



Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2013
via Hoepli 5, 20121 Milano (Italy)
tel. +39 02 864871 - fax +39 02 8052886
e-mail hoepli@hoepli.it

www.hoepli.it

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge
e a norma delle convenzioni internazionali

ISBN 978-88-203-4882-3

Ristampa:

4 3 2 1 2013 2014 2015 2016

Realizzazione editoriale: Andrea Guadagni
Redazione e impaginazione: Margherita Guadagni
Immagine di copertina: CoreBrace (Utah, USA), per gentile concessione.

Copertina realizzata da Sara Taglialegne

Stampato da L.E.G.O. S.p.A., stabilimento di Lavis (Trento)
Printed in Italy

Indice

Prefazione

1	Metodi di verifica e materiali	1
1.1	Norme di riferimento	1
1.2	Metodo degli Stati limite	1
1.3	Verifiche di sicurezza	2
1.4	Materiali	6
1.5	Acciaio e resilienza	9
2	Classificazione delle sezioni	17
2.1	Generalità	17
2.2	Classificazione delle sezioni ad H	24
2.2.1	Sezioni ad H in compressione semplice	24
2.2.2	Sezioni ad H in flessione semplice attorno all'asse maggiore d'inerzia	25
2.2.3	Sezioni ad H in flessione semplice attorno all'asse minore d'inerzia	30
2.2.4	Sezioni ad H in pressoflessione	33
2.3	Classificazione dei profili cavi (a sezione rettangolare, quadrata e circolare)	41
2.3.1	Profili cavi a sezione rettangolare o quadrata in compressione semplice	41
2.3.2	Profili cavi a sezione rettangolare o quadrata in flessione semplice attorno all'asse maggiore d'inerzia	43
2.3.3	Profili cavi a sezione rettangolare o quadrata in flessione semplice attorno all'asse minore d'inerzia	46
2.3.4	Profili cavi a sezione rettangolare o quadrata in pressoflessione	46
2.4	La classificazione delle sezioni secondo le BS 5950	49
2.5	Esempi	52
2.6	Tabelle	60
3	Verifiche di resistenza delle sezioni	89
3.1	Generalità	89
3.2	Trazione	90
3.3	Compressione	92
3.4	Flessione	92
3.5	Taglio	94
3.6	Torsione	95

3.7	Flessione e taglio	99
3.8	Presso o tensoflessione	101
3.9	Presso o tensoflessione e taglio	104
3.10	Esempi	105
4	Instabilità delle aste compresse	117
4.1	Generalità	117
4.1.1	Instabilità delle aste semplici	118
4.1.2	Instabilità delle aste composte	134
4.1.3	Esempi	149
5	Instabilità delle aste inflesse	169
5.1	L'instabilità flessotorsionale	169
5.1.1	Metodo generale dell'EC3	171
5.1.2	Metodo dell'EC3 per sezioni laminate o equivalenti saldate	172
5.1.3	Metodo delle NTC 2008	173
5.1.4	Determinazione del momento critico M_{cr}	174
5.1.5	Confronto tra i tre metodi	185
5.1.6	Verifiche per profili a C	189
5.1.7	Esempi	189
6	Instabilità delle aste pressoinflesse	215
6.1	Verifiche a pressoflessione secondo l'EC3	215
6.1.1	Metodo 1 dell'Eurocodice 3	216
6.1.2	Metodo 2 dell'Eurocodice 3	224
6.2	Verifiche a pressoflessione secondo le NTC2008	226
6.3	Esempi	228
7	Stabilità globale dei telai	249
7.1	Lunghezza di libera inflessione	249
7.2	Imperfezioni	254
7.3	Telai controventati e non controventati	259
7.4	Telai a nodi fissi e a nodi spostabili	260
7.5	Lunghezze di libera inflessione per le colonne	267
7.6	Esempi	272
8	Stati limite di esercizio	299
8.1	Generalità	299
8.2	I limiti di deformabilità	299
8.3	Lo stato limite di vibrazione	300
9	Giunti bullonati	303
9.1	Unioni bullonate	303
9.1.1	Classi di bulloni	303
9.1.2	Categorie di connessioni bullonate	305

9.1.3	Dimensione dei fori, spaziature e distanze dai bordi	307
9.1.4	Verifiche dei bulloni a taglio	309
9.1.5	Verifiche dei bulloni ad attrito	315
9.1.6	Distribuzione delle forze nelle bullonature	318
9.1.7	Serraggio dei bulloni	319
9.1.8	Esempi	323
10	Giunti saldati	335
10.1	Unioni saldate	335
10.1.1	Saldature a cordoni d'angolo: metodo direzionale dell'EC3	335
10.1.2	Saldature a cordoni d'angolo: metodo semplificato dell'EC3	339
10.1.3	Saldature a cordoni d'angolo: metodo alternativo delle NTC2008	340
10.2	Calcolo delle saldature a cordoni d'angolo composte da diversi tratti	342
10.3	Saldature a completa penetrazione	347
10.4	Esecuzione delle saldature	347
10.5	Esempi	352
11	Norma UNI EN 1090	359
11.1	Generalità	359
11.2	Contenuto della UNI EN 1090	359
11.3	Classi di esecuzione delle strutture	360
11.4	Tolleranze di fabbricazione e montaggio	366
12	Strutture in acciaio resistenti al sisma	381
12.1	Sollecitazione sismica	381
12.2	Criteri generali di progettazione sismica	395
12.3	Sisma e tipologie strutturali	401
12.4	Modellazione e analisi	405
12.5	Progettazione delle strutture per il sisma	411
12.5.1	Progettazione di elementi strutturali secondari (NTC2008 §7.2.3)	412
12.5.2	Progettazione di elementi non strutturali (NTC2008 §7.2.3)	412
12.5.3	Progettazione degli impianti (NTC2008 §7.2.4)	414
12.5.4	Valutazione degli spostamenti (NTC2008 §7.2.2, §7.3.3.3)	416
12.5.5	Combinazione delle azioni sismiche	417
12.5.6	Analisi e verifica delle strutture in zona 4	418
12.5.7	Criteri di verifica sismica agli stati limite	419
12.6	Duttilità dei materiali e delle sezioni	423
12.7	Dimensionamento degli elementi strutturali per il sisma	427
12.7.1	Regole di progetto per strutture intelaiate	427
12.7.2	Regole di progetto per strutture con controventi concentrici a "X"	438
12.7.3	Regole di progetto per strutture con controventi concentrici a "V"	445
12.7.4	Regole di progetto per telai con controventi eccentrici	450
12.7.5	Regole di progetto per strutture a pendolo inverso	455
12.7.6	Determinazione dei carichi in fondazione	455

12.8 Criteri di progetto sismico per torri, pali e camini	458
12.9 Dimensionamento delle connessioni per il sisma	459
12.10 Esempi	471
13 Analisi e verifica delle strutture in acciaio con l'ausilio di software strutturale	505
13.1 Introduzione	505
13.1.1 Tipologie di analisi, verifiche e validazione del calcolo strutturale	505
13.2 Approcci possibili di calcolo e verifica utilizzando software di calcolo strutturale.....	511
13.3 Verifica di elementi in acciaio	512
13.4 Analisi di un edificio multipiano in acciaio	518
13.4.1 Definizione ed esame delle principali problematiche.....	519
13.4.2 Modellazione, tipologia di analisi e ipotesi sugli elementi.....	520
13.4.3 Opzioni di calcolo: eccentricità delle masse.....	524
13.4.4 Combinazioni di carico.....	525
13.4.5 Verifica: le regole di gerarchia delle resistenze.....	525
13.4.6 Modellazione del terreno.....	526
13.4.7 Scenari di calcolo	526
13.4.8 Scenario 1: analisi statica lineare (struttura soggetta al solo peso proprio).....	527
13.4.9 Scenario 2: analisi statica equivalente in regime elastico lineare con ipotesi di piano rigido	532
13.4.10 Scenario 3: analisi statica equivalente in regime elastico lineare senza l'ipotesi di piano rigido.....	545
13.4.11 Scenario 4: analisi statica equivalente in regime elastico non lineare	548
13.4.12 Scenario 5: analisi dinamica modale in presenza di elementi diagonali a comportamento non lineare.....	549
13.4.13 Scenario 6: analisi dinamica modale con elementi diagonali a comportamento non lineare a compressione massima controllata.....	560
13.4.14 Scenario 7: analisi di pushover.....	568
13.4.15 Scenario 8: analisi pushover come metodo di progetto	578
Bibliografia	589

Prefazione

Il volume è un manuale pratico che guida il lettore nell'uso delle norme italiane ed europee per il calcolo delle strutture in acciaio. Si tratta delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) promulgate col DM del 14 gennaio 2008, a cui ha fatto seguito la Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Entrambe riprendono quanto contenuto negli Eurocodici 3 e 8, ma presentano spesso omissioni e talvolta anche errori, e forniscono prescrizioni alternative in alcuni casi. Perciò faremo riferimento sia alle norme italiane, sia agli Eurocodici, mettendo in evidenza le eventuali differenze.

Il libro mostra prima di tutto come applicare le formule delle norme, in alcuni casi riscrivendole o ponendole in forma di tabella, se ciò offre maggiore chiarezza. E, ogni volta che è necessario, si richiama l'attenzione del lettore sugli aspetti poco chiari delle norme.

Si forniscono molti di esempi numerici, svolti con calcoli manuali, utili sia per il pre-dimensionamento, sia per il controllo dei calcoli eseguiti col *software*. Per alcune procedure di calcolo sono stati sviluppati fogli di Excel con cui esplorare le formule più complesse. Questi fogli si possono scaricare dal sito www.manualihoepli.it, insieme a eventuali aggiornamenti.

Spesso le formule degli Eurocodici sono infatti tutt'altro che semplici e sembrano pensate più per applicazioni di calcolo automatico che per calcoli manuali. Tuttavia saper eseguire calcoli a mano è importantissimo perché consente di crearsi una sensibilità progettuale e di controllare di non aver fatto errori madornali nell'uso dei programmi di calcolo.

Il volume è stato pensato come uno strumento pratico per la progettazione che semplifica le procedure pur senza perdere il rigore della normativa originale. Non è dunque un trattato teorico che spiega i concetti di base. Si dà quindi per scontato che il lettore conosca già questi argomenti o che si rivolga ai testi accademici che trattano in modo esauriente gli aspetti concettuali.

Nel primo capitolo vengono trattati i metodi di verifica agli stati limite e vengono descritte le caratteristiche del materiale acciaio e le principali prescrizioni relative. Nel capitolo 2 si parla della classificazione delle sezioni. È un argomento fondamentale per le verifiche agli stati limite che tengono conto della plasticizzazione delle sezioni.

Nel capitolo 3 ci si occupa delle verifiche di resistenza delle sezioni: trazione, compressione, flessione, taglio e torsione. Nei capitoli 4, 5 e 6 si esplorano le instabilità delle aste singole in compressione semplice, flessione e pressoflessione, mentre nel capitolo 7 si tratta l'instabilità globale dei telai. Il capitolo 8 si occupa degli stati limite di esercizio, e i capitoli 9 e 10 dei giunti bullonati e saldati.

Il capitolo 11 tratta i problemi costruttivi delle strutture in acciaio in base alla norma UNI EN 1090. È un argomento che interessa prevalentemente i costruttori, ma è comunque molto importante anche per i progettisti.

Col capitolo 12 ci si occupa delle norme particolari per le strutture resistenti al sisma. Si fornisce una panoramica dei problemi del calcolo sismico: definizione della sollecita-