



MARCO BOSCOLO BIELO

PRONTUARIO DELLE COSTRUZIONI

ACCIAIO, CALCESTRUZZO ARMATO, LEGNO E MURATURA

Criteria di progettazione e verifica di elementi strutturali



Clicca e richiedi di essere contattato
per **informazioni** e **promozioni**



WEBAPP INCLUSA
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

**GRAFILL**

Marco Boscolo Bielo
PRONTUARIO DELLE COSTRUZIONI
Ed. I (03-2020)

ISBN 13 978-88-277-0120-1
EAN 9 788827 701201

Collana **Manuali** (256)

Boscolo Bielo, Marco <1967->
Prontuario delle costruzioni / Marco Boscolo Bielo.
– Palermo : Grafill, 2020.
(Manuali ; 256)
ISBN 978-88-277-0120-1
1. Strutture edilizie – Progettazione – Prontuari.
624.177 CDD-23 SBN Pal0325076
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

L'Autore ringrazia:

- Concrete S.r.l. di Padova per Sismicad 12 e PresFle
- SismiCasa® protocollo di progettazione antisismica di proprietà dell'Arch. Marco Boscolo Bielo

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



ProntoGRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare nel mese di marzo 2020
presso **Tipografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2 – 90142 Palermo

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

PRESENTAZIONE	p.	15
1. L'ACCIAIO STRUTTURALE	"	17
1.1. Generalità.....	"	17
1.2. Tipi di acciaio	"	17
1.3. Caratteristiche meccaniche	"	19
1.4. Legami tensioni deformazioni	"	20
1.5. La capacità rotazionale	"	21
1.6. Classificazione delle sezioni	"	22
1.7. L'acciaio in campo plastico	"	23
1.8. Esempi di classificazione delle sezioni in acciaio secondo le tabelle delle NTC.....	"	24
1.8.1. Profili a doppio T, tubi quadri sia laminati che saldati.....	"	24
1.8.2. Profili laminati a doppio T, C e scatolari.....	"	26
1.8.3. Profili angolari a L e tubolari tondi	"	28
1.8.4. Esempio applicativo.....	"	28
1.9. Resistenze di calcolo.....	"	29
1.10. Il modulo plastico e classi.....	"	31
1.11. Valutazione del Momento Resistente.....	"	33
1.12. Capacità resistente delle sezioni	"	34
1.13. Tipi di analisi globale.....	"	36
1.14. Valutazione della sicurezza: verifiche secondo il D.M. 17 gennaio 2018 e la Circolare Applicativa n. 7/2019	"	38
1.14.1. Generalità.....	"	38
1.14.2. Effetti delle deformazioni	"	38
1.14.3. Effetti delle imperfezioni	"	39
1.14.4. Definizione degli stati limite	"	39
1.15. Verifiche allo Stato Limite Ultimo.....	"	40
1.15.1. Resistenza delle membrature in campo elastico	"	40
1.15.2. Resistenza delle membrature in campo plastico	"	41
1.16. Casi di verifiche allo stato limite ultimo	"	42
1.16.1. Trazione per sezioni integre	"	42
1.16.2. Trazione per sezioni indebolite da fori.....	"	44
1.16.3. Compressione.....	"	45
1.16.4. Flessione monoassiale (retta).....	"	46

1.16.5.	Taglio	p.	46
1.16.6.	Verifica a taglio in termini elastici	"	49
1.16.7.	Flessione e taglio.....	"	51
1.16.8.	Torsione semplice.....	"	54
1.16.9.	Taglio e torsione.....	"	56
1.16.10.	Presso o tensoflessione retta.....	"	57
1.16.11.	Presso o tensoflessione biassiale	"	58
1.16.12.	Flessione, taglio e sforzo assiale	"	58
1.16.13.	Stabilità delle membrature	"	59
1.16.13.1.	Aste compresse	"	59
1.16.13.2.	Limitazioni di snellezza	"	65
1.16.13.3.	Verifiche di instabilità delle anime a taglio.....	"	66
1.16.13.4.	Verifiche di instabilità flesso torsionale per elementi a I ed a H	"	67
1.16.13.5.	Instabilità di membrature inflesse e compresse.....	"	70
1.16.14.	Altri tipi di verifiche agli SLU	"	73
1.17.	Verifiche agli stati limite di esercizio.....	"	73
1.17.1.	Spostamenti verticali.....	"	73
1.17.2.	Spostamenti laterali.....	"	76
1.17.3.	Altri tipi di verifiche.....	"	76
1.18.	Unioni bullonate	"	77
1.18.1.	Caratteristiche delle bullonerie	"	77
1.18.2.	Disposizioni dimensionali sui fori	"	80
1.18.3.	Tipi di collegamento	"	81
1.18.4.	Modalità di rottura dei collegamenti bullonati e ipotesi di calcolo.....	"	81
1.18.4.1.	Verifica della rottura del gambo	"	83
1.18.4.2.	Verifica della rottura per rifollamento.....	"	86
1.18.4.3.	Verifica della rottura a trazione dei bulloni.....	"	88
1.18.4.4.	Verifica della rottura per punzonamento dei piatti.....	"	88
1.18.4.5.	Resistenza complessiva di un collegamento	"	91
1.18.4.6.	Resistenza combinata taglio trazione.....	"	91
1.18.4.7.	Esempio di distribuzione delle sollecitazioni in un collegamento che trasmette taglio e momento....	"	92
1.18.5.	Collegamenti bullonati con precarico	"	93
1.18.5.1.	Unioni a taglio per attrito con bulloni ad alta resistenza	"	95
1.18.6.	Collegamenti con perni	"	96
1.19.	Saldature	"	97
1.19.1.	Generalità.....	"	97
1.19.2.	Tipologie di saldature.....	"	99
1.19.2.1.	Unioni con saldature a piena penetrazione (completa penetrazione).....	"	99
1.19.2.2.	Unioni con saldature a cordoni d'angolo	"	99

1.19.2.3.	Unioni con saldature a parziale penetrazione	p.	100
1.19.3.	Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo	"	101
1.19.4.	Spessori delle saldature in funzione degli elementi da saldare.....	"	104
1.20.	Requisiti per la progettazione e l'esecuzione	"	105
1.20.1.	Spessori limite.....	"	105
1.20.2.	Giunti misti	"	105
1.20.3.	Verniciatura e zincatura.....	"	106
1.20.4.	Durabilità	"	106
1.20.5.	Problematiche specifiche.....	"	106
2.	IL CALCESTRUZZO ARMATO	"	107
2.1.	Generalità.....	"	107
2.2.	Indicazioni negli elaborati progettuali	"	109
2.3.	Classe di resistenza e dimensioni dei provini	"	110
2.4.	Classe di consistenza (cono di Abrams)	"	111
2.5.	Diametro massimo degli aggregati (Curva di Füller).....	"	114
2.6.	Il rapporto acqua/cemento	"	116
2.6.1.	Regola di Lyse.....	"	116
2.6.2.	Legge di Abrams	"	117
2.6.3.	Valutazione del dosaggio applicando la legge di Abrams e la regola di Lyse.....	"	119
2.7.	Controlli nel calcestruzzo	"	120
2.7.1.	Controlli di qualità	"	120
2.7.2.	Prelievo dei campioni e controlli di accettazione	"	121
2.7.2.1.	Prescrizioni comuni ai controlli di Tipo A e B.....	"	121
2.7.2.2.	Controlli di Tipo A	"	122
2.7.2.3.	Controlli di Tipo B	"	123
2.7.2.4.	Esempio di calcolo per un controllo di Tipo A.....	"	123
2.7.2.5.	Esiti di controllo negativi.....	"	124
2.8.	Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo.....	"	126
2.8.1.	Resistenza caratteristica a compressione	"	126
2.8.2.	Resistenza di calcolo a compressione	"	126
2.8.3.	Resistenza media e caratteristica a trazione.....	"	127
2.8.4.	Resistenza di calcolo a trazione	"	128
2.8.5.	Modulo elastico.....	"	129
2.8.6.	Coefficiente di Poisson.....	"	129
2.8.7.	Coefficiente di dilatazione termica	"	129
2.9.	Acciaio per calcestruzzo armato	"	129
2.9.1.	Acciaio in barre o rotoli: caratteristiche meccaniche.....	"	129
2.9.2.	Reti e tralici elettrosaldati: caratteristiche meccaniche	"	131
2.9.3.	Controlli di accettazione in cantiere.....	"	132
2.9.4.	Tabelle di diametri e pesi per barre e reti elettrosaldate.....	"	133
2.9.5.	Resistenze di calcolo degli acciai da calcestruzzo armato	"	134

2.10.	Aderenza acciaio calcestruzzo	p.	135
2.10.1.	Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo	"	135
2.11.	Modelli di comportamento del calcestruzzo armato	"	137
2.11.1.	Definizione degli Stadi	"	137
2.11.2.	Tipi di analisi globale	"	137
2.11.2.1.	Analisi elastica lineare	"	138
2.11.2.2.	Analisi plastica	"	138
2.11.2.3.	Analisi non lineare	"	138
2.12.	Resistenza a sforzo normale e flessione (elementi monodimensionali)	"	138
2.12.1.	Ipotesi di base	"	138
2.12.2.	Diagrammi di calcolo tensione-deformazione del calcestruzzo	"	140
2.12.2.1.	Diagramma Parabola-Rettangolo	"	140
2.12.2.2.	Diagramma Rettangolo (Stress-Block)	"	141
2.12.3.	Diagrammi di calcolo tensione-deformazione dell'acciaio	"	143
2.12.3.1.	Diagramma con curva bilatera elasto-plastica a ramo orizzontale	"	143
2.13.	Verifiche a flessione allo Stato Limite Ultimo	"	145
2.13.1.	Verifica a flessione retta (sezione rettangolare)	"	145
2.13.2.	Formula approssimata di predimensionamento dell'armatura tesa a flessione semplice	"	150
2.13.3.	Flessione retta nelle sezioni a T, L, I	"	152
2.13.4.	Flessione retta nelle sezioni con ala appartenente a soletta continua (solaio in laterocemento)	"	152
2.13.5.	Pressoflessione retta	"	155
2.13.6.	Pressoflessione deviata	"	155
2.13.7.	Verifica a flessione deviata senza compressione	"	157
2.13.8.	Interpretazione delle formule di verifica a flessione deviata e pressoflessione deviata	"	158
2.13.9.	Metodo semplificato di verifica a pressoflessione deviata	"	158
2.13.10.	Metodo semplificato di verifica a pressoflessione retta	"	161
2.13.11.	Verifica semplificata a tensoflessione per sezione rettangolare	"	161
2.14.	Verifiche di instabilità	"	162
2.15.	Elementi tesi	"	163
2.16.	Verifiche a taglio allo SLU	"	164
2.16.1.	Il traliccio di Mörsch	"	164
2.16.2.	Resistenza a taglio compressione	"	165
2.16.3.	Resistenza a taglio trazione	"	168
2.16.4.	Condizioni di verifica	"	169
2.16.5.	Osservazioni	"	169

2.16.6.	Armature minime	p.	171
2.17.	Resistenza a taglio di elementi tozzi con schema tirante-puntone	"	174
2.18.	Verifiche a torsione allo SLU.....	"	176
2.18.1.	Il modello del comportamento a traliccio	"	176
2.18.2.	Resistenza delle bielle di calcestruzzo	"	179
2.18.3.	Resistenza della staffatura.....	"	181
2.18.4.	Resistenza delle barre longitudinali	"	181
2.18.5.	Resistenza a torsione.....	"	182
2.18.6.	Verifica a torsione.....	"	182
2.18.7.	Osservazioni.....	"	182
2.18.8.	Verifica a torsione e taglio.....	"	183
2.18.9.	Note per le armature in sollecitazioni composte.....	"	186
2.19.	Verifica dell'aderenza tra barre di acciaio e calcestruzzo	"	187
2.19.1.	Considerazioni generali sull'aderenza	"	187
2.19.2.	Determinazione della lunghezza di ancoraggio	"	187
2.19.3.	Minimi di norma	"	189
2.20.	Verifica agli Stati Limite di Esercizio	"	190
2.20.1.	Generalità.....	"	190
2.20.2.	Verifiche di deformabilità di travi e solai.....	"	191
2.20.3.	Verifica delle vibrazioni	"	192
2.20.4.	Verifiche di fessurazione	"	192
2.20.4.1.	Definizione degli stati limite di fessurazione.....	"	193
2.20.4.2.	Combinazioni di azioni, condizioni ambientali e classi di esposizione	"	193
2.20.4.3.	Sensibilità delle armature alla corrosione, scelta dei limiti di fessurazione.....	"	194
2.20.4.4.	Verifica allo stato limite di decompressione e di formazione delle fessure	"	195
2.20.4.5.	Verifica allo stato limite di apertura delle fessure (metodo tabellare).....	"	195
2.20.4.6.	Verifica delle tensioni di esercizio	"	198
2.21.	Verifiche per situazioni transitorie	"	199
2.22.	Regole di dettaglio esecutivo	"	199
2.22.1.	Travi	"	199
2.22.1.1.	Armatura minima in zona tesa	"	199
2.22.1.2.	Armatura minima negli appoggi	"	200
2.22.1.3.	Armatura massima in zona tesa e compressa.....	"	201
2.22.1.4.	Staffatura minima.....	"	201
2.22.2.	Pilastrini	"	202
2.22.2.1.	Barre longitudinali minime	"	202
2.22.2.2.	Staffatura minima.....	"	202
2.22.3.	Copriferro.....	"	203
2.22.4.	Interferro	"	204

2.22.5.	Sovrapposizioni, giunzioni delle barre.....	p.	204
2.22.6.	Disposizioni di barre in gruppo.....	"	206
2.22.7.	Armatura a taglio	"	207
2.22.8.	Armatura a torsione.....	"	207
2.22.9.	Piegatura per ancoraggio delle staffe alle barre	"	208
2.22.10.	Ancoraggio mediante barre saldate.....	"	209
2.23.	Dettaglio esecutivi per le zone sismiche.....	"	210
2.23.1.	Travi	"	210
2.23.2.	Pilastri	"	211
3.	IL LEGNO STRUTTURALE	"	213
3.1.	Costruzioni a struttura portante in legno.....	"	213
3.2.	Utilizzo di materiali e prodotti a base di legno	"	213
3.3.	Proprietà dei materiali.....	"	214
3.3.1.	Legno massiccio.....	"	215
3.3.2.	Legno lamellare.....	"	217
3.3.2.1.	Generalità	"	217
3.3.2.2.	Il sistema di «certificazione».....	"	218
3.3.2.3.	La classificazione	"	219
3.3.3.	Legno tipo bilama o trilama	"	220
3.3.4.	Legno strutturale con giunti a dita (o a pettine).....	"	221
3.4.	Pannelli a base di legno	"	221
3.4.1.	Pannelli OSB.....	"	222
3.5.	Durabilità	"	223
3.6.	Valutazione della sicurezza	"	224
3.7.	Tipi di analisi strutturale globale	"	224
3.8.	Classi di durata e carichi di servizio	"	225
3.9.	Classi di servizio.....	"	226
3.10.	Valori di una caratteristica meccanica del legno con il metodo semiprobabilistico.....	"	226
3.11.	Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)	"	228
3.11.1.	Generalità	"	228
3.11.2.	Valutazione dei moduli elastici E, G a tempo infinito.....	"	229
3.11.3.	Valutazione delle frecce	"	230
3.11.3.1.	Generalità	"	230
3.11.3.2.	Deformazioni istantanee e deformazioni a lungo termine.....	"	231
3.11.3.3.	Limiti di freccia.....	"	232
3.12.	Verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU).....	"	234
3.12.1.	Ipotesi di base.....	"	234
3.12.2.	Trazione parallela alle fibre.....	"	235
3.12.3.	Compressione parallela alle fibre per elementi tozzi	"	236
3.12.4.	Azioni ortogonali alle fibre	"	239
3.12.4.1.	Compressione perpendicolare alle fibre.....	"	239

3.12.4.2.	Trazione perpendicolare alle fibre.....	p.	241
3.12.5.	Compressione inclinata rispetto alle fibre.....	"	242
3.12.6.	Flessione.....	"	242
3.12.7.	Tensoflessione.....	"	245
3.12.8.	Pressoflessione per elementi tozzi.....	"	245
3.12.9.	Taglio.....	"	246
3.12.10.	Torsione.....	"	248
3.12.11.	Taglio e torsione.....	"	251
3.12.12.	Verifiche di stabilità.....	"	251
3.12.12.1.	Generalità.....	"	251
3.12.12.2.	Instabilità flesso torsionale.....	"	251
3.12.12.3.	Instabilità di elementi soggetti a compressione semplice.....	"	255
3.12.12.4.	Instabilità di elementi soggetti a pressoflessione deviata.....	"	257
3.12.12.5.	Instabilità di elementi soggetti a pressoflessione retta.....	"	258
3.13.	Collegamenti.....	"	258
3.14.	Elementi strutturali.....	"	260
3.15.	Stabilità generale e controventamento.....	"	261
3.16.	Robustezza.....	"	261
3.17.	Regole per l'esecuzione.....	"	262
4.	COSTRUZIONI IN MURATURA PORTANTE.....	"	263
4.1.	Definizione di costruzioni in muratura portante.....	"	263
4.2.	Elementi per murature.....	"	263
4.2.1.	Norme armonizzate e Categorie.....	"	263
4.2.2.	Elementi artificiali.....	"	264
4.2.3.	Elementi naturali.....	"	265
4.3.	Malte.....	"	266
4.3.1.	Malte a prestazione garantita.....	"	266
4.3.2.	Malte a composizione prescritta.....	"	266
4.3.3.	Malte prodotte in cantiere.....	"	267
4.3.4.	Prove di accettazione in cantiere.....	"	267
4.4.	Parametri meccanici delle murature.....	"	268
4.4.1.	Generalità.....	"	268
4.4.2.	Determinazione sperimentale della resistenza a compressione.....	"	269
4.4.3.	Stima di progetto della resistenza caratteristica a compressione di elementi artificiali pieni e semipieni.....	"	269
4.4.4.	Stima di progetto della resistenza caratteristica a compressione di elementi naturali.....	"	271
4.4.5.	Determinazione sperimentale della resistenza caratteristica a taglio.....	"	272

4.4.6.	Stima di progetto della resistenza caratteristica a taglio in assenza di sforzo normale	p. 272
4.4.7.	Resistenza caratteristica a taglio in presenza di sforzo normale	" 272
4.4.8.	Moduli di elasticità (E, G).....	" 274
4.4.8.1.	Determinazione sperimentale dei moduli di elasticità	" 274
4.4.8.2.	Stima di progetto dei moduli di elasticità	" 274
4.5.	Tipologia delle murature e spessori minimi.....	" 274
4.6.	Muri di controvento	" 276
4.7.	L'organizzazione scatolare.....	" 278
4.8.	La Classe di Esecuzione	" 281
4.9.	La snellezza convenzionale	" 282
4.10.	Pareti sismo resistenti	" 283
4.11.	Analisi strutturale.....	" 284
4.12.	Resistenze di progetto.....	" 286
4.13.	Verifiche allo SLE.....	" 286
4.14.	Verifiche per edifici semplici	" 286
4.15.	Verifiche allo SLU	" 291
4.15.1.	Generalità	" 291
4.15.2.	Pressoflessione nel piano	" 291
4.15.3.	Pressoflessione fuori del piano del muro	" 295
4.15.4.	Taglio per azioni nel piano del muro.....	" 295
4.15.5.	Rottura per conseguenza di applicazione di carichi concentrati.....	" 299
4.15.6.	Flessione e taglio su travi di accoppiamento in muratura.....	" 300
4.16.	Regole esecutive di dettaglio	" 301

APPENDICI

A.	TABELLA 11.2.III NTC18	" 303
B.	COMBINAZIONI DI CARICO NELLE NTC18	" 304
C.	ESEMPIO DI SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	" 309
D.	ABACO DI ELEMENTI IN LATERIZIO	" 310
E.	SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI IN ALCUNI CASI ELEMENTARI – TABELLARIO.....	" 317
	• Travi a sbalzo.....	" 317
	• Travi appoggiate	" 322
	• Travi appoggiate con sbalzo	" 328
	• Travi con incastro e appoggio.....	" 331

• Travi con doppio incastro	p.	335
• Travi inclinate	"	338
• Portale a tre cerniere	"	339
F. DATI RELATIVI A GEOMETRIA DELLE MASSE	"	340
G. LA REGOLARITÀ NEGLI EDIFICI	"	343
CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP	"	345
1. Contenuti della WebApp	"	345
2. Requisiti hardware e software	"	348
3. Attivazione della WebApp	"	348
4. Assistenza tecnica (TicketSystem).....	"	349



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

PRESENTAZIONE

Negli ultimi anni la diffusione del calcolo automatico assistito da PC ha profondamente cambiato il metodo di lavoro dei tecnici che si occupano di progettazione edilizia. Ciò che in epoca passata costituiva parte integrante dell'attività del progettista, il calcolo, oggi è demandato ad una macchina. Ciò che in epoca passata era contenuto in un foglio, la relazione di calcolo, e magari disposto pure in modo da ottimizzare il consumo di carta, oggi è *disperso* in decine, se non centinaia, di A4 stampati su un solo lato. Anche l'applicazione delle normative tecniche per le costruzioni conferma che l'attività di progettazione strutturale non può più prescindere dal PC (e forse, un giorno non molto lontano, non lo saranno più nemmeno tutte le attività umane).

Chi scrive ricorda la prima calcolatrice che giunse in famiglia. Fu nei primi anni Settanta e arrivava da un porto franco che era Livorno. Nessuno si fidava di quel sinistro mezzo molto piccolo e con i numeri addirittura luminosi, per cui, presa carta e penna, controllavamo *a mano* i risultati delle operazioni digitate. Oggi quella scena appare ridicola. Eppure non più di tanto. A pensarci bene la stessa cosa mi capita quando osservo i risultati di un programma di calcolo strutturale che risolve migliaia e migliaia di equazioni in pochi secondi. È evidente che non c'è mente umana in grado di operare un controllo su tutte le singole operazioni. Il problema allora diventa di ordine *filosofico*: a partire da una serie di dati di input si *attendono* una serie di risultati. Ma bisogna aver chiaro cosa ci si *attende*. Ecco, questo libro nasce anche da questa esigenza: fare in modo che si possa avere un giudizio di attendibilità sui risultati senza correre il rischio di accettare acriticamente tutto ciò che esce dal nostro PC.

L'Opera ha il pregio di ordinare e raccogliere in un unico volume i criteri di progettazione e verifica di elementi strutturali delle quattro tipologie principali previste nelle NTC18: acciaio, calcestruzzo armato, legno e murature di laterizio. Essa è indirizzata ai professionisti del settore delle costruzioni e agli studenti che vogliono applicare su casi concreti gli algoritmi di calcolo contenuti nella vigente normativa tecnica per le costruzioni (Norme Tecniche per le Costruzioni nell'aggiornata versione relativa al D.M. 17 gennaio 2018 e Circolare applicativa n. 7/2019; Eurocodici; riferimenti di comprovata validità quali ad esempio quelli emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ecc.).

Si tratta dunque di un manuale operativo che contiene numerosissimi esempi svolti accompagnati da oltre 130 immagini e 90 tabelle. Sono presenti anche alcuni cenni storici e teorici (che non fanno mai male) laddove ritenuti utili alla comprensione di concetti che portano alla definizione degli algoritmi di calcolo.

Marco Boscolo Bielo



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

L'ACCIAIO STRUTTURALE

1.1. Generalità

L'attuale normativa italiana vigente per le costruzioni è costituita principalmente dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalla relativa Circolare applicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019.

All'interno di questo corpus normativo sono contenute indicazioni di tipo cogente per quanto riguarda i materiali e le tipologie strutturali da adottare nelle costruzioni. Le caratteristiche meccaniche e le modalità di produzione e di controllo dell'acciaio per uso strutturale si trovano contenute al paragrafo 11.3 delle NTC18.

Nel paragrafo 4.2 sono invece riportate le prescrizioni relative alle costruzioni con tipologia strutturale in acciaio. Una ulteriore parte della norma, ovvero il paragrafo 7.5, è relativa alle specifiche metodologie di calcolo per le costruzioni in acciaio soggette ad azioni sismiche. Nella Circolare applicativa n. 7/2019 sono riportati chiarimenti e approfondimenti di quanto contenuto nel D.M.. I paragrafi della Circolare sono numerati allo stesso modo del D.M. con anteposta la lettera *C*: con tali riferimenti è facile correlare i contenuti delle due disposizioni di legge. Quanto di seguito riportato è tratto dalle citate norme che sono cogenti. Quando alcune specifiche non siano riscontrabili all'interno di queste, si ricorre alla cosiddetta *normativa di comprovata validità* costituita essenzialmente da Eurocodici; Istruzioni o Linee Guida emanate da enti riconosciuti quali: il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, l'UNI e il CNR.

1.2. Tipi di acciaio

Gli acciai vengono classificati secondo le tabelle 1.1 e 1.2, ovvero denominati con le sigle da S235 ad S460, dove la lettera *S* significa acciaio strutturale, mentre il numero che segue individua la tensione di snervamento.

In sostanza la classificazione prevista dalle nuove norme tecniche corrisponde alla vecchia normativa con prefisso *Fe* nel seguente modo:

- Fe 360 = S235;
- Fe 430 = S275;
- Fe 510 = S355.

Il riferimento numerico della sigla è ora correlato alla tensione di snervamento f_{yk} anziché a quella di rottura f_{tk} .

Le lettere che eventualmente seguono la sigla *S* e il numero, indicano riferimenti ad altre proprietà quali:

- *N* = acciaio a laminazione normalizzata;
- *M* = acciai ottenuti mediante laminazione termomeccanica;
- *W* = acciaio con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica (*weathering*);

- H = acciaio per profilati cavi;
- L = acciai con proprietà prescritte di resilienza a temperatura di $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabella 1.1. Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale « t » dell'elemento			
	$t \leq 40\text{ mm}$		$40\text{ mm} < t \leq 80\text{ mm}$	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S275 N/NL	275	390	255	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420 N/NL	420	520	390	520
S460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S275 M/ML	275	370	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490

Tabella 1.2. Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale « t » dell'elemento			
	$t \leq 40\text{ mm}$		$40\text{ mm} < t \leq 80\text{ mm}$	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S235 H	235	360	215	340
S275 H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S275 NH/NLH	275	390	255	370
S355 NH/NLH	355	490	335	470
S420 NH/NLH	420	540	390	520
S460 NH/NLH	460	560	430	550

[segue]

IL CALCESTRUZZO ARMATO

2.1. Generalità

Il calcestruzzo armato è un materiale artificiale costituito da un conglomerato cementizio in cui viene annegata un'armatura di acciaio.

Il conglomerato cementizio è ottenuto mediante l'impasto di cemento, sabbia, acqua e inerti, secondo proporzioni variabili in funzione della qualità che se ne vuole ottenere. Indicativamente si possono considerare le seguenti quantità:

- 300 kg di cemento;
- 0,4 m³ di sabbia;
- 0,8 m³ di ghiaia (o pietrisco);
- 150,200 litri di acqua.

Considerando che l'acqua, la sabbia e il cemento, compensino i vuoti della ghiaia, ovvero l'aria che si trova tra inerte e inerte, le quantità indicate forniscono approssimativamente il volume di 1 m³ di conglomerato.

L'impasto viene gettato in casseri, predisposti per conferire la forma agli elementi che si vogliono ottenere, costipato tramite appositi strumenti (vibratori). Poche ore dopo il getto ha inizio l'indurimento del calcestruzzo, che a seconda del tipo di cemento utilizzato e delle condizioni di deposito, risulta ultimato dopo 28 giorni nella misura del 60÷90%.

A seconda delle necessità si usano talvolta additivi che influenzano le caratteristiche fisico-chimiche del calcestruzzo, conferendo ad esso migliore lavorabilità (fluidificanti e plastificanti), ritardo o accelerazione della presa (ritardanti o acceleranti di presa), aumento della resistenza al gelo (aeranti di presa), maggiore impermeabilizzazione all'acqua (impermeabilizzanti), eccetera.

La normativa italiana contiene precise prescrizioni relativamente alla qualità dei materiali che vengono impiegati sia per le miscele sia per le armature metalliche, essa prevede inoltre che il calcestruzzo venga classificato a seconda della *resistenza caratteristica*, ottenuta da prove di compressione su elementi cubici di lato normalizzato.

Fra acciaio e calcestruzzo si genera una interazione, nota con il nome di *aderenza*, per cui, entro certi limiti di sforzo, risulta impedito lo scorrimento fra le barre di armatura e il conglomerato circostante.

Tale fenomeno consente di trasferire a quest'ultimo gli sforzi normali agenti sulle barre mediante azioni taglienti, in tal senso si parla di *tensione di aderenza*.

È logico attendersi che le armature vengano posizionate in zona tesa, ad esempio, in una trave appoggiata soggetta a un carico uniformemente distribuito, e quindi con momento flettente positivo per tutta la lunghezza, l'armatura sarà collocata nella zona inferiore (*cfr.* figura 1.1a); nelle stesse condizioni di carico ma con appoggio e incastro, quindi con inversione di segno del momento, sarà logico attendersi una disposizione come in figura 2.1b.

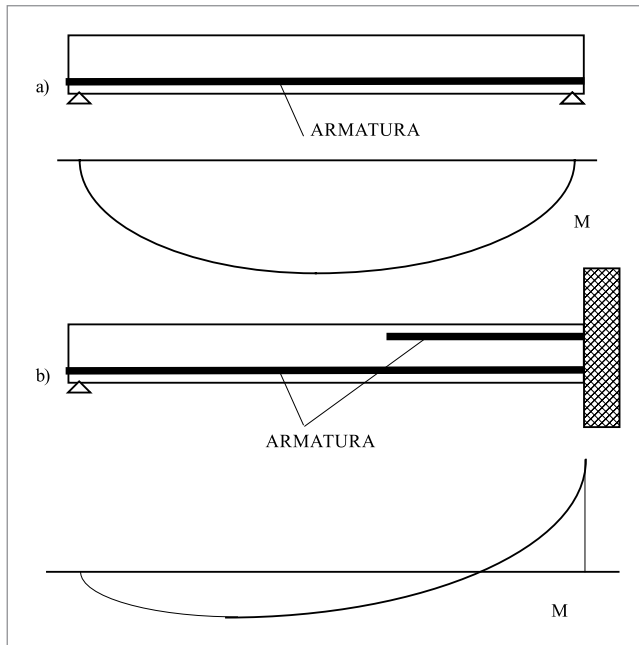


Figura 2.1. *Disposizione teorica delle armature in: a) trave appoggiata, b) trave con appoggio e incastro*

D'altro canto se consideriamo il comportamento sotto carico della trave di calcestruzzo armato di figura 2.2, si nota che fin dal manifestarsi di valori molto bassi delle tensioni in zona tesa, cominciano a prodursi lesioni ortogonali alla direzione delle linee isostatiche di trazione, vista la poca resistenza a trazione del conglomerato.

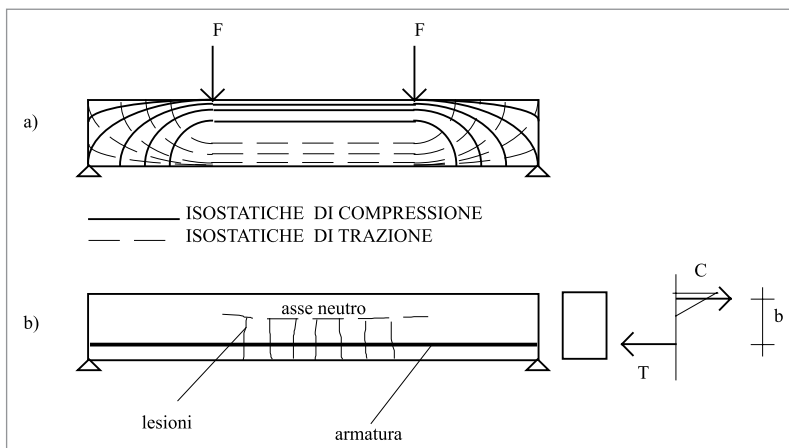


Figura 2.2. *Schema fessurativo e posizione dell'asse neutro in travi in calcestruzzo armato soggette a flessione*

IL LEGNO STRUTTURALE

3.1. Costruzioni a struttura portante in legno

Le NTC18 definiscono le costruzioni a struttura portante lignea facendo la seguente distinzione:

- costruzioni di **legno strutturale** (legno massiccio, segato, squadrato oppure tondo);
- costruzioni con **prodotti strutturali a base di legno** (legno lamellare incollato, pannelli a base di legno).

I collegamenti tra gli elementi strutturali vengono classificati in:

- adesivi;
- mezzi di unione meccanici.

Le disposizioni del decreto possono essere utilizzate sia per nuove costruzioni che per costruzioni esistenti. In quest'ultimo caso, ovviamente, si deve provvedere ad una realistica valutazione delle caratteristiche meccaniche del legno.

3.2. Utilizzo di materiali e prodotti a base di legno

Come per gli altri prodotti per uso strutturale, anche quelli in legno devono essere soggetti a procedura di:

- identificazione;
- qualificazione;
- accettazione.

L'identificazione e la qualificazione avviene mediante applicazione da parte del produttore della Marcatura CE, qualora sia disponibile una norma armonizzata europea. In ogni caso è previsto comunque il rilascio di Certificato di Idoneità Tecnica da parte del Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici. La circolazione e l'uso dei prodotti strutturali a base di legno deve pertanto essere conforme all'uno o all'altro criterio certificativo.

La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti di legno e dei prodotti a base di legno per uso strutturale sono soggetti all'applicazione di un sistema di controllo di qualità e di rintracciabilità che copra la catena di distribuzione, dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti e/o semilavorati, almeno fino al momento della prima messa in opera.

Ogni fornitura deve essere accompagnata, a cura del Produttore, da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera. Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto sopra prescritto.

Il Progettista deve indicare nel progetto le caratteristiche dei materiali secondo le indicazioni contenute nelle NTC che di seguito verranno illustrate. Tali caratteristiche devono essere garantite dai Fornitori e/o Produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni applicabili di cui alla marcatura CE o equipollente.

Il Direttore dei Lavori è tenuto dunque ad accertare la suindicata documentazione e resta sotto la sua esclusiva responsabilità l'*accettazione* in cantiere del materiale e la sua applicazione per uso strutturale. Il Collaudatore ha infine l'obbligo di verificare che la documentazione che accompagna la messa in opera del materiale sia conforme alle suindicate disposizioni.

Sono abilitati ad effettuare le prove ed i controlli, sia sui prodotti che sui cicli produttivi, i laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e gli organismi di prova abilitati ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 in materia di prove e controlli sul legno.

3.3. Proprietà dei materiali

Per quanto concerne i prodotti per uso strutturale a base di legno:

- **Valori caratteristici di resistenza:** si definiscono valori caratteristici di resistenza di un tipo di legno i valori del frattile 5% della distribuzione delle resistenze, ottenuti sulla base dei risultati di prove sperimentali effettuate con una durata di 300 secondi su provini all'umidità di equilibrio del legno corrispondente alla temperatura di $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ed umidità relativa dell'aria del $65 \pm 5\%$.
- **Modulo elastico:** per il modulo elastico, si fa riferimento sia ai valori caratteristici di modulo elastico corrispondenti al frattile 5% sia ai valori medi, ottenuti nelle stesse condizioni di prova sopra specificate.
- **Massa volumica:** si definisce massa volumica caratteristica il valore del frattile 5% della relativa distribuzione con massa e volume misurati in condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ed umidità relativa dell'aria del $65 \pm 5\%$.

Il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio, lamellare o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, richiedono la conoscenza dei valori di resistenza, modulo elastico e massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve comprendere almeno quanto riportato nella tabella 3.1.

Tabella 3.1. Parametri meccanici del legno

Resistenze caratteristiche		Moduli elastici		Massa volumica	
Flessione	$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio **	$E_{0,\text{mean}}$	Massa volumica caratteristica	ρ_k
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	Massa volumica media *, **	ρ_{mean}
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	Modulo elastico perpendicolare medio **	$E_{90,\text{mean}}$		
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	Modulo elastico tangenziale medio **	G_{mean}		
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$				
Taglio	$f_{v,k}$				

* La massa volumica media può non essere dichiarata.
 ** Il pedice *mean* può essere abbreviato con *m*

COSTRUZIONI IN MURATURA PORTANTE

4.1. Definizione di costruzioni in muratura portante

Secondo le NTC18 sono definite in muratura portante le costruzioni con struttura portante verticale realizzata con sistemi in blocchi di elementi artificiali legati con malta, in grado di sopportare azioni verticali e orizzontali, collegati tra di loro da strutture di impalcato, orizzontali ai piani ed eventualmente inclinate in copertura, e da opere di fondazione.

4.2. Elementi per murature

4.2.1. Norme armonizzate e Categorie

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella 4.1.

Tabella 4.1. Riferimenti tecnici della norma europea per elementi per muratura portante

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione
Specifiche per elementi per muratura – Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibro-compresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	Categoria I	2+
	Categoria II	4

Come si evince dalla tabella sopra gli elementi di distinguono in 2 categorie la cui differenza consta nell'attribuzione del sistema di attestazione di qualità: 2+ per la Categoria I; 4 per la Categoria II. In sostanza si tratta di un controllo di produzione che in entrambi i casi viene eseguito sotto la totale responsabilità del Produttore, ma solo nel sistema 2+ le procedure di controllo vengono eseguite da un ente terzo notificato e accreditato¹.

Una ulteriore differenza fra gli elementi di Categoria I e Categoria II è relativo al metodo e al controllo statistico che definisce la resistenza meccanica. Per gli elementi di Categoria I viene dichiarata una resistenza caratteristica a compressione f_{bk} riferita al frattile 5%, al contrario, nella Categoria II rientrano tutti gli altri tipi di elementi.²

¹ Ovvero abilitato dalle norme europee ad effettuare i controlli.

² Per la definizione di resistenza caratteristica con frattile 5% consultare il Capitolo 13.

Come si vedrà in seguito, l'utilizzo di una categoria piuttosto che l'altra, implica l'adozione di un diverso coefficiente di sicurezza dei materiali γ_M che, ovviamente, è più penalizzante nei confronti della Categoria II in quanto «meno controllata».

Le Ditte Produttrici rilasciano una certificazione dei prodotti che consiste nella «Dichiarazione di Conformità», eventualmente corredata dal Certificato dell'Ente Accreditato.³

4.2.2. Elementi artificiali

Si tratta di elementi di produzione industriale che possono essere in laterizio, calcestruzzo, calcestruzzo alleggerito con vari tipi di materiale (ad esempio argilla espansa, fibre minerali ecc), o altri tipi di impasto. Possono essere pieni o dotati di fori in direzione normale al piano di posa (foratura verticale) oppure in direzione parallela (foratura orizzontale). Secondo la normativa tecnica, dettata dal D.M. 17 gennaio 2018, per l'impiego strutturale, gli elementi artificiali impiegati per le murature, sono classificati in base alla percentuale di foratura φ ed all'area media della sezione normale di ogni singolo foro f .

I fori sono di regola distribuiti pressoché uniformemente sulla faccia dell'elemento.

La percentuale di foratura è espressa dalla relazione:

$$\varphi = 100 F/A \quad (4.1)$$

dove:

- F = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti;
- A = area lorda della faccia dell'elemento di muratura delimitata dal suo perimetro.

Nel caso dei blocchi in laterizio estrusi la percentuale di foratura j coincide con la percentuale in volume dei vuoti come definita dalla norma UNI EN 772-9:2007.

Le tabelle 4.2 e 4.3 riportano la classificazione per gli elementi in laterizio e calcestruzzo rispettivamente.

Tabella 4.2. Classificazione di elementi in laterizio in base ai fori

Elementi	Percentuale di foratura φ	Area f della sezione normale del foro
Pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 9 \text{ cm}^2$
Semipieni	$15\% < \varphi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cm}^2$
Forati	$45\% < \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cm}^2$

Tabella 4.3. Classificazione di elementi in calcestruzzo

Elementi	Percentuale di foratura φ	Area f della sezione normale del foro	
		$A \leq 900 \text{ cm}^2$	$A > 900 \text{ cm}^2$
Pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 0,10 A$	$f \leq 0,15 A$
Semipieni	$15\% < \varphi \leq 45\%$	$f \leq 0,10 A$	$f \leq 0,15 A$
Forati	$45\% < \varphi \leq 55\%$	$f \leq 0,10 A$	$f \leq 0,15 A$

³ Generalmente le informazioni vengono riassunte in una scheda tecnica del prodotto (cfr. Appendice C).

APPENDICE A

TABELLA 11.2.III NTC18

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	= C 8/10	Fino al 100%
Demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. (frammenti di calcestruzzo $\geq 90\%$, UNI EN 933-11:2009)	$\leq C20/25$	Fino al 60%
	$\leq C30/37$	$\leq 30\%$
	$\leq C45/55$	$\leq 20\%$
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati – da qualsiasi classe	Classe minore del calcestruzzo di origine	Fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	Fino al 10%

COMBINAZIONI DI CARICO NELLE NTC18

B.1. Combinazioni di carico

Più azioni elementari (vento, neve, carichi di esercizio ecc), possono esercitare il loro effetto su di una costruzione simultaneamente. Le NTC18 indicano le modalità di combinazione.

Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili della combinazione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2}, Q_{k3}, \dots azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante.

Le azioni variabili Q_{kj} vengono combinate con i coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} , i cui valori sono forniti nella Tabella B.1.

Tabella B.1. Coefficienti di combinazione dei carichi

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B – Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per auto-veicoli di peso ≤ 30 KN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per auto-veicoli di peso > 30 KN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1.000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1.000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Con riferimento alla durata relativa ai livelli di intensità di un'azione variabile, le NTC18 definiscono:



- **valore quasi permanente** $\psi_{2j} \cdot Q_{kj}$: il valore istantaneo superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità;

ABACO DI ELEMENTI IN LATERIZIO

D.1. Elementi artificiali pieni

Le caratteristiche dimensionali degli elementi in laterizio pieno hanno avuto storicamente specificità locali, prevalentemente regionali. L'elemento tradizionale standard definito come «matton» può tuttavia essere ricondotto alle dimensioni riportate in Tabella D.1. Il suo utilizzo avviene in una molteplicità di condizioni di posa tali da realizzare murature portanti e divisorie, a uno o più strati, posato in «orizzontale» o di «taglio».

Tabella D.1. Dati per laterizi pieni¹

Denominazione	Dimensioni nominali (cm)			Foratura %	Resistenza caratteristica a compressione (N/mm ²)		Peso blocco (kg)	Peso muratura (kg/m ²)
	spessore	larghezza	altezza		f_{bk} // ai fori	$f_{bk \perp}$ ai fori		
	12	25	6	0	34,07	12,41	3	195
	25	12	6	0	34,07	11,64	3	412
Mattone 3 fori								
	12	25	6	8	28,36	9,57	2,5	172
	25	12	6	8	28,36	7,83	2,5	375

D.2. Elementi artificiali semipieni

D.2.1. Doppio UNI e standard semipieno

Oltre al formato classico del mattone semipieno 25 cm × 12 cm × 6 cm, un altro formato di uso comune è il «doppio UNI»: un modulare di serie normalizzato, molto diffuso, che rappresenta uno dei formati standard. Nella Tabella D.2 riportiamo le caratteristiche geometriche ed altri parametri utili al progettista². Può essere utilizzato in modo da formare spessori da 12 cm per tramezzature interne, o da 25 cm per murature portanti. In quest'ultimo caso si può utilizzare o direttamente in spessore oppure combinato in 12+12 interponendo uno strato di malta da 1

¹ I dati relativi ai parametri meccanici si riferiscono alla produzione certificata Gruppo Stabila di Isola Vicentina.

² Vedi nota precedente.

APPENDICE E

SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI IN ALCUNI CASI ELEMENTARI – TABELLARIO

• TRAVI A SBALZO

Grafici e diagrammi	Formule analitiche
<p><i>Carico concentrato all'estremo</i></p>	<p><i>Reazioni</i></p> $V_A = P; \quad H_A = 0; \quad M_A = + Pl$ <p><i>Taglio</i></p> $T_A = P; \quad T_x = P \text{ (costante)}$ <p><i>Momenti</i></p> $M_A = M_{\max} = - P \cdot l$ $M_x = - P \cdot x \text{ (variazione lineare)}$ <p><i>Spostamenti</i></p> $f = \frac{1}{3} \frac{P \cdot l^3}{EJ}; \quad \alpha = \frac{P \cdot l^2}{2EJ}$
<p><i>Carico uniformemente ripartito</i></p>	<p><i>Reazioni</i></p> $V_A = p \cdot l; \quad H_A = 0; \quad M_A = + \frac{p \cdot l^2}{2}$ <p><i>Taglio</i></p> $T_B = 0; \quad T_A = p \cdot l$ $T_x = p \cdot x \text{ (variazione lineare)}$ <p><i>Momenti</i></p> $M_A = M_{\max} = - \frac{p \cdot l^2}{2}$ $M_x = - \frac{px^2}{2} \text{ (variazione parabolica)}$ <p><i>Spostamenti</i></p> $f = \frac{p \cdot l^4}{8EJ}; \quad \alpha = \frac{p \cdot l^3}{6EJ}$

LA REGOLARITÀ NEGLI EDIFICI

G.1. Generalità

Le NTC18 definiscono due tipi di regolarità:

- regolarità in pianta;
- regolarità in altezza.

Una costruzione è regolare in pianta ed in altezza quando il suo comportamento è governato principalmente da modi di vibrare sostanzialmente traslazionali lungo due direzioni ortogonali e quando tali modi sono caratterizzati da spostamenti crescenti in maniera approssimativamente lineare con l'altezza.

G.2. Regolarità in pianta

Una costruzione è **regolare in pianta se tutte** le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta dell'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento;
- b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- c) ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione;

G.3. Regolarità in altezza

Una costruzione è regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio;
- b) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia stato affidato almeno il 50% dell'azione sismica di base;

CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP

1. Contenuti della WebApp

La WebApp inclusa gestisce le seguenti utilità:

- **Banca dati normativa e giurisprudenza**
La banca dati è consultabile attraverso un motore di ricerca e prevede aggiornamenti automatici per 365 giorni dall'attivazione della WebApp
- **Esempi di dimensionamento strutturale**
Sezione applicativa della WebApp che riporta gli esempi di dimensionamento strutturale contenuti nel presente manuale

1 – ACCIAIO

- **Valutazione del Momento Resistente**
 - **Esempio 1.1.** *Valutazione del Momento Resistente*
- **Verifiche allo Stato Limite Ultimo**
 - **Esempio 1.2.** *Trazione per sezioni integre*
 - **Esempio 1.3.** *Trazione per sezioni indebolite da fori*
 - **Esempio 1.4.** *Flessione monoassiale (retta)*
 - **Esempio 1.5.** *Verifica a taglio in termini elastici*
 - **Esempio 1.6.** *Flessione e taglio*
 - **Esempio 1.7.** *Torsione semplice*
 - **Esempio 1.8.** *Stabilità delle membrature – Aste compresse*
 - **Esempio 1.9.** *Stabilità delle membrature – Limitazioni di snellezza*
 - **Esempio 1.10.** *Stabilità delle membrature – Instabilità di membrature inflesse e compresse*
- **Verifiche agli Stati Limite di Esercizio**
 - **Esempio 1.11.** *Spostamenti verticali*
- **Unioni bullonate**
 - **Esempio 1.12.** *Modalità di rottura dei collegamenti bullonati e ipotesi di calcolo – Verifica della rottura del gambo*
 - **Esempio 1.13.** *Modalità di rottura dei collegamenti bullonati e ipotesi di calcolo – Verifica della rottura per rifollamento*
 - **Esempio 1.14.** *Modalità di rottura dei collegamenti bullonati e ipotesi di calcolo – Verifica della rottura per punzonamento dei piatti*
- **Saldature**
 - **Esempio 1.15.** *Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo*

2 – CALCESTRUZZO ARMATO

- **Diametro massimo degli aggregati (Curva di Füller)**
 - **Esempio 2.1.** Dimensionamento massimo diametro inerte
 - **Esempio 2.2.** Dimensionamento miscela di inerti
- **Il rapporto acqua/cemento**
 - **Esempio 2.3.** Regola di Lyse: dimensionamento dello slump
 - **Esempio 2.4.** Legge di Abrams: dimensionamento rapporto acqua/cemento
 - **Esempio 2.5.** Valutazione del dosaggio applicando la legge di Abrams e la regola di Lyse
 - **Esempio 2.6.** Valutazione del dosaggio applicando la legge di Abrams e la regola di Lyse
- **Controlli nel calcestruzzo**
 - **Esempio 2.7.** Prelievo dei campioni e controlli di accettazione – Esempio di calcolo per un controllo di Tipo A
- **Caratteristiche meccaniche del calcestruzzo**
 - **Esempio 2.8.** Resistenza cilindrica a compressione
 - **Esempio 2.9.** Resistenza media a compressione
 - **Esempio 2.10.** Resistenza di calcolo a compressione per spessori < 50 mm
 - **Esempio 2.11.** Resistenza di calcolo a compressione e flessione
 - **Esempio 2.12.** Resistenza media e caratteristica a trazione e flessione
 - **Esempio 2.13.** Resistenza di calcolo a trazione
 - **Esempio 2.14.** Modulo elastico
- **Acciaio per calcestruzzo armato**
 - **Esempio 2.15.** Resistenze di calcolo degli acciai da calcestruzzo armato
- **Aderenza acciaio calcestruzzo**
 - **Esempio 2.16.** Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo
- **Verifiche a flessione allo Stato Limite Ultimo**
 - **Esempio 2.17.** Verifica a flessione retta (sezione rettangolare) – Determinazione del momento resistente
 - **Esempio 2.18.** Verifica a flessione retta (sezione rettangolare) – Determinazione del momento agente e verifica
 - **Esempio 2.19.** Verifica a flessione retta (sezione rettangolare) – Contributo dell'armatura compressa
 - **Esempio 2.20.** Verifica a flessione retta (sezione rettangolare) – Percentuali meccaniche di armatura
 - **Esempio 2.21.** Verifica a flessione retta (sezione rettangolare) – Utilizzo di curve di predimensionamento
 - **Esempio 2.22.** Formula approssimata di predimensionamento dell'armatura tesa a flessione semplice – Predimensionamento armatura con formula approssimata
 - **Esempio 2.23.** Flessione retta nelle sezioni con ala appartenente a soletta continua (solaio in laterocemento)

- **Esempio 2.24.** Metodo semplificato di verifica a pressoflessione deviata
- **Verifiche di instabilità**
 - **Esempio 2.25.** Instabilità euleriana
- **Verifiche a taglio allo SLU**
 - **Esempio 2.26.** Armature minime – Esempio di verifica a taglio
- **Resistenza a taglio di elementi tozzi con schema tirante-puntone**
 - **Esempio 2.27.** Resistenza a taglio di elementi tozzi con schema tirante-puntone
- **Verifiche a torsione allo SLU**
 - **Esempio 2.28.** Esempio di verifica a torsione
- **Verifica dell'aderenza tra barre di acciaio e calcestruzzo**
 - **Esempio 2.29.** Determinazione della lunghezza di ancoraggio
- **Verifica agli Stati Limite di Esercizio**
 - **Esempio 2.30.** Verifica allo stato limite di apertura delle fessure (metodo tabellare)
 - **Esempio 2.31.** Verifica delle tensioni di esercizio
- **Regole di dettaglio esecutivo**
 - **Esempio 2.32.** Travi – Armatura minima in zona tesa
 - **Esempio 2.33.** Travi – Armatura minima negli appoggi
 - **Esempio 2.34.** Travi – Armatura massima in zona tesa e compressa
 - **Esempio 2.35.** Travi – Staffatura minima
 - **Esempio 2.36.** Pilastrini – Barre longitudinali minime

3 – LEGNO STRUTTURALE

- **Proprietà dei materiali**
 - **Esempio 3.1.** Legno massiccio (Determinazione di k_h)
 - **Esempio 3.2.** Legno lamellare – La classificazione (Determinazione di k_h)
- **Valori di una caratteristica meccanica del legno con il metodo semiprobabilistico**
 - **Esempio 3.3.** Valutazione resistenza di flessione a progetto per legno lamellare
- **Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)**
 - **Esempio 3.4.** Valutazione dei moduli elastici E , G a tempo infinito
 - **Esempio 3.5.** Valutazione delle frecce – Limiti di freccia. Esempio di verifica di freccia, trave reggente solaio
- **Verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU)**
 - **Esempio 3.6.** Trazione parallela alle fibre
 - **Esempio 3.7.** Compressione parallela alle fibre per elementi tozzi
 - **Esempio 3.8.** Azioni ortogonali alle fibre – Compressione perpendicolare alle fibre
 - **Esempio 3.9.** Flessione – Flessione retta
 - **Esempio 3.10.** Flessione – Flessione deviata
 - **Esempio 3.11.** Taglio
 - **Esempio 3.12.** Torsione

- **Esempio 3.13.** *Verifiche di stabilità – Instabilità flessione torsionale (Caso 1)*
- **Esempio 3.14.** *Verifiche di stabilità – Instabilità flessione torsionale (Caso 2)*
- **Esempio 3.15.** *Verifiche di stabilità – Instabilità euleriana*

4 – MURATURA

- **Parametri meccanici delle murature**
 - **Esempio 4.1.** *Stima di progetto della resistenza caratteristica a compressione di elementi artificiali pieni e semipieni*
 - **Esempio 4.2.** *Stima di progetto della resistenza caratteristica a compressione di elementi naturali*
- **Muri di controvento**
 - **Esempio 4.3.** *Verifica di elemento idoneo alla funzione di controvento*
- **La snellezza convenzionale**
 - **Esempio 4.4.** *Verifica di snellezza di muratura*
- **Verifiche per edifici semplici**
 - **Esempio 4.5.** *Verifica sismica di un edificio semplice*
- **Verifiche allo SLU**
 - **Esempio 4.6.** *Pressoflessione nel piano*
 - **Esempio 4.7.** *Taglio per azioni nel piano del muro*
 - **Esempio 4.8.** *Rottura per conseguenza di applicazione di carichi concentrati*

2. Requisiti hardware e software

- Dispositivo con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android
- Accesso ad internet e browser web con *Javascript* attivo
- Software per la gestione di documenti Office e PDF

3. Attivazione della WebApp

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0120_1.php

- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**]

- 3) **Utenti già registrati su www.grafill.it**

- 3.1) Inserire i dati di accesso e cliccare [**Accedi**]
- 3.2) Accettare la licenza d’uso e cliccare [**Continua**]

- 4) **Utenti non ancora registrati su www.grafill.it**

- 4.1) Cliccare [**Iscriviti**]
- 4.2) Compilare il form di registrazione e cliccare [**Iscriviti**]
- 4.3) Accettare la licenza d’uso e cliccare [**Continua**]

- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati all’indirizzo e-mail inserito nel form di registrazione

- 6) Accedere al profilo utente su **www.grafill.it**
- 7) Cliccare il pulsante **[G-CLOUD]**
- 8) Cliccare il pulsante **[Vai alla WebApp]** in corrispondenza del prodotto acquistato

4. Assistenza tecnica (TicketSystem)

I prodotti **Grafill** sono coperti da assistenza tecnica gratuita per 365 giorni dall'acquisto. L'assistenza è prevista per l'installazione, l'avvio o la reinstallazione del prodotto (*non è prevista assistenza per il recupero dei dati*), se la configurazione hardware rispetta i requisiti richiesti.

L'assistenza *TicketSystem* è disponibile all'indirizzo **<https://www.supporto.grafill.it>**. Effettuare il login al *TicketSystem* utilizzando i dati del profilo utente di **www.grafill.it** ed aprire un ticket seguendo le istruzioni. La cronologia dei ticket resterà disponibile sulla schermata principale del *TicketSystem*.

