

## Presentazione

La resistenza al fuoco è una misura di protezione fondamentale nella progettazione antincendio. Infatti non solo le norme nazionali, ma anche quelle comunitarie ne richiamano la imprescindibile necessità di adozione per garantire la sicurezza degli edifici in caso di incendio. La Direttiva 89/106/CE sui prodotti da costruzione, e più in particolare il documento interpretativo n. 2 di tale Direttiva, stabilisce che per garantire il mantenimento della capacità portante di una costruzione durante l'incendio è necessario fare riferimento proprio a tale requisito.

Per oltre quaranta anni il punto di riferimento per valutare la resistenza al fuoco degli edifici è stata la Circolare del Ministero dell'Interno 91/1961. Il pregio di tale disposizione consiste nell'aver codificato il requisito della resistenza al fuoco e nell'aver fornito i criteri per il dimensionamento della protezione contro il fuoco da disporre a difesa delle strutture, in modo che l'incendio delle materie combustibili presenti nel fabbricato potesse esaurirsi prima che le strutture stesse raggiungessero temperature tali da comprometterne la stabilità.

Per unificare l'insieme delle disposizioni emanate nel corso degli anni, aggiornandole e armonizzandole con la disciplina comunitaria, nel 2007 con i Decreti del 16 febbraio e del 9 marzo è stata rivisitata l'intera normativa relativa alla classificazione di resistenza al fuoco dei prodotti ed elementi costruttivi e quella relativa alle prestazioni di resistenza al fuoco che devono possedere le costruzioni nelle attività soggette al controllo dei vigili del fuoco. Con l'emanazione della nuova normativa, inoltre, sono stati creati i presupposti per lo sviluppo della progettazione antincendio secondo i principi della ingegneria della sicurezza, i quali sono poi stati definiti compiutamente con l'emanazione del Decreto del 9 maggio 2007.

Significativa, per lo sviluppo del settore, è stata l'attività della *Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso di Incendio*, istituita il 20 gennaio 2006 su iniziativa di Fondazione Promozione Acciaio e del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, con l'intento di costituire una tavola tecnico finalizzata a valutare i risultati della ricerca nazionale ed europea, fornire strumenti appropriati all'organo di controllo per la valutazione della sicurezza delle strutture in acciaio, nonché garantire l'aggiornamento professionale dei tecnici impegnati nell'attività di prevenzione incendi.

Su questa scia si inserisce la pubblicazione che ho il piacere di presentare agli studiosi ed ai professionisti della sicurezza. Il volume *“Progettazione di strutture in acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio”* ha l'indubbio pregio di illustrare la complessa problematica della progettazione di strutture resistenti al fuoco in modo completo ed organico rispondendo al bisogno di disporre anche nel nostro Paese di una qualificata letteratura tecnica in materia. Quello compiuto dagli autori, componenti della suddetta Commissione tecnica, è uno sforzo notevole inteso a coordinare e a puntualizzare in modo aggiornato il complesso quadro della protezione passiva riferito agli aspetti strutturali. È certamente un passo in avanti nella ricerca di nuove soluzioni che consentano di individuare il giusto compromesso fra funzionalità e sicurezza antincendio nelle costruzioni senza essere vincolati da schemi troppo rigidi e precostituiti e costituisce un contributo allo sviluppo della letteratura sulla scienza e sulla tecnica della prevenzione incendi.

Dott. ing. GIOACCHINO GIOMI  
Comandante Provinciale dei Vigili del Fuoco di Roma

## Prefazione

La verifica di sicurezza delle strutture in caso di incendio è necessaria quando il rischio di incendio non è trascurabile e il danneggiamento strutturale può avere conseguenze inaccettabili riguardo alla incolumità degli occupanti o delle squadre di soccorso. La verifica delle prestazioni può essere necessaria per evitare la perdita di funzionalità della struttura o, ancora, per limitare i costi necessari per provvedere all'eventuale recupero dell'opera.

È evidente che la verifica delle strutture soggette ad incendio non può essere disgiunta dalla progettazione strutturale generale dell'opera, come sancito anche dalle recenti *Norme Tecniche per le Costruzioni* (DM 14-01-2008), che individuano l'*azione incendio* come una delle *azioni eccezionali* da considerare nel progetto delle strutture.

Questo volume si rivolge, quindi, agli ingegneri strutturisti e, più in generale, ai tecnici che intendono approfondire le conoscenze nel campo dell'Ingegneria della Sicurezza in caso di Incendio in accordo con i recenti sviluppi del quadro normativo nazionale ed internazionale, costituito dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, dai *Decreti del Ministero dell'Interno* del 2007 e dagli *Eurocodici*, con particolare riferimento alla progettazione delle strutture in acciaio e composte acciaio-calcestruzzo soggette ad incendio.

Le citate normative tecniche delineano il percorso della progettazione strutturale in condizioni di incendio e forniscono utilissimi strumenti operativi. È noto, infatti, che il principale obiettivo con cui gli Eurocodici sono stati definiti è quello di pubblicare una serie di documenti tecnici che costituiscono la base comune per il progetto strutturale delle costruzioni tra i Paesi membri della Comunità Europea. Tra le attività svolte per la loro definizione vi è stata anche un'importante campagna di ricerca mirata alla valutazione del comportamento delle strutture soggette all'incendio, che è stata condotta con particolare attenzione al caso delle strutture di acciaio.

I risultati di questo processo sono oggi a disposizione dei progettisti, visto che, con l'entrata in vigore delle norme tecniche recentemente pubblicate dal Ministero dell'Interno e dal Ministero delle Infrastrutture, le parti fuoco degli Eurocodici sono il riferimento normativo principale per la progettazione strutturale in caso di incendio. Più che per altri settori dell'ingegneria civile, questo fatto rappresenta una svolta importante per la progettazione delle strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio, essendo ora disponibile una serie completa di modelli di calcolo che consente di condurre la valutazione della sicurezza anche mediante un approccio ingegneristico, oltre che con il già applicato approccio prescrittivo.

In tale ambito il volume tratta i diversi aspetti della progettazione delle strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio alla luce del nuovo quadro normativo nazionale e internazionale. I principali obiettivi del volume sono tre. Il primo è di riportare un'utile sintesi delle ricerche più significative per la comprensione del comportamento delle strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio. Il secondo consiste nell'illustrare metodologie di calcolo di semplice applicabilità per la valutazione della resistenza delle strutture di acciaio e composte in condizioni di incendio. Il terzo è di fornire un primo background per un utilizzo consapevole di metodologie di calcolo avanzate.

Il volume è articolato in 8 capitoli, organizzati intorno alle due tematiche del comportamento e del progetto delle strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio.

Il capitolo 1 introduce l'approccio generale alla progettazione delle strutture soggette ad incendio. Tale capitolo è utile per l'avvicinamento del lettore alla problematica e per la definizione degli aspetti peculiari del progetto strutturale in caso di incendio.

Il capitolo 2 presenta una panoramica delle ricerche teoriche e sperimentali inerenti la resistenza al fuoco di strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo effettuate negli ultimi anni, con lo scopo di evidenziare i principali aspetti comportamentali delle stesse strutture in presenza di incendio.

I capitoli 3, 4, 5 descrivono gli aspetti salienti della modellazione e dell'analisi termomeccanica delle strutture. Il lettore imparerà a definire nel dettaglio i singoli aspetti della progettazione in caso di incendio, che vanno dalla definizione delle azioni sulle strutture in condizioni di incendio, alla modellazione e soluzione del problema termico, con la definizione dello scenario di incendio e la valutazione della variazione di temperatura negli elementi strutturali, fino alla definizione degli aspetti generali del problema meccanico, con la modellazione strutturale e la verifica di resistenza della struttura.

I capitoli 6 e 7 sono dedicati rispettivamente al progetto delle strutture di acciaio e delle strutture composte acciaio-calcestruzzo resistenti all'incendio. In essi vengono illustrati gli approcci progettuali applicabili alle due tipologie strutturali nell'ambito delle attuali normative, con particolare riferimento all'impostazione propria degli Eurocodici e delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Vengono, quindi, presentate per le varie tipologie strutturali (solette, travi, colonne) metodiche di calcoli tabellari e semplificate utili per la progettazione, evidenziandone anche i limiti di applicabilità. Alcuni esempi applicativi favoriscono la comprensione dei metodi proposti.

Il volume si conclude con il capitolo 8, dedicato all'applicazione di modelli di calcolo avanzati per le analisi strutturali in condizioni d'incendio. L'analisi di schemi strutturali semplici apre la strada allo studio del comportamento strutturale di sistemi complessi, quali i telai in struttura composta acciaio-calcestruzzo, analizzati in differenti condizioni di incendio (standard e naturale). Alcuni confronti tra i risultati delle analisi di sottostrutture e di singoli elementi con quelli dell'analisi globale consentono di valutare l'affidabilità delle metodologie di analisi semplificate.

Gli autori desiderano ringraziare i componenti della *Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso d'Incendio*, che ha costituito un fondamentale tavolo tecnico di discussione ed approfondimento sugli aspetti peculiari della tematica trattata nel volume, e l'ing. *Anna Ferraro* per la sua preziosa collaborazione nella stesura del capitolo 8, nel quale sono fra l'altro riportati i risultati di alcuni studi da lei svolti presso il Dipartimento di Ingegneria Strutturale dell'Università di Napoli "Federico II".

Eventuali aggiornamenti e complementi al volume cartaceo sono consultabili e scaricabili *on line* all'indirizzo [www.manualihoepi.it](http://www.manualihoepi.it)

GLI AUTORI

## Premessa

È con particolare soddisfazione che presentiamo questa nuova iniziativa editoriale di Fondazione Promozione Acciaio rivolta agli ingegneri strutturisti e agli operatori di mercato che intendono approfondire le proprie conoscenze in materia di sicurezza antincendio.

Il tema della sicurezza delle costruzioni, soprattutto in relazione alla progettazione antincendio ed all'ingegneria sismica, è particolarmente sentito da Promozione Acciaio nella propria azione di sviluppo della cultura e della conoscenza delle realizzazioni in acciaio. Ciò avviene oggi in modo peculiare, visti i recenti sviluppi del quadro normativo nazionale e internazionale, che hanno generato una crescente sensibilità e attenzione alle problematiche legate alla sicurezza.

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 e 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 a professionisti, studenti universitari, committenti pubblici e privati sulle possibilità e i vantaggi delle soluzioni in acciaio (vedi il sito: [www.promozioneacciaio.it](http://www.promozioneacciaio.it)).

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 significativa testimonianza.

Nell'ambito delle attività della Fondazione opera la *Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso d'Incendio*, organo tecnico formato da esperti progettisti, ricercatori, professori universitari ed autorevoli rappresentanti del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. La commissione si propone come un punto di riferimento a livello nazionale per i professionisti e per gli operatori di mercato interessati a un corretto approfondimento sulla sicurezza delle costruzioni in acciaio nei confronti dell'incendio.

È proprio nell'ambito dei lavori di questa commissione che nasce la monografia "*Progettazione di strutture in acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio*".

Un particolare ringraziamento va agli autori ed ai loro collaboratori per la redazione del volume. Si ringraziano, inoltre, tutti i membri della Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso d'Incendio, per il contributo scientifico apportato al gruppo di lavoro in questi anni e tutti i soci della Fondazione Promozione Acciaio, grazie al cui impegno è oggi possibile realizzare importanti progetti per lo sviluppo culturale dell'acciaio.

Dott. LUCA MANDIROLA  
Fondazione Promozione Acciaio