

BIBL
Inge
G
06
Id.
Coll.
Seconda

CALCOLO DI STRUTTURE IN ACCIAIO

ISBN 978-88-6310-010-5

Copyright © 2008 EPC S.r.l.

Via dell'Acqua Traversa, 187/189 - 00135 Roma - www.insic.it

Servizio clienti: Tel. 06 33245277

Redazione: Tel. 06 33245264/205 - Fax: 06 3313212 - www.epclibri.it

www.insic.it, il portale del Gruppo EPC per un'informazione sempre puntuale e aggiornata
La EPC S.r.l. invita a consultare periodicamente la pagina <http://assistenza.insic.it> dove sarà possibile scaricare gli eventuali aggiornamenti dei volumi e dei software successivamente alla loro pubblicazione.

Proprietà letteraria e tutti i diritti riservati alla EPC LIBRI. La struttura e il contenuto del presente volume non possono essere riprodotti, neppure parzialmente, salvo espressa autorizzazione della Casa Editrice. Non ne è altresì consentita la memorizzazione su qualsiasi supporto (magnetico, magneto-ottico, ottico, fotocopie ecc.).

Benché la Casa Editrice abbia curato con la massima attenzione la preparazione del volume declina ogni responsabilità per possibili errori od omissioni, nonché per eventuali danni risultanti dall'uso dell'informazione ivi contenuta.

INDICE GENERALE

Premessa 13

PARTE 1

INTRODUZIONE ALLA NORMA
E ALLE VERIFICHE 15

1.1 Premessa 15

1.2 Cenni alla situazione normativa 21

1.3 Aspetti generali di EN 1993-1-1:2005 22

1.3.1 Notazione 22

1.3.2 Teorie lato resistenza 26

1.3.3 Combinazioni 29

1.3.4 Imperfezioni 32

1.3.5 Calcoli globali: effetto $P-\Delta$ 33

1.3.6 Effetto $P-\delta$ 36

1.4 Classificazione delle sezioni trasversali 38

1.4.1 Generalità 38

1.4.2 Esempio di classificazione sotto sollecitazioni elementari 43

1.4.3 Esempio di classificazione sotto sollecitazioni miste 45

1.4.3.1 Classificazione massima 46

1.4.3.2 Classificazione selettiva 46



STRUTTURE - SOFTWARE
per la progettazione

BIBLI
Inge
G
06
Id. 2
Coll.
Seconda

1.4.3.3 Classificazione a reclassi46
 1.4.3.4 Classificazione ad azione assiale47
 1.4.4 Classificazione: considerazioni finali..... 49
1.5 Stati limite di servizio50
1.6 Stati limite ultimi per resistenza51
 1.6.1 Classi 1 o 2 (dimensionamento plastico) 51
 1.6.1.1 Verifiche di resistenza in classi 1 e 2 sotto sollecitazioni elementari52
 1.6.1.1.1 Trazione 52
 1.6.1.1.2 Compressione 53
 1.6.1.1.3 Flessione 53
 1.6.1.1.4 Taglio 54
 1.6.1.2 Verifiche di resistenza in classi 1 e 2 sotto sollecitazioni miste56
 1.6.1.2.1 Premessa 56
 1.6.1.2.2 Determinazione dei fattori α_v e w_{Av} per varie sezioni, con taglio uniaassiale 60
 1.6.1.2.2.1 Sezione ad I taglio parallelo all'anima 60
 1.6.1.2.2.2 Sezioni ad I con taglio parallelo alle ali 63
 1.6.1.2.2.3 Sezioni RHS 64
 1.6.1.2.2.4 Sezioni circolari cave 64
 1.6.1.2.3 Azione assiale e momento flettente (N ed M) 64
 1.6.1.2.3.1 Sezioni ad I o ad H 65
 1.6.1.2.3.2 Sezioni tubolari di tipo RHS 66
 1.6.1.2.3.3 Sezioni tubolari circolari 66
 1.6.1.2.4 Azione assiale e taglio (N e V) 67
 1.6.1.2.5 Taglio e momento flettente (V ed M) 67
 1.6.1.2.6 Azione assiale, taglio e momento flettente (N, V ed M) 67
 1.6.1.2.6.1 Sezioni ad I o ad H 69
 1.6.1.2.6.2 Sezioni tubolari di tipo RHS 70
 1.6.1.2.6.3 Sezioni tubolari circolari 71
 1.6.2 Classe 3 (dimensionamento elastico) 71

1.6.3 Classe 4 (sezioni efficaci): introduzione..... 75
 1.6.3.1 Cenni introduttivi al problema delle verifiche su sezioni in classe 475
 1.6.3.2 Calcolo delle caratteristiche efficaci79
 1.6.3.3 Verifiche di resistenza sulle sezioni efficaci 83
1.7 Stati limite ultimi per stabilità 84
 1.7.1 Generalità 84
 1.7.2 Membrature semplicemente compresse..... 88
 1.7.3 Membrature inflesse 92
 1.7.3.1 Introduzione 92
 1.7.3.2 Metodo del momento critico 93
 1.7.3.2.1 Calcolo di χ_{LT} : metodo generale 94
 1.7.3.2.2 Calcolo di χ_{LT} : metodo per sezioni laminare e saldate equivalenti 95
 1.7.3.2.3 Calcolo del momento critico 96
 1.7.3.2.4 Metodi per il calcolo di C_1 99
 1.7.3.3 Il metodo della piattabanda compressa 101
 1.7.4 Membrature presso inflesse..... 104
 1.7.4.1 Metodo 1 108
 1.7.4.1.1 Classi 3 e 4 108
 1.7.4.1.1.1 Forma di base dei coefficienti k_{ij} 108
 1.7.4.1.1.2 Calcolo dei coefficienti C_m in assenza di svergolamento 109
 1.7.4.1.1.3 Calcolo dei coefficienti C_m in presenza di svergolamento 112
 1.7.4.1.2 Classi 1 e 2 115
 1.7.4.1.2.1 Correzione alla forma di base dei coefficienti k_{ij} in classe 1 e 2 115
 1.7.4.1.2.2 I coefficienti C_{ij} 116
 1.7.4.1.2.3 Osservazioni sulle formule del metodo 1 per la classe 1 e 2 117
 1.7.4.2 Metodo 2 119
 1.7.4.2.1 Coefficienti C_{mY} , C_{mZ} , C_{mLT} 119



STRUTTURE - SOFTWARE
per la progettazione

1.7.4.2.2	Coefficienti k_{ij} per le classi 3 e 4	123
1.7.4.2.3	Coefficienti k_{ij} per le classi 1 e 2	124
1.7.4.2.4	Notazione semplificata adatta ai calcoli a mano	125
1.7.4.2.4.1	Definizioni	125
1.7.4.2.4.2	Classe 3 in assenza di svergolamento	126
1.7.4.2.4.3	Classe 3 con svergolamento	127
1.7.4.2.4.4	Classe 1 e 2 senza svergolamento	129
1.7.4.2.4.5	Classi 1 e 2 con svergolamento	131
1.8	Norme Tecniche per le Costruzioni ed Eurocodice 3	132

PARTE 2

ESEMPI DI CALCOLO	135
-------------------------	-----

2.1 Esempio 1: flessione senza svergolamento	135
2.1.1 Posizione del problema	135
2.1.1.1 Descrizione del problema strutturale	135
2.1.1.2 Geometria e profili	136
2.1.1.3 Materiale	136
2.1.1.4 Casi di carico	137
2.1.2 Inquadramento del problema	138
2.1.3 Verifiche allo stato limite di servizio	138
2.1.4 Verifiche allo stato limite ultimo	139
2.1.4.1 Combinazioni di verifica	139
2.1.4.1.1 Descrizione delle combinazioni	139
2.1.4.1.2 Azioni interne combinazione 1	140
2.1.4.1.3 Azioni interne combinazione 2	140
2.1.4.1.4 Classificazione del profilo	141
2.1.4.2 Verifiche di resistenza	142
2.1.4.2.1 Combinazione 1	142

2.1.4.2.2	Combinazione 2	143
2.1.4.2.3	Interazione tra momento flettente, taglio e azione assiale	144
2.1.4.2.4	Riepilogo verifiche di resistenza	144
2.1.4.3	Verifiche di stabilità	144
2.1.4.4	Riepilogo verifiche SLU	145
2.1.5	Conclusioni	145
2.2 Esempio 2: flessione con svergolamento	145	
2.2.1 Posizione del problema	145	
2.2.1.1 Descrizione del problema strutturale	145	
2.2.2 Verifiche allo stato limite ultimo	146	
2.2.2.1 Verifiche di stabilità	146	
2.2.2.1.1 Combinazione 1	146	
2.2.2.1.2 Combinazione 2	149	
2.2.2.1.3 Riepilogo verifiche di stabilità	150	
2.2.2.2 Riepilogo verifiche SLU	150	
2.2.3 Conclusioni	150	
2.3 Esempio 3: pressoflessione	151	
2.3.1 Posizione del problema	151	
2.3.1.1 Descrizione del problema strutturale	151	
2.3.1.2 Geometria e profili	152	
2.3.1.3 Materiale	152	
2.3.1.4 Casi di carico	152	
2.3.2 Inquadramento del problema	154	
2.3.3 Verifiche allo stato limite di servizio	154	
2.3.4 Verifiche allo stato limite ultimo	155	
2.3.4.1 Combinazioni di verifica	155	
2.3.4.1.1 Descrizione delle combinazioni	155	
2.3.4.1.2 Azioni interne combinazione 1	156	
2.3.4.1.3 Azioni interne combinazione 2	156	
2.3.4.2 Classificazione del profilo	156	



2.3.4.3 Verifiche di resistenza 157
 2.3.4.3.1 Combinazione 1 157
 2.3.4.3.2 Combinazione 2 158
 2.3.4.3.3 Riepilogo verifiche di resistenza 161
 2.3.4.4 Verifiche di stabilità 161
 2.3.4.4.1 Combinazione 1 161
 2.3.4.4.2 Combinazione 2 163
 2.3.4.4.3 Riepilogo verifiche di stabilità 167
 2.3.4.5 Riepilogo verifiche SLU 167
 2.3.5 Conclusioni 167

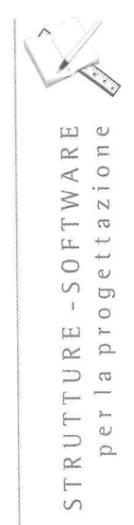
2.4 Esempio 4: telaio a L 168
 2.4.1 Posizione del problema 168
 2.4.1.1 Descrizione del problema strutturale 168
 2.4.1.2 Geometria e profili 169
 2.4.1.3 Materiale 170
 2.4.1.4 Casi di carico 170
 2.4.2 Inquadramento del problema 171
 2.4.3 Verifiche allo stato limite di servizio 172
 2.4.4 Verifiche allo stato limite ultimo 173
 2.4.4.1 Combinazioni di verifica 173
 2.4.4.1.1 Descrizione delle combinazioni 173
 2.4.4.1.2 Azioni interne combinazione 1 174
 2.4.4.1.3 Azioni interne combinazione 2 175
 2.4.4.2 Classificazione dei profili 176
 2.4.4.3 Verifiche di resistenza 178
 2.4.4.3.1 Trave 178
 2.4.4.3.2 Colonna 181
 2.4.4.4 Verifiche di stabilità 186
 2.4.4.4.1 Trave 186
 2.4.4.4.2 Colonna 186
 2.4.4.4.3 Riepilogo verifiche di stabilità 200

2.4.4.5 Riepilogo verifiche SLU 200
 2.4.4.5.1 Trave 200
 2.4.4.5.2 Colonna 201
 2.4.5 Conclusioni 201

2.5 Esempio 5: verifica delle strutture portanti di un solaio 202
 2.5.1 Generazione automatica del solaio 202
 2.5.2 Verifica secondo Eurocodice 3 (svergolamento impedito) 206
 2.5.2.1 SLE 207
 2.5.2.2 SLU 208
 2.5.2.2.1 Trave principale (IPE400) 210
 2.5.2.2.2 Trave secondaria (IPE 100) 211
 2.5.2.2.3 Riepilogo SLU 212
 2.5.2.3 Verifiche automatiche 212
 2.5.3 Solaio con svergolamento libero 212
 2.5.3.1 Verifiche manuali 212
 2.5.3.2 Verifiche automatiche 217

2.6 Esempi di applicazione del Metodo 2 con le tabelle di appendice 217
 2.6.1 Profilo presso inflesso con momento attorno all'asse forte e svergolamento impedito 217
 2.6.2 Profilo presso inflesso con momento secondo l'asse forte e l'asse debole: svergolamento impedito 219

PARTE 3
 GUIDA ALL'USO DEL PROGRAMMA 221
 3.1 Inquadramento 221



3.2	Installazione	224
3.3	Prima registrazione	224
3.4	Trasferimento della licenza da un computer a un altro	227
3.5	Successive versioni, aggiornamenti, comunicazioni	228
3.5.1	Interfaccia	229
3.6	Itinerario di lavoro tipico	230
3.6.1	Introduzione	230
3.6.2	Prime tappe	231
3.6.3	Verifiche SLU	234
3.6.4	Verifiche SLE	239
3.7	Comandi	240
3.7.1	Premessa	240
3.7.2	Menu File	241
3.7.3	Menu Mostra	242
3.7.4	Menu Interroga	243
3.7.5	Menu Disegna	243
3.7.6	Menu Seleziona	244
3.7.7	Menu Strutture	244
3.7.8	Menu Edit	250
3.7.9	Menu Edit-Nodi	258
3.7.10	Menu Edit-Rami	258
3.7.11	Menu Edit-Azioni	264
3.7.12	Menu Edit-Vincolo	270
3.7.13	Menu Edit-Svincolo	271
3.7.14	Menu Edit-Masse	273
3.7.15	Menu Edit-Casi	275
3.7.16	Menu Edit-Combinazioni	277
3.7.17	Menu Post	278
3.7.18	Menu Post-Verifiche	288

3.7.19	Menu Help	295
3.8	Le verifiche	295
3.8.1	Generalità	295
3.8.2	Impostazione delle verifiche a stabilità	297
3.9	Il tabulato	299

PARTE 4

BENCHMARK		
EUROCODE 3: EN 1993-1-1:2005		305
4.1	Presentazione	305
4.2	Il formato delle schede	308
4.3	Nota sulle formule adottate e sui materiali adottati	311
4.4	Benchmark per la resistenza	313
4.5	Benchmark per la stabilità	365

PARTE 5

RIFERIMENTI E APPENDICI		417
5.1	Riferimenti	417
5.2	Appendice 1: coefficienti χ	419
5.2.1	Acciaio S235	419
5.2.2	Acciaio S275	427
5.2.3	Acciaio S355	436



BIBLI
Inge
G
06
Id.
Coll.
Seconda

5.2.4	Acciaio S420	444
5.2.5	Acciaio S460	452
5.3	Appendice 2: coefficienti di sfruttamento n_i	461
5.4	Appendice 3: fattori amplificativi A	464
5.5	Appendice 4: fattori amplificativi P	467
5.6	Appendice 5: fattori amplificativi P_M	470
5.7	Appendice 6: curve di stabilità da adottare per i vari profili	473
5.8	Appendice 7: riepilogo delle formule di presso-flessione secondo il metodo 2 in formato semplificato	474
5.8.1	Definizioni	474
5.8.2	Classe 3	474
5.8.2.1	Classe 3 senza svergolamento	474
5.8.2.2	Classe 3 con svergolamento	475
5.8.3	Classi 1 e 2	475
5.8.3.1	Classe 1 o 2 senza svergolamento	475
5.8.3.2	Classe 1 o 2 con svergolamento	476
5.9	Appendice 8: indici $\alpha_{v,z}$ e $w_{y,Avz}$ per profili IPE, HEA, HEB, HEM	477

PREMESSA

Questo secondo lavoro sull'Eurocodice 3, in questa stessa collana "Strutture", mette a disposizione di un vasto pubblico lo sforzo compiuto negli ultimi quindici anni per disporre di verificatori attendibili che implementassero gli aspetti salienti dell'Eurocodice 3 parte 1-1. Il lavoro propone, come si vedrà, una introduzione alla norma con la spiegazione di numerosi problemi di interpretazione e di applicazione, una serie di esempi svolti curati con estrema analiticità, un programma di calcolo per travi rettilinee e strutture portanti solai molto facile e utile, e un vasto lavoro di validazione. Si tratta del secondo lavoro di una trilogia che ha come obiettivo la trattazione dell'Eurocodice 3 parte 1-1, sia dal punto di vista teorico che dal punto di vista pratico-operativo (e quindi mettendo a disposizione programmi).

Se il primo lavoro era dedicato alla classificazione delle sezioni ed il terzo (in ordine cronologico) sarà dedicato al commento, alla discussione approfondita e alla guida teorica, questo secondo lavoro è invece uno strumento immediatamente operativo. Non ritengo che la presentazione di formule senza spiegazione sia una buona cosa, e nemmeno che si possano saltare a piè pari le idee di base per poter apprendere formule da adoperare acriticamente. Al contrario è indispensabile comprendere a fondo le idee di base, e compito di un buon libro è quello di cercare di spiegarle, possibilmente con parole semplici: molto spesso dietro le formule ci sono idee semplici. In questo testo questa esigenza è coniugata con quella di non avere una trattazione troppo corposa, in modo da fornire una rapida guida di uso pratico.

Desidero ringraziare per il valido aiuto l'ing. Marco Croci, che ha calcolato i primi cinque esempi risolti del cap. 2 e preparato le schede di calcolo del cap. 4, con la mia supervisione, durante un lavoro presso Castalia srl durato vari mesi dopo la tesi di laurea.

Come in tutte le altre occasioni (ormai questa è la quinta di una felice collaborazione) desidero con gratitudine ringraziare l'Editore per la fiducia accordata.

Milano, Dicembre 2007

L'Autore



STRUTTURE - SOFTWARE
per la progettazione