_j^*(Z_j - Z_{j-1}) \\ \gamma_j^*(Z_w - Z_{j-1}) + \gamma_{sat j}^*(Z_j - Z_w) \\ \gamma_{sat j}^*(Z_j - Z_{j-1}) \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{se } Z_w > Z_j \\ \text{se } Z_{j-1} < Z_w < Z_j \\ \text{se } Z_w < Z_{j-1} \end{array} \right\} +$	$\begin{array}{l} \gamma_i^*(Z - Z_{i-1}) \\ \gamma_i^*(Z_w - Z_{i-1}) + \gamma_{sat i}^*(Z - Z_w) \\ \gamma_{sat i}^*(Z - Z_{i-1}) \end{array} \begin{array}{l} \text{se } Z_w > Z \\ \text{se } Z_{i-1} < Z_w < Z \\ \text{se } Z_w < Z_{i-1} \end{array}$

Il valore della pressione neutra risulta:

$u(z) = \min\{\gamma_w^*(z - z_w); 0\}$  in cui  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua.

Quindi la pressione litostatica verticale efficace risulta:

$\sigma'_{v0}(z) = \sigma_{v0}(z) - u(z)$

Lo stato tensionale è ipotizzato assialsimmetrico rispetto alla verticale, quindi le tensioni verticali ed orizzontali sono principali. Per il principio delle tensioni efficaci la pressione litostatica orizzontale efficace risulta dal coefficiente di spinta a riposo:

$\sigma'_{h0}(z) = k_0 \sigma'_{v0}(z)$

Da cui la pressione orizzontale totale risulta:

$\sigma_{h0}(z) = \sigma'_{h0}(z) - u(z)$

La pressione media efficace risulta:

$p'(z) = [\sigma'_{v0}(z) + 2\sigma'_{h0}(z)]/3 = [(1 + 2k_0)/3] \sigma'_{v0}(z)$

## Criteri di verifica

### Criteri specifici caratterizzazione strati

Si tratta di criteri che stabiliscono i metodi per l'elaborazione dei risultati delle prove in sito al fine di calcolare i parametri geotecnici dei singoli strati presenti nella colonna stratigrafica.

#### Informazioni preliminari

Se lo strato è caratterizzato come incoerente è possibile inserire alcune informazioni preliminari relative alla composizione granulometrica, tali informazioni sono utili all'utilizzo di correlazioni proposte da alcuni autori. È possibile indicare:

- **Coefficiente di uniformità**
- **Definizione della composizione granulometrica, per terreni incoerenti:** specificare se lo strato da caratterizzare è definibile come:
  - **Sabbia fine uniforme**
  - **Sabbia fine ben gradata - sabbia media uniforme**
  - **Sabbia media ben gradata - sabbia grossa uniforme**
  - **Sabbia e ghiaia – ghiaia media**

**Definizione indici compressibilità edometrica, per terreni coesivi:** selezionando tale opzione, se è stato scelto il metodo edometrico, i cedimenti sono calcolati in funzione degli specificati indici di compressione e ricomprensione edometrica.

- **Indice di compressione (Cc)**
- **Indice di ricomprensione (Cr)**
- **Considera incremento preconsolidazione costante:** selezionando tale opzione viene considerata costante la differenza, del valore specificato, fra la pressione di sovraconsolidazione e la pressione verticale efficace. Se non è selezionata l'opzione, il grado di sovraconsolidazione è indicato nella stratigrafia.

**Correggi NSPT se la misura è sottofalda:** se viene scelta questa opzione i valori (direttamente letti dalla prova) di  $N_{STP} > 15$  misurati sottofalda vengono corretti secondo la seguente relazione:  $N_{STP} = N_{STP} + 0.5 \cdot (N_{STP} - 15)$ .

### Densità relativa

Specificare come correlare i risultati delle prove in sito alla densità relativa ( $D_r$ ). Sono disponibili le seguenti opzioni:

**Correlata con prove SPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove SPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Terzaghi e Peck (1948)**
- **Gibbs e Holtz (1957)**
- **Meyerhof (1957)**
- **Schultze e Menzenbach (1961)**
- **Bazaraa (1967)**
- **Marcuson e Bieganski (1977)**
- **Skempton (1986)**

**Correlata con prove CPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove CPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Schmertmann (1976)**
- **Jamiolkowski et al. (1985)**
- **Baldi et al. (1986)**

**Elaborazione dei risultati:** indicare, se sono state scelte relazioni di più autori, se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

### Angolo d'attrito

Specificare come correlare i risultati delle prove in sito l'angolo d'attrito ( $\phi'$ ). Sono disponibili le seguenti opzioni:

**Correlato con prove SPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove SPT, il valore rappresentativo di NSPT è ottenuto mediando i risultati delle misure ottenute nello strato definito. Le pressioni litostatiche sono intese come medie nello strato definito. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Terzaghi e Peck (1948)**
- **Schmertmann (1975)**
- **Wolff (1989)**
- **Hatanaka e Uchida (1996)**
- **Road Bridge Specification**
- **Owasaki e Iwasaki**

- **Japanese National Railway**
- **Peck-Hanson e Thornburn**
- **De Mello**

**Correlato con prove CPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove CPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Robertson e Campanella (1983)**
- **Durgunoglu e Mitchell**
- **Caquot**

**Correlato con proprietà indice:** sono disponibili le seguenti opzioni:

- **In funzione della densità relativa, per terreni incoerenti**
- **In funzione dell'indice di plasticità, per terreni coesivi**

**Elaborazione dei risultati:** indicare, se sono state scelte relazioni di più autori, se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

### **Coesione non drenata**

Specificare come correlare i risultati delle prove in sito alla coesione non drenata ( $c_u$ ). Sono disponibili le seguenti opzioni:

**Correlata con prove SPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove SPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Hara et al. (1971)**
- **Stroud (1974)**

**Correlata con prove CPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove CPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Mayne e Kemper (1988)**
- **Lunne e Eide**

**Correlata con proprietà indice:** sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Skempton (1953)**
- **Bjerrum e Simons (1960)**

**Calcolata da  $\sigma'_{vo}$  con moltiplicatore:** indicare il moltiplicatore della pressione verticale efficace che restituisce il valore della coesione non drenata.

**Elaborazione dei risultati:** indicare, se sono state scelte relazioni di più autori, se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

### **Caratteristiche litostatiche**

**Grado di sovraconsolidazione:** specificare come correlare i risultati delle prove in sito al grado di sovraconsolidazione (OCR). Sono disponibili le seguenti opzioni:

**Correlato con prove SPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove SPT. È disponibile la seguente opzione:

- **Mayne e Kemper (1988)**

**Correlata con prove CPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove CPT. È disponibile la seguente opzione:

- **Mayne e Kemper (1988)**

**Elaborazione dei risultati:** indicare, se sono state scelte relazioni di più autori, se considerare il **Valore medio** o il **Valore minore** ottenuto.

**Coefficiente di spinta a riposo:** è possibile calcolare il coefficiente di spinta a riposo secondo la relazione:  $k_0 = k_0(NC) \cdot OCR^\alpha$ , utilizzando le seguenti opzioni:

Per il **Calcolo di  $k_0(NC)$**  sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Jaky (1936)**
- **Brooker e Ireland (1965)**
- **Alpan (1967)**
- **Massarsch (1979)**

- **Calcolato con Dr**
  - **Calcolato dal coefficiente di Poisson**
- Per il **Calcolo di  $\alpha$**  sono disponibili le seguenti opzioni:
- **Pari a:** specificare il valore di  $\alpha$ .
  - **Kulhawy (1989)**
  - **Alpan (1967) per terreni coesivi**
  - **Alpan (1967) per terreni incoerenti**

- **Calcolato con Dr**

### Parametri elastici

Specificare come correlare i risultati delle prove in sito all'insieme dei parametri elastici dello strato. Sono disponibili le seguenti opzioni:

#### Correlati con prove GFS

**Correlati con prove SPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove SPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Stroud e Butler (1975)**
- **Stroud (1989)**
- **Schmertmann (1978)**
- **Farrent**
- **Menzenbach e Malcev**
- **D'Appolonia et al.**
- **Schulze e Menzenbach**
- **Crespellani e Vannucchi**
- **Ohsaki e Iwasaki, per sabbie**
- **Ohsaki e Iwasaki, per sabbie con fini**

**Correlati con prove CPT:** specificare se e come utilizzare correlazioni con prove CPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Schmertmann (1977)**
- **Robertson e Campanella (1983)**
- **Kulhawy e Mayne (1990)**
- **Rix e Stokoe (1992)**
- **Mayne e Rix (1993)**

**Fattore correttivo:** specificare il rapporto fra i parametri determinati dalle precedenti correlazioni e i parametri di progetto.

## Modellazione delle fondazioni

### Introduzione

Le fondazioni vengono inserite nel modello come: plinti/pali, aste di membratura trave alle quali è assegnato un vincolo su suolo elastico, elementi bidimensionali di tipologia Winkler. Tali elementi sono verificabili come fondazioni se è associato loro un numero diverso da zero. Per ogni elemento così definito è possibile effettuare le verifiche geotecniche in modo indipendente dalla progettazione strutturale.

Ogni fondazione, se costituita da più elementi, è definita da una membratura. Quindi una trave di fondazione è definita da un insieme di aste contigue ed allineate univocamente accomunate da medesima sezione e numero asta, mentre una platea è definita da un insieme di elementi bidimensionali contigui e complanari in un piano orizzontale, univocamente accomunati da medesimo tipo e numero di bidimensionale.

Se nel modello sono definite più colonne stratigrafiche, la stratigrafia di riferimento per le verifiche di una fondazione è rappresentata dalla colonna più prossima al baricentro dell'impronta della fondazione.

## Vincoli valutati in funzione della stratigrafia

È possibile definire in modo automatico le condizioni vincolari della struttura in funzione della stratigrafia e della geometria delle fondazioni.

Le condizioni vincolari vengono assegnate alla struttura attraverso attributi vincolari rappresentativi dell'interazione fra struttura di fondazione e terreno. Tali attributi vengono associati ai rispettivi elementi del modello: per plinti e pali nella **definizione del vincolo nodale**; per le aste nella **definizione del vincolo asta**; per gli elementi bidimensionali nella **definizione del tipo di muro/elemento bidimensionale**.

L'impostazione: valutato in funzione della stratigrafia, permette di valutare automaticamente le costanti elastiche degli attributi vincolari in funzione della stratigrafia di riferimento definita nel modello ed in funzione della geometria dell'elemento di fondazione a cui vengono associati. La costante di sottofondo è calcolabile per gli elementi di fondazioni con numero diverso da zero.

### Plinti/pali

Per i plinti superficiali le costanti elastiche (EZ, ERX, ERY) vengono calcolate, analogamente al vincolo pseudo-plinto, dalla costante di sottofondo (Kt). In questo caso tale costante viene definita automaticamente in base al metodo scelto per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali.

Per i pali ed i plinti su pali le costanti elastiche (EX, EY, EZ, ERX, ERY) vengono calcolate automaticamente in base ai risultati di analisi elastiche del singolo palo o dei singoli pali che compongono il plinto. Il calcolo viene effettuato ipotizzando che il terreno resti sempre in campo elastico e trascurando la resistenza della punta. Occorre quindi che la stratigrafia possa fornire un contributo per attrito laterale e che tale contributo non sia stato disattivato nei criteri di progetto. Le costanti elastiche equivalenti per pali e plinti su pali vengono calcolate applicando dei carichi unitari e valutando spostamenti e rotazioni della testa del plinto. Nel caso dei plinti su più pali la rotazione viene valutata considerando la differenza di spostamento verticale dei pali rispetto al centro del plinto. Se nella definizione del plinto è stato indicato di considerare bloccata la rotazione della testa, la rotazione totale del plinto non cambia. Il blocco della rotazione in testa influenza però il calcolo degli spostamenti orizzontali e quindi le relative costanti elastiche. Nel caso del palo singolo (o dei plinti su 2 soli pali nel verso ortogonale all'asse lungo), la rotazione viene valutata considerando la rotazione della testa del palo. Il calcolo non è quindi effettuabile se nella definizione del plinto/palo è stato indicato di considerare bloccata la rotazione della testa.

In ogni caso le costanti elastiche valutate automaticamente dipendono dalla geometria degli elementi di fondazione, pertanto il vincolo nodale valutato in funzione della stratigrafia, a differenza del vincolo pseudo-plinto, dipende dalla presenza di plinti incidenti sul nodo.

Per ogni singolo vincolo nodale valutato in funzione della stratigrafia è possibile indicare quali componenti sono ipotizzate bloccate, libere o con elasticità calcolata automaticamente.

Per i plinti superficiali è possibile definire il vincolo elastico per spostamenti e rotazioni rispetto all'asse verticale del sistema di riferimento globale, in più, per i pali e plinti su pali, è possibile calcolare un grado di vincolo elastico anche per gli spostamenti orizzontali.

### Travi di fondazione

Per le travi di fondazione, la costante di sottofondo valutata in funzione della stratigrafia viene definita automaticamente in base al metodo scelto per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali. La geometria dell'impronta di contatto fra fondazione e terreno è rappresentata per ogni singola travata (cioè per ogni insieme di aste contigue ed allineate univocamente accomunate da medesima sezione e numero asta) dalla base della sezione e dalla lunghezza totale della travata stessa.

### Platee di fondazione

Per le platee di fondazione, la costante di sottofondo valutata in funzione della stratigrafia viene definita automaticamente in base al metodo scelto per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali. La geometria dell'impronta di contatto fra fondazione e terreno è rappresentata per ogni singola platea (cioè per ogni insieme di elementi bidimensionali contigui e complanari in un piano orizzontale, univocamente accomunati da medesimo tipo e numero di bidimensionale) dalla forma rettangolare equivalente calcolata dall'area totale dell'impronta, dalla direzione degli assi principali d'inerzia e dal rapporto fra le dimensioni pari al rapporto fra i raggi d'inerzia. L'impronta di verifica risulta quindi più compatta dell'impronta reale e quindi si ritiene che la verifica risulti a favore di sicurezza.

## Sollecitazioni di progetto

Le sollecitazioni di progetto per le fondazioni vengono calcolate dalle reazioni di vincolo risultanti dal calcolo FEM.

### Plinti e pali

Per i plinti superficiali, i pali ed i plinti su pali le sollecitazioni di progetto sono date direttamente dalle reazioni vincolari dei nodi ai quali l'elemento di fondazione è assegnato.

La componente verticale della sollecitazione è incrementata dal peso del plinto e dai sovraccarichi agenti su di esso, come indicato nei parametri di calcolo dei criteri specifici dei plinti.

Per i pali, in relazione al metodo di calcolo che prevede l'analisi di un problema piano, la componente orizzontale di progetto è definita: per il taglio dalla somma vettoriale delle sollecitazioni nodali; per il momento dalla somma della proiezione delle sollecitazioni nodali rispetto alla direzione definita dal vettore somma dei tagli. Il piano di progetto è pertanto definito dalla direzione dell'asse del palo e dalla direzione del vettore somma delle sollecitazioni nodali di taglio.

### Reticoli di travi

Per ogni singola travata di fondazione (cioè per ogni insieme di aste contigue ed allineate univocamente accomunate da medesima sezione e numero asta) le sollecitazioni di progetto vengono come di seguito valutate:

- la sollecitazione di progetto verticale totale è data dall'integrale delle **pressioni sul terreno** sull'area di contatto della travata;
- le sollecitazioni di progetto orizzontali sono calcolate dalla somma delle reazioni vincolari dei nodi su cui incide la travata, al netto delle riduzioni indicate nei criteri di verifica relativi al calcolo della capacità portante per scorrimento;
- il momento rispetto all'asse normale a quello della travata è dato dal momento integrale delle **pressioni sul terreno** sull'area di contatto, rispetto al baricentro della travata;
- il momento rispetto all'asse della travata è dato dall'integrale dei momenti calcolati dalla costante di sottofondo e dalla rotazione dell'asse della travata stessa.

### Platee

Per ogni singola platea (cioè per ogni insieme di elementi bidimensionali contigui univocamente accomunati da medesimo numero di bidimensionale) le sollecitazioni di progetto vengono come di seguito valutate:

- la sollecitazione di progetto verticale totale è data dall'integrale delle **pressioni sul terreno** sull'area di contatto della platea;
- le sollecitazioni di progetto orizzontali sono calcolate dalla somma delle reazioni vincolari dei nodi su cui incide la travata, al netto delle riduzioni indicate nei criteri di verifica relativi al calcolo della capacità portante per scorrimento;
- i momenti vengono calcolati rispetto alle direzioni degli assi principali d'inerzia dell'area di contatto della platea e sono dati dal momento integrale delle **pressioni sul terreno** rispetto a tali assi.

## Note generali

### Elementi portanti e cordoli di fondazione

Gli elementi portanti di una fondazione sono rappresentati da travi, platee, plinti o pali vincolati su suolo elastico (o anche con incastro nodale per plinti e pali) ai quali viene affidata la capacità portante dei carichi trasmessi dalla struttura in elevazione. Viceversa un cordolo è un elemento di collegamento fra elementi portanti della fondazione, ad esso non è affidata alcuna capacità portante diretta e quindi non deve essere vincolato come su suolo elastico.

Seppure capacità portante e cedimenti risultino valutati, in particolar modo per le fondazioni superficiali, attraverso relazioni fra loro disgiunte, l'applicazione di un vincolo elastico, rappresentativo dei cedimenti, ad un elemento di fondazione, ne indica la caratteristica di elemento portante. È pertanto possibile calcolare la capacità portante di travi e platee solo se agli elementi che le compongono è associato un vincolo che permette le valutazioni dei carichi di progetto, quindi di suolo elastico. Allo stesso modo associare un vincolo di suolo elastico ad un cordolo vuol dire affidare ad esso capacità portanti e di limitazione dei cedimenti che nella presunta ipotesi di progetto non ha.

### Commenti al metodo utilizzato per la valutazione delle sollecitazioni di progetto

La valutazione delle sollecitazioni di progetto basata sull'integrazione di forze e pressioni vincolari permette di tenere in conto dell'influenza offerta, in termini di incremento di rigidità, da tutti gli elementi strutturali, portanti o meno, incidenti sulla singola componente della fondazione da analizzare. Ad esempio: i momenti di progetto rispetto all'asse di una singola travata componente un reticolo di travi di fondazione, calcolati in base alla rotazione dell'asse stesso, diminuiscono con l'incremento della rigidità flessionale delle travi ad essa ortogonali; allo stesso modo le reazioni vincolari alla base del calcolo di sforzi normali e momenti su plinti, travi e platee sono influenzati dalla presenza di eventuali altri elementi di fondazione congruenti a quello in oggetto.

### Condizioni vincolari per carichi statici e sismici

Le condizioni vincolari valutate in funzione della stratigrafia hanno lo scopo di modellare la rigidità offerta dal complesso terreno-fondazione nell'ipotesi di un'analisi elastica lineare. Le relazioni alla base del calcolo

che permette di valutare le costanti elastiche fanno implicito riferimento a condizioni deformative nel terreno indotte da carichi applicati staticamente.

I vincoli così applicati permettono quindi di modellare l'interazione terreno-fondazione-struttura in campo elastico lineare per carichi di tipo statico. Tale modellazione consente, oltre la valutazione dei cedimenti totali di ogni singola parte della fondazione, la rappresentazione degli effetti sulla struttura causati dai cedimenti differenziali.


Per le analisi con carichi di tipo sismico decadono le ipotesi alla base delle valutazioni delle costanti elastiche in fondazione, la risposta elastica del terreno può considerarsi più rigida rispetto a quella per carichi statici. Si ritiene comunque una buona approssimazione considerare incastrate le fondazioni per analisi sismiche. Per questo motivo è stato reso possibile il calcolo con differenti condizioni di vincolo in funzione del tipo di carico applicato, statico o sismico.

Modellando una struttura con vincoli elastici in fondazione ed indicando di considerare le fondazioni incastrate in analisi sismiche si ha la possibilità di modellare gli effetti, sulla sovrastruttura, sia dei cedimenti differenziali per le azioni statiche delle combinazioni di carico sismiche, che dei cedimenti nulli (struttura incastrata) per le azioni sismiche delle medesime combinazioni.

## Verifiche

### Introduzione

La verifica degli elementi di fondazione può essere effettuata in diversi modi:

- Nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Fondazioni**  ;
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro sull'elemento ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Verifica fondazioni*.

Il calcolo dei cedimenti si effettua cliccando nel gruppo **Valori** della scheda **Risultati** su **Numerici**  e poi su "Cedimenti".



Se la fondazione è rappresentata da un plinto è possibile effettuare il calcolo dei cedimenti anche dalle **finestre di modellazione** con il tasto destro sul plinto ► *Cedimenti*.

Per le strutture calcolate secondo il D.M. 17/01/18 le verifiche delle fondazioni vengono effettuate secondo l'Approccio 2.

### Mappe tassi di sfruttamento

I tassi di sfruttamento sono il rapporto tra l'azione agente e la relativa resistenza.

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento di capacità degli elementi di fondazione per la **sollecitazione corrente** e per il **risultato corrente** può essere effettuata nelle **finestre di modellazione**, purché il calcolo

sia stato eseguito, cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Fondazioni**  e poi su **Tassi di sfruttamento** .

La visualizzazione dei tassi di sfruttamento è una informazione su selezione di elementi di fondazione e può essere effettuata anche se non è stata effettuata la verifica.

La visualizzazione può essere effettuata solamente se il tipo di sollecitazione corrente è una combinazione di condizioni elementari di carico e può essere richiesta anche per un solo risultato, ma ModeSt segnala la cosa come inconsueta, in quanto normalmente occorre considerare il massimo tasso di sfruttamento nei vari casi.

**Utilizzo da linea di comando:** **DTSFFOND** (Disegna tassi di sfruttamento fondazioni).

**Argomenti correlati:** **Fattori di scala**.

## Fondazioni superficiali

### Verifiche di capacità portante

#### Introduzione

Per plinti, travi di fondazione e platee è possibile effettuare, oltre al calcolo dei cedimenti, le verifiche di capacità portante ipotizzando i seguenti meccanismi di rottura: rottura generale in condizioni statiche e sismiche; rottura locale, punzonamento; scorrimento; sollevamento.

In seguito è riportato l'elenco dei simboli utilizzati per la descrizione dei metodi di calcolo:

B base della fondazione  
 L lunghezza della fondazione ( $L > B$ )  
 D profondità del piano di posa della fondazione  
 $\phi'$  angolo d'attrito rappresentativo  
 $c'$  coesione efficace rappresentativa  
 $c_u$  coesione non drenata rappresentativa  
 $\gamma_r$  peso specifico rappresentativo del terreno di fondazione  
 $\sigma_{v0}$  pressione verticale totale litostatica alla quota del piano di fondazione  
 $\sigma'_{v0}$  pressione verticale efficace litostatica alla quota del piano di fondazione  
 $k_p$  coefficiente di spinta passiva:  $k_p = [1 + \sin(\phi')]/[1 - \sin(\phi')]$   
 $k_r$  coefficiente di profondità:  $k_r = D/B$  per  $D < B$ ;  $k_r = \arctan(D/B)$  per  $D > B$   
 $\beta$  inclinazione del piano di campagna  
 $\eta$  inclinazione del piano di posa della fondazione  
 $\delta'$  angolo d'attrito fra la fondazione e il terreno  
 $a'$  adesione fra la fondazione e il terreno in condizioni drenate  
 $a_u$  adesione fra la fondazione e il terreno in condizioni non drenate  
 N carico verticale totale sulla fondazione  
 H carico orizzontale totale sulla fondazione  
 $e_B$  eccentricità del carico in direzione di B  
 $e_L$  eccentricità del carico in direzione di L  
 $B'$  base della fondazione reagente:  $B' = \min\{B - 2 \cdot e_B ; L - 2 \cdot e_L\}$   
 $L'$  lunghezza della fondazione reagente:  $L' = \max\{B - 2 \cdot e_B ; L - 2 \cdot e_L\}$   
 $m$  fattore di direzione del carico orizzontale  
 $\theta_{HL}$  = angolo fra la direzione di H e la direzione in cui si sviluppa  $L'$   
 $m = [(2 + B'/L')/(1 + B'/L')] \cdot \sin^2(\theta_{HL}) + [(2 + L'/B')/(1 + L'/B')] \cdot \cos^2(\theta_{HL})$   
 $\theta$  inclinazione del carico in valore assoluto ( $\theta = 0$  per carico puramente verticale)

Per le verifiche delle fondazioni superficiali in seguito descritte è importante inizialmente specificare, attraverso i criteri generali di verifica, una serie di opzioni descrittive dei metodi qualitativi di calcolo (ad esempio: le condizioni di calcolo per terreni coesivi sottofalda, drenate o non drenate), o utili alla valutazione dei parametri utilizzati nelle verifiche (ad esempio: calcolo dei parametri di adesione fra fondazione e terreno dai parametri di attrito e coesione del terreno; ad esempio: considera l'angolo d'attrito in deformazione piana per fondazioni nastriformi): nel caso di terreni stratificati è inoltre necessario specificare, sempre attraverso i criteri generali di verifica, come devono essere determinati i valori rappresentativi dei parametri  $\phi'$ ,  $c'$  e  $c_u$  dai dati degli strati interessati dalla superficie di rottura della singola fondazione da verificare. Il valore del peso specifico rappresentativo del terreno di fondazione (in seguito indicato con  $\gamma_r$ ) viene in ogni caso calcolato come media pesata sugli strati interessati dalla superficie di rottura in funzione dello spessore degli strati stessi. Il terreno viene ipotizzato asciutto (caratterizzato da  $\gamma$ ) al di sopra della falda, e completamente saturo (caratterizzato da  $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$ ) al di sotto della falda. Il calcolo in condizioni non drenate viene fatto, se richiesto, solo se la superficie di rottura potenziale è interessata solo da strati classificati come coesivi. Viene comunque fatto il calcolo in condizioni non drenate, se richiesto, anche se la superficie di rottura potenziale è interessata solo parzialmente dalla falda.

## Rottura generale

La verifica di capacità portante per rottura generale è soddisfatta se la sicurezza, cioè il rapporto fra l'effetto delle azioni di progetto (carico verticale totale sulla fondazione) e la resistenza di progetto è maggiore o uguale ad uno.

$$\text{sic.} = R_d / E_d \geq 1$$

dove:

$E_d$  effetto delle azioni di progetto

$E_d = N$  (valore comprensivo dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$ )

$R_d$  resistenza di progetto

$$R_d = (q_{\text{lim}} \cdot B' \cdot L') / \gamma_R$$

$\gamma_R$  coefficiente parziale sulle resistenze

$q_{\text{lim}}$  pressione limite, calcolata considerando i coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$



I valori delle azioni che interessano la valutazione della pressione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$

I valori dei parametri del terreno (attrito e coesione) basilari per la valutazione della pressione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$

Il **calcolo della pressione limite per rottura generale** ( $q_{lim}$ ) viene effettuato utilizzando la seguente relazione trinomia:

$$q_{lim} = \sigma_{v0} * N_q^{(m)} + c * N_c^{(m)} + (B'/2) * \gamma_r * N_\gamma^{(m)}$$

dove:

$\sigma_{v0} * N_q^{(m)}$  termine rappresentativo del sovraccarico laterale

$c * N_c^{(m)}$  termine rappresentativo della coesione del terreno di fondazione

$(B'/2) * \gamma_r * N_\gamma^{(m)}$  termine rappresentativo del peso efficace del terreno di fondazione

con  $c = c'$  in condizioni drenate e  $c = c_u$  in condizioni non drenate

In cui i coefficienti di portata modificati  $N_q^{(m)}$ ,  $N_c^{(m)}$  e  $N_\gamma^{(m)}$  sono dati, per le condizioni di calcolo da considerare, secondo i metodi proposti da vari autori attraverso la definizione di:

$N_i$  coefficienti di portata

$s_i$  fattori di forma

$d_i$  fattori di profondità

$i_i$  fattori di inclinazione del carico

$g_i$  fattori di inclinazione del piano di campagna

$b_i$  fattori di inclinazione del piano di fondazione

**Nota:** le relazioni considerate per il calcolo della capacità portante per rottura generale, ottenute attraverso analisi limite, si basano sull'ipotesi di comportamento del terreno rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb. La superficie di rottura ipotizzata è schematizzata nella seguente figura:

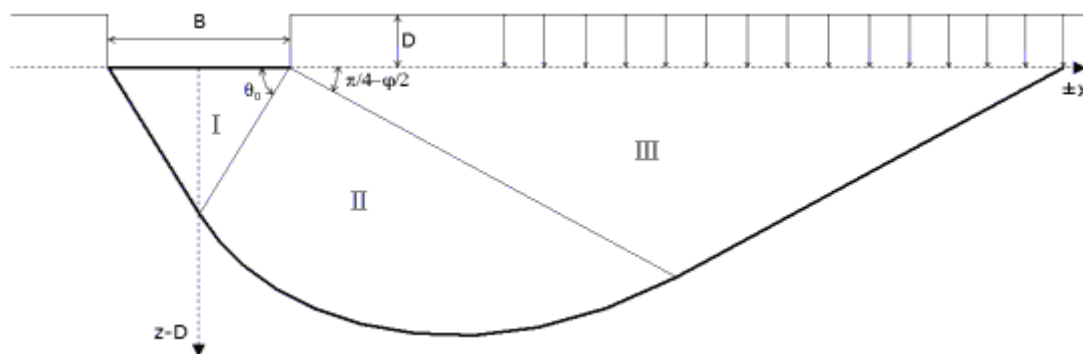


Fig. 1 - Superficie di scorrimento per meccanismo di rottura generale

in cui sono in evidenza: il cuneo al di sotto della fondazione (zona I); il cuneo di spinta passiva (zona III); la zona di transizione (zona II) delimitata da una superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica. L'angolo  $\theta_0$  è pari a  $\pi/4 + \phi/2$  (per Terzaghi è pari a  $\phi$ ). La superficie di scorrimento si interrompe alla profondità del piano di posa della fondazione (per Meyerhof la superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica arriva fino al piano di campagna).

In letteratura sono presenti varie relazioni per il calcolo della pressione limite, basate su differenti forme di valutazione dei coefficienti di portata. Sono state implementate le seguenti relazioni: **Terzaghi (1943)**; **Meyerhof (1963)**; **Hansen (1970)**; **Brinch - Hansen (1970)**; **Vesic (1973)**; **Indicazioni EC7 (Allegato D)**; **Stagg e Zienkiewicz (1968)** (per fondazioni su rocce).

Per il calcolo della capacità portante per rottura generale è possibile indicare, attraverso i criteri generali di verifica, come devono essere **combinati i fattori di forma e di inclinazione del carico**, se considerare il **fattore di riduzione per platee**, se considerare gli **effetti dell'eccentricità del carico con un unico fattore riduttivo**.

Il fattore di riduzione per platee (nel metodo inteso come fondazioni con  $B \geq 2m$ ) è un ulteriore fattore di riduzione del coefficiente di portata del termine rappresentativo del peso del terreno di fondazione ( $N_\gamma$ ). Tale fattore è pari a:  $s_{\gamma, plat} = 1 - 0.25 * \log(B/2) < m >$  (Bowles, 1999).

Nel caso in cui i terreni interessati dalla superficie di rottura siano tutti di tipo coesivo o tutti di tipo incoerente, è possibile trascurare l'eccentricità del carico nelle relazioni relative al metodo di calcolo scelto applicando alla pressione limite calcolata un unico fattore riduttivo pari a:  $f_{ecc} = [1 - 2 * e_B/B] * [1 - 2 * e_L/L]$  se i terreni interessati dalla superficie di rottura sono tutti di tipo coesivo e  $f_{ecc} = [1 - (e_B/B)0.5] * [1 - (e_L/L)0.5]$  se i terreni interessati dalla superficie di rottura sono tutti di tipo incoerente. Risulta:  $q_{lim} = f_{ecc} * q_{lim}(e_B=0; e_L=0)$  (Meyerhof 1953).

Infine, la verifica di capacità portante per rottura generale può essere effettuata confrontando le sollecitazioni agenti col dominio di resistenza dell'insieme terreno fondazione. La fondazione è quindi verificata se la combinazione di sollecitazioni agenti  $\{N ; H ; M\}$  è tale da soddisfare la seguente relazione:  $mm^2 + hh^2 - nn^2[1 - nn]^2 \leq 0$

La verifica è quindi soddisfatta se:

$$sic. = 1/[(mm/nn)^2 + (hh/nn)^2 + 2*nn - nn^2] \geq 1$$

in cui:

$nn = N/N_{max}$  sforzo verticale adimensionale

$hh = H/(\psi_H * N_{max})$  sforzo orizzontale adimensionale

$mm = (M/B)/(\psi_M * N_{max})$  momento adimensionale

Dove lo sforzo normale massimo  $N_{max} = (q_{lim} * B * L) / \gamma_R$  viene calcolato, per carico verticale centrato ( $e_B = e_L = 0 ; H = 0$ ), come indicato in precedenza.

Devono essere specificati i parametri del dominio di interazione statico  $\psi_M$  e  $\psi_H$ .

I valori delle azioni che interessano la valutazione della pressione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$ .

I valori dei parametri del terreno (attrito e coesione) basilari per la valutazione dello sforzo normale massimo sono comprensivi dei coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$ .

**Nota:** valori massimi di  $M/B$  ed  $H$  si ottengono per  $N = Q_{lim}/2$ , ipotizzando  $(M/B)_{lim} = Q_{lim}/10$  ed  $(H)_{lim} = Q_{lim}/8$  si ottiene:  $\psi_M = 0.5$  e  $\psi_H = 0.4$  (Butterfield e Gottardi, 1994).

## Rottura locale

La verifica di capacità portante per rottura locale è opzionale e viene generalmente effettuata in caso di terreni di fondazione incoerenti mediamente o poco addensati, tale verifica viene effettuata analogamente alla verifica per rottura generale.

Secondo **Terzaghi (1943)** la pressione limite per rottura locale verrà calcolata secondo l'ipotesi di rottura globale, in cui i valori di coesione non drenata e della tangente dell'angolo di attrito vengono ridotti di un terzo:  $c' = (2/3)*c'$ ;  $\phi' = \arctan[(2/3)*\tan(\phi')]$ .

Secondo **Vesic (1975)** la pressione limite per rottura locale verrà calcolata secondo l'ipotesi di rottura globale, in cui il valore dell'angolo di attrito viene ridotto, in funzione della densità relativa minore degli strati interessati dalla superficie di rottura, secondo la seguente relazione:  $\phi' = \arctan\{[0.67 + (Dr/100) - 0.75*(Dr/100)^2]*\tan(\phi')\}$  se  $Dr \leq 60\%$ .

## Punzonamento

La verifica di capacità portante per punzonamento è opzionale, tale verifica viene effettuata analogamente alla verifica per rottura generale.

Il **calcolo della capacità portante per rottura per punzonamento** viene fatto secondo Vesic (1975) per cui il fenomeno di rottura in oggetto è governato dall'indice di rigidezza (C. VIGGIANI – Fondazioni – Hevelius Edizioni, Napoli 1999. Pagg. 173, 175).

**Nota:** per le ipotesi alla base dell'analisi limite il meccanismo di rottura generale avviene per rotazione rigida dei blocchi delimitati dalle superfici di scorrimento, nel caso di terreni molto deformabili questa condizione può venir meno ed i meccanismi di rottura che possono verificarsi sono di tipo locale o di punzonamento.

I tre meccanismi di rottura considerati si differenziano, oltre che per le superfici di rottura considerate, per l'andamento carico-cedimenti: fragile e rammollente per rottura generale; duttile e incrudente per punzonamento; di tipo intermedio per rottura locale.

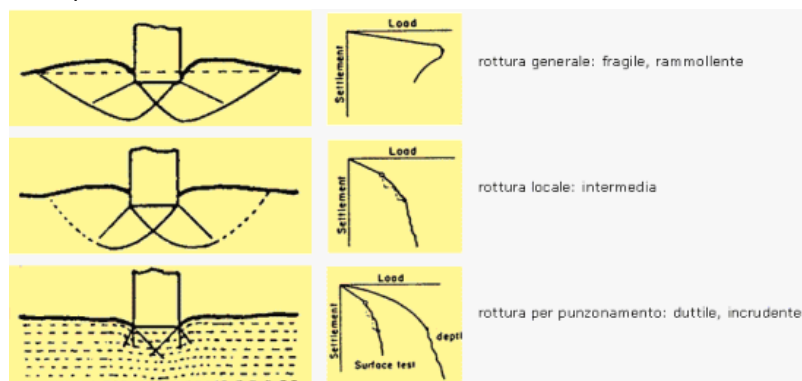


Fig. 1 - Meccanismi di rottura per fondazioni superficiali

Da osservazioni sull'andamento qualitativo della curva carico cedimento risulta che, nel caso di fondazioni su terreni incoerenti, il meccanismo di rottura varia in funzione della densità relativa ( $D_r$ ) e dell'approfondimento relativo ( $D/B$ ).

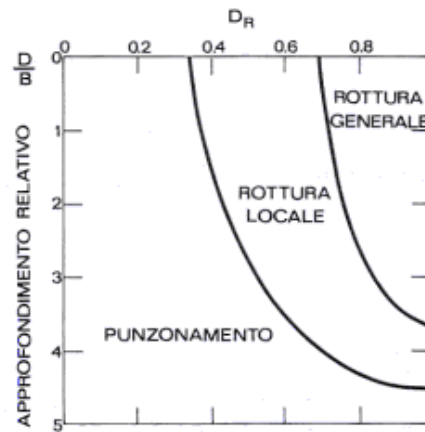


Fig. 2 - Meccanismi potenziali di rottura per fondazioni superficiali su terreni incoerenti

## Scorrimento

La verifica di capacità portante per scorrimento è comunque opzionale anche se prescritta dalla nuova normativa. Tale verifica è soddisfatta se la sicurezza, cioè il rapporto fra l'effetto delle azioni di progetto (carico di scorrimento sulla fondazione) e la resistenza di progetto è maggiore o uguale ad uno.

$$\text{sic.} = R_d/E_d \geq 1$$

dove:

$E_d$  effetto delle azioni di progetto

Ai fini della determinazione dell'effetto delle azioni di progetto è possibile indicare:

- **Percentuale di carico orizzontale assorbito dai cordoli:** vale a dire la percentuale di  $H$  che si ritiene venga assorbita dai cordoli di collegamento ( $p_{cor}$ ).
- **Percentuale di spinta passiva mobilitata:** vale a dire la percentuale di spinta passiva del terreno a lato della fondazione che si ritiene venga mobilitata dalla compressione a lato della fondazione ( $p_{pas}$ ).

L'effetto delle azioni di progetto è calcolato dalla seguente relazione:

$$E_d = \max\{[(1-p_{cor}/100)*H - (p_{pas}/100)*k_p*\sigma'_{v0(D)}*D/2]; 0\}$$

dove:

$R_d = (\tau_{lim} * B' * L') / \gamma_R$  resistenza di progetto

$\gamma_R$  coefficiente parziale sulle resistenze

$\tau_{lim}$  tensione limite, calcolata considerando i coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$ .

I valori delle azioni che interessano la valutazione della tensione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$ .

I valori dei parametri del terreno (attrito e coesione) per la valutazione della tensione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$ .

**Calcolo della capacità portante per scorrimento:** la tensione limite per scorrimento ( $\tau_{lim}$ ) viene calcolata, in funzione della pressione agente sulla fondazione ( $\sigma_v$ ) e dei parametri plastici dell'interfaccia terreno-fondazione ( $\delta'$ ,  $a'$  ed  $a_u$ ), secondo la seguente relazione:

$\tau_{lim} = a' + \sigma_v * \tan(\delta')$  in condizioni drenate

$\tau_{lim} = a_u$  in condizioni non drenate

in cui  $\sigma_v = N/(B'*L')$  con  $N$ ,  $B'$  ed  $L'$  rispettivamente carico verticale totale e dimensioni parzializzate della fondazione.

## Sollevamento

Se sulla fondazione agiscono forze di trazione ( $N < 0$ ) tali da non essere equilibrate dal peso della fondazione comprensiva del peso del terreno di riporto ( $W$ ) allora il carico di trazione netta ( $T_d = W + N < 0$ ) può essere equilibrato dalla risultante delle tensioni tangenziali attivate nel terreno a lato della fondazione stessa, l'integrale sulla potenziale superficie di scorrimento di tali tensioni (a rottura) fornisce il carico di trazione limite ( $T_{lim}$ ).

La verifica di capacità portante per sollevamento è opzionale. Tale verifica è soddisfatta se la sicurezza, cioè il rapporto fra l'effetto delle azioni di progetto (carico di scorrimento sulla fondazione) e la resistenza di progetto è maggiore o uguale ad uno.

$$\text{sic.} = R_d/E_d \geq 1$$

dove:

$E_d$  effetto delle azioni di progetto

$E_d = T_d = \text{abs}(\min(N - W ; 0))$  trazione in valore assoluto

$R_d$  resistenza di progetto

$R_d = T_{\text{lim}} / \gamma_R$

$\gamma_R$  coefficiente parziale sulle resistenze

$T_{\text{lim}}$  carico di trazione limite, calcolato considerando i coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$ .

I valori delle azioni che interessano la valutazione della tensione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$ .

I valori dei parametri del terreno (attrito e coesione) per la valutazione della tensione limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$ .

I valori delle resistenze di progetto sono valutati considerando un coefficiente parziale sulle resistenze analogo alle verifiche per sforzi di compressione.

**Calcolo della capacità portante per sollevamento:** il carico di trazione limite è pari alla risultante delle tensioni tangenziali attivate nel terreno a lato della fondazione stessa, ed è calcolabile dall'integrale sulla potenziale superficie di scorrimento di tali tensioni a rottura (J. E. BOWLES – Fondazioni, progetto e analisi – McGraw-Hill, Milano 1991. Pagg. 236, 238).

## Verifiche in condizioni sismiche

La verifica di capacità portante per rottura generale in condizioni sismiche è opzionale, tale verifica viene effettuata analogamente alla verifica per rottura generale in condizioni statiche.

L'effetto delle azioni di progetto ed i valori delle azioni che interessano la valutazione della pressione limite sono comprensivi del coefficiente di amplificazione  $\gamma_{Rd}$  pari a 1.1 in CD "B" e 1.3 in CD "A".

È possibile calcolare la pressione limite ( $q_{\text{lim}}$ ) sotto l'azione sismica. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Secondo **il metodo scelto per le condizioni statiche** la pressione limite in condizioni sismiche verrà valutata con la relazione in forma trinomia secondo il metodo scelto in precedenza per la determinazione della pressione limite per rottura generale in condizioni statiche.
- **Richards R. Jr., Elms D.G. e Budhu M. (1993)** hanno sviluppato una procedura che permette di valutare la pressione limite in condizioni sismiche partendo dalla relazione in forma trinomia utilizzata per la determinazione della pressione limite per rottura generale in condizioni statiche (Associazione Geotecnica Italiana – Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, linee guida – Pàtron Editore, Bologna 2005. Pagg. 138, 140).
- Secondo **Paolucci e Pecker (1995)** la pressione limite in condizioni sismiche verrà valutata con la relazione in forma trinomia secondo il metodo scelto in precedenza per la determinazione della pressione limite per rottura generale in condizioni statiche in cui i termini rappresentativi del sovraccarico laterale e della coesione e del peso del terreno di fondazione sono moltiplicati dai seguenti fattori riduttivi (in condizioni drenate):
  - $\zeta_q = (1 - k_h / \tan(\phi'))^{0.35}$
  - $\zeta_c = 1 - 0.32 \cdot k_h$
  - $\zeta_y = \zeta_q$   
in cui  $k_h$  è l'accelerazione sismica orizzontale normalizzata con l'accelerazione di gravità ( $k_h = (a_g/g) \cdot S$ ), dove  $S$  è la categoria del suolo di fondazione.
- Secondo le **Indicazioni EC8-5 (Allegato F)** la verifica viene effettuata confrontando le sollecitazioni agenti col dominio di resistenza dell'insieme terreno fondazione del modello descritto nell'allegato F dell'Eurocodice 8 (Eurocode 8-Part 5, 2003. "Foundations, retaining structures and geotechnical aspects". EN 1998-5, Annex F).

È possibile applicare una **Riduzione dell'angolo d'attrito**  $\Delta\phi'$ , specificandone il valore o indicandone il rapporto fra  $\tan(\Delta\phi')$  e l'accelerazione sismica normalizzata con l'accelerazione di gravità ( $a_g/g$ ).

**Nota:** ha senso applicare una riduzione dell'angolo di attrito per terreni incoerenti ben addensati nei quali le sollecitazioni sismiche possono, per effetto della dilatanza, generare un aumento di volume e quindi una riduzione della densità relativa e dell'angolo di attrito ad essa associato.

# Calcolo dei cedimenti

## Introduzione

Il calcolo dei cedimenti è effettuabile utilizzando uno di metodi proposti in seguito, il valore del cedimento  $\Delta H$  viene calcolato, in funzione della pressione di esercizio  $q_{es}$ , sulla base dei parametri, propri di ciascun metodo, definiti nella colonna stratigrafica. È possibile calcolare i cedimenti in funzione delle pressioni di esercizio al netto delle pressioni litostatiche efficaci alla profondità del piano di posa delle fondazioni.

Per i vincoli valutati automaticamente in funzione della stratigrafia, il valore della costante di sottofondo  $k_t$  applicata alle condizioni di vincolo di ciascun elemento di fondazione ai fini dell'analisi FEM è definita dalla relazione:

$$k_t = q_{es} / \Delta H$$

La costante di sottofondo è automaticamente calcolata dal cedimento ottenuto applicando la pressione limite della fondazione. È comunque possibile utilizzare una costante di sottofondo calcolata dal cedimento ottenuto applicando una predefinita pressione di esercizio.

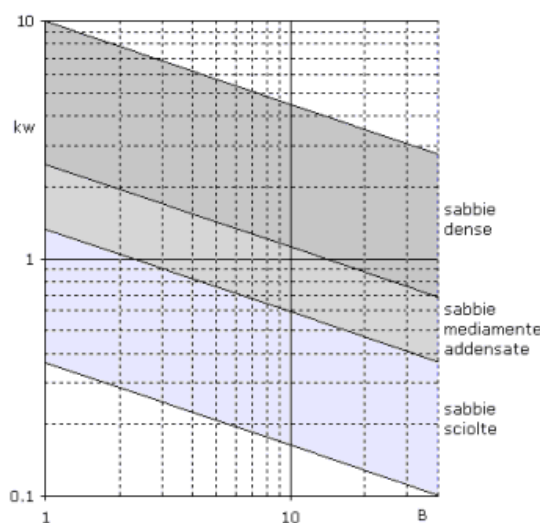


Fig. 1 - Campi indicativi dei valori della costante di sottofondo  $k_w$   $\langle \text{kg/cm}^3 \rangle$  per fondazioni su sabbie, al variare dello stato di addensamento, in funzione di  $B$   $\langle \text{m} \rangle$ . Sabbie sciolte  $N_{STP} < 10$ ; sabbie mediamente addensate  $N_{STP} = 10-30$ ; sabbie dense  $N_{STP} > 30$ .

## Metodi utilizzati

Secondo **Terzaghi e Peck (1948)** i cedimenti elastici ( $\Delta H$ ) vengono determinati dal rapporto fra la costante di sottofondo della fondazione e la pressione di esercizio ( $q_{es}$ ) che agisce su di essa. La costante di sottofondo  $k$  di una fondazione di dimensioni  $B$  viene calcolata dal valore della **Costante di sottofondo  $k_1$** , relativa ad una prova di carico su piastra standard (di forma quadrata o circolare con lato o diametro di  $b = 0.3$  m), secondo la seguente relazione:

$$k_t = k_1 * [(B+b)/(2*B)]^2$$

quindi i cedimenti elastici valgono:

$$\Delta H = q_{es}/k_t$$

**Nota:** il valore di  $k_1$  è riferito ad una piastra di dimensioni standard, pertanto dipende esclusivamente dalle caratteristiche del terreno di fondazione; ha quindi senso assumere per esso valori tipici, dipendenti solo dal tipo di terreno:

Nelle seguenti tabelle sono riportati alcuni valori tipici di  $k_1$  (Viggiani 1999):

Terreno		Campo di valori $\langle \text{kg/cm}^3 \rangle$	Valore consigliato $\langle \text{kg/cm}^3 \rangle$
Coesivo sovraconsolidato	Compatto $c_u = 50 - 100$ kPa	1.8 - 3.5	2.5
	Molto compatto $c_u = 100 - 200$ kPa	3.5 - 7.0	5.0
	Duro $c_u > 200$ kPa	$> 7.0$	10.0
Sabbia non satura	Consistenza sciolta	0.7 - 2.0	1.5
	Consistenza media	2.0 - 10.0	5.0

	Consistenza densa	10.0 – 35.0	17.5
Sabbia satura	Consistenza sciolta	0.7 – 2.0	1.0
	Consistenza media	2.0 – 10.0	3.0
	Consistenza densa	10.0 – 35.0	11.0

**Nota:** la relazione utilizzata è di natura empirica e trascura la forma della pianta della fondazione. Per B di grandi dimensioni la costante di sottofondo assume il valore asintotico di  $k = k_1 / 4$ .

Secondo **Bowles (teoria dell'elasticità)** i cedimenti elastici ( $\Delta H$ ) vengono determinati calcolando il cedimento atteso in funzione della pressione di contatto fra terreno e fondazione che ne è la causa ( $q_{es}$ ) utilizzando un'equazione della teoria dell'elasticità (J. E. BOWLES – Fondazioni, progetto e analisi – McGraw-Hill, Milano 1991. Pagg. 268, 273).

Il modulo elastico rappresentativo dello spessore di terreno interessato dalle deformazioni, viene calcolato attraverso una media pesata del modulo elastico medio degli strati interessati dal campo di deformazioni responsabili del cedimento, allo stesso modo viene calcolato il coefficiente di Poisson ( $\nu$ ).

Lo **Spessore del terreno responsabile del cedimento (H)** è determinabile:

- **Dal rapporto con le dimensioni della fondazione:** specificare  $H/B$ .
- **Dalla presenza di uno strato con modulo elastico maggiore di:** specificare il valore della rigidezza degli strati tale da rendere trascurabili i cedimenti dovuti alle loro deformazioni.

**Nota:** Bowles fornisce alcune indicazioni riguardo il corretto utilizzo della relazione elastica, fra queste viene detto che lo spessore di terreno effettivamente responsabile del cedimento deve essere definito da una profondità limite pari al minore dei seguenti valori:

- profondità  $z = 5 \cdot B$ ;
- profondità della superficie superiore di uno strato avente rigidezza molto maggiore (di almeno un ordine di grandezza) degli strati sovrastanti.

**Nota:** per una fondazione di pianta quadrata di lato pari a  $B$ ; profondità del piano di posa  $D = 0$ ; su un terreno di parametri elastici rappresentativi  $E_s$  e  $\nu$ ; risulta la seguente costante di sottofondo:

$$k_w = 1/(\Delta H/q_{es}) = 1/\{4 \cdot (B/2) \cdot [(1-\nu^2)/E_s] \cdot I_s \cdot I_f\} = [1/(2 \cdot B \cdot I_s \cdot I_f)] \cdot [E_s/(1-\nu^2)]$$

Per  $L=B$  e  $D=0$  risulta, ai fini pratici,  $I_s \sim 0.5$  e  $I_f \sim 1$ , quindi risulta:

$$k_w \sim [1/B] \cdot [E_s/(1-\nu^2)]$$

Overo un'approssimazione praticamente valida della relazione proposta da Vesic (1961) per il calcolo della costante di sottofondo.

**Secondo il metodo edometrico** il calcolo dei cedimenti ( $\Delta H$ ) viene fatto ipotizzando un comportamento tenso-deformativo edometrico, cioè per deformazioni laterali nulle del terreno di fondazione. Il cedimento rappresenta la somma del cedimento istantaneo e di consolidazione e può essere calcolato utilizzando il valore del modulo edometrico indicato nella stratigrafia (C. VIGGIANI – Fondazioni – Hevelius Edizioni, Napoli 1999. Pagg. 191, 194), oppure utilizzando gli indici di compressibilità edometrica indicabili nei criteri specifici associati ai singoli strati; in questo caso è possibile considerare il grado di sovraconsolidazione indicato nella stratigrafia oppure un valore di preconsolidazione costante rispetto alla pressione verticale efficace, indicabile nei criteri specifici associati ai singoli strati.

**Nota:** metodo per terreni coesivi.

**Secondo Schmertmann (1978)** il calcolo dei cedimenti ( $\Delta H$ ) viene fatto utilizzando i risultati della prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test), rappresentati dai valori della resistenza unitaria alla punta ( $q_c$ ) (C. VIGGIANI – Fondazioni – Hevelius Edizioni, Napoli 1999. Pagg. 233, 235), (J. E. BOWLES – Fondazioni, progetto e analisi – McGraw-Hill, Milano 1991. Pagg. 285, 287).

È necessario specificare il **Tempo di calcolo (t)**, in anni, dal termine della costruzione a quando si calcola il cedimento.

**Nota:** metodo consigliato per terreni incoerenti, in particolare sabbie.

**Secondo Burland e Burbidge (1985)** il calcolo dei cedimenti ( $\Delta H$ ) viene fatto utilizzando i risultati della prova SPT (Standard Penetration Test), rappresentati dai valori di  $N_{SPT}$  (C. VIGGIANI – Fondazioni – Hevelius Edizioni, Napoli 1999. Pagg. 236, 239).

Lo **Spessore del terreno responsabile del cedimento (H)** è determinabile:

- **Dal rapporto con le dimensioni della fondazione:** specificare  $H/B$ .
- **Dalla presenza di uno strato con modulo elastico maggiore di:** specificare il valore della rigidezza degli strati tale da rendere trascurabili i cedimenti dovuti alle loro deformazioni.

È necessario specificare il **Tempo di calcolo** ( $t$ ), in anni, dal termine della costruzione a quando si calcola il cedimento.

È necessario specificare il **Tipo di carico**:

- **Costante**: verrà posto  $R_3=0.3$ ;  $R_t=0.2$ .
- **Ciclico**: verrà posto  $R_3=0.7$ ;  $R_t=0.8$ .

**Nota**: metodo consigliato per terreni incoerenti, in particolare sabbie.

## Criteri di verifica

### Criteri generali fondazioni superficiali

Si tratta di criteri che stabiliscono i metodi per l'elaborazione dei parametri dell'intera colonna stratigrafica al fine di effettuare le verifiche di capacità portante e il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali presenti nella struttura. Tali metodi sono quindi stabiliti indipendentemente dal numero del criterio di progetto assegnato ai singoli strati della colonna stratigrafica.

#### Generali

**Condizioni di calcolo per terreni coesivi**: specificare se devono essere ipotizzate condizioni **drenate, non drenate** oppure **sia drenate che non drenate**, in tal caso le capacità portanti saranno pari alle minori calcolate nei due modi.

**Calcolo di  $a'$  dal rapporto con  $c'$** : il valore dell'adesione in condizioni drenate ( $a'$ ) fra terreno e fondazione è calcolata indicandone il rapporto con  $c'$  dello strato del piano di fondazione.

**Calcolo di  $au$  dal rapporto con  $cu$** : il valore dell'adesione in condizioni non drenate ( $au$ ) fra terreno e fondazione è calcolata indicandone il rapporto con  $cu$  dello strato del piano di fondazione.

**Calcolo di  $\delta'$  dal rapporto con  $\phi'$** : il valore dell'attrito ( $\delta'$ ) fra terreno e fondazione è calcolato indicandone il rapporto con  $\phi'$  dello strato del piano di fondazione.

**Considera l'angolo d'attrito in deformazione piana per fondazioni nastriformi**: nel caso di fondazioni nastriformi i meccanismi di rottura alla base dei metodi utilizzati conseguono uno stato di deformazione piana ( $\phi_{ps}$ ), per terreni incoerenti l'angolo d'attrito rappresentativo degli strati interessati (implicitamente considerato per stati di deformazione triassiali  $\phi'=\phi_{tr}$ ) può essere corretto utilizzando il fattore moltiplicativo  $1.1-0.1*B/L$  se  $\phi' \geq 30^\circ$  (Lee, Meyerhof, 1970).

**Calcolo dei parametri rappresentativi per terreni stratificati**: specificare come devono essere determinati i valori rappresentativi dei parametri  $\phi'$ ,  $c'$  e  $cu$  dai dati degli strati interessati dalla superficie di rottura. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Valori minori**: vengono considerati i valori relativi allo strato meno resistente sia per coesione che per attrito.
- **Media aritmetica**: vengono mediati i parametri degli strati interessati dalla superficie di rottura.
- **Media pesata**: viene fatta una media pesata dei parametri degli strati interessati dalla superficie di rottura in funzione dello spessore degli strati stessi.
- **Calcola i valori medi dell'angolo d'attrito secondo la sua tangente**: selezionando questa opzione verrà calcolato il valore medio di  $\tan(\phi')$  e non di  $\phi'$ .

#### Capacità portante in condizioni statiche

**Calcolo della capacità portante per rottura generale**: specificare come calcolare la pressione limite attraverso formule trinomie. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Terzaghi (1943)**
- **Meyerhof (1963)**
- **Hansen (1970)**
- **Brinch - Hansen (1970)**
- **Vesic (1973)**
- **Indicazioni EC7 (Allegato D)**
- **Stagg e Zienkiewicz**

**Combinazione dei fattori di forma e di inclinazione del carico**: specificare, dove sono presenti entrambi i fattori e in presenza di carico inclinato, la combinazione dei fattori di forma e dei i fattori di inclinazione del carico. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Considera solo i fattori di forma**: nelle relazioni relative al metodo scelto in precedenza verranno omissi i fattori di inclinazione del carico.

- **Considera solo i fattori di inclinazione del carico:** nelle relazioni relative al metodo scelto in precedenza verranno omessi i fattori di forma.
- **Considera entrambi:** nelle relazioni relative ai metodi scelti in precedenza verranno considerati entrambi i fattori in un'unica formula.
- **Considera entrambi separatamente:** nelle relazioni relative al metodo scelto in precedenza verranno considerati entrambi i fattori in due formule distinte.

Nel caso di carichi puramente verticali verranno comunque considerati i fattori di forma.

**Considera il fattore di riduzione per platee:** per fondazioni con  $B \geq 2m$  è possibile, selezionando tale opzione, considerare un ulteriore fattore di riduzione del coefficiente di portata del termine rappresentativo del peso del terreno di fondazione ( $N_\gamma$ ); tale fattore, proposto da Bowles (1999), è pari a:  $S_{\gamma, plat} = 1 - 0.25 \cdot \log(B/2) < m >$  (Bowles, 1999).

**Considera gli effetti dell'eccentricità del carico con un unico fattore riduttivo:** nel caso in cui i terreni interessati dalla superficie di rottura siano tutti di tipo coesivo o tutti di tipo incoerente, selezionando tale opzione, verrà trascurata l'eccentricità del carico nelle relazioni relative al metodo scelto in precedenza ed alla pressione limite calcolata verrà applicato un unico fattore riduttivo pari a  $fecc = [1 - 2 \cdot eB/B] \cdot [1 - 2 \cdot eL/L]$  se i terreni interessati dalla superficie di rottura sono tutti di tipo coesivo e  $fecc = [1 - (eB/B)0.5] \cdot [1 - (eL/L)0.5]$  se i terreni interessati dalla superficie di rottura sono tutti di tipo incoerente.

**Considera eccentricità e inclinazione dei carichi attraverso domini di interazione:** selezionando tale opzione la verifica viene effettuata confrontando le sollecitazioni agenti col dominio di resistenza dell'insieme terreno fondazione. Dove lo sforzo normale massimo viene calcolato, per carico verticale centrato, come indicato in precedenza.

**Calcolo della capacità portante per rottura locale:** specificare, in caso di terreni di fondazione incoerenti mediamente o poco addensati, se e come calcolare la pressione limite ipotizzando un meccanismo di rottura locale. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Terzaghi (1943)**
- **Vesic (1975)**

**Calcolo della capacità portante per rottura per punzonamento:** specificare se calcolare la capacità portante per punzonamento, tale calcolo verrà sviluppato secondo Vesic (1975).

**Calcolo della capacità portante per scorrimento:** specificare se calcolare la capacità portante per scorrimento. È possibile indicare:

- **Percentuale di carico orizzontale assorbito dai cordoli:** vale a dire la percentuale di H che si ritiene venga assorbita dai cordoli di collegamento.
- **Percentuale di spinta passiva mobilitata:** vale a dire la percentuale di spinta passiva del terreno a lato della fondazione che si ritiene venga mobilitata dalla compressione a lato della fondazione.

**Calcolo della capacità portante per sollevamento:** specificare se calcolare la capacità portante per sollevamento.

### Capacità portante in condizioni sismiche

**Calcolo della capacità portante per rottura generale:** specificare come calcolare la capacità portante sotto l'azione sismica. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Metodo scelto per le condizioni statiche**
- **Richards et al. (1993)**
- **Paolucci e Pecker (1995)**
- **Indicazioni EC8-5 (Allegato F):** è richiesto il coeff. parziale del modello.

**Riduzione dell'angolo d'attrito per terreni incoerenti ben addensati:** selezionando tale opzione l'angolo d'attrito rappresentativo viene ridotto di una quantità  $\Delta\phi'$  da specificare. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a:** specificare il valore di  $\Delta\phi'$ .
- **Dal rapporto della tangente con  $ag/g$ :** specificare il rapporto fra  $\tan(\Delta\phi')$  e l'accelerazione sismica normalizzata con l'accelerazione di gravità ( $ag/g$ ).

**Calcolo della capacità portante per scorrimento:** specificare se calcolare la capacità portante per scorrimento. È possibile indicare:

- **Percentuale di carico orizzontale assorbito dai cordoli:** vale a dire la percentuale di H che si ritiene venga assorbita dai cordoli di collegamento.



- **Percentuale di spinta passiva mobilitata:** vale a dire la percentuale di spinta passiva del terreno a lato della fondazione che si ritiene venga mobilitata dalla compressione a lato della fondazione.

## Cedimenti

Specificare come calcolare i cedimenti di fondazioni superficiali. Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Terzaghi e Peck (1948)**, è necessario specificare la **Costante di sottofondo  $k_1$** , relativa ad una prova di carico su piastra standard (di forma quadrata o circolare con lato o diametro di  $b = 0.3$  m).
2. **Bowles** (teoria dell'elasticità), è necessario specificare:
  - Spessore del terreno responsabile del cedimento. Sono disponibili le seguenti opzioni:
    - **Dal rapporto con le dimensioni della fondazione:** specificare  $H/B$ .
    - **Dalla presenza di uno strato con modulo elastico maggiore di:** specificare il valore della rigidità degli strati tale da rendere trascurabili i cedimenti dovuti alle loro deformazioni.
3. **Modulo edometrico**
4. **Schmertmann (1978)**: verranno utilizzati i risultati delle prove CPT, è necessario specificare:
  - **Tempo di calcolo**, in anni, dal termine della costruzione a quando si calcola il cedimento.
5. **Burland e Burbidge (1985)**: verranno utilizzati i risultati delle prove SPT, è necessario specificare:
  - **Spessore del terreno responsabile del cedimento.** Sono disponibili le seguenti opzioni:
    - **Dal rapporto con le dimensioni della fondazione:** specificare  $H/B$ .
    - **Dalla presenza di uno strato con modulo elastico maggiore di:** specificare il valore della rigidità degli strati tale da rendere trascurabili i cedimenti dovuti alle loro deformazioni.
  - **Tempo di calcolo**, in anni, dal termine della costruzione a quando si calcola il cedimento.
  - **Tipo di carico:** Costante o Ciclico.

**Considera pressioni di esercizio al netto delle tensioni litostatiche:** per il calcolo dei cedimenti e della costante di sottofondo è possibile considerare le pressioni responsabili del cedimento al netto delle pressioni litostatiche, cioè decurtare la pressione risultante dal carico della sovrastruttura del valore della pressione verticale efficace presente in sito alla profondità del piano di posa delle fondazioni. Tale opzione è utile nella modellazione delle fondazioni compensate.

**Calcola costante di sottofondo con pressioni di esercizio:** per il calcolo della costante di sottofondo è possibile indicare un particolare valore della pressione di esercizio, oltreché considerarlo pari alla pressione ultima della fondazione come nelle precedenti versioni. Tale opzione è utile nell'utilizzo di metodi non lineari di stima dei cedimenti, dai quali può risultare una deformabilità eccessiva se la costante di sottofondo è stimata dalla pressione ultima della fondazione.

**Limita costante di sottofondo ad un valore:** è possibile indicare un valore massimo delle costanti di sottofondo calcolate automaticamente. Tale opzione è utile per evitare che, nei limiti di applicabilità del metodo di Winkler, dalla stima automatica risulti una costante di sottofondo non corretta per l'analisi strutturale.

## Fondazioni profonde

### Analisi dei pali

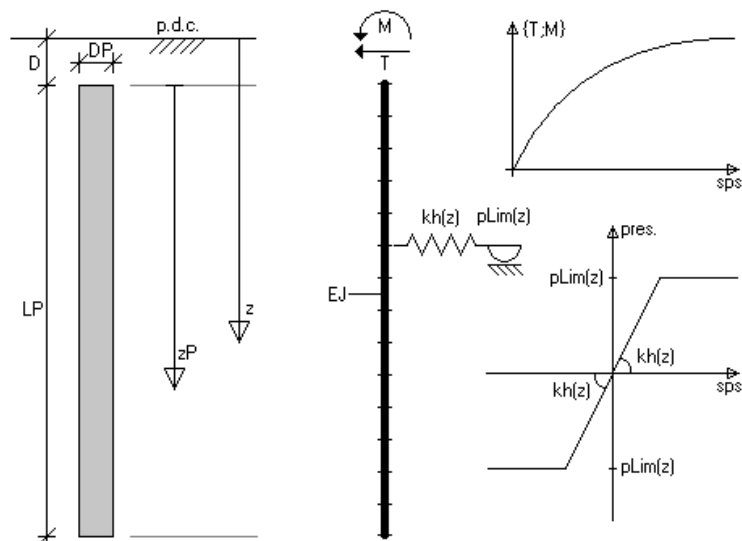
#### Metodo di calcolo

Le analisi dei singoli pali si basano sulla soluzione del problema elastoplastico di interazione palo-terreno attraverso il metodo delle differenze finite. Le analisi vengono effettuate disgiuntamente per carichi orizzontali e per carichi verticali.

#### Analisi per carichi orizzontali

L'analisi per carichi orizzontali si riconduce ad un problema piano. Il piano di progetto è definito dalla direzione dell'asse del palo e dalla direzione del vettore somma delle sollecitazioni nodali di taglio. Il taglio di progetto  $T$  è dato dalla somma vettoriale delle sollecitazioni nodali mentre il momento di progetto  $M$  è dato dalla somma della proiezione delle sollecitazioni nodali rispetto alla direzione definita dal vettore somma dei tagli.

I dati del problema sono:  $E$ ,  $J$  ed  $L$  rispettivamente modulo elastico, inerzia della sezione e lunghezza del palo;  $kh(z)$  e  $p_{Lim}(z)$  rispettivamente la risposta elastica e la pressione limite orizzontale del terreno a lato del palo poi traslati rispetto a  $z_P$  sistema di riferimento locale del palo;  $T$  ed  $M$  rispettivamente taglio e momento di progetto.



La soluzione del problema è data dal campo di spostamenti  $s(z_P)$  dal quale, calcolate le pressioni di contatto, vengono ricavate le sollecitazioni  $T(z_P)$  ed  $M(z_P)$  di progetto per le singole sezioni del palo.

Ipotizzando un comportamento elastico lineare del palo, le equazioni della linea elastica forniscono il legame fra la sollecitazione momento e la derivata seconda dello spostamento:

$$d^2s(z_P)/d^2z_P = -M(z_P)/EJ.$$

Tale relazione differenziale, rappresentativa di un continuo, viene riscritta in termini finiti discretizzando il palo in  $n$  nodi che definiscono  $n-1$  conci di lunghezza  $a = L/(n-1)$ , per i nodi interni risulta:

$$\text{da } i = 2 \text{ ad } i = n-1 : (s_{i+1} - 2s_i + s_{i-1})/a^2 = -M_i/EJ.$$

In cui  $M_i$  è dato dai carichi esterni e dalle reazioni delle molle, rappresentative delle pressioni sul terreno, agenti sui nodi che vanno da 1 a  $i-1$ .

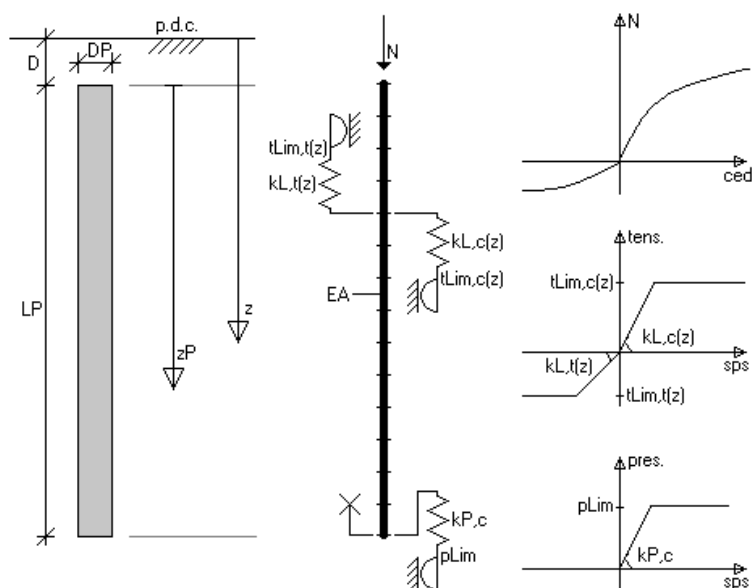
Il sistema così definito ha  $n$  incognite ( $s_i$ ) in  $n-2$  equazioni e viene completato dalle seguenti condizioni al contorno: equilibrio alla traslazione ed alla rotazione nel caso di analisi con pali la cui testa è libera di ruotare; equilibrio alla traslazione e uguaglianza fra gli spostamenti dei due modi iniziali nel caso di analisi con pali la cui testa è impedita di ruotare.

La soluzione del problema si basa quindi nella ricerca della condizione di equilibrio del sistema palo-terreno soggetto ai carichi di progetto. Analogamente, l'analisi in condizioni non lineari viene affrontata reiterando la ricerca della soluzione in cui, per ogni iterazione del calcolo vengono effettuate le correzioni delle pressioni di contatto al loro limite plastico. Le iterazioni si concludono, e la soluzione è definita, quando risulta una situazione di equilibrio in cui tutte le pressioni di contatto risultano minori o uguali al loro limite plastico.

Il metodo utilizzato, basato sul presupposto della monotonicità della soluzione rispetto ai carichi di progetto per ogni singolo step di calcolo, ha il vantaggio di essere relativamente semplice e di veloce esecuzione e permette la generalizzazione nel caso non lineare in cui le ipotesi fatte nella scelta dell'equazione differenziale alla base del sistema risolutivo risultano comunque soddisfatte. Il metodo appena descritto non tiene in conto dell'effetto delle rotazioni delle sezioni, comunque, la comparazione dei risultati ottenuti utilizzando un solutore FEM, mostra che tali effetti risultano trascurabili anche per spostamenti rilevanti.

### Analisi per carichi verticali

L'analisi per carichi verticali si riconduce ad un problema assialsimmetrico. I dati del problema sono:  $E$ ,  $A$  ed  $L$  rispettivamente modulo elastico, area della sezione e lunghezza del palo;  $t_{Lim,c}(z)$ ,  $t_{Lim,t}(z)$ ,  $t_{Lim,c}(z)$ ,  $k_{L,c}(z)$ ,  $k_{L,t}(z)$  e  $k_{P,c}$  sono rispettivamente l'attrito laterale limite per compressione, l'attrito laterale limite per trazione, la pressione limite alla base, l'attrito laterale limite per compressione, la risposta elastica laterale per carichi verticali di compressione, la risposta elastica laterale per carichi verticali di trazione e la risposta elastica alla punta, poi traslati rispetto a  $z_P$  sistema di riferimento locale del palo;  $N$  carico assiale di progetto.



La soluzione del problema è analoga a quella utilizzata per carichi orizzontali, e fornisce il campo di spostamenti  $c(zP)$  dal quale, calcolate le tensioni tangenziali di contatto palo terreno, vengono ricavate le sollecitazioni  $N(zP)$  di progetto per le singole sezioni del palo.

In questo caso la relazione differenziale di partenza è:

$$d^2c(zP)/d^2zP = N(zP)/EA.$$

La cui rappresentazione in termini finiti, sempre discretizzando il palo in  $n$  nodi che definiscono  $n-1$  conci di lunghezza  $a = L/(n-1)$ , per i nodi interni risulta:

$$\text{da } i = 2 \text{ ad } i = n : (c_i + c_{i-1})/a = -N_i/EA.$$

In cui  $N_i$  è dato dai carichi esterni e dalle reazioni delle molle, rappresentative delle tensioni tangenziali di contatto palo terreno e dalla pressione alla base del palo, agenti sui nodi che vanno da 1 a  $i-1$ .


Il sistema così definito ha  $n$  incognite ( $c_i$ ) in  $n-1$  equazioni e viene completato dall'equilibrio alla traslazione verticale.

Le considerazioni relative al calcolo non lineare sono analoghe a quelle fatte per l'analisi per carichi orizzontali.

In questo caso il metodo permette la modellazione di reazioni differenti delle molle per sollecitazioni di compressione e trazione, tali reazioni sono valutate disgiuntamente per i singoli nodi con cui è modellato il palo e variano in funzione dello stato di sollecitazione risultante da ogni singola iterazione del calcolo.

Il peso del palo viene tenuto in conto in un'analisi lineare preliminare a quelle delle applicazioni dei carichi, da questa analisi viene valutato lo sforzo normale lungo il palo in condizioni iniziali di carico nullo. A seguito di tale analisi preliminare vengono annullati gli spostamenti risultanti in modo che le analisi con l'applicazione dei carichi esterni vengano effettuate partendo da una condizione di sollecitazione lungo il palo che tenga in conto l'effettivo peso proprio ma da una condizione di cedimenti nulli.

## Visualizzazione dei risultati

I risultati per le analisi dei singoli pali sono visualizzabili nell'ambiente di progettazione interattiva armatura plinti/pali, cliccando nel gruppo **Generali** della scheda **Plinti/Pali** su **Info ver. pali**  è possibile accedere alla visualizzazione delle verifiche effettuate per ogni singolo palo. In questo ambito sono riportati:

- i diagrammi delle sollecitazioni di sforzo normale, taglio e momento lungo il palo;
- gli spostamenti orizzontali;
- le curve sforzo normale-cedimento della testa del palo;
- taglio (e momento)-spostamento orizzontale della testa del palo.

Le due curve forza-spostamento sono rappresentate per le fasi di carico e scarico, come indice del grado di valutazione della reversibilità dei carichi applicati.

## Verifiche di capacità portante

### Introduzione

Per i pali e i plinti su pali è possibile effettuare, oltre al calcolo dei cedimenti e degli spostamenti, le verifiche di capacità portante per carichi assiali (verticali) di compressione e trazione e per carichi trasversali (orizzontali).

Le verifiche per carichi verticali si basano sulla valutazione separata delle tensioni limite generabili sulla superficie di contatto fra il fusto del palo e il terreno e delle pressioni limite alla base del palo.

Le verifiche per carichi orizzontali si basano sulla valutazione della quota parte di spostamenti irreversibili generati dai carichi in rapporto agli spostamenti totali.

## Carichi verticali

Le verifiche di capacità portante per pali soggetti a carichi assiali sono soddisfatte se la sicurezza, cioè il rapporto fra gli effetti delle azioni di progetto (carichi sulla fondazione) e le resistenze di progetto è maggiore o uguale ad uno.

$$s.c. = R_d / E_d \geq 1$$

$E_d$  effetti delle azioni di progetto comprensivi dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$ .

I valori delle azioni che interessano la valutazione della pressione limite in condizioni statiche sono comprensivi dei coefficienti parziali sulle azioni  $\gamma_A$ .

L'effetto delle azioni di progetto ed i valori delle azioni che interessano la valutazione della pressione limite in condizioni sismiche sono comprensivi del coefficiente di amplificazione  $\gamma_{Rd}$  pari a 1.1 in CD "B" e 1.3 in CD "A".

$R_d$  resistenze di progetto

I valori dei parametri del terreno (attrito e coesione) basilari per la valutazione delle tensioni limite sono comprensivi dei coefficienti parziali sui materiali  $\gamma_M$ .

$Q_{Slim}$  resistenza per attrito lungo il fusto del palo dovuto a sollecitazioni di compressione

$Q_{Slim,t}$  resistenza per attrito lungo il fusto del palo dovuto a sollecitazioni di trazione

$Q_{Plim}$  resistenza per compressione alla base del palo

$\gamma_{R,s}$  coefficiente parziale sulle resistenze per attrito dovuto a compressione

$\gamma_{R,t}$  coefficiente parziale sulle resistenze per attrito dovuto a trazione

$\gamma_{R,b}$  coefficiente parziale sulle resistenze per compressione alla base del palo

La **resistenza di progetto per carichi verticali di compressione** su un singolo palo viene calcolata dalla somma delle resistenze per attrito lungo il fusto del palo e per pressione al piede, considerando i relativi coefficienti parziali delle resistenze:

$$R_d = Q_{Slim} / \gamma_{R,s} + Q_{Plim} / \gamma_{R,b}$$

La **resistenza di progetto per carichi verticali di trazione** su un singolo palo viene calcolata dalla somma fra la massima resistenza mobilitabile, in condizione di equilibrio limite, per attrito dovuto a sollecitazioni di trazione lungo il fusto del palo  $P$ , considerando i relativi coefficienti parziali delle resistenze, il peso del palo (WP) viene considerato come azione di progetto:

$$R_d = Q_{Slim,t} / \gamma_{R,t}$$

**Nota:** si trascura il peso del palo per la verifica a compressione.

Tali resistenze di progetto vengono ulteriormente divise per il fattore di correlazione indicato nei criteri di progetto.

La capacità portante per carichi verticali di compressione o trazione di un singolo palo viene calcolata dalle massime resistenze mobilitabili, in condizione di equilibrio limite, per attrito lungo il fusto del palo per sollecitazioni di compressione e trazione, e per pressione al piede per sollecitazioni di compressione. Siano:

DP diametro del palo;

LP lunghezza del palo.

La massima resistenza mobilitabile per attrito dovuto a sollecitazioni di compressione lungo il fusto del palo è data dall'integrale, sulla superficie del fusto, dell'**attrito laterale limite**  $\tau_s(z)$ :

$$Q_{Slim} = (\pi * DP) * \int_{LP} [\tau_s(z)] dz$$

Allo stesso modo è calcolabile la massima resistenza mobilitabile per attrito dovuto a sollecitazioni di trazione lungo il fusto del palo, dato l'**attrito laterale limite per trazione**  $\tau_{s,t}(z)$ :

$$Q_{Slim,t} = (\pi * DP) * \int_{LP} [\tau_{s,t}(z)] dz$$

La massima resistenza mobilitabile per pressione alla base del palo è data dal prodotto fra l'area e la **pressione limite alla base**  $q_p$ :

$$Q_{Plim} = (\pi * DP^2 / 4) * q_p$$

È possibile tenere in conto di un eventuale effetto dell'**attrito negativo**  $\tau_{s,n}(z)$  mobilitabile in un determinato strato. L'effetto dell'attrito negativo viene considerato come riduzione dell'attrito laterale. La massima resistenza mobilitabile per attrito dovuto a sollecitazioni di compressione lungo il fusto del palo risulta pertanto:

$$Q_{\text{Slim}} = (\pi \cdot DP) \cdot \int_{LP} [\tau_s(z) - \tau_{s,n}(z)] dz$$

I valori di  $\tau_s(\mathbf{z})$ ,  $\tau_{s,t}(\mathbf{z})$ ,  $\tau_{s,n}(\mathbf{z})$  e di  $q_p$  sono determinabili, dalle caratteristiche del palo e dalla colonna stratigrafica di riferimento, in funzione di quanto specificato nei criteri di verifica.

## Carichi orizzontali

Il calcolo degli spostamenti e le valutazioni della sicurezza nei confronti di sollecitazioni trasversali al palo, vengono effettuate attraverso un'analisi elasto-plastica del problema di interazione palo-terreno.

Ipotizzando un comportamento comunque elastico del palo, il terreno viene considerato come unico elemento potenzialmente non resistente ai fini della valutazione della sicurezza nei confronti dello stato limite ultimo.

L'entità del terreno in cui le pressioni raggiungono il loro valore limite è rappresentato dall'andamento della curva carichi-spostamenti orizzontali: un andamento lineare indica che i carichi agenti inducono in tutto il terreno prossimo al palo pressioni inferiori a quelle limite; un andamento non lineare indica il raggiungimento delle pressioni limite in alcune parti del terreno; un andamento marcatamente non lineare, in cui è evidente l'asintoto orizzontale (rappresentativo dei carichi limite), indica il raggiungimento delle pressioni limite in quasi tutto il terreno.

I carichi applicati sono gli effetti delle azioni di progetto, mentre i carichi tali da indurre nella totalità del terreno pressioni pari a quelle limite sono le resistenze di progetto. Tanto più i carichi applicati si avvicinano a quelli limite tanto più i loro effetti, misurati come spostamenti della testa del palo, sono irreversibili. La misura della quota parte di spostamenti irreversibili (plastici) rispetto agli spostamenti totali è quindi rappresentativa, seppur non linearmente, del rapporto fra gli effetti delle azioni di progetto e le resistenze di progetto ed è il metro utilizzato per la misura del grado di sicurezza nei confronti dello stato limite ultimo.

Un'analisi elasto-plastica da cui risulti un sistema non convergente indica il superamento della condizione limite secondo la quale tutto il terreno a lato del palo è sottoposto a pressioni pari a quelle massime sopportabili, il sistema palo-terreno è quindi reso labile dai carichi applicati. Tali carichi, intesi come effetti delle azioni di progetto, risultano quindi maggiori di quelli resistenti, intesi come resistenze di progetto, ciò indica che la verifica non è soddisfatta.

In sintesi, in riferimento alla figura, siano:

**{T;M}** le sollecitazioni di taglio e momento in testa al palo;

**s** lo spostamento orizzontale della testa del palo, metro di valutazione;

**{T;M}<sub>es</sub>** le sollecitazioni agenti come carichi applicati, ovvero gli effetti delle azioni di progetto.

Per la valutazione della sicurezza viene effettuato un calcolo elastico (1) per determinare lo spostamento elastico  $s(e)$  ed un calcolo elasto-plastico (2) per determinare lo spostamento totale  $s(t)$ , la componente plastica dello spostamento totale è quindi  $s(p) = s(t) - s(e)$ .

Come detto in precedenza il rapporto fra lo spostamento plastico e quello totale è una misura di quanto sono irreversibili i carichi applicati ed ha limite 1 per carichi che rendono labile il sistema (condizione limite in cui tutto lo spostamento sarebbe plastico). La sicurezza è quindi l'inverso di tale rapporto, considerando il fattore di sicurezza parziale sulle resistenze risulta:

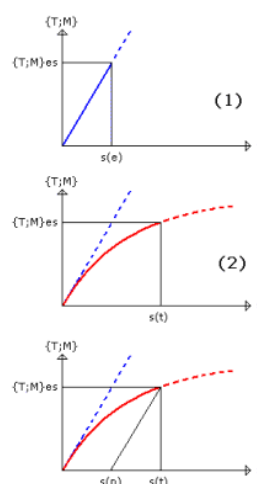
$$\text{sic.} = [s(t) / s(p)] / \gamma_T$$

Se dal calcolo elasto-plastico risulta che sono ancora in fase elastica, quindi  $s(p) = 0$ , allora i carichi sono totalmente reversibili. Le verifiche sono soddisfatte e risulta:

$$\text{sic.} > 1$$

Se dal calcolo elasto-plastico non ho soluzione perché il sistema è labile, vuol dire che i carichi sono maggiori di quelli limite. Le verifiche non sono soddisfatte e risulta:

$$\text{sic.} < 1$$



Rispetto alle valutazioni effettuabili da semplici analisi limite, l'utilizzo del metodo appena descritto per effettuare le verifiche di capacità portante per carichi trasversali, ha il vantaggio di poter considerare condizioni generali di variabilità delle proprietà tensodeformative della stratigrafia; permette una lettura dei risultati in cui, oltre ai carichi, è possibile dare una valutazione anche sugli spostamenti generati; permette di effettuare una verifica univoca rispetto alle sollecitazioni agenti (taglio e momento in testa al palo) rappresentative degli effetti delle azioni di progetto per una data combinazione di carico. Peraltro, irrigidendo le proprietà elastiche del palo e del terreno, è possibile simulare le condizioni alla base dell'analisi limite.

## Calcolo di cedimenti e spostamenti

### Metodo utilizzato

Il calcolo dei cedimenti, o più in generale degli spostamenti verticali causati da sollecitazioni assiali al palo, e il calcolo degli spostamenti orizzontali causati da sollecitazioni trasversali, vengono effettuati attraverso due disgiunte analisi elasto-plastiche del problema di interazione palo-terreno.

In relazione al metodo utilizzato per l'analisi del singolo palo, i parametri di calcolo vengono valutati in funzione del modello e dei criteri di progetto.

Per analisi per carichi verticali:

- l'attrito laterale limite per compressione  $\tau_s(z)$  dà il valore di  $t_{Lim,c}(z)$ ;
- l'attrito laterale limite per trazione  $\tau_{s,t}(z)$  dà il valore di  $t_{Lim,t}(z)$ ;
- la pressione limite alla base  $q_p$  dà il valore di  $p_{Lim}$ ;
- l'attrito laterale limite per compressione  $\tau_s(z)$  dà il valore di  $t_{Lim,c}(z)$ ;
- la risposta elastica laterale per carichi verticali di compressione dà il valore di  $k_{L,c}(z)$ ;
- la risposta elastica laterale per carichi verticali di trazione dà il valore di  $k_{L,t}(z)$ ;
- la risposta elastica alla punta dà il valore di  $k_{P,c}$ .

Per analisi per carichi orizzontali:

- la pressione limite per carichi orizzontali dà il valore di  $p_{Lim}(z)$ ;
- la risposta elastica per carichi orizzontali dà il valore di  $k_h(z)$ .

## Calcolo delle tensioni limite

### Introduzione

Per quanto riguarda i carichi assiali di compressione, i valori delle tensioni limite  $\tau_s(z)$  e  $q_p$ , possono essere calcolati sia secondo **formule statiche** che da opportune correlazioni con **prove in sito**.

La valutazione dell'attrito laterale limite  $\tau_s(z)$  secondo formule statiche viene effettuato col **metodo  $\alpha$**  per analisi in condizioni non drenate e col **metodo  $\beta$**  per analisi in condizioni drenate.

Il calcolo della pressione limite alla base  $q_p$  secondo formule statiche può essere effettuato sia utilizzando le comuni relazioni trinomie adattate al caso di fondazioni profonde o secondo relazioni opportunamente create allo scopo da vari autori.

Alcune relazioni implementate per il calcolo delle tensioni limite si basano sull'ipotesi che, per effetto dell'interazione palo-terreno in strati incoerenti, le pressioni orizzontali efficaci lungo il fusto del palo risultano costanti al di sotto di una certa profondità, tale profondità è detta **profondità critica** ( $z_c$ ) e può essere: definibile direttamente; determinabile in funzione del diametro del palo; determinabile in funzione del diametro del palo e della densità relativa ( $Dr <\%>$ , mediata sugli strati interessati) secondo la relazione:  $z_c = DP \cdot (4 + 0.2 \cdot Dr)$  sintetizzata nella seguente tabella:

<b>Dr &lt;%&gt;</b>	<b><math>z_c/DP</math></b>
15	7
30	10
50	14
60	16
80	20

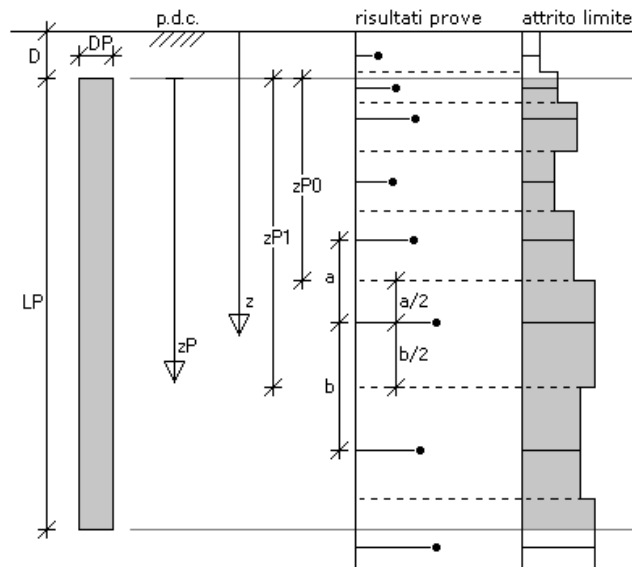
La valutazione delle tensioni limite da correlazioni con prove in sito non dipende dalle condizioni di calcolo ed è possibile utilizzando **prove CPT** e **prove SPT**.

Per quanto riguarda i carichi assiali di trazione, il valore della tensione limite  $\tau_{s,t}(z)$ , può essere valutato dalla tensione limite per compressione oppure da opportune relazioni statiche.

La valutazione delle pressioni limite per carichi orizzontali viene effettuata, in analogia con le proposte di Broms (1964), partendo dalle condizioni di rottura per stato di deformazione piano e stimando gli effetti tridimensionali del problema.

### Attrito laterale limite da prove in sito

Il valore dell'attrito limite da prove in sito, ad una generica profondità ( $z$ ), è calcolato elaborando il risultato della misura più vicina, come descritto nella seguente figura:



### Calcolo dell'attrito laterale limite da prove CPT

Vengono elaborati i risultati della prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test), rappresentati dalla tensione resistente laterale locale ( $f_s$ ) e dalla resistenza unitaria alla punta ( $q_c$ ). Sono implementate le seguenti possibilità:

- **Calcolo di  $\tau_s$  dal rapporto con  $f_s$** , indicando il rapporto fra la tensione limite ( $\tau_s$ ) e la tensione resistente laterale locale misurata ( $f_s$ ). **Nota:** in generale si pone  $\tau_s = f_s$ .
- **Calcolo di  $\tau_s$  dal rapporto con  $q_c$** , indicando il rapporto fra la tensione limite ( $\tau_s$ ) e la resistenza unitaria alla punta ( $q_c$ ). È possibile stimare tale rapporto:
- **Secondo le indicazioni AGI (1984):** il valore del rapporto  $\tau_s / q_c$  è valutato in funzione di  $q_c$  secondo la tabella:

Stato di addensamento	$q_c < \text{kg/cm}^2 >$	$\tau_s / q_c$
Molto sciolto	$< 20$	0.020
Sciolto	20 - 50	0.015
Medio	50 - 150	0.012
Denso	150 - 200	0.009
Molto denso	$> 200$	0.007

- **Secondo De Beer (1985):** il valore del rapporto  $\tau_s / q_c$  è valutato in funzione di  $q_c$  secondo la tabella:

$q_c < \text{MPa} >$	$\tau_s / q_c$
$= < 10$	1/150
$= > 20$	1/200

in cui per valori di  $q_c$  compresi fra 10 e 20 MPa i valori di  $\tau_s$  vengono interpolati.

Nel caso di progettazione di **micropali** è possibile utilizzare il **Metodo di Bustamante e Doix (1985)**. Secondo tale metodo il valore del rapporto  $\tau_s / q_c$  è pari a 1/100. Il diametro del palo utilizzato per il calcolo, pari a quello della zona iniettata ( $D_{in}$ ), è valutato in funzione del diametro della perforazione, ipotizzato pari a DP, e del tipo di iniezioni utilizzate. È possibile scegliere fra iniezioni ripetute, in cui verrà imposto  $D_{in} = 1.50 \cdot DP$ , e iniezione unica, in cui verrà imposto  $D_{in} = 1.15 \cdot DP$ .

### Calcolo dell'attrito laterale limite da prove SPT

Vengono elaborati i risultati della prova SPT (Standard Penetration Test), rappresentati dai valori di  $N_{spt}$ , secondo la relazione  $\tau_s = a + b \cdot N_{spt}$ . Si richiedono i valori del termine costante (a) e del termine variabile (b) delle tensioni di correlazione. Tali valori possono essere stimati secondo la seguente tabella:

Palo	Terreno	a <kPa>	b <kPa>
Battuto	Coesivo	0	10
	Incoerente	0	2
Trivellato	Coesivo	0	5
	Incoerente	0	3.3

oppure inseriti da opportune valutazioni del progettista.

**Nota:** nella seguente tabella sono riportate alcune tensioni di correlazione (Viggiani 1999):

Palo	Terreno	a <kPa>	b <kPa>	Note	Fonte
Battuto prefabbricato	Incoerente	0	2	-	Meyerhof (1956) Shioi, Fukui (1982)
	Qualsiasi	10	3.3	$3 < N_{spt} < 50$ $\tau_s < 170 \text{ kPa}$	Decourt (1982)
	Coesivo	0	10	-	Shioi, Fukui (1982)
Battuto gettato in opera	Incoerente	30	2	$\tau_s < 200 \text{ kPa}$	Yamashita (1987)
		0	5	-	Shioi, Fukui (1982)
	Coesivo	0	5	$\tau_s < 150 \text{ kPa}$	Yamashita (1987)
		0	10	-	Shioi, Fukui (1982)
Trivellato	Incoerente	0	1	-	Findlay (1984) Shioi, Fukui (1982)
		0	3.3	-	Wright, Reese (1979) Shioi, Fukui (1982)
	Coesivo	0	5	-	
		10	3.3	$3 < N_{spt} < 50$ $\tau_s < 170 \text{ kPa}$	Decourt (1982) -pali in fango-

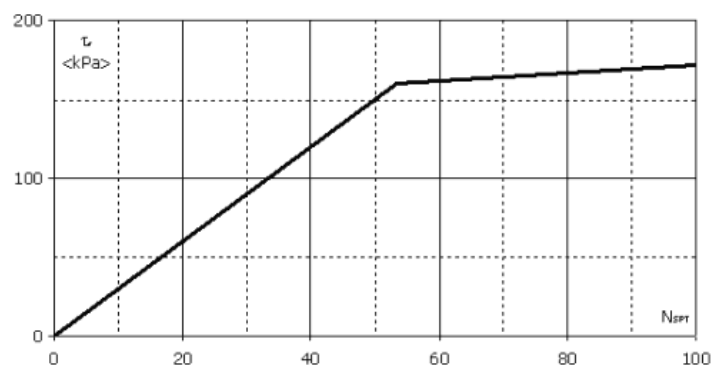
Possono essere utilizzate le seguenti tensioni di correlazione (AGI 1984):

a <kg/cm²>	b <kg/cm²>
0	1/50

Nel caso di progettazione di **micropali** è possibile utilizzare il **Metodo di Bustamante e Doix (1985)**. Secondo tale metodo il valore dell'attrito laterale limite è dato dalla relazione  $\tau_s = (p_{atm}/20) \cdot N_{spt}$ , in cui  $p_{atm}$  è la pressione atmosferica. Il diametro del palo utilizzato per il calcolo, pari a quello della zona iniettata ( $D_{in}$ ), è valutato in funzione del diametro della perforazione, ipotizzato pari a DP, e del tipo di iniezioni utilizzate. È possibile scegliere fra iniezioni ripetute, in cui verrà imposto  $D_{in} = 1.50 \cdot DP$ , e iniezione unica, in cui verrà imposto  $D_{in} = 1.15 \cdot DP$ .

Nel caso di progettazione di **pali trivellati di grande diametro** è possibile utilizzare il **Metodo di Wright e Reese (1977)**. Secondo tale metodo il valore di  $\tau_s$ , è pari al minimo risultante dalle relazioni  $\tau_s = 0.7 \cdot \tan(\phi') \cdot \sigma'_{vo}$  e un valore limite di  $\tau_s$  dato dal seguente grafico:





Per **pali trivellati** è possibile ridurre la capacità portante per attrito laterale.

**Nota:** per pali trivellati si possono assumere valori di  $\tau_s$  pari a 1/2 di quelli corrispondenti ai pali battuti.

## Pressione limite alla base da prove in sito

### Calcolo della pressione limite alla base da prove CPT

Vengono elaborati i risultati della prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test), rappresentati dalla resistenza unitaria alla punta ( $q_c$ ). Viene effettuato il calcolo di  $q_p$  dal rapporto con  $q_c$ , indicando il rapporto fra la pressione limite ( $q_p$ ) e la resistenza unitaria alla punta ( $q_c$ ) misurata.

**Nota:** in generale si pone  $q_p = q_c$ .

### Calcolo della pressione limite alla base da prove SPT

Vengono elaborati i risultati della prova SPT (Standard Penetration Test), rappresentati dai valori di  $N_{spt}$ , secondo la relazione  $q_p = c \cdot N_{spt}$ . Si richiede il valore della tensione di correlazione ( $c$ ). Tale valore può essere stimato secondo la seguente tabella:

Palo	Terreno	$c <kPa>$
Battuto	Coesivo	300
	Incoerente	300
Trivellato	Coesivo	100
	Incoerente	150

oppure inseriti da opportune valutazioni del progettista.

**Nota:** nella seguente tabella sono riportate alcune tensioni di correlazione (Viggiani 1999):

Palo	Terreno	$c <MPa>$	Note	Fonte
Battuto prefabbricato	Sabbia	0.45	-	Martin et al. (1987)
	Sabbia	0.40	-	Decourt (1982)
	Limo, limo sabbioso	0.35	-	Martin et al. (1987)
	Limo glaciale	0.25	-	Thorburn, Mac Vicar (1971)
	Limo sabbioso residuale	0.25	-	Decourt (1982)
	Limo, limo sabbioso	0.20	-	Decourt (1982)
	Argilla	0.20	-	Martin et al. (1987)
	Argilla	0.12	-	Decourt (1982)
	Qualsiasi	0.30	-	Shioi, Fukui (1982)
Battuto gettato in opera	Incoerente	0.15	$q_p < 7.5 \text{ MPa}$	Yamashita (1987)

Trivellato	Sabbia	0.10	-	Shioi, Fukui (1982)
	Argilla	0.15	-	Shioi, Fukui (1982)

Nella seguente tabella sono riportate alcune tensioni di correlazione (AGI 1984):

Terreno	c <kg/cm <sup>2</sup> >
Limi, limi sabbiosi	2.0
Sabbie e sabbie debolmente limose	3.5
Sabbie ghiaiose	5.0
Ghiaie sabbiose e ghiaie	6.0

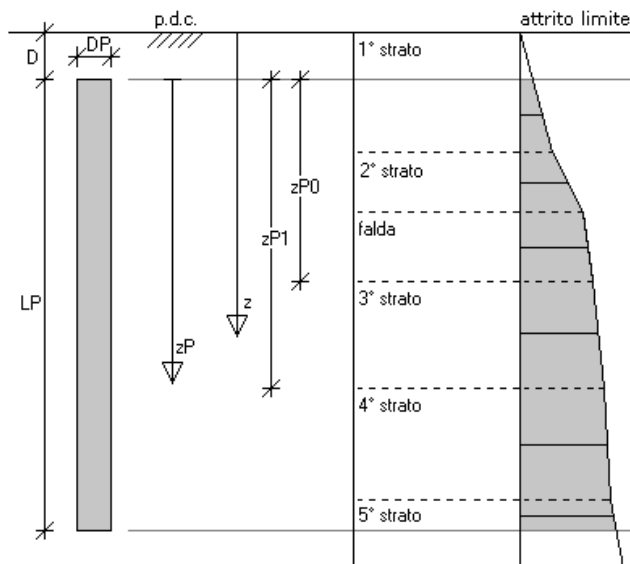
Nel caso di progettazione di **pali trivellati di grande diametro** è possibile utilizzare il **Metodo di Wright e Reese (1977)**. Secondo tale metodo il valore di  $q_p$  risulta dalla relazione:  $q_p = (1/15) \cdot N_{spt}$  <MPa> per  $N_{spt} < 60$ ;  $q_p = 4$  <MPa> per  $N_{spt} > 60$ .

Per **pali trivellati** è possibile ridurre la capacità portante di punta.

**Nota:** per pali trivellati si possono assumere valori di  $q_p$  pari a 1/3 di quelli corrispondenti ai pali battuti.

### Attrito laterale limite secondo formule statiche

Il valore dell'attrito limite secondo formule statiche, ad una generica profondità (z), è calcolato elaborando i parametri plastici dello strato presente a tale profondità, come descritto nella seguente figura:



### Metodo $\alpha$

Il metodo  $\alpha$  viene utilizzato per terreni coesivi sottofalda in caso di calcolo in condizioni non drenate. L'attrito laterale limite è legato alla coesione non drenata ( $c_u$ ) secondo la relazione  $\tau_s = \alpha \cdot c_u$ , in cui  $\alpha$  è un coefficiente empirico il cui valore può essere inserito dal progettista o stimato secondo le seguenti relazioni:

- **Secondo AGI (1984):** il valore di  $\alpha$  è calcolato in funzione della tipologia e del materiale del palo e di  $c_u$  secondo la tabella:

Palo	$c_u$ <kN/m <sup>2</sup> >			
	$\leq 25$	25-50	50-75	$> 75$
Battuto in cls	1.00	0.85	0.65	$\text{Min}\{0.50; 120/c_u\}$
Battuto in acciaio	1.00	0.80	0.65	$\text{Min}\{0.50; 100/c_u\}$
Trivellato in cls	0.90	0.80	0.60	$\text{Min}\{0.40; 100/c_u\}$

- **Secondo API (1984):** il valore di  $\alpha$  è calcolato in funzione di  $c_u$  secondo la tabella:

$c_u < \text{kN/m}^2 >$		
$\leq 25$	25-75	$> 75$
1.00	$1.25 - 0.01 * c_u$	0.5

- **Secondo Viggiani (1999)**: il valore di  $\alpha$  è calcolato in funzione della tipologia del palo e di  $c_u$  secondo la tabella:

Palo	$c_u < \text{kN/m}^2 >$		
	$\leq 25$	25-75	$> 75$
Battuto	1.00	$1.00 - 0,011(c_u - 25)$	0.50
Trivellato	0.70	$0,70 - 0,008(c_u - 25)$	0.35

- **Secondo Olson e Dennis (1982)**: relazione valida per pali battuti, in cui il valore di  $\alpha$  è calcolato in funzione del rapporto fra  $c_u$  e la pressione verticale efficace ( $\sigma'_{v0}$ ):  $\alpha = 0.5 / [(c_u / \sigma'_{v0})^{0.5}]$  per  $c_u \leq \sigma'_{v0}$ ;  $\alpha = 0.5 / [(c_u / \sigma'_{v0})^{0.25}]$  per  $c_u > \sigma'_{v0}$ .
- **Secondo Stas e Kulhavy (1984)**: relazione valida per pali trivellati, in cui il valore di  $\alpha$  è calcolato in funzione di  $c_u$  normalizzato con la pressione atmosferica ( $p_{atm}$ ):  $\alpha = 0.21 + 0.26 * (p_{atm} / c_u)$ .
- **Secondo Skempton (1986)**: relazione valida per pali trivellati, in cui il valore di  $\alpha$  è calcolato in funzione di  $c_u$ :  $\alpha = \min\{0.45 ; 96 / c_u < \text{kN/m}^2 >\}$ .
- **Secondo Reese e O'Neill (1989)**: relazione valida per pali trivellati di grande diametro, in cui viene considerato  $\alpha = 0.55$  e vengono trascurati i tratti di lunghezza pari a 1.5 m dalla testa e di lunghezza pari a un diametro del palo dal piede.

Nel caso di progettazione di **micropali** è possibile utilizzare il **Metodo di Bustamante e Doix (1985)**. Secondo tale metodo il valore dell'attrito laterale limite è calcolato in funzione del tipo di iniezioni utilizzate. Il diametro del palo utilizzato per il calcolo, pari a quello della zona iniettata ( $D_{in}$ ), è valutato in funzione del diametro della perforazione, ipotizzato pari a  $DP$ , e del tipo di iniezioni utilizzate. È possibile scegliere fra:

- **Iniezioni ripetute**:  $D_{in} = 1.50 * DP$ ;  $\tau_s = 0.095 + 0.85 * c_u < \text{N/mm}^2 >$ .
- **Iniezione unica**:  $D_{in} = 1.20 * DP$ ;  $\tau_s = 0.033 + 0.67 * c_u < \text{N/mm}^2 >$ .

## Metodo $\beta$

Il metodo  $\beta$  viene utilizzato per qualsiasi tipo di terreno in caso di calcolo in condizioni drenate. L'attrito laterale limite è calcolato in funzione della pressione verticale efficace ( $\sigma'_{v0}$ ) secondo la relazione:  $\tau_s = \beta * \sigma'_{v0}$  in cui  $\beta = k * \tan(\delta)$ , dove  $k$  rappresenta il coefficiente di spinta del terreno a lato del palo e  $\tan(\delta)$  è il coefficiente di attrito palo terreno.

Il valore  $\beta$  può essere inserito dal progettista o stimato secondo **Reese e O'Neill (1989)**: il valore di  $\beta$  è calcolato in funzione della profondità ( $z$ ) e la pressione verticale efficace ( $\sigma'_{v0}$ ) secondo la relazione:  $\beta = \min\{1.5 - 0.245(z/0.5 < \text{m} > ; 200 / \sigma'_{v0} < \text{kN/m}^2 >\}$ .

Il valore  $\beta$  può essere calcolato secondo la relazione:  $\beta = k * \tan(\delta)$ , per il calcolo delle pressioni efficaci lungo il fusto del palo verrà tenuto conto della profondità critica.

Il valore di  $k$  può essere inserito dal progettista, calcolato dal rapporto col coefficiente di spinta a riposo del terreno ( $k_0$ ), oppure calcolato secondo **Fleming (1985)**, in tal caso viene considerato  $k = (1 + k_0) / 2$ .

Il valore di  $\delta$  può essere inserito dal progettista o calcolato dal rapporto con l'angolo d'attrito del terreno ( $\phi'$ ),

**Nota**: valori indicativi: per pali in terreni coesivi normalmente consolidati:  $\beta = 0.25$ , con valori crescenti col grado di sovraconsolidazione e per pali trivellati. Per pali in terreni incoerenti: pali in acciaio:  $k = 0.5 - 1$ ,  $\delta = 20^\circ$ ; pali in cls prefabbricato:  $k = 1 - 2$ ,  $\delta = (3/4)\phi'$ ; pali in cls gettato in opera:  $k = 1 - 3$ ,  $\delta = \phi'$ ; pali trivellati:  $k = 0.4 - 0.7$ ,  $\delta = \phi'$  (AGI 1984).

Se il terreno, in condizioni drenate, presenta un valore della coesione drenata ( $c'$ ) diverso da zero allora al termine di attrito calcolato come sopra si aggiunge un termine di tipo coesivo, risulta:  $\tau_s = \beta * \sigma'_{v0} + a'$ . Il valore dell'adesione ( $a'$ ) è calcolata indicandone il rapporto con  $c'$ .

**Nota**: cautelativamente si può considerare  $a' = 0.5 * c'$ .

È possibile considerare l'effetto dell'**attrito negativo** su di un determinato strato, tale effetto è rappresentato da una diminuzione dell'attrito limite calcolabile secondo la relazione  $\tau_{s,n} = \beta_L * \sigma'_{v0,m}$ , in cui  $\sigma'_{v0,m}$  è la pressione efficace verticale mediata sullo strato considerato e  $\beta_L$  è un fattore empirico (coefficiente di Lambe) di cui

deve essere specificato il valore. L'effetto dell'attrito negativo viene considerato come riduzione dell'attrito laterale limite  $\tau_s$ .

**Nota:** valori indicativi di  $\beta_L$ : per sabbie  $\beta_L = 0.35-0.50$ ; per limi  $\beta_L = 0.25-0.35$ ; per argille  $\beta_L = 0.20-0.25$ .

## Pressione limite alla base secondo formule statiche

Il **calcolo della pressione limite** ( $q_p$ ) viene effettuato utilizzando la seguente relazione generale derivante dalla relazione trinomia:

$$q_p = c' * N_c + \sigma'_{v0} * N_q \text{ in condizioni drenate}$$

$$q_p = c_u * N_{cu} + \sigma_{v0} \text{ in condizioni non drenate}$$

in cui devono essere specificati i coefficienti di capacità portante:  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_{cu}$

In letteratura sono presenti varie relazioni per il calcolo della pressione limite, basate su differenti forme di valutazione dei coefficienti di portata.

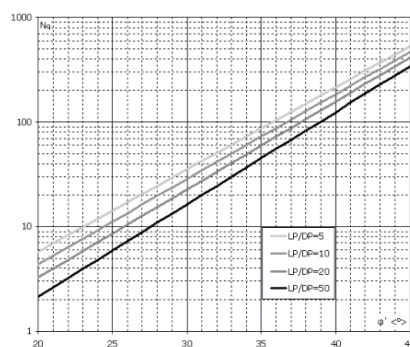
Come adattamenti dalle relazioni usate per le fondazioni superficiali sono state implementate le seguenti relazioni: **Terzaghi (1943)**; **Meyerhof (1963)**; **Hansen (1970)**; **Stagg e Zienkiewicz (1968)** (per pali attestati su rocce). Secondo tali relazioni, in condizioni drenate, per il calcolo delle pressioni efficaci alla base del palo verrà tenuto conto della profondità critica.

**Secondo Vesic (1975)** i coefficienti di capacità portante sono valutati in funzione dell'indice di rigidezza (J. E. BOWLES - Fondazioni, progetto e analisi - McGraw-Hill, Milano 1991. Pagg. 810, 812).

**Secondo Berezantzev (1961)** il valore di  $q_p$  è calcolato, solo in condizioni drenate, dalla relazione:

$$q_p = \sigma'_{v0} * N_q$$

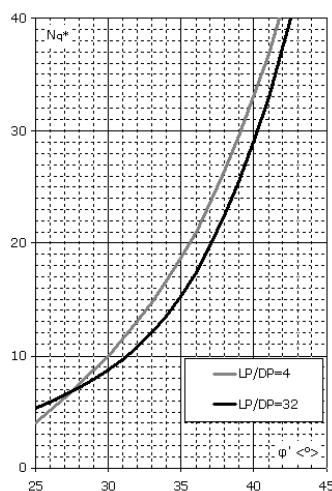
in cui  $N_q$  è calcolato, come indicato nel seguente grafico, in funzione del rapporto fra la lunghezza e il diametro del palo (LP/DP) e del valore dell'angolo di attrito corretto in funzione del tipo di palo:  $\phi' = (\phi' + 40^\circ)/2$  per pali battuti e  $\phi' = \phi' - 3^\circ$  per pali trivellati.



**Secondo Berezantzev (1965)** il valore di  $q_p$  è calcolato, solo in condizioni drenate, dalla relazione:

$$q_p = \sigma'_{v0} * N_q$$

in cui  $N_q = N_q^*$ , riferito all'insorgere delle prime deformazioni plastiche, è calcolato, come indicato nel seguente grafico, in funzione del rapporto fra la lunghezza e il diametro del palo (LP/DP) e del valore dell'angolo di attrito corretto in funzione del tipo di palo:  $\phi' = (\phi' + 40^\circ)/2$  per pali battuti e  $\phi' = \phi' - 3^\circ$  per pali trivellati.



Per pali attestati su **terreni coesivi sovraconsolidati** ( $OCR > 1$ ), è possibile ridurre la capacità portante di punta secondo i seguenti fattori (Meyerhof):  $\min\{(DP+0.5)/(2*DP) ; 1\}$  per pali battuti;  $\min\{(DP+1)/(2*DP+1) ; 1\}$  per pali trivellati, con DP in metri.

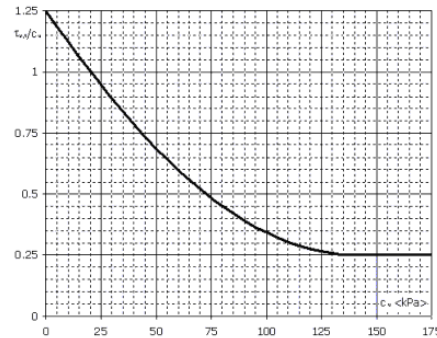
## Attrito laterale limite per trazione

Per il **calcolo dell'attrito laterale limite per trazione** ( $\tau_{s,t}$ ), vengono considerati i risultati del calcolo relativo alla determinazione dell'attrito laterale limite per compressione ( $\tau_s$ ), ridotti di un fattore specificato.

**Nota:** viene consigliata una riduzione di 2/3 (Poulos e Davies, 1980).

È possibile calcolare l'attrito laterale limite per trazione ( $\tau_{s,t}$ ), indipendentemente per le due condizioni di calcolo, seguendo i suggerimenti proposti da alcuni autori:

- Secondo **Sowa (1970)**, analogamente al metodo  $\alpha$  in caso di condizioni di calcolo non drenate, il rapporto fra la tensione limite per trazione e la  $c_u$  varia in funzione della  $c_u$  secondo il seguente grafico:



(H. G. PUOLOS E. H. DAVIS – Analisi e progettazione di fondazioni su pali – Dario Flaccovio Editore, Palermo 2005. Pagg. 47, 49).

- Secondo **Bowles (1991)**, analogamente al metodo  $\beta$  in caso di condizioni di calcolo drenate, i valori  $\beta$  per trazione vengono calcolati secondo la relazione:  $\beta = k \cdot \tan(\delta)$ , dove  $k$  varia in funzione del diametro del palo (DP) e dei coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ), passiva ( $k_p$ ) e a riposo ( $k_0$ ) del terreno (J. E. BOWLES - Fondazioni, progetto e analisi - McGraw-Hill, Milano 1991. Pagg. 841, 842).

## Pressione limite per carichi orizzontali

Il valore limite delle pressioni indotte nel terreno da carichi orizzontali sul palo viene valutata in funzione delle caratteristiche plastiche della stratigrafia. Siano:

$\phi'$  angolo d'attrito nel singolo strato;

$c'$  coesione efficace nel singolo strato;

$c_u$  coesione non drenata nel singolo strato;

$k_p$  coefficiente di spinta passiva:  $k_p = [1 + \tan(\phi')]/[1 - \tan(\phi')]$ ;

$\sigma'_{v0}(z)$  pressione verticale efficace litostatica alla generica  $z$  del palo.

Considerando la condizione di rottura per uno stato deformativo piano, il valore limite delle pressioni è:

$$p_{\max,p} = k_p \cdot \sigma'_{v0} + 2 \cdot c' \cdot \tan(\phi').$$

Per tenere in conto la tridimensionalità del fenomeno di rottura vengono introdotti due coefficienti moltiplicativi per le due componenti resistenti di attrito ( $e_{t,a}$ ) e coesione ( $e_{t,c}$ ), risulta quindi:

$$p_{\max,t} = e_{t,a} \cdot k_p \cdot \sigma'_{v0} + e_{t,c} \cdot 2 \cdot c' \cdot \tan(\phi').$$

Il valore limite delle pressioni è dato, in funzione della profondità, dalle seguenti relazioni:

$$p_{\max,t} = e_{t,a} \cdot k_p \cdot \sigma'_{v0} + e_{t,c} \cdot 2 \cdot c' \cdot \tan(\phi') \text{ in condizioni drenate}$$

$$p_{\max,t} = e_{t,c} \cdot 2 \cdot c_u \text{ in condizioni non drenate}$$

**Nota:** in analogia con le proposte di Broms (1964), dei valori plausibili dei coefficienti che tengono in conto degli effetti tridimensionali sono:

- $e_{t,a} = 3$
- $e_{t,c} = 4$

## Calcolo della risposta elastica

### Carichi verticali

Il calcolo dei cedimenti viene effettuato attraverso un'analisi dell'interazione palo terreno, il comportamento del palo è ipotizzato puramente elastico mentre il terreno ha comportamento elasto-plastico. Siano:

LP lunghezza del palo;

DP diametro del palo;

RP raggio del palo;

z profondità, da 0 (testa del palo) a LP (piede del palo);

$G(z)$  modulo elastico tangenziale del terreno alla generica z del palo;

$\nu(z)$  coefficiente di Poisson del terreno alla generica z del palo.

La risposta elastica del terreno sollecitato dall'attrito laterale col palo viene valutata in funzione delle caratteristiche deformative della stratigrafia: la tensione trasmessa per attrito laterale dal palo al terreno, modellato come mezzo elastico, è pari a:

$$\tau(z,r) = \tau(z,RP) * (RP/r)$$

in cui, in un sistema di riferimento cilindrico, "r" rappresenta la distanza dall'asse del palo, mentre  $\tau(z,RP)$  è la tensione tangenziale sulla superficie di contatto fra palo e terreno.

La deformazione indotta da tale tensione vale:

$$\gamma(z,r) = \tau(z,r) / G(z) = \tau(z,RP) * (RP/r) / G(z)$$

integrando le deformazioni del terreno da  $r = RP$  a  $r = r_{max}$ , con  $r_{max}$  distanza dal centro del palo alla quale sono trascurabili le deformazioni indotte, si ottiene il cedimento totale in funzione di z:

$$ced(z) = \int_{RP, r_{max}} [\gamma(z,r)] dr = \tau(z,RP) * [RP / G(z)] * \ln(r_{max} / RP)$$

La risposta elastica è quindi pari al rapporto fra la tensione tangenziale sulla superficie di contatto fra palo e terreno  $\tau(z,RP)$  e il cedimento  $ced(z)$  da essa indotto e risulta pari a:

$$kvL(z) = [G(z) / RP] / \ln(r_{max} / RP)$$

in cui  $\ln(r_{max} / RP)$  è un coefficiente di influenza delle tensioni indotte dal palo e la determinazione del suo valore è ad onere del progettista.

**Nota:** valori indicativi di  $\ln(r_{max} / RP)$  variano fra 3 e 5.

La risposta elastica appena valutata è riferita a sollecitazioni di compressione sul palo, nel caso di trazione è necessario indicare un rapporto di elasticità trazione/compressione.

La risposta elastica del terreno sollecitato dalla pressione alla base del palo viene valutata in funzione delle caratteristiche deformative della stratigrafia: il cedimento alla punta è assimilato a quello calcolato per una piastra rigida circolare su un semispazio elastico sottoposta ad una pressione pari a quella agente alla punta:

$$ced(LP) = [(1-\nu(LP))/4] * [q_p(LP) * \pi * RP^2] / [G(LP) * RP]$$

La risposta elastica è quindi pari al rapporto fra la pressione alla punta del palo e terreno  $q_p(LP)$  e il cedimento  $ced(LP)$  da essa indotto e risulta pari a:

$$kvP(z) = [(4/\pi)/(1-\nu(LP))] * [G(LP) / RP]$$

È possibile specificare da criterio di progetto la risposta elastica del terreno sollecitato sia per attrito laterale che per pressione alla base. In tal caso  $kvL$  e  $kvP$  sono calcolati dai valori di rigidezza specificati nei criteri, divisi per il raggio del palo.

## Carichi orizzontali

Il calcolo degli spostamenti orizzontali viene effettuato attraverso un'analisi dell'interazione palo-terreno, il comportamento del palo è ipotizzato puramente elastico mentre il terreno ha comportamento elasto-plastico.

La risposta elastica del terreno può essere valutata in funzione delle caratteristiche deformative della stratigrafia. Il problema dell'elaborazione dei parametri elastici del terreno, ai fini della determinazione della costante elastica orizzontale che tenga in conto degli effetti tridimensionali di interazione col palo, è stato affrontato da vari autori. In generale tale costante è legata al **modulo elastico** da una relazione del tipo:

$$kh(z) = e_{t,h} * [E(z) / DP]$$

in cui:

$e_{t,h}$  coefficiente rappresentativo degli effetti tridimensionali

$E(z)$  modulo elastico (di Young) del terreno alla generica z del palo

DP diametro del palo

In seguito sono riportate le relazioni proposte da vari autori ed implementate:

- **Vesic (1961)** (H. G. PUOLOS E. H. DAVIS - Analisi e progettazione di fondazioni su pali - Dario Flaccovio Editore, Palermo 2005. Pag. 180).
- **Broms (1964)** per terreni classificati come coesivi (H. G. PUOLOS E. H. DAVIS - Analisi e progettazione di fondazioni su pali - Dario Flaccovio Editore, Palermo 2005. Pag. 180).
- **Glick (1961)** (J. E. BOWLES - Fondazioni, progetto e analisi - McGraw-Hill, Milano 1991. Pag. 848).
- **Chen (1961)** per terreni classificati come coesivi o incoerenti (J. E. BOWLES - Fondazioni, progetto e analisi - McGraw-Hill, Milano 1991. Pag. 848).

È possibile infine considerare la risposta elastica del terreno, in funzione della profondità, sulla base di caratteristiche elastiche che prescindono dai parametri della stratigrafia. In seguito sono riportate le relazioni implementate:

$kh(z) = a + b * (z/DP)^n$  [forma binomia esponenziale]

$kh(z) = a + b * \tan^{-1}(z/DP)$  [forma binomia trigonometrica]

$kh(z) = a * (z/LP)^n$  [Palmer e Thompson (1948)]

La valutazione dei parametri  $a$ ,  $b$ ,  $n$  è ad onere del progettista e deve essere fatta in funzione del metodo utilizzato.

## Criteri di verifica

### Criteri generali fondazioni profonde

Si tratta di criteri che stabiliscono i metodi per l'elaborazione dei parametri dell'intera colonna stratigrafica al fine di effettuare le verifiche di capacità portante e il calcolo dei cedimenti e degli spostamenti delle fondazioni profonde presenti nella struttura. Tali metodi sono quindi stabiliti indipendentemente dal numero del criterio di progetto assegnato ai singoli strati della colonna stratigrafica.

#### Generali

**Calcola capacità portante per carichi verticali:** specificare se calcolare la capacità portante per carichi verticali **secondo formule statiche** oppure da **correlazioni da prove in sito** (se definite ed assegnate alla stratigrafia di progetto).

**Considera capacità portante:** specificare se calcolare la capacità portante per carichi verticali solo per attrito laterale, solo per pressione limite alla base oppure sia per attrito laterale che per pressione limite alla base.

**Condizioni di calcolo per terreni coesivi:** specificare se devono essere ipotizzate condizioni drenate, non drenate oppure sia drenate che non drenate, in tal caso le capacità portanti per carichi verticali ed orizzontali saranno pari alle minori calcolate nei due modi.

**Calcolo della profondità critica:** specificare, ai fini della capacità portante per carichi verticali con formule statiche in terreni incoerenti e per le relazioni che lo richiedono, se e come deve essere valutata la profondità dopo la quale risultano costanti le pressioni orizzontali efficaci lungo il fusto del palo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Pari a:** valore della profondità critica.
- **Come un multiplo del diametro del palo pari a**
- **In funzione di densità relativa e diametro del palo**

**Effettua calcolo elasto-plastico per cedimenti:** specificare se, ai fini della determinazione dei cedimenti, l'analisi dei pali deve essere effettuata non considerando il limite plastico delle tensioni di contatto fra il palo ed il terreno.

**Effettua calcolo elasto-plastico per spostamenti orizzontali:** specificare se, ai fini della determinazione degli spostamenti orizzontali, l'analisi dei pali deve essere effettuata non considerando il limite plastico delle pressioni orizzontali nel terreno.

**Rapporto di elasticità trazione/compressione pari a:** specificare, ai fini della determinazione della risposta elastica del terreno per carichi verticali di trazione, il rapporto di questa con la risposta elastica del terreno per carichi verticali di compressione, definibile come risposta elastica laterale nei criteri specifici relativi ai cedimenti.

**Fattori di correlazione:** specificare, ai fini della determinazione della resistenza caratteristica per carichi verticali, il fattore di correlazione come indicato nella tabella 6.4.IV del D.M. 17/01/18.

**Considera fattori di correlazione anche per carichi orizzontali:** specificare se considerare il fattore di correlazione anche ai fini della determinazione della resistenza caratteristica per carichi orizzontali.

**Considera peso del palo:** specificare se considerare il peso del palo anche nelle verifiche di capacità portante per carichi verticali di compressione.

**Divisore del raggio del palo per lunghezza conci:** indicare il numero con cui dividere il raggio del palo per determinare la lunghezza degli elementi in cui suddividere il palo.

**Max numero conci palo:** indicare il numero massimo di elementi in cui suddividere il palo.

#### Attrito laterale limite da prove in sito

Questi parametri vengono utilizzati per il calcolo dell'attrito laterale limite e sono attivi solo quando nei criteri generali è richiesto di calcolare la capacità portante per carichi verticali da correlazioni da prove in sito (vedi parametro **Calcola capacità portante per carichi verticali**) e se non è stato scelto di considerare la capacità portante solo per pressione limite alla base (vedi parametro **Considera capacità portante**); in tal caso occorre specificare come calcolare l'attrito laterale limite ( $\tau_s$ ). Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Correlato con prove CPT:** specificare se e come utilizzare le correlazioni con prove CPT. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Dal rapporto con fs pari a:** Indicare il rapporto fra la tensione limite ( $\tau_s$ ) e la tensione resistente laterale locale misurata (fs).
  - **Dal rapporto con qc:** indicare il rapporto fra la tensione limite ( $\tau_s$ ) e la resistenza unitaria alla punta (qc). Sono disponibili le seguenti opzioni:
    - **Pari a:** indicare il valore del rapporto  $\tau_s / qc$ .
    - **AGI (1984)**
    - **De Beer (1985)**
  - **Metodo di Bustamante e Doix (1985) per micropali:** il valore di  $\tau_s$  è calcolato in funzione del tipo di iniezioni utilizzate, è quindi necessario specificare il tipo di iniezione utilizzata:
    - **Iniezioni ripetute**
    - **Iniezione unica**
2. **Correlato con prove SPT:** specificare se e come utilizzare i risultati della prova SPT secondo la relazione  $\tau_s = a + b \cdot N_{spt}$ . Si richiedono i valori del termine costante (a) e del termine variabile (b) delle tensioni di correlazione. Sono disponibili le seguenti opzioni:
- **Tensioni di correlazione secondo tabella:** selezionando tale opzione verranno scelti i parametri secondo la seguente tabella:

Palo	Terreno	a <kPa>	b <kPa>
Battuto	Coesivo	0	10
	Incoerente	0	2
Trivellato	Coesivo	0	5
	Incoerente	0	3.3

- **Tensioni di correlazione pari a:** indicare i valori del termine costante e del termine variabile delle tensioni di correlazione.
- **Metodo di Wright e Reese (1977):** valido per pali trivellati di grande diametro.
- **Metodo di Bustamante e Doix (1985) per micropali:** il valore di  $\tau_s$  è calcolato in funzione del tipo di iniezioni utilizzate, è quindi necessario specificare il tipo di iniezione utilizzata:
  - **Iniezioni ripetute**
  - **Iniezione unica**

**Fattori di riduzione attrito laterale per pali trivellati:** specificare se e di quanto deve essere ridotto il valore di  $\tau_s$  nel caso di pali trivellati.

### Pressione limite alla base da prove in sito

Questi parametri vengono utilizzati per il calcolo della pressione limite alla base del palo e sono attivi solo quando nei criteri generali è richiesto calcolare la capacità portante per carichi verticali da correlazioni da prove in sito (vedi parametro **Calcola capacità portante per carichi verticali**) e se non è stato scelto di considerare la capacità portante solo per attrito laterale limite (vedi parametro **Considera capacità portante**); in tal caso occorre specificare come calcolare la pressione limite alla base del palo (qp). Sono disponibili le seguenti opzioni:

1. **Correlato con prove CPT:** specificare se utilizzare i risultati della prova CPT, è possibile calcolare qp:
  - **Dal rapporto con qc pari a:** indicare il rapporto fra la pressione limite (qp) e la resistenza unitaria alla punta (qc) misurata.
2. **Correlato con prove SPT:** specificare se e come utilizzare i risultati della prova SPT. Si richiede il valore della tensione di correlazione (c). Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Tensione di correlazione secondo tabella:** selezionando tale opzione verrà scelto il parametro secondo la seguente tabella:

Palo	Terreno	c <kPa>
Battuto	Coesivo	300
	Incoerente	300



Trivellato	Coesivo	100
	Incoerente	150

- **Tensione di correlazione pari a:** indicare il valore della tensione di correlazione.
- **Metodo di Wright e Reese (1977):** valido per pali trivellati di grande diametro.

**Fattori di riduzione pressione limite alla base per pali trivellati:** specificare se e di quanto deve essere ridotto il valore di  $q_p$  nel caso di pali trivellati.

### Spostamenti orizzontali

Specificare come definire la risposta elastica del terreno per carichi orizzontali. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Risposta elastica in funzione della stratigrafia:** la costante elastica orizzontale ( $k_{Wh}$ ) rappresentativa del terreno viene calcolata, in funzione della rigidezza degli strati interessati dall'infissione del palo, secondo quanto indicato nei criteri specifici.
- **Binomia esponenziale:** la costante elastica orizzontale ( $k_{Wh}$ ) rappresentativa del terreno non varia in funzione dei parametri elastici definiti nei singoli strati ma in funzione della profondità ( $z$ ) adimensionalizzata dal rapporto col diametro del palo ( $DP$ ) secondo la relazione  $k_{Wh} = AW + BW \cdot (z/DP)^{nW}$ .
- **Binomia trigonometrica:** la costante elastica orizzontale ( $k_{Wh}$ ) rappresentativa del terreno non varia in funzione dei parametri elastici definiti nei singoli strati ma in funzione della profondità ( $z$ ) adimensionalizzata dal rapporto col diametro del palo ( $DP$ ) secondo la relazione  $k_{Wh} = AW + BW \cdot \arctan(z/DP)$ .
- **Palmer e Thompson (1948):** la costante elastica orizzontale ( $k_{Wh}$ ) rappresentativa del terreno non varia in funzione dei parametri elastici definiti nei singoli strati ma in funzione della profondità ( $z$ ) adimensionalizzata dal rapporto con la lunghezza del palo ( $LP$ ) secondo la relazione  $k_{Wh} = BW \cdot (z/LP)^{nW}$ .

### Criteri specifici fondazioni profonde

Si tratta di criteri che stabiliscono i metodi per l'elaborazione dei parametri dei singoli strati della colonna stratigrafica al fine di effettuare le verifiche di capacità portante e il calcolo dei cedimenti e degli spostamenti delle fondazioni profonde presenti nella struttura.

#### Attrito laterale limite

**Calcolo dell'attrito laterale limite:** questi parametri vengono utilizzati solo quando nei criteri generali è richiesto di calcolare la capacità portante per carichi verticali secondo formule statiche (vedi parametro **Calcola capacità portante per carichi verticali**) e se non è stato scelto di considerare la capacità portante solo per pressione limite alla base (vedi parametro **Considera capacità portante**); in tal caso occorre specificare se e come calcolare l'attrito laterale limite ( $\tau_s$ ) per gli strati interessati dall'infissione del palo ai quali è associato il criterio specifico. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolo di  $\alpha$ :** questi parametri vengono utilizzati solo quando nei criteri generali è richiesto di considerare condizioni di calcolo non drenate (o sia drenate che non drenate) per terreni coesivi sottofalda. L'attrito laterale limite è legato alla coesione non drenata ( $c_u$ ) secondo la relazione  $\tau_s = \alpha \cdot c_u$  (metodo  $\alpha$ ). Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Pari a:** indicare il valore di  $\alpha$ .
  - **AGI (1984)**
  - **API (1984)**
  - **Viggiani (1999)**
  - **Olson e Dennis (1982)**
  - **Stas e Kulhavy (1984)**
  - **Skempton (1986)**
  - **Reese e O'Neill (1989)**
- **Metodo di Bustamante e Doix (1985) per micropali:** questi parametri vengono utilizzati solo quando nei criteri generali è richiesto di considerare condizioni di calcolo non drenate (o sia drenate che non drenate) per terreni coesivi sottofalda. Il valore di  $\tau_s$  è calcolato in funzione del tipo di iniezioni utilizzate, è quindi necessario specificare il tipo di iniezione utilizzata:
  - **Iniezioni ripetute**
  - **Iniezione unica**

- **Calcolo di  $\beta$** : l'attrito laterale limite è calcolato, in condizioni drenate, in funzione della pressione verticale efficace ( $\sigma'_{v0}$ ) secondo la relazione:  $\tau_s = \beta \cdot \sigma'_{v0}$  (metodo  $\beta$ ). Sono disponibili le seguenti opzioni:
  - **Pari a**: indicare il valore di  $\beta$ .
  - **Reese e O'Neill (1989)**
  - **Calcolato**: il valore di  $\beta$  è calcolato secondo la relazione:  $\beta = k \cdot \tan(\delta)$ , dove  $k$  rappresenta il coefficiente di spinta del terreno a lato del palo e  $\tan(\delta)$  è il coefficiente di attrito palo terreno, per il calcolo delle pressioni efficaci lungo il fusto del palo verrà tenuto conto della profondità critica.
    - **Calcolo di  $k$** : sono disponibili le seguenti opzioni:
      - **Pari a**: indicare il valore di  $k$ .
      - **Dal rapporto con  $k_0$** : indicare il rapporto fra  $k$  e il coefficiente di spinta a riposo del terreno ( $k_0$ ).
      - **Fleming (1985)**
    - **Calcolo di  $\delta$** : sono disponibili le seguenti opzioni:
      - **Pari a**: indicare il valore di  $k$ .
      - **Dal rapporto con  $k_0$** : indicare il rapporto fra  $k$  e il coefficiente di spinta a riposo del terreno ( $k_0$ ).
    - **Calcolo di  $a'$  dal rapporto con  $c'$** : se il terreno, in condizioni drenate, presenta un valore della coesione drenata ( $c'$ ) diverso da zero allora al termine di attrito calcolato come sopra si aggiunge un termine di tipo coesivo, risulta:  $\tau_s = \beta \cdot \sigma'_{v0} + a'$ . Il valore dell'adesione ( $a'$ ) è calcolata indicandone il rapporto con  $c'$ .

**Calcolo dell'attrito laterale limite per trazione**: vengono considerati i risultati del calcolo relativo alla determinazione dell'attrito laterale limite per compressione, ridotti di un fattore specificato. È possibile calcolare l'attrito laterale limite per trazione ( $\tau_{s,t}$ ), indipendentemente per le due condizioni di calcolo, seguendo i suggerimenti proposti da alcuni autori. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sowa (1970)**
- **Bowles (1991)**

**Considera l'effetto dell'attrito negativo**: specificare se deve essere considerato l'effetto dell'attrito negativo secondo la relazione  $\tau_{s,n} = \beta_L \cdot \sigma'_{v0,m}$ , in cui  $\sigma'_{v0,m}$  è la pressione efficace verticale mediata sullo strato considerato e  $\beta_L$  è un fattore empirico (coefficiente di Lambe) di cui deve essere specificato il valore.

### Pressione limite alla base

**Calcolo della pressione limite alla base del palo**: questi parametri vengono utilizzati solo quando nei criteri generali è richiesto di calcolare la capacità portante per carichi verticali secondo formule statiche (vedi parametro **Calcola capacità portante per carichi verticali**) e se non è stato scelto di considerare la capacità portante solo per attrito laterale (vedi parametro **Considera capacità portante**); in tal caso occorre specificare se e come calcolare la pressione limite alla base del palo ( $q_p$ ) nel caso in cui il palo attesti nello strato a cui è associato il criterio specifico. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Terzaghi (1943)**
- **Meyerhof (1963)**
- **Hansen (1970)**
- **Vesic (1975)**
- **Berezantzev (1961)**
- **Berezantzev (1965)**
- **Stagg e Zienkiewicz (1968)**
- **Relazione generale, coefficienti di capacità portante**: il valore di  $q_p$  è calcolato dalla relazione binomia generica in cui devono essere specificati i coefficienti di capacità portante.

**Fattore di riduzione per terreni coesivi sovraconsolidati**: specificare, per pali attestati su terreni coesivi sovraconsolidati ( $OCR > 1$ ), se ridurre la capacità portante di punta secondo i seguenti fattori di riduzione (Meyerhof):  $\min\{(DP+0.5)/(2 \cdot DP) ; 1\}$  per pali battuti;  $\min\{(DP+1)/(2 \cdot DP+1) ; 1\}$  per pali trivellati, con  $DP$  in metri.

### Cedimenti

**Risposta elastica laterale**: specificare come calcolare la risposta elastica del terreno lungo il fusto per carichi verticali di compressione sul palo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata dalla rigidezza dello strato**

- **Pari a:** indicare il valore della rigidezza elastica laterale.

**Risposta elastica alla base:** specificare come calcolare la risposta elastica del terreno al piede per carichi verticali sul palo. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata dalla rigidezza dello strato**

- **Pari a:** indicare il valore della rigidezza elastica al piede.

### **Spostamenti orizzontali**

**Risposta elastica:** questi parametri vengono utilizzati solo quando nei criteri generali è richiesto calcolare la risposta elastica in funzione della stratigrafia (vedi **Spostamenti orizzontali dei criteri generali**), in tal caso specificare come calcolare la risposta elastica del terreno per carichi orizzontali. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Vesic (1961)**

- **Broms (1964)**

- **Glick (1961)**

- **Chen (1961)**

- **Pari a:** indicare il valore della risposta elastica al piede.

- **Dal modulo elastico**

**Resistenza limite:** specificare come calcolare il limite plastico dello stato tensionale indotto sul terreno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Calcolata dai parametri plastici**

- **Pari a**

## **Verifica strutture esistenti**

### **Introduzione**

La verifica di edifici esistenti può essere effettuata in ModeSt come indicato al paragrafo C8.7.2 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 con analisi statica lineare o dinamica modale oppure con analisi sismica statica non lineare (pushover). L'analisi con spettro elastico non è implementata in ModeSt.

Per effettuare le verifiche occorre in primo luogo inserire nei criteri di progetto i corretti valori dei materiali e dei relativi fattori di confidenza nella sezione "Materiali" dei relativi elementi. In ogni caso è possibile considerare alcuni elementi come nuovi per gestire la presenza di interventi di rinforzo o miglioramento, ma si vedano le successive considerazioni per quanto riguarda il fattore di comportamento e le verifiche a taglio.

In presenza di elementi in c.a. occorre anche inserire le armature esistenti in travi, pilastri e nuclei. A questo proposito si fa notare che per impedire a ModeSt di calcolare in automatico i ferri di ripresa nei pilastri in funzione delle sollecitazioni agenti, occorre impostare nei criteri generali di progetto dei pilastri il parametro **Non progettare riprese ma estendi solo i ferri**.

Nel caso di calcolo FEM si dovrà indicare nella scheda "Dati struttura" che l'edificio è esistente, contrassegnando la relativa casella. Si fa notare che per default in tal caso ModeSt imposta il fattore di comportamento  $q$  a 1.5.

Nel caso di calcolo muratura occorre solo definire i corretti parametri nei criteri di progetto e il fattore di comportamento.

L'analisi viene effettuata trascurando l'eventuale presenza di rinforzi in FRP o incamiciature in travi e pilastri, che vengono comunque messi in conto durante la ricerca dei diversi stati limite o durante le verifiche degli elementi.

### **ANALISI LINEARI**

Il calcolo delle strutture esistenti può essere eseguito in analisi lineare sia ipotizzando un comportamento dissipativo con fattore di comportamento  $q$ , che un comportamento non dissipativo, in entrambi i casi ModeSt, come indicato dalla normativa (in relazione alle rotture fragili del c.a.), valuta gli effetti del taglio considerando  $q=1.5$ . Nei due casi si fanno notare alcune particolarità e comportamenti del programma:

#### **Strutture dissipative**

La scelta del fattore di comportamento  $q$ , che per default viene impostato a 1.5 indipendentemente dalle considerazioni sulla regolarità della struttura, resta compito del progettista. ModeSt, come già detto, in ogni caso valuta gli effetti del taglio considerando  $q=1.5$  quindi, se si esegue il calcolo della struttura con ad esempio il fattore di comportamento  $q=3$  le verifiche a flessione vengono eseguite con le sollecitazioni derivanti dal calcolo mentre le verifiche a taglio vengono effettuate con le sollecitazioni, calcolate automaticamente dal programma, corrispondenti a  $q=1.5$ .

Il resto delle verifiche vengono effettuate come per le strutture nuove con comportamento dissipativo, con alcune precisazioni:


- Non vengono effettuati i controlli sui minimi di regolamento.
- I valori del taglio da gerarchia vengono valutati come prescritto da normativa, considerando i momenti resistenti valutati amplificando le resistenze medie dei materiali tramite il fattore di confidenza e tali valori del taglio vengono considerati come un limite superiore rispetto al taglio derivante dal calcolo che quindi non può essere superiore a quello da gerarchia (il contrario degli edifici nuovi).
- Vengono effettuate, se non disabilitate come le altre verifiche specifiche per strutture dissipative, anche verifiche di resistenza taglio in condizioni cicliche, come indicato in circolare al punto C8.7.2.3.5.

### Strutture non dissipative

Anche in questo caso le verifiche vengono eseguite come per le strutture nuove con comportamento non dissipativo, con alcune precisazioni:

- Nel caso in cui il fattore di comportamento (per default pari a 1.5) venga modificato manualmente vale, a proposito del taglio, quanto indicato per le strutture dissipative.
- Non vengono effettuati i controlli sui minimi di regolamento.

La riverifica degli elementi si effettua cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Ce-**

**mento**  e poi su **Riverifica elementi progettati** . Al termine della procedura se tutti gli elementi risultassero verificati, la nostra struttura sarebbe perfettamente adeguata all'azione sismica del D.M. 17/01/18, a meno ovviamente del rispetto dei minimi di regolamento ed altre prescrizioni costruttive. Si consiglia di disabilitare tutte le verifiche di gerarchia delle resistenze dai criteri, in quanto teoricamente non previste per strutture esistenti.

Qualora la struttura non risultasse verificata, è possibile valutarne gli indici di sicurezza come indicato nel capitolo **Analisi lineari con fattore di comportamento**.

### ANALISI NON LINEARI (PUSHOVER)

Si fa presente che l'analisi pushover richiede una drastica semplificazione della struttura, presenta spesso problemi di convergenza ed è da ritenersi valida solo nel caso di struttura regolare. Ad oggi è più un metodo di studio che non di verifica della struttura, ma può essere utile per stimare il valore di  $\alpha_u/\alpha_1$  e quindi il coefficiente di struttura da usare poi in un'analisi lineare, che operando con concetti e procedure già ben note ai progettisti è sicuramente meglio controllabile e gestibile.

Nel caso di analisi pushover i nuclei e gli elementi bidimensionali in genere non possono essere gestiti, si rimanda al paragrafo **Linee guida sulla modellazione e la verifica** nella sezione relativa all'analisi pushover per chiarimenti e suggerimenti.

I risultati della verifica vengono valutati automaticamente al termine del calcolo e si leggono direttamente nella relazione di calcolo.

## Controlli di accettazione dell'analisi sismica lineare

Per le strutture esistenti in c.a. a comportamento dissipativo è possibile eseguire i controlli di accettazione dell'analisi sismica lineare ai sensi della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/2019 cliccando nel gruppo **Stru-**

**menti** della scheda **Post-Processor** su **Accettazione** .

La circolare prevede che la valutazione di un edificio esistente possa essere eseguita come struttura dissipativa (con fattore  $q$ ) purché siano soddisfatti alcuni requisiti tali da garantirne un comportamento uniformemente duttile, anche se non necessariamente poi la struttura risultasse verificata, ma si volesse semplicemente valutarne gli indicatori di rischio o altro.

In particolare indica che le verifiche dei meccanismi di tipo duttile (flessione) siano valutate con sforzi normali assunti pari a quelli gravitazionali e che quelle non soddisfatte lo siano in maniera sufficientemente uniforme, da cui la prescrizione di valutarne il coefficiente di variazione.

La domanda di sollecitazione per le rotture di tipo fragile (taglio) nel caso in cui la corrispondente rottura duttile non sia verificata, va assunta pari al taglio equilibrante la rottura (taglio da gerarchia), senza richiedere

che sia pari al taglio di calcolo. Se l'elemento duttile invece risulta verificato, allora va assunta la domanda dovuta all'analisi. I meccanismi fragili così valutati devono risultare tutti verificati.

ModeSt controlla come meccanismi/elementi fragili le seguenti verifiche:

- Verifica a taglio
- Verifica di gerarchia travi-pilastri
- Rotture per compressione eccessiva
- Verifiche del nodo trave-pilastro

## NOTE TECNICHE

### Travi

Le verifiche di accettazione per quanto riguarda gli elementi duttili vengono effettuate valutando la sicurezza in confronto ad una domanda calcolata considerando tutte le modifiche da apportare ai momenti agenti in funzione dei criteri di progetto, cosa che non viene effettuata per la decisione se usare la verifica da gerarchia o da analisi per il controllo degli elementi fragili.

**Elementi pressoinflessi:** il rapporto D/C oltre che come rapporto fra i momenti, viene valutato anche come rapporto fra lo sforzo normale e lo sforzo massimo di trazione o compressione da normativa per cogliere anche situazioni in cui la rottura non sia di tipo duttile. Qualora l'elemento non sia verificato per sforzo normale, si classifica fra i meccanismi/elementi fragili come un meccanismo di rottura di piano.

### Pilastri

Nei pilastri le eventuali verifiche per gerarchia trave-pilastro non soddisfatte vengono classificate fra i meccanismi/elementi fragili come un meccanismo di rottura di piano.

**Verifiche a taglio:** nel caso di verifiche duttili soddisfatte, se richiesto dai criteri di progetto, nelle travi e nei pilastri viene controllata la verifica a taglio ciclico, altrimenti la normale verifica a taglio con il taglio derivante dall'analisi.

Si riportano di seguito alcuni motivi per cui si possono notare differenze fra quanto risulta nell'accettazione e quanto risulta da una normale verifica degli elementi:

- Si ricorda che nell'accettazione le verifiche vengono effettuate con gli sforzi normali dovuti solo alle forze gravitazionali. Nel caso di pilastri, nuclei e travi in pressoflessione, i risultati possono cambiare molto.
- Nel caso di travi non pressoinflesse, se gli sfruttamenti riportati come controllo dei meccanismi duttili sono diversi da quelli riportati come dirimenti sulla scelta di come verificare gli elementi fragili, questo generalmente è dovuto anche all'influenza dei parametri **Minimo momento fittizio agli appoggi** o **Incremento percentuale momento in campata** dei criteri di progetto (anche se quest'ultimo ha effetto solo in caso di inversione del segno "normale" agli appoggi). Tali parametri vengono trascurati durante il calcolo dello sfruttamento per decidere se la verifica a taglio vada effettuata in funzione del taglio da gerarchia o del taglio di calcolo. Analogo effetto in casi particolari può essere dovuto alla traslazione del momento (anch'essa ignorata).
- Nei nuclei, non avendo indicazioni in Circolare, in ottemperanza a quanto prescritto nel punto 4.5.1 (3) di UNI EN 1998-3 (Eurocodice 8), per il calcolo di accettazione viene sempre usata la formula 7.4.15 del D.M. 17/01/18, normalmente usata solo per le pareti tozze. Anche in questo caso quindi può capitare che gli sfruttamenti riportati come controllo dei meccanismi duttili siano diversi da quelli riportati come dirimenti sulla scelta di come verificare gli elementi fragili. Nei nuclei ai piani superiori inoltre i valori riportati per il controllo sono quelli del nucleo di piede e non quelli del nucleo stesso.

## Verifica a taglio ciclico

Nel caso di edifici esistenti dissipativi è possibile indicare di effettuare le verifiche di resistenza in condizioni cicliche con l'espressione [C8.7.2.8] come indicato nel paragrafo C8.7.2.3.5 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. La verifica viene effettuata solo per le strutture calcolate con l'analisi sismica statica o dinamica lineare ai sensi del D.M. 17/01/18.

**Le verifiche di resistenza in condizioni cicliche sono effettuate solo per travi e pilastri in c.a.**

Si fa notare che nella formulazione riportata c'è un refuso:  $\min(0.5; \mu_{\Delta,pl})$  in realtà è  $\min(5; \mu_{\Delta,pl})$ . Si confronti con l'espressione (A.12) del par. A.3.3.1 Eurocodice 8 parte 3.

La rotazione  $\theta_y$  corrispondente allo snervamento viene valutata attraverso la curvatura di snervamento, utilizzando l'espressione [C8.7.2.7a] del paragrafo C8.7.2.3.4 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

La rotazione massima  $\theta_m$  (domanda di rotazione) per il livello di azione sismica considerata viene valutata in base alle deformazioni (in analogia all'analisi pushover). Per i pilastri si valuta come rapporto fra lo spostamento dei nodi e la lunghezza di inflessione del pilastro, mentre per le travi direttamente dalla rotazione del nodo in prossimità del punto di verifica.

La resistenza a taglio in condizioni cicliche ( $V_R$ ) viene valutata secondo il seguente schema:

- $\mu_\Delta < 1$  :  $V_R$  è pari al massimo valore tra il caso "con staffe" (espressione [4.1.29] del D.M. 17/01/18) e il valore relativo al caso "senza staffe" (espressione [4.1.23] del D.M. 17/01/18), e il programma verifica che la domanda a flessione o a pressoflessione non superi la corrispondente capacità al limite elastico;
- $\mu_\Delta < 2$  :  $V_R$  è pari al massimo valore tra il caso "con staffe" (espressione [4.1.29] del D.M. 17/01/18) e il taglio con riduzione ciclica (espressione [C8.7.2.8] della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19);
- $2 < \mu_\Delta < 3$  :  $V_R$  si calcola mediante interpolazione lineare tra i valori di  $V_R$  per  $\mu_\Delta = 2$  e  $\mu_\Delta = 3$ ;
- $\mu_\Delta > 3$  :  $V_R$  è pari al valore relativo alla presenza di riduzione per condizioni cicliche (espressione [C8.7.2.8] della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19).

Alcune precisazioni:

- L'altezza della zona compressa (profondità dell'asse neutro) è valutata con riferimento alla curvatura di momento ultimo, in modo esatto.
- Il calcolo di  $V_w$  per sezioni rettangolari, considerando che usualmente si pone  $z=0.9d$  (dove "d" è l'altezza utile della sezione) risulta uguale a quello di una normale verifica a taglio con  $\cotg \theta = 1$ , calcolo per altro da fare per gli ulteriori controlli richiesti dalla circolare. Si è optato quindi per calcolarlo direttamente con tale verifica, poiché in tal modo è possibile mettere in conto anche la quota parte di resistenza relativa ad un eventuale rinforzo in FRP o simili della sezione.

## Indice di sicurezza

---

### Introduzione

Le forme spettrali alla base dell'azione sismica sono definite nell'Allegato A delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/18): Pericolosità Sismica. L'azione sismica viene definita, in base al sito di costruzione ed all'importanza dell'edificio, in funzione della sua probabilità di superamento (PVR) nel periodo di riferimento della struttura ( $V_R$ ). I valori di PVR sono fissati in base alla prestazione richiesta, cioè ad un determinato Stato Limite.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica di progetto è legato a  $V_R$ , ed a PVR dalla seguente relazione:

$$TR = -V_R / (\ln(1-PVR))$$

Tale valore identifica l'entità dell'azione sismica di verifica per una data struttura e può essere utilizzato per la stima del suo grado di sicurezza rispetto al sisma.

In fase di verifica e per gli edifici esistenti è quindi possibile calcolare il valore dell'entità dell'azione sismica rispetto alla quale la struttura è in grado di soddisfare un determinato Stato Limite. Tale entità è rappresentata dal periodo di ritorno di capacità ( $TR_C$ ). D'altro canto, direttamente dalle prescrizioni della norma, fissato uno stato limite, si ottiene il valore dell'entità dell'azione sismica per la quale è necessario che la struttura garantisca le prestazioni attese affinché essa possa stimarsi come sicura. Tale entità è rappresentata dal periodo di ritorno di domanda ( $TR_D$ ).

Detto ciò, dalla seguente relazione, viene definito l'indice di sicurezza in termini di periodo di ritorno:

$$IR = (TR_C/TR_D)^{0.41}$$

in cui l'elevazione a potenza 0.41 rappresenta semplicemente un fattore di scala valutato in relazione all'indice di sicurezza in termini di accelerazione:  $IR = Ag(TR_C)/Ag(TR_D)$ .

La normativa definisce l'azione sismica per tempi di ritorno compresi fra 30 e 2475 anni, quindi gli indici di sicurezza possono assumere valori compresi in intervalli dipendenti dal periodo di riferimento della struttura e dallo Stato Limite da verificare.

Per una struttura con  $V_R = 50$  anni, in relazione allo SLV (PVR = 10%) risulta  $TR_D = 475$  anni, quindi gli IR risultano compresi fra  $IR_{min} = (30/475)^{0.41} \sim 0.32$  ed  $IR_{max} = (2475/475)^{0.41} \sim 1.97$ .

Per una struttura con  $V_R = 50$  anni, in relazione allo SLD (PVR = 63%) risulta  $TR_D = 50$  anni, quindi gli IR risultano compresi fra  $IR_{min} = (30/50)^{0.41} \sim 0.81$  ed  $IR_{max} = (2475/50)^{0.41} \sim 4.95$ .

### Analisi non lineari (pushover)

La capacità della struttura è rappresentata dalla curva bilineare equivalente calcolata in accordo con il par. C7.3.4.1 del D.M. 17/01/18 (curva 1-GDL). Da questa, il periodo di ritorno di capacità è quello dalla cui azione sismica risulta una domanda di spostamento, calcolata in accordo con il par. 7.3.4.1 ed il par. C7.3.4.1 del D.M. 17/01/18, pari a quella di capacità della struttura. L'azione sismica dalla quale viene individuato il periodo di ritorno di capacità è calcolata in base alla reale categoria del suolo di fondazione.

Il calcolo dell'indice di sicurezza si ottiene trasformando sia la curva 1-GDL che gli spettri di risposta in diagrammi non più forza-spostamento, ma accelerazione-spostamento.

Su questi diagrammi è sufficiente valutare (a periodo costante) di quanto debba essere scalato lo spettro di risposta di domanda dello specifico stato limite per portarlo a individuare il punto che caratterizza la capacità di spostamento del sistema. In questo modo si ottiene l'accelerazione al suolo necessaria per raggiungere la capacità del sistema.


Gli indici di sicurezza vengono valutati automaticamente al termine del calcolo e si leggono direttamente in relazione di calcolo.

Nel caso in cui si intenda procedere con rinforzi strutturali, nel caso di edifici in c.a. è sufficiente procedere come indicato in "**Rinforzi strutturali - Introduzione**" e ricercare nuovamente gli stati limite sulla curva di capacità, mentre per edifici in muratura, dovendo intervenire sulle caratteristiche della muratura, occorre ripetere l'analisi completa dell'edificio.

## Analisi lineari con fattore di comportamento

La valutazione dell'indice di sicurezza può essere fatta anche attraverso analisi lineari con fattore di comportamento. Tale metodo non ha i limiti di applicabilità dell'analisi pushover. In questo caso la duttilità va stimata a monte dell'analisi ipotizzando il fattore di comportamento, ed il risultato è fortemente dipendente da tale scelta. Comunque la norma fornisce indicazioni riguardo i valori massimi dei fattori di struttura ipotizzabili in funzione del tipo di struttura, sia nuova che esistente.

Gli indici non sono calcolabili a seguito di analisi non lineari o di buckling, o con spettri definiti manualmente.

Nel gruppo **Ricerca** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Indici di sicurezza**  si accede ad un'apposita procedura che permette un calcolo avanzato degli indici di sicurezza.

ModeSt è in grado di valutare gli indici di sicurezza separatamente per i diversi elementi strutturali, divisi in categorie omogenee, e per tipologia di rottura. Ad esempio è possibile valutare separatamente la flessione/pressoflessione (rottura duttile), il taglio (e altre rotture fragili), la stabilità, la rottura dei nodi (sia quelli trave-pilastro in c.a. che quelli di strutture in acciaio), la rottura nel piano o fuori dal piano o per cinematismi (per le strutture in muratura), ecc.

Al termine del calcolo viene comunque segnalato l'indice di sicurezza globale come il minimo fra quelli calcolati.

La possibilità di valutare indici di sicurezza separati è stata introdotta essenzialmente con due finalità:

- L'analisi separata delle situazioni critiche dell'edificio fornisce un utile strumento che consente di valutare in modo più consapevole eventuali interventi di consolidamento o di rinforzo. Ad esempio se una struttura ha delle criticità essenzialmente per cinematismi, si può ipotizzare un semplice intervento con catene per eliminare gran parte dei meccanismi di collasso ed incrementare notevolmente l'indice di sicurezza, oppure se i problemi sono di stabilità, potrebbe essere sufficiente introdurre dei controventi o altri sistemi che riducano o eliminino tali effetti. Con apposite opzioni si individuano anche facilmente quali sono gli elementi che necessitano di intervento.
- Con tale procedura è più agevole la compilazione della "*SCHEDA DI SINTESI DELLA VERIFICA SISMICA DI EDIFICI STRATEGICI AI FINI DELLA PROTEZIONE CIVILE O RILEVANTI IN CASO DI COLLASSO A SEGUITO DI EVENTO SISMICO - (Ordinanza n. 3274/2003 – Articolo 2, commi 3 e 4, DM 14/01/2008)*". Tale scheda o altre simili vengono richieste da numerosi Geni Civili.

Dalla finestra di dialogo è possibile creare uno o più schemi di calcolo per la determinazione di un indice di sicurezza. È infatti possibile specificare quali tipologie di elementi considerare e quali meccanismi di rottura valutare. Gli schemi possono essere salvati o caricati da un archivio. In quello di default fornito con il programma ce ne sono alcuni predisposti a titolo di esempio. In particolare quelli numerati corrispondono alle voci richieste nel citato documento della protezione civile, mentre gli altri corrispondono alle categorie più comunemente definite.

Nulla vieta ovviamente di creare un unico schema con tutti gli elementi e tutte le verifiche e procedere al calcolo di un unico indice di sicurezza globale della struttura.

Se si procede con schemi separati e si intende ottenere anche il vero indice di sicurezza globale della struttura accertarsi di non escludere involontariamente la verifica di alcuni elementi.

Al termine della procedura di calcolo, ModeSt riporta per ognuno degli indici richiesti e per ognuno degli stati limite previsti nel calcolo:

- PGA di domanda e PGA di capacità ed il relativo indice di sicurezza calcolato come rapporto fra le due.
- PVr di domanda e di capacità.
- Periodi di ritorno ( $T_r$ ) di domanda e capacità ed il relativo indice di sicurezza valutato come il loro rapporto elevato alla potenza 0.41 come indicato in alcune circolari delle regioni ([http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/interventi\\_ord3728/ordinanza\\_3728-08\\_all2.pdf](http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/interventi_ord3728/ordinanza_3728-08_all2.pdf)) e nel citato documento della protezione civile.

Alla fine viene riportato un riepilogo generale degli indici di sicurezza minori fra quelli richiesti.

La simbologia adottata è la stessa del citato documento.

Si fa notare che può accadere che in alcuni casi le verifiche richieste siano già soddisfatte per l'azione sismica di domanda e quindi il relativo indice di sicurezza sia  $>1$  mentre in altri casi non sia possibile valutare un periodo di ritorno sufficientemente basso da soddisfare le verifiche richieste. In tal caso il periodo di ritorno risulta sicuramente  $<30$  anni (minimo di normativa) e il relativo indice di sicurezza non calcolabile ma sicuramente minore di quello calcolato per  $T_r = 30$ .

Sono disponibili alcune opzioni:

**Separa direzioni del sisma:** gli indici di sicurezza oltre che separatamente per ognuno degli schemi di calcolo richiesti, vengono calcolati separatamente anche per ognuna delle direzioni del sisma. Le direzioni vengono valutate considerando in ogni CC quella che ha maggior moltiplicatore.

**Esegui controllo per carichi statici:** viene effettuato un controllo delle verifiche anche per tutte le combinazioni di calcolo allo stato limite ultimo non sismico per valutare eventuali criticità anche per soli carichi verticali. Se alcuni elementi non sono verificati, vengono segnalati. Si fa notare che questa opzione non è equivalente alle normali procedure di riverifica perché non valuta gli stati limite di esercizio né rileva il non rispetto di eventuali minimi di normativa.

**Crea tabella elementi critici:** viene riportata una tabella di tutti gli elementi non verificati per il sisma di domanda con il relativo sfruttamento e tipo di rottura, nonché il valore dello sfruttamento per il sisma di capacità individuato. È proprio tale tabella che consente di individuare i punti della struttura su cui converrebbe intervenire con interventi di consolidamento per aumentare l'indice di sicurezza.

Nella tabella degli elementi critici sono riportati i tassi di sfruttamento di domanda (Sfr.D) e quelli di capacità (Sfr.C).

Il tasso di sfruttamento di domanda è il rapporto fra la sollecitazione che risulta applicando l'azione sismica richiesta dalla norma per l'adeguamento nei confronti dello stato limite considerato e la resistenza dell'elemento.

Le azioni sismiche richieste dalla norma per l'adeguamento sono relative alle Pvr pari al 5%, 10%, 63% e 81% rispettivamente per gli SLC, SLV, SLD e SLO. È quindi fondamentale non modificare tali valori in fase di calcolo per ottenere una corretta valutazione degli indici di sicurezza.

La tabella degli elementi critici contiene solo gli elementi non adeguati per la normativa, riportando le verifiche non soddisfatte, quindi i valori dei tassi di sfruttamento di domanda sono tutti maggiori dell'unità.

Se due o più tipi di verifica sono stati selezionati nello stesso schema di calcolo, e più di uno non risulta soddisfatto per l'adeguamento, nella tabella degli elementi critici viene riportata solo il risultato della verifica col tasso di sfruttamento maggiore. Per una miglior lettura dello stato della struttura è quindi consigliabile selezionare un solo tipo di verifica per un determinato tipo di elemento.

L'azione sismica di capacità viene definita per ogni stato limite e per ogni schema di calcolo come la massima azione sismica per cui tutte le verifiche sono soddisfatte. Il tasso di sfruttamento di capacità è quindi il rapporto fra la sollecitazione che risulta applicando l'azione sismica di capacità e la resistenza dell'elemento.

Fra tutti gli elementi critici ce ne sarà uno (il più critico) le cui verifiche determinano la capacità sismica.

Se l'azione sismica di capacità risulta definita per i periodi di ritorno ammessi ( $T_R > 10$  anni, in riferimento alle **Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni**), allora per l'elemento più critico risulta un tasso di sfruttamento pari (o prossimo al più) all'unità, cioè per tale elemento un piccolo incremento dell'azione sismica rispetto a quella di capacità determina una verifica non soddisfatta.

Se anche applicando la minore azione sismica ammessa (quella definita da un periodo di ritorno  $T_R = 10$  anni) alcune verifiche non risultano soddisfatte, allora i valori della capacità sismica sono indicati come minori del minimo ( $T_{R,C} < 10$  anni e  $PGAC < PGA$  relativa a  $T_R = 10$  anni), mentre i tassi di sfruttamento di capacità sono calcolati per la minore azione sismica ammessa. In tal caso quindi i tassi di sfruttamento di capacità degli elementi le cui verifiche non sono soddisfatte neanche con la minor azione sismica ammessa risulteranno maggiori di uno.

Non è detto che il tasso di sfruttamento vari linearmente in modo omogeneo per tutti gli elementi in funzione dell'azione sismica, specie per la pressoflessione la cui resistenza dipende anche dallo sforzo normale. Quindi è possibile che per un elemento risulti un tasso di sfruttamento di domanda maggiore di altri, ma che poi abbia un tasso di sfruttamento di capacità minore degli stessi altri.

Nel caso in cui si intenda procedere con rinforzi strutturali, nel caso di edifici in c.a. è sufficiente ripetere il calcolo degli indici dopo avere inserito in rinforzi negli elementi in c.a. o modificato le caratteristiche di resistenza della muratura.

#### **Note:**

**Calcolo FEM:** si ricorda che per edifici esistenti la normativa prevede che nel caso di calcolo con fattore di comportamento i meccanismi di rottura di tipo fragile vengano valutati con un fattore di comportamento  $q=1.5$ . ModeSt gestisce la cosa automaticamente valutando con  $q=1.5$  gli sforzi taglio se nella scheda "Dati struttura" è stato indicato "Edificio esistente".



**Calcolo Muratura:** se la struttura è interamente in muratura la normativa suggerisce un fattore di comportamento  $q=3$  (2.25 se la struttura non è regolare) e non da altre specifiche indicazioni.

**Strutture Miste:** nel caso di strutture in muratura con elementi in c.a., acciaio o legno, la normativa suggerisce che non si possa fare affidamento su comportamenti di tipo duttile e quindi occorrerebbe usare  $q=1$ . È ovviamente una scelta del progettista, ma si ricorda che calcolando tali strutture come edifici in muratura per ottenerne le verifiche e poi effettuando anche le verifiche degli elementi in altri materiali o il calcolo degli indici di sicurezza, ModeSt non è in grado di valutare in modo differenziato gli sforzi di taglio. Se si decide di utilizzare un fattore di comportamento  $>1.5$  sarebbe bene procedere ad un calcolo separato di tipo FEM per la verifica degli elementi non in muratura.

**Elenco messaggi di errore:**

**"Tamponature non presenti o verifiche non previste"**

Controllare che nel modello strutturale siano state inserite e numerare le tamponature, che nella definizione del **tipo di tamponatura** sia stata selezionata l'opzione "Area di carico e verifica" e che nel criterio di progetto, scheda "Parametri per verifiche", siano selezionate l'opzione **Verifiche a ribaltamento** (necessaria per l'individuazione dell'indice di sicurezza **PRFL**) e/o l'opzione **Verifiche per contenimento del danno** (necessaria per l'individuazione dell'indice di sicurezza **DEF**), e che sia stato eseguito l'analisi anche con SLD e/o SLO selezionati nella scheda "Dati struttura".

## Classe di rischio

Per qualsiasi struttura è possibile definire la classe di rischio sismico ai sensi del **Decreto ministeriale numero 65 del 07/03/2017**. L'attribuzione della classe di rischio viene eseguita col metodo convenzionale descritto nelle **Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni**. Tale metodo si basa sulla definizione sia di un parametro economico (PAM), calcolato dalla frequenza media annua di superamento di ogni stato limite il cui controllo è richiesto dalla normativa corrente, che di un parametro di resistenza (IS-V), rappresentato dall'Indice di sicurezza per l'SLV.

La definizione della frequenza media annua di superamento degli stati limite e dell'indice di sicurezza per l'SLV, e quindi della classe di rischio sismico, può avvenire da analisi lineari o non lineari (pushover). In ogni caso risulta indispensabile l'analisi considerando l'SLV e l'SLD. Le frequenze medie annue di superamento dell'SLC e dell'SLO, se non considerati nell'analisi, sono dedotte rispettivamente da quelle dell'SLV e dell'SLD.

### ANALISI LINEARE

Per determinare la classe di rischio è necessario individuare gli **Indici di sicurezza**. È quindi indispensabile creare gli schemi di calcolo per determinare gli indici di sicurezza in modo da definire i periodi di ritorno di capacità di tutti gli stati limite necessari ed in particolare allo SLD/SLO.

Premesso che le verifiche allo SLD/SLO, che riguardano la valutazione del drift di piano, devono essere eseguite sugli elementi non strutturali, abbiamo scelto di effettuarle sulle tamponature. Per questo è necessario nella definizione del **tipo di tamponatura**, selezionare l'opzione "Area di carico e verifica" e specificare un criterio di progetto nel quale deve essere selezionata l'opzione **Verifiche per contenimento del danno**, presente nella scheda "Parametri per verifiche". Infine occorre inserire e numerare le tamponature nel modello strutturale, eseguire l'analisi considerando anche l'SLD e/o l'SLO (selezionati nella scheda "Dati struttura") e calcolare l'indice di sicurezza anche per la deformabilità (DEF) delle tamponature.

### ANALISI NON LINEARI (PUSHOVER)

Per gli edifici in muratura, se il rapporto  $q^*$  (tra il taglio totale agente sulla base del sistema equivalente ad un grado di libertà calcolato dallo spettro di risposta elastico ed il taglio alla base resistente del sistema equivalente ad un grado di libertà) risulta maggiore di 3, la struttura risulta non verificata ai sensi della normativa corrente. Limitandosi a tale controllo non sarebbe possibile definire gli indici di sicurezza né, di conseguenza, le frequenze medie annue di superamento degli stati limite. Per consentire una valutazione della classe di rischio anche nelle suddette condizioni è necessario stimare il  $q^*$  "disponibile" della struttura ricalcolando lo spostamento di capacità come quello di domanda che risulterebbe dall'azione sismica per la quale si ottiene  $q^*=3$ . Da tale valutazione si ottiene un indice di sicurezza pari a  $3/q^*$ , che rappresenta il limite superiore di quello calcolato dalla curva bilineare equivalente. Dall'indice di sicurezza si ricava la PGA e quindi il periodo di ritorno di capacità e la frequenza media annua di superamento degli stati limite.

I risultati di un'analisi pushover non possono essere ritenuti validi se la struttura è soggetta a cinematismi, o in generale da rotture locali per azioni ortogonali al piano di elementi in muratura, per un'azione sismica inferiore a quella di capacità risultante dall'analisi globale. Per questo, ai fini dell'attribuzione della classe di rischio, la capacità della struttura è definita come la minore risultante dalle verifiche globali e locali.

La tabella dei parametri spettrali allegata alla normativa fornisce dati relativi ad azioni sismiche per periodi di ritorno compresi fra 2475 e 30 anni. Le linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni permettono di considerare periodi di ritorno fino a 10 anni, scalando proporzionalmente le ordinate dello spettro associato al periodo di ritorno di 30 anni. Inoltre le linee guida definiscono lo stato limite di "inizio danno" in corrispondenza dell'azione sismica relativa ad un periodo di ritorno di 10 anni, indipendentemente dalla vita di riferimento. Il periodo di ritorno di capacità di 10 anni rappresenta quindi il limite inferiore per ogni stato limite della struttura.

# Verifica resistenza al fuoco

## Introduzione

È possibile effettuare la verifica di resistenza al fuoco di membrature in c.a. progettate come travi, pilastri o sezioni generiche e la verifica di membrature in acciaio o in legno.

Per effettuare le verifiche occorre inserire nei criteri di progetto i corretti valori dei parametri di calcolo nella sezione "Dati per verifiche di resistenza al fuoco". In questa sezione viene indicato il tempo di verifica (REI) al quale si intende verificare la specifica membratura.

La definizione dell'azione termica avviene come riportato nel paragrafo **Esposizioni al fuoco**. La definizione di eventuali superfici isolanti avviene come riportato nel paragrafo **Isolanti al fuoco**.

L'assegnazione di superfici di esposizione e di eventuali isolanti avviene contestualmente alla **definizione delle sezioni** del modello, attraverso l'apposito bottone "Dati fuoco". Ogni lato della sezione può essere anche parzialmente esposto al fuoco infatti è sufficiente, dopo aver selezionato la riga corrispondente al lato, inserire un'altra riga e specificare la dimensione della porzione del lato.

Il disegno della colorazione delle aste, attivabile selezionando "Esposizione al fuoco" nella sezione "Aste" del pannello **Colorazioni elementi**, permette di controllare la corretta assegnazione dell'esposizione ai lati delle sezioni delle aste.

La combinazione di carico eccezionale, impiegata per lo stato limite ultimo connesso alle azioni eccezionali di progetto dovute al carico da incendio, viene automaticamente generata selezionando l'opzione **"Genera stati limite per verifiche di resistenza al fuoco"** presente nei "Dati struttura" in "Calcolo struttura con metodo FEM". Una volta eseguito il calcolo con tale opzione attiva, la verifica di resistenza al fuoco viene effettuata automaticamente a seguito della progettazione delle membrature alle cui sezioni è stata assegnata un'azione termica.

## Cemento armato

### Propagazione del calore nell'elemento

La propagazione del calore in un mezzo omogeneo, isotropo e senza termini di generazione di energia al suo interno, è del tipo conduttivo ed è governata dall'equazione di Fourier:

$$\lambda \Delta^2 T = c \cdot \rho \cdot (\delta T / \delta t)$$

In cui:

T [K] temperatura

t [s] tempo

$\lambda$  [W/(m·K)] conducibilità termica

c [J/(kg·K)] calore specifico

$\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] densità

La condizione al contorno su una superficie unitaria è:

$$\lambda \Delta T_n = h_{net}$$

In cui:

n versore normale alla superficie

$h_{net}$  [W/m<sup>2</sup>] flusso termico netto sulla superficie

Se la superficie è direttamente esposta all'incendio il flusso termico netto è pari alla somma del flusso di calore per convezione ( $h_{net,c}$ ) e per irraggiamento ( $h_{net,r}$ ):

$$h_{net} = h_{net,c} + h_{net,r}$$

$$h_{net,c} = \alpha_c \cdot (T_g - T_s)$$

$$h_{net,r} = \phi \cdot \epsilon_m \cdot \epsilon_f \cdot \sigma \cdot ((T_g + 273)^4 - (T_s + 273)^4)$$

In cui:

$T_g$  [°C] temperatura effettiva di irraggiamento della zona incendiata

$T_s$  [°C] temperatura della superficie

$\alpha_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] coefficiente di convezione

$\phi$  fattore di configurazione

$\epsilon_m$  emissività superficiale

$\epsilon_f$  emissività del fuoco

$\sigma$  [W/(m<sup>2</sup>\*K<sup>4</sup>)] costante di Stephan Boltzmann ( $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$ )

Se sulla superficie direttamente esposta all'incendio è presente un elemento isolante di spessore  $s_{iso}$  [m] e conducibilità  $\lambda_{iso}$  [W/(m\*K)], allora il flusso di calore per convezione diventa:

$$h_{net,c} = (T_g - T_s) / (1/\alpha_c + s_{iso}/\lambda_{iso})$$

Se la superficie non è esposta all'incendio il flusso termico netto è pari al solo flusso di calore per convezione, considerando compresi in esso anche gli effetti del trasferimento di calore per irraggiamento:

$$h_{net} = h_{net,c}$$

$$h_{net,c} = \alpha_c \cdot (T_0 - T_s)$$

In cui:

$T_0$  [°C] temperatura iniziale = temperatura ambiente

$\alpha_c$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)] coefficiente di convezione a temperatura ambiente

Se la superficie è adiabatica allora il flusso termico netto è nullo:

$$h_{net} = 0$$

La condizione al contorno rispetto al tempo è:

$$T(t=0) = T_0$$

L'analisi di propagazione del calore all'interno di una sezione viene eseguita attraverso l'integrazione dell'equazione di Fourier alle differenze finite e nell'ambiente di editor sezioni sono visualizzabili i seguenti risultati:

nel gruppo **Diagrammi** cliccando su **Temperatura**  si attiva la mappa delle temperature nella sezione;

nel gruppo **Animazioni** cliccando su **Temperatura**  si crea l'animazione dell'evoluzione della temperatura nella sezione al variare del tempo.

## Note tecniche sulle verifiche

Le verifiche vengono eseguite in accordo con UNI EN 1992-1-2:2005, al quale il D.M. 17/01/18 fa esplicito riferimento.

Le verifiche vengono eseguite considerando il calo di resistenza dell'acciaio e del calcestruzzo come indicato in UNI EN 1992-1-2:2005, e/o la riduzione della sezione resistente.

In particolare per le verifiche a flessione si valutano i momenti ultimi integrando su tutta la sezione effettiva lo stato tensionale in funzione della deformazione e della temperatura, con i coefficienti di riduzione previsti nel prospetto 3.1 e 3.2 del citato Eurocodice.

Si può notare, esaminando la tabella, come con l'aumentare della temperatura il calcestruzzo diventi meno resistente, ma molto più duttile. Questo porta ad un comportamento particolare nel caso in cui la zona compressa sia quella ad alta temperatura e la zona tesa sia più fredda (ad esempio all'appoggio di travi esposte al fuoco solo nella parte inferiore). Se si considera come deformazione ultima quella relativa alla temperatura di bordo, succede che le fibre interne della sezione (più fredde e quindi più fragili) risultino rotte prima della fibra più compressa. Questo anche se matematicamente corretto pare ingegneristicamente poco realistico e non a favore di sicurezza. Nella ricerca della curvatura ultima si è quindi optato per considerare come deformazione massima quella corrispondente alla temperatura minima della sezione. Le resistenze sono poi valutate con la riduzione relativa alle temperature effettive.

Le verifiche a taglio vengono effettuate con il metodo della sezione ridotta indicato nel punto B.2 dell'Eurocodice. Nel caso più generale la temperatura del calcestruzzo viene valutata in tutti i punti medi compresi fra due lati opposti esposti al fuoco e prendendo il minor coefficiente riduttivo che ne deriva. La temperatura nelle staffe e quindi la resistenza lato acciaio viene valutata calcolando la linea A-A di figura D.2 come indicato in UNI EN 1992-1-1:2005.

Nella verifica a taglio di travi e pilastri, a favore di sicurezza la temperatura viene valutata come la maggiore fra le due che si ottengono quando la sezione è tesa superiormente o inferiormente.

Le verifiche a torsione non sono attualmente implementate.

## Acciaio

### Verifica delle aste

Le verifiche sono eseguite, in riferimento alle UNI EN 1993-1-2:2005 (EC3), con il modello di calcolo semplificato che si basa sulla stima della riduzione della resistenza a snervamento dell'acciaio in funzione della temperatura uniforme equivalente sulla sezione trasversale.

I carichi da incendio sono definiti al par. 3.2 delle UNI EN 1991-1-2:2005; da questi, l'analisi termica per calcolare la temperatura uniforme equivalente sulla sezione trasversale in funzione del tempo, è eseguita con formulazioni differenti se la sezione è protetta o meno: per il calcolo di sezioni non protette (par. 4.2.5.1 delle UNI EN 1993-1-2:2005) è necessario definire i "Fattori di sezione"; per il calcolo di sezioni protette (par.

4.2.5.2 delle UNI EN 1993-1-2:2005) è necessario definire i dati degli **isolanti al fuoco per l'acciaio**. In entrambi i casi l'analisi termica definisce l'incremento di temperatura dell'acciaio per un dato incremento temporale (considerato sempre pari a 5 secondi), ed il calcolo viene eseguito fino al **tempo di verifica (REI)**, definendo la temperatura di verifica.

Dalla temperatura di verifica viene calcolato il fattore di riduzione della resistenza a snervamento dell'acciaio ( $k_{\theta}$ ) come indicato nel Prospetto 3.1 delle UNI EN 1993-1-2:2005.

Le verifiche per carico da incendio sono eseguite sulle aste sollecitate dalle azioni risultanti dalla combinazione eccezionale (2.5.6) di cui al par. 2.5.3 del D.M. 17/01/18. La resistenza di progetto è pari a  $f_{yd} = k_{\theta} f_{yk} / \gamma_{M,fi}$ , dove  $\gamma_{M,fi}$  è il coefficiente parziale di sicurezza ( $\gamma_{M,fi} = 1$ ).

## Legno

### Verifiche delle aste

Le verifiche sono eseguite, in riferimento alle UNI EN 1995-1-2:2005 (EC5), con il metodo della sezione trasversale ridotta per il carico da incendio normalizzato. Tale metodo si basa sulla stima della parte di sezione carbonizzata, da decurtare per ottenere la sezione ridotta efficace da verificare per i carichi di progetto. La parte di sezione carbonizzata è definita dalla distanza  $d_{ef}$  fra le superfici esposte della sezione integra e le superfici della sezione ridotta efficace. In generale si considera:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_{d0}$$

dove  $d_{char,n}$  è la profondità di carbonizzazione convenzionale di progetto, mentre  $k_{d0}$  (con  $d_0 = 7$  mm costante) rappresenta un ulteriore strato a resistenza nulla.

Nel caso di protezione assente risulta:  $d_{char,n} = \beta_n t$  e  $k_0 = \min[t/20, 1]$ , dove  $t$  è il tempo di verifica in minuti e  $\beta_n$ , in mm/minuti, è la velocità di carbonizzazione convenzionale di progetto, funzione del tipo di legno, stimata includendo gli effetti degli spigoli arrotondati e delle fessure.

Nel caso di protezione al fuoco, per calcolare  $d_{ef}$ , bisogna definire le seguenti grandezze proprie della protezione:

$t_{ch}$ : tempo di inizio carbonizzazione della protezione;

$t_f$ : tempo di rottura della protezione ( $t_f \geq t_{ch}$ );

$k_2$ : moltiplicatore di  $\beta_n$  per  $t_{ch} \geq t > t_f$  ( $k_2 \leq 1$ );

$k_3$ : moltiplicatore di  $\beta_n$  per  $t_f \geq t > t_a$  ( $k_3 \geq 1$ ),

con  $t_a$  tempo di fine funzionamento della protezione, calcolabile dalle seguenti relazioni:  $t_a = t_f + (25/\beta_n - k_2(t_f - t_{ch}))/k_3$  se  $\beta_{nta} > 25$  mm, altrimenti  $t_a = (k_3 t_f - k_2(t_f - t_{ch}))/k_3$ .

Da tali grandezze si calcola quindi:

$$\begin{aligned} d_{char,n} &= 0 && \text{se } t \leq t_{ch}; \\ d_{char,n} &= k_2 \beta_n (t - t_{ch}) && \text{se } t_{ch} < t \leq t_f; \\ d_{char,n} &= k_2 \beta_n (t_f - t_{ch}) + k_3 \beta_n (t - t_f) && \text{se } t_f < t \leq t_a; \\ d_{char,n} &= k_2 \beta_n (t_f - t_{ch}) + k_3 \beta_n (t_a - t_f) + \beta_n (t - t_a) && \text{se } t > t_a. \end{aligned}$$

Si calcola inoltre:

$$k_0 = \min[t/\max[t_{ch}, 20], 1],$$

ma, per superfici di legno affacciate su una cavità vuota, se il rivestimento protettivo consiste di uno o due strati di cartongesso di tipo A, di legno o di pannelli a base di legno allora si calcola:

$$\begin{aligned} k_0 &= 0.3 t / t_f && \text{se } t \leq t_f; \\ k_0 &= 0.3 + 0.7(t - t_f) / 15 && \text{se } t_f < t \leq t_f + 15; \\ k_0 &= 1 && \text{se } t > t_f + 15. \end{aligned}$$

Le resistenze e le rigidezze di progetto sono date dalla relazione  $X_d = X_k k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi}$ , in cui  $X_k$  è il valore caratteristico della resistenza o rigidezza,  $k_{mod,fi}$  è il coefficiente di durata del carico,  $\gamma_{M,fi}$  è il coefficiente parziale di sicurezza e  $k_{fi}$  è il fattore di conversione dal frattile 5% al frattile 20%, funzione del tipo di legno. I valori indicati nelle UNI EN 1995-1-2:2005 sono: per legno massiccio  $k_{fi} = 1.25$ ; per legno lamellare incollato e pannelli a base di legno  $k_{fi} = 1.15$ ; per LVL  $k_{fi} = 1.10$ , in ogni caso  $k_{mod,fi} = 1$  e  $\gamma_{M,fi} = 1$ . Eventuali incrementi dei valori caratteristici delle resistenze di cui al par. 11.7.1.1 del D.M.08 sono definiti considerando le dimensioni della sezione efficace integra. Nella verifica delle aste i parametri di rigidezza medi ( $E_{0,mean}$  e  $G_{mean}$ ) non sono effettivamente utilizzati.

Le verifiche per carico da incendio (analoghe a quelle di resistenza e stabilità richieste dalla normativa per gli stati limite ultimi) sono eseguite sulle aste con sezione efficace ridotta, sollecitate dalle azioni risultanti dalla combinazione eccezionale (2.5.6) di cui al par. 2.5.3 del D.M. 17/01/18.

Le sollecitazioni di progetto sono comunque definite dall'analisi FEM della struttura con le rigidezze delle aste con la sezione integra.

La velocità di carbonizzazione convenzionale di progetto può essere stimata dalla seguente tabella (UNI EN 1995-1-2:2005 prospetto 3.1):

	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
<b>a) Conifere e Faggio</b>		
Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Legno massiccio con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
<b>b) Latifoglie</b>		
Legno massiccio o lamellare incollato di latifoglie con massa volumica caratteristica pari a $290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Legno massiccio o lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
<b>c) LVL</b> con massa volumica caratteristica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7

dove, oltre a  $\beta_n$ , è indicato anche  $\beta_0$  velocità di carbonizzazione unidimensionale.

Per protezione in pannelli di legno di spessore  $h_p$  si può considerare  $t_{ch} = h_p/\beta_0$ ;  $t_f = t_{ch}$ ;  $k_2 = 1$  (ininfluente per  $t_f = t_{ch}$ );  $k_3 = 2$ .

Per indicazioni sulle grandezze proprie delle protezioni in cartongesso o lana di roccia si rimanda alle indicazioni fornite nelle UNI EN 1995-1-2:2005.

## Progetto strutture isolate

### Introduzione

Con ModeSt è possibile progettare e verificare strutture con dispositivi di isolamento sismico con l'analisi sismica dinamica secondo il D.M. 17/01/18. Sono supportati isolatori elastomerici ed isolatori a pendolo, dritto, rovescio e a doppia superficie di scorrimento. In ogni caso si presume che gli isolatori rispondano ai requisiti di normativa per modellarne il comportamento come perfettamente elastico.

ModeSt è in grado di gestire **archivi** (se forniti da parte dei produttori) tramite i quali è possibile effettuare una progettazione mirata, con procedure che guidano nella scelta dei modelli di isolatori in funzione dei carichi di progetto della sovrastruttura e degli spostamenti limite dei vari dispositivi.

In alternativa, o in fase di studio preliminare della struttura, è possibile procedere utilizzando degli isolatori "teorici", con parametri di comportamento stabiliti dal progettista, che poi sceglierà in un secondo momento i modelli sul mercato corrispondenti alle specifiche di progettazione.

Va comunque tenuto presente che i produttori nei loro cataloghi riportano in genere una gamma di possibili modelli, ma spesso sono disposti anche a realizzare dispositivi di isolamento "on demand". Alcune caratteristiche da catalogo sono inoltre meramente indicative e possono risentire di specifiche modalità di utilizzazione: ad esempio un isolatore con un dato carico massimo e relativo spostamento ammissibile può essere in grado, per spostamenti di progetto inferiori, di portare un carico maggiore di quanto indicato nel catalogo.

Per questi motivi ed anche perché alcune caratteristiche potrebbero non essere riportate negli archivi, nel caso di progettazione da catalogo ModeSt segnala gli isolatori teoricamente non idonei, ma ne consente ugualmente l'uso.

### Modellazione della struttura

La presenza di un dispositivo di isolamento viene modellata con l'inserimento di elementi asta aventi sezione fittizia denominata "Isolatore", o sezione -2. È sufficiente introdurre un'asta con questa sezione per simulare la presenza di un isolatore. In fase di calcolo poi verranno richiesti tutti i dati per perfezionarne la definizione. Non è importante la lunghezza di tali aste, in quanto ModeSt gestisce automaticamente il calcolo delle rigidità e degli altri parametri da trasferire al solutore. Si consiglia comunque di inserire aste con una lunghezza paragonabile a quella prevista come ingombro complessivo del sistema di isolamento. In sede di progettazione pilastri infatti i ferri verranno progettati immaginando una interruzione del pilastro di tale lunghezza, interruzione dove nel disegno esecutivo verrà inserita una rappresentazione schematica dell'isolatore. Gli isolatori possono essere inseriti anche a quote diverse, ma ModeSt ovviamente non può controllare se essi definiscono veramente un sistema di isolamento, in altre parole non può ad esempio accorgersi se l'utente ha dimenticato di inserirne alcuni.

Non esiste alcun vincolo nella modellazione degli impalcati, è comunque opportuno definire il primo impalcato sull'orizzontamento presente alla quota dei nodi di testa degli isolatori. Tale impalcato, da un punto di vista

progettuale, deve potersi considerare come rigido (modellazione col "Metodo Master-Slave") per un funzionamento ottimale del sistema di isolamento.

La "**Quota di riferimento**" (Quota di inizio del sisma) viene automaticamente definita pari a quella dei nodi di testa degli isolatori, in questo modo le masse della sottostruttura vengono trascurate e quindi non influenzano nell'analisi modale della struttura isolata. Se la "Quota di riferimento" viene posta alla base della sottostruttura allora è opportuno impostare come "Recupero masse secondarie" un'opzione che non le trasferisca all'impalcato più vicino, in modo da evitare che le masse della sottostruttura vengano assegnate all'impalcato appartenente alla sovrastruttura.

## Calcolo struttura

Al momento del lancio del calcolo FEM ModeSt riconosce la presenza degli isolatori e automaticamente imposta come normativa di riferimento il D.M. 17/01/18 e come tipo di calcolo l'analisi sismica dinamica. Non è possibile effettuare altri tipi di analisi od utilizzare diverse normative. La valutazione dei risultati viene sempre effettuata, a valle della combinazione quadratica dei modi di vibrare, considerando come segno delle sollecitazioni, spostamenti, ecc., il segno che ha la relativa componente nel modo principale della direzione sismica in esame.

È importante sottolineare che può essere eseguito il calcolo per un solo Stato Limite alla volta (SLO, SLD, SLV, SLC), quindi al termine della progettazione degli isolatori, i relativi controlli andranno effettuati ricalcolando la struttura (eventualmente "salvata con nome") e andando ad esaminare le diverse relazioni di calcolo. Questo è dovuto principalmente anche al fatto che nel caso degli isolatori a pendolo, la rigidezza dipende dallo spettro e quindi dallo stato limite in esame.

Normalmente le verifiche agli spostamenti per la sovrastruttura vanno eseguite allo SLD, le verifiche di resistenza della sovrastruttura vanno eseguite allo SLV, le verifiche degli isolatori con forze allo SLV e spostamenti allo SLC. Quando si sceglie di effettuare un calcolo allo SLV ModeSt divide lo spettro della struttura isolata del fattore di comportamento  $q_0$  (**Valore di riferimento del fattore di comportamento ( $q_0$ )**) ed imposta automaticamente le combinazioni di carico come di tipo non dissipativo, di modo che poi tutte le verifiche degli elementi vengono effettuate in campo sostanzialmente elastico come previsto da normativa.

Dopo aver scelto il tipo di isolatori che si intende adottare ed eventualmente (se sono presenti gli archivi dei produttori), aver scelto quale archivio utilizzare per la progettazione guidata, e dopo aver introdotto o confermato gli altri dati necessari al calcolo, ModeSt esegue un'analisi preliminare in cui determina il comportamento della struttura a base fissa calcolandone i modi di vibrare e le sollecitazioni per carichi verticali in condizioni statiche e sismiche. Come carichi verticali vengono adottati quelli della prima combinazione di tipo Quasi Permanente (SLE Q) presente nella tabella delle combinazioni. Quando gli isolatori sono stati definiti (si veda **Definizione isolatori**) viene rieseguito il calcolo per valutare sforzi e spostamenti ed infine vengono create in automatico delle condizioni di carico elementari aggiuntive per considerare nella sovrastruttura e nella sotto-struttura i seguenti effetti:

- Peso proprio degli isolatori (può essere nullo se gli isolatori sono solo teorici o se il dato relativo al peso non è presente negli archivi).
- Momento aggiuntivo agente sulla sotto-struttura per l'eccentricità dei carichi verticali statici a seguito dello spostamento risultante nello stato limite in esame. Si noti che nel caso di isolatori a pendolo rovescio il momento è applicato alla sovrastruttura e nel caso di isolatori a doppia superficie di scorrimento il momento si ripartisce fra la sovra e la sotto-struttura.
- Momento aggiuntivo per l'eccentricità dei carichi verticali sismici. Vale quanto detto per i carichi statici.
- Forze taglienti aggiuntive (solo per isolatori a pendolo) per considerare l'effetto di incremento di rigidezza dato dallo spostamento dell'isolatore. Le forze taglienti sono applicate in parti uguali alla sovra e sotto-struttura e per ogni isolatore sono calcolate valutando l'incremento di rigidezza locale in funzione del carico sismico, del coefficiente di attrito (nominale o valutato in funzione del carico statico) e dello spostamento. La variazione di rigidezza e lo spostamento risultante dal calcolo sismico permettono di valutare la forza tagliente aggiuntiva.

Definite queste azioni, viene eseguito il calcolo finale della struttura.

## Definizione isolatori

Al termine dell'analisi preliminare viene presentata una finestra di dialogo dove è possibile definire in modo compiuto gli isolatori presenti nella struttura.

**Importante:** si fa presente che la scelta degli isolatori, sia effettuata manualmente che automaticamente, ha come riferimento come carico agente la componente statica dei carichi in condizioni quasi permanenti, normalmente pari alla parte statica delle CC sismiche. Può accadere a volte che poi, in sede di calcolo definitivo, lo sforzo normale sia superiore per l'effetto sismico e che quindi l'isolatore non sia in grado di reggerlo.

Al di là delle considerazioni riportate in **Controlli di normativa**, occorre quindi a volte prendere nota degli isolatori non verificati e, rilanciato il calcolo, andare a cambiare il modello adottato.

Nella finestra viene rappresentato uno schema della disposizione degli isolatori, indicando in colore blu quelli di cui non sono stati definiti i parametri ed in verde gli altri. In colore arancio è indicato l'isolatore "corrente" di cui in basso sono riportati i valori di carico e le caratteristiche. Si passa da un isolatore all'altro semplicemente cliccandoci sopra. Nel disegno è riportato anche il baricentro complessivo delle masse dell'edificio e il baricentro delle rigidezze degli isolatori, consentendo così di valutarne l'eccentricità.

Nella parte alta della finestra di dialogo sono riportati alcuni dati relativi al calcolo della struttura a base fissa e vengono richiesti i parametri fondamentali del sistema di isolamento. Esaminiamo i diversi casi:

### ISOLATORI ELASTOMERICI

Vengono richiesti il periodo di riferimento che si intende ottenere ed il valore di smorzamento degli isolatori. Al cambiare di questi dati in automatico viene calcolato la rigidezza complessiva necessaria per ottenere tale periodo e lo spostamento che ne risulta.

ModeSt riporta anche la rigidezza teorica che dovrebbe avere il singolo isolatore. È possibile trasformare alcuni isolatori in scivolatori per modificare le singole rigidezze e/o per ricentrarne il baricentro.

In assenza di un archivio è possibile adottare degli isolatori teorici con rigidezza pari a quella necessaria, o specificare manualmente la rigidezza di ognuno degli isolatori definiti. In presenza di un archivio (si veda **Archivio isolatori**) invece è possibile scegliere manualmente i singoli isolatori o chiedere a ModeSt di effettuare una definizione automatica prelevando dall'archivio gli isolatori e gli scivolatori compatibili in termini di rigidezza, carichi e spostamenti ammissibili. Vengono scelti gli isolatori con rigidezza più vicina possibile a quella teorica richiesta.

Quando i dati sono completi ModeSt fornisce informazioni sulla rigidezza complessiva inserita, il periodo e lo spostamento che ne risultano ed il valore di  $A_g$  derivante dallo spettro di calcolo opportunamente modificato.

In qualunque momento è possibile annullare tutta la definizione effettuata per ripartire con altre scelte o altre considerazioni. Viene comunque mantenuta la scelta effettuata in merito alla presenza di eventuali scivolatori.

### ISOLATORI A PENDOLO

Viene richiesto il valore del raggio di curvatura (univoco) dell'isolatore.

Inserendo anche un valore per il coefficiente di attrito, in assenza di un archivio è possibile adottare degli isolatori teorici con le caratteristiche indicate, mentre in presenza di un archivio è possibile chiedere a ModeSt di effettuare una definizione automatica prelevando dall'archivio gli isolatori compatibili in termini di raggio di curvatura, coefficiente d'attrito nominale, carichi e spostamenti ammissibili.

Si fa notare che gli isolatori a pendolo possono avere attrito (e quindi rigidezza) variabile in funzione del carico se nell'archivio è presente l'esponente che ne caratterizza l'andamento:

detto " $\mu$ " il coefficiente d'attrito nominale e " $\epsilon$ " l'esponente, l'attrito efficace corrispondente ad un certo carico  $N_{ed}$  è dato dalla curva:

$$\mu_{eff} = \mu \cdot (N_{ed}/N_{rd})^{(-\epsilon)}$$

dove  $N_{rd}$  è il massimo sforzo normale assorbibile dall'isolatore in condizioni statiche.

In presenza di un archivio è possibile scegliere manualmente i singoli isolatori. Vengono proposti in tal caso solo gli isolatori compatibili in termini di raggio di curvatura. In tal caso ogni volta che si sceglie un isolatore viene valutato il suo coefficiente d'attrito (se variabile), e viene ricalcolato e visualizzato l'attrito medio (pesato sui carichi verticali dei singoli isolatori) e analogamente il coefficiente di smorzamento pesato, dal quale si risale al periodo teorico della struttura, alla rigidezza complessiva ed al baricentro delle rigidezze.

## Archivio isolatori

I file di archivio degli isolatori devono essere in formato CSV (file ASCII con campi separati da punto e virgola) e salvati nella cartella ISOLATORI che è una sotto-cartella di ETC di ModeSt (dove risiedono anche alcuni esempi forniti con l'installazione del programma). Tali file possono essere generati automaticamente da fogli Excel, trascurando il messaggio di perdita di informazione. Il nome del file è irrilevante.

Nel seguito per chiarezza si riporta un esempio di come i file appaiono in Excel.

I dati in rosso sono quelli da introdurre, i dati in verde sono dei promemoria che comunque devono essere presenti.

Esempio:

<b>Produttore</b>	ISOLATORI S.P.A.								
<b>Codice produttore</b>	0								
<b>Tipologia</b>	2								
<b>Codice</b>	R	M0	Vmax	Vsism	Smax	D	H	W	Esp

Modello AAA	2.5	0.03	170000	100000	0.15	0.51	0.100	110	0.543
Modello BBB	3.5	0.02	250000	150000	0.25	0.53	0.200	140	0.543
Modello CCC	4.0	0.04	300000	235000	0.35	0.56	0.300	160	0.834
ecc.									

**Produttore:** è il nome che apparirà nell'elenco degli archivi. Si consiglia di usare sempre la stessa denominazione per tutti gli archivi.

**Codice produttore:** è un numero univoco per distinguere i diversi produttori. Per archivi autoprodotti può essere usato un numero compreso fra 50 e 100.

**Tipologia:** è un numero che identifica il tipo di isolatore contenuto nell'archivio:

1=Isolatore elastomerico

2=Isolatore a pendolo

3=Isolatore a pendolo inverso

4=Isolatore a pendolo a doppia superficie di scorrimento

5=Scivolatore

Segue una riga di mnemonici che ha nessun valore effettivo se non quello di chiarire il significato dei parametri successivi.

I dati da riportare nei vari casi sono specificati in seguito, si noti che se il dato non è obbligatorio, andrà comunque inserito un valore pari a zero. Sarà poi il programma a gestire la mancanza di tali dati. Ovviamente è inutile nel caso di pendoli e scivolatori creare un archivio senza nessuno dei dati facoltativi. Si ricorda che tali dati sono pensati per guidare l'utente nella scelta del modello di isolatore. Si consiglia per gli isolatori elastomerici di fornire almeno il valore dello smorzamento, per i pendoli i valori del raggio e dell'attrito e per gli scivolatori di fornire il carico massimo. Anche lo spostamento massimo è un dato utile in sede di progettazione.

Il progettista è comunque in grado di eseguire una progettazione in cui (anche in parte) gli isolatori restano "indefiniti".

**L'ORDINE DEI DATI DEVE ESSERE QUELLO INDICATO.**

**TUTTI I DATI DEVONO ESSERE IN daN E METRI E UNITA' DERIVATE.**

#### **ISOLATORI ELASTOMERICI**

<b>Codice:</b>	Denominazione dell'isolatore. <b>Dato obbligatorio</b>
<b>Vmax:</b>	Carico massimo in condizioni non sismiche. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Vsism:</b>	Carico massimo in condizioni sismiche. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Kh:</b>	Rigidezza orizzontale. <b>Dato obbligatorio</b>
<b>Kv:</b>	Rigidezza verticale. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Smax:</b>	Spostamento massimo ammissibile. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Csi:</b>	Smorzamento in %. <b>Dato facoltativo</b>
<b>D:</b>	Diametro di ingombro. <b>Dato facoltativo</b>
<b>H:</b>	Altezza di ingombro. <b>Dato facoltativo</b>
<b>W:</b>	Peso dell'isolatore. <b>Dato facoltativo</b>

Note:

- La specifica 0 per **Vmax**, **Vsism**, **Smax** implica che il programma non effettua i controlli sulla corrispondenza fra questi dati e i risultati del calcolo.
- La specifica 0 per **Kv** implica che il programma considera una rigidezza pari ad almeno 1000 volte Kh, nell'ipotesi che tutti gli isolatori rispecchino i disposti di normativa.
- La specifica 0 per **Csi** implica che il programma non effettua il controllo fra lo smorzamento ipotizzato dal progettista e l'isolatore scelto.
- La specifica 0 per **D** e **H** implica che il programma nella gestione della progettazione dei pilastri adotta un disegno schematico e non effettua quando necessario controlli di ingombro.
- La specifica 0 per **W** implica che il programma non aggiunge il carico dovuto al peso dell'isolatore sulla struttura sottostante.



## ISOLATORI A PENDOLO, A PENDOLO INVERSO, A PENDOLO A DOPPIA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO

<b>Codice:</b>	Denominazione dell'isolatore. <b>Dato obbligatorio</b>
<b>R:</b>	Raggio di curvatura. <b>Dato facoltativo</b>
<b>M0:</b>	Coefficiente d'attrito nominale. <b>Dato obbligatorio</b>
<b>Vmax:</b>	Carico massimo in condizioni non sismiche. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Vsism:</b>	Carico massimo in condizioni sismiche. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Smax:</b>	Spostamento massimo ammissibile. <b>Dato facoltativo</b>
<b>D:</b>	Diametro di ingombro. <b>Dato facoltativo</b>
<b>H:</b>	Altezza di ingombro. <b>Dato facoltativo</b>
<b>W:</b>	Peso dell'isolatore. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Esp:</b>	Esponente per determinare la curva di variazione dell'attrito. <b>Dato facoltativo</b>

### Note:

- La specifica 0 per **R** implica che il programma non effettua il controllo fra il raggio di curvatura ipotizzato globalmente dal progettista e l'isolatore scelto.
- La specifica 0 per **Vmax**, **Vsism**, **Smax** implica che il programma non effettua i controlli sulla corrispondenza fra questi dati e i risultati del calcolo.
- La specifica 0 per **D** e **H** implica che il programma nella gestione della progettazione dei pilastri adotta un disegno schematico e non effettua quando necessario controlli di ingombro.
- La specifica 0 per **W** implica che il programma non aggiunge il carico dovuto al peso dell'isolatore sulla struttura sottostante.
- La specifica 0 per **Esp** implica che l'isolatore sia assunto a coefficiente di attrito costante pari a M0, se il valore (positivo) viene introdotto viene definita una curva di attrito variabile in cui  $M = M0 * (Ned/Nrd)^{-Esp}$  (il cambio di segno è gestito dal programma, introdurre valori positivi).
- Per gli isolatori a pendolo viene sempre assunta una rigidezza verticale praticamente infinita.

## SCIVOLATORI

<b>Codice:</b>	Denominazione dello scivolatore. <b>Dato obbligatorio</b>
<b>Vmax:</b>	Carico massimo sopportabile. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Smax:</b>	Spostamento massimo ammissibile. <b>Dato facoltativo</b>
<b>Kv:</b>	Rigidezza verticale. <b>Dato facoltativo</b>
<b>D:</b>	Diametro di ingombro. <b>Dato facoltativo</b>
<b>H:</b>	Altezza di ingombro. <b>Dato facoltativo</b>
<b>W:</b>	Peso dello scivolatore. <b>Dato facoltativo</b>

### Note:

- La specifica 0 per **Vmax**, **Smax** implica che il programma non effettua i controlli sulla corrispondenza fra questi dati e i risultati del calcolo.
- La specifica 0 per **Kv** implica che il programma considera una rigidezza pari alla media delle rigidzze verticali degli isolatori elastomerici presenti.
- La specifica 0 per **D** e **H** implica che il programma nella gestione della progettazione dei pilastri adotta un disegno schematico e non effettua quando necessario controlli di ingombro.
- La specifica 0 per **W** implica che il programma non aggiunge il carico dovuto al peso dello scivolatore sulla struttura sottostante.

# Controlli di normativa

Si riassumono i controlli che ModeSt esegue alla fine del calcolo, con alcune considerazioni in merito. Si fa notare che ModeSt non esegue le verifiche di cui al par. 7.10.5.2 del D.M. 17/01/18.

**"Periodo struttura isolata < 2 sec."**

**"Periodo struttura isolata < 3 \* Periodo struttura a base fissa"**

Il riferimento è alla Circolare n. 7 del 21/01/19, par. C7.10.1, punto a). Tali indicazioni non sembrano avere valore prescrittivo, ma solo indicazione di buona esecuzione del sistema di isolamento. La circolare inoltre fa riferimento ad un generico "periodo della struttura isolata" senza considerare che a rigor di logica già i periodi principali sono generalmente due. ModeSt controlla comunque tutti i periodi richiesti dall'utente, meramente per dare un'indicazione sui risultati dell'elaborazione. Se una o più di tali segnalazioni sono relative ad un periodo successivo ai primi due, e se tali periodi sono ben disaccoppiati, possono a nostro avviso generalmente essere ignorate. Si tenga inoltre presente che nel caso di isolatori a pendolo i periodi sono diversi in funzione dello stato limite per cui si sta eseguendo il calcolo (si veda anche **Calcolo struttura**).

**"Rapporto fra rigidezza verticale e rigidezza orizzontale < 800"**

Il riferimento è al par. 7.10.5.2 primo comma e 7.10.5.3.2 secondo comma del D.M. 17/01/18. ModeSt esegue questo controllo solo quando il sistema di isolamento è di tipo elastomerico e quando sono stati introdotti tramite archivio degli isolatori con la specifica del valore di rigidezza verticale. Quando tali valori non sono disponibili ModeSt considera sempre in fase di calcolo una rigidezza verticale pari a 1000 volte la rigidezza orizzontale ed omette tali verifiche. In ogni caso viene quindi messa in conto la deformabilità verticale degli isolatori (7.10.5.2 primo comma) mentre è scelta del progettista se mettere in conto l'azione sismica verticale (7.10.5.3.2 terzo comma).

**"Carico per carichi statici > Carico ammissibile per carichi statici"**

**"Spostamento risultante > Spostamento ammissibile"**

**"Carico per carichi sismici > Carico ammissibile per carichi sismici"**

Questi controlli vengono eseguiti solamente quando sono stati introdotti tramite archivio degli isolatori in cui siano presenti le caratteristiche in esame.

Il controllo "Carico per carichi statici > Carico ammissibile per carichi statici" ha in genere un carattere dirimente sulla bontà dell'isolatore definito, mentre i secondi due richiedono di considerare diversi fattori:

- **Stato limite in esame.** Lo spostamento e le sollecitazioni dipendono ovviamente dallo stato limite per cui si sta eseguendo il calcolo (si veda anche **Calcolo struttura**). Alcuni produttori riportano in catalogo valori validi allo SLC, altri allo SLV e a volte misti o non ben specificati. Sarebbe bene controllare con il produttore il significato dei valori forniti.
- **Contemporaneità segnalazioni.** Quando viene segnalato un carico sismico eccessivo, ma non uno spostamento eccessivo, la soluzione adottata potrebbe comunque essere valida, infatti un isolatore con un dato carico massimo e relativo spostamento ammissibile può essere in grado, per spostamenti di progetto inferiori, di portare un carico maggiore di quanto indicato nel catalogo. Anche in tal caso è bene controllare con il produttore.

**"Risultano sforzi di trazione"**

Il riferimento è al par. 7.10.4.2 terzo comma e C7.10.4.2, comma 6 e successivi. Tale segnalazione viene data per consentire al progettista di controllare l'entità degli sforzi di trazione ed eventualmente prendere gli opportuni provvedimenti. Viene riportato il massimo fra i diversi sforzi di trazione risultanti dall'analisi nelle diverse CC.

**"Spostamento pilastro sottostante > 1/20 Spostamento isolatore"**

Il riferimento è al par. 7.10.4.3 secondo comma del D.M. 17/01/18.

## Creazione disegni carpenterie di piano

### Introduzione

È possibile creare i disegni delle carpenterie di piano e della pianta dei fili fissi anche a quote diverse da quelle degli impalcati definiti, disegnare la carpenteria della copertura, i prospetti e le sezioni dell'edificio.

Il disegno delle carpenterie (tutte o singole) può ovviamente essere effettuato anche se la struttura non è stata calcolata. Se nella struttura sono presenti elementi in muratura ordinaria vengono creati anche i disegni delle carpenterie di piano dei pannelli murari sia del **modello definito per maschi** sia del **modello definito per pareti**.

La creazione automatica delle carpenterie di piano può essere effettuata in diversi modi:



- Nel gruppo **Disegni** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Carpenterie di piano**.  
Nella finestra di dialogo relativa alle carpenterie di piano da disegnare automaticamente è possibile effettuare le seguenti scelte:  
**Tutti**: vengono disegnate le carpenterie di piano alle quote di tutti gli impalcati definiti e la pianta dei fili fissi a quota 0.  
**Impalcati**: vengono disegnate le carpenterie di piano come specificato nelle seguenti opzioni. Se nessuna opzione è specificata vengono disegnate le carpenterie di piano alle quote di tutti gli impalcati definiti e la pianta dei fili fissi a quota 0.
- **Numeri**: specificare i numeri degli impalcati, separati da spazio, di cui si desidera il disegno della carpenteria di piano.
- **Quote**: indicare le quote degli orizzontamenti, separate da spazio, di cui si desidera il disegno della carpenteria di piano. Non occorre che le quote coincidano con gli impalcati.
- **Quota fili fissi**: indicare la quota dell'orizzontamento per cui si desidera il disegno della pianta dei fili fissi.  
**Impalcato corrente**: questa opzione è attiva solo se il piano di visualizzazione coincide con una delle quote degli impalcati. In tal caso viene creata la relativa carpenteria di piano.  
**Passante per tre nodi selezionati**: viene disegnata la carpenteria di piano relativa alle aste che giacciono nel piano individuato dai tre nodi selezionati. È possibile specificare sia il **Nome del file** in cui salvare il disegno sia il **Titolo del disegno**. Quest'opzione permette di disegnare la carpenteria della falda di un tetto, i prospetti e le sezioni dell'edificio. I disegni così creati possono essere utilizzati per progettare l'armatura dei solai.  
**Usando le aste selezionate**: viene disegnata la carpenteria di piano relativa alle aste selezionate. È possibile specificare sia il **Nome del file** in cui salvare il disegno sia il **Titolo del disegno**. Quest'opzione permette di disegnare le carpenterie di piano di un insieme di aste inclinate come nel caso delle falde di un tetto. Non utilizzare questa opzione per disegnare i prospetti e le sezioni degli edifici ma utilizzare la precedente.
- Nelle **finestre di modellazione** con il tasto destro su un nodo appartenente all'orizzontamento di cui si vuole disegnare la carpenteria ► *Elaborazioni e Ms-Cad* ► *Crea carpenteria di piano*.  
In questo caso viene disegnata solo la carpenteria relativa alla quota del nodo selezionato.
- Nell'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome della carpenteria (che è stata precedentemente disegnata) ► *Ricrea disegno carpenteria*.  
In questo caso viene ricreata la carpenteria di piano selezionata aggiornandola alla geometria della struttura.

## Criteri di disegno carpenterie di piano

Nella creazione dei disegni delle carpenterie di piano oltre alle direttive dei **criteri generali di disegno**, sono specificabili numerose altre opzioni.

### Parametri di disegno

**Scala disegno**: specificare la scala con la quale disegnare le carpenterie di piano.

**Disegno pilastri al piede dei muri**: specificare se disegnare sulla pianta anche i pilastri che spiccano dalla testa di muri che hanno il piede sulla pianta in questione. È utile, ad esempio, per riportare il disegno dei pilastri anche nella pianta di fondazione in corrispondenza delle zone in cui si trovano muri in calcestruzzo, mentre i pilastri partono dal primo piano. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Sulla pianta del piano 0**
- **Sulla pianta dei fili fissi**

Se entrambe le opzioni sono deselezionate non verranno disegnati i pilastri, mentre se sono entrambe selezionate verranno disegnati i pilastri sulla pianta del piano 0 e sulla pianta dei fili fissi.

**Campitura dei muri sotto il piano**: specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per i muri e gli elementi bidimensionali posizionati sotto il piano della carpenteria, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Rada**
- **Fitta**

**Campitura dei muri sopra il piano:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per i muri e gli elementi bidimensionali posizionati sopra il piano della carpenteria, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Rada
- Fitta

**Campitura dei pilastri sotto il piano:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per i pilastri posizionati sotto il piano della carpenteria, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Rada
- Fitta

**Campitura dei pilastri sopra il piano:** specificare se effettuare ed il tipo di campitura da utilizzare per i pilastri posizionati sopra il piano della carpenteria, con riferimento a quanto specificato nei criteri generali di disegno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Rada
- Fitta

**Indicazione numero muri o nuclei sotto il piano:** specificare se riportare nel disegno la numerazione dei muri, degli elementi bidimensionali o dei nuclei posizionati sotto il piano della carpenteria.

**Indicazione numero muri o nuclei sopra il piano:** specificare se riportare nel disegno la numerazione dei muri, degli elementi bidimensionali o dei nuclei posizionati sopra il piano della carpenteria.

**Indicazione numero travi:** specificare se riportare nel disegno la numerazione delle travi.

## Quotature

**Quotatura pilastri:** specificare se riportare nel disegno anche la quotatura delle dimensioni dei pilastri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Quotare le dimensioni dei pilastri superiori
- Quotare le dimensioni dei pilastri inferiori

**Quotatura muri sotto il piano:** specificare se riportare nel disegno la quotatura dei muri e degli elementi bidimensionali posizionati sotto il piano della carpenteria.

**Quotatura muri sopra il piano:** specificare se riportare nel disegno la quotatura dei muri e degli elementi bidimensionali posizionati sopra il piano della carpenteria.

**Quotatura travi:** specificare se riportare nel disegno la quotatura delle dimensioni delle travi.

**Quotatura perimetro esterno:** specificare se riportare nel disegno la quotatura del perimetro esterno della carpenteria.

**Quotatura interna carpenterie:** specificare se riportare nel disegno la quotatura degli elementi interni della carpenteria non allineati con punti già quotati lungo il perimetro esterno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Quotare gli elementi singolarmente
- Quotare gli elementi lungo gli allineamenti
- Ripetizione quote interne carpenterie: specificare se eventuali nodi interni, il cui posizionamento risulta comunque fissato da altre quote interne, debbano essere quotati ugualmente.

**Quotatura interna pianta fili fissi:** specificare se deve essere effettuata la quotatura degli elementi interni della pianta dei fili fissi non allineati con punti già quotati lungo il perimetro esterno. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Quotare gli elementi singolarmente
- Quotare gli elementi lungo gli allineamenti
- Ripetizione quote interne fili fissi: specificare se eventuali nodi interni, il cui posizionamento risulta comunque fissato da altre quote interne, debbano essere quotati ugualmente.

**Disegno allineamenti in pianta fili fissi:** specificare se debbano essere evidenziati con linee tratteggiate gli allineamenti presenti nella pianta dei fili fissi.

## Note tecniche

---

- Vengono disegnate solo le aste i cui nodi di estremità hanno la coordinata Z corrispondente alla quota dell'impalcato.

- Vengono eliminate eventuali linee sovrapposte lasciando le linee di spessore maggiore.
- Vengono unificate le linee "spezzate" che appartengono alla stessa retta.
- Vengono "rifusi" gli elementi bidimensionali (meshati o meno) per quotare e disegnare solo le linee di perimetro.
- Vengono disegnate anche eventuali aste in acciaio presenti nella struttura.
- Vengono disegnati i plinti definiti considerando le intersezioni con eventuali cordoli o travi incidenti.
- Vengono posizionati in modo da incontrare il minor numero di linee i testi, i cerchi con il numero dei pilastri, le quote interne, ecc.
- Vengono attivate o meno mediante i criteri di disegno le campiture, le numerazioni e le quotature degli elementi.

## Assemblaggio tavole

### Introduzione

La procedura di assemblaggio tavole viene effettuata trascinando uno o più disegni dall'albero del progetto all'interno di un **disegno prototipo** che generalmente contiene la squadratura del foglio da plottare e la copertina del lavoro.

I disegni prototipi hanno estensione .GDT e possono essere salvati ovunque anche se per default vengono cercati fra i **disegni di libreria** e non vengono riportati nell'albero del progetto. Con il programma vengono forniti alcuni prototipi generici con le più consuete dimensioni dei fogli utilizzati per le tavole tecniche.

La gestione dei disegni prototipi consentirà poi di creare ad esempio una squadratura di base contenente i dati dello studio, e successivamente di adattarla alle varie tavole da creare. Ad esempio:

**A0.GDT:** disegno prototipo contenente solo la squadratura;

**A0studio.GDT:** disegno prototipo con la mascherina personalizzata e con l'intestazione dello studio;

**A0lavoro.GDT:** disegno prototipo con la mascherina personalizzata e con l'intestazione dello studio e del lavoro corrente.


Utilizzando poi A0lavoro.GDT come prototipo per l'assemblaggio delle tavole sarà sufficiente per ogni tavola aggiungere semplicemente le diciture specifiche nella mascherina (esempio TAV 1 - Travi primo impalcato).

Nel gruppo **Elaborati finali** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Assemblaggio tavole**  sarà poi possibile passare alla **creazione delle tavole**.

Le tavole che vengono create sono associate al progetto e vengono obbligatoriamente salvate nella cartella relativa ai **dati del progetto** mentre nell'**albero del progetto** vengono riportate nella cartella *Altri disegni*.

È anche possibile consultare il tutorial: **Assemblaggio tavole**.

### Creazione delle tavole


Nel gruppo **Elaborati finali** della scheda **Post-Processor** cliccando su **Assemblaggio tavole**  è possibile creare una nuova tavola assemblata aprendo un disegno prototipo e inserendovi i disegni.



I disegni vengono inseriti nella tavola come indicato in **Inserimento disegni**, attraverso il **trascinamento** dall'albero del progetto e risultano collegati alla tavola in modo **dinamico**. Eventuali modifiche apportate al disegno originale si riflettono automaticamente anche nella tavola.

La procedura di assemblaggio tavole può essere effettuata in due diverse modalità in funzione del tipo di trascinamento:


- **Trascinamento singolo:** il disegno viene agganciato al cursore e sarà possibile posizionarlo direttamente all'interno della tavola.
- **Trascinamento multiplo:** i disegni vengono automaticamente posizionati in colonna a destra del disegno prototipo. In questo modo si ha una visione d'insieme dell'ingombro dei diversi disegni prima ancora di inserirli nella tavola.

Per effettuare il **trascinamento multiplo** occorre selezionare più file dall'albero del progetto utilizzando i tasti "Shift" e "Ctrl" e poi trascinarli insieme nella finestra di assemblaggio tavole.

I disegni possono essere posizionati all'interno del foglio in modo manuale oppure in modo automatico disponendoli con **Ottimizzando lo spazio**  in modo da ottimizzare lo spazio a disposizione oppure con **Or-**

**dinati per nome**  in modo da disporli ordinati per nome inoltre, **Laterali alla tavola**  dà la possibilità di estrarre dal foglio i disegni posizionati sia manualmente che automaticamente.

Dopo aver posizionato i disegni all'interno della tavola, sarà sufficiente salvare il disegno così ottenuto clic-

cando su **Salva tavola** , **anche se alcuni disegni risultano ancora esterni al foglio**. La procedura di assemblaggio tavole crea la tavola col nome indicato e svuota il prototipo dai disegni contenuti. Si potrà quindi procedere modificando eventualmente l'intestazione della mascherina e continuando l'inserimento dei disegni che sono ancora esterni al foglio.




Per modificare un'esistente tavola assemblata occorre aprirla dall'**albero del progetto** con il tasto destro sul nome della tavola ► *Apri in assemblaggio tavole*, eseguire le modifiche e salvarla cliccando su **Salva tavola**




specificando lo stesso nome precedentemente assegnato alla tavola.

È anche possibile consultare il tutorial: **Assemblaggio tavole**.




## Creazione o modifica dei prototipi

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Nuovo**  e poi **Disegno prototipo tavola**  è possibile creare un nuovo disegno prototipo specificando le dimensioni del foglio necessarie ad individuare l'area del disegno che verrà salvata o stampata.

Differentemente dai normali disegni Ms-Cad in questo caso è obbligatorio specificare le **dimensioni del foglio** necessarie all'assemblaggio tavole per una corretta gestione dell'impaginazione. Il fattore di scala è obbligatoriamente 1:1 e non viene richiesto.

Il disegno prototipo può essere disegnato con i normali comandi di Ms-Cad oppure cliccando nel gruppo **Entità grafiche** della scheda **Ms-Cad** su **Inserisce**  può essere importato da un file DXF/DWG contenente la squadratura del foglio da plottare e la mascherina del lavoro.


Dal menu dell'applicazione  selezionando **Apri**  e poi **Disegno prototipo tavola**  è possibile modificare un disegno prototipo esistente.

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Salva con nome**  e poi **Disegno prototipo tavola**  è possibile salvare le modifiche effettuate ad un prototipo esistente mantenendo invariato l'originale.

## Relazione di calcolo

### Introduzione



La creazione della relazione di calcolo, completa o parziale, si effettua cliccando nel gruppo **Elaborati finali**

della scheda **Post-Processor** su **Relazione di calcolo** .

Per poterla visualizzare è necessario che sia sul computer installato un programma di videoscrittura come Microsoft Word o OpenOffice. Al termine dell'elaborazione viene visualizzata la relazione in modo da poterla controllare, modificare o stampare.

Oltre ai dati ed ai risultati è anche possibile selezionare l'introduzione in cui vengono inserite alcune note relative ai sistemi di riferimento, alle unità di misura utilizzate e alle normative adottate.

È possibile inserire delle introduzioni personalizzate ai vari capitoli della relazione con l'opzione *Introduzione ai capitoli* presente nella scheda "Relazione" delle opzioni di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applica-

zione  e poi su **Opzioni** .



La finestra di dialogo si presenta suddivisa essenzialmente in tre colonne. Nella colonna di sinistra è riportato l'elenco dei dati, dei risultati e delle verifiche dei soli elementi progettati o verificati. Nella colonna centrale vengono riportate le **immagini salvate nella struttura, nel progetto** o importate da altre cartelle. Nella colonna di destra viene visualizzata un'anteprima della struttura della relazione di calcolo che verrà creata.

Per inserire un'immagine all'interno della relazione è sufficiente selezionarla e trascinarla all'interno della colonna di sinistra della finestra di dialogo e posizionarla poi nel punto desiderato. Per eliminare le immagini non più presenti nella struttura è sufficiente cliccare sul bottone "Elimina immagini evidenziate".

È possibile fare generare automaticamente al programma le immagini relative alle quattro viste prospettiche ed agli impalcati della struttura cliccando sul bottone "Crea immagini struttura". Le immagini generate verranno inserite tra le **immagini salvate nella struttura** e potranno essere inserite nella relazione con la procedura precedentemente descritta.

È possibile modificare la sequenza dei paragrafi della relazione selezionando un paragrafo e trascinandolo nel punto desiderato.

Il formato della pagina, il tipo e l'altezza del carattere, ecc. si impostano nelle opzioni di ModeSt, apribili

cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** .

Con il bottone **Opzioni** si può personalizzare la relazione scegliendo sia l'insieme di nodi, aste, muri/elementi bidimensionali sia le combinazioni delle CCE o le CCE per i quali ottenere le stampe dei risultati del calcolo, scegliere l'insieme di travate, pilastri, pareti, nuclei, solette/platee, plinti/pali, solai, tamponature, aste in acciaio, reticolari, collegamenti, aste in legno, elementi di fondazione (travi, platee, plinti/pali) per i quali ottenere le stampe delle verifiche. Con il bottone **Copertina** è possibile creare la copertina della relazione con i dati inseriti all'interno della relativa finestra di dialogo. Non è possibile creare la copertina se la relazione è del tipo RTF semplificato, HTML o PDF.

**Nota:** per creare il sommario con OpenOffice, nella finestra di dialogo che compare al termine della creazione della relazione di calcolo deselezionare l'opzione "Struttura" e selezionare "Altri stili". Cliccare sul bottone a destra di "Altri stili", selezionare STILE1 e cliccare una volta sul bottone ">>", selezionare STILE2 e cliccare due volte sul bottone ">>", chiudere le finestre di dialogo per creare il sommario.

## Impostazioni relazione di calcolo

### Generali

**Usa il sistema tecnico:** è possibile specificare se creare la relazione con il sistema tecnico o con l'unità di misura corrente.

**Formato della relazione:** specificare se creare la relazione in formato RTF semplificato, RTF, HTML, PDF o DOCX.

**Lingua:** selezionare dall'elenco la lingua con cui creare la relazione. Per creare la relazione in una lingua diversa dall'Italiano occorre copiare i file forniti con l'installazione del programma (ITALIANO.INT, ITALIANO.CL, ITALIANO.CG, ITALIANO.AMR, ITALIANO.LNG) e presenti nella cartella RELAZIONE che è una sotto-cartella di ETC di ModeSt, rinominarli ad esempio ITALIANO.INT in TEDESCO.INT, aprire i file con un editor di testo (blocco note) e tradurli.

**Simbologia:** specificare se inserire le simbologie relative ad ogni opzione selezionata.

**Sommario:** specificare se creare il sommario.

**Introduzione ai capitoli:** specificare se inserire un'introduzione personalizzata ad ogni capitolo della relazione. Per personalizzare le introduzioni occorre modificare i file forniti con l'installazione del programma e presenti nella cartella RELAZIONE che è una sotto-cartella di ETC di ModeSt. I file vanno salvati nel formato RTF e vengono inseriti solo se la relazione viene creata con Microsoft Word.

**Interruzione di pagina alla fine dei capitoli:** specificare se inserire un'interruzione di pagina alla fine dei capitoli.

**Numerazione pagine:** specificare se effettuare la numerazione delle pagine e inserire un'intestazione di pagina con il testo specificato.

**Larghezza immagini:** specificare la larghezza delle immagini che verranno inserite nella relazione di calcolo.

### Imposta testo

È possibile specificare il tipo e l'altezza dei caratteri da utilizzare per il corpo del testo, per il titolo principale, secondario, terziario e per il titolo delle immagini.

### Imposta pagina

È possibile specificare il formato e l'orientamento della pagina e personalizzarne il layout specificando le dimensioni dei margini. Inoltre è possibile stabilire l'altezza dell'intestazione di pagina.

### Imposta tabelle

**Colora sfondo titoli celle:** specificare se colorare le celle dei titoli delle tabelle.

**Evidenzia bordo celle:** specificare se evidenziare con un bordo le celle delle tabelle.

**Disponi su più colonne la tabella:** specificare se disporre la tabella su più colonne separandole con una colonna di larghezza specificata in **Spessore della colonna separatrice di tabelle**.

**Criteri di impaginazione:** nella creazione delle tabelle contenute in relazione, il programma determina la dimensione delle celle e della tabella in funzione delle dimensioni del carattere del corpo del testo, dei dati contenuti nella cella e di quanto specificato come spazio fra margini colonna e testo contenuto.

Nelle celle in cui ciò è fattibile se il numero di caratteri supera quanto specificato in **Max numero di caratteri per cella** il testo viene disposto su più righe. Se la dimensione della tabella così calcolata risulta maggiore della larghezza della pagina, il numero di caratteri in tali celle viene diminuito progressivamente fino a **Min. numero di caratteri per cella** ripetendo ogni volta il calcolo delle dimensioni.

Raggiunta tale minima dimensione, l'altezza del carattere viene progressivamente ridotta e la procedura viene ripetuta fino a raggiungere quanto specificato in **Riduci automaticamente carattere fino a**.

## Opzioni

---

### Risultati

**Tipo di stampa sollecitazioni:** specificare se raggruppare i risultati del calcolo per ogni combinazione delle CCE o per ogni CCE.

**Somma componenti prive di segno:** nel caso in cui il tipo di sollecitazione selezionato abbia componenti prive di segno è possibile scegliere se tali componenti vadano riportate separatamente dalla parte con segno o se debba essere visualizzata sia la somma che la differenza dei valori.

**Spostamenti relativi con altezza netta:** specificare se valutare gli spostamenti relativi rispetto all'altezza netta di interpiano (lunghezza pilastri decurtata delle zone rigide) o rispetto all'altezza teorica (distanza fra i nodi).

**Modalità di stampa risultati:** è possibile specificare:

- se raggruppare i risultati del calcolo per ogni singolo elemento;
- se stampare le sollecitazioni relative alle combinazioni delle CCE o alle CCE;
- se stampare i soli valori massimi e minimi dei risultati del calcolo nelle varie combinazioni delle CCE o CCE e di raggruppare gli elementi bidimensionali con lo stesso numero. L'opzione **Raggruppa elementi bidimensionali con lo stesso numero** permette di ridurre il numero di elementi riportati nella tabella delle tensioni nei bidimensionali in quanto, per ogni elemento bidimensionale con lo stesso numero, viene stampato soltanto in quale nodo e in quale CC o CCE si ha il valore massimo o minimo della tensione.

**Selezione:** è possibile specificare sia l'insieme di nodi, aste, muri/elementi bidimensionali sia le combinazioni delle CCE o le CCE per i quali ottenere le stampe dei risultati del calcolo. Le specifiche per la selezione degli elementi sono quelle riportate in **Selezione nodi**, **Selezione aste**, **Selezione muri/elementi bidimensionali**, ai quali si rimanda per maggiori dettagli, ad esclusione di FIN, FINC e VIS. In particolare se nella sequenza di selezioni (ad esempio IMP 1 QQZ 0 SEL) è presente l'opzione SEL questa viene eseguita per prima. Nella selezione dei risultati è possibile specificare quali risultati stampare digitandone i numeri separati da spazi (ad esempio digitando 1 3, vengono stampati i dati relativi ai risultati 1 e 3) o specificando la sigla di un gruppo di risultati: SLO, SLD, SLV, SLC, SLER, SLEF, SLEQ, SLI. Digitando la sigla ALL (opzione di default) è possibile stampare tutti i risultati.

### Elementi progettati

Consente di specificare l'insieme di travate, pilastrate, pareti, nuclei, solette/platee, plinti/pali, solai, reticolari e collegamenti per i quali ottenere le stampe delle verifiche. Le specifiche sono quelle riportate in **Selezione aste**, **Selezione muri/elementi bidimensionali**, **Selezione plinti/pali**, **Selezione reticolari** ad esclusione dei solai (per i quali occorre indicare il numero dell'impalcato) e dei collegamenti (per i quali occorre indicare i **nome dei collegamenti** progettati).

## Copertina

---

La copertina viene creata inserendo i dati specificati all'interno del modello selezionato.

Per creare un nuovo modello di copertina, con i dati presenti nella finestra di dialogo, occorre creare un file RTF, il cui nome inizi con Copertina, nella cartella FILES di ModeSt (dove risiedono anche quelle fornite con l'installazione del programma) in cui, accanto al dato richiesto, sia presente una variabile inserita tra i caratteri #. L'elenco dei dati e delle variabili è il seguente:

Comune di #Comune#

Provincia di #Provincia#



Località #Località#  
#Descrizione1#  
#Descrizione2#  
Committente: #Committente#  
Costruttore: #Costruttore#  
Progettista: #Progettista#  
Direttore lavori: #DirLavori#  
Data: #Data#

Nel modello della copertina è ovviamente possibile non utilizzare alcune variabili.  
Non è possibile creare la copertina se la relazione è del tipo RTF semplificato, HTML o PDF.

## Relazione di confronto

La creazione della relazione di confronto fra due strutture si effettua cliccando nel gruppo **Elaborati finali**

della scheda **Post-Processor** sulla freccia sottostante **Relazione di calcolo** .

In particolare vengono confrontati gli indici di sicurezza in termini di accelerazione e di periodo di ritorno, riportandone le differenze. L'uso tipico di tale procedura è riassumere in modo chiaro l'effetto di interventi di rinforzo o modifica su strutture esistenti, ma può essere utile anche nel caso di sopraelevazioni, cambio di destinazione d'uso, ecc. Con questa relazione di confronto è agevole dimostrare che si è effettuato un miglioramento.

Le due strutture possono infatti anche essere diverse, purché siano state calcolate con gli stessi metodi (entrambe pushover o entrambe in analisi lineare con fattore di comportamento e valutazione degli indici di sicurezza) e che in entrambe sia stato richiesto il calcolo degli stessi stati limite.

Le due strutture devono essere nello stesso progetto e la struttura corrente viene assunta come "Stato di progetto". Viene richiesto il nome della seconda struttura, intesa come "Stato attuale", e viene creata una relazione di calcolo con le stesse opzioni e modalità della normale relazione di calcolo.

Nel caso di analisi pushover vengono messe a confronto anche le curve carico-spostamento e gli spettri ADRS delle due strutture.

## Relazione per Sismabonus

La creazione della relazione di confronto fra due strutture al fine di ottenere l'agevolazione fiscale nota anche come Sismabonus si effettua cliccando nel gruppo **Elaborati finali** della scheda **Post-Processor** sulla freccia

sottostante **Relazione di calcolo** .

In particolare vengono confrontate nel dettaglio le classi di rischio riportandone le differenze. Con questa relazione è agevole dimostrare la variazione della classe di rischio al fine di ottenere la suddetta agevolazione fiscale.

Le due strutture possono infatti anche essere diverse, purché siano state calcolate con gli stessi metodi (entrambe pushover o entrambe in analisi lineare con fattore di comportamento e valutazione degli indici di sicurezza e della classe di rischio) e che in entrambe sia stato richiesto il calcolo degli stessi stati limite.

Le due strutture devono essere nello stesso progetto e la struttura corrente viene assunta come "*Stato di progetto*". Viene richiesto il nome della seconda struttura, intesa come "*Stato attuale*", e viene creata una relazione di calcolo con le stesse opzioni e modalità della normale relazione di calcolo.

## Approfondimenti e note

### IMPOSTAZIONI RELAZIONE DI CALCOLO

La relazione di calcolo generale relativa alle progettazioni degli elementi viene creata in base alle impostazioni presenti nei criteri di progetto strutturali per ogni tipo di elemento e cioè:

**Travi**

Verifiche a flessione in relazione

☐ Tutte

☐ Max area di ferro teorica superiore e inferiore per flessione

☐ Max area di ferro teorica complessiva per flessione

☐ Max tensione nell'acciaio

☒ Minimizzate

Verifiche a taglio in relazione

☐ Tutte

☐ Max scorrimento per taglio

☒ Max scorrimento per taglio e torsione

## Pilastri

Verifiche in relazione

☐ Tutte

☒ Minimizzate

## Pareti, Nuclei, Solette/Platee, Plinti/Pali, Sezioni, Nodi in acciaio, Pannelli in legno

Tipo di relazione

☒ Sintetica

☐ Estesa

## Aste in acciaio, Aste in legno

Verifiche da riportare in relazione

☒ Tutte

☐ Aste più sollecitate a parità di sezione

☐ Aste più sollecitate a parità di sezione e numero

Inoltre nelle opzioni di ModeSt relative alla relazione di calcolo è possibile impostare se utilizzare il sistema tecnico oppure le unità di misura correnti.



**Relazione di calcolo**


**Generali**


☒ Usa sistema tecnico

Queste impostazioni vengono utilizzate sia nella creazione della relazione di calcolo che nelle progettazioni interattive dei seguenti elementi:

## Travi, Pilastri, Pareti, Nuclei, Solette/Platee, Plinti/Pali, Sezioni, Nodi in acciaio, Pannelli in legno

Nelle progettazioni interattive è possibile cambiare tali impostazioni per i singoli elementi, cliccando nel gruppo


**Generali** sulla freccia a destra di **Anteprima rel.**  e scegliendo se creare la relazione in forma sintetica o estesa e se usare o meno il sistema tecnico oppure le unità di misura correnti.

**Anteprima rel.** 

☒ Sintetica

☐ Estesa

☒ Usa sistema tecnico

Salvando i dati (cliccando nella **Barra di accesso rapido** su ) la relazione di calcolo generale verrà successivamente creata in base alle impostazioni di ogni singolo elemento. Cioè sarà possibile ad esempio ottenere una relazione di calcolo generale sintetica per tutti gli elementi meno uno per il quale è stato scelto di farla estesa.

**Nota:** nel caso si voglia cambiare la relazione di calcolo da sintetica ad estesa (ad esempio) per una o per tutte le tipologie di elementi (travi, pilastri, ecc.) occorre cambiare le impostazioni, su citate, nei relativi criteri di progetto strutturali e lanciare la **riverifica** degli elementi progettati selezionando le tipologie di elementi interessate e successivamente lanciare la creazione della relazione di calcolo (cliccando nel gruppo **Elaborati**

**finali** della scheda **Post-Processor** su **Relazione di calcolo** ).

## RIGIDENZE TEORICHE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

Nella creazione della relazione di calcolo generale non sono presenti i capitoli relativi alle **rigidezze teoriche** e i controlli di accettazione della struttura, quest'ultime vengono generate al termine delle relative procedure e possono essere sia salvate che stampate.

# Piano di manutenzione

## Redazione piano di manutenzione

La redazione del "piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera" come previsto dal D.M. 17/01/18 si esegue cliccando nel gruppo **Elaborati finali** della scheda **Post-Processor** su **Piano di manutenzione**



Il piano di manutenzione è composto da:

- **Manuale d'uso**, che riporta le informazioni sulle modalità di fruizione e conservazione del bene e sulle procedure da adottare per riconoscere fenomeni di deterioramento anomalo del bene.
- **Manuale di manutenzione**, dove vengono indicati, per ogni elemento manutenibile, le anomalie riscontrabili, gli schemi e le rappresentazioni grafiche, il livello minimo delle prestazioni e le descrizioni delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo.
- **Programma di manutenzione** articolato secondo il **sottoprogramma delle prestazioni** fornite dall'opera e da ogni suo elemento durante il ciclo di vita, catalogate per classe di requisito; il **sottoprogramma dei controlli** (utile a rilevare il livello prestazionale durante la vita del bene e ad individuare l'andamento della caduta delle prestazioni) e il **sottoprogramma degli interventi di manutenzione** (che rileva l'ordine temporale delle lavorazioni e raccoglie le informazioni per una corretta conservazione del bene).

La procedura è pensata per redigere il piano di manutenzione di strutture modellate con ModeSt, ed in tal senso viene fornita con un database di default relativo agli elementi strutturali. Essendo però una procedura completamente configurabile e personalizzabile può essere utilizzata anche per la redazione dei piani di manutenzione di qualsiasi tipo (impianti, finiture, ecc.).

È possibile visualizzare un'anteprima del piano di manutenzione in modo da poterlo controllare, dopodiché creare il piano di manutenzione che verrà visualizzato nel programma di videoscrittura come Microsoft Word o OpenOffice se installato sul computer oppure nel browser predefinito.

## Ms-Cad

### Introduzione

ModeSt contiene al suo interno un CAD bidimensionale denominato Ms-Cad, tramite il quale è possibile creare disegni di qualunque tipo e modificare quelli creati in automatico da ModeSt.

Nell'ambito della gestione del progetto, i disegni possono essere gestiti in due modi diversi:

**Disegni associati alla struttura:** possono essere creati solo se c'è una **struttura corrente** e vengono obbligatoriamente salvati sul disco fisso nella **cartella dei disegni relativi alla struttura** mentre vengono riportati nell'**albero del progetto** nella cartella *Altri disegni* ► *Altri* relativa alla struttura.

**Disegni associati al progetto:** possono essere creati solo se c'è un progetto aperto e vengono obbligatoriamente salvati sul disco fisso nella cartella relativa ai **dati del progetto** mentre vengono riportati nell'**albero del progetto** nella cartella *Altri disegni*.

Le diverse modalità di associazione sono state concepite per favorire una migliore organizzazione dei disegni ma non si riflettono sulle possibilità di operare sui disegni stessi o sulla possibilità di utilizzarli nell'assemblaggio tavole.

È possibile anche creare disegni completamente indipendenti che per default vengono memorizzati nella cartella relativa ai **disegni di libreria**, ma che l'utente può memorizzare ovunque. I disegni presenti nella cartella della libreria vengono riportati nell'**albero del progetto** nella cartella *Libreria*.

### Modalità operative

La selezione e la modifica delle entità in Ms-Cad può essere effettuata secondo le modalità standard di ModeSt:


- Lancio del comando e selezione delle entità su cui operare.
- Selezione delle entità grafiche e lancio del comando. In tal caso l'azione viene eseguita in automatico sulle entità selezionate, se necessario chiedendo ulteriori dati o parametri.




- Tasto destro del mouse sull'entità e selezione del comando da eseguire ("Shift" clic col tasto destro avvia il comando sulle entità preselezionate).

Si tenga presente che Ms-Cad si trova sempre nella modalità di selezione automatica delle entità e quindi è possibile eseguire le seguenti azioni:

- **Clic** su un'entità per selezionarla.
- **Clic su un punto** dello sfondo della finestra per attivare la selezione a finestra delle entità.
- **Shift clic** su un'entità selezionata per deseleggerla.

Le entità selezionate, oltre ad essere disegnate in un altro colore, evidenziano dei punti particolari, detti **grip** (rappresentati da quadratini colorati). Il clic su questi punti avvia in automatico alcuni comandi:

- **Clic sul grip di cerchi e testi:** attiva **Sposta**  con punto base dello spostamento già definito.
- **Clic sui grip di linee:** il grip *centrale* attiva **Sposta** , i grip d'*estremità* attivano **Stira**  per tutte le linee incidenti, in ogni caso con punto base dello spostamento già definito.
- **Shift clic sul grip di qualsiasi entità:** attiva **Sposta**  su tutte le entità selezionate, con punto base dello spostamento già definito.

Dopo che il comando è stato attivato in questo modo, è possibile passare ad un altro comando (**Stira** , **Copia** , **Sposta** ) o modificare il punto base utilizzando la combinazione **Ctrl clic col tasto destro** e selezionando l'opzione desiderata dal menu a comparsa.

Da notare che in Ms-Cad è possibile cancellare le entità selezionate anche premendo il **tasto Canc** (della tastiera).

**Argomenti correlati:** Menu a comparsa.

## Scala e dimensione foglio

Quando viene creato un nuovo disegno Ms-Cad viene richiesto, oltre al nome del file, di specificare il fattore di scala previsto per il plottaggio e le dimensioni del foglio.

**Scala:** il fattore di scala viene richiesto per consentire all'utente l'inserimento delle entità grafiche e la misura delle distanze facendo riferimento alle reali dimensioni dell'oggetto. In questo modo si ha un'agevole gestione delle altezze dei testi e delle quotature. Sapendo infatti quale sarà il fattore di scala di plottaggio, ModeSt permette all'utente di introdurre e gestire le altezze dei testi e le modalità di disegno delle quote fornendo e chiedendo all'utente la misura esatta che avrà il testo nel disegno plottato. Una volta stabilita la scala del disegno potremo specificare come altezza di un testo ad esempio 6 mm con la certezza che questa sarà l'altezza sul **foglio plottato**, senza dover fare noiose conversioni.

**Dimensione foglio:** la dimensione del foglio può essere lasciata indeterminata, specialmente se il disegno è destinato ad essere successivamente inserito in una tavola completa. Se si pensa di procedere a stampe o plottaggi diretti, la dimensione del foglio (che viene visualizzata nelle finestre Ms-Cad) aiuta a capire se il disegno è tutto contenuto nell'area disponibile per la stampa.

Sia il fattore di scala che le dimensioni del foglio possono essere modificate con il tasto destro del mouse sullo sfondo della finestra ► *Opzioni di disegno*.

Quando viene modificata la scala viene richiesto se i testi debbano essere adattati al nuovo fattore di scala in modo da garantirne il plottaggio sempre nell'altezza originariamente specificata, o se debbano essere scalati insieme alle altre entità.

## Layer

Ms-Cad, come tutti i programmi di CAD, gestisce la suddivisione delle entità grafiche su diversi livelli (layer).

I layer possono essere attivati e disattivati sia per la visualizzazione (solo le entità su alcuni layer sono visibili), sia per la modifica (solo le entità su alcuni layer sono selezionabili e quindi modificabili). Un layer è inoltre definito come **corrente** e le nuove entità inserite apparterranno ad esso, nella consueta filosofia di ModeSt delle **Proprietà correnti**.

La gestione dei layer visibili e modificabili si effettua tramite il comando **SL** digitandolo nella linea di comando mentre il layer corrente si imposta selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa relativa a "Layer" del pannello **Proprietà correnti**.

Per garantire la congruenza con i disegni creati in automatico da ModeSt, la definizione dei layer è predefinita e non può essere modificata dall'utente, che non può attualmente creare layer personalizzati.

Il significato dei nomi dei layer è il seguente:


<b>GEO1</b>	Entità geometriche da rappresentare con penna fine e tratto continuo
<b>GEO2</b>	Entità geometriche da rappresentare con penna media e tratto continuo
<b>GEO3</b>	Entità geometriche da rappresentare con penna grossa e tratto continuo
<b>TRAT-GEO1</b>	Entità geometriche da rappresentare con penna fine e linea tratteggiata
<b>TRAT-GEO2</b>	Entità geometriche da rappresentare con penna media e linea tratteggiata
<b>TRAT-GEO3</b>	Entità geometriche da rappresentare con penna grossa e linea tratteggiata
<b>CAMPI-TURE</b>	Campiture (penna fine e linea continua)
<b>TALTI</b>	Testi classificati "alti" (penna grossa)
<b>TMEDI</b>	Testi classificati "medi" (penna media)
<b>TPICCOLI</b>	Testi classificati "piccoli" (penna media)
<b>TQUOTE</b>	Testi quotature (penna media)
<b>TFERRI</b>	Testi che indicano diametri e lunghezze dei ferri d'armatura (penna media)
<b>LQUOTE</b>	Linee quotature (penna fine)
<b>LQINCL</b>	Linee diagonali d'estremità delle quotature (penna grossa)
<b>LRIFER</b>	Linee che indicano un riferimento ad un'altra entità (penna fine)
<b>LINDSEZ</b>	Linee che indicano la posizione di una sezione (penna grossa)
<b>TINDSEZ</b>	Testi che indicano una sezione (penna grossa)
<b>LINTDIS</b>	Linee di interruzione del disegno (penna fine)
<b>CTESTI</b>	Cerchi intorno ai testi (penna media)
<b>FERRI</b>	Ferri d'armatura (penna grossa)
<b>RIFFERRI</b>	Linee di riferimento a ferri d'armatura (penna fine)


Pur restando libera al momento del plottaggio la associazione fra colori e spessori delle penne (si veda anche **Stampa e plottaggio disegni**) nella definizione di default dei layer ModeSt assume che il colore rosso sia associato ad una penna fine (0.1-0.2), il giallo ad una penna media (0.3-0.4) e il verde ad una penna grossa (0.5-0.6).

Il colore e il tipo di penna associato ai diversi layer possono essere modificati come indicato in **Schemi di colore**.


## Inserimento disegni

L'inserimento di un disegno all'interno di un altro (ad esempio un particolare di libreria) può essere effettuato in Ms-Cad in due modi che portano a due differenti gestioni del particolare inserito:

Comando <b>Inserisce</b> 	Il disegno viene inserito in modo <b>statico</b> , ossia tutte le entità presenti vengono <b>copiate</b> (eventualmente scalandole) nel disegno finale. Eventuali modifiche nel disegno originale non si riflettono in tutti i disegni che lo contengono.
<b>Trascinamento</b> dall'albero del progetto	Il disegno viene inserito in modo <b>dinamico</b> , viene cioè creato un <b>collegamento</b> (link) al file del disegno originale. Eventuali modifiche al disegno originale si riflettono automaticamente anche in tutti i disegni che lo contengono.

Utilizzando il comando **Inserisce**  è possibile specificare un fattore di scala ed un'eventuale rotazione del disegno inserito, mentre col **Trascinamento** il fattore di scala viene calcolato automaticamente per adattare i due disegni e non è possibile specificare rotazioni.


Quando è necessario effettuare una trasformazione di scala e se nel disegno sono contenute delle entità testo viene richiesto se devono essere mantenute le altezze dei testi. In caso affermativo i testi vengono riscalati in modo che al momento del plottaggio mantengano l'altezza originale, in caso contrario in sede di plottaggio avremo testi proporzionalmente più grandi o più piccoli.

Attraverso il comando **Inserisce**  oppure mediante **Trascinamento** dalla finestra di dialogo delle Risorse del computer di Windows è possibile importare in ambiente Ms-Cad i disegni in formato DXF. In questo caso ModeSt effettua in modo automatico una trasformazione dei layer presenti nel file DXF in modo da adattarla alla definizione dei layer di ModeSt.

La selezione dei disegni inseriti in modo dinamico avviene cliccando su una qualsiasi delle entità che lo compongono. Per gli spostamenti e le procedure rapide indicate in **Modalità operative** viene visualizzato un **grip** al centro del disegno.


Il punto di inserimento e la rotazione dei disegni inseriti in modo dinamico possono essere cambiati anche successivamente con il tasto destro del mouse sul disegno ► *Proprietà*.

Con lo stesso menu a comparsa si possono effettuare anche altre due importanti operazioni:

- **Aprire il disegno:** per modificarlo lavorando nella sua scala originale e una volta salvate le modifiche sarà sufficiente un **Ridisegna**  del disegno che lo contiene per vedere le modifiche apportate.
- **Scollegare il disegno:** per trasformare l'inserimento dinamico in un inserimento statico.


## Gestione disegni

### Creazione e modifica disegni

La creazione di nuovi disegni può essere effettuata dal menu dell'applicazione  selezionando **Nuovo**



e poi **Disegno Ms-Cad** .

La modifica di disegni esistenti può essere effettuata dal menu dell'applicazione  selezionando **Apri**




e poi **Disegno Ms-Cad** .

Possono essere aperti per modifiche i disegni associati al progetto, i disegni associati alla struttura ed i disegni di libreria.

In alternativa è possibile usare il tasto destro del mouse sul nome del disegno nell'**albero del progetto** con l'opzione *Apri in Ms-Cad*.

Per la modifica dei disegni strutturali si consiglia di usare le procedure di progettazione interattiva, che consentono la modifica dei ferri mantenendo le informazioni associate e permettono comunque l'uso dei comandi Ms-Cad per inserire particolari e note. Eliminando o modificando in Ms-Cad entità correlate all'armatura il programma avvisa che il disegno perderà le relative informazioni. Sarà comunque possibile salvare il disegno con un altro nome associandolo al progetto o alla struttura. Si veda anche quanto esposto in **Ms-Cad e progettazione interattiva**.

### Stampa e plottaggio disegni

La stampa dei disegni Ms-Cad può essere effettuata dal menu dell'applicazione  selezionando **Stampa**



dopo aver aperto il disegno e reso attiva la finestra corrispondente.

Il disegno viene stampato nella scala con la quale era stato creato e viene stampato **tutto** indipendentemente dalla parte visualizzata in finestra. Parti eccedenti le dimensioni del foglio non vengono stampate.

Se viene disabilitata la stampa in scala nella finestra di dialogo della stampa, il disegno viene adattato alle dimensioni e all'orientamento del foglio, mantenendo le proporzioni.

Durante la stampa è possibile utilizzare un diverso schema di colore semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo della stampa.

Per il plottaggio occorre attualmente usare un CAD esterno, usando il file DXF corrispondente, oppure (se il plotter lo supporta) configurare il plotter come una stampante di Windows ed utilizzare il driver o il pannello di controllo del plotter per stabilire gli spessori delle penne in relazione ai colori.

**Argomenti correlati:** Schemi di colore, Stampa ed esportazione.

## Criteri generali di disegno

### Parametri vari (1)

**Altezza testi:** specificare l'altezza da utilizzare per i testi. Sono disponibili le seguenti opzioni:

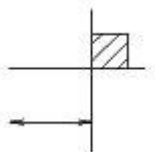
- **Grandi:** specificare l'altezza da utilizzare per i testi classificati come grandi.
- **Medi:** specificare l'altezza da utilizzare per i testi classificati come medi.
- **Piccoli e quotature:** specificare l'altezza da utilizzare per i testi classificati come piccoli e per le quotature.

**Passo per campiture fitte:** specificare il passo da utilizzare per le campiture classificate come fitte o rade. Sono disponibili le seguenti opzioni:

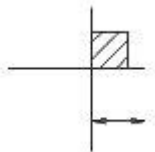
- **Fitte**
- **Rade**

**Lunghezza assi fili fissi:** specificare la lunghezza degli assi dei fili fissi esterna e interna indicate nelle figure sottostanti. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Esterna**



- **Interna**



**Lunghezza estremi quotature:** specificare la lunghezza delle linee verticali e diagonali agli estremi delle quotature.

**Codice/i ASCII per simbolo Ø:** specificare il codice/i ASCII da utilizzare per il simbolo Ø, che viene diversamente rappresentato dai vari programmi di CAD. Questo consente la rilettura diretta dei file DXF oltre che da AutoCAD, anche da altri CAD. I codici da utilizzare per AutoCAD sono i seguenti:

AutoCAD 9-10-11	129
AutoCAD 12-13 e successivi	37 37 99

**Modalità di creazione file DXF:** specificare secondo quale modalità devono essere creati i disegni esecutivi in formato DXF. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Con riferimento al layer ed al tipo di linea:** nelle entità costituenti il file DXF viene esplicitamente inserito il riferimento al layer ed al tipo di linea.
- **Senza riferimento al layer ed al tipo di linea (Bylayer):** nelle entità costituenti il file DXF non viene inserito il riferimento al layer ed al tipo di linea. L'entità risulta quindi "BYLAYER".

**Distanza fra i disegni nell'assemblaggio tavole:** specificare la distanza fra i disegni nella tavola assemblata.

### Parametri vari (2)

**Modalità di creazione disegni:** specificare secondo quale modalità devono essere creati i disegni esecutivi in formato DXF. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Scalati come specificato nei relativi criteri:** vengono creati i disegni già nella scala specificata nei relativi criteri.
- **In scala 1:1:** vengono creati i disegni in scala 1:1 da scalare al momento del plottaggio.

**Unità di misura disegni:** specificare l'unità di misura con la quale creare i disegni esecutivi in formato DXF. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **m**

- dm
- cm
- mm

**Unità di misura quote principali:** specificare l'unità di misura con la quale scrivere le quote principali dei disegni. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- m
- cm
- mm

**Precisione quote principali:** specificare la precisione con la quale scrivere le quote principali dei disegni. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- cm
- mm

- **Decimo di millimetro**

**Unità di misura quote secondarie:** specificare l'unità di misura con la quale scrivere le quote secondarie dei disegni. Le quote secondarie sono:

Disegni armature      lunghezze totali e parziali dei ferri, passo e lunghezza staffe, dimensioni delle sezioni.

Carpenterie di piano      dimensioni travi, dimensioni pilastri.

Sono disponibili le seguenti opzioni:

- m
- cm
- mm

**Precisione quote secondarie:** Specificare la precisione con la quale scrivere le quote secondarie dei disegni. Le quote secondarie sono:

Disegno armature      lunghezze totali e parziali dei ferri, passo e lunghezza staffe, dimensioni delle sezioni.

Carpenterie di piano      dimensioni travi, dimensioni pilastri.

Sono disponibili le seguenti opzioni:

- cm
- mm
- **Decimo di millimetro**

**Altezza testi titoli:** specificare il tipo di testo da usare per le scritte che identificano i disegni. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Grandi**
- **Medi**
- **Piccoli**

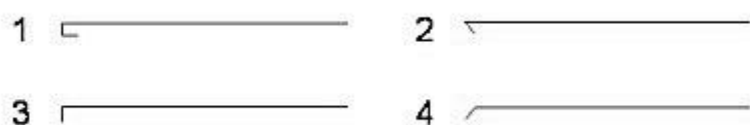
**Distanza quotature dal disegno:** specificare la distanza fra il disegno vero e proprio e le quotature.

**Distanza quotature dai punti quotati:** specificare a che distanza dai punti quotati vanno posizionate le quote. La distanza è misurata tra il punto quotato e l'estremo più vicino del trattino ortogonale della quota.

**Distanza testi da linee di riferimento:** specificare la distanza dei testi dalle linee a cui sono riferiti (ad esempio quota e linea della quota, lunghezza di un ferro e ferro, ecc.).

### Parametri vari (3)

**Disegno ganci d'estremità:** specificare se disegnare i ganci d'estremità. I tipi disegnabili sono i seguenti:





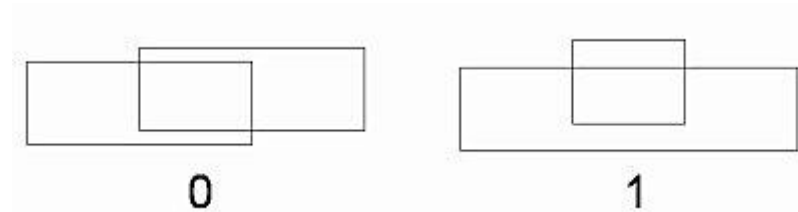
Questo parametro permette di evidenziare graficamente i ferri superiori da quelli inferiori disegnando un gancio alle estremità del ferro. Si consideri comunque che tali ganci non vengono computati nella lunghezza del ferro né considerati ai fini dell'ancoraggio, ma rappresentano unicamente un simbolo grafico.

Nel disegno dell'armatura dei plinti/pali, i ganci vengono computati nella lunghezza del ferro, ma non vengono quotati.

**Lunghezza ganci d'estremità:** specificare la lunghezza dei ganci indicati nel parametro precedente.

Il valore specificato viene ovviamente riportato nella scala selezionata per il disegno.

**Disegno staffe a quattro bracci:**

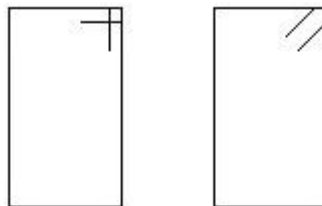


Le staffe a più di quattro bracci vengono sempre disegnate come una staffa grande quanto tutta la sezione più le necessarie staffe interne analogamente al tipo 1 sopra riportato.

**Quotatura staffe rettangolari:** specificare come deve essere effettuata la quotatura delle staffe. Sono disponibili le seguenti opzioni:

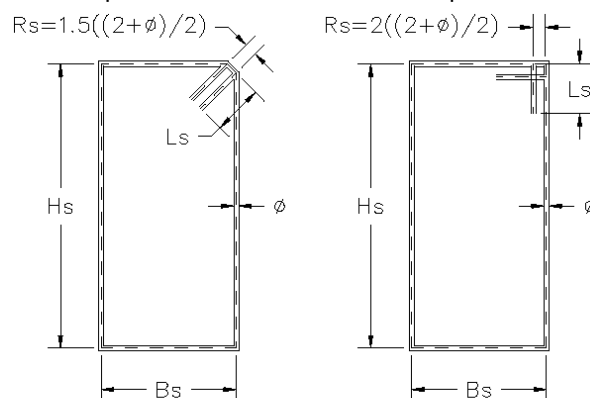
- Quotare le dimensioni esterne
- Quotare le dimensioni in asse
- Quotare le dimensioni interne

**Tipo di disegno risvolti staffe:**



I risvolti vengono computati nella lunghezza della staffa, ma non vengono quotati. Eventuali staffe aperte inserite manualmente seguono le specifiche dei ganci d'estremità per i ferri.

**Nota:** la lunghezza della staffa è sempre calcolata in asse come riportato nella seguente figura.



$$L = 2Hs + 2Bs + 2Rs + 2Ls$$

**Lunghezza risvolti staffe:** specificare la lunghezza con cui disegnare i risvolti delle staffe. Influenza ovviamente anche il calcolo della lunghezza complessiva della staffa.

**Disegno tabella computo armature:** specificare se riportare e in che posizione il disegno della tabella con il computo delle armature. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- Posizionata lateralmente al disegno: la tabella viene disegnata lateralmente al disegno.
- Posizionata inferiormente al disegno: la tabella viene disegnata inferiormente al disegno.

- **Posizionata in automatico:** la tabella viene disegnata in modo automatico cioè lateralmente se il disegno è alto e stretto, inferiormente in caso contrario.
- **Riporta caratteristiche materiali:** specificare se riportare nella tabella le caratteristiche dei materiali utilizzati. Se l'opzione è selezionata vengono indicati per gli elementi in c.a. la classe del calcestruzzo (ad esempio Rck 300) e la tipologia dell'acciaio (ad esempio Fe B 44 k) mentre per le strutture metalliche, il tipo di acciaio (ad esempio Fe 360), la classe dei bulloni (ad esempio 4.6) e classe della saldatura (sempre di II classe).

Questo parametro viene utilizzato anche la prima volta che si esegue il comando **Computo** .

### Parametri distinta ferri

**Disegno tabella distinta ferri:** specificare se deve essere creata la tabella della distinta dei ferri. Sono disponibili le seguenti opzioni:

- **Posizionata lateralmente al disegno:** la distinta viene disegnata lateralmente al disegno.
  - **Posizionata inferiormente al disegno:** la distinta viene disegnata inferiormente al disegno.
  - **Crea distinta senza inserirla nel disegno:** la distinta viene creata ma non disegnata internamente al disegno.
1. **Disegno colonne:** indicare quali colonne riportare nella tabella della distinta dei ferri. Sono disponibili le seguenti opzioni:
    - **Colonna numero barre**
    - **Colonna numero barre totali**
    - **Colonna diametro ferri**
    - **Colonna lunghezza singolo ferro**
    - **Colonna peso singolo ferro**
    - **Colonna peso totale ferri con stessa sagoma**
  2. **Accorpa ferri uguali:** specificare se ferri uguali devono essere uniti. È disponibile la seguente opzione:
    - **Anche in seguito a ribaltamenti:** vengono inseriti tra i ferri accorpati anche quelli che in seguito a ribaltamenti si sovrappongono agli altri ferri.



## Importazione


### Importazione struttura da un Backup

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Backup struttura**  è possibile importare una struttura da un backup creato da MdeSt. La conversione di strutture create con versioni precedenti viene effettuata automaticamente.

### Importazione struttura da Auto\_C.A.

Il collegamento fra Auto\_C.A. e ModeSt avviene attraverso una procedura all'interno di AutoCAD con una funzione del menu Auto\_C.A. che genera automaticamente un file per ModeSt. All'interno di ModeSt dopo

aver creato una nuova struttura (vuota), dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi




**Struttura da Auto\_C.A.**  è possibile leggere tale file e generare automaticamente il modello corrispondente, completo di nodi, aste ed elementi bidimensionali.

La generazione di elementi bidimensionali derivanti da solette o platee viene eseguita ricercando gli allineamenti dei punti definiti come nodi e generando dei macro elementi che li collegano e che seguono il perimetro della soletta o platea così come definito in Auto\_C.A. Questo oltre a richiedere in ogni caso l'intervento dell'utente per raffinare la mesh a dimensioni consone all'analisi FEM, causa a volte la generazione di elementi con dimensioni molto piccole (tipico nel caso di nodi poco disallineati). In tal caso è preferibile togliere dal modello Auto\_C.A. la definizione della soletta, e definirla successivamente in modo manuale all'interno di ModeSt.

# Struttura da Revit

## Importazione struttura da Revit

Il collegamento fra Revit e ModeSt avviene attraverso una procedura da integrare all'interno di Revit stesso che genera automaticamente un file per ModeSt. All'interno di ModeSt dopo aver creato una nuova struttura

(vuota), dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Struttura da Revit**  è possibile leggere tale file e generare automaticamente il modello, completo di nodi, corrispondente agli **elementi importabili**. Non è possibile quindi importare da Revit file per aggiornare una struttura già creata in ModeSt.

In ogni caso si consiglia di non introdurre nel modello Revit elementi non necessari alla modellazione strutturale o elementi non ancora gestiti dalla procedura di esportazione.

## Configurazione Revit

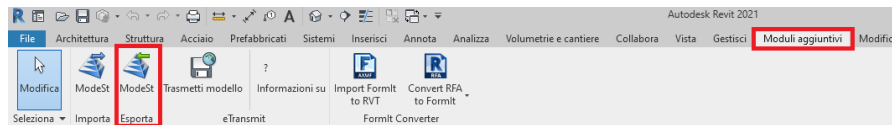
Per configurare correttamente Revit all'utilizzo di procedure esterne occorre spesso fare riferimento alla sua cartella di installazione. Nel caso in cui Revit sia stato installato in una diversa posizione, occorrerà modificare di conseguenza quanto riportato in seguito.

Per configurare **Revit** procedere nel modo seguente:

1. dalla pagina *Download\Librerie per Revit* del nostro sito internet (**www.tecnisoft.it**) scaricare il file *Revit2MS\_20xx\_64.zip* in funzione della versione di Revit e ModeSt che si intende utilizzare;
2. cliccare con il tasto destro del mouse sul file scaricato, cliccare su Proprietà e controllare se in fondo alla scheda Generale compare "Sicurezza: Il file proviene da un altro computer. Per facilitare la protezione del computer, potrebbe essere bloccato."; in tal caso sbloccare il file e cliccare su OK;
3. dal pulsante Start cliccare su Esegui ed inserire *C:\ProgramData\Autodesk\Revit\Addins\20xx* oppure *C:\Users\%username%\AppData\Roaming\Autodesk\Revit\Addins\20xx*, dopodiché premere Invio; si aprirà una cartella all'interno della quale scompattare il file scaricato precedentemente.

**N.B.** sostituire **xx** con il numero dell'anno: 16, 17, ecc.

Se la procedura di configurazione è andata a buon fine nella scheda **Moduli aggiuntivi** deve comparire il gruppo **Esporta** così come riportato nella figura sottostante.



## Elementi esportabili da Revit


Si fa presente che l'esportazione degli elementi presenti in Revit è basata sulla definizione del modello analitico associato agli elementi stessi. Non è possibile quindi esportare da Revit elementi a cui non è stato associato il modello analitico.

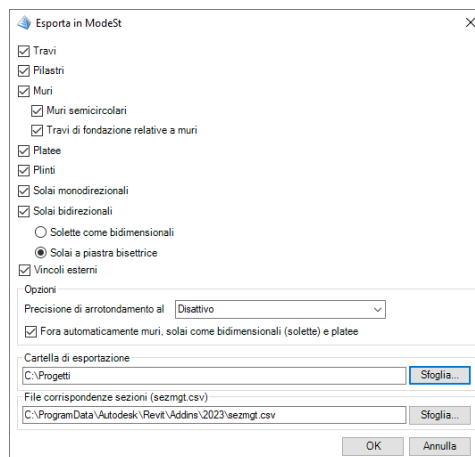
Con le limitazioni suddette, è comunque possibile esportare da Revit le informazioni relative a Travi, Pilastri, Muri (rettilinei o semicircolari) con o senza forature, Travi di fondazione relative a muri, Platee, Plinti, Solai monodirezionali, Solai bidirezionali (Solette o Solai a piastra bisettrice) e Vincoli esterni.

Si fa notare che in Revit i valori numerici vengono memorizzati e trasferiti alle procedure esterne con il sistema "imperiale" (feet & inch): la ovvia e necessaria trasformazione in coordinate metriche può portare a delle imprecisioni numeriche e/o di tolleranza indipendenti dalla nostra volontà. A titolo informativo, si segnala che per le conversioni è stato assunto 1 ft (piede) = 0.3048 m (metri).

Per ogni elemento definito all'interno di Revit vengono definiti i punti a cui gli elementi sono collegati e che rappresentano (a livello concettuale) i nodi. Tali punti vengono desunti dal modello analitico associato all'elemento.

Ovviamente alcuni elementi che in Revit sono definiti come un elemento unico (ad esempio una trave che "passa" sopra a uno o più pilastri) in ModeSt (come in qualunque modello FEM) dovranno poi essere definiti come più elementi, ognuno con le incidenze ed i collegamenti che gli competono.

All'interno di Revit, cliccando nel gruppo **Esporta** della scheda **Moduli aggiuntivi** su **ModeSt**  compare la finestra di dialogo riportata nella figura sottostante.



Prima di procedere all'esportazione, occorre selezionare quali elementi esportare ed indicare se forare automaticamente i muri, le solette e le platee. Successivamente occorre impostare la **Cartella di esportazione** in cui vogliamo che venga salvato il file e specificare il percorso del **File corrispondenze sezioni (sezmgmt.csv)** contenente le codifiche delle sezioni in acciaio utilizzate dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Nel file ci sono una serie di righe e colonne, dove in ogni riga è specificato il codice della sezione utilizzato dal programma indicato in cima alla colonna. Il file sezmgmt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows. Se nel computer utilizzato non è stato installato ModeSt, il file sezmgmt.csv si può trovare nella cartella di installazione degli "Addins" di Revit. Se la struttura da esportare non contiene elementi in acciaio oppure non interessa che i dati relativi alle sezioni in acciaio vengano definiti dal codice, non specificare il percorso dove trovare il file.

La procedura di esportazione si comporta come segue:

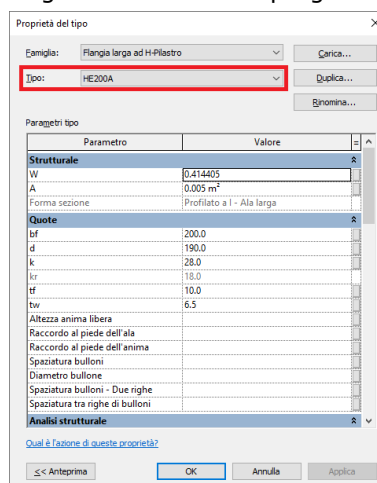
1. Individua gli elementi di Revit ed i punti necessari per descriverli.
2. Trasforma il modello analitico in una struttura costituita da nodi ed elementi.
3. Definisce a livello ModeSt i parametri che caratterizzano gli elementi in modo da valutare la loro reale posizione rispetto al modello analitico e quindi ai nodi (filii fissi, scostamenti dai filii fissi).

L'opzione **Precisione di arrotondamento al** consente di selezionare la precisione a cui arrotondare le coordinate dei punti del disegno da considerare durante l'esportazione. Nei disegni le coordinate dei punti sono a volte espresse con un numero elevato di decimali, che se considerate come rappresentative delle coordinate dei nodi possono portare a problemi numerici nel modello strutturale quali ad esempio la non perfetta verticalità dei pilastri.

## MODALITÀ DI DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI TRAVI E PILASTRI

La procedura di definizione si comporta come segue:

1. Per la **definizione delle sezioni in c.a. e legno**, se Revit fornisce le informazioni sulla forma e le dimensioni, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate altrimenti viene definita una sezione rettangolare fittizia.
2. Per la **definizione delle sezioni in acciaio** (si veda quanto descritto precedentemente) viene utilizzato il nome indicato nel tipo della famiglia di Revit, individuato il corrispondente codice presente nella colonna di ModeSt e definita la sezione prelevandola dall'archivio delle sezioni di ModeSt (default.sez nella cartella ETC). Nell'esempio evidenziato nella figura sottostante il programma definirà una sezione HEA200.



3. Se il codice della sezione di ModeSt (individuato dal nome indicato nel tipo della famiglia di Revit) non è presente nell'archivio delle sezioni di ModeSt, ma è stata definita la forma della sezione e le relative dimensioni in Revit (vedi figura precedente), la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate. In tutti gli altri casi viene definita una sezione rettangolare fittizia.

### MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLE TRAVI E DEI PILASTRI

Sono esportabili travi e pilastri, con le sezioni definite come al punto precedente, che abbiano associato il **modello analitico**.

### MODALITÀ DI DEFINIZIONE DEI FILI FISSI E DEGLI SCOSTAMENTI DAI FILI FISSI DI TRAVI E PILASTRI

Per i pilastri, il filo fisso è sempre centrato (55) e gli scostamenti dal filo fisso sono valutati in modo da collocarli nella stessa posizione di Revit.

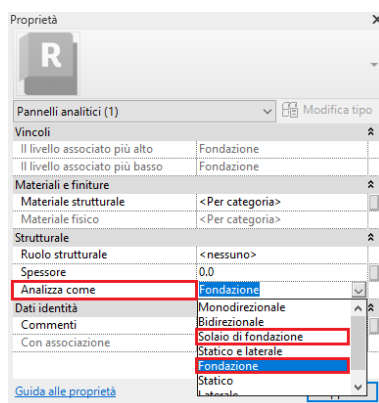
Per le travi, il filo fisso viene scelto quello corrispondente al punto notevole della sezione più vicino al modello analitico e gli scostamenti dal filo fisso sono valutati in modo da collocarle nella stessa posizione di Revit.

### MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DEI MURI

Sono esportabili i muri rettilinei o semicircolari definiti all'interno di Revit da 3 o 4 punti e che abbiano associato il **modello analitico**. I muri semicircolari vengono esportati suddividendoli in segmenti. Il numero di segmenti è dato dal rapporto tra l'angolo al centro dell'arco di cerchio del muro ed il valore del rapporto tra 3 e la lunghezza del raggio. Nel caso di muri forati, se è stata selezionata l'opzione **Fora automaticamente muri, solai come bidimensionali (solette) e platee**, vengono esportati i muri con le forature vere e proprie se sono di forma rettangolare, altrimenti vengono create delle aste fittizie sul perimetro delle forature.

### MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLE PLATEE

Sono esportabili platee di qualsiasi forma e che abbiano associato il **modello analitico** e che nella finestra delle proprietà del modello analitico l'opzione **Analizza come** (vedi figura sottostante) sia impostata come **Fondazione** oppure come **Solaio di fondazione**. Nel caso di platee forate, se è stata selezionata l'opzione **Fora automaticamente muri, solai come bidimensionali (solette) e platee**, vengono esportate le platee con le forature vere e proprie se sono di forma rettangolare, altrimenti vengono create delle aste fittizie sul perimetro delle forature.

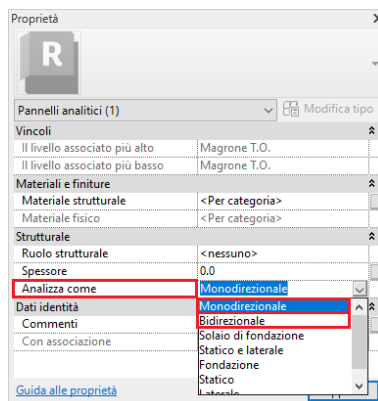


### MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DEI PLINTI

Sono esportabili plinti di forma rettangolare, rettangolare con 1 palo, 2 pali e 4 pali.

### MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DEI SOLAI E DELLE SOLETTE

Sono esportabili i pavimenti di Revit (solai di calpestio) di qualsiasi forma che abbiano associato il **modello analitico** e che nella finestra delle proprietà del modello analitico l'opzione **Analizza come** (vedi figura sottostante) sia impostata come **Monodirezionale** oppure come **Bidirezionale**. Se impostata come **Monodirezionale** il pavimento verrà esportato come **Solaio unidirezionale**, se invece è impostata come **Bidirezionale** il pavimento verrà esportato come **Solette come bidimensionali** oppure come un **Solaio a piastra bisettrice** in funzione dell'opzione scelta nella finestra di esportazione.



Nel caso di pavimenti forati, se è stata selezionata l'opzione **Fora automaticamente muri, solai come bidimensionali (solette) e platee**, vengono esportate le solette con le forature vere e proprie se sono di forma rettangolare, altrimenti vengono create delle aste fittizie sul perimetro delle forature.

## Elementi esportabili da Revit 2022


Si fa presente che l'esportazione degli elementi presenti in Revit è basata sulla definizione del modello analitico associato agli elementi stessi. Non è possibile quindi esportare da Revit elementi a cui non è stato associato il modello analitico.

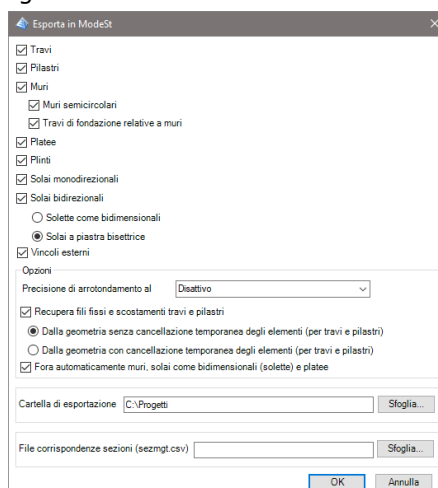
Con le limitazioni suddette, è comunque possibile esportare da Revit le informazioni relative a Travi, Pilastri, Muri (rettilinei o semicircolari) con o senza forature, Travi di fondazione relative a muri, Platee, Plinti, Solai monodirezionali, Solai bidirezionali (Solette o Solai a piastra bisettrice) e Vincoli esterni.

Si fa notare che in Revit i valori numerici vengono memorizzati e trasferiti alle procedure esterne con il sistema "imperiale" (feet & inch): la ovvia e necessaria trasformazione in coordinate metriche può portare a delle imprecisioni numeriche e/o di tolleranza indipendenti dalla nostra volontà. A titolo informativo, si segnala che per le conversioni è stato assunto 1 ft (piede) = 0.3048 m (metri).

Per ogni elemento definito all'interno di Revit vengono definiti i punti a cui gli elementi sono collegati e che rappresentano (a livello concettuale) i nodi. Tali punti vengono desunti dal modello analitico associato all'elemento.

Ovviamente alcuni elementi che in Revit sono definiti come un elemento unico (ad esempio una trave che "passa" sopra a uno o più pilastri) in ModeSt (come in qualunque modello FEM) dovranno poi essere definiti come più elementi, ognuno con le incidenze ed i collegamenti che gli competono.

All'interno di Revit, cliccando nel gruppo **Esporta** della scheda **Moduli aggiuntivi** su **ModeSt**  compare la finestra di dialogo riportata nella figura sottostante.



Prima di procedere all'esportazione, occorre selezionare quali elementi esportare ed indicare come recuperare dal modello di Revit i fili fissi e gli scostamenti dai fili fissi di travi e pilastri ed inoltre se forare automaticamente i muri, le solette e le platee. Successivamente occorre impostare la **Cartella di esportazione** in cui vogliamo che venga salvato il file e specificare il percorso del **File corrispondenze sezioni (sezmgmt.csv)** contenente le codifiche delle sezioni in acciaio utilizzate dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Nel file ci sono una serie di righe e colonne, dove in ogni riga è specificato il codice della sezione utilizzato dal programma indicato in cima alla colonna. Il file sezmgmt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di

Windows. Se nel computer utilizzato non è stato installato ModeSt, il file sezmgmt.csv si può trovare nella cartella di installazione degli "Addins" di Revit. Se la struttura da esportare non contiene elementi in acciaio oppure non interessa che i dati relativi alle sezioni in acciaio vengano definiti dal codice, non specificare il percorso dove trovare il file.

La procedura di esportazione si comporta come segue:

1. Individua gli elementi di Revit ed i punti necessari per descriverli.
2. Trasforma il modello analitico in una struttura costituita da nodi ed elementi.
3. Definisce a livello ModeSt i parametri che caratterizzano gli elementi in modo da valutare la loro reale posizione rispetto al modello analitico e quindi ai nodi (filii fissi, scostamenti dai filii fissi).

L'opzione **Precisione di arrotondamento al** consente di selezionare la precisione a cui arrotondare le coordinate dei punti del disegno da considerare durante l'esportazione. Nei disegni le coordinate dei punti sono a volte espresse con un numero elevato di decimali, che se considerate come rappresentative delle coordinate dei nodi possono portare a problemi numerici nel modello strutturale quali ad esempio la non perfetta verticalità dei pilastri.

## MODALITÀ DI DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI TRAVI E PILASTRI

La procedura di definizione si comporta come segue:

1. Per la **definizione delle sezioni in c.a. e legno**, se Revit fornisce le informazioni sulla forma e le dimensioni, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate altrimenti viene definita una sezione rettangolare fittizia.
2. Per la **definizione delle sezioni in acciaio** (si veda quanto descritto precedentemente) viene utilizzato il nome indicato nel tipo della famiglia di Revit, individuato il corrispondente codice presente nella colonna di ModeSt e definita la sezione prelevandola dall'archivio delle sezioni di ModeSt (default.sez nella cartella ETC). Nell'esempio evidenziato nella figura sottostante il programma definirà una sezione HEA200.

Parametro	Valore
<b>Strutturale</b>	
W	0,414405
A	0,005 m²
Forma sezione	Profilato a I - Ala inclinata
<b>Dimensioni</b>	
bf	200,00 mm
d	190,00 mm
k	28,00 mm
kw	18,00 mm
hf	10,00 mm
tw	6,50 mm
Altezza anima libera	
Raccordo al piede dell'anima	
Spaziatura bulloni	
Diametro bullone	
<b>Analisi strutturale</b>	
<b>Geometria di sezione strutturale</b>	
<b>Dati identità</b>	

3. Se il codice della sezione di ModeSt (individuato dal nome indicato nel tipo della famiglia di Revit) non è presente nell'archivio delle sezioni di ModeSt, ma è stata definita la forma della sezione e le relative dimensioni in Revit (vedi figura precedente), la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate. In tutti gli altri casi viene definita una sezione rettangolare fittizia.

## MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLE TRAVI E DEI PILASTRI

Sono esportabili travi e pilastri, con le sezioni definite come al punto precedente, che abbiano il flag **Attivo modello analitico** selezionato nella finestra delle proprietà delle travi e dei pilastri (vedi figura sottostante).

## MODALITÀ DI DEFINIZIONE DEI FILII FISSI E DEGLI SCOSTAMENTI DAI FILII FISSI DI TRAVI E PILASTRI

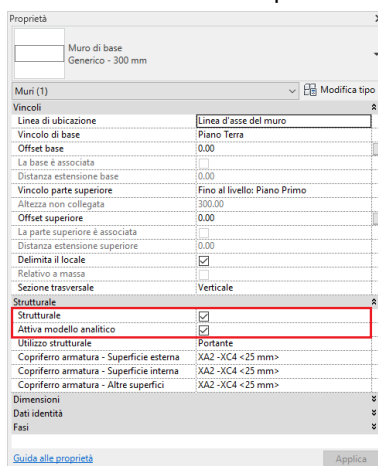
Le modalità di individuazione dei fili fissi e degli scostamenti dai fili fissi di travi e pilastri sono:

1. dalla geometria senza cancellazione temporanea degli elementi (per travi e pilastri);
2. dalla geometria con cancellazione temporanea degli elementi (per travi e pilastri).

In entrambi i casi, sia per le travi che per i pilastri, i fili fissi e gli scostamenti vengono valutati determinando la posizione del filo fisso e dello scostamento dal filo fisso che minimizzano la distanza dal modello analitico. All'interno di ModeSt le aste avranno un filo fisso e gli scostamenti dal filo fisso valutati in modo da collocare l'asta nella reale posizione. Il secondo caso è da utilizzare quando la posizione dell'asta all'interno di ModeSt non coincide con quella di Revit.

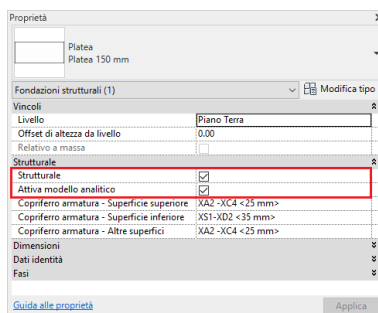
## MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DEI MURI

Sono esportabili i muri rettilinei o semicircolari definiti all'interno di Revit da 3 o 4 punti e che abbiano i flag **Strutturale** e **Attiva modello analitico** selezionati nella finestra delle proprietà dei muri (vedi figura sottostante). I muri semicircolari vengono esportati suddividendoli in segmenti. Il numero di segmenti è dato dal rapporto tra l'angolo al centro dell'arco di cerchio del muro ed il valore del rapporto tra 3 e la lunghezza del raggio. Nel caso di muri forati, se è stata selezionata l'opzione **Fora automaticamente muri, solai come bidimensionali (solette) e platee**, vengono esportati i muri con le forature vere e proprie se sono di forma rettangolare, altrimenti vengono create delle aste fittizie sul perimetro delle forature.



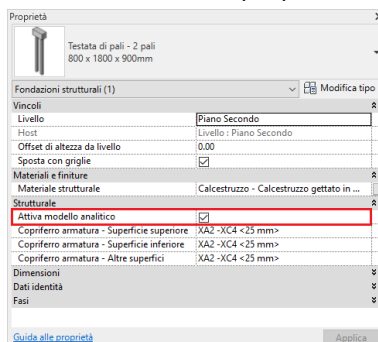
## MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLE PLATEE

Sono esportabili platee di qualsiasi forma e che abbiano i flag **Strutturale** e **Attiva modello analitico** selezionati nella finestra delle proprietà delle platee (vedi figura sottostante). Nel caso di platee forate, se è stata selezionata l'opzione **Fora automaticamente muri, solai come bidimensionali (solette) e platee**, vengono esportate le platee con le forature vere e proprie se sono di forma rettangolare, altrimenti vengono create delle aste fittizie sul perimetro delle forature.



## MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DEI PLINTI

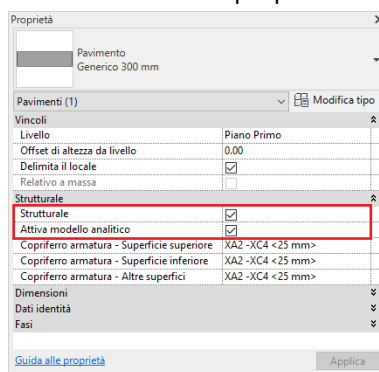
Sono esportabili plinti di forma rettangolare, rettangolare con 1 palo, 2 pali e 4 pali e che abbiano il flag **Attiva modello analitico** selezionato nella finestra delle proprietà dei plinti (vedi figura sottostante).



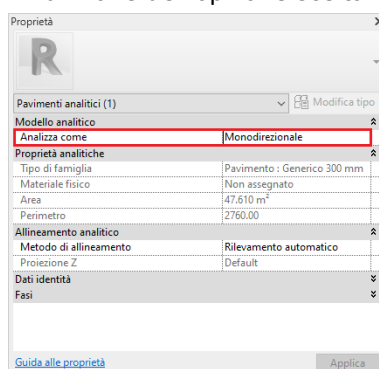


## MODALITÀ DI ESPORTAZIONE DEI SOLAI E DELLE SOLETTE

Sono esportabili i pavimenti di Revit (solai di calpestio) di qualsiasi forma che abbiano i flag **Strutturale** e **Attiva modello analitico** selezionati nella finestra delle proprietà dei pavimenti (vedi figura sottostante).



Se nella finestra delle proprietà del modello analitico l'opzione **Analizza come** (vedi figura sottostante) è impostata come **Monodirezionale** il pavimento verrà esportato come **Solaio unidirezionale**, se invece è impostata come **Bidirezionale** il pavimento verrà esportato come **Solette come bidimensionali** oppure come un **Solaio a piastra bisettrice** in funzione dell'opzione scelta nella finestra di esportazione.



Nel caso di pavimenti forati, se è stata selezionata l'opzione **Fora automaticamente muri, solai come bidimensionali (solette) e platee**, vengono esportate le solette con le forature vere e proprie se sono di forma rettangolare, altrimenti vengono create delle aste fittizie sul perimetro delle forature.

## Elementi non importabili

### TRAVI CURVE

Non è possibile importare travi curve, che se definite all'interno del modello Revit, verranno ignorate. All'interno del file delle anomalie vengono comunque riportate le coordinate dei nodi associati a tali elementi per rendere più agevole l'individuazione di tali elementi all'interno del modello Revit.

### MURI CURVI


Non è possibile importare i muri curvi ad esclusione di quelli semicircolari che vengono invece esportati. Tali elementi generano un messaggio di errore che viene riportato nel file delle anomalie.

### MATERIALI

I materiali definiti all'interno della finestra delle proprietà dell'elemento non sono esportabili verso ModeSt.

## Suddivisione degli elementi

Alcuni elementi che in Revit sono definiti come un elemento unico (ad esempio una trave che "passa" sopra ad uno o più pilastri) in ModeSt (come in qualunque modello FEM) dovranno poi essere definiti come più elementi, ognuno con le incidenze ed i collegamenti che gli competono. L'ultima fase di elaborazione consiste quindi nella suddivisione degli elementi.

Consigliamo di utilizzare il comando **Spezza aste su nodi esistenti**  per **spezzare** automaticamente tutte le aste e i comandi di **mesh** per suddividere i muri/elementi bidimensionali.

## File generati

Il file generato, nel percorso definito dall'utente, prende il nome del file del progetto di Revit, con il prefisso "rv\_". Eventuali spazi presenti nel nome del file vengono sostituiti con il carattere "\_". Pertanto se in Revit il progetto ha nome "**Struttura del palazzo.rvt**", dopo l'esportazione si avrà un file dal nome "**rv\_Struttura\_del\_palazzo.r2m**".




## ANOMALIE

Oltre alla macro viene generato anche un altro file di nome "**Anomalie.anr**". Tale file può essere aperto con qualsiasi editor di testo e contiene al suo interno, le anomalie relative all'esportazione della struttura da Revit. In particolare le anomalie riscontrabili sono riferite a:

- Non esportazione delle aste curve. Nel file verrà visualizzato un messaggio analogo al seguente: "**Impossibile generare asta curva con coordinate: Nodo 1 = 26.309 -7.542 2.82 Nodo 2 = 26.309 -9.299001 2.82**".
- Non esportazione di elementi bidimensionali con messaggi del tipo:  
"**Impossibile generare elemento bidimensionale: trovato muro con fori o con forma non rettangolare.**"  
"**Impossibile generare elemento bidimensionale: modello analitico non definito.**"  
"**Impossibile generare elemento bidimensionale: trovato muro curvo.**"

## Importazione struttura da SAP2000

L'importazione di un modello strutturale creato con SAP2000 in ModeSt richiede l'esportazione del modello in un database per Microsoft Access (formato MDB) utilizzando una funzione del menu di SAP2000. Il database deve essere salvato nel formato di Access 2002-2003 o precedenti.

All'interno di ModeSt dopo aver creato una nuova struttura (vuota), dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Struttura da SAP2000**  è possibile leggere tale file e generare automaticamente il modello corrispondente, completo di nodi, aste ed elementi bidimensionali. Non vengono importati i carichi e i risultati del calcolo.

## Importazione struttura da MIDAS

Il collegamento fra MIDAS e ModeSt avviene attraverso una procedura all'interno di MIDAS che genera automaticamente un file per ModeSt. All'interno di ModeSt dopo aver creato una nuova struttura (vuota), dal

menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Struttura da MIDAS**  è possibile leggere tale file e generare automaticamente il modello nella struttura corrente.

Non vengono importate strutture se il numero assegnato ai nodi è superiore a 65535 e/o il numero assegnato agli elementi è superiore a 32767.

Le masse nodali (NODALMASS) sono archiviate in un'apposita CCE.

Non vengono importati i vincoli nodali di tipo elastico e gli elementi su suolo elastico alla Winkler.

Vengono importati i tipi di sezione elencati in \*SECTION, tutti gli altri tipi sono importati come una sezione fittizia.

Non vengono importati, e non viene riportata nessuna anomalia, le aste sovrapposte e gli elementi bidimensionali non piani.

Elenco delle entità importabili e delle corrispondenze con ModeSt:

MGT	ModeSt
*UNIT	Unità di misura
*NODE	Nodo
*ELEMENT:	Elementi
BEAM	Asta con vincolo assegnato
TRUSS	Asta con vincolo biella
TENSTR	Asta con vincolo biella solo resistente a trazione
COMPTR	Asta con vincolo biella solo resistente a compressione
PLATE	Elemento bidimensionale
WALL	Elemento bidimensionale

*SECTION:	Sezioni
SB	Rettangolare
SR	Circolare
B	Rettangolare cava
P	Circolare cava
H	I stondata
CS	C stondata
L	L
T(UDT)	T
*THICKNESS	Spessore dell'elemento bidimensionale
*MATERIAL	Materiale
*STLDCASE (D L S)	Elenco delle condizioni di carico elementari
*USE-STLD	Condizione di carico elementare
*CONLOAD	Carico nodale di tipo "Carico concentrato"
*SPDISP	Carico nodale di tipo "Cedimento vincolare"
*BEAMLOAD	Carichi asta
UNILOAD	Carico asta generico
CONLOAD	Carico asta concentrato in un punto (Forza)
CONMOMENT	Carico asta concentrato in un punto (Momento)
*PRESSURE	Carico sull'elemento bidimensionale di tipo "uniformemente distribuito"
*ELTEMPER	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Dilatazione termica uniforme"
*THERGRAD	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Gradiente di temperatura"
*CONSTRAINT	Vincoli nodali
*FRAME-RLS	Vincoli asta
*NODALMASS	Masse nodali
*STORY	Quote degli impalcati
*ELASTICLINK	Asta con sezione fittizia 0

Particolare attenzione va posta alle modalità di **definizione delle sezioni**.

Nel caso di sezioni in acciaio viene utilizzato il file sezmgmt.csv contenente le codifiche delle sezioni in acciaio utilizzate dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Nel file ci sono una serie di righe e colonne, dove in ogni riga è specificato il codice della sezione utilizzato dal programma indicato in cima alla colonna (intestazione). Il file sezmgmt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows.

La procedura di definizione si comporta come segue:

1. Se il nome della sezione nel file MGT coincide con quello presente nella colonna con intestazione Midas del file sezmgmt.csv, la sezione viene definita prelevandola dall'archivio delle sezioni di ModeSt (default.sez nella cartella ETC) utilizzando il codice indicato nella colonna con intestazione ModeSt.
2. Se il nome della sezione nel file MGT è un numero ed il codice corrisponde con i tipi elencati in \*SECTION, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate.
3. In tutti gli altri casi viene definita una sezione circolare fittizia.

Particolare attenzione va posta alle modalità di **definizione dei materiali**.

Allo scopo viene utilizzato il file matmgmt.csv contenente le caratteristiche dei materiali utilizzati dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Il file matmgmt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows.

La procedura di definizione si comporta come segue:

1. Se il nome del materiale nel file MGT coincide con quello presente in una delle prime due colonne del file matmgmt.csv, il materiale viene definito utilizzando i dati dalla terza colonna in poi del file matmgmt.csv.

2. In tutti gli altri casi viene definito un materiale fittizio.

## Importazione struttura da Tekla Structures

Il collegamento fra Tekla Structures e ModeSt avviene attraverso una procedura all'interno di Tekla Structures che genera automaticamente un file per ModeSt. All'interno di ModeSt dopo aver creato una nuova struttura

(vuota), dal menu dell'applicazione



selezionando **Importa**



e poi **Struttura da Tekla Structures**



è possibile leggere tale file e generare automaticamente il modello nella struttura corrente.

Non vengono importate strutture se il numero assegnato ai nodi è superiore a 65535 e/o il numero assegnato agli elementi è superiore a 32767.

Le masse nodali (NODALMASS) sono archiviate in un'apposita CCE.

Non vengono importati i vincoli nodali di tipo elastico e gli elementi su suolo elastico alla Winkler.

Vengono importati i tipi di sezione elencati in \*SECTION, tutti gli altri tipi sono importati come una sezione fittizia.

Non vengono importati, e non viene riportata nessuna anomalia, le aste sovrapposte e gli elementi bidimensionali non piani.

Elenco delle entità importabili e delle corrispondenze con ModeSt:

MGT	ModeSt
*UNIT	Unità di misura
*NODE	Nodo
*ELEMENT:	Elementi
BEAM	Asta con vincolo assegnato
TRUSS	Asta con vincolo biella
TENSTR	Asta con vincolo biella solo resistente a trazione
COMPTR	Asta con vincolo biella solo resistente a compressione
PLATE	Elemento bidimensionale
WALL	Elemento bidimensionale
*SECTION:	Sezioni
SB	Rettangolare
SR	Circolare
B	Rettangolare cava
P	Circolare cava
H	I stondata
CS	C stondata
L	L
T(UDT)	T
*THICKNESS	Spessore dell'elemento bidimensionale
*MATERIAL	Materiale
*STLDCASE (D L S)	Elenco delle condizioni di carico elementari
*USE-STLD	Condizione di carico elementare
*CONLOAD	Carico nodale di tipo "Carico concentrato"
*SPDISP	Carico nodale di tipo "Cedimento vincolare"
*BEAMLOAD	Carichi asta

UNILOAD	Carico asta generico
CONLOAD	Carico asta concentrato in un punto (Forza)
CONMOMENT	Carico asta concentrato in un punto (Momento)
*PRESSURE	Carico sull'elemento bidimensionale di tipo "uniformemente distribuito"
*ELTEMPER	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Dilatazione termica uniforme"
*THERGRAD	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Gradiente di temperatura"
*CONSTRAINT	Vincoli nodali
*FRAME-RLS	Vincoli asta
*NODALMASS	Masse nodali
*STORY	Quote degli impalcati
*ELASTICLINK	Asta con sezione fittizia 0

Particolare attenzione va posta alle modalità di **definizione delle sezioni**.

Nel caso di sezioni in acciaio viene utilizzato il file sezmgmt.csv contenente le codifiche delle sezioni in acciaio utilizzate dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Nel file ci sono una serie di righe e colonne, dove in ogni riga è specificato il codice della sezione utilizzato dal programma indicato in cima alla colonna (intestazione). Il file sezmgmt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows.

La procedura di definizione si comporta come segue:

1. Se il nome della sezione nel file MGT coincide con quello presente nella colonna con intestazione Midas del file sezmgmt.csv, la sezione viene definita prelevandola dall'archivio delle sezioni di ModeSt (default.sez nella cartella ETC) utilizzando il codice indicato nella colonna con intestazione ModeSt.
2. Se il nome della sezione nel file MGT è un numero ed il codice corrisponde con i tipi elencati in \*SECTION, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate.
3. In tutti gli altri casi viene definita una sezione circolare fittizia.

Particolare attenzione va posta alle modalità di **definizione dei materiali**.

Allo scopo viene utilizzato il file matmgt.csv contenente le caratteristiche dei materiali utilizzati dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Il file matmgt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows.



La procedura di definizione si comporta come segue:

1. Se il nome del materiale nel file MGT coincide con quello presente in una delle prime due colonne del file matmgt.csv, il materiale viene definito utilizzando i dati dalla terza colonna in poi del file matmgt.csv.
2. In tutti gli altri casi viene definito un materiale fittizio.

## Importazione struttura da SCIA AutoConverter




L'importazione di un modello strutturale generato da SCIA AutoConverter in ModeSt richiede l'esportazione del modello in formato XLSX utilizzando una funzione del menu di SCIA AutoConverter.

All'interno di ModeSt dopo aver creato una nuova struttura (vuota), dal menu dell'applicazione  selezio-

nando **Importa**  e poi **Struttura da SCIA AutoConverter**  è possibile leggere tale file e generare automaticamente il modello corrispondente, completo di nodi, aste ed elementi bidimensionali. Non vengono importati i carichi.

Si fa presente che è possibile importare da SCIA AutoConverter solo modelli in cui il sistema di riferimento locale della sezione (LCS of cross-section) sia impostato a ZYX come indicato nella figura sottostante.

## Importazione struttura da IFC

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Struttura da IFC**  è possibile importare un modello solido 3D o un modello analitico da un file con estensione IFC. Il modello analitico, generalmente creato da programmi di calcolo strutturale, si differenzia da quello solido 3D in quanto contiene le informazioni relative sia alle coordinate dei nodi sia alle proprietà delle aste e degli elementi bidimensionali. Il formato IFC (Industry Foundation Classes) è uno standard per la descrizione delle costruzioni, supportato dai principali software di architettura ed ingegneria, nato per facilitare lo scambio dati nel settore dell'architettura, ingegneria e costruzioni ed è un formato comunemente usato nel BIM (Building Information Modeling).

ModeSt supporta l'importazione da file IFC basati sullo standard IFC2x3 e IFC4.

Elenco delle classi degli oggetti importabili dagli IFC contenenti il modello analitico e dei corrispondenti oggetti di ModeSt:

Classe IFC	Oggetti di ModeSt
IfcStructuralCurveMember	Aste
IfcStructuralSurfaceMember	Bidimensionali

Elenco delle classi degli oggetti importabili dagli IFC contenenti il modello solido 3D e dei corrispondenti oggetti di ModeSt:

Classe IFC	Oggetti di ModeSt
IfcBeam, IfcMember, IfcFooting-STRIP_FOOTING	Travi
IfcColumn	Pilastrini
IfcWallStandardCase, IfcWall	Pareti
IfcSlab	Solai

Nota: le classi IfcMember, IfcFooting-STRIP\_FOOTING, IfcWall sono presenti nei file IFC basati sullo standard IFC4.

Elenco delle classi delle sezioni importabili e delle corrispondenti sezioni di ModeSt:

Classe IFC	Sezioni di ModeSt
IfcRectangleProfileDef	Rettangolare
IfcRectangleHollowProfileDef	Rettangolare cava
IfcCircleProfileDef	Circolare
IfcCircleHollowProfileDef	Circolare cava
IfcTShapeProfileDef	T
IfcLShapeProfileDef	L

IfcIShapeProfileDef	I
IfcUShapeProfileDef	U
IfcZShapeProfileDef	Z
IfcArbitraryClosedProfileDef	Per coordinate

Le sezioni associate ad aste che risultano verticali vengono classificate con membratura pilastro, mentre le altre con membratura trave. Tutte le sezioni hanno come tipo di verifica prevista "nessuna". Nel caso in cui non sia possibile riconoscere la sezione, alle aste viene assegnata la sezione fittizia 0. Se necessario vengono duplicate sezioni uguali con membratura diversa.

I nodi hanno il vincolo nodale 1 e quindi generalmente risultano essere liberi ed appartengono tutti all'impalcato 0.

Le aste sono posizionate nel baricentro e hanno il vincolo asta 1 e quindi generalmente risultano essere incastro-incastro.

Gli elementi bidimensionali hanno tutti utilizzo generico e comportamento membranale e flessionale.

Gli elementi bidimensionali sono posizionati nel baricentro e possono essere a "n" nodi.

Le pareti, importate dagli IFC contenenti il modello solido 3D, che si intersecano possono essere spezzate nel punto di intersezione e collegate tra di loro utilizzando l'opzione Collegamento automatico pareti secondo IfcRelConnectsElements.

## Esportazione

### Esportazione struttura in DXF

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **DXF 2D**  o **DXF 3D**  è possibile salvare la rappresentazione a video rispettivamente in formato DXF 2D o 3D.

Nelle finestre di modellazione le esportazioni come file DXF 2D o 3D rispecchiano esattamente quanto visualizzato (parzializzazioni, prospettiva, ecc.) e consentono quindi di creare disegni o oggetti CAD di telai, sezioni, piante o prospettive della struttura da utilizzare poi in CAD o inviare a terzi. Viene creato un file DXF bidimensionale con la rappresentazione attiva nella finestra, priva di diagrammi attivi, ma, se presenti, con le numerazioni di nodi ed elementi. Nei file 2D nei singoli oggetti le linee nascoste sono rappresentate a tratteggio.

Nelle finestre di Ms-Cad o negli editor interattivi è attiva solo l'esportazione 2D che consente di ottenere file DXF completi di diagrammi o con le rappresentazioni del disegno oggetto, ma si ricorda che la generazione dei file DXF relativi ai disegni esecutivi avviene sempre in modo automatico al momento del salvataggio.

Attraverso la scheda "Esportazioni DXF" dalle **Opzioni** è possibile selezionare alcune opzioni per la generazione del file. Tali opzioni sono utilizzate solo per l'esportazione di quanto visualizzato nelle finestre di modellazione.

### Esportazione immagini

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Immagini**  è possibile salvare, nella cartella desiderata, l'immagine rappresentata nella finestra completa di eventuali mappe a colori e legenda.

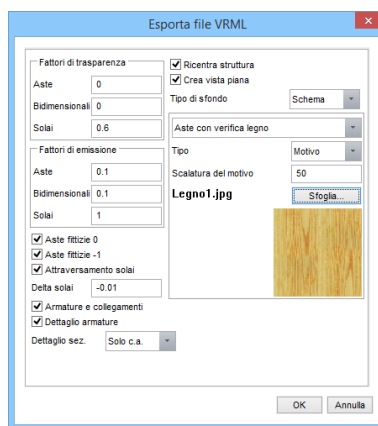
Durante l'esportazione si può utilizzare un diverso schema di colore (esempio con sfondo bianco anziché nero) semplicemente selezionandolo dalla casella di riepilogo a discesa della finestra di dialogo e inserire un commento (solo se l'immagine è salvata in formato JPG) attraverso la casella di testo 'Didascalia' che verrà poi riportato sotto l'immagine nella relazione di calcolo, mentre per gli altri formati il commento sarà uguale al nome del file. Nell'immagine è possibile inserire anche il pannello delle colorazioni degli elementi attraverso l'opzione 'Includi pannello colorazioni elementi', in modo da poter ad esempio riportare nell'immagine insieme alla colorazione delle aste per sezioni anche l'elenco delle sezioni definite, oppure la legenda attraverso l'opzione 'Includi pannello legenda'. La dimensione dei caratteri, impostata in Windows o nel programma, dei pannelli 'Colorazioni elementi' e 'Legenda' è possibile modificarla con 'Dimensioni caratteri pannelli' solo quando questi sono ancorati. Nel caso di esportazione come bitmap (BMP) è possibile salvare l'immagine con una risoluzione superiore a quella del video, in modo da poterla ridimensionare senza perdere qualità. Il file così ottenuto potrà poi ovviamente essere inserito nella relazione di calcolo o in altri documenti. Selezionando, nella colonna centrale della finestra di dialogo, il nome del file dell'immagine salvata si può visualizzarne l'anteprima. I formati in cui è possibile esportare l'immagine sono i seguenti:

- **JPG** (joint photographic experts group);
- **BMP** (bitmap);
- **PNG** (portable network graphics).

## Esportazione struttura in VRML

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **File VRML**  è possibile esportare la struttura corrente in formato VRML.

Il formato VRML (Virtual Reality Modeling Language) è uno standard per la descrizione di oggetti o ambienti tridimensionali, supportato da tutti i più recenti browser HTML direttamente o tramite plug-in gratuiti esterni. Oltre alla possibilità di utilizzare questo tipo di visualizzazione sul proprio computer, si può così ad esempio anche inviare per e-mail il file VRML a terzi che possono visualizzare e controllare il modello senza essere dotati di ModeSt.



I parametri richiesti nella finestra di dialogo hanno il seguente significato:

**Fattori di trasparenza:** valore numerico compreso tra 0 e 1 che consente di rendere l'oggetto opaco (0) oppure trasparente (1).

**Fattori di emissione:** quantità di luce propria riflessa che consente di rendere l'oggetto più brillante.

**Aste fittizie 0 e -1:** consente il disegno delle aste fittizie 0 e -1.

**Dettaglio armature:** consente il disegno del dettaglio delle armature.

**Attraversamento solai:** consente l'attraversamento dei solai durante il percorso all'interno della struttura.

**Dettaglio sez.:** può assumere le due seguenti tipologie:

- **Nessuna:** le sezioni verranno disegnate in modo semplificato.
- **Solo c.a.:** solo le sezioni con verifica prevista in cemento armato verranno disegnate in modo dettagliato;
- **Tutte:** tutte le sezioni verranno disegnate in modo dettagliato.

**Delta solai:** rappresenta lo scostamento dei solai dai nodi in modo da evitare che il disegno dei solai si sovrapponga al disegno della trave.

**Ricentra struttura:** consente di posizionare il baricentro della struttura nell'origine del sistema di riferimento dell'ambiente di visualizzazione.

**Crea vista piana:** consente di posizionarsi in vista piana all'apertura dell'ambiente di visualizzazione.

**Tipo di sfondo:** può assumere le due seguenti tipologie:

- **Schema:** lo sfondo coincide con quello della finestra di modellazione.
- **Standard:** lo sfondo coincide con quello standard dei mondi VRML, cioè due semisfere di raggio infinito di colore blu e verde che nelle viste normali creano l'effetto del cielo e del terreno.

**Tipo:** per ogni elemento della struttura (aste con verifica cemento, aste con verifica acciaio, muri, ecc.) è possibile definire una modalità di rappresentazione scegliendola tra quelle sotto indicate:

- **Schema di colore:** verrà applicato il corrispondente colore impostato nello schema di colore.
- **Motivo:** verrà applicato il motivo dell'immagine JPEG selezionata. In questo caso si attiva anche il parametro **Scalatura** del motivo che consente di adattare l'immagine alle dimensioni dell'elemento specificato.



- **Automatico da verifica:** verrà applicato il motivo interno predefinito nel programma in funzione del tipo di verifica.
- **Default:** verrà applicata la colorazione predefinita in VRML.

## Esportazione struttura per MIDAS

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Struttura per MIDAS**  è possibile esportare la struttura corrente per MIDAS.

Il numero dei nodi, delle aste e degli elementi bidimensionali viene esportato con le seguenti regole:

- Numero nodo MGT = Indice nodo ModeSt + 1.
- Numero asta MGT = Indice asta ModeSt + 1.
- Numero bidimensionale MGT = Indice bidimensionale ModeSt + 1 + Indice massimo asta ModeSt.

Per ogni nodo ed elemento è indicato come commento il numero assegnato in ModeSt, fra parentesi quadre.

Le sezioni con tipologia diversa da quelle elencate in \*SECTION sono esportate come una sezione fittizia.

I carichi sulle aste di sezione 0 (purché non definiti nel sistema di riferimento locale) sono esportati come carichi nodali.

I vincoli nodali tipo pseudo-plinto con rotazione libera sono esportati con rotazione bloccata.

Il peso proprio è applicato direttamente come carico e non come tipo \*SELFWEIGHT (non viene esportato il peso proprio per l'elemento WALL).

Tutte le condizioni di carico elementari (CCE) sono esportate come STLDCase di tipo D.

Per esportare sezioni e materiali come indice di archivio è necessario indicare come commento il codice 1\_NORM\_ID. Ad esempio per la sezione il commento sarà "1\_UNI\_HEA100" mentre per i materiali sarà "1\_UNI(RC)\_Rck35" o "1\_EN(S)\_S235".

Non sono esportati: gli scostamenti dai fili fissi; le sezioni, i tipi di bidimensionali e i materiali definiti ma non utilizzati nel modello; le aste fittizie (sezione 0 -1 -2); i vincoli con coefficiente di sottofondo valutato in funzione della stratigrafia; i link su linea; gli integratori longitudinali e trasversali.

Elenco delle entità esportabili e delle corrispondenze con ModeSt:




MGT	ModeSt
*UNIT	Unità di misura
*NODE	Nodo
*ELEMENT:	Elementi
BEAM	Asta con vincolo assegnato
TRUSS	Asta con vincolo biella
TENSTR	Asta con vincolo biella solo resistente a trazione
COMPTR	Asta con vincolo biella solo resistente a compressione
PLATE	Elemento bidimensionale
WALL	Elemento bidimensionale
*SECTION:	Sezioni
SB	Rettangolare
SR	Circolare
B	Rettangolare cava
P	Circolare cava
H	I stondata
CS	C stondata
L	L
T(UDT)	T

*THICKNESS	Spessore dell'elemento bidimensionale
*MATERIAL	Materiale
*STLDCASE (D)	Elenco delle condizioni di carico elementari
*USE-STLD	Condizione di carico elementare
*CONLOAD	Carico nodale di tipo "Carico concentrato"
*SPDISP	Carico nodale di tipo "Cedimento vincolare"
*BEAMLOAD	Carichi asta
UNILoad	Carico asta generico
CONLOAD	Carico asta concentrato in un punto (Forza)
CONMOMENT	Carico asta concentrato in un punto (Momento)
*PRESSURE	Carico sull'elemento bidimensionale di tipo "uniformemente distribuito"
*ELTEMPER	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Dilatazione termica uniforme"
*THERGRAD	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Gradiente di temperatura"
*CONSTRAINT	Vincoli nodali
*FRAME-RLS	Vincoli asta
*SPRING	Aste su suolo elastico alla Winkler
*SURFACE-SPRING	Elementi bidimensionali su suolo elastico alla Winkler
*NODALMASS	Masse nodali
*STORY	Quote degli impalcati

## Struttura per Revit

### Introduzione


Il collegamento fra Revit e ModeSt avviene attraverso una procedura da integrare all'interno di Revit stesso che consente di importare un file generato all'interno di ModeSt, dopo aver reso corrente una struttura,

cliccando dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Struttura per Revit** .

Per configurare correttamente Revit all'utilizzo della procedura consultare il paragrafo **Configurazione Revit**.

I file sono importabili sono con le versioni di Revit successive alla 2018.

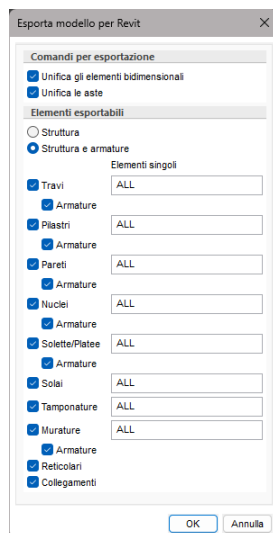
All'interno di Revit, dopo aver aperto un disegno, cliccando dal gruppo **Importa** della scheda **Moduli ag-**

**giuntivi** su **ModeSt**  è possibile leggere tale file e generare o aggiornare automaticamente il disegno.

### Elementi esportabili da ModeSt

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Struttura per Revit**  è possibile esportare la struttura corrente in Revit. Il file generato ha il nome della struttura ed estensione "m2r".


Durante l'esportazione si può specificare di esportare oltre al modello strutturale privo di carichi anche le armature, i collegamenti delle strutture e delle reticolari in acciaio e le armature delle strutture in muratura armata selezionandoli nella finestra di dialogo (vedi figura sottostante) e poi il nome del file. Nel caso in cui si vogliono esportare solo alcuni elementi utilizzare le specifiche riportate in **Selezione aste**, **Selezione muri/elementi bidimensionali**, **Selezionare i solai**.

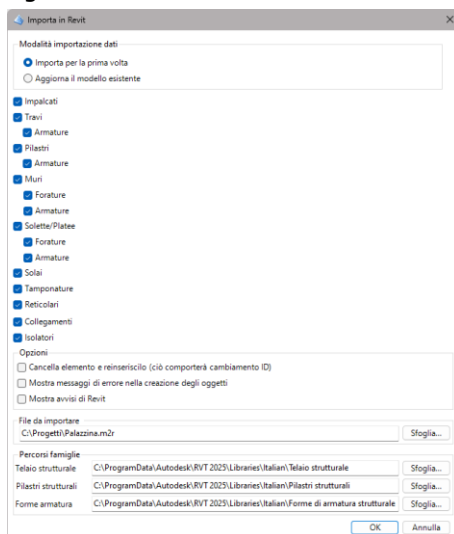


## Elementi importabili in Revit

Si fa presente che l'importazione degli elementi in Revit è basata sulla definizione del modello analitico associato agli elementi stessi. Non è possibile quindi aggiornare in Revit elementi a cui non è stato associato il modello analitico.

Con le limitazioni suddette, è comunque possibile importare le informazioni relative agli Impalcati, alle Travi, ai Pilastri, ai Muri, alle Solette/Platee, ai Solai ed alle Tamponature.

All'interno di Revit, cliccando nel gruppo **Importa** della scheda **Moduli aggiuntivi** su **ModeSt**  compare la finestra di dialogo riportata nella figura sottostante.



Prima di procedere all'importazione, occorre indicare se generare o aggiornare un disegno, selezionare quali elementi importare ed impostare le cartelle in cui ricercare le "famiglie". Successivamente selezionare il file da importare.

La procedura di importazione si comporta come segue:

1. Individua gli elementi di ModeSt e dei dati necessari per descriverli in Revit.
2. Individua ed associa le famiglie da utilizzare per ciascuna sezione in c.a., legno e acciaio presente nel file da importare e visualizza una finestra di dialogo, chiamata "Mappatura sezioni aste", con il risultato dell'associazione. Nella "Mappatura sezioni aste" è possibile controllare e modificare la famiglia associata cliccando sul bottone "Sfoglia".
3. Trasforma la struttura in un modello analitico costituito da nodi ed elementi.
4. Definisce i parametri che caratterizzano a livello di Revit gli elementi in modo da valutare la loro reale posizione rispetto al modello analitico e quindi ai nodi (fili fissi, scostamenti dai fili fissi).
5. Aggiorna solo le aste (travi e pilastri), sia in termini di sezione e/o posizione (filo fisso e scostamento dal filo fisso), che hanno la stessa posizione sia in Revit che in ModeSt (con le stesse coordinate dei nodi).

iniziale e finale) e aggiorna gli impalcati (aggiungendo i nuovi impalcati e cancellando e rinominando quelli esistenti).

6. Genera un file con nome "Report.txt" contenente l'elenco degli elementi creati, eliminati, modificati e tutte le anomalie relative all'importazione della struttura in Revit.

L'opzione **Cancella elemento e reinseriscilo (ciò comporterà cambiamento ID)** consente di eliminare tutti gli elementi e di rigenerarli con un nuovo ID. La suddetta opzione può essere deselezionata solo nel caso in cui Revit non segnali errori nell'importazione della struttura. Gli errori possono essere causati dalla modifica della sezione delle travi. La modifica del filo fisso e/o dello scostamento dal filo fisso dei pilastri comporta sempre la loro eliminazione e la rigenerazione con un nuovo ID. Così come la rotazione di travi e pilastri.

L'opzione **Mostra messaggi di errore nella creazione degli oggetti** consente di visualizzare gli errori segnalati da Revit nella creazione dell'elemento. In questo caso l'elemento non verrà creato.

L'opzione **Mostra avvisi di Revit** consente di visualizzare gli avvertimenti segnalati da Revit nella creazione del singolo elemento. In questo caso l'elemento verrà creato ed inserito.

#### MODALITÀ DI DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI TRAVI E PILASTRI

La cosa fondamentale per la definizione delle sezioni di travi e pilastri è che in Revit siano presenti le "famiglie" dei "tipi" di membrature (travi o pilastri).

**Per questo motivo è necessario installare il programma "RVT\_20xx\_ITA\_Libraries.exe"** scaricabile dal seguente link: <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/downloads/caas/downloads/downloads/ITA/content/autodesk-revit-20xx-content.html>.

**N.B.** sostituire **xx** con il numero dell'anno relativo alla versione di Revit: 19, 20, 21, ecc.

Facciamo osservare che le aste con membratura generica vengono esportate in Revit come pilastri se perfettamente verticali, altrimenti come travi.

Per la **definizione delle sezioni in c.a.** se la forma della sezione appartiene alle tipologie rettangolare, circolare, T, T rovescia, L, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate in ModeSt, altrimenti viene definita una sezione rettangolare fittizia.

Per la **definizione delle sezioni in acciaio** viene utilizzato il file sezmgmt.csv (si veda quanto descritto a riguardo in **Elementi esportabili da Revit**). Per le sezioni con verifica prevista acciaio, viene individuato il codice presente nella colonna di Revit dal corrispondente codice della sezione di ModeSt e lo usa per vedere se è presente nella famiglia di Revit in base al tipo di membratura (trave o pilastro) e alla forma della sezione (rettangolare, circolare, ecc.). Se viene trovato, la sezione viene associata al codice di Revit, altrimenti se la forma della sezione appartiene alle tipologie rettangolare, rettangolare cava, circolare, circolare cava, I stondata, T, T stondata, L, L stondata, C stondata, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate in ModeSt. Nel caso invece che la forma della sezione non appartenga alle tipologie precedenti viene definita una sezione rettangolare fittizia.

Per la **definizione delle sezioni in legno** se la forma della sezione appartiene alla tipologia rettangolare, la sezione viene definita con la forma e le dimensioni specificate in ModeSt, altrimenti viene definita una sezione rettangolare fittizia.

## Esportazione struttura per Tekla Structures

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Struttura per Tekla Structures**  è possibile esportare la struttura corrente per Tekla Structures.

Il numero dei nodi, delle aste e degli elementi bidimensionali viene esportato con le seguenti regole:

- Numero nodo MGT = Indice nodo ModeSt + 1.
- Numero asta MGT = Indice asta ModeSt + 1.
- Numero bidimensionale MGT = Indice bidimensionale ModeSt + 1 + Indice massimo asta ModeSt.

Per ogni nodo ed elemento è indicato come commento il numero assegnato in ModeSt, fra parentesi quadre. Le sezioni con tipologia diversa da quelle elencate in \*SECTION sono esportate come una sezione fittizia.

I carichi sulle aste di sezione 0 (purché non definiti nel sistema di riferimento locale) sono esportati come carichi nodali.

I vincoli nodali tipo pseudo-plinto con rotazione libera sono esportati con rotazione bloccata.

Il peso proprio è applicato direttamente come carico e non come tipo \*SELFWEIGHT (non viene esportato il peso proprio per l'elemento WALL).

Tutte le condizioni di carico elementari (CCE) sono esportate come STLDCase di tipo D.

Per esportare sezioni e materiali come indice di archivio è necessario indicare come commento il codice 1\_NORM\_ID. Ad esempio per le sezioni il commento sarà "1\_UNI\_HEA100" mentre per i materiali sarà "1\_UNI(RC)\_Rck35" o "1\_EN(S)\_S235".

Non sono esportati: gli scostamenti dai fili fissi; le sezioni, i tipi di bidimensionali e i materiali definiti ma non utilizzati nel modello; le aste fittizie (sezione 0 -1 -2); i vincoli con coefficiente di sottofondo valutato in funzione della stratigrafia; i link su linea; gli integratori longitudinali e trasversali.

Elenco delle entità esportabili e delle corrispondenze con ModeSt:

<b>MGT</b>	<b>ModeSt</b>
*UNIT	Unità di misura
*NODE	Nodo
*ELEMENT:	Elementi
BEAM	Asta con vincolo assegnato
TRUSS	Asta con vincolo biella
TENSTR	Asta con vincolo biella solo resistente a trazione
COMPTR	Asta con vincolo biella solo resistente a compressione
PLATE	Elemento bidimensionale
WALL	Elemento bidimensionale
*SECTION:	Sezioni
SB	Rettangolare
SR	Circolare
B	Rettangolare cava
P	Circolare cava
H	I stondata
CS	C stondata
L	L
T(UDT)	T
*THICKNESS	Spessore dell'elemento bidimensionale
*MATERIAL	Materiale
*STLDCASE (D)	Elenco delle condizioni di carico elementari
*USE-STLD	Condizione di carico elementare
*CONLOAD	Carico nodale di tipo "Carico concentrato"
*SPDISP	Carico nodale di tipo "Cedimento vincolare"
*BEAMLOAD	Carichi asta
UNILoad	Carico asta generico
CONLOAD	Carico asta concentrato in un punto (Forza)
CONMOMENT	Carico asta concentrato in un punto (Momento)
*PRESSURE	Carico sull'elemento bidimensionale di tipo "uniformemente distribuito"
*ELTEMPER	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Dilatazione termica uniforme"
*THERGRAD	Carico asta/elemento bidimensionale di tipo "Gradiente di temperatura"
*CONSTRAINT	Vincoli nodali
*FRAME-RLS	Vincoli asta
*SPRING	Aste su suolo elastico alla Winkler

*SURFACE-SPRING	Elementi bidimensionali su suolo elastico alla Winkler
*NODALMASS	Masse nodali
*STORY	Quote degli impalcati

## Esportazione struttura per IDEA StatiCa Checkbot

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **IDEA StatiCa Checkbot**  è possibile esportare la struttura corrente per IDEA StatiCa Checkbot.

Della struttura vengono esportate solo le aste con verifica prevista acciaio. Effettuando una preselezione di aste è possibile esportare solo una porzione della struttura.

L'esportazione viene interrotta se la sezione è priva di codice.

La sezione delle aste viene esportata utilizzando il codice indicato nella definizione della sezione ed il file sezmgt.csv. Il file sezmgt.csv contiene le codifiche delle sezioni in acciaio utilizzate dai programmi ai quali ModeSt è collegato. Nel file ci sono una serie di righe e colonne, dove in ogni riga è specificato il codice della sezione utilizzato dal programma indicato in cima alla colonna (intestazione). Il file sezmgt.csv è archiviato nella cartella ETC contenuta nella cartella di installazione del programma e può essere modificato utilizzando il programma Excel o il blocco note di Windows.

Per cui, prima di procedere con l'esportazione, consigliamo di verificare che il codice indicato corrisponda esattamente al tipo di sezione, per evitare di avere aste con sezione di forma o dimensioni diversa da quelle della struttura, e che sia presente nel file sezmgt.csv. Quindi, se il codice della sezione coincide con quello presente nella colonna "ModeSt", la sezione viene definita utilizzando il codice indicato nella colonna "Idea".

Si consiglia di esportare le strutture calcolate.

Nel caso in cui si abbia intenzione di apportare delle modifiche alla struttura e di aggiornarla in IDEA StatiCa Checkbot occorre progettare un qualsiasi elemento in cemento armato o in acciaio.

## Esportazione struttura in IFC

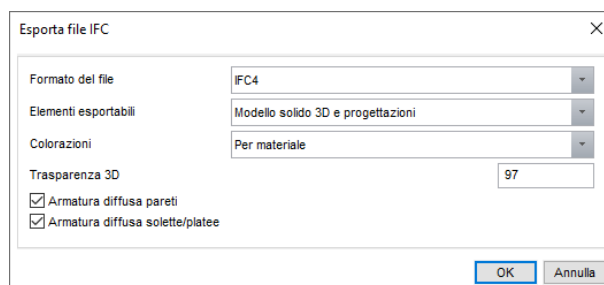
Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **File IFC**  è possibile esportare la struttura corrente nel formato IFC.

Il formato IFC (Industry Foundation Classes) è uno standard per la descrizione delle costruzioni, supportato dai principali software di ingegneria ed architettura, nato per facilitare lo scambio dati nel settore dell'architettura, ingegneria e costruzioni ed è un formato comunemente usato nel BIM (Building Information Modeling).

ModeSt esporta le informazioni architettoniche e/o strutturali della struttura corrente su file IFC secondo lo standard IFC2x3 e IFC4. Effettuando una preselezione è possibile esportare solo una porzione della struttura.

Durante l'esportazione si può specificare di esportare oltre al modello strutturale privo di carichi anche le armature, i collegamenti degli elementi in acciaio, i rinforzi delle strutture esistenti, le armature delle strutture in muratura armata e le connessioni delle strutture in legno a pannelli X-LAM oppure solo le armature con o senza rinforzi semplicemente selezionandoli nella finestra di dialogo (vedi figura sottostante), specificare il tipo di colorazione da assegnare alle aste, ai muri/elementi bidimensionali, ai solai e alle tamponature e poi il nome del file.

Per i collegamenti in acciaio viene esportata l'asta sagomata in funzione del tipo di collegamento. Per le pareti e le solette/platee è possibile specificare se esportare oltre alle armature aggiuntive anche quella diffusa; facciamo notare che l'esportazione dell'armatura diffusa può richiedere tempi computazionali maggiori sia nell'esportazione che nell'importazione del modello.



ModeSt esporta nelle classi IFC solo le informazioni indicate nella seguente tabella:

Oggetti di ModeSt	Classe IFC
Nodi	IfcStructuralPointConnection
Aste	IfcStructuralCurveMember
Muri/elementi bidimensionali	IfcStructuralSurfaceMember
Materiali	IfcMaterial
Vincoli nodali	IfcBoundaryNodeCondition
Filo fisso asta	IfcRelDefineProperties
Scostamento dal filo fisso asta	IfcConnectionPointEccentricity
Condizione di carico elementare	IfcStructuralLoadGroup

ModeSt esporta nelle classi IFC le sezioni riportate nella seguente tabella:

Sezione di ModeSt	Classe IFC
Rettangolare	IfcRectangleProfileDef
Rettangolare cava	IfcRectangleHollowProfileDef
Circolare	IfcCircleProfileDef
Circolare cava	IfcCircleHollowProfileDef
T	IfcTShapeProfileDef
L	IfcLShapeProfileDef
I	IfcIShapeProfileDef
U	IfcUShapeProfileDef
Z	IfcZShapeProfileDef
Per coordinate	IfcArbitraryClosedProfileDef




Le aste vengono classificate come pilastro, trave o generica in funzione della membratura assegnata alla sezione associata alle aste.

## Esportazione struttura per ModeSt ver. 7.14

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Struttura ver. 7.14**  è possibile esportare la **struttura corrente** nel formato apribile con la versione 7.14 di ModeSt. Viene esportato solo la struttura senza i risultati del calcolo e le progettazioni effettuate.

L'esportazione della struttura nella versione 7.14 si rende utile quando si vuole progettare o verificare una struttura in base all'Ord. 3431/05.

## Esportazione struttura in un Backup

Dal menu dell'applicazione  selezionando **Esporta**  e poi **Backup struttura**  è possibile archiviare la **struttura corrente**. Nell'archivio vengono salvati la struttura, i risultati del calcolo e le progettazioni effettuate.

## Macro e personalizzazione comandi

ModeSt permette l'utilizzo del linguaggio di scripting standard VBScript per la creazione di macro con le quali è possibile la realizzazione di procedure di automatizzazione, modifica e generazione nodi ed elementi, o semplicemente per implementare i comandi di ModeSt in modo completamente personalizzato.

La macro è una sequenza di istruzioni in linguaggio di programmazione VBScript contenute in un file con estensione VBS, residente nella cartella Macro di ModeSt, che permette di lanciare i comandi ModeSt, accedere ai dati delle strutture e collegare altre applicazioni.

VBScript è un linguaggio semplice da usare e molto flessibile che rende possibile accedere agli oggetti implementati in ModeSt e ad altre applicazioni tramite la tecnologia COM/ActiveX. Ad esempio è possibile leggere dei dati dalla geometria corrente di ModeSt e scrivere un documento di Word o un foglio di Excel.

VBScript è un membro della famiglia di linguaggi Visual Basic usato nei prodotti commerciali Microsoft (da Office a Internet Explorer) e scelto anche da molti produttori indipendenti come linguaggio per automatizzare le proprie applicazioni (ad esempio AutoCAD).

La documentazione su VBScript è ampia ed oltre al file di Help standard esistono in commercio decine di libri a tutti i livelli. ModeSt documenta solamente le peculiarità e le estensioni della implementazione oltre che gli oggetti ActiveX messi a disposizione da ModeSt nelle macro.

**Argomenti correlati:** [Uso delle macro da ModeSt](#).

## Uso delle macro da ModeSt

Per eseguire una macro occorre digitarne il nome dalla linea comando. Durante l'esecuzione vengono effettuati nell'ordine i seguenti controlli:

1. se il nome coincide con quello di un file con estensione VBS nella cartella delle macro, viene eseguita la macro;
  2. se il nome coincide con un comando ModeSt viene eseguito il comando;
- altrimenti viene visualizzato un messaggio di errore.

Tutto il codice all'interno della macro ha accesso all'**oggetto ModeSt** mediante il quale si interagisce col programma. ModeSt rende disponibili una serie di servizi sotto forma di metodi e proprietà.

## Struttura di una macro

La struttura generale di una macro è la seguente:

**#include "modest"**

**Sub Main ()**

**corpo della macro**

**End Sub**

La subroutine predefinita **Sub Main ()** rappresenta il punto di inizio dell'esecuzione della macro, mentre l'inclusione del file 'modest.vbs' permette l'accesso alle costanti definite in ModeSt.

Solo se non esiste una macro ModeSt controlla l'elenco interno dei comandi. In questo modo è possibile sovrascrivere i comandi di ModeSt per ottenere comportamenti particolari. Per ulteriori dettagli si veda anche **Ridefinizione dei comandi tramite macro**.


## Visualizzazione della macro nell'elenco delle macro e del commento a video

Attraverso la seguente istruzione è possibile rendere visibile la macro nell'elenco delle macro:

**#Pragma title** "nome"

Attraverso la seguente istruzione è possibile visualizzare un commento quando si posiziona il puntatore sul nome della macro:

**#Pragma tooltip** "nome del commento"

L'elenco delle macro è visibile cliccando nel gruppo **Strumenti** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Macro** .

## Errori e loop infiniti

Durante tutto il tempo che la macro resta in esecuzione non è possibile interagire direttamente con ModeSt se non tramite il codice della macro. Se si verifica un errore di esecuzione della macro, questa viene terminata



e il relativo messaggio completo di numero di linea di riferimento viene mostrato in una finestra di dialogo. Se la macro non interagisce con l'interfaccia utente per 30 secondi questa potrebbe essere in un ciclo infinito, per cui compare una finestra di dialogo che dà la possibilità all'utente di interromperla, se riteniamo che l'esecuzione della macro sia corretta e che richieda un tempo maggiore ai 30 secondi possiamo lasciare la finestra di dialogo sullo schermo poiché scomparirà appena la macro farà la prossima operazione con l'interfaccia, altrimenti è possibile arrestare la macro in esecuzione e controllarla. Attraverso la seguente istruzione è possibile configurare la comparsa della finestra di dialogo:

#### **'#pragma timeout valore**

dove **valore**, espresso in millisecondi, rappresenta il tempo intercorso tra il lancio della macro e la comparsa della finestra di dialogo e in particolare se vale: -1 disattiva la comparsa della finestra di dialogo, 0 attiva immediatamente la comparsa della finestra di dialogo.

## Inclusione di altri file

Se una macro contiene l'istruzione:

#### **'#include "nomefile"**

il file 'nomefile.vbs' viene considerato incluso nella macro al momento dell'esecuzione rendendo possibile creare delle librerie di funzioni e procedure riutilizzabili in altre macro.

## Passaggio parametri

Il metodo **Var ()** dell'oggetto ModeSt permette di accedere alle variabili definite in ModeSt in quel momento, ivi comprese le variabili speciali %ARG0, %ARG1, %ARG2, ecc. che vengono definite al momento del lancio della macro e contenenti i parametri passati dalla linea di comando. In particolare %ARG0 contiene il numero di parametri passati mentre il loro valore è contenuto in %ARG1, %ARG2, ecc.

## Collezioni

---

Queste collezioni di oggetti permettono l'accesso ai materiali, agli elementi (nodi, aste, ecc.), alle selezioni di elementi, ecc. Esse seguono l'interfaccia standard delle collezioni del linguaggio VB, perciò sono utilizzabili con il costrutto *For Each ...* e dispongono delle due proprietà:

**Count** ritorna il numero di oggetti contenuti

**Item (x)** ritorna l'oggetto di indice x. Item è anche la proprietà di default perciò può essere omessa, scrivere *Aste.Item(3)* oppure *Aste(3)* si riferisce sempre alla terza asta della collezione **Aste**.

Elenco delle collezioni di ModeSt:

**Materiali** collezione di oggetti di tipo **Materiale**.

**Impalcati** collezione di oggetti di tipo **Impalcato**.

**Nodi** collezione di oggetti di tipo **Nodo**.

**VincoliNodi** collezione di oggetti di tipo **VincoloNodo**.

**Aste** collezione di oggetti di tipo **Asta**.

**Sezioni** collezione di oggetti di tipo **Sezione**.

**VincoliAste** collezione di oggetti di tipo **VincoloAste**.

**Bidimensionali** collezione di oggetti di tipo **Bidimensionale**.

**TipoBidimensionali** collezione di oggetti di tipo **TipoBidimensionale**.

**Plinti/Pali** collezione di oggetti di tipo **Plinto**.

**TipoPlinti/Pali** collezione di oggetti di tipo **TipoPlinto**.

**Solai** collezione di oggetti di tipo **Solaio**.

**TipoSolai** collezione di oggetti di tipo **TipoSolaio**.

**Tamponature** collezione di oggetti di tipo **Tamponatura**.

**TipoTamponature** collezione di oggetti di tipo **TipoTamponatura**.

**Reticolari** collezione di oggetti di tipo **Reticolare**.

**TipoReticolari** collezione di oggetti di tipo **TipoReticolare**.

**CCE** collezione di oggetti di tipo **CCE**.

**TipoCCE** collezione di oggetti di tipo **TipoCCE**.

**Risultati** collezione di oggetti di tipo **Combinazione**.

# Oggetto ModeSt

---

L'oggetto ModeSt accessibile nei VBScript lanciati da ModeSt contiene diversi metodi ed oggetti. Per un uso ottimale si consiglia di **includere sempre nelle macro il file ModeSt.vbs** che contiene la definizione delle costanti, i codici d'errore utilizzati ed alcune funzioni di utilità.

## Metodi e proprietà generali

**Esegui (cmd)** esegue le istruzioni contenute nella variabile **cmd** sulla linea comando di ModeSt. Si veda **Sintassi** per le specifiche utilizzabili.

**Errore ()** ritorna l'eventuale codice di errore dell'ultimo metodo o proprietà utilizzato dall'oggetto ModeSt. Ritorna 0 se il metodo è stato eseguito correttamente. Se il valore di ritorno è diverso da 0 consultare la tabella dei codici di errore per informazioni aggiuntive.

**CreaArchivio (TipArch, FileArch, FileCSV)** ritorna True se è stato trasformato l'archivio del tipo **TipArch** e con nome **FileArch** in formato CVS con nome **FileCSV**.

I valori ammissibili per **TipArch** sono:

- Materiali;**
- Vincoli Nodi;**
- Vincoli Aste;**
- Sez. Aste;**
- Param. aggiuntivi Aste;**
- Tipi Plinti;**
- Tipi Solai;**
- Tipi CCE.**

**Var (nomevar)** legge una variabile con nome **nomevar** da ModeSt.

**Configurazione** oggetto **Configurazione** contenente le informazioni relative alla configurazione di ModeSt.

**OpzioniGenerali** oggetto **OpzioniGenerali** contenente le informazioni relative sia alle cartelle che all'unità di misura di ModeSt.

**Progetto** oggetto **Progetto**. Se il progetto è chiuso ritorna Null.

**SetCurModel (nomemodel)** ritorna True se è stata resa corrente la struttura **nomemodel** dal progetto.

**ModelDialog (titolo)** ritorna True se è stata selezionata una struttura nella finestra di dialogo con titolo **titolo**.

## Proprietà relative alla struttura corrente

**ModelName** ritorna il nome della struttura corrente completo di percorso.

**CurBSection** ritorna il numero della sezione corrente (**SAC**), 0, -1, -2 per le corrispondenti sezioni fittizie, -3 se non esistono sezioni nella struttura.

**Level (numimpalcato)** oggetto **Impalcato** corrispondente all'impalcato con numero **numimpalcato**.

**Material (nummateriale)** oggetto **Materiale** corrispondente al materiale con numero **nummateriale**.

**Node (numnodo)** oggetto **Nodo** corrispondente al nodo con numero **numnodo**.

**NConstraint (numvincnodo)** oggetto **VincoloNodo** corrispondente al vincolo nodo con numero **numvincnodo**.

**Beam (numnodo1, numnodo2)** oggetto **Asta** corrispondente all'asta fra i nodi con numero **numnodo1** e **numnodo2**.

**BConstraint (numvincasta)** oggetto **VincoloAsta** corrispondente al vincolo asta con numero **numvincasta**.

**BSection (numsezione)** oggetto **Sezione** corrispondente alla sezione con numero **numsezione**.

## Metodi relativi alla struttura corrente

**SetSoll (soll)** stabilisce il tipo di sollecitazioni **soll** da considerare nei metodi che richiedono risultati del calcolo. Ritorna il numero di risultati (condizioni elementari, combinazioni, ecc.) disponibili nel tipo di sollecitazione selezionato. Analogo al comando **SOLC** in modellazione.

**SetRis (numris)** stabilisce il numero del risultato **numris** da considerare all'interno delle sollecitazioni selezionate con **SetSoll**. Ritorna False se il numero di risultato specificato non è valido o se non è stato effettuato un valido **SetSoll**. Analogo al comando **RISC** in modellazione.

## Oggetto Configurazione

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Statico** ritorna True se ModeSt è una versione Statica.

**Lite** ritorna True se ModeSt è una versione Lite.

**Slim** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il modulo per il calcolo agli stati limite.

**Pnar** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il modulo per il progetto dei collegamenti di strutture reticolari in acciaio.

**Pnat** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il modulo per il progetto dei collegamenti di strutture intelaiate in acciaio.

**Vleg** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il modulo per la verifica delle aste in legno.

**Psol** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il modulo per il progetto dell'armatura dei solai.

**NonLineare** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il modulo non lineare.

**Steelworld** ritorna True se la configurazione di ModeSt comprende il collegamento al verificatore STEELWORLD.

**SAP** ritorna True se è abilitato il solutore SAP.

**SAP2000** ritorna True se è abilitato il solutore SAP2000.

**OPENSEES** ritorna True se è abilitato il solutore OpenSees.

**XF** ritorna True se è abilitato il solutore Xfinest.

**VersioneNumero** ritorna il numero della versione di ModeSt.

## Oggetto OpzioniGenerali

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Cartelle** oggetto **Cartelle** contenente le informazioni relative alle cartelle di ModeSt.

**UnitaDiMisura** oggetto **UnitaDiMisura** contenente le informazioni sulle unità di misura impostate in ModeSt.

**ParametriRicercaPunti** oggetto **ParametriRicercaPunti** contenente le informazioni relative ai parametri di modellazione.

## Oggetto Cartelle

---

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**ModeSt** ritorna il percorso dove è stato installato ModeSt.

**Temporanea** ritorna il percorso dove ModeSt memorizza i file temporanei.

**Esporta** ritorna il percorso di esportazione delle strutture versione 5.70.

**Importa** ritorna il percorso di importazione delle strutture versione 5.70.

**Macro** ritorna il percorso dove ModeSt ricerca le macro.

**Etc** ritorna il percorso dove ModeSt ricerca i file accessori.

**Progetto** ritorna il percorso dove ModeSt ricerca i progetti.

**Libreria** ritorna il percorso della libreria dei disegni Ms-Cad.

**DXF** ritorna il percorso di importazione dei file DXF.

**Archivi** ritorna il percorso dove ModeSt ricerca i file di archivio.

## Oggetto File

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Percorso** ritorna il percorso del file.

## Oggetto Progetto

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Nome** ritorna il nome del progetto completo di percorso.

**FileModelli** oggetto **File**.

**FileDisegni** oggetto **File**.

**File**Altri oggetto **File**.

**StrutturaCorrente (nomemodel)** ritorna True se è stata resa corrente la struttura **nomemodel** dal progetto.

**Struttura** oggetto **Struttura** contenente le informazioni delle strutture del progetto. Ritorna Null se non esiste una struttura corrente.

## Oggetto Struttura

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Correnti** collezione di oggetti di tipo **Correnti**.

**Selezioni** oggetto **Selezioni**.

**Calcolo** oggetto **Calcolo**.

**Nome** ritorna il nome della struttura completo di percorso.

**CartellaDisegni** ritorna il nome della cartella in cui sono contenuti i disegni della struttura completo di percorso.

**FinestreEditorAperte** ritorna True se una finestra di editor è aperta.

**Materiali** collezione di oggetti di tipo **Materiale**.

**Impalcati** collezione di oggetti di tipo **Impalcato**.

**Nodi** collezione di oggetti di tipo **Nodo**.

**VincoliNodi** collezione di oggetti di tipo **VincoloNodo**.

**CercaNodo (x, y, z)** restituisce il numero del nodo con coordinate **x, y, z**.

**Aste** collezione di oggetti di tipo **Asta**.

**Sezioni** collezione di oggetti di tipo **Sezione**.

**VincoliAste** collezione di oggetti di tipo **VincoloAste**.

**Bidimensionali** collezione di oggetti di tipo **Bidimensionale**.

**TipoBidimensionali** collezione di oggetti di tipo **TipoBidimensionale**.

**Plinti** collezione di oggetti di tipo **Plinto/Palo**.

**TipoPlinti** collezione di oggetti di tipo **TipoPlinto/Palo**.

**Solai** collezione di oggetti di tipo **Solaio**.

**TipoSolai** collezione di oggetti di tipo **TipoSolaio**.

**Tamponature** collezione di oggetti di tipo **Tamponatura**.

**TipoTamponature** collezione di oggetti di tipo **TipoTamponatura**.

**Reticolari** collezione di oggetti di tipo **Reticolare**.

**TipoReticolari** collezione di oggetti di tipo **TipoReticolare**.

**TipoLinksSuLinea** collezione di oggetti di tipo **TipoLinkSuLinea**.

**UnitaGeotecniche** collezione di oggetti di tipo **UnitaGeotecnica**.

**CCE** collezione di oggetti di tipo **CCE**.

**TipoCCE** collezione di oggetti di tipo **TipoCCE**.

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**ApriNuovaModellazione** apre una nuova finestra di modellazione in ModeSt.

**Salva** salva la struttura o l'editor aperto.

**SalvaTutto** salva la struttura o l'editor aperto ed aggiorna la copia di backup.

## Oggetto Correnti

---

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**Impalcato** ritorna un oggetto di tipo **Impalcato**.

**NumeroNodo** ritorna il numero del nodo corrente (**NNC**).

**VincoloNodo** ritorna un oggetto di tipo **VincoloNodo**.

**NumeroAsta** ritorna il numero dell'asta corrente (**NAC**). Se il numero è stato impostato come negativo (incremento automatico), ritorna un valore negativo.

**SezioneAsta** ritorna un oggetto di tipo **Sezione**.

**VincoloAsta** ritorna un oggetto di tipo **VincoloAste**.

**RotazioneAsta** ritorna la rotazione corrente dell'asta (**RAC**) in gradi.

**ParametriAggiuntiviAsta** ritorna il numero del parametro aggiuntivo aste corrente (**PAC**).

**FiloFissoAsta** ritorna il codice del filo fisso aste corrente (**FAC**).

**ScostamentoFiloFissoAsta (e, dir)** ritorna il valore dello scostamento dal filo fisso corrente (**SFAC**) corrispondente all'estremo **e** ed al parametro **dir**.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo estremo dell'asta;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo estremo dell'asta.

Le costanti ammissibili per **dir** sono:

**YDIR** restituisce gli scostamenti in direzione Y locale dell'asta;

**ZDIR** restituisce gli scostamenti in direzione Z locale dell'asta.

**NumeroBidimensionale** ritorna il numero del muro/elemento bidimensionale corrente (**NBC**).

**TipoBidimensionale** ritorna un oggetto di tipo **TipoBidimensionale**.

**FiloFissoBidimensionale** ritorna il codice del filo fisso del muro/elemento bidimensionale corrente (**FBC**).

**ScostamentoFiloFissoBidi (e)** scostamenti dal filo fisso corrispondenti al nodo **e** del muro/elemento bidimensionale.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo nodo del muro/elemento bidimensionale;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo nodo del muro/elemento bidimensionale.

**NumeroPlinto** ritorna il numero del plinto corrente (**NLC**).

**TipoPlinto** ritorna un oggetto di tipo **TipoPlinto**.

**NumeroSolaio** ritorna il numero del solaio corrente (**NSC**).

**TipoSolaio** ritorna un oggetto di tipo **TipoSolaio**.

**OrdituraSolaio** ritorna l'angolo d'orditura del solaio corrente (**OSC**).

**NumeroTamponatura** ritorna il numero della tamponatura corrente (**NTC**).

**TipoTamponatura** ritorna un oggetto di tipo **TipoTamponatura**.

**NumeroNucleo** ritorna il numero del nucleo corrente.

**NumeroReticolare** ritorna il numero della reticolare corrente (**NRC**).

**TipoReticolare** ritorna un oggetto di tipo **TipoReticolare**.

**NumeroLinkSuLinea** ritorna il numero del link su linea corrente (**NKLC**).

**TipoLinksSuLinea** ritorna un oggetto di tipo **TipoLinkSuLinea**.

**CCE** ritorna un oggetto di tipo **CCE**.

## Oggetto UnitaDiMisura

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Forze** unità di misura impostata per le forze.

**Lunghezze** unità di misura impostata per le lunghezze.

## Oggetto Selezioni

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Nodi** collezione dei nodi selezionati con **SELN** nella struttura corrente.

**Aste** collezione delle aste selezionate con **SELA** nella struttura corrente.

**Bidimensionali** collezione di muri/elementi bidimensionali selezionati con **SELB** nella struttura corrente.

**Plinti/Pali** collezione dei plinti/pali selezionati con **SELL** nella struttura corrente.

**Solai** collezione dei solai selezionati con **SELS** nella struttura corrente.

**Tamponature** collezione delle tamponature selezionate con **SELT** nella struttura corrente.

**Reticolari** collezione di reticolari selezionate con **SELR** nella struttura corrente.

**LinkSuLinea** collezione di link su linea selezionati con **SELKL** nella struttura corrente.

# Oggetto ParametriRicercaPunti

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**ArrotondamentoCoordinate** valore dell'arrotondamento delle coordinate.

**AssegnaArrotondamentoCoordinate** imposta il valore dell'arrotondamento delle coordinate.

**MovimentoOrtogonal** ritorna True se è attiva l'opzione "Mov. ortogonali" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**AssegnaMovimentoOrtogonal** imposta attiva l'opzione "Mov. ortogonali" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**UsaNodiEsistenti** ritorna True se è attiva l'opzione "Solo nodi esistenti" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**AssegnaUsaNodiEsistenti** imposta attiva l'opzione "Solo nodi esistenti" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**Griglia** ritorna True se è attiva l'opzione "Griglia" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**AssegnaGriglia** imposta attiva l'opzione "Griglia" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**DimensioniGriglia** valore della dimensione della griglia.

**AssegnaDimensioniGriglia** imposta il valore della dimensione della griglia.

**RicercaPuntiCaldiOrtogonal** ritorna True se è attiva l'opzione degli snap "Ortogonal" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**AssegnaRicercaPuntiCaldiOrtogonal** imposta attiva l'opzione degli snap "Ortogonal" nel pannello **Parametri di modellazione**.

**RicercaPuntiCaldiPerpendicolari** ritorna True se è attiva l'opzione degli snap "Perpendicolari" nel pannello **Parametri di modellazione**.


**AssegnaRicercaPuntiCaldiPerpendicolari** imposta attiva l'opzione degli snap "Perpendicolari" nel pannello **Parametri di modellazione**.


**RicercaPuntiCaldiMeta** ritorna True se è attiva l'opzione degli snap "Centrali" nel pannello **Parametri di modellazione**.


**AssegnaRicercaPuntiCaldiMeta** imposta attiva l'opzione degli snap "Centrali" nel pannello **Parametri di modellazione**.


**InserireScostamentiSoloSuPuntiIntersezione** ritorna True se è attiva l'opzione degli snap "Scost. su intersezioni" nel pannello **Parametri di modellazione**.


**AssegnaInserireScostamentiSoloSuPuntiIntersezione** imposta attiva l'opzione degli snap "Scost. su intersezioni" nel pannello **Parametri di modellazione**.


**InserimentoSemplificatoPilastr** ritorna True se è attiva l'opzione "Inserimento semplificato pilastr" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .


**AssegnaInserimentoSemplificatoPilastr** imposta attiva l'opzione "Inserimento semplificato pilastr" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .

**IndividuaImpalcatoPil** ritorna True se è attiva l'opzione "Inserimento pilastr fino all'ultimo impalcato" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .

**AssegnaIndividuaImpalcatoPil** imposta attiva l'opzione "Inserimento pilastr fino all'ultimo impalcato" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .


**RicercaNodiIntermediInserimentoAste** ritorna True se è attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .


**CreaNodiIntermedi** ritorna True se è attiva l'opzione "Crea nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .


**AssegnaCreaNodiIntermedi** imposta attiva l'opzione "Crea nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Aste** .


**RicercaNodiIntermediInserimentoBidimensionali** ritorna True se è attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Bidi** .


**AssegnaRicercaNodiIntermediInserimentoBidimensionali** imposta attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Bidi** .

**IndividuaImpalcatiMuri** ritorna True se è attiva l'opzione "Inserimento muri fino all'ultimo impalcato" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Bidi** .

**AssegnaIndividuaImpalcatiMuri** imposta attiva l'opzione "Inserimento muri fino all'ultimo impalcato" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Bidi** .

**RicercaNodiIntermediInserimentoSolai** ritorna True se è attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Solai** .

**AssegnaRicercaNodiIntermediInserimentoSolai** imposta attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Solai** .

**RicercaNodiIntermediInserimentoTamponature** ritorna True se è attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Tamponature** .

**AssegnaRicercaNodiIntermediInserimentoTamponature** imposta attiva l'opzione "Ricerca nodi intermedi" del menu che compare cliccando nel gruppo **Inserimento** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Tamponature** .

## Oggetto C3D

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**x, y, z** corrispondono, a seconda del contesto, alle tre coordinate, alle tre componenti di una forza, ecc.

## Oggetto C6D

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**x, y, z, rx, ry, rz** corrispondono, a seconda del contesto, ai sei gradi di libertà, alle sei componenti di sollecitazione, ecc.

## Oggetto Materiale

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del materiale.

**Peso** peso specifico.

**E** modulo di elasticità.

**G** modulo di elasticità tangenziale.

**Poisson** coefficiente di Poisson.

**DilTermica** coefficiente di dilatazione termica.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto Nodo

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del nodo.

**x, y, z** posizione del nodo.

**Impalcato** oggetto **Impalcato** corrispondente all'impalcato del nodo.

**Vincolo** oggetto **VincoloNodo** corrispondente al vincolo del nodo.

**Indice** numero dell'indice interno del nodo.

**Selezionato** ritorna True se il nodo è selezionato.

**NumeroCarichi** numero totale dei carichi sul nodo nella condizione di carico elementare corrente.

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**RVN (sd)** oggetto **C6D** contenente le reazioni vincolari corrispondenti al parametro **sd**;

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

**SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;

**UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**SPS (sd)** oggetto **C6D** contenente gli spostamenti corrispondenti al parametro **sd**;

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

**SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;

**UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**Coordinate** oggetto **C3D** corrispondente alle coordinate del nodo.

**Carico (nc, ncce)** oggetto **CaricoNodo** corrispondente al numero del carico nodale **nc** della condizione di carico elementare **ncce**.

## Oggetto Impalcato

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero dell'impalcato.

**Quota** quota a cui è definito.

Note:

Oltre agli oggetti della **collezione Impalcati**, corrispondenti agli impalcati definiti nella struttura, esistono anche oggetti Impalcato caratterizzati rispettivamente da:

**Numero** = 0 (proprietà di nodi non appartenenti a nessun impalcato).

**Numero** = -1 (proprietà **CurLevel** dell'oggetto ModeSt quando l'impalcato corrente è definito come automatico).

In entrambi i casi l'accesso alla proprietà **Quota** ritorna INFINITO e setta un codice d'errore.

## Oggetto VincoloNodo

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del vincolo nodale.

**Stratigrafia** ritorna True se il vincolo è valutato in funzione della stratigrafia.

**PseudoPlinto** ritorna True se il vincolo è pseudo plinto.

**RotazioneLibera** ritorna True se il vincolo pseudo plinto ha rotazione libera. Se il vincolo non è pseudo plinto setta un codice d'errore.

**Ly, Lz** lunghezza in direzione Y, Z della base dello pseudo plinto. Se il vincolo non è pseudo plinto setta un codice d'errore.

**CoeffSottofondo** costante di Winkler. Se il vincolo non è pseudo plinto setta un codice d'errore.

**GradoDiLiberta** oggetto **C6D** contenente il codice dei gradi di libertà: 0 = libero, 1 = bloccato, 2 = elastico. Se il vincolo è pseudo plinto setta un codice d'errore.

**GradoDiLiberta2 (e)** oggetto **C6D** contenente il codice dei gradi di libertà: 0 = libero, 1 = bloccato, 2 = elastico. Se il vincolo è pseudo plinto setta un codice d'errore.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**VN\_SENZAPALI** restituisce i dati relativi al plinto senza pali;

**VN\_CONPALI** restituisce i dati relativi al palo o plinto con pali.

**CostantiElastiche** oggetto **C6D** contenente il valore della costante elastica per i gradi di libertà classificati elastici. Se il vincolo è pseudo plinto setta un codice d'errore.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto Asta

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero dell'asta.

**Sezione** oggetto **Sezione** corrispondente alla sezione dell'asta.

**Lunghezza** lunghezza dell'asta.



**Rotazione** rotazione in gradi dell'asta.

**Parametri** numero del parametro aggiuntivo dell'asta.

**Integratore** tipo di integratore. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**N** Nessuno;

**T** Trasversale;

**L** Longitudinale.

**Vincolo** oggetto **VincoloAsta** corrispondente al vincolo dell'asta.

**CoeffSottofondo** costante di Winkler.

**FiloFisso** codice del filo fisso dell'asta.

**RigIniziale** lunghezza della zona rigida iniziale dell'asta.

**RigFinale** lunghezza della zona rigida finale dell'asta.

**Indice** numero dell'indice interno dell'asta.

**Selezionata** ritorna True se l'asta è selezionata.

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**Riferimento** oggetto **Riferimento** corrispondente al sistema di riferimento locale dell'asta.

**Scostamenti (e, dir)** scostamenti dal filo fisso corrispondenti all'estremo **e** ed al parametro **dir**.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo estremo dell'asta;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo estremo dell'asta.

Le costanti ammissibili per **dir** sono:

**YDIR** restituisce gli scostamenti in direzione Y locale dell'asta;

**ZDIR** restituisce gli scostamenti in direzione Z locale dell'asta.

**Nodo (e)** oggetto **Nodo**.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo estremo dell'asta;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo estremo dell'asta.

**SLA (e, sd)** oggetto **C6D** contenente le sollecitazioni corrispondenti all'estremo **e** ed al parametro **sd**.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo estremo dell'asta;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo estremo dell'asta.

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

**SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;

**UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**PosMMax (dir)** restituisce la coordinata del punto di momento massimo in campata. Se per la sollecitazione richiesta non si ha un punto di massimo in campata viene settato un codice d'errore.

Le costanti ammissibili per **dir** sono:

**YDIR** restituisce il punto di massimo My;

**ZDIR** restituisce il punto di massimo Mz.

**SLAx (x, sd)** oggetto **C6D** contenente le sollecitazioni corrispondenti al punto di ascissa locale **x** ed al parametro **sd**.

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

**SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;

**UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**Carico (nc, ncce)** oggetto **CaricoAsta** corrispondente al numero del carico asta **nc** della condizione di carico elementare **ncce**.

**NumeroCarichi (ncce)** numero dei carichi asta (automatici e manuali) presenti nella condizione di carico elementare **ncce**.

**NumeroCarichiManuali (ncce)** numero dei carichi asta manuali presenti nella condizione di carico elementare **ncce**.

**Deformata (p)** oggetto **Deformata** inizializzato con i valori calcolati con passo indicativo pari a **p**.

# Oggetto Sezione

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero della sezione.

**TipoDiSezione** tipo di sezione. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**SEC\_Fitt2** Sezione fittizia -2;  
**SEC\_Fitt1** Sezione fittizia -1;  
**SEC\_Fitt0** Sezione fittizia 0;  
**SEC\_Rett** Sezione rettangolare;  
**SEC\_RettCava** Sezione rettangolare cava;  
**SEC\_T** Sezione a T;  
**SEC\_L** Sezione a L;  
**SEC\_Ldx** Sezione a L destra;  
**SEC\_I** Sezione a I;  
**SEC\_Circ** Sezione circolare;  
**SEC\_CircCava** Sezione circolare cava;  
**SEC\_C** Sezione a C;  
**SEC\_Cdx** Sezione a C destra;  
**SEC\_U** Sezione a U;  
**SEC\_URovescia** Sezione a U rovescia;  
**SEC\_Z** Sezione Z;  
**SEC\_Zdx** Sezione Z destra;  
**SEC\_V** Sezione a V;  
**SEC\_VRovescia** Sezione a V rovescia;  
**SEC\_Omega** Sezione Omega;  
**SEC\_Pigreco** Sezione PiGreco;  
**SEC\_PoliReg** Sezione poligono regolare;  
**SEC\_PoliRegCavo** Sezione poligono regolare cavo;  
**SEC\_QualCoord** Sezione per coordinate;  
**SEC\_Qualunque** Sezione per inerzie assegnate;  
**SEC\_DoppiaL** Sezione doppia L lato labbri;  
**SEC\_DoppiaLdx** Sezione doppia L lato costole;  
**SEC\_DoppiaC** Sezione doppia C lato labbri;  
**SEC\_DoppiaCdx** Sezione doppia C lato costole;  
**SEC\_DoppiaI** Sezione doppia I;  
**SEC\_TStondata** Sezione T stondata;  
**SEC\_LStondata** Sezione L stondata;  
**SEC\_CStondata** Sezione C stondata;  
**SEC\_IStondata** Sezione I stondata.

L'oggetto **Sezione** ha diverse proprietà che consentono l'accesso ai dati geometrici della sezione (vedi **DESE**). Per ogni tipo di sezione sono disponibili le seguenti proprietà:

Sezione **rettangolare**:

**B, H**

Sezione **rettangolare cava**:

**B, H, sp**

Sezioni a **T, L, L destra**:

**Bsup, Hsup, Binf, Hinf**

Sezione a **I**:

**B, H, s, a**

Sezione **circolare**:

**Radius**

Sezione **circolare cava**:

### **Radius, sp**

Sezioni a **C, C destra, U, U rovescia, Z, Z destra:**

**B, H, s, a**

Sezioni a **V, V rovescia:**

**B, H, sp**

Sezione **omega:**

**B, H, C, s**

Sezione **PiGreco:**

**Bsup, Hsup, Binf, Hinf, D**

Sezione **poligono regolare:**

**Nv, Radius**

Sezione **poligono regolare cavo:**

**Nv, Radius, sp**

Sezione **per coordinate:**

**Nv, Area, Jx, Jy, Jz**

Sezione **per inerzie assegnate:**

**Area, Jx, Jy, Jz, Chy, Chz**

Sezioni **doppia L lato labbri, doppia L lato costole:**

**H, B, s, r, r1, perc, dist**

Sezioni **doppia C lato labbri, doppia C lato costole, doppia I:**

**B, H, s, a, r, r1, perc, dist**

Sezioni a **T stondata:**

**H, B, s, Radius, r, r1, perc, perc1**

Sezioni a **I stondata, L stondata, C stondata:**

**H, B, a, s, r, r1, perc**

Per il significato delle diverse proprietà delle sezioni fare riferimento alla finestra di dialogo associata al comando **DESE**.

**Stondata** ritorna True se la sezione è stondata.

**Materiale** oggetto **Materiale**. Per le sezioni fittizie setta un codice d'errore.

**Membratura** tipo di membratura. Per le sezioni fittizie setta un codice d'errore. Le costanti di ritorno che può assumere sono le seguenti:

**SEC\_TRUSS** Trave;

**SEC\_PILLAR** Pilastro;

**SEC\_GENERIC** Generica.

**Verifica** tipo di verifica. Per le sezioni fittizie setta un codice d'errore. Le costanti di ritorno che può assumere sono le seguenti:

**SEC\_CONCRETE** Cemento armato;

**SEC\_STEEL** Acciaio;

**SEC\_WOOD** Legno;

**SEC\_NONE** Nessuna.

**Criterio** numero del criterio di progetto. Per le sezioni fittizie setta un codice d'errore.

**CriterioCollegamento** numero del criterio di progetto del collegamento. Per le sezioni fittizie setta un codice d'errore.

**Stondata** ritorna True se la sezione è raccordata. Per le sezioni fittizie setta un codice d'errore.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto VincoloAsta

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del vincolo asta.

**TipoDiVincolo** tipo di vincolo asta. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**TVA\_STANDAR** svincolamento interno standar;

**TVA\_WINKLER** su suolo elastico alla Winkler;

**TVA\_BIELLA** biella (elemento TRUSS).

**Resistenza** tipo di resistenza per il vincolo biella. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**TB\_NORMALE** resistente sia a trazione che a compressione;

**TB\_SOLATRAZIONE** resistente solo a trazione;

**TB\_SOLACOMPRESSIONE** resistente solo a compressione.

**SuSuoloElastico** ritorna True se il vincolo è su suolo elastico alla Winkler.

**TipoCoeffSottotondo** ritorna True se il vincolo su suolo elastico alla Winkler è valutato in funzione della stratigrafia.

**CoeffSottotondo** costante di Winkler. Se il vincolo non è su suolo elastico setta un codice d'errore.

**Commento** ritorna il commento del tipo di vincolo asta.

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**GradoDiLiberta (e)** oggetto **C6D** contenente il codice di rilascio corrispondenti all'estremo **e**. Se il vincolo è su suolo elastico setta un codice d'errore.

I valori ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo estremo dell'asta;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo estremo dell'asta.

## Oggetto Riferimento

---

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**Origine** oggetto **C3D** corrispondente all'origine del sistema di riferimento.

**i** oggetto **C3D** le cui componenti identificano il versore i (asse X).

**j** oggetto **C3D** le cui componenti identificano il versore j (asse Y).

**k** oggetto **C3D** le cui componenti identificano il versore k (asse Z).

## Oggetto Bidimensionale

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del muro/elemento bidimensionale.

**NumeroNucleo** numero del nucleo a cui appartiene il muro/elemento bidimensionale.

**LivelloNucleo** numero del livello del nucleo a cui appartiene il muro/elemento bidimensionale.

**Indice** numero dell'indice interno del nucleo.

**Selezionato** ritorna True se il nucleo è selezionato.

**Tipologia** numero del tipo di muro/elemento bidimensionale. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**MURONORMALE** muro (vedi **Differenza fra muri ed elementi bidimensionali**);

**MUROBIDIMENSIONALE** elemento bidimensionale.

**Tipo** oggetto **TipoBidimensionale**.

**FiloFisso** codice del filo fisso del muro/elemento bidimensionale.

**CoeffSottotondo** costante di Winkler.

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**Nodo (e)** oggetto **Nodo**.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo vertice del muro/elemento bidimensionale;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo vertice del muro/elemento bidimensionale;

**THIRDNODE** restituisce i dati relativi al terzo vertice del muro/elemento bidimensionale;

**FOURTHNODE** restituisce i dati relativi al quarto vertice del muro/elemento bidimensionale.

**Scostamenti (e)** scostamenti dal filo fisso corrispondenti al nodo **e** del muro/elemento bidimensionale.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

**FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo nodo del muro/elemento bidimensionale;

**SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo nodo del muro/elemento bidimensionale.

**SLM (e, sd)** oggetto **C6D** contenente le sollecitazioni nei muri corrispondenti all'estremo **e** ed al parametro **sd**. Se è un elemento bidimensionale setta un codice d'errore.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

- FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo vertice del muro/elemento bidimensionale;
- SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo vertice del muro/elemento bidimensionale;
- THIRDNODE** restituisce i dati relativi al terzo vertice del muro/elemento bidimensionale;
- FOURTHNODE** restituisce i dati relativi al quarto vertice del muro/elemento bidimensionale.

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

- SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;
- UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**SLB (e, sd)** oggetto **SollecitazioneBidiNodale** contenente le sollecitazioni negli elementi bidimensionali corrispondenti all'estremo **e** ed al parametro **sd**. Se è un muro setta un codice d'errore.

Le costanti ammissibili per **e** sono:

- FIRSTNODE** restituisce i dati relativi al primo vertice del muro/elemento bidimensionale;
- SECONDNODE** restituisce i dati relativi al secondo vertice del muro/elemento bidimensionale;
- THIRDNODE** restituisce i dati relativi al terzo vertice del muro/elemento bidimensionale;
- FOURTHNODE** restituisce i dati relativi al quarto vertice del muro/elemento bidimensionale.

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

- SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;
- UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**Carico (nc, ncce)** oggetto **CaricoBidimensionale** corrispondente al numero del carico sul muro/elemento bidimensionale **nc** della condizione di carico elementare **ncce**.

**NumeroCarichi (ncce)** numero di carichi (automatici e manuali) sul muro/elemento bidimensionale presenti nella condizione di carico elementare **ncce**.

**NumeroCarichiManuali (ncce)** numero di carichi manuali sul muro/elemento bidimensionale presenti nella condizione di carico elementare **ncce**.

## Oggetto TipoBidimensionale

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo muro/elemento bidimensionale.

**Spessore** spessore del tipo muro/elemento bidimensionale.

**SpessoreFlessionale** spessore flessionale del tipo muro/elemento bidimensionale. Se il tipo non è membranale e flessionale setta un codice d'errore.

**Tipo** tipo di muro/elemento bidimensionale. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

- MEMBRANALE** membranale;
- FLESSIONALE** membranale e flessionale;
- WINKLER** Winkler.

**TipoCoeffSottofondo** ritorna True se il vincolo su suolo elastico alla Winkler è valutato in funzione della stratigrafia.

**CoeffSottofondo** costante di Winkler. Se il tipo non è su suolo elastico setta un codice d'errore.

**SoloCompressione** ritorna True se il tipo è su suolo elastico solo resistente a compressione.

**Utilizzo** tipo di utilizzo. Le costanti di ritorno che può assumere sono i seguenti:

- INDEFINITO** generico;
- SOLETTA** soletta/platea;
- PARETE** parete;
- NUCLEO** nucleo;
- MURATURA** muratura;
- PILASTROFINTO** pilastro;
- MURATURAARMATA** muratura armata;
- XLAM** pannelli in legno X-LAM.

**Criterio** numero del criterio di progetto. Per i tipi indefiniti setta un codice d'errore.

**Materiale** oggetto **Materiale**.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

# Oggetto SollecitazioneBidiNodale

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Sxx, Szz, Txx, Mxx, Mxz, Mzz, Tzy, Txy** corrispondono alle componenti di sollecitazione nei nodi dell'elemento bidimensionale.

## Oggetto Plinto

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del plinto/palo.

**Nodo** oggetto **Nodo**.

**CoeffSottotondo** costante di Winkler.

**Indice** numero dell'indice interno del plinto/palo.

**Selezionato** ritorna True se il plinto/palo è selezionato.

**Tipo** oggetto **TipoPlinto**.

## Oggetto TipoPlinto

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di plinto/palo.

**Tipo** tipo di plinto. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**TP\_Gradoni** Plinto a gradoni;

**TP\_Piramidale** Plinto piramidale;

**TP\_Triangolare3P** Plinto triangolare su 3 pali;

**TP\_Triangolare3P\_B** Plinto triangolare su 3 pali con bicchiere;

**TP\_Rettangolare** Plinto rettangolare;

**TP\_Rettangolare\_B** Plinto rettangolare con bicchiere;

**TP\_Rettangolare1P** Plinto rettangolare su 1 palo;

**TP\_Rettangolare1P\_B** Plinto rettangolare su 1 palo con bicchiere;

**TP\_Rettangolare2PX** Plinto rettangolare su 2 pali in dir. X;

**TP\_Rettangolare2PX\_B** Plinto rettangolare su 2 pali in dir. X con bicchiere;

**TP\_Rettangolare2PY** Plinto rettangolare su 2 pali in dir. Y;

**TP\_Rettangolare2PY\_B** Plinto rettangolare su 2 pali in dir. Y con bicchiere;

**TP\_Rettangolare4P** Plinto rettangolare su 4 pali;

**TP\_Rettangolare4P\_B** Plinto rettangolare su 4 pali con bicchiere;

**TP\_Pentagonale5P** Plinto pentagonale su 5 pali;

**TP\_Pentagonale5P\_B** Plinto pentagonale su 5 pali con bicchiere;

**TP\_Esagonale6P** Plinto esagonale su 6 pali;

**TP\_Esagonale6P\_B** Plinto esagonale su 6 pali con bicchiere;

L'oggetto **TipoPlinto** ha diverse proprietà che consentono l'accesso ai dati geometrici della sezione (vedi **DETL**). Per ogni tipo di plinto/palo sono disponibili le seguenti proprietà:

Plinto **a gradoni, piramidale**:

**A1, A2, A3, B1, B2, B3, H1, H2, c1, c2, h**

Plinto **triangolare su 3 pali, pentagonale su 5 pali**:

**I, a, H, D, anA, an**

Plinto **triangolare su 3 pali con bicchiere, pentagonale su 5 pali con bicchiere**:

**I, a, H, D, s1, s2, sp1, sp2, He, Hi, anA, an**

Plinto **rettangolare**:

**A1, A2, B1, B2, H1, c1, c2, h**

Plinto **rettangolare con bicchiere**:

**A1, A2, B1, B2, H1, s1, s2, sp1, sp2, He, Hi, c1, c2, h**

Plinto **rettangolare su 1 palo**:

**a, H, D**

Plinto **rettangolare su 1 palo con bicchiere:**

**a, H, D, s1, s2, sp1, sp2, He, Hi**

Plinto **rettangolare su 2 pali in dir. X/Y:**

**I, a, H, D**

Plinto **rettangolare su 2 pali in dir. X/Y con bicchiere:**

**I, a, H, D, s1, s2, sp1, sp2, He, Hi**

Plinto **rettangolare su 4 pali:**

**Ix, Iy, a, H, D**

Plinto **rettangolare su 4 pali con bicchiere:**

**Ix, Iy, a, H, D, s1, s2, sp1, sp2, He, Hi**

Plinto **esagonale su 6 pali:**

**I, a, H, D, anA, an**

Plinto **esagonale su 6 pali con bicchiere:**

**I, a, H, D, s1, s2, sp1, sp2, He, Hi, anA, an**

**TipoPalo** tipo di palo. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**ePrefabbricato** Palo battuto prefabbricato;

**eOpera** Palo battuto gettato in opera;

**eTrivellato** Palo trivellato;

**eTrivellatoConElica** Palo trivellato con elica continua;

**eMicropalo** Micropalo.

**Lp** lunghezza del palo.

**BloccataRotazione** ritorna True se il palo ha la rotazione della testa bloccata.

**Criterio** numero del criterio di progetto.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto Solaio

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del solaio.

**Tipo** oggetto **TipoSolaio**.

**Orditura** angolo di orditura del solaio in gradi.

**Indice** numero dell'indice interno del solaio.

**Selezionato** ritorna True se il solaio è selezionato.

**QPA** ritorna se per il solaio è stato calcolato il carico permanente o accidentale. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**NONE** non è stato calcolato nessun carico;

**QPER** è stato calcolato il carico permanente strutturale;

**QACC** è stato calcolato il primo carico accidentale;

**QPERN** è stato calcolato il carico permanente non strutturale;

**QACC2** è stato calcolato il secondo carico accidentale;

**QACC3** è stato calcolato il terzo carico accidentale.

L'oggetto è caratterizzato dal seguente metodo:

**Nodo (e)** oggetto **Nodo** contenente le coordinate corrispondenti al nodo **e**.

## Oggetto TipoSolaio

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di solaio.

**RipartizioneCarichi** tipo di ripartizione dei carichi gravitazionali e da vento. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**Unidirezionale** unidirezionale;

**PerimetraleSol** a piastra perimetrale;

**Bisettrice** a piastra bisettrice.

**LarghezzaFasciaCarichi** valore della larghezza della fascia laterale.  
**Permanente** valore del carico permanente strutturale.  
**PermanenteNonStrutturale** valore del carico permanente non strutturale.  
**Accidentale** valore del primo carico accidentale.  
**Accidentale2** valore del secondo carico accidentale.  
**Accidentale3** valore del terzo carico accidentale.  
**RipartizioneCaricoSuBordo** valore della ripartizione sulle aste terminali.  
**CoefficienteFi** coefficiente  $\phi$ .  
**Riduzione** coefficiente di riduzione.  
**Altezza** altezza del solaio.  
**Cappa** spessore della cappa del solaio.  
**Criterio** numero del criterio di progetto.  
**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto Tamponatura

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero della tamponatura.

**Tipo** oggetto **TipoTamponatura**.

**Indice** numero dell'indice interno della tamponatura.

**Selezionato** ritorna True se la tamponatura è selezionata.

**QPA** ritorna se per la tamponatura è stato calcolato il carico permanente non strutturale. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**NONE** non è stato calcolato nessun carico;

**QPERN** è stato calcolato il carico permanente non strutturale;

L'oggetto è caratterizzato dal seguente metodo:

**Nodo (e)** oggetto **Nodo** contenente le coordinate corrispondenti al nodo **e**.

## Oggetto TipoTamponatura

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di tamponatura.

**PermanenteNonStrutturale** valore del carico permanente non strutturale.

**RipartizioneCarichiStrutturali** tipo di ripartizione dei carichi gravitazionali. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**UnidirezionaleSotto** sull'asta di piede;

**UnidirezionaleParallelo** sulle aste laterali;

**UnidirezionalePerpendicolare** sulle aste di piede e di testa.

**RipartizioneCarichiVento** tipo di ripartizione dei carichi da vento. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**UnidirezionalePerpendicolare** sulle aste di piede e di testa;

**UnidirezionaleParallelo** sulle aste laterali;

**PerimetraleTamp** a piastra perimetrale;

**BisettriceTamp** a piastra bisettrice.

**Utilizzo** tipo di utilizzo. Le costanti di ritorno che può assumere sono i seguenti:

**SOLO CARICO** area di carico;

**CARICO E VERIFICA** area di carico e verifica.

**Criterio** numero del criterio di progetto.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto Reticolare

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:



**Numero** numero della reticolare.

**NumeroNodi** numero relativo alla quantità di nodi che compongono la reticolare.

**NumeroAste** numero relativo alla quantità di aste che compongono la reticolare.

**Tipo** oggetto **TipoReticolare**.

**Selezionato** ritorna True se la reticolare è selezionata.

L'oggetto è caratterizzato dai seguenti metodi:

**Asta (e)** oggetto **Asta** relativo all'indice dell'asta **e**.

**Nodo (e)** oggetto **Nodo** relativo all'indice del nodo **e**.

## Oggetto TipoReticolare

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di reticolare.

**Giunzione** tipo di giunzione. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**BULLONATA** giunzione bullonata;

**SALDATA** giunzione saldata.

**Criterio** numero del criterio di progetto.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto LinkSuLinea

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**NumeroTipo** numero del tipo link su linea.

**GradoDiLiberta** oggetto **C6D** contenente il codice dei gradi di libertà: 0 = libero, 1 = bloccato, 2 = elastico.

**CostantiElastiche** oggetto **C6D** contenente il valore della costante elastica per i gradi di libertà classificati elastici.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto TipoLinkSuLinea

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo link su linea.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto UnitaGeotecnica

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero dell'unità geotecnica.

**Classificazione** classificazione dell'unità geotecnica. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**Coesivo** il terreno è classificato come coesivo;

**Incoerente** il terreno è classificato come incoerente;

**Roccia** il terreno è classificato come roccia;

**NonClassificato** il terreno non è classificato.

**PesoNaturale** valore del peso specifico del terreno naturale.

**PesoSaturo** valore del peso specifico del terreno saturo.

**Attrito** valore dell'angolo di attrito efficace.

**CoesioneEfficace** valore della coesione efficace.

**CoesioneNonDrenata** valore della coesione non drenata.

**HaProprietaIndice** ritorna True se sono state definite le proprietà indice.

**DensitaRelativa** valore della densità relativa.

**IndicePlasticita** valore dell'indice di plasticità.

**GradoSovraconsolidazione** valore del grado di sovraconsolidazione.

**CoefficienteSpintaRiposo** valore del coefficiente di spinta a riposo.

**HaCaratteristicheDeformometriche** ritorna True se sono stati definiti i parametri elastici.

**Eatm** valore del modulo elastico.

**G** valore del modulo elastico tangenziale.

**Katm** valore dell'esponente del parametro tensionale.

**Poisson** valore del coefficiente di Poisson.

**Eedo** valore del modulo edometrico.

**EU** valore del modulo elastico non drenato.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto CCE

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero della condizione di carico elementare.

**CoeffRiduzione** coefficiente di riduzione dei carichi accidentali per il calcolo dei pesi di piano secondo la normativa sismica D.M. 9/01/96.

**Mmolt** oggetto **C6D** contenente i moltiplicatori per la generazione delle masse.

**Peso** ritorna True se nella CCE è stato archiviato il peso proprio della struttura.

**Tipo** oggetto **TipoCCE**.

**Sicurezza** contributo della condizione di carico elementare riguardo alla sicurezza.

**Variabilita** caratteristica delle condizioni di carico elementari associate ad un tipo di CCE variabile.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

Per maggiori informazioni sul significato delle diverse proprietà delle condizioni di carico elementari fare riferimento al comando **DCCE**.

## Oggetto TipoCCE

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di condizione di carico elementare.

**Tipo** classificazione della condizione di carico elementare. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**TCCE\_G** la CCE è permanente;

**TCCE\_Q** la CCE è variabile (accidentale);

**TCCE\_A** la CCE è un'azione eccezionale;

**TCCE\_P** la CCE è di precompressione;

**TCCE\_I** la CCE va ignorata nelle combinazioni di calcolo (CC) nel caso di calcolo agli stati limite.

**TipoDurataCarichi** classificazione della durata del carico necessaria per le verifiche di aste in legno. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**TCCE\_DURATA\_N** la CCE ha una durata non definita;

**TCCE\_DURATA\_P** la CCE ha una durata permanente;

**TCCE\_DURATA\_L** la CCE ha una durata lunga;

**TCCE\_DURATA\_M** la CCE ha una durata media;

**TCCE\_DURATA\_B** la CCE ha una durata breve;

**TCCE\_DURATA\_I** la CCE ha una durata istantanea.

**CoeffGammaMinimo** fattore di sicurezza parziale: coefficiente  $\gamma_0$ .

**CoeffGammaMassimo** fattore di sicurezza parziale: coefficiente  $\gamma_1$ .

**CoeffPsi0** coefficiente  $\psi_0$ .

**CoeffPsi1** coefficiente  $\psi_1$ .

**CoeffPsi2** coefficiente  $\psi_2$ .

**CoeffPsi0Sismico** coefficiente  $\psi_{0,s}$  (D.M. 96) coefficiente per analisi sismica con il D.M. 16/01/96.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto CaricoNodo

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di carico nodale.

**Tipo** tipo di carico nodale. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**CARICONULLO** carico nullo;

**N\_CG** carico concentrato;

**N\_MCG** massa concentrata;

**N\_VG** cedimento vincolare.

**Forza** oggetto **C3D** contenente i valori delle forze relativi al tipo di carico concentrato.

**Momento** oggetto **C3D** contenente i valori dei momenti relativi al tipo di carico concentrato.

**Massa** oggetto **C3D** contenente i valori delle masse relativi al tipo di carico massa concentrata.

**MomentoInerzia** oggetto **C3D** contenente i valori delle masse inerziali relativi al tipo di carico massa concentrata.

**Spostamento** oggetto **C3D** contenente i valori degli spostamenti relativi al tipo di carico cedimento vincolare.

**Rotazione** oggetto **C3D** contenente i valori delle rotazioni relativi al tipo di carico cedimento vincolare.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto CaricoAsta

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di carico asta.

**Tipo** tipo di carico asta. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**CARICONULLO** carico nullo;

**A\_UL** carico uniformemente distribuito nel sistema di riferimento locale dell'asta;

**A\_TL** carico variabile linearmente tra i due estremi nel sistema di riferimento locale dell'asta;

**A\_PL** carico variabile linearmente tra due punti nel sistema di riferimento locale dell'asta;

**A\_CL** carico concentrato in un punto nel sistema di riferimento locale dell'asta;

**A\_UG** carico uniformemente distribuito nel sistema di riferimento globale;

**A\_TG** carico variabile linearmente tra i due estremi nel sistema di riferimento globale;

**A\_PG** carico variabile linearmente tra due punti nel sistema di riferimento globale;

**A\_CG** carico concentrato in un punto nel sistema di riferimento globale;

**A\_DT** dilatazione termica uniforme;

**A\_GT** gradiente di temperatura.

**Locale** ritorna True se il carico è stato definito nel sistema di riferimento locale dell'asta.

**Distanza** distanza dal nodo iniziale del carico concentrato in un punto. Se il carico non è del tipo concentrato in un punto setta un codice d'errore.

**Forza** oggetto **C3D** contenente i valori delle forze relativi al tipo di carico concentrato in un punto.

**Momento** oggetto **C3D** contenente i valori dei momenti relativi al tipo di carico concentrato in un punto.

**DistanzaIniziale** distanza iniziale. Se il carico non è del tipo variabile linearmente tra due punti setta un codice d'errore.

**DistanzaFinale** distanza finale. Se il carico non è del tipo variabile linearmente tra due punti setta un codice d'errore.

**CaricoIniziale** oggetto **C3D** contenente i valori dei carichi iniziali relativi al tipo di carico variabile tra i due estremi o tra due punti.

**CaricoFinale** oggetto **C3D** contenente i valori dei carichi finali relativi al tipo di carico variabile tra i due estremi o tra due punti.

**Carico** oggetto **C3D** contenente i valori dei carichi relativi al tipo di carico uniformemente distribuito.

**GradY** gradiente termico in dir. Y. Se il carico non è del tipo gradiente di temperatura setta un codice d'errore.

**GradZ** gradiente termico in dir. Z. Se il carico non è del tipo gradiente di temperatura setta un codice d'errore.

**DeltaT** incremento di temperatura. Se il carico non è del tipo dilatazione termica uniforme setta un codice d'errore.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto CaricoBidimensionale

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero del tipo di carico sul muro/elemento bidimensionale.

**Tipo** tipo di carico sul muro/elemento bidimensionale. Questa proprietà può assumere i seguenti valori:

**CARICONULLO** carico nullo;

**M\_UL** carico uniformemente distribuito nel sistema di riferimento locale del muro/elemento bidimensionale;

**M\_UG** carico uniformemente distribuito nel sistema di riferimento globale;

**M\_ID** carico idrostatico;

**M\_DT** dilatazione termica uniforme;

**M\_GT** gradiente di temperatura.

**Locale** ritorna True se il carico è stato definito nel sistema di riferimento locale dell'elemento muro/elemento bidimensionale.

**Carico** oggetto **C3D** contenente i valori dei carichi relativi al tipo di carico uniformemente distribuito.

**Ziniziale** Z di inizio carico. Se il carico non è del tipo idrostatico setta un codice d'errore.

**Zfinale** Z di fine carico. Se il carico non è del tipo idrostatico setta un codice d'errore.

**CaricoIniziale** carico iniziale. Se il carico non è del tipo idrostatico setta un codice d'errore.

**CaricoFinale** carico finale. Se il carico non è del tipo idrostatico setta un codice d'errore.

**GradY** gradiente termico in dir. Y. Se il carico non è del tipo gradiente di temperatura setta un codice d'errore.

**DeltaT** incremento di temperatura. Se il carico non è del tipo dilatazione termica uniforme setta un codice d'errore.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

## Oggetto Calcolo

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Solutore** nome del solutore.

**VersioneSolutore** versione del solutore.

**MetodoDiCalcolo** ritorna se la struttura è calcolata con il metodo degli elementi finiti.

**Analisi** ritorna tipo di calcolo eseguito.

**RisultatiModali** ritorna True se le sollecitazioni ed i risultati selezionati hanno componenti modali.

**Normativa** ritorna il tipo di normativa utilizzata.

**Spostamenti** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono spostamenti nodali.

**RVN** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono reazioni vincolari.

**SLA** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono sollecitazioni aste.

**SLB** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono sollecitazioni negli elementi bidimensionali.

**SLM** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono sollecitazioni nei muri.

**SollecitazioniNuclei** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono sollecitazioni nei nuclei.

**SpostamentiRelativi** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono spostamenti relativi.

**TSF** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono tassi di sfruttamento aste in acciaio.

**TSFModeSt** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono tassi di sfruttamento aste in acciaio determinati con il verificatore ModeSt.

**TSFSteelWorld** ritorna True se tra i risultati selezionati esistono tassi di sfruttamento aste in acciaio determinati con il verificatore SteelWorld.

**Risultati (soll)** ritorna un oggetto di tipo **Combinazione**.

Le costanti ammissibili per **soll** sono:

**CC** restituisce le informazioni relative alle combinazioni delle condizioni di carico;

**CCD** restituisce le informazioni alle combinazioni delle condizioni di carico allo stato limite di danno;

**CCE** restituisce le informazioni relative alle singole condizioni di carico elementari, comprese quelle eventualmente definite in modo automatico in sede di calcolo, come le azioni sismiche;

**MOD** restituisce le informazioni relative alle sollecitazioni modali normalizzate;

**MODD** restituisce le informazioni relative alle sollecitazioni modali allo stato limite di danno normalizzate.

## Oggetto Combinazione

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** restituisce il numero della combinazione.

**Tipo** restituisce il tipo di combinazione.

**Info** informazioni relative alla combinazione.

**Commento** commento inserito dall'utente o creato automaticamente dal programma.

L'oggetto è caratterizzato dal seguente metodo:

**RendiCorrente** rende corrente la combinazione.

## Oggetto Deformata

---

L'oggetto è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

**Numero** numero di punti caratterizzanti la deformata.

**SPS (i, dir, sd)** oggetto **C6D** contenente gli spostamenti e le rotazioni nel punto **i** corrispondenti ai parametri **dir** e **sd**. Nella implementazione attuale i valori di rotazione non vengono riportati.

Le costanti ammissibili per **dir** sono:

**GLOBALDIR** restituisce i dati nel sistema globale della struttura riferiti alla configurazione dell'asta indeformata;

**LOCALDIR** restituisce i dati relativi al sistema locale dell'asta indeformata;

**RELATIVEGLOBALDIR** restituisce i dati nel sistema globale della struttura riferiti alla configurazione dell'asta dopo il suo spostamento rigido;

**RELATIVELOCALDIR** restituisce i dati nel sistema globale della struttura riferiti alla configurazione dell'asta dopo il suo spostamento rigido.

Le costanti ammissibili per **sd** sono:

**SIGNED** restituisce la parte con segno della sollecitazione;

**UNSIGNED** restituisce l'eventuale parte priva di segno della sollecitazione.

**SPSx (i)** coordinata nel sistema locale dell'asta del punto **i**.

## Elenco macro disponibili e loro uso

---

Le macro fornite con l'installazione del programma sono le seguenti:

### TCON - Genera una trave continua

La macro permette di generare una trave continua.

Sintassi della macro:

**TCON** *Numero campate / Lunghezza campate / Definizione sezione pilastro / Definizione sezione trave / Carico permanente / Carico accidentale*

Note:

- I carichi permanenti ed accidentali sono costanti e uniformemente distribuiti su tutta l'asta.
- Vengono create in automatico le CCE.
- Prima di procedere al progetto dell'armatura occorre ovviamente eseguire un'analisi statica della struttura senza l'ipotesi di piano rigido tramite la **barra dei menu** con l'opzione *Elaborazioni ► Calcolo struttura con metodo FEM*. Essendoci più CCE la macro definisce correttamente la matrice di **combinazioni delle condizioni di carico** che può essere riletta sia intervenendo sui risultati intermedi del calcolo che tramite la **barra dei menu** con l'opzione *Strumenti ► Modifica combinazioni di calcolo*.

### CAPR - Genera una capriata

La macro permette di generare le capriate del tipo: Mohniè, Warren, Inglese, Circolare, Neville.

Sintassi della macro:

**CAPR**

Selezionare i nodi

**Definizione della capriata**

**Tipo di capriata**

- ☒ Mohniè
- ☐ Warren
- ☐ Inglese
- ☐ Circolare
- ☐ Neville

**Sezioni**

- ☒ Diagonali tesi
- ☐ Diagonali compressi

**Dati geometrici**

Altezza della capriata alle estremità: 1.2

Altezza della capriata in mezzzeria: 1.8

Numero di parti della capriata: 8

**Sezioni**

Briglia inferiore: IPE120

Briglia superiore: IPE120

Diagonali: IPE120

Montanti: IPE120

OK Annulla

Note:

- Nella struttura occorre che siano stati inseriti almeno due nodi e definita almeno una sezione da utilizzare per le aste della capriata. Inoltre occorre che non siano presenti nodi nei punti dove verranno creati i nodi della capriata, oltre ai due nodi di estremità. Se ci fossero devono essere cancellati o spostati dal piano della capriata, prima di lanciare la macro.
- Ad esclusione della tipologia di capriata Neville si può specificare se i diagonalini devono essere tesi o compressi.

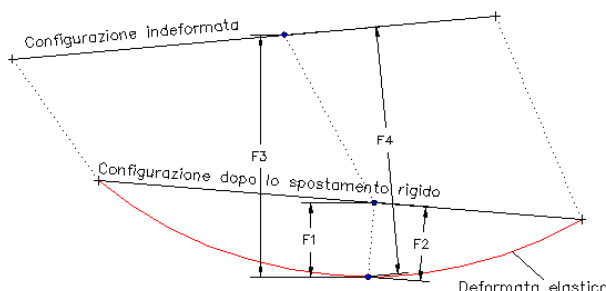
### FREC - Calcola la freccia elastica delle aste

La macro permette di calcolare la freccia elastica delle aste.

Sintassi della macro:

#### FREC

Selezionare le aste



**F1:** valore della freccia riferito alla configurazione dell'asta dopo il suo spostamento rigido valutato nel sistema di riferimento globale.

**F2:** valore della freccia riferito alla configurazione dell'asta dopo il suo spostamento rigido valutato nel sistema locale dell'asta.

**F3:** valore della freccia riferito alla configurazione dell'asta indeformata valutato nel sistema di riferimento globale.

**F4:** valore della freccia riferito alla configurazione dell'asta indeformata valutato nel sistema di riferimento locale dell'asta.

### RVN - Assegna ad una fondazione le reazioni vincolari di una struttura

La macro permette assegnare ad una fondazione le reazioni vincolari di una struttura.

Sintassi della macro:

#### RVN

Selezionare i nodi

Per quanto riguarda l'utilizzo della macro si veda anche gli esempi **Calcolo senza interazione suolo-struttura** e **Struttura con giunto in elevazione e fondazione unica**.

### ARUT - Legge un file con estensione CSV e genera i nodi con le reazioni vincolari applicate divise per CCE

La macro permette di leggere un file ASCII di nome NOMEFILE.CSV e genera i nodi con le reazioni vincolari applicate divise per CCE.

Sintassi della macro:

**ARUT** Nome del file

Note:

- Il file con estensione CSV deve essere creato nella cartella del progetto e deve contenere i seguenti dati:
  1. Numero di combinazioni delle CCE da involuppare nel calcolo (NCC).
  2. Numero di nodi al piede della struttura (NNODI).
  3. Per ogni CCE occorre poi specificare NNODI linee ognuna delle quali contenente, separati dal carattere ";", il numero del nodo ed i valori delle 6 componenti di reazione vincolare: RX, RY, RZ, MX, MY, MZ.

Si avranno quindi in totale  $2+NNODI*NCC$  linee.

Da notare che:

- I numeri dei nodi possono essere non consecutivi.
- Ogni linea deve contenere numeri separati dal carattere ";".
- Non devono esserci linee vuote alla fine del file.

Un esempio di file dati per la definizione di plinti indipendenti potrebbe essere il seguente:

```
3
7
1;-4424;1645;46389;-2425;-28345;0
4;-4424;2963;78227;-28345;0;0
5;-4424;2963;78228;-28345;0;0
6;-4424;1645;46389;-2425;-28345;0
10;-7212;0;102666;0;-32455;0
19;-4424;0;64478;0;-28345;0
20;-7212;0;102666;0;-32455;0
1;4424;1645;46389;-2425;28345;0
4;4424;2963;78227;-4369;28345;0
5;4424;2963;78228;-4369;28345;0
6;4424;1645;46389;-2425;28345;0
10;7212;0;102666;0;32455;0
19;4424;0;64478;0;28345;0
20;7212;0;102666;0;32455;0
1;0;-2779;46389;25919;0;0
4;0;-1461;78227;23975;0;0
5;0;-1461;78228;23975;0;0
6;0;-2779;46389;25919;0;0
10;0;-7212;102666;32455;0;0
19;0;-4424;64478;28345;0;0
20;0;-7212;102666;32455;0;0
```

Come si può notare i segni sono tali che i dati possono essere interpretati come le reazioni vincolari del nodo o (secondo le convenzioni usate in ModeSt di carichi positivi se controversi agli assi) come le azioni agenti sui plinti.

- L'unità di misura impostata in ModeSt deve essere congruente con quella usata nel file con estensione CSV.
- Nel caso di strutture calcolate sismicamente secondo il D.M. 17/01/18 occorre ovviamente eseguire un'analisi sismica statica della struttura ed importata la matrice diagonale creata automaticamente della macro.
- Se i plinti sono a bicchiere e si vuole verificare il bicchiere con i tagli e i momenti resistenti del pilastro soprastante occorre creare un file con lo stesso nome della struttura con estensione MRP. Il file deve essere creato nella cartella del progetto e deve contenere i seguenti dati separati dal carattere ";": numero del nodo al piede della struttura; numero della combinazione delle condizioni di carico elementare di tipo SLV o SND; valori dei tagli e dei momenti resistenti, espressi in daN e daNm, eventualmente già amplificati di  $\gamma_{Rd}$ : TY, TZ, MY, MZ. Un esempio di file dati per la definizione dei tagli e dei momenti resistenti potrebbe essere il seguente: 6;2;-74266;74266;154053;154053. Nota: se il file MRP viene modificato occorre rivedere i plinti.
- Prima di procedere al progetto dell'armatura occorre ovviamente eseguire un'analisi statica della struttura. Se sono presenti più CCE andrà correttamente definita la matrice di **combinazioni delle condizioni di carico** (generalmente, se i dati forniti sono già relativi a combinazioni di carico, andrà definita una matrice diagonale).

## ICN - Legge un file con estensione CSV ed applica ai nodi i carichi

La macro permette di leggere un file ASCII di nome NOMEFILE.CSV contenente i carichi nodali e di applicarli ai nodi esistenti della struttura corrente.

Sintassi della macro:

**ICN** Nome del file

Note:

- Ogni riga del file CSV deve contenere, separati dal carattere ";", il numero del nodo su cui devono essere applicati i carichi, il nome della CCE (può essere anche un valore non numerico) in cui archiviare i carichi ed i valori delle 6 componenti del carico: FX, FY, FZ, MX, MY, MZ.
- Un esempio di file dati per la definizione di plinti indipendenti potrebbe essere il seguente (le parti fra parentesi sono commenti che non devono essere realmente presenti nel file):  
1;1;-4424;1645;46389;-2425;-28345;0  
4;1;-4424;2963;78227;-28345;0;0  
5;1;-4424;2963;78228;-28345;0;0  
6;1;-4424;1645;46389;-2425;-28345;0  
10;1;-7212;0;102666;0;-32455;0  
19;1;-4424;0;64478;0;-28345;0  
20;1;-7212;0;102666;0;-32455;0  
1;2;4424;1645;46389;-2425;28345;0  
4;2;4424;2963;78227;-4369;28345;0  
5;2;4424;2963;78228;-4369;28345;0  
6;2;4424;1645;46389;-2425;28345;0  
10;2;7212;0;102666;0;32455;0  
19;2;4424;0;64478;0;28345;0  
20;2;7212;0;102666;0;32455;0  
1;3;0;-2779;46389;25919;0;0  
4;3;0;-1461;78227;23975;0;0  
5;3;0;-1461;78228;23975;0;0  
6;3;0;-2779;46389;25919;0;0  
10;3;0;-7212;102666;32455;0;0  
19;3;0;-4424;64478;28345;0;0  
20;3;0;-7212;102666;32455;0;0
- I numeri dei nodi possono essere non consecutivi.
- I carichi vengono applicati nell'unità di misura corrente.
- Le CCE vengono definite nell'ordine in cui compaiono per la prima volta nel file.
- Al termine della macro viene chiesto quante sono le prime CC da considerare come sismiche (SLV), considerando le altre come statiche (SLU), e viene definito il file .CMB diagonalizzato.
- Alle CCE definite è assegnato un Tipo di CCE chiamato "tipo di carico fittizio" che, se non è già presente nella struttura, viene definito come permanente strutturale con coefficienti gamma unitari.
- Non vengono applicati carichi a CCE indicate come zero e a nodi non indicati o indicati come zero o con valori non numerici.
- Valori non indicati vengono imposti pari a zero.
- È segnalata la presenza di valori non numerici relativi ai carichi.
- È segnalata la presenza di CCE prive di carichi.
- Se un nodo indicato nel file dati non è presente nella struttura allora viene aggiunto un nodo con le seguenti coordinate:  $X = \text{Max}(X) + 3 \text{ metri}$ ,  $Y = 0$ ,  $Z = 0$ .
- Può essere utilizzata al posto di ARUT ma non mette il doppio nodo con FZ in testa.
- Può essere utilizzata al posto di RVN utilizzando il file CSV generato dall'esportazione delle reazioni vincolari.



# Per gli utenti delle versioni precedenti

## Elenco innovazioni

### Dalla versione 8.34 alla 8.35

È stata introdotta la possibilità di utilizzare un nuovo tipo di telaio equivalente per l'analisi pushover delle strutture in muratura.

Precedentemente all'uscita di questa versione di ModeSt, l'analisi pushover delle strutture in muratura veniva effettuata sul telaio equivalente **standard**, generato automaticamente dal modello della struttura in muratura formato per lo più da elementi bidimensionali ed utilizzando il solutore interno di ModeSt. Recentemente si è aggiunta la possibilità di utilizzare anche il solutore Xfinest, che offre alcune funzionalità che il solutore interno non consente (si vedano le **innovazioni della versione 8.30**).

Il telaio equivalente **standard** di ModeSt nel corso degli anni è stato più volte migliorato ma, la tecnica utilizzata per la creazione automatica, ha presentato delle criticità per alcune strutture particolari, che non consentivano di effettuare l'analisi pushover.

Per ovviare a queste criticità è stato ora introdotto un ulteriore tipo di telaio equivalente, denominato **avanzato**, generato sempre in automatico, che consente di effettuare l'analisi pushover delle strutture in muratura anche con elementi in c.a. e acciaio in modo molto più accurato, rispettando l'effettiva geometria della struttura e con la possibilità di calcolare ampliamenti e sopraelevazioni. Tale analisi può essere però condotta solo con il solutore Xfinest e non con il solutore interno di ModeSt. Le differenze tra i due tipi di telaio equivalenti sono riportate nel paragrafo **Differenze tra il telaio equivalente standard e avanzato**.

I vantaggi consentiti dal telaio equivalente **avanzato** sono:

- rimozione del vincolo di allineamento delle pareti in muratura e cioè anche le pareti murarie disallineate verranno fra loro comunque connesse;
- vengono considerati tutti gli elementi in c.a. e acciaio, anche non facenti parte delle pareti in muratura, come ad esempio le travi ortogonali al piano della muratura;
- le travi e i pilastri hanno rigidità in entrambe le direzioni degli assi locali ed il loro vincolamento (vedi **Definizione del vincolo interno all'asta**), che è possibile modificare, influenza la formazione della cerniera plastica;
- le pareti in muratura possono essere considerate non bene ammorsate attraverso la **definizione** e l'inserimento di appositi **link su linea**;
- gli elementi in muratura, in c.a. e in acciaio che non si vogliono considerare nel telaio equivalente (non sismo-resistenti), non vengono più eliminati ma considerati incernierati (bielle resistenti solo a compressione) per evitare che gli eventuali elementi soprastanti o ad essi collegati risultino labili o portino a risultati inesatti.

Inoltre i carichi considerati nell'analisi pushover con il telaio equivalente **avanzato** sono tutti quelli applicati alla struttura, mentre con il telaio equivalente **standard** sono solo gli sforzi normali medi determinati da una pre-analisi lineare della struttura e applicati in testa alle aste del telaio equivalente che rappresentano le pareti in muratura.

Infine è stato spostato dai criteri generali a quelli specifici delle murature il parametro che consente di escludere dal telaio equivalente gli elementi in c.a. e in acciaio, per agire solo su alcuni elementi e non su tutti. In questo modo è possibile, ad esempio, non tener conto delle architravi in c.a. nel telaio equivalente, ma di verificarle con le sollecitazioni statiche.




È stata aggiunta la possibilità di inserire nel modello i **link su nodi** con svincoli anche di tipo elastico da utilizzare, ad esempio, per modellare i collegamenti rigidi o semi-rigidi fra elementi o per la simulazione di supporti elastici fra parti strutturali.

È stata introdotta la possibilità di visualizzare lo stato degli elementi in termini di verifica, analogamente a come avviene per lo stato degli elementi in termini di progetto. Gli elementi vengono colorati diversamente in base al loro stato di verifica: verificato, verificato con avvisi, avvisi generici, limiti di regolamento non soddisfatti, verifiche non soddisfatte e da riverificare. La visualizzazione si effettua cliccando nel gruppo **Pro-**

**gettazione** della scheda **Post-Processor** su **Status**  e poi su **Verifiche** .

È stata introdotta la possibilità di esportare tramite link diretto da ModeSt a Revit anche i collegamenti di strutture reticolari in acciaio.

È stata introdotta la possibilità di disegnare i tassi di sfruttamento delle verifiche di resistenza dei collegamenti delle strutture reticolari e intelaiate in acciaio. La visualizzazione si effettua cliccando nel gruppo **Verifica**

della scheda **Post-Processor** su **Acciaio** , selezionando "Tassi di sfruttamento", e poi cliccando su **Reticolari**  o **Collegamenti** .

Altre implementazioni



- Nel pannello delle **proprietà correnti/proprietà elementi selezionati** sono state aggiunte altre informazioni relative all'elemento corrente/selezionato. Ad esempio nelle aste sono stati aggiunti i dati relativi al materiale, alle dimensioni ed ai criteri associati alla sezione.
- Nella finestra della relazione di calcolo sono stati aggiunti due bottoni: "Elimina immagini evidenziate" e "Crea immagini struttura". Il primo bottone elimina i collegamenti alle immagini non più presenti nella cartella nella quale erano state salvate, mentre il secondo bottone genera automaticamente le immagini relative alle quattro viste prospettiche e agli impalcati della struttura.
- Selezionando nell'**albero del progetto** il disegno strutturale di un elemento in c.a., vengono automaticamente evidenziate nella **finestra di modellazione** gli elementi che lo compongono.
- Migliorata la relazione del computo delle armature degli elementi in c.a.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 2025 di Xfinest e aggiunta l'opzione **Ricerca autovettori aggiuntivi nel metodo di Ritz-vectors** per utilizzare o meno la ricerca degli autovettori aggiuntivi nel metodo di Ritz-vectors.

## Dalla versione 8.33 alla 8.34



È stata introdotta la possibilità di automatizzare il calcolo di fondazioni indipendenti soggette alle sollecitazioni risultanti dalla sovrastruttura, anche fornite da terze parti. Da sempre è stato possibile utilizzare la macro **ARUT** e successivamente la macro **ICN** per importare le reazioni vincolari da un file in formato CSV, ma con questa implementazione vengono gestite automaticamente le verifiche sismiche e le combinazioni dei carichi agenti sulla sola fondazione con quelli importati da file e sono eseguiti controlli e segnalazioni sulle anomalie presenti nel file di input. Per approfondimenti si veda **Carichi nodali da file** e **Progettazione plinti indipendenti ai sensi D.M. 17/01/18**.

È stata introdotta la possibilità di esportare tramite link diretto da ModeSt a Revit anche i collegamenti di strutture intelaiate in acciaio.

È stata introdotta la possibilità di disegnare i tassi di sfruttamento della capacità portante degli elementi di fondazione. La visualizzazione si effettua cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su

**Fondazioni**  e poi su **Tassi di sfruttamento** .

Altre implementazioni

- Migliorata la gestione delle modifiche apportate ai maschi murari in progettazione interattiva. Qualsiasi modifica come ad esempio la variazione della lunghezza dell'appoggio del solaio, la scelta dei cinematismi da verificare, ecc. viene conservata tranne nel caso in cui la geometria (altezza e/o lunghezza) e la posizione del maschio murario sia variata. Inoltre è possibile annullare le modifiche effettuate e ripristinare le impostazioni prelevandole dai criteri di progetto cliccando nel gruppo **Verifica** della scheda **Post-Processor** su **Muratura**  e poi su **Ripristina parametri dai criteri** .
- Nella mesh avanzata è stata introdotta un'opzione che impone al programma di suddividere i muri/elementi bidimensionali verticali utilizzando solo elementi bidimensionali di forma rettangolare. Questa nuova opzione può essere utile in due casi:
- Nella **mesh avanzata** è stata introdotta l'opzione **Crea elementi verticali rettangolari** che impone al programma di suddividere i muri/elementi bidimensionali verticali utilizzando solo elementi bidimensionali di forma rettangolare. Questa nuova opzione può essere utile in due casi:
  - nelle strutture in muratura quando non si riesce a meshare una parte di muri/elementi bidimensionali utilizzando solo elementi di forma rettangolare;
  - nei nuclei in c.a. che per essere progettati devono essere costituiti da una mesh di elementi di forma rettangolare.
- Nei criteri di progetto dei nodi in acciaio è stato introdotto il parametro **Altezza getto riempimento** che consente di specificare l'altezza del getto di riempimento nei collegamenti di tipo piastra di fondazione.
- Nella stampa della relazione di calcolo in formato HTML e PDF è possibile disporre su più colonne le tabelle dei dati e dei risultati (funzionalità già prevista nella stampa in formato RTF e DOCX). In questo modo si

riesce a ridurre notevolmente il numero di pagine della relazione di calcolo, specialmente di strutture medio grandi.

- Nel trasferimento dei dati al solutore SAP2000 è stata modificata la formula per calcolare la rigidezza della molla presente nei nodi di estremità di aste con vincoli parziali. La nuova formula è  $(C/(1-C)) \cdot (2EJ/L)$  mentre quella delle versioni precedenti era  $C \cdot (4EJ/L)$  (dove C è il valore del coefficiente inserito nella definizione dei vincoli dell'asta). Tale modifica si è resa necessaria per adeguarsi alla nuova formulazione adottata dal solutore Xfinest.
- Al termine della progettazione automatica è stata introdotta la possibilità di selezionare gli elementi (tranne i pilastri e le solette/platee) non progettati o non verificati.

## Dalla versione 8.32 alla 8.33

È stata introdotta la possibilità di effettuare il progetto e la verifica dei nuclei non dissipativi composti da più pareti.

Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) delle strutture in c.a. con il solutore Xfinest a plasticità concentrata, è stata introdotta la possibilità di considerare anche i rinforzi con FRP, con incamiciature in acciaio e con sistema CAM.

È stata introdotta la possibilità di effettuare i **rinforzi dei nodi trave-pilastro** in c.a. con FRP e con sistema CAM.

Nei rinforzi con sistema CAM è stata introdotta la possibilità di considerare anche la resistenza a flessione.

È stata introdotta la possibilità di visualizzare l'elenco dei cedimenti differenziali dei nodi di una fondazione.

Altre implementazioni

- È stata introdotta un'opzione, nella sezione "Diagrammi/Mappe" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**, che consente di visualizzare la deformata nodale o elastica della struttura considerando tutte o solo alcune componenti degli spostamenti.
- È stata introdotta la possibilità di duplicare la definizione dei tipi di carichi sui nodi, sulle aste, sui muri/elementi bidimensionali e delle colonne stratigrafiche.
- È stata introdotta la possibilità di archiviare/importare la struttura in/da un backup.
- Nella progettazione interattiva dei nuclei è stata introdotta la possibilità di progettare l'armatura utilizzando le impostazioni dei criteri di progetto selezionando l'opzione "Usa criterio di progetto" del menu che compare cliccando sulla freccia a destra del comando "Progetta aut." oppure di progettarela mantenendo le modifiche effettuate alla tipologia dell'armatura orizzontale deselectando la suddetta opzione.
- Nella relazione delle verifiche di capacità portante dei pali sono stati riportati anche i valori della resistenza di progetto a compressione e a trazione.
- È stata introdotta la possibilità di progettare i collegamenti delle strutture intelaiate in acciaio ignorando le verifiche locali delle piastre, deselectando il parametro **Progetta i collegamenti eseguendo anche le verifiche locali delle piastre** dei criteri di progetto dei nodi in acciaio. In tal caso il progettista dovrà verificare che la piastra abbia uno spessore tale da considerarla infinitamente rigida.
- È stata introdotta la possibilità di scegliere se eseguire la verifica a fessurazione degli elementi in c.a. con la Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 oppure con la Circolare n. 252 del 15/10/96.
- Nel collegamento con **piastra d'anima** di aste con vincolo di tipo biella, le sollecitazioni di verifica vengono moltiplicate per il valore specificato nel parametro **Verifica le bielle solo con sollecitazioni di trazione moltiplicate per** dei criteri di progetto delle aste in acciaio.

## Dalla versione 8.31 alla 8.32

Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) a plasticità concentrata è stata introdotta la possibilità di specificare, per le **cerniere plastiche**, una resistenza residua a flessione e a taglio ed un aumento della rotazione alla corda e dello spostamento dopo il collasso.

È stata introdotta la possibilità di considerare i rinforzi dei pilastri con incamiciature in c.a. nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) a plasticità concentrata.

È stata introdotta la possibilità di definire il carico agente sugli elementi bidimensionali dovuto alla spinta del terreno determinata automaticamente in funzione della stratigrafia.

È stata introdotta la possibilità di definire il diametro dello scavo per i micropali di tipo **Tubfix** e di tenerne conto nelle verifiche.

Nel **disegno dei telai in acciaio** vengono riportati anche i collegamenti progettati da ModeSt.

Altre implementazioni:

- In analogia a quanto accade nel calcolo e nelle verifiche delle strutture non in muratura, anche per le strutture in muratura non vengono eseguite automaticamente le verifiche al termine del calcolo, ma dovranno essere lanciate direttamente dall'utente.
- È stata notevolmente migliorata l'esportazione tramite link diretto da ModeSt a Revit delle armature delle pareti, dei nuclei e delle solette/platee. Le armature non vengono più esportate come un insieme di ferri disposti sulle superfici esterne delle pareti, dei nuclei e delle solette/platee, ma come "Area su armatura" che velocizza l'importazione delle armature in Revit e consente di gestire strutture di grosse dimensioni.
- Miglioramento della visualizzazione dello status dei collegamenti in acciaio.

## Dalla versione 8.30 alla 8.31

È stata introdotta la possibilità di effettuare l'analisi sismica statica non lineare (pushover) a plasticità concentrata delle strutture in c.a., acciaio e miste (c.a. e acciaio) con il solutore Xfinest.

I vantaggi del metodo a plasticità concentrata rispetto a quello a plasticità diffusa (a fibre) sono:

- non è limitato solo alle strutture in c.a.;
- l'utente ha la libertà di scegliere dove assegnare le cerniere plastiche (a differenza del metodo a plasticità diffusa con il quale sono determinate ed assegnate automaticamente dal programma alle estremità delle campate delle travate e delle pilastrate);
- non è necessario spezzare in 3 o in 5 parti le campate delle travate e delle pilastrate;
- è un metodo più facilmente controllabile.

La definizione e l'assegnazione delle cerniere plastiche alle aste può essere effettuata manualmente in modo analogo ai vincoli delle aste oppure attraverso una procedura automatica introdotta per semplificare e velocizzare il lavoro dell'utente.

Le caratteristiche delle cerniere plastiche (curva momento-rotazione e taglio-spostamento, domini di interazione sforzo normale-momento) sono determinate automaticamente dal programma e riportate nel paragrafo dei vincoli delle aste nella relazione di calcolo.

Al termine dell'analisi pushover oltre alla curva carico-spostamento è possibile visualizzare sia lo stato dell'elemento (elastico, plastico, collasso) che lo stato limite raggiunto nell'elemento (SLO, SLD, SLV, SLC) ad un determinato passo dell'analisi.

È stata introdotta la possibilità di visualizzare l'elenco dei **taglianti di piano** agenti sugli impalcati della struttura.

Altre implementazioni:

- È stata notevolmente migliorata l'esportazione tramite link diretto da ModeSt a Revit delle armature di travi, pilastri, pareti, nuclei, solette/platee e murature armate.
- Nella relazione di calcolo è stata aggiunta la tabella riassuntiva delle verifiche geotecniche nella quale vengono riportate, per ciascun elemento di fondazione, la minima sicurezza di tutte le verifiche effettuate.
- Nel disegno dei ferri verticali delle pareti sono stati aggiunti i risvolti in sommità.
- Nel caso sia stata scelta la controventatura dei solai come metodo di schematizzazione degli impalcati rigidi, è stata introdotta la possibilità di visualizzare quali sono stati i solai controventati, in modo da verificarne la correttezza.
- Nel caso di analisi sismica con spettri definiti manualmente, è stata introdotta la possibilità di visualizzare lo spettro che sarà utilizzato nel calcolo della struttura.
- È stata introdotta la possibilità di definire anche il diametro dello scavo per i micropali di tipo Tubfix e di tenerne conto nelle verifiche.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 2024 del solutore Xfinest.

## Dalla versione 8.29 alla 8.30

È stata introdotta la possibilità di effettuare l'analisi sismica statica non lineare (pushover) delle strutture in muratura anche con il solutore Xfinest. Questa funzionalità non è gestita dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2023.

I vantaggi rispetto all'analisi effettuata con il solutore interno di ModeSt sono:

- calcolo a tutti gli effetti di strutture miste (muratura, c.a. e acciaio);
- plasticizzazione sia a flessione che a taglio di eventuali elementi in c.a. e in acciaio (che con il solutore interno di ModeSt non si possono plasticizzare a taglio);

- tempi di calcolo notevolmente ridotti.

In questa occasione sono state implementate le seguenti funzionalità:

- la possibilità di visualizzare le sollecitazioni derivanti dall'analisi pushover sulle aste del telaio equivalente, sia in forma numerica che grafica;
- la visualizzazione del tasso di sfruttamento relativo allo stato dei maschi e delle fasce per i due estremi, con la possibilità di ottenere dai tooltip le informazioni necessarie.

Inoltre sono state riviste le seguenti funzionalità:

- la generazione automatica del telaio equivalente (aste corrispondenti alle fasce di piano senza gli offset);
- la verifica delle fasce di piano (con le formule del par. 7.8.2.2.4 del D.M. 17/01/18 con l'aggiunta di una nuova resistenza per le fasce);
- il calcolo del drift per la determinazione della rottura dei maschi e delle fasce;
- la relazione relativa allo stato evolutivo degli elementi considerati nel telaio equivalente;
- la visualizzazione della curva carico-spostamento.

È stata completamente rivista la visualizzazione dei messaggi di anomalia riscontrati dal programma, in modo da non far perdere l'attenzione del progettista sulle anomalie importanti a causa di elenchi che a volte possono risultare anche molto lunghi. Per questo motivo le anomalie sono state raggruppate e classificate automaticamente con un colore diverso in funzione della loro importanza (maggiore, media o minore). Inoltre in progettazione interattiva degli elementi è possibile cliccare sulle righe elencate nel pannello delle anomalie e visualizzare sul disegno esecutivo il corrispondente punto o la corrispondente zona dove queste si verificano.

È stata gestita la dimensione del testo definita nelle impostazioni di Windows e sono state riviste tutte le icone e le finestre di richiesta dati in modo che si adattino automaticamente ai monitor con risoluzione superiore a Full HD (1920x1080).

Altre implementazioni:

- Nelle opzioni di Xfinest è stato reso possibile specificare i criteri di convergenza e le relative tolleranze da utilizzare nelle analisi non lineari.
- È stata introdotta la possibilità di riaprire una tavola già assemblata per modificarne il contenuto (aggiungere o eliminare disegni).

## Dalla versione 8.28 alla 8.29

È stata introdotta la possibilità di definire interattivamente le membrature di strutture in **acciaio** e **legno**, oltre a quella di definirle automaticamente.

È stata introdotta la possibilità di **copiare** la progettazione dei collegamenti di strutture intelaiate in acciaio per assegnarla ad altri analoghi collegamenti. La nuova procedura consente anche, entro certi limiti, di adattare la progettazione assegnata a collegamenti dello stesso tipo ma con dimensioni diverse.

Nei pilastri virtuali (derivanti dagli integratori trasversali) sono stati migliorati i casi in cui sono effettuabili le verifiche di gerarchia trave-pilastro e le verifiche dei nodi, mentre nelle travi, sia virtuali che normali, è stata migliorata la gestione delle compenetrazioni con altri elementi, con la segnalazione dei casi di incidenze dubbie o non risolvibili.

È stata introdotta la possibilità di calcolare le strutture anche con la versione 2023 del solutore Xfinest, che consente di effettuare l'analisi **P-Delta** per valutare gli effetti del secondo ordine su una struttura.

Altre implementazioni:

- Sono state migliorate ed ampliate le possibilità di **esportazione dei dati nel formato IFC**. Inoltre è stata introdotta la possibilità di esportare solo la porzione di struttura preselezionata e di associare agli elementi esportati i colori dei materiali o i colori normalmente usati in modellazione.

## Dalla versione 8.27 alla 8.28

Sono state introdotte le verifiche di duttilità in modo esplicito dei pilastri rettangolari, con la possibilità di considerare o meno l'effetto del confinamento prodotto dall'armatura trasversale (staffe e legature). Per i pilastri non rettangolari, le verifiche di duttilità continueranno ad essere eseguite in modo semplificato.

È stata introdotta la possibilità di verificare i meccanismi locali di collasso (cinematismi) di maschi murari con forature sia interne che sui bordi e di definire le quote, oltre a quelle degli impalcati, alle quali avvengono i meccanismi.

È stata introdotta la possibilità di **copiare** la progettazione (armature e rinforzi) di una travata, di una pilastriata o di un plinto/palo per assegnarla ad analoghi elementi. La nuova procedura consente anche, entro certi limiti, di adattare la progettazione assegnata ad elementi della stessa forma ma con dimensioni diverse.

È stata introdotta la possibilità di esplodere un singolo involucro in modo da generare automaticamente tutte le singole progettazioni degli elementi facenti parte dell'involucro. In questo modo è possibile non perdere la progettazione dei singoli elementi, quando è necessario rimuovere un elemento dall'involucro per progettarlo o rinforzarlo diversamente dagli altri.

Sono state riviste le regole per le quali gli elementi sono involuppabili ed aggiunto, al termine della definizione degli involucri, il controllo sulla loro correttezza evidenziando in rosso quelli non corretti ed esplicitandone il motivo nel tooltip che compare posizionandovi sopra il cursore del mouse.

Nella progettazione automatica ed interattiva dei pilastri è stata introdotta la possibilità di differenziare il numero dei ferri non collegati (legature) nelle zone critiche.

Altre implementazioni:

- Sono state ottimizzate le verifiche delle murature in analisi sismica lineare, al fine di ridurre i tempi nella ricerca degli indici di sicurezza.
- È stata introdotta la possibilità di specificare il valore dell'incremento delle sollecitazioni di taglio nei nuclei dissipativi attraverso il parametro **Incremento dello sforzo di taglio** dei criteri di progetto dei nuclei.
- Nell'anteprima del disegno della progettazione effettuata, visualizzata nell'albero del progetto, viene indicato l'ambiente in cui è aperta (Progettazione interattiva, Ms-Cad) oppure lo stato attuale della progettazione dell'elemento che può essere: valido, non valido o da riverificare.
- È stato migliorato ulteriormente il controllo congruenza dati per evitare che siano presenti nel modello degli elementi bidimensionali a 4 nodi degeneri che potrebbero portare ad avere dei risultati del calcolo non corretti.
- Per i pilastri già progettati è stata reintrodotta la possibilità di visualizzare il tipo di confinamento dei nodi trave-pilastro. Tale visualizzazione si effettua attivando il disegno della colorazione dei nodi selezionando "Confinamento" nella sezione "Nodi" del pannello **Colorazioni elementi**.
- Nel collegamento di tipo "Piastra d'anima" delle aste in acciaio è stata aggiunta la possibilità di utilizzare la sezione circolare piena per consentire di progettare i collegamenti dei controventi. Il collegamento è composto da un manicotto avvitato al finale al cui estremo è presente un foro che consente di collegarsi, con un bullone, alla piastra saldata sull'ospite.
- Nella progettazione automatica degli elementi è stata introdotta la possibilità di progettare solo gli elementi non progettati, escludendo quelli che sono già stati progettati e risparmiando quindi il tempo necessario alla progettazione di elementi che non lo necessitano.
- È stata introdotta la possibilità di inserire un pilastro fino alla quota dell'ultimo impalcato spezzandolo in corrispondenza degli impalcati intermedi.
- È stata notevolmente migliorata l'importazione della struttura da **SCIA AutoConverter**.
- Progetto dei collegamenti in acciaio anche con la versione 22 di **IDEA StatiCa Steel**.
- È stata introdotta la possibilità di esportare la struttura corrente per **IDEA StatiCa Checkbot**.
- È stata introdotta la possibilità nella **richiesta assistenza** di allegare altri file oltre a quelli relativi alla struttura.

## Dalla versione 8.26 alla 8.27

Nelle verifiche delle strutture in muratura ordinaria e armata è stata introdotta la possibilità, attraverso i parametri presenti nelle schede **Comportamento maschi per azioni sismiche** e **Comportamento fasce per azioni sismiche** dei criteri di progetto specifici delle murature, di trascurare i maschi e le fasce sia nell'analisi sismica statica o dinamica lineare, che nella determinazione dei modi di vibrare dell'analisi sismica statica non lineare (pushover). Nel calcolo della struttura non vengono considerate le rigidità dei muri/elementi bidimensionali che costituiscono i maschi e le fasce da trascurare, ma mantenute le loro masse che vengono trasferite o all'impalcato o ai nodi adiacenti in base a quanto impostato nei parametri di calcolo. Nel **controllo congruenza dati** vengono elencati i muri/elementi bidimensionali che non vengono trasferiti al solutore per controllare l'eventuale presenza di porzioni di elementi che fuoriescono dal perimetro dei maschi o delle fasce, e decidere se modificare la mesh in modo che gli elementi bidimensionali siano tutti contenuti all'interno del loro perimetro.

È stata introdotta la possibilità di considerare l'eccentricità aggiuntiva anche sugli impalcati non rigidi, per approfondimenti si veda **Dati di piano**.

È stata introdotta la possibilità di progettare i micropali di tipo Radice e Tubfix.

È stata introdotta la possibilità di esportare tramite link diretto da ModeSt a Revit anche le armature di travi, pilastri, pareti, nuclei, solette/platee e murature armate.

Nella progettazione interattiva delle sezioni in c.a. con sollecitazioni manuali è stata introdotta la possibilità di selezionare una o più aste presenti nel modello, aventi anche sezione differente, dalle quali prelevare le sollecitazioni, oltre alla possibilità di definire manualmente le sollecitazioni.

È stata introdotta la possibilità di visualizzare le mappe a colori negli elementi bidimensionali relative all'involuppo delle tensioni e delle sollecitazioni unitarie. L'involuppo può essere eseguito sui valori massimi, massimi in valore assoluto e minimi.

Altre implementazioni:

- È stata introdotta la possibilità di visualizzare le mappe a colori negli elementi bidimensionali relative alle sollecitazioni unitarie di  $N_x$ ,  $N_z$ ,  $T_{xz}$ ,  $T_{xy}$ ,  $T_{zy}$ .
- Nella legenda relativa alle mappe a colori degli elementi bidimensionali viene indicato il numero del nodo nel quale si verifica il valore massimo e la relativa combinazione.
- Nella relazione di confronto fra lo stato attuale e di progetto di strutture calcolate con l'analisi sismica statica o dinamica lineare, viene riportato l'incremento dell'indice di sicurezza allo SLV, in modo da individuare più velocemente se l'edificio è stato migliorato sismicamente.

## Dalla versione 8.25 alla 8.26

È stata introdotta la possibilità di gestire e verificare gli interventi di rinforzo con **incamiciature in c.a.** di pilastri rettangolari di strutture esistenti calcolate agli stati limite in base al D.M. 17/01/18.

È stata introdotta la possibilità, attraverso i **parametri aggiuntivi delle aste**, di calcolare le strutture considerando le rigidezze degli elementi fessurati come indicato nel par. 7.2.6 del D.M. 17/01/18 (*<omissis> Nel rappresentare la rigidezza degli elementi strutturali si deve tener conto della fessurazione. In caso non siano effettuate analisi specifiche, la rigidezza flessionale e a taglio di elementi in muratura, calcestruzzo armato, acciaio-calcestruzzo, può essere ridotta sino al 50% della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati <omissis>*).

È stata introdotta la possibilità di creare la relazione di calcolo anche in formato DOCX ed in particolare in formato PDF che permette di consultare la relazione di calcolo più agevolmente e di superare i limiti di memoria dei programmi di videoscrittura come ad esempio Microsoft Word.

È stata introdotta la possibilità di eliminare le tipologie di carico manuali e le tipologie delle condizioni di carico elementari definite e non utilizzate nel modello. Le tipologie non utilizzate vengono per comodità evidenziate nelle relative tabelle di informazioni.

Altre implementazioni:

- Nella scheda **Generali** delle **Opzioni** è stata introdotta la possibilità di disattivare il suono emesso dal computer durante l'inserimento, la cancellazione, la selezione, ecc. degli elementi.
- Nel computo dei plinti su pali e dei plinti a bicchiere su pali sono stati separati i volumi e le armature del basamento, del bicchiere e del palo.
- In progettazione interattiva delle solette e delle platee è stata aggiunta la possibilità di eliminare l'armatura a punzonamento di uno specifico pilastro.
- Migliorata la gestione della verifica dei nodi trave-pilastro nel caso in cui la trave sia modellata con gli elementi bidimensionali e progettata con un integratore trasversale. Contestualmente sono stati risolti anche altri casi in cui le travi incidevano sul pilastro non sullo stesso nodo, ma su nodi molto vicini fra loro e che quindi di fatto a livello di verifica del pilastro formavano un nodo unico.

## Dalla versione 8.24 alla 8.25

Nelle verifiche delle strutture in muratura ordinaria e armata sono state apportate una serie di modifiche, alcune apparentemente di minore importanza ma che agevolano l'utente nell'individuazione degli elementi in muratura che saranno oggetto di verifica, altre di maggiore importanza che intervengono sia nella definizione dei maschi e delle fasce di piano sia nella visualizzazione dei risultati delle verifiche (tassi di sfruttamento e relazione di calcolo).

Nelle modifiche minori rientrano la colorazione dei maschi e delle fasce in muratura, non più a gradazione di colore ma bensì uniforme con una diversa colorazione in funzione del tipo di verifica, e la visualizzazione di un suggerimento a video (tooltip) con le informazioni associate all'elemento che variano in funzione della visualizzazione attiva.



Le modifiche più importanti sono invece la separazione dei maschi in funzione del tipo di verifica e la definizione interattiva dei maschi e delle fasce di piano. L'utente si trova così ad avere maschi per le verifiche statiche, per le verifiche sismiche e per i cinatismi. Per ciascuno dei quali sarà possibile, in un'ambiente di progettazione interattiva appositamente studiato, modificare la forma di quelli definiti automaticamente dal programma oppure **inserire, modificare e cancellare** i maschi e le fasce di piano. In progettazione interattiva l'utente ha quindi la possibilità di definire maschi murari con forma rettangolare, trapezoidale, triangolare,



pentagonale che gli permettono di modellare ad esempio i timpani della struttura. In progettazione interattiva delle murature sono stati introdotti durante l'inserimento dei maschi e delle fasce di piano dei messaggi che aiutano a capire il motivo per cui non viene definito. A questi si aggiungono altri controlli sul telaio equivalente e su maschi e sulle fasce manuali.

È stata introdotta la possibilità, solo per le strutture calcolate agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18, di progettare i **cordoli e le solette rampanti** quest'ultime modellate con elementi bidimensionali.

È stata introdotta la possibilità, solo per le strutture esistenti calcolate agli stati limite secondo il D.M. 17/01/18, di **rinforzare i nodi trave-pilastro**. È stato scelto di non implementare un determinato tipo di rinforzo ma bensì uno generico in modo da consentire all'utente di utilizzare una qualsiasi tipologia di rinforzo tra quelli che la tecnica e il mercato mette a disposizione.

Altre implementazioni:

- È stata aggiunta la possibilità di proiettare i nodi degli elementi selezionati (aste, muri/elementi bidimensionali, tamponature) su di un piano verticale passante per i due nodi di estremità. L'operazione si effettua cliccando nel gruppo **Strumenti** su **Proietta nodi**  e poi su **Su un piano verticale** . Spostare i nodi degli elementi su un piano verticale risulta utile per risolvere problemi di non perfetta complanarità come ad esempio nei maschi o nelle fasce in muratura, nelle pareti o nei nuclei in c.a.
- È stato implementato un nuovo collegamento delle aste in acciaio: "Flangia su flangia di elevazione". Il collegamento è composto da una piastra saldata sul finale e bullonata, con fori filettati, ad un'altra piastra saldata sull'ospite. Il principale utilizzo è il collegamento tra una colonna e una trave con sezione rettangolare cava.
- È stata introdotta la possibilità di inserire un muro fino alla quota dell'ultimo impalcato spezzandolo in corrispondenza degli impalcati intermedi.
- È stata implementata l'importazione delle strutture da SCIA AutoConverter (prodotto da Nemetschek Group) che converte automaticamente i progetti realizzati da qualsiasi software architettonico (in particolare Allplan) e offre la possibilità di apportare modifiche al modello. L'importazione della struttura si effettua

cliccando dal menu dell'applicazione  selezionando **Importa**  e poi **Struttura da SCIA Auto-**

**Converter** .

- Calcolo delle strutture anche con la versione 2022 di Xfinest.

## Dalla versione 8.23 alla 8.24

È stata introdotta la possibilità di calcolare le strutture con spettri di progetto personalizzati con approccio semplificato in modo da consentire sia il calcolo di strutture nuove ma anche e soprattutto di determinare gli indici di sicurezza e quindi le classi di rischio delle strutture esistenti con risposta sismica locale.

È stata introdotta la possibilità di eseguire i **controlli di accettazione** dell'analisi sismica lineare per le strutture esistenti in c.a. a comportamento dissipativo ai sensi della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Sono state ottimizzate le verifiche delle aste in acciaio, al fine di ridurre i tempi di verifica e migliorare le anomalie riscontrate. Le ottimizzazioni principali consistono nella riduzione dei punti di verifica nel caso di aste cortissime e nella verifica delle aste con vincolo biella in un solo punto. Le anomalie, relative a ciascuna verifica, vengono segnalate solo nei punti che verranno poi riportati nella relazione di calcolo a differenza delle versioni precedenti in cui venivano segnalate in tutti i punti di verifica. Questo ha portato ad avere, in strutture anche di modeste dimensioni ma con molte combinazioni delle condizioni di carico elementari, solo alcune pagine di anomalie contro le precedenti centinaia di pagine. Le suddette ottimizzazioni consentono di risparmiare memoria RAM e quindi permettono la verifica di strutture di grosse dimensioni e/o con un numero elevato di combinazioni delle condizioni di carico elementari.

Nella progettazione interattiva delle sezioni rettangolari e a T con membratura trave è possibile utilizzare le stesse modalità di verifica usate nel progetto delle travi, quindi differenziando il copriferro superiore ed inferiore e trascurando eventuali ferri di parete, di suola e di fianco.

Nella progettazione interattiva di una sezione rettangolare o a T con membratura trave è possibile utilizzare le stesse modalità di verifica usate nel progetto delle travi, quindi differenziando il copriferro superiore ed inferiore e trascurando eventuali ferri di parete, di suola o di fianco. In tal caso, come copriferro teorico laterale (necessario per il posizionamento dei ferri per le verifiche a fessurazione) viene considerato quanto indicato nei criteri della trave come **copriferro reale al bordo staffe**, più il **diametro della staffa teorica**, più mezzo diametro del ferro più vicino all'angolo sinistro del lato superiore o inferiore a seconda del caso. Per utilizzare questa funzionalità occorre, nella scheda **Dati per progettazione interattiva sezioni** dei criteri di progetto specifici delle travi, selezionare la **verifica con barre in posizioni teoriche**, attivare la verifica in flessione retta e **considerare solo My**. Se uno qualsiasi dei parametri citati non corrisponde, i ferri





vengono posizionati come per una sezione con membratura generica, con un copriferro teorico pari alla media fra **copriferro teorico superiore** e **copriferro teorico inferiore**.

È stato implementato il disegno del tasso di sfruttamento della freccia massima, sia per le aste che per le membrature in acciaio e in legno.

Altre implementazioni:

- Sono state potenziate le procedure di unificazione degli elementi bidimensionali e delle aste.
- Sono stati aggiunti i plinti/pali nel calcolo dei volumi della struttura (**?VOL**).
- Sono state aggiunte alcune opzioni per personalizzare il tipo di disegno dei carichi, delle reazioni vincolari, della deformata nodale, delle sollecitazioni e dei tassi di sfruttamento nella scheda **Disegno** delle **Opzioni** di ModeSt.
- È stata aggiunta la possibilità di modificare i fattori di scala ed il piano di visualizzazione, sia dei carichi che dei risultati, nella sezione "Diagrammi/Mappe" del pannello **Parametri modellazione/Ms-Cad**.
- Possibilità di scegliere su quali elementi visualizzare lo **status** delle verifiche.
- È stata aggiunta la possibilità di scegliere su quali elementi visualizzare lo **status** delle verifiche. La scelta si effettua attraverso le opzioni della finestra di dialogo che compare cliccando sulla freccia sottostante **Sta-**

**tus**  e poi su **Opzioni** .

- È stata aggiunta la possibilità di effettuare le selezioni anche dei maschi/pareti in muratura e degli integratori longitudinali/trasversali cliccando su "Altre" del pannello **Selezioni**.
- È stata aggiunta la possibilità di disegnare l'ingombro delle travi e dei muri nell'esploso dei ferri relativi agli schemi dei solai progettati, quando il disegno è effettuato lateralmente alla carpenteria di piano, selezionando il parametro **Disegnare l'ingombro delle travi e dei muri** dei criteri di progetto dei solai.
- È stata velocizzata la selezione degli elementi nel controllo congruenza dati.
- Sono stati aggiunti ai "punti caldi" (punti di **snap**) anche gli spigoli dei fori nei muri/elementi bidimensionali.
- Oltre alla possibilità di esportare i risultati numerici del calcolo contenuti nelle finestre di informazione è stata aggiunta la possibilità di esportare anche i dati relativi alla geometria della struttura in un file con estensione CSV.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 2021 di Xfinest.
- Nell'esportazione a Revit delle strutture modellate con ModeSt tramite link diretto vengono gestiti, oltre alle aste (travi, pilastri, ecc.) e agli elementi bidimensionali (con eventuali forature, inclinazioni, ecc.) anche i solai e le tamponature. Al momento non vengono gestiti i plinti.

## Dalla versione 8.22 alla 8.23

Nell'oggetto "**integratori trasversali**" che consente di pensare una fascia di elementi bidimensionali come costituente un unico elemento monodimensionale, è possibile definire all'interno di pareti verticali l'armatura di zone ritenute a comportamento a "pilastro". In pratica, un "pilastro virtuale" all'interno di una parete verticale, analogamente a come è stato fatto per la "trave virtuale" all'interno di una soletta/platea.

È possibile eliminare le proprietà degli elementi definite e non utilizzate nel modello, quali ad esempio i materiali, le sezioni, i vincoli, ecc. Le proprietà degli elementi non utilizzate vengono per comodità evidenziate nelle relative tabelle di informazioni.

È possibile unire un insieme di elementi bidimensionali adiacenti al fine di ottenere un unico elemento bidimensionale, per approfondimenti si veda **Unifica gli elementi bidimensionali**.

Analogamente all'implementazione precedente è possibile unire un insieme di aste consecutive al fine di ottenere un'unica asta, per approfondimenti si veda **Unifica le aste**.

È possibile definire **gruppi** di elementi della struttura identificandoli con un nome e sui quali è possibile compiere tutte le operazioni consentite dal programma. La definizione dei gruppi può essere utile quando si ha a che fare con strutture con un numero di elementi elevato, in modo da poter operare solo su una parte di essi.

È stata aggiunta, nel pannello delle **selezioni**, l'opzione di modellazione "Solo su visibili" in modo da agire solo sugli elementi visibili anche se facenti parte di un insieme più ampio. Con questa opzione è possibile ad esempio selezionare, tra i soli elementi visibili, tutti gli elementi selezionabili attraverso le opzioni nel pannello "Selezioni" ed in particolare tutti quelli con le specifiche proprietà elencate nelle selezioni "Avanzate", come ad esempio solo le aste con una specifica sezione tra le visibili.

È stata introdotta la possibilità di armare a punzonamento le solette e le platee con barre verticali disposte radialmente e di attivare o disattivare la verifica a punzonamento.

Nella scheda **Generali** delle **Opzioni** è stata aggiunta l'opzione "Definizione e modifica dei carichi in tutte le CCE" che consente che la definizione o la modifica di un carico manuale sia applicato in tutte le **CCE** definite. Per cui l'aggiunta o la modifica di un carico nella CCE corrente verrà applicata anche alle altre CCE definite. Per attivare l'opzione precedente su una struttura con carichi manuali già definiti, occorre che questi carichi siano uguali in tutte le CCE.

È stata introdotta la possibilità di effettuare la verifica a pressoflessione retta delle travi in c.a. anziché solo a flessione retta.

È stata implementata la verifica di resistenza in condizioni cicliche (azioni sismiche) di pilastri e travi esistenti, come indicato nel par. C8.7.2.3.5 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. La verifica viene effettuata solo per le strutture calcolate con l'analisi sismica statica o dinamica lineare ai sensi del D.M. 17/01/18.

Nella progettazione dell'armatura degli elementi in c.a. il programma non si limita più a segnalare che non trova un'armatura sufficiente a soddisfare le verifiche e lasciare l'elemento privo di armatura, ma inserisce la massima indicata nei criteri di progetto segnalando che le verifiche non sono soddisfatte.

Altre implementazioni:

- Nell'analisi non lineare delle strutture esistenti in muratura con comportamento a rottura del tipo Drucker-Prager, abbiamo reso possibile differenziare l'angolo di dilatanza dall'angolo di attrito. Questa funzionalità non è gestita dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2019.
- Verifica dei rinforzi a taglio nelle solette e platee con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 2020 di Xfinest.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 22 di SAP2000.
- Nel disegno della deformata elastica di una struttura è possibile aggiungere (si veda **Deformata della struttura**) anche i valori corrispondenti alle tre componenti di spostamento valutati nel sistema di riferimento locale delle aste, riferiti sia alla configurazione indeformata che alla configurazione dopo il loro spostamento rigido.
- Nell'esportazione a Revit delle strutture modellate con ModeSt tramite link diretto vengono gestiti, oltre alle aste (travi, pilastri, ecc.), anche gli elementi bidimensionali con il loro filo fisso, le inclinazioni, le eventuali forature, ecc. Al momento non vengono gestiti i plinti, i solai e le tamponature.


## Dalla versione 8.21 alla 8.22

Dai concetti già noti di informazioni sollecitazioni per integrazione su linea e su piano è stato introdotto l'oggetto "**integratori longitudinali**" e reso permanente all'interno della struttura (cioè salvato insieme ai dati della struttura). Inoltre è stato introdotto l'oggetto "**integratori trasversali**" che consente di pensare una fascia di elementi bidimensionali come costituente un unico elemento monodimensionale. In questo modo è possibile considerare come monodimensionali elementi che è più comodo o giusto per motivi ingegneristici modellare come elementi bidimensionali (scale, balconi, travi parete, ecc.). Di conseguenza tali elementi possono poi essere progettati automaticamente ed interattivamente come se fossero travi. Queste procedure consentono inoltre di definire all'interno di solette/platee, l'armatura di zone ritenute a comportamento essenzialmente monodirezionale (a "trave"). In pratica, una "**trave virtuale**" all'interno di una soletta/platea. La progettazione della soletta/platea tiene poi in conto della loro presenza.

Per i calcoli ai sensi del D.M. 17/01/18, come indicato al par. 4.1.2.3.5.4, sono state riviste le verifiche a punzonamento nelle solette, platee e plinti facendo adesso riferimento all'Eurocodice 2.

È stata introdotta la possibilità di definire automaticamente gli involuipi degli elementi strutturali di uguale geometria, effettuabile cliccando sul bottone "Automatico" nella finestra di dialogo della definizione degli involuipi.

Altre implementazioni:

- Nel gruppo **Disegno** della scheda **Modellazione** è stato aggiunto **Rappr. grafiche**  che raggruppa tutte le possibilità di attivazione/disattivazione della rappresentazione di elementi, proprietà, simboli, ecc. alcuni già presenti nelle versioni precedenti, altri nuovi come quelli degli integratori.
- Sono state aggiunte nuove segnalazioni di situazioni inconsuete nel controllo congruenza dati, come ad esempio la presenza di nodi a quota diversa da quella dell'impalcato assegnato.
- Come già fatto per le macro, sono state gestite ovunque le impostazioni relative al "separatore decimale" e al "simbolo di raggruppamento cifre".

## Dalla versione 8.20 alla 8.21

Sono state completamente riscritte le procedure di richiesta dei dati per l'analisi dei carichi da neve e da vento ed è stato adeguato il calcolo del carico da vento alla Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19, facendo anche

riferimento alla C.N.R. 207/2008 per avere informazioni più dettagliate e per risolvere alcuni errori presenti nella Circolare. Per la procedura per la definizione e l'applicazione del carico da vento è anche possibile consultare il tutorial: **Definizione ed assegnazione dei carichi da vento**.

Verifiche di stabilità anche a flessione e a pressoflessione per le membrature in acciaio e a flessione e a presso-tenso flessione per le membrature in legno, con la possibilità di visualizzare i relativi tassi di sfruttamento globali.

Per le aste in legno sono state implementate le verifiche di resistenza a torsione e a taglio e torsione nonché le verifiche di stabilità a tensoflessione. Per le verifiche è stato fatto riferimento alla C.N.R. 206-R1 2018 ed alla Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. Nella relazione di calcolo relativa alle verifiche delle aste in legno sono stati aggiunti i riferimenti di normativa. Revisionato il calcolo della freccia delle aste in legno differenziando quella istantanea da quella a lungo termine.

Altre implementazioni:

- Visualizzazione del sistema di riferimento e degli elementi bidimensionali considerati nel calcolo delle sollecitazioni integrate su linea e sul piano. Nel caso di integrazione sul piano viene visualizzato anche il piano di sezione. Per poterli visualizzare basta selezionare, nella finestra di dialogo, l'opzione "Mostra elementi e sistema di riferimento".
- Abbiamo reso possibile effettuare la ricerca delle sezioni ottimizzanti di un insieme di aste in acciaio anche per le strutture calcolate ai sensi del D.M. 17/01/18. Si ricorda che questa funzionalità può essere utile quando si voglia ricercare nell'archivio tutte le sezioni che rendono verificate le aste in esame, visualizzare il risultato ordinato per tasso di sfruttamento e per peso ed infine definire ed assegnare automaticamente la sezione ritenuta ottimizzante.
- La chiusura della finestra di testo contenente le anomalie riportate durante le elaborazioni del programma non comporta più la perdita delle informazioni, poiché queste vengono spostate in un apposito pannello chiamato "Anomalie", posizionabile sullo schermo a scelta dell'utente.
- Nella relazione di calcolo delle armature delle travi, oltre che a riportare le verifiche in corrispondenza degli appoggi ed in campata, sono state aggiunte anche le verifiche nei punti che corrispondono ad altre situazioni gravose, in modo da avere corrispondenza fra i tassi di sfruttamento e la relazione di calcolo.
- Sono state velocizzate le visualizzazioni delle mappe nella progettazione interattiva dell'armatura delle solette e delle platee.
- È stata modificata e migliorata la sagomatura dei ferri delle travi per tenere conto del copriferro laterale (**Copriferro per calcolo lunghezza ferri** dei criteri di progetto specifici delle travi) nel determinarne la lunghezza. In questo modo si evitano collisioni con le staffe dei pilastri nel caso di ferri interi in travi corte.
- Nel caso di edifici esistenti con calcolo di tipo dissipativo sono state attivate le verifiche secondo la gerarchia delle resistenze per gli elementi dissipativi (se non diversamente specificato nei criteri di progetto) controllando, come indicato nella Circolare, che il massimo valore del taglio di verifica non sia comunque maggiore del taglio derivante dalla gerarchia.
- Nelle verifiche delle travi è stata eliminata la gestione di una minima armatura a taglio longitudinale, resa inutile dalla esplicita traslazione orizzontale del momento. Il parametro **Min. di armatura per taglio (T.A. o S.L. D.M. 96)** dei criteri di progetto delle travi resta valido per le verifiche ai sensi del D.M. 96.
- Nelle verifiche delle piastre in acciaio la diffusione delle tensioni indotte dagli sforzi nei bulloni viene effettuata tenendo conto anche della larghezza del foro.
- Non è più necessario impostare come "separatore decimale" il punto e come "simbolo di raggruppamento cifre" la virgola per il corretto funzionamento di alcune macro.
- Miglioramenti vari nella procedura di collegamento con Revit ed in quella di importazione della struttura da file IFC.

## Dalla versione 8.19 alla 8.20

Progettazione automatica dell'armatura dei nuclei. Il programma non si limita più ad inserire l'armatura indicata nei criteri di progetto e verificarla, ma bensì esegue una vera e propria progettazione. A tal scopo sono stati modificati i parametri dei criteri di progetto dei nuclei.

Adeguamento delle verifiche a fessurazioni degli elementi in c.a. alla Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Adeguamento delle verifiche delle strutture in muratura alla Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19. L'adeguamento ha richiesto non solo la modifica della tabella delle caratteristiche delle murature ma anche la possibilità di specificare quale tipo di verifica a taglio eseguire ed inoltre, sempre seguendo le indicazioni della Circolare, scegliere quale tipo di parametro migliorativo applicare.

Adeguamento del carico da neve alla Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19.

Indicazione della posizione dei ferri nelle sezioni disegnate a fianco dell'armatura delle travi. In progettazione interattiva sarà possibile aggiungere (o togliere) i disegni delle sezioni, indicando graficamente il punto dove effettuare la sezione.

Altre implementazioni:

- Modifica interattiva della lunghezza delle zone di staffatura all'estremità di ogni singola campata della pilastriata.
- Utilizzo del collegamento "piastra d'anima" su aste con sezione a C e a doppia C lato costole.
- Inserito nel disegno della colonna stratigrafica anche il suo numero oltre al numero e al commento degli strati.

## Dalla versione 8.18 alla 8.19

Revisione delle nomenclature utilizzate nella verifica delle strutture in muratura. La dicitura **Modello generale pareti (MGP)** è stata modificata in **Modello definito per maschi** e quella **Modello POR (MPOR)** in **Modello definito per pareti**. Tale modifica è stata effettuata al fine di eliminare delle interpretazioni errate da parte degli utenti nell'utilizzo del programma. In particolare la dicitura **Modello POR (MPOR)** induceva gli utenti a pensare di effettuare un calcolo con il metodo POR invece di eseguire le verifiche su un modello generato come nel metodo POR, e cioè con pannelli murari individuati assemblando per ogni piano gli elementi presenti tra due aperture.

Progetto automatico ed interattivo dell'armatura di solette/platee che giacciono su piani inclinati. Il progetto di solette/platee su piani inclinati può essere effettuato solo su carpenterie di piano create con l'opzione "Passante per tre nodi selezionati".

Modifica interattiva dell'armatura a punzonamento di solette/platee che consente di modificare quella progettata automaticamente e di aggiungerla in corrispondenza di pilastri che non ne necessitano.

Progetto automatico dei collegamenti di reticolari in acciaio completamente saldate, con profili singoli a doppio T (IPE o HE) e con profili tubolari cavi rettangolari o circolari (RHS o CHS).



Verifica delle aste in acciaio con sezione di forma generica (per approfondimenti si veda **Sezioni generiche**).

Introdotta la possibilità di applicare l'indicazione del par. 7.4.4.3.1 della Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/19 nella verifica dei nodi trave-pilastro: *"Le verifiche di resistenza dei nodi indicate nel presente paragrafo si applicano a strutture in CD "A" e, limitatamente ai nodi non interamente confinati, in CD "B". Esse non si applicano alle strutture non dissipative."*. Tale indicazione si applica attraverso il parametro **Progetta e verifica elementi nuovi secondo Circolare n. 7 del 21/01/19** dei criteri di progetto specifici dei pilastri.

È stata modificata l'analisi pushover delle strutture in muratura sia nuove che esistenti per tenere conto delle modifiche introdotte dalla Circolare sulla ricerca dei diversi stati limite. La modifica più significativa introdotta è stata quella di considerare l'SLV pari ai 3/4 di SLC, mentre prima i due stati limite coincidevano. Questo può influire notevolmente su gli Indici di sicurezza e quindi sulla Classe di Rischio.

Altre implementazioni:

- Migliorata notevolmente la gestione dei fili fissi e degli scostamenti dai fili fissi di travi e pilastri nell'importazione della struttura mediante link diretto da Revit.
- È stata introdotta la possibilità di esportare la struttura mediante link diretto per Revit. La procedura, da integrare all'interno di Revit, consente di importare in Revit una struttura creata o modificata con ModeSt in modo da generare o aggiornare automaticamente il modello di Revit. È possibile importare in Revit i dati relativi agli impalcati e alle travi e ai pilastri con qualunque tipo di sezione, rotazione, filo fisso e scostamenti dal filo fisso.
- Nell'esportazione delle immagini è stata aggiunta la possibilità visualizzare l'elenco delle immagini salvate e cliccando su un nome dell'elenco visualizzarne l'anteprima.
- Nella creazione della relazione di calcolo è stata aggiunta l'opzione **Raggruppa elementi bidimensionali con lo stesso numero** che permette di ridurre il numero di elementi riportati nella tabella delle tensioni nei bidimensionali in quanto, per ogni elemento bidimensionale con lo stesso numero, viene stampato soltanto in quale nodo ed in quale CC o CCE si ha il valore massimo e minimo della tensione.
- Nella creazione della relazione di calcolo è stata aggiunta la possibilità di inserire delle introduzioni personalizzate ai vari capitoli con l'opzione *Introduzione ai capitoli* presente nella scheda "Relazione" delle opzioni

di ModeSt, apribili cliccando sul menu dell'applicazione  e poi su **Opzioni** . Per personalizzare le introduzioni occorre modificare i file forniti con l'installazione del programma e presenti nella cartella RELAZIONE che è una sotto-cartella di ETC di ModeSt. I file vanno salvati nel formato RTF e vengono inseriti solo se la relazione viene creata con Microsoft Word.

- Introdotta la possibilità di selezionare gli elementi della struttura anche dal pannello delle colorazioni mediante il tasto destro del mouse sul nome dell'attributo (utile ad esempio per selezionare le aste con una determinata sezione).
- Implementato il calcolo delle strutture anche con la versione 21 del solutore SAP2000, sia a 32 che a 64 bit.

## Dalla versione 8.17 alla 8.18

Nelle verifiche delle strutture in muratura ordinaria e armata è stata effettuata un'importante revisione che consente di distinguere le verifiche per azioni statiche da quelle per azioni sismiche. Queste ultime possono essere svolte sia sul modello generale pareti (**MGP**), come in passato, sia sul modello tipo POR (**MPOR**) (si veda **Esegui verifiche nel modello POR**). Sono stati inoltre rivisti i parametri nei criteri di progetto generali delle murature e la visualizzazione dei tassi di sfruttamento che sono stati resi indipendenti dal tipo di modello (**MGP** o **MPOR**). Nel calcolo dell'indice di sicurezza delle strutture in muratura armata è stato eliminato quello relativo al cinematismo, in quanto non da verificare. Questa revisione consente al progettista di eseguire le verifiche per azioni sismiche sugli elementi resistenti anche quando sono presenti aperture non allineate o maschi murari completamente in falso.

Nella progettazione interattiva dell'armatura delle solette/platee è stata introdotta la possibilità di gestire le zone di armatura a taglio.






Nel calcolo delle strutture isolate è stata introdotta la gestione degli isolatori a pendolo ad attrito variabile. Al termine dell'analisi preliminare è possibile specificare gli isolatori di diverse tipologie e visualizzare il baricentro delle rigidezze. Le rigidezze di ogni singolo isolatore vengono anche riportate nella relazione di calcolo.

Nella progettazione dei collegamenti delle strutture in acciaio sono state introdotte le seguenti funzionalità:

- è possibile utilizzare il collegamento "piastra d'anima" su aste tubolari cave rettangolari o circolari;
- è possibile utilizzare il collegamento di tipo "continuità con flangia" anche su aste con differente sezione ed angolo di inclinazione (assi non paralleli);
- è possibile disporre la piastra nei collegamenti "continuità con flangia" e "piastra di fondazione" in vari modi (ad esempio ortogonale al finale o all'ospite, bisecante l'angolo, orizzontale e verticale);
- nel collegamento di tipo "continuità con flangia" vengono effettuati due disegni diversi dei due attacchi saldati quando è presente una variazione di sezione o un disassamento;
- nel disegno dei collegamenti e dei telai sono state aggiunte le informazioni dell'asta e dei nodi;
- è eventualmente possibile progettare alcuni collegamenti ignorando le prescrizioni sulle distanze della bullonatura previste dalla normativa (si veda **Progetta i collegamenti ignorando i controlli sulle distanze della bullonatura**).

Nella progettazione interattiva delle solette/platee è stata introdotta la possibilità di aggiungere zone di armatura a taglio.

Altre implementazioni:

- Visualizzazione dei carichi sui muri/elementi bidimensionali con mappe a colori. Questo tipo di visualizzazione si attiva con l'opzione *Mappatura* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.
- Rotazione di un'asta posizionando l'asse locale Y o Z su un piano individuato dai due nodi dell'asta e da un altro nodo specificato. L'operazione si effettua cliccando nel gruppo **Modifica** della scheda **Modellazione** sulla freccia a destra di **Rot. aste**  e poi su **Rot. asta avanzata**  e successivamente su **Posiziona Y sul piano**  o **Posiziona Z sul piano** , e quindi selezionando l'asta e un nodo.
- Migliorata la gestione delle forature su muri/elementi bidimensionali che hanno un lato giacente sul bordo dell'elemento come ad esempio le porte. Tuttavia, tali elementi vengono meshati solo se giacciono su piani verticali.
- Nella progettazione interattiva dell'armatura dei solai è stata aggiunta la possibilità di progettare l'armatura del singolo schema di solaio cliccando nel gruppo **Armatura** su **Progetta aut.** . Nel caso di solai già progettati, si possono quindi aggiungere uno o più schemi, e progettarne l'armatura senza perdere le modifiche apportate all'armatura degli altri schemi.

## Dalla versione 8.16 alla 8.17

Analisi non lineare (statica, sismica statica o pushover) di strutture con elementi bidimensionali modellati al continuo con comportamento a rottura descritto da un legame elasto-plastico attritivo del tipo **Drucker-Prager**. Questo legame non è supportato dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2018. Questa funzionalità nasce con l'idea di consentire analisi in campo non lineare di strutture in muratura caratterizzate da una

geometria di una complessità tale che la corretta risposta sismica non possa essere colta per mezzo di uno schema a telaio equivalente, che risulterebbe troppo riduttivo. Nelle analisi pushover è possibile inserire sia elementi bidimensionali di questo tipo sia aste con comportamento a fibre ed i risultati che ne derivano forniscono le informazioni necessarie per la verifica globale al collasso della struttura. Facciamo osservare che in generale, con il legame Drucker-Prager, la rottura per taglio può avvenire secondo meccanismi fessurativi di diversa natura, ascrivibili all'effetto delle tensioni tangenziali originate dalle azioni orizzontali, in combinazione con le componenti di tensione normale. Questi tipi di rottura sono tra i più frequenti nelle costruzioni in muratura e dipendono anche da come la muratura stessa è stata realizzata. Il legame Drucker-Prager è adatto soprattutto a simulare la risposta sismica di muratura ordinata, in cui la tipologia di rottura prevalente è di tipo taglio-scorrimento.

Nuovo collegamento delle aste in acciaio del tipo trave su trave o su pilastro con piastra e bullonatura. Il collegamento è composto da una piastra saldata sull'ospite e bullonata sul finale di asta. Il principale utilizzo è il collegamento dei controventi di parete o di falda a travi o a pilastri.

Altre implementazioni:

- Introdotta la possibilità di specificare per ogni nodo l'impalcato sul quale trasferire la propria massa così da aumentare e personalizzare ulteriormente le modalità di trasferimento delle masse dei nodi che non appartengono agli impalcati definiti.
- Progetto del bicchiere dei plinti con i tagli ed i momenti resistenti del pilastro soprastante, ai sensi del D.M. 17/01/18. Per un plinto a bicchiere collegato alla struttura è richiesto che sia già stato progettato il pilastro soprastante mentre, per quello indipendente occorre seguire la procedura riportata nel capitolo **Progettazione plinti indipendenti ai sensi D.M. 17/01/18**.
- Nel collegamento con saldatura a cordone d'angolo è stata aggiunta tra i finali d'asta la sezione rettangolare.
- Visualizzazione della deformata nodale con mappe a colori sugli elementi della struttura indeformata. Questo tipo di visualizzazione si attiva con l'opzione *Mappatura* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.

## Dalla versione 8.15 alla 8.16









Adeguamento alle nuove NTC 2018. ModeSt è in grado di gestire in CONTEMPORANEA i due tipi di calcolo richiesti dalla normativa per le strutture e gli elementi dissipativi o non dissipativi, permettendo di distinguere in un unico contesto quali sono gli elementi che si intende progettare come non dissipativi (ad esempio la parte interrata) in una struttura progettata come dissipativa.

Grazie alla possibilità di gestire in contemporanea entrambi i tipi di sollecitazione, ModeSt è in grado anche di gestire i disposti della normativa che indicano come le sovraresistenze da gerarchia possano essere limitate alle verifiche non dissipative al limite elastico. Se la verifica in gerarchia è più onerosa della verifica non dissipativa, ModeSt adotta quest'ultima.

Verifica delle fasce di piano delle strutture in muratura calcolate con l'analisi sismica statica o dinamica lineare. Le fasce di piano vengono verificate solo per le combinazioni delle condizioni di carico elementari sismiche.


Altre implementazioni:

- Nella generazione automatica dei file DXF relativi ai disegni esecutivi (tranne che quelli relativi ai pilastri e ai solai), le quote non sono più composte da un insieme di linee e da un testo ma bensì da entità di tipo quota. Questo consente all'utente di poter modificare rapidamente sia lo stile delle quote sia di aggiornare automaticamente la dimensione quando stirata la linea ad essa associata.
- Migliorata la trasformazione del file DXF in lucido. Vengono riconosciuti i cerchi ed archi di cerchio e si possono convertire DXF nel formato più recente.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 20 del solutore SAP2000 e la versione 2018 di Xfinest.
- Potenziata l'importazione e l'esportazione della struttura da o per MIDAS e TEKLA. L'importazione della

struttura si effettua cliccando dal menu dell'applicazione  su **Importa**  e poi **Struttura da MIDAS**  o **Struttura da TEKLA** . L'esportazione della struttura si effettua cliccando dal menu dell'applicazione  su **Esporta**  e poi **Struttura per MIDAS**  o **Struttura per TEKLA** .



## Dalla versione 8.14 alla 8.15

Ampliate le modalità di trasferimento delle masse secondarie sugli impalcati e introdotta la possibilità di trasferirle anche su nodi di impalcati non rigidi. Possibilità di visualizzare graficamente dove sono state trasferite le masse con l'apposito comando **Trasf. masse sec.**  presente nel gruppo **Disegno** della scheda **Risultati**.

Nella progettazione interattiva delle solette/platee è stata introdotta la possibilità di aggiungere i punti di verifica o eliminare quelli determinati automaticamente dal programma.

Integrati i disegni delle carpenterie di piano con la numerazione dei maschi murari sia del modello generale pareti (MGP) che del modello tipo POR (MPOR). Nella creazione delle carpenterie di piano, se nella struttura sono presenti elementi in muratura ordinaria, vengono automaticamente create anche le suddette carpenterie di piano per un agevole riscontro e confronto fra relazione di calcolo e lo schema adottato.

Nuovo collegamento delle aste in acciaio del tipo trave su trave o su pilastro con flangia e bullonatura. Il collegamento è composto da una piastra saldata sulla testa del finale d'asta e da un'altra piastra saldata sulle ali dell'ospite, le due piastre sono poi collegate fra loro con bulloni. In entrambi i casi è possibile inserire anche un rinforzo nella trave o nel pilastro disposto rispettivamente in verticale o in orizzontale.




Individuazione e riparazione delle progettazioni non più collegate alla struttura o contenenti elementi con diversa numerazione. Nel primo caso le progettazioni vengono trasformate in disegni Ms-Cad mentre nel secondo caso vengono invece rinominate le progettazioni assegnando lo stesso nome che verrebbe generato dalla progettazione automatica.

Migliorate le tecniche di progettazione automatica dell'armatura delle travi ai sensi del D.M. 17/01/18 e modificati i criteri di progetto di default in cui si è cercato di concepire delle strategie di progetto adatte per i casi più comuni (per approfondimenti si veda **Tecniche di progettazione ai sensi D.M. 17/01/18**).

Nuovo modulo IDEA che consente il collegamento automatico di ModeSt al software IDEA StatiCa Connection mediante il quale è possibile progettare e verificare qualsiasi tipo di collegamento di strutture in acciaio, indicando il nodo da progettare con IDEA StatiCa Connection e con esso tutte le aste che vi convergono (incluso fili fissi e scostamenti dai fili fissi) e tutte le sollecitazioni risultanti dal calcolo effettuato con ModeSt. All'interno di IDEA StatiCa Connection è possibile effettuare la progettazione interattiva dei collegamenti delle aste introducendo piastre, saldature, bullonature, forature delle aste, ecc. e verificare quanto introdotto (piastre, saldature, ecc.). Salvando il progetto dei collegamenti in IDEA StatiCa Connection questo comparirà nell'albero del progetto di ModeSt e dal quale può essere riaperto in IDEA StatiCa Connection, ad esempio per controllare se a seguito del ricalcolo della struttura sia ancora verificato. IDEA StatiCa Connection effettua le verifiche secondo l'Eurocodice 3 (EN 1993-1-8) e l'AISC e genera una relazione di calcolo dettagliata (completa di immagini sia della geometria del nodo che delle mappe relative alle tensioni equivalenti e allo stato deformativo) o compatta (composta da una sola pagina).

Altre implementazioni:

- Nella progettazione dell'armatura delle travi è stato aggiunto nei criteri di progetto il parametro **Risvoltare i ferri per garantire l'ancoraggio agli estremi della trave**, che permette di risvoltare i ferri per garantire l'ancoraggio all'estremità della trave o nei punti in cui non possono essere prolungati.
- Nel disegno dei carichi nodali e delle reazioni vincolari, oltre a rappresentare le forze ed i momenti con frecce di dimensioni variabili, queste sono state anche colorate in funzione dei valori riportati nella legenda.
- Nei criteri di progetto delle aste in legno sono stati aggiunti fra i vari tipi di materiale le caratteristiche previste dalle UNI EN 14080:2013 per il lamellare e dalle UNI EN 338:2016 per il legno massiccio.
- Importazione della modellazione geotecnica da un'altra struttura. L'importazione si effettua cliccando dal

menu dell'applicazione  su **Importa**  e poi **Modellazione geotecnica** . Questa operazione comporta ovviamente la perdita dei dati eventualmente già definiti relativi alle unità e alle prove geotecniche, alle colonne stratigrafiche e ai criteri di progetto geotecnici.

- Colorazione delle aste in funzione del criterio di progetto dei collegamenti in acciaio.
- Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) delle strutture compare, alla destra del titolo del pannello "Output solutore", il numero dell'analisi in corso, il numero delle analisi da eseguire ed il tempo stimato rimanente per arrivare alla fine dell'intera analisi.
- Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) delle strutture è possibile scegliere, nella scheda "Opzioni pushover", le analisi da eseguire in modo da effettuare solo quelle che danno problemi e che devono essere maggiormente approfondite. Questa opzione sostituisce le precedenti che permettevano di gestire le eccentricità aggiuntive ed eventualmente eseguire solo un calcolo di test che risultava però essere sempre solo il primo di quelli necessari.
- Nella progettazione interattiva dell'armatura delle solette/platee è stata aggiunta, nel gruppo **Mappe**, l'opzione **Agg. aut. mappe** che permette di attivare o disattivare l'aggiornamento automatico delle mappe. Nel

caso di strutture molto grandi questo consente di lavorare in modo più agevole alla definizione delle zone di rinforzo.

## Dalla versione 8.13 alla 8.14

Nuove procedure per la gestione automatica dei carichi da vento e la generazione delle relative combinazioni di carico. Oltre alla preesistente utility per l'analisi dei carichi da vento, ne è stata introdotta una simile che richiede solo i dati essenziali e genera in automatico i carichi manuali da assegnare agli elementi. Specificando poi che una condizione di carico elementare contiene carichi da vento e indicandone la direzione, appositi comandi permettono di selezionare gli elementi sopravvento e sottovento a cui assegnare i carichi. In sede di calcolo vengono poi generati in automatico gli ambienti di carico necessari.

Nuove modalità di **ripartizione dei carichi da solaio** in modo da poter considerare solai a doppia orditura o a piastra con possibilità di assegnare una quota parte di carico anche alle aste parallele all'orditura nel caso di solai unidirezionali.

Nuove modalità di **ripartizione dei carichi gravitazionali e da vento per le tamponature**, con possibilità di diversificarne il comportamento.

Altre implementazioni:

- Visualizzazione dei tassi di sfruttamento anche per le **pareti**, i **nuclei**, le **solette/platee**, i **plinti/pali**, i **pannelli in legno** e le **tamponature**. Per poter usare questa funzionalità su strutture progettate con versioni precedenti, occorre riverificare gli elementi.
- Nella progettazione dell'armatura delle solette/platee è stato aggiunto nei criteri di progetto il parametro **Progetto e verifica con metodo d'integrazione**, che permette di progettare e verificare l'armatura con la sollecitazione agente valutata dall'integrazione delle tensioni nodali.
- Nella selezione avanzata dei nodi è stata aggiunta la voce "Plinti/Pali" per consentire di selezionare i nodi a cui sono collegati un plinto o un palo. Questo per poter assegnare velocemente il corretto vincolo nodale.
- Nella selezione avanzata dei nodi, aste, muri/elementi bidimensionali, solai e tamponature è stata aggiunta la voce "Carichi" per consentire, nella condizione di carico elementare corrente, di selezionare gli elementi ai quali è stato assegnato un determinato tipo di carico.
- Nella verifica a taglio di travate classificate come esistenti attraverso i criteri di progetto, viene considerato anche il contributo dei ferri piegati per le sole combinazioni delle condizioni di carico elementari di tipo statico. In questo caso, in progettazione interattiva, vengono disegnati due diagrammi del taglio: inferiormente relativo alle CC sismiche e superiormente a quelle statiche.

## Dalla versione 8.12 alla 8.13

Nuova procedura per la valutazione della **Classe di Rischio** della struttura con metodo convenzionale secondo le "Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni" (approvate in data 28 febbraio 2017 e già operative). Inoltre, successivamente alla valutazione della Classe di Rischio pre e post intervento, è anche possibile stampare il documento necessario per l'accesso agli incentivi fiscali previsti dal "**Sismabonus**" (Legge n. 232 del 11 dicembre 2016).

La procedura si basa sulla valutazione di due parametri: il PAM e l'IS-V. Il primo indica la Perdita Annuale Media attesa (perdita economica dovuta ai possibili danni degli elementi strutturali e non strutturali in termini di percentuale del costo di ricostruzione) mentre il secondo indica l'Indice di Sicurezza della salvaguardia della Vita (rapporto tra capacità e domanda della costruzione in termini di PGA allo SLV). In base a questi due parametri viene determinata la Classe di Rischio, espressa con una lettera da A+ a G (con rischio crescente) tra le 8 classi previste dalle Linee Guida.

Si ricorda inoltre che con ModeSt è possibile calcolare gli indici di sicurezza anche con le analisi lineari, consentendo di analizzare strutture irregolari o comunque alle quali non è applicabile il metodo pushover.

Verifica di resistenza al fuoco delle aste in acciaio e in legno in conformità alla normativa Eurocodice 3 e 5 (EC3 e EC5) per strutture calcolate agli stati limite in base al D.M. 17/01/18.

Altre implementazioni:

- La verifica del contenimento del danno come indicato nel paragrafo 7.3.7.2 del D.M. 17/01/18 può essere effettuata eseguendo la verifica delle tamponature, questa richiede che nei criteri di progetto sia stato attivato il parametro **Verifiche per contenimento danno**. Attraverso le opzioni del suddetto parametro, vengono determinati i valori limite degli spostamenti relativi necessari per eseguire le verifiche.
- Nella progettazione dell'armatura dei pali è stato aggiunto nei criteri di progetto il parametro **Alleggerimento ferri longitudinali**, che permette di alleggerire l'armatura (alcuni ferri terminano ed altri proseguono) lungo il fusto del palo.
- Calcolo delle strutture anche con la versione 19 del solutore SAP2000.



- Nella relazione di calcolo "sintetica" sono state aggiunte le caratteristiche di resistenza dei materiali dell'acciaio e del legno per agevolare gli utenti nella compilazione delle schede della Regione Abruzzo.
- Migliorata l'esportazione nel formato IFC del volume degli elementi progettati quali solette/platee, pareti, nuclei e pannelli X-LAM.
- Completamente rinnovati i menu contestuali che appaiono col tasto destro nelle progettazioni interattive degli elementi (sia sullo sfondo che sugli elementi).

## Dalla versione 8.11 alla 8.12

Nuovo modulo per la progettazione e la verifica di edifici costituiti da pannelli portanti in legno secondo la tecnologia CLT (Cross Laminated Timber) nota anche come X-LAM (si veda **Progettazione pannelli X-LAM**). Tutte le connessioni tipiche di questo genere di strutture sono completamente definibili in termini di rigidezza e resistenza. La possibilità di assegnare automaticamente delle connessioni di default stabilite dal progettista nei criteri di progetto consente una rapida modellazione preliminare per valutare il comportamento della struttura con pochi passaggi. In progettazione interattiva sarà poi possibile modificare le tipologie di connessione per adattarle ai calcoli preliminari ed operare così quella modalità iterativa di progettazione tipica di questo tipo di strutture in cui soprattutto occorre ben calibrare deformabilità, resistenza e capacità dissipativa. È anche possibile suddividere con connessioni interne i pannelli che sismicamente devono comportarsi in modo monolitico per quanto riguarda le giunzioni a trazione, ma che per esigenze costruttive sono suddivisi in più parti. Le giunzioni a trazione sono comunque definibili in modo completamente libero in termini di quantità e di posizionamento. L'ulteriore possibilità di inserire nel modello dei link su linea (si veda **Tipi link, Link su linea**) con svincoli (eventualmente di tipo semi-rigido) consente di modellare anche solai o coperture composte da pannelli variamente connessi fra loro ed analizzarne la deformabilità in sede di calcolo. Oltre alla verifica automatica dei pannelli e delle connessioni in essi definite, è possibile procedere a verifiche locali in qualunque elemento della struttura, come ad esempio nei succitati solai o coperture. Al termine, oltre al disegno in prospettiva dei singoli pannelli e delle relative connessioni, vengono create in automatico anche le carpenterie di piano con tutte le indicazioni necessarie al momento del montaggio in termini di caratteristiche e posizionamento delle connessioni.

Notevolmente migliorate le procedure di meshatura degli elementi bidimensionali, in modo da massimizzare il numero di elementi rettangolari e di mantenere gli allineamenti verticali ed orizzontali. Questo permette una migliore individuazione dei maschi murari e delle pareti in c.a. e consente di utilizzare più spesso le procedure di integrazione sulle forze nodali già introdotte nella versione 8.11, con risultati notevolmente più precisi.

Introdotta la possibilità di gestire nel modello dei nuovi elementi che consentono di creare sul bordo degli elementi bidimensionali diverse tipologie di svincolamento. Questo consente ad esempio di schematizzare solette semplicemente appoggiate o con zone non collaboranti fra loro e, nel caso delle murature permette, se ritenuto necessario, di trascurare l'ammorsamento fra pareti ortogonali. Per approfondimenti si veda **Tipi link, Link su linea**.

Altre implementazioni:

- Nella definizione delle sezioni con verifica prevista in acciaio è possibile differenziare il criterio di progetto del collegamento iniziale da quello finale.
- Trasformazione di un file IFC in lucido, per approfondimenti si veda il paragrafo (**Trasformazione file IFC in lucido**).
- Importazione di un modello architettonico da file IFC, per approfondimenti si veda il paragrafo (**In formato IFC**).
- Migliorata l'esportazione nel formato IFC delle armature per Revit.

## Dalla versione 8.10 alla 8.11

Generazione automatica di due puntoni diagonali equivalenti ad un pannello di tamponatura per tenere in conto dell'interazione con il resto della struttura. Questa schematizzazione è ovviamente opzionale e comporta numerose conseguenze. Si consiglia vivamente di leggere quanto riportato in **Puntoni equivalenti**.

Inserimento di una o più aperture all'interno degli elementi bidimensionali. La meshatura dell'elemento terrà in conto della presenza delle aperture. Le aperture vengono esportate in IFC e importate da Revit (si veda **Elementi esportabili**).

Completamente rinnovati i menu contestuali che appaiono col tasto destro sull'albero del progetto e nelle finestre di modellazione (sia sullo sfondo che sugli elementi). Oltre al menu contestuale, appare ora anche la cosiddetta **mini barra degli strumenti** che, come ad esempio in Word, raggruppa le operazioni principali eseguibili e che resta attiva finché il cursore del mouse è nelle vicinanze. In modellazione sono stati aggiunti dei comandi rapidi per cambiare i punti di vista della struttura facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.

Migliorata la procedura di integrazione delle tensioni sul piano e su linea nel caso in cui non intersechi gli elementi, questo consente di valutare le sollecitazioni in modo molto più preciso e controllabile manualmente. La procedura richiede la possibilità, durante il calcolo della struttura, di salvare anche le forze di equilibrio agenti sugli elementi bidimensionali. Questa possibilità è supportata da tutte le versioni del solutore SAP2000 e dalla versione 2016 di Xfinest.

Negli integrali sul piano viene ora trascurata la posizione dei bidimensionali in termini di filo fisso e scostamento dal filo fisso per determinare il baricentro di integrazione e la posizione delle forze, che restano concettualmente in corrispondenza dei nodi, sia che derivino dal calcolo che dall'integrazione delle tensioni. Per entrambi questi motivi quindi il calcolo delle sollecitazioni integrate e la riverifica di elementi costituiti da bidimensionali (pareti, nuclei, murature) potrà presentare delle differenze rispetto alle versioni precedenti.

Altre implementazioni:

- Cambio vista e zoom in animazione, per capire meglio in che punto della struttura si sta puntando lo sguardo. Tale opzione è disattivabile nella scheda "Aspetto" delle **opzioni**.
- Nella relazione di calcolo è stata aggiunta la tabella riassuntiva dei cinematismi.
- Nella relazione di calcolo sintetica sono stati aggiunte le caratteristiche di resistenza dei materiali in muratura, la tabella riassuntiva delle verifiche in cui vengono riportate le minime sicurezze di tutti gli elementi, suddivise per tipo di verifica (flessione, taglio, ecc.) e la minima sicurezza di tutti gli elementi progettati e/o verificati (minimo dei minimi). Questi dati agevolano la compilazione delle schede dell'Allegato B della Regione Lazio e del Modulo 12 della Regione Lombardia.
- Sono state introdotte nuove opzioni per il calcolo dei cedimenti e delle costanti di sottofondo. È possibile adesso indicare un particolare valore della pressione di esercizio per valutare la costante di sottofondo (**Calcola costante di sottofondo con pressioni di esercizio**), considerare le pressioni responsabili del cedimento al netto delle pressioni litostatiche (**Considera pressioni di esercizio al netto delle tensioni litostatiche**) e porre un limite superiore al valore della costante di sottofondo (**Limita costante di sottofondo ad un valore**).
- Nel caso di terreni coesivi, per il calcolo dei cedimenti col metodo edometrico, è possibile indicare gli indici di compressione e ricomprensione edometrica (**Definizione indici compressibilità edometrica**), oltreché il modulo edometrico come nelle precedenti versioni. È possibile inoltre considerare un valore costante per la differenza fra la pressione di sovraconsolidazione e la pressione verticale efficace (**Considera incremento preconsolidazione costante**), oltreché un valore costante del grado di sovraconsolidazione come nelle precedenti versioni.
- È possibile adesso calcolare la coesione non drenata anche attraverso un moltiplicatore della pressione verticale efficace (**Calcolata da  $\sigma'v_0$  con moltiplicatore**).
- Nel calcolo dei pali è stata introdotta la possibilità di considerare o meno il peso del palo nelle verifiche di capacità portante per carichi verticali di compressione (**Considera peso del palo**), e di specificare se il fattore di correlazione vada preso in considerazione per il calcolo della resistenza caratteristica per carichi orizzontali (**Considera fattori di correlazione anche per carichi**).
- Nel calcolo dei carichi e nella verifica delle tamponature, se di forma quadrangolare, vengono tenuti in conto le dimensioni degli elementi soprastanti e sottostanti per determinare il reale ingombro della tamponatura.
- Nelle verifiche degli elementi in muratura, il controllo sul coefficiente di riduzione per le combinazioni delle condizioni di carico elementari sismiche (Trascura disposti del cap. 4.5.6.2 per CC sismiche), è stato completamente eliminato per le verifiche nel piano e per le verifiche ortogonali al piano solo per le combinazioni delle condizioni di carico elementari sismiche.
- Nel calcolo degli indici di sicurezza da analisi lineare è possibile selezionare anche eventuali sezioni progettate con sollecitazioni automatiche.

## Dalla versione 8.9 alla 8.10

Calcolo automatico degli indici di sicurezza in analisi lineare con fattore di struttura. Oltre al calcolo degli indici di sicurezza della struttura in analisi lineare, fino ad oggi effettuabile solo manualmente, ModeSt è ora in grado di valutare anche in modo automatico gli indici di sicurezza separatamente per i diversi elementi strutturali, divisi in categorie omogenee e per tipologia di rottura. Ad esempio è possibile valutare separatamente flessione/pressoflessione (rottura duttile), taglio (e altre rotture fragili), stabilità, rottura dei nodi (sia quelli trave-pilastro in c.a. che quelli di strutture in acciaio), rottura nel piano o fuori piano o per cinematismi (per le strutture in muratura), ecc. La possibilità di valutare indici di sicurezza separati consente di individuare in modo più consapevole eventuali interventi di consolidamento o di rinforzo. La creazione di una tabella degli elementi critici permette infatti di individuare gli elementi non verificati per il sisma di domanda con il relativo sfruttamento e tipo di rottura, nonché il valore dello sfruttamento per il sisma di capacità individuato. Diventa così semplice e veloce l'individuazione dei punti della struttura su cui converrebbe intervenire per aumentare

l'indice di sicurezza. Inoltre con la valutazione separata è possibile effettuare la compilazione della "SCHEDA DI SINTESI DELLA VERIFICA SISMICA DI EDIFICI STRATEGICI AI FINI DELLA PROTEZIONE CIVILE O RILEVANTI IN CASO DI COLLASSO A SEGUITO DI EVENTO SISMICO - (Ordinanza n. 3274/2003 - Articolo 2, commi 3 e 4, DM 14/01/2008)". Tale scheda o altre simili vengono richieste da numerosi Geni Civili.

Creazione automatica di una relazione di confronto tra due strutture, in cui vengono riportati gli indici di sicurezza in termini di accelerazione e di periodo di ritorno, riportandone le differenze. Nel caso di analisi pushover vengono messe a confronto anche le curve carico-spostamento e gli spettri ADRS delle due strutture. L'uso tipico di tale procedura è riassumere in modo chiaro anche per il Genio Civile l'effetto di interventi di rinforzo o modifiche su strutture esistenti, ma può essere utile anche nel caso di cambio di destinazione d'uso, sopraelevazioni, ecc. Infatti le strutture possono anche essere diverse, purché siano state calcolate con gli stessi metodi (entrambe pushover o entrambe in analisi lineare con fattore di struttura e valutazione degli indici di sicurezza) e che in entrambe sia stato richiesto il calcolo degli stessi stati limite. Ad esempio, si pensi ad un intervento classico su una struttura in muratura in cui si chiudono alcune aperture aprendone altre. Con questa relazione di confronto è agevole dimostrare che si è comunque effettuato un miglioramento, anche se la struttura risulta ancora non verificata.

Altre implementazioni:

- Nella progettazione solette/platee è possibile disabilitare da criterio le verifiche a taglio nei nodi che cadono all'interno delle piramidi di punzonamento e sotto elementi bidimensionali verticali.
- Sono state aggiunte nuove opzioni per la relazione di calcolo e per la relazione di confronto, con la possibilità di dare uno sfondo alle intestazioni delle tabelle per una maggiore leggibilità.
- È stato implementato il calcolo delle strutture con la versione 18 del solutore SAP2000.
- È stata introdotta la possibilità di cancellare tutti i disegni e le progettazioni della struttura con un unico comando.
- È stata eliminata la limitazione al valore di  $\pm 32767$  del numero assegnabile a nodi ed elementi.
- Sono state potenziate e riviste le procedure di creazione delle carpenterie di piano e di esportazione in formato DXF 2D e 3D della struttura.
- Sono state notevolmente migliorate ed ampliate le possibilità di importazione da Revit e di esportazione nel formato IFC. Sono state aggiunte nuove opzioni per il riconoscimento dei fili fissi e degli scostamenti dai fili fissi di travi e pilastri. È stata introdotta la possibilità di importare muri, solette/solai e platee contenenti aperture di qualsiasi forma.

## Dalla versione 8.8 alla 8.9

Interventi di rinforzo con incamiciatura in acciaio o incamiciatura con sistema CAM. Si consiglia di consultare le relative parti del manuale per approfondimenti (**Rinforzi con incamiciature in acciaio o CAM**).

Verifica di pareti, solette/platee e plinti/pali come elementi esistenti.

Altre implementazioni:

- Le procedure di importazione da Revit sono state ampliate e migliorate. È possibile scegliere quali elementi esportare, gestire i muri semicircolari, gli elementi di fondazione, i solai ed i vincoli esterni. Le nuove funzionalità sono gestite dalla versione 2016 di Revit.
- Nel modulo per la progettazione dei collegamenti delle strutture reticolari in acciaio sono state introdotte nuove tipologie di collegamenti. È possibile collegare la reticolare sia su un lato del pilastro attraverso una piastra saldata all'anima o all'ala del pilastro sia in testa al pilastro attraverso una piastra a forma di T rovescia.
- Nel modulo per la progettazione dei collegamenti delle strutture intelaiate in acciaio sono state introdotte nuove tipologie di piastre di fondazione. Per i pilastri con sezione Rettangolare o Circolare cava è possibile progettare e verificare piastre di fondazione con rinforzi. Per i pilastri con sezione Circolare cava è possibile scegliere la forma della piastra (circolare o rettangolare) utilizzando il parametro dei criteri di progetto **Forma della piastra**. In progettazione interattiva, è possibile posizionare i tirafondi in corrispondenza della mezzeria del lato della piastra indicando un numero pari a 1 di forature in entrambe le direzioni X e Y.
- Nella progettazione interattiva delle sezioni in c.a. è stato aggiunto nei criteri di progetto il parametro **Verifica a taglio con traliccio ad inclinazione variabile**, che permette di verificare le sezioni con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile.
- Calcolo delle strutture con la versione 17 del solutore SAP2000.
- Nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) delle strutture in c.a. è stata aggiunta, nella scheda Opzioni pushover, l'opzione **Esegui analisi statica e modale con elementi a fibre** che permette di

eseguire sia l'analisi statica che quella modale senza utilizzare gli elementi a fibre che possono in alcuni casi modificare sensibilmente il comportamento modale della struttura.

- Visualizzazione dei tassi di sfruttamento e delle snellezze nelle aste con colorazione variabile lungo l'asta. Questo tipo di visualizzazione si attiva con l'opzione *Mappatura* presente nelle *Opzioni di disegno* del menu a comparsa che si ottiene facendo clic col tasto destro sullo sfondo della finestra.
- Visualizzazione dell'involuppo dei diagrammi o mappe delle sollecitazioni nella finestra di modellazione.
- Nella relazione di calcolo "sintetica" sono stati aggiunti gli spostamenti massimi di impalcato suddivisi per i vari stati limite (SLO, SLD, SLV, SLC) per consentire agli utenti di compilare agevolmente le schede del SI-ERC.
- Verifica di capacità portante in condizioni non drenate anche per pali di fondazione non totalmente sotto falda.

## Dalla versione 8.7 alla 8.8

Modellazione e verifica delle tamponature di qualunque forma. Le tamponature possono essere utilizzate solo per applicare i carichi in modo automatico alle aste sottostanti (anche in situazioni con forme irregolari) oppure ne può essere richiesta anche la verifica come un elemento secondario. Una delle opzioni più interessanti è la possibilità di gestire pesi diversi per considerare un carico medio vuoto per pieno nell'analisi dei carichi, ed una massa più esatta nelle verifiche. Per approfondimenti su questa ed altre opzioni si consiglia di consultare le relative parti del manuale (**Verifica tamponature**).

Interventi di rinforzo con materiali compositi FRP per travi e pilastri di strutture in c.a. calcolate con l'analisi sismica statica non lineare (pushover). Fermo restando che la fase di calcolo non lineare (pushover) della struttura non tiene conto della presenza di rinforzi FRP, è stata comunque implementata la ricerca degli stati limite lungo la curva di pushover tenendo conto della presenza di tali rinforzi. A parità di stato di sollecitazione dedotto dall'analisi, il programma considera la presenza delle fibre per determinare l'effetto di confinamento, se è stata raggiunta o meno ad esempio la rottura a taglio, la rottura a flessione, ecc. Si fa notare che se l'effetto di confinamento nei pilastri fa in genere aumentare la duttilità della struttura, mentre il rinforzo a taglio delle travi sposta i problemi di rottura globale dal lato fragile al lato duttile, risulta generalmente poco efficace il rinforzo a flessione sia dei pilastri che delle travi. L'implementazione di tali verifiche in modo analitico conferma quindi indirettamente quanto indicato dalla normativa come considerazione generale, ossia che gli interventi di rinforzo con FRP aumentano in genere la duttilità, ma non la resistenza della struttura. Si consiglia di consultare le relative parti del manuale per approfondimenti (**Rinforzi con FRP**).

Mappa delle differenze tra il taglio agente e il taglio resistente visualizzabile sia nella finestra di modellazione che in progettazione interattiva dell'armatura delle solette/platee. In analogia a quanto già fattibile per le verifiche a flessione, è adesso possibile visualizzare con mappe a colori la differenza fra il taglio agente e il taglio ultimo. Il programma in progettazione interattiva dell'armatura delle solette/platee non prevede l'introduzione di armatura specifica a taglio (raramente necessaria) ma nelle mappe tiene comunque in conto della presenza di armatura in zona tesa che può contribuire ad un incremento della resistenza a taglio.

Gestione del comportamento non lineare degli elementi in c.a. e acciaio nell'analisi sismica statica non lineare (pushover) ai sensi del D.M. 17/01/18 di strutture in muratura. Gli elementi in c.a. ed acciaio non hanno più un comportamento indefinitamente elastico, ma non lineare simile a quello del pushover in c.a., per consentire una migliore schematizzazione di strutture miste o di cerchiature. Gli elementi in c.a. (se armati) hanno ora comportamento a taglio di tipo elastico-fragile ed elastico-plastico a momento (con riferimento al momento di prima plasticizzazione) con rottura regolata dalla rotazione ultima indicata al punto C8A.6. Elementi non armati hanno un comportamento elastico indefinito. Gli elementi in acciaio hanno comportamento elastico-plastico indefinito a taglio con riferimento al punto 4.2.4.1.2 formula [4.2.18] ed elastico-plastico indefinito a momento, con riferimento al momento ultimo per flessione calcolato come indicato al punto 4.2.4.1.2 con la formula [4.2.36] (trascurando le riduzioni dovute al taglio di cui alla formula [4.2.41]).

Altre implementazioni:

- Semplificata la gestione dei materiali nei criteri di progetto delle travi, pilastri, nuclei e sezioni con l'eliminazione della sezione "Materiali per edifici esistenti" e il raggruppamento di tutti i parametri in un'unica sezione "Materiali". A livello di impostazione di calcolo la definizione di "edificio esistente" riguarda ora solo la possibilità di definire uno stato di sollecitazione iniziale necessario qualora si vogliano verificare i rinforzi in fibre FRP tenendo conto dello stato iniziale deformativo della struttura e l'utilizzo di un fattore di struttura  $q=1.5$  per il calcolo delle sollecitazioni di taglio indipendentemente da quanto impostato come fattore di struttura  $q$ .

In sede di verifica degli elementi invece, la scelta se considerare l'elemento come nuovo (e quindi utilizzare le resistenze caratteristiche) o se considerarlo come esistente (usando quindi le resistenze medie) è lasciata completamente a quanto selezionato a livello di criterio di progetto.

Nell'importazione delle strutture realizzate con le versioni precedenti, il programma dovendo unire i criteri di progetto adotta la seguente strategia: se la struttura era stata calcolata, controlla se il tipo di calcolo era stato impostato come "edificio esistente" e adatta i nuovi criteri di progetto utilizzando quelli della sezione









"Materiali per edifici esistenti", in tutti gli altri casi utilizza quelli della sezione "Materiali". Importando strutture in cui ci fosse una gestione mista fra elementi nuovi ed esistenti, si consiglia quindi di controllare che i relativi criteri di progetto siano stati convertiti in modo corretto. Il programma segnala comunque la necessità di effettuare tale controllo.

- Modifiche alla visualizzazione dei maschi murari e dei telai equivalenti per le strutture in muratura. Nelle precedenti versioni gli elementi non collaboranti nel telaio equivalente venivano comunque visualizzati, con colore diverso (generalmente blu). Per chiarezza, visto che tali elementi di fatto non esistono durante la fase di calcolo, ne è stata completamente eliminata la visualizzazione. È stata invece aggiunta la visualizzazione come "maschio" degli elementi verticali e delle fasce in c.a. o acciaio collaboranti che verranno considerate nell'analisi pushover. Anche di tali oggetti, che oggi hanno un comportamento avanzato, è possibile visualizzare lo stato di verifica.
- Importazione ed esportazione di un modello strutturale da e su file IFC strutturale. Si consiglia di consultare le relative parti del manuale per approfondimenti (**Da file con estensione IFC e In formato IFC**).
- Importazione ed esportazione di un modello strutturale da e su file con estensione MGT. Si consiglia di consultare le relative parti del manuale per approfondimenti (**Da file con estensione MGT e In formato MGT**).

## Dalla versione 8.6 alla 8.7

Completa revisione delle procedure di progettazione automatica ed interattiva delle pareti. La definizione delle pareti è ora completamente indipendente dalla regolarità della mesh. Inoltre nelle pareti è possibile gestire aperture come porte e finestre, verificandone le relative architravi o armandole con altri criteri. Sono state aggiunte anche le verifiche per flessione intorno all'asse verticale della parete, necessarie per pareti molto lunghe e/o per serbatoi. Le pareti possono avere anche la parte superiore non orizzontale (timpani). Fra la vecchia e la nuova versione potranno nascere delle differenze di verifica (anche a parità di mesh) essenzialmente dovute al fatto che mentre prima le verifiche venivano fatte sui livelli individuati dalla mesh, ora sono personalizzabili secondo un passo di verifica definito dall'utente. Si consiglia di consultare le relative parti del manuale per approfondimenti.

Altre implementazioni:

- Revisione del pannello delle **selezioni**: i comandi relativi alle selezioni per finestra  , finestra complementare  , finestra parziale  , giacente sul piano passante per la coordinata X  , giacente sul piano passante per la coordinata Y  , giacente sul piano passante per la coordinata Z  e interno al perimetro  sono adesso permanenti durante i comandi di selezione. In pratica ad esempio selezionando il comando  (finestra) sarà possibile continuare ad indicare finestre di selezione senza doverlo cliccare ogni volta.
- Nelle verifiche delle aste in acciaio è stato aggiunto nei criteri di progetto il parametro **Verifica le bielle solo con sollecitazioni di trazione moltiplicate per**, che permette di verificare le aste (se definite con vincolo biella), solo per le sollecitazioni di trazione (amplificandole). Questo permette di simulare in analisi lineare il comportamento dei controventi, con l'ipotesi che trascurando il controvento compresso, l'altro abbia una sollecitazione doppia e che l'effetto del reale comportamento non lineare sul resto della struttura sia trascurabile.
- Nelle verifiche delle aste in acciaio è stato aggiunto nei criteri di progetto il parametro **Curva di stabilità (D.M. 18/EC3)**, per forzare la scelta della curva di stabilità da usare per le relative verifiche invece di usare automaticamente le tabelle di normativa.
- Nelle visualizzazioni a mappe di colore degli stati tensionali e delle tensioni sul terreno degli elementi bidimensionali, soffermandosi su un punto qualunque, appare il suggerimento a video che indica il valore numerico corrispondente.
- Le procedure di importazione da Revit sono state ampliate e migliorate. È possibile gestire qualunque tipo di sezione e rotazione per le aste nonché fili fissi e scostamenti sia per le aste che per gli elementi bidimensionali.
- È stata riportata in relazione la stampa della sicurezza rispetto alle verifiche a taglio per travi e pilastri, in analogia a quanto già presente per nuclei e pareti.

## Dalla versione 8.5 alla 8.6



Verifica delle strutture in muratura armata (ad esclusione di quelle progettate secondo i principi di gerarchia delle resistenze) e completa revisione delle procedure di verifica delle strutture in muratura ordinaria. Non è più necessario avere una mesh regolare perché il programma individua i maschi murari con sofisticate procedure geometriche e perché l'integrazione sul piano adottata fino ad ora per determinare le sollecitazioni, è stata sostituita con l'integrazione su linea, che è in grado di trovare le sollecitazioni anche senza incidere sui nodi, ma estrapolando e interpolando le sollecitazioni negli elementi bidimensionali intercettati. L'unica limitazione è che il maschio murario in corrispondenza della linea di integrazione, contenga almeno un elemento bidimensionale.

Con questa nuova tecnologia, se gli impalcati sono definiti correttamente, è possibile anche verificare le parti di maschio murario di sottotetto. La rappresentazione grafica immagina il maschio come rettangolare e quindi può trarre in inganno, ma al di là del fatto che in genere non si riesce a fare il calcolo delle sollecitazioni in testa (che generalmente non sono comunque richieste se non diversamente specificato), resta l'indiscutibile vantaggio di poter verificare la parte di muratura compresa fra il solaio plafone ed il tetto, quantomeno al piede e in mezzzeria e che il maschio sotto il solaio plafone viene verificato in modo più corretto tenendo conto delle sollecitazioni soprastanti. Volendo, è ovviamente sempre possibile assegnare un utilizzo generico o numero 0 a tali elementi per non effettuarne la verifica.



Fra la vecchia e la nuova versione potranno nascere delle differenze di verifica (anche a parità di mesh) essenzialmente dovute al fatto che adesso maschi di spessore o tipologia diversa vengono considerati separati, mentre prima veniva adottato uno spessore medio ponderato e le caratteristiche della muratura venivano prese dal primo degli elementi costituenti il maschio, con scarse possibilità di controllo. È ora compito dell'utente eventualmente unificare tali maschi adottando uno spessore medio e le opportune caratteristiche dei materiali.


Si tenga presente inoltre che nelle precedenti versioni le sollecitazioni nella mezzzeria del maschio murario venivano calcolate in modo semplificato come la media fra quelle di testa e quelle di piede, mentre nella nuova versione viene effettuato l'integrale delle tensioni presenti a quella quota. Per maschi adiacenti ad aperture non estese da piano a piano, si può avere quindi una concentrazione di tensioni e di conseguenza uno sforzo normale maggiore, più aderente al reale comportamento della muratura.

Altre implementazioni:

- Inserimento di un elemento bidimensionale semplicemente cliccando col mouse in un punto interno ad un perimetro chiuso di aste. Per utilizzare il metodo l'utente dovrà cliccare sulla freccia a destra di **Bidi**  e poi su **Interno a perimetro**  e successivamente specificare un punto. Questo metodo funziona solo se il piano di lavoro è posizionato sul piano dell'elemento bidimensionale da inserire e se le aste che individuano il perimetro sono già definite e complanari.

- Revisione del pannello delle **Selezioni** e introduzione di nuovi comandi per la selezione degli elementi. La

voce "Deseleziona tutto" è stata sostituita con l'icona , introdotto il comando  che consente di

invertire la selezione corrente e il comando  **che consente di selezionare gli elementi interni ad un perimetro chiuso di aste giacente sul piano di lavoro** (questa selezione non è utilizzabile quando è attivo come tipo di oggetto da selezionare "Plinti/Pali", "Solai" o "Reticolari").

- Nella progettazione interattiva dell'armatura dei pilastri è possibile estendere sia l'armatura verticale assegnata ad una sezione della pilastrata sia la staffatura assegnata ad una campata all'intera pilastrata utilizzando le opzioni presenti nelle finestre di dialogo relative alla modifica dei ferri verticali e alle zone di staffatura.
- Nella progettazione interattiva dell'armatura delle travi è stata modificata la procedura per l'assegnazione delle staffe alle travi a T e a L. L'assegnazione non avviene più nella finestra che compariva dopo aver selezionato la zona di staffatura ma attraverso due comandi che consentono di assegnare le staffe verticali o orizzontali.
- Nelle verifiche delle aste in acciaio e in legno è stato introdotto nei criteri di progetto il parametro **Considerare anche spostamento relativo nodi per calcolo freccia** che consente di specificare se nel calcolo della freccia vada messo in conto anche lo spostamento relativo fra i nodi o se vada calcolata solo come la massima deformazione rispetto alla congiungente i nodi nella configurazione deformata. Facciamo notare che per le aste in acciaio verticali con membratura pilastro viene sempre preso in considerazione anche lo spostamento relativo e quindi il parametro è sempre considerato attivo. Il parametro deve essere selezionato per le aste con un comportamento a mensola altrimenti si sottostima il valore della freccia.
- Nelle verifiche delle aste in acciaio e in legno è stato introdotto il parametro **Considerare solo la verifica di deformabilità delle membrane** che consente di specificare se valutare e riportare in relazione solo

la verifica di deformabilità delle membrature (se definite). Per aste facenti parte di una membratura e caratterizzate da questo parametro non verrà valutata la freccia, intendendo che abbia senso solo quella della membratura di cui fanno parte. Se l'asta è singola, occorre disattivare il parametro per avere la verifica di deformabilità.

- Con i tasti funzione F9 e F10 è possibile aumentare o diminuire rapidamente la scatola di visualizzazione mantenendo invariato il fattore di zoom e restando nella stessa zona di struttura.
- Con i tasti funzione F11 e F12 è possibile passare rapidamente dalla visualizzazione di un impalcato ad un altro mantenendo invariato il fattore di zoom e restando nella stessa zona di struttura.
- Aggiunto nell'archivio Profilumbra.sez le sezioni di tipo ORP EV prodotte dall'azienda Profilumbra S.p.A.


## Dalla versione 8.4 alla 8.5

Verifica delle aste in acciaio in conformità alla normativa Eurocodice 3 (EC3) di strutture calcolate agli stati limite in base al D.M. 17/01/18.

Determinazione dei modi di vibrare della struttura con il metodo di Ritz-vectors. Con questo metodo si trovano i modi di vibrare utilizzando come vettori di partenza un insieme di carichi definiti dall'utente andando quindi a determinare i modi di vibrare nella "direzione" di applicazione del carico. I modi di vibrare determinati con il metodo di Ritz costituiscono un'ottima approssimazione delle frequenze naturali e dei corrispondenti modi di vibrare della struttura inoltre, rispetto al metodo degli Autovalori presenta il vantaggio di poter estrarre i modi principali della struttura molto più rapidamente evitando l'estrazione di modi "locali" che interessano solo parte della struttura (a meno che il carico applicato non vada ad eccitare proprio il modo locale di quella parte della struttura). Il metodo di Ritz-vectors non è gestito dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2013.

Definizione di incastri parziali all'estremità delle aste specificando per My e Mz valori compresi tra 0 e 1. Specificando ad esempio 0.5 si ha una riduzione del 50% del momento di incastro. Gli incastri parziali non sono gestiti dalle versioni di Xfinest precedenti alla 2014. Per maggiori informazioni si veda **Vincoli aste**.

Altre implementazioni:

- Negli **strumenti** di modellazione è stato aggiunto **Unisci struttura**  che consente di inserire una struttura in quella corrente.
- Nel modulo per la progettazione dei collegamenti delle strutture intelaiate in acciaio è stata introdotta una nuova tipologia per la flangia. Per le flange sia estese superiormente che inferiormente o solo estese inferiormente è possibile utilizzare una mensola per rinforzare la piastra inferiore.
- Nel progetto dell'armatura dei solai è possibile riportare il disegno dell'esploso dei ferri relativi agli schemi dei solai progettati lateralmente alla carpenteria di piano utilizzando il parametro dei criteri generali di progetto **Disegnare esploso armatura ferri lateralmente alla carpenteria**.
- Semplificazione dei criteri di progetto delle murature: per uniformare la verifica delle murature agli standard utilizzati anche in altri ambiti dal programma, sono state eliminate tutte le doppie sezioni relative al materiale consolidato. Analogamente è stata eliminata nella fase di calcolo l'opzione "Consolidata quando previsto". Attualmente quindi per modellare in una struttura dei pannelli murari caratterizzati dallo stesso materiale che in alcuni casi è consolidato ed in altri no, è necessario duplicare il tipo di elemento bidimensionale assegnandogli un criterio in cui il materiale risulta essere consolidato.

## Dalla versione 8.3 alla 8.4

Visualizzazione dello stato delle verifiche mediante la colorazione degli elementi in modo da individuare rapidamente se l'elemento è progettato, non progettato, non progettabile, da riverificare o non riverificabile.

Visualizzazione in modellazione delle armature, dei collegamenti degli elementi in acciaio e dei rinforzi delle strutture esistenti.

Esportazione nel formato IFC delle armature, dei collegamenti degli elementi in acciaio e dei rinforzi delle strutture esistenti. Si ricorda che il formato IFC è il formato di scambio dati preferenziale per il mondo della progettazione BIM e che progettare in modalità BIM significa poter comunicare il proprio progetto e tutti i dati in esso contenuti con colleghi e partner che usano altri software.

Nuova tecnica per lo scambio dei dati con il solutore SAP2000 che oltre ad eliminare i limiti attuali e velocizzare notevolmente il calcolo, consentirà di utilizzare anche le versioni a partire dalla 16 (questa nuova tecnica è comunque utilizzabile anche con la versione 14.2.4).

Verifica degli interventi di rinforzo con materiali compositi FRP anche per le travi con sezione a T e a L.

Progettazione a taglio dei nuclei con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile, che consente una drastica riduzione della staffatura.

Aggiornamento automatico di ModeSt con scaricamento e installazione automatica delle eventuali modifiche apportate alla versione utilizzata. Per maggiori informazioni si veda **Aggiornamento automatico di ModeSt**.



Importazione in ModeSt del modello strutturale dalla versione 2014 di Revit Structure. Le nuove librerie, scaricabili dal nostro sito Internet nella pagina download, sono compatibili solo con la versione 8.4 di ModeSt.




## Dalla versione 8.2 alla 8.3

La novità più importante introdotta in questa versione riguarda la verifica di interventi di rinforzo con materiali compositi FRP di travi e pilastri in c.a. di strutture esistenti calcolate in base al D.M. 17/01/18. I rinforzi si possono applicare solo a travi e pilastri con sezione rettangolare. Le verifiche dei rinforzi su nodi trave-pilastro e quelle di resistenza al fuoco non sono attualmente implementate. Le verifiche vengono eseguite secondo la CNR DT 200 R1/2012.

Possibilità di specchiare parti di struttura, il comando risulta utile ad esempio per la creazione di strutture simmetriche in quanto è possibile modellare solo metà della struttura.

Possibilità di esportare il modello nel formato IFC, formato di scambio dati preferenziale per il mondo della progettazione BIM. Progettare in modalità BIM significa poter comunicare il proprio progetto e tutti i dati in esso contenuti con colleghi e partner che usano altri software.

Altre implementazioni:


- Nel caso di pressoflessione deviata se il codice della sezione non rientra fra quelli previsti in tabella ModeSt (file ProfiliFE.csv nella cartella di nome ETC) è possibile specificare se imporre l'appartenenza della sezione alla classe 1 attraverso il criterio di progetto **Usa classe 1 in pressoflessione deviata se non presente in archivio**. Per maggiori informazioni si veda **Classificazione delle sezioni**.
- Nel paragrafo 4.2.3.4 del D.M. 17/01/18 viene prescritto che l'analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine quando il moltiplicatore dei carichi che induce l'instabilità globale della struttura  $\alpha_{cr}$  è maggiore di 10 in caso contrario si deve eseguire un'analisi del secondo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione deformata della struttura. Tali valori di  $\alpha_{cr}$  possono essere ottenuti da un'analisi di buckling oppure valutati utilizzando l'espressione (C4.2.5) della Circolare del D.M. 14/01/08. In sostituzione dell'analisi del secondo ordine si può utilizzare un metodo semplificato, valido soprattutto per le strutture intelaiate e proposto anche nel EC3-1-1 al punto 5.2, in cui si incrementano gli effetti delle azioni ottenuti dall'analisi lineare mediante il coefficiente  $1/(1-1/\alpha_{cr})$ . Utilizzando il parametro dei criteri generali di verifica delle aste in acciaio **Coeff. amplificativo sollecitazioni per effetti del secondo ordine** è possibile specificare di quanto debbano essere incrementate le sollecitazioni nelle aste derivanti dal calcolo FEM.
- Nel progetto dell'armatura dei plinti/pali è possibile velocizzare la fase di progettazione dell'armatura utilizzando il parametro dei criteri generali di progetto **Progettazione e verifica dell'armatura con sollecitazioni più gravose**. Questo parametro consente di progettare l'armatura dei plinti/pali solamente con le sollecitazioni ritenute più gravose. Poiché è difficile numericamente determinare quali siano le sollecitazioni più gravose, è possibile che le armature progettate con tali sollecitazioni possano risultare non verificate relativamente alle sollecitazioni delle altre combinazioni. In tal caso, il progettista può deselectare l'opzione e riverificare i plinti/pali per controllare se le verifiche sono tutte soddisfatte.
- Negli **strumenti** di modellazione sotto **Proietta nodi**  sono stati aggiunti **Su riferimento verticale**  e **Su riferimento orizzontale**  che consentono rispettivamente di allineare i nodi rispetto alla verticale o orizzontale passante per i nodi selezionati. Lo strumento risulta utile per risolvere problemi degli elementi bidimensionali non perfettamente rettangolari, requisito richiesto nella verifica delle murature, delle pareti e dei nuclei.
- Le sezioni disegnate possono essere definite importando direttamente la sezione da un file DXF/DWG che deve essere disegnata in mm poiché nel programma viene assunto che 1 unità di disegno CAD corrisponde a 1 mm.
- Modificata la macro **ARUT**, utilizzata nella modellazione e progettazioni dei plinti indipendenti, che consente di importare le reazioni vincolari da un file con estensione CSV e crea la matrice diagonale delle combinazioni delle condizioni di carico elementari.
- Introdotti nei criteri di progetto delle verifiche delle aste in acciaio i parametri **Max valore del rapporto tra altezza e spostamento orizz. (aste)** e **Max valore del rapporto tra altezza e spostamento orizz. (membrature)** che consentono di specificare i valori limite di deformabilità per i pilastri in acciaio.
- Aggiunto nell'installazione del programma l'archivio Profilumbra.sez per consentire all'utente la definizione delle sezioni ORP (Omega Rinforzato Profilumbra) prodotte dall'azienda Profilumbra S.p.A.

## Dalla versione 8.1 alla 8.2

È stato implementato il progetto dell'armatura di solai che giacciono su piani inclinati come ad esempio le falde di un tetto. Il progetto dei solai su piani inclinati può essere effettuato solo su carpenterie di piano create con l'opzione "Passante per tre nodi selezionati".





La finestra di dialogo per il **disegno delle carpenterie di piano** è stata ridisegnata e migliorata, con l'aggiunta di nuove funzionalità per la generazione del disegno delle carpenterie della copertura (questa funzionalità sostituisce la macro CARP che è stata eliminata) e del disegno di sezioni o prospetti della struttura.

Negli **strumenti** di modellazione è stata aggiunta il comando **Crea scala/rampa/sbalzo**  attraverso la quale si accede ad una serie di funzionalità che consentono di creare oltre alle classiche tipologie di scale a due o tre rampe, le scale a due rampe senza pianerottoli, le rampe continue con o senza pianerottoli e gli sbalzi (balconi).

Possibilità di calcolare le strutture ai sensi del D.M. 17/01/18 utilizzando spettri di progetto personalizzati importati da file esterni.

Completata la relazione di calcolo "sintetica" per consentire agli utenti di compilare agevolmente le schede del SI-ERC e l'Allegato B della Regione Lazio. Sempre per agevolare l'utente nella stesura della relazione sintetica si è cercato quanto più possibile di seguire l'ordine dei dati richiesti nelle suddette schede. Nella relazione sintetica sono stati aggiunti ai dati di calcolo e agli spettri di progetto in formato tabellare le caratteristiche delle colonne stratigrafiche e delle eventuali prove in sito utilizzate, le caratteristiche di resistenza dei materiali utilizzati e i carichi agenti sulla struttura.

Altre implementazioni:

- Il progetto dei collegamenti in acciaio è stato velocizzato utilizzando una nuova tecnica. Invece di controllare TUTTI i possibili collegamenti generati, facendone le verifiche e scegliendo poi quello che massimizzava lo sfruttamento, si effettua adesso un ordinamento in base a criteri di peso, numero bulloni, spessore piastre, ecc. e si sceglie il PRIMO dei collegamenti che risulta verificato. Questo ha consentito ad esempio di portare a meno di 2 i 16 minuti necessari per una struttura con 64 collegamenti (non molti) calcolata con 24 combinazioni di carico. Da numerosi test è emerso che praticamente sempre il collegamento scelto risulta lo stesso della versione precedente.
- Inserimento di nodi, aste, muri/elementi bidimensionali fra nodi creati nei punti di intersezione, ortogonali o perpendicolari alle aste. I nodi possono essere creati nel punto di intersezione di due aste cliccando sulla voce "INTE" oppure nel punto ortogonale ad un'asta cliccando sulla voce "ORTO" oppure nel punto perpendicolare ad un'asta cliccando sulla voce "PERP". Le suddette voci si trovano negli **Strumenti di visualizzazione**. Nei casi di "ORTO" e "PERP" il punto di inserimento del nodo è determinato rispettivamente dalla retta ortogonale o perpendicolare all'asta passante per il punto di riferimento. Il punto di riferimento può essere modificato sia prima che durante l'esecuzione del comando cliccando sulla voce "P. riferimento" degli **Strumenti di visualizzazione**.
- Per le strutture isolate è possibile disegnare la carpenteria di piano con indicate le tipologie degli isolatori adottati.
- Il programma è adesso in grado di recuperare l'armatura dei pilastri progettati con il metodo delle tensioni ammissibili e di riverificarli secondo la nuova normativa, sia in analisi lineare che non lineare. L'armatura non è editabile a meno che non si proceda ad un ricalcolo agli stati limite, nel qual caso sarà possibile modificarla. È possibile quindi adesso eseguire un progetto simulato alle T.A. D.M. 14/02/92 comprensivo di travi e pilastri e riverificarlo automaticamente.
- Negli **strumenti** di modellazione sotto **Aggiusta coordinate**  è stato aggiunto **Sposta nodi su allineamenti**  che consente di modificare solo le coordinate X e Y dei nodi per spostarli sul piano verticale passante per l'allineamento più vicino. Lo strumento risulta utile per risolvere problemi di non perfetta planarità.
- Le finestre di modellazione e di editor possono essere raggruppate fra loro e disposte verticalmente o orizzontalmente. Questa funzionalità è attiva solo su Windows 8. Si rimanda al capitolo **finestre di modellazione** del manuale per approfondimenti e dettagli.
- Nella trasformazione dei file DXF/DWG la macro per la trasformazione di linee-aste è stata migliorata consentendo di assegnare automaticamente alle aste la sezione con lo stesso numero contenuto nel nome del layer. Ad esempio, la sezione numero 1 viene assegnata a tutte le aste delle linee che appartengono al layer il cui nome inizia con "1". Per utilizzare questa funzionalità occorre prima definire nella struttura le sezioni e modificare i nomi dei layer del disegno DXF/DWG in modo che inizino con un numero (ad esempio "2 Travi").
- Il lucido può essere posizionato direttamente sugli impalcati definiti.

## Dalla versione 8.0 alla 8.1

La novità più importante introdotta in questa versione è la profonda revisione delle procedure di progettazione automatica ed interattiva dei pilastri. È adesso possibile modificare e gestire in modo autonomo la staffatura interna al nodo, non più vincolata alla staffatura del pilastro sottostante. Questo diventa di particolare importanza anche in prospettiva di quanto previsto dalle modifiche della normativa, in cui la verifica del nodo diventa obbligatoria anche per le strutture in classe B. In tutte le zone del pilastro è possibile introdurre staffe

a 4 bracci che vengono considerati nelle verifiche. è stata completamente riscritta la routine di ricerca dei momenti ultimi nei casi di pressoflessione retta e deviata con la formula 4.1.10. Si ha mediamente un dimezzamento dei tempi di progetto/verifica dei pilastri e nel caso di strutture con molte CC, anche maggiori benefici.

Possibilità di trattare come elementi esistenti aste e membrature in acciaio, giunti di collegamento e travature reticolari. Introdotta la possibilità di trattare come elementi esistenti anche aste e membrature in legno. Anche se la normativa non lo prevede esplicitamente, si è comunque previsto il concetto di "Fattore di confidenza" per le verifiche dei suddetti elementi.

Possibilità di realizzare una relazione di calcolo "sintetica" in cui vengono riportati tutti i dati di calcolo e gli spettri di progetto in formato tabellare. Gli spettri di progetto seguono le indicazioni del SI-ERC ed oltre ad essere riportati nella relazione sintetica vengono riportati automaticamente da ModeSt in file di testo (uno per ogni stato limite) nella cartella "nome della struttura.GDB".

Altre implementazioni:

- Per completezza e per analogia con le aste è stata prevista la possibilità di **inserire elementi bidimensionali** senza la ricerca dei nodi intermedi giacenti sui lati specificati. Si fa presente che la meshatura dell'elemento in ogni caso "riaggancia" questi nodi.
- La finestra di dialogo per la **definizione degli impalcati** è stata ridisegnata e migliorata, con l'aggiunta di nuovi comandi per la generazione automatica e l'assegnazione ai nodi.
- Il comando **Estrudi** ora estrude anche eventuali muri o elementi bidimensionali.
- Le informazioni fornite dal comando **Volumi e superfici** sono state migliorate, con la separazione oltre che per materiale anche per tipo di verifica (Cemento, Acciaio, Legno).
- La definizione delle sezioni per coordinate con l'importazione da file DXF/DWG è stata migliorata, per permettere anche l'importazione di sezioni con stondature (elementi arco) che vengono automaticamente convertiti in una serie di segmenti.

## Dalla versione 7.28 alla 8.0

La novità più importante introdotta in questa versione riguarda l'interfaccia grafica del programma. Si rimanda alle apposite sezioni del manuale per approfondimenti e dettagli.

Verifiche dei nodi trave-pilastro per strutture in c.a. in classe A.

Visualizzazione dei tassi di sfruttamento degli elementi in c.a. (travi, pilastri, nodi) particolarmente utile per la verifica degli edifici esistenti e la ricerca dei relativi indici di sicurezza.

La versione 8 supporta anche elementi bidimensionali poligonali di qualsiasi forma con più di 4 nodi, ed introduce un nuovo potente meshatore automatico in grado di riconoscere e mantenere la congruenza con nodi di perimetro, nodi interni ed allineamenti esistenti, effettuando eventualmente raffittimenti e raffinamenti in corrispondenza dei pilastri interni. L'utilizzo di tali elementi consente l'inserimento di platee e solette con forme poligonali qualsiasi in modo semplice e veloce.

Possibilità di inserire elementi bidimensionali poligonali a più di 4 nodi e funzionalità di mesh avanzate in grado di riconoscere e mantenere la congruenza con nodi di perimetro, nodi interni ed allineamenti esistenti, effettuando eventualmente raffittimenti e raffinamenti in corrispondenza dei pilastri interni.

Integrazione di sollecitazioni su una qualunque linea anche intersecante un gruppo di elementi bidimensionali complanari, con possibilità di attivare il progetto interattivo dell'armatura della relativa sezione.

Altre implementazioni:

- Nella relazione di calcolo relativa ai parametri di calcolo vengono ora riportati (come richiesto da alcuni Geni Civili) i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  della struttura.
- A seguito di numerose richieste dovute ad incomprensioni con i Geni Civili, nella stampa della relazione di calcolo del progetto delle travi sono stati eliminati i valori delle aree di ferro teoriche necessarie nelle verifiche. Per riattivarla, qualora lo riteniate necessario, è sufficiente modificare con un editor di testo (ad esempio il Blocco note) il file ModeSt.ini contenuto nella cartella ETC dell'installazione di ModeSt.

## Aggiornamento strutture

---

### Aggiornamento strutture dalla versione 6.0 e successive

L'aggiornamento di strutture realizzate con la versione 6.0 e successive di ModeSt viene effettuata in modo automatico semplicemente aprendo il relativo progetto e rendendo corrente la struttura. Vengono automaticamente convertiti anche i criteri di progetto. Per operare la conversione la struttura deve essere immediatamente salvata nel nuovo formato, e ModeSt avvisa e chiede conferma di questo fatto. Non sarà più possibile rileggere la struttura con la versione con cui è stata creata.

Eventuali modelli costituiti da plinti indipendenti vengono perduti, ma il relativo file RUT viene associato al progetto in *Altri file*.

Se nella struttura sono presenti travi armate in modalità DOS, ModeSt automaticamente cancella tutte le armature delle travi precedentemente armate.

## Richiesta assistenza

Se si dispone di un collegamento ad Internet è possibile dal menu dell'applicazione  selezionando **Aiuto**



e poi **Richiesta assistenza**



richiedere il supporto tecnico. In caso contrario è comunque possibile richiedere l'assistenza tecnica per e-mail all'indirizzo **assistenza@tecnisoft.it** oppure all'indirizzo corrispondente a quello del rivenditore con il quale è stato stipulato il contratto di assistenza. Nella e-mail occorre indicare sempre il titolare della licenza, la versione di ModeSt utilizzata e nell'oggetto della e-mail la seguente dicitura: 'codice:XXXX' dove 'XXXX' rappresenta il numero apposto sulla chiave, inoltre è indispensabile descrivere il più accuratamente possibile il problema riscontrato, indicando i passaggi necessari per riprodurlo. Qualora fosse necessario inviare la struttura, i file indispensabili sono quelli con estensione GEO, CRT, CLC, CL2.

Nella finestra di dialogo di richiesta assistenza si può indicare solo la descrizione del problema, inviare solo la struttura, la struttura con i risultati del calcolo oppure la struttura completa delle armature degli elementi progettati, ed allegare altri file. È obbligatorio descrivere il più accuratamente possibile il problema riscontrato, indicando i passaggi necessari per riprodurlo. La risposta al problema verrà spedita all'indirizzo e-mail specificato oppure a quello con cui è stata inviata la richiesta.