

PROGETTAZIONE DI STRUTTURE IN ACCIAIO

con le nuove Norme Tecniche e gli Eurocodici:
basi concettuali ed esempi di calcolo

Stefania Arangio, Francesca Bucchi, Franco Bontempi

Indice

Prefazione	XIII
Premessa	XV
1. Sicurezza e prestazioni delle costruzioni in acciaio	1
1.1. Il processo di progettazione di una struttura in acciaio	2
1.2. Sistema strutturale, componenti e collegamenti	4
1.3. Requisiti strutturali	5
1.4. Criteri di progettazione	7
1.5. Progettazione prestazionale e prescrittiva	8
1.6. Gestione della qualità	9
2. Comportamento e modellazione delle strutture in acciaio	13
2.1. Caratteristiche dell'acciaio	14
2.2. Classificazione e denominazione	15
2.3. Modello di calcolo dell'acciaio	16
2.4. Morfologia degli elementi strutturali	17
2.5. Introduzione al processo di modellazione strutturale	21
3. Quadro normativo e criteri di verifica	25
3.1. Quadro normativo europeo e nazionale	26
3.2. Gli Eurocodici strutturali	28
3.3. Struttura degli Eurocodici	30
3.4. Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni	31
3.5. Valutazione della sicurezza	32
3.5.1. Azioni sulle costruzioni: classificazione e descrizione in termini statistici	33
3.5.2. Valutazione della capacità portante	35
3.5.3. Verifiche di sicurezza: metodo semiprobabilistico ai coefficienti parziali	36
3.6. Stati limite e combinazione delle azioni	37
3.6.1. Azioni di calcolo agli stati limite ultimi	38
3.6.2. Resistenze di calcolo agli stati limite ultimi	40
3.6.3. Azioni di calcolo agli stati limite di esercizio	41
3.6.4. Verifiche agli stati limite di esercizio	42
4. Azioni sulle costruzioni	43
4.1. Premessa	44
4.2. Carichi permanenti	44
4.3. Azioni antropiche	46
4.3.1. Carichi antropici – Eurocodice 1	47
4.3.2. Carichi antropici – Nuove norme tecniche (NTC 2008)	49
4.4. Azioni naturali: carico della neve	50
4.4.1. Carico della neve – Eurocodice 1	51
4.4.2. Carico della neve – Nuove Norme Tecniche 2008	55
4.5. Azioni naturali: azioni dovute al vento	58

4.5.1. Azioni del vento – Eurocodice 1	59
4.5.2. Azioni del vento – Nuove Norme Tecniche 2008	75
5. Risposta delle costruzioni in acciaio e verifica degli elementi strutturali	87
5.1. Livelli di verifica delle membrature	88
5.2. Classificazione delle sezioni	91
5.3. Resistenze di progetto	95
5.4. Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi	95
5.4.1. Verifica a flessione – EC3 e NTC 2008	96
5.4.2. Verifica a taglio – EC3 e NTC 2008	98
5.4.3. Verifica a trazione – EC3 e NTC 2008	101
5.4.4. Verifica a compressione – EC3 e NTC 2008	105
5.4.5. Verifica a presso o tensoflessione – EC3 e NTC 2008	108
5.4.6. Verifica di instabilità a compressione – EC3 e NTC 2008	118
5.4.7. Verifica di instabilità a presso-flessione – EC3 e CNR 10011	122
5.5. Verifiche agli stati limite di esercizio	128
5.5.1. Verifiche sugli spostamenti verticali – EC3 e NTC 2008	128
5.5.2. Verifiche sugli spostamenti laterali – EC3 e NTC 2008	131
5.5.3. Stato limite di vibrazioni – EC3 e NTC 2008	133
6. ESEMPIO 1:	
Dimensionamento di una struttura a ritti pendolari utilizzando gli Eurocodici	135
6.1. Premessa	136
6.2. Schemi statici	138
6.3. Analisi dei carichi	139
6.4. Progettazione del solaio	139
6.4.1. Dimensionamento e verifica del solaio di copertura	141
6.4.2. Dimensionamento e verifica del solaio di interpiano	144
6.5. Progettazione delle travi secondarie	146
6.5.1. Dimensionamento e verifica della trave secondaria interna	147
6.5.2. Dimensionamento e verifica della trave secondaria di bordo	151
6.6. Progettazione delle travi principali	154
6.6.1. Dimensionamento e verifica della trave principale interna	154
6.6.2. Dimensionamento e verifica della trave principale di bordo	159
6.7. Progettazione dei controventi verticali	165
6.7.1. Dimensionamento e verifica dei controventi per vento in direzione X	165
6.7.2. Dimensionamento e verifica dei controventi per vento in direzione Y	171
6.8. Dimensionamento e verifica delle colonne	176
6.9. Sintesi dei risultati ottenuti utilizzando gli Eurocodici	185
7. Esempio 2:	
Dimensionamento di una struttura a ritti pendolari utilizzando le NTC 2008	187
7.1. Premessa	188
7.2. Schemi statici	190
7.3. Analisi dei carichi	191

7.4. Progettazione del solaio	191
7.4.1. Dimensionamento e verifica del solaio di copertura	193
7.4.2. Dimensionamento e verifica del solaio di interpiano	196
7.5. Progettazione delle travi secondarie	198
7.5.1. Dimensionamento e verifica della trave secondaria interna	199
7.5.2. Dimensionamento e verifica della trave secondaria di bordo	203
7.6. Progettazione delle travi principali	207
7.6.1. Dimensionamento e verifica della trave principale interna	207
7.6.2. Dimensionamento e verifica della trave principale di bordo	212
7.7. Progettazione dei controventi verticali	217
7.7.1. Dimensionamento e verifica dei controventi per vento in direzione X	218
7.7.2. Dimensionamento e verifica dei controventi per vento in direzione Y	223
7.8. Dimensionamento e verifica delle colonne	228
7.9. Sintesi dei risultati ottenuti utilizzando le NTC 2008	237
8. Confronti e conclusioni	239
8.1. Premessa	240
8.2. Valutazione della domanda	240
8.3. Valutazione della capacità	242
8.4. Dimensionamento degli elementi strutturali	243
8.5. Sintesi dei risultati	244
APPENDICI	
Prodotti in acciaio per le costruzioni	245
A1. Sistemi di designazione degli acciai	246
A2. Profili laminati	250
A2.1. Prodotti lunghi – sagomario	250
A2.2. Prodotti cavi – sagomario	273
A2.3. Laminati mercantili	299
A2.4. Altri prodotti laminati	300
A3. Lamiere e pannelli	302
A3.1. Lamiera	302
A3.2. Lamiere grecate	303
A3.3. Lamiere per supporti e rivestimenti	304
A3.4. Pannelli metallici precoibentati	308
A3.5. Normativa di riferimento	310
A4. La protezione mediante zincatura a caldo	310
A4.1. Il processo di zincatura a caldo	310
Bibliografia	314

Prefazione

Il presente volume è il primo di una serie di manuali, dedicati alla progettazione e costruzione in acciaio, che Fondazione Promozione Acciaio ha in programma di proporre come nuova iniziativa editoriale per l'anno 2010.

Il progetto è finalizzato a completare il supporto tecnico già offerto agli operatori di mercato da altre monografie pubblicate dalla Fondazione (consultare il sito: www.promozioneacciaio.it), realizzando una collana di manuali, curati da esperti di settore, che si contraddistinguono per snellezza e praticità, utili sia per la pratica professionale che per un primo approccio alle soluzioni costruttive in acciaio da parte di studenti delle facoltà di ingegneria e di architettura.

A fronte dei recenti sviluppi del quadro normativo nazionale, riteniamo utile presentare un primo volume che affronti l'impostazione della progettazione delle verifiche prestazionali e di sicurezza per le costruzioni in acciaio secondo le nuove norme tecniche e gli eurocodici strutturali, proponendosi come un utile compendio per comprendere il corretto utilizzo delle nuove normative.

Fondazione Promozione Acciaio è sostenuta dai maggiori produttori d'acciaio italiani ed europei e da altri importanti rappresentanti della filiera tra cui trasformatori, centri di servizio e costruttori metallici, uniti dallo scopo di promuovere l'impiego di acciaio nelle costruzioni ed infrastrutture.

Il progetto della Fondazione è quello di mettere al servizio degli operatori del settore delle costruzioni italiano gli investimenti dei propri soci, sviluppando un'azione costante di comunicazione, informazione e supporto verso professionisti, studenti universitari, committenti pubblici e privati sulle possibilità e i vantaggi delle soluzioni in acciaio.

Nascono così numerosi progetti di iniziative culturali e di insegnamento dedicati al mondo accademico e dei professionisti, che vanno dall'organizzazione di convegni e corsi formativi, alla realizzazione di diverse iniziative editoriali, di cui il presente volume è una significativa testimonianza.

In questa fase di aggiornamenti a livello normativo e di maggiore attenzione del mondo delle costruzioni verso la sicurezza e la qualità costruttiva, auspichiamo che questo volume e gli altri che seguiranno possano contribuire significativamente a una maggiore conoscenza delle opere in acciaio, capaci di distinguersi per gli elevati standard qualitativi offerti, oltre che per altri importanti pregi: la sostenibilità ambientale, la rispondenza a requisiti di antisismicità, la funzionalità, le potenzialità architettoniche, la rapidità costruttiva e la semplicità di messa in opera.

Un particolare ringraziamento va, da parte di Fondazione Promozione Acciaio e dei propri associati, agli autori del volume, ing. Stefania Arangio, ing. Francesca Bucchi, prof. ing. Franco Bontempi e all'Università La Sapienza di Roma.

Luca Mandirola
Coordinatore
Fondazione Promozione Acciaio

Premessa

Il presente volume affronta l'impostazione della progettazione e delle verifiche prestazionali e di sicurezza per le costruzioni in acciaio secondo le nuove norme tecniche e gli eurocodici strutturali. A una prima lettura, le normative europee e ora la normativa nazionale potrebbero sembrare piuttosto complesse e a volte poco intuitive ma una volta fatti propri i concetti di base e chiarite le procedure di calcolo, ci si rende conto che il loro utilizzo è meno difficile di quello che può sembrare.

Il presente testo propone un approccio elementare ma innovativo adatto a superare le difficoltà legate a un primo utilizzo delle normative. Tale impostazione è stata concretizzata in una serie di diagrammi di flusso che sintetizzano in forma ordinata le procedure di calcolo delle azioni sulle costruzioni e le verifiche degli elementi strutturali in acciaio.

Per familiarizzare con le normative è inoltre importante svolgere dei calcoli a mano. A questo proposito, nella parte applicativa del volume sono riportati nel dettaglio i calcoli relativi al dimensionamento di un edificio multipiano in acciaio. Si fa comunque notare che in questa sede gli argomenti sono presentati in forma elementare e richiedono studi e approfondimenti successivi.

I contenuti del presente testo sono destinati sia a studenti delle facoltà di Ingegneria e Architettura sia ai tecnici professionisti che vogliono aggiornare le proprie competenze.

Il volume è articolato in otto capitoli e una appendice.

Nel primo capitolo si parla della sicurezza e delle prestazioni delle strutture in acciaio. Dopo aver presentato brevemente e in forma idealizzata il processo di progettazione di una struttura in acciaio, sono introdotti i principali requisiti strutturali e i criteri di progettazione volti al loro ottenimento.

Nel secondo capitolo vengono proposte considerazioni riguardo al comportamento delle strutture in acciaio e alle modalità di modellazione del materiale e dell'organismo strutturale. In questo capitolo è anche brevemente introdotta la struttura che viene poi calcolata nel dettaglio nei capitoli 6 e 7.

Nel terzo capitolo viene introdotto il quadro normativo tecnico europeo e nazionale. In particolare si illustrano brevemente i contenuti dei codici utilizzati per i calcoli successivi: gli eurocodici strutturali (UNI EN 1990 – 1991 – 1993) e le nuove norme tecniche nazionali (D.M. 14/01/2008). È richiamato l'approccio semiprobabilistico alle verifiche di sicurezza adottato in entrambi i codici.

Nel quarto capitolo sono presentate le procedure di calcolo proposte dagli eurocodici e dalle nuove norme tecniche per il calcolo delle azioni sulle strutture. Le procedure sono applicate per il calcolo delle azioni antropiche e ambientali agenti sull'edificio considerato.

Nel capitolo 5 sono introdotti i diversi livelli di verifica delle membrature e successivamente vengono presentate nel dettaglio le varie verifiche di sicurezza. Per rendere più chiaro ed operativo il processo di verifica, le varie procedure sono state schematizzate tramite diagrammi di flusso. Gli autori ritengono che questo modo di proporre i procedimenti di verifica sia quello più efficace ed efficiente, vista la relativa complessità del quadro normativo (si veda *Manuale di Progettazione strutturale*, 2008).

Nei capitoli 6 e 7 vengono presentate due applicazioni: lo stesso edificio viene calcolato utilizzando gli eurocodici strutturali e le nuove norme tecniche. Gli sviluppi logici e i vari passaggi numerici sono presentati nel dettaglio per permettere al lettore di seguire passo passo il dimensionamento e la verifica dei vari elementi strutturali.

Infine, nel capitolo 8, sono confrontati i risultati ottenuti con i due codici normativi in termini di valutazione della domanda (calcolo delle azioni e valutazione dei coefficienti di sicurezza) e della capacità (resistenze di progetto) e considerando le dimensioni dei vari elementi strutturali.

Si ringraziano tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione di questo testo: in particolare il dott. Luca Mandirola e l'ing. Monica Antinori della Fondazione Promozione Acciaio.

Gli autori
Stefania Arangio, Francesca Bucchi, Franco Bontempi