

Indice

Presentazione

Prefazione

Premessa

1	Sicurezza strutturale in caso di incendio e metodi di calcolo.....	1
1.1	Definizione della sicurezza strutturale in caso di incendio.....	1
1.2	Inquadramento normativo: le procedure per la valutazione della sicurezza in caso di incendio	2
1.3	Approcci per la progettazione strutturale: prescrittivo e prestazionale (o ingegneristico).....	6
1.3.1	Approccio prescrittivo	6
1.3.2	Approccio prestazionale o ingegneristico	9
1.4	Criteri generali di progettazione nell'ambito del quadro normativo nazionale	15
1.5	La verifica di resistenza al fuoco delle strutture	18
1.5.1	Criteri generali.....	18
1.5.2	Valutazione della probabilità di collasso in caso di incendio.....	19
1.5.3	Calibrazione dei coefficienti parziali per il metodo semiprobabilistico agli Stati limite	22
1.5.4	Verifiche nel dominio del tempo, della resistenza e della temperatura.....	24
1.6	La progettazione delle strutture di acciaio in condizioni di incendio	25
1.7	Contenuti del volume.....	27
2	Comportamento al fuoco delle strutture di acciaio e composte acciaio-calcestruzzo	35
2.1	Premessa	35
2.2	Caratteristiche dei materiali in funzione della temperatura	36
2.2.1	Proprietà meccaniche	36
2.2.2	Proprietà termiche	43
2.2.3	Densità dei materiali.....	52
2.3	Comportamento dei solai in condizioni di incendio	52
2.3.1	Solette composte acciaio-calcestruzzo	52

INDICE

2.3.2	Sperimentazione numerica su solette composte	54
2.4	Comportamento delle travi in condizioni di incendio.....	56
2.4.1	Travi di acciaio	56
2.4.2	Travi composte acciaio-calcestruzzo.....	60
2.4.3	Sperimentazione numerica su travi composte	60
2.4.4	Effetto dei vincoli in condizioni di incendio	74
2.5	Comportamento di colonne in condizioni di incendio.....	77
2.5.1	Colonne in acciaio	77
2.5.2	Colonne composte	77
2.5.3	Confronti prestazionali tra colonne di diversa tipologia	81
2.5.4	Effetto della non uniforme distribuzione di temperatura.....	84
2.5.5	Comportamento in condizioni di incendio di colonne vincolate	87
2.6	Analisi di una sottostruttura.....	90
2.7	Connessioni trave-colonna.....	91
2.8	Sperimentazione su interi edifici e sottostrutture.....	92
3	Azioni sulle strutture in condizioni di incendio.....	105
3.1	Premessa	105
3.2	Azioni meccaniche.....	105
3.2.1	Condizioni e combinazioni di carico	105
3.2.2	Azioni indirette.....	108
3.3	Azioni termiche	111
3.3.1	L'incendio: descrizione del fenomeno fisico.....	111
3.3.2	La modellazione dell'incendio	114
3.3.3	Fattori che influenzano lo sviluppo dell'incendio	116
3.3.4	Il carico di incendio	120
3.3.5	Il carico di incendio di progetto.....	122
3.3.6	La curva di rilascio termico.....	133
3.4	Modelli applicativi di curve di incendio	135
3.4.1	Curve di incendio nominali	135
3.4.2	Metodo del tempo equivalente	137
3.4.3	Metodo per la determinazione delle classi di resistenza al fuoco del DM 9 marzo 2007.....	139
3.4.4	Modelli di incendio parametrici	141
3.4.5	Incendi localizzati.....	148
3.4.6	Modelli a zone	154
3.4.7	Modelli di campo o CFD.....	158
3.4.8	Incendi su elementi esterni	158
4	Analisi termica	165
4.1	Premessa	165
4.2	Meccanismi di trasmissione del calore	165
4.3	Flusso termico sugli elementi strutturali.....	168
4.4	Transitorio termico negli elementi strutturali	170

INDICE

4.5	Modelli di calcolo semplificato per strutture di acciaio.....	172
4.5.1	Elementi interni non protetti.....	172
4.5.2	Elementi interni rivestiti con un sistema di protezione dal fuoco ...	177
4.5.3	Qualificazione dei sistemi protettivi di strutture di acciaio.....	181
4.6	Modelli di calcolo semplificato per elementi composti.....	191
4.6.1	Solette composte.....	191
4.6.2	Travi composte.....	195
4.6.3	Colonne composte.....	197
4.7	Strutture esterne.....	199
4.7.1	Esempio.....	200
5	Modellazione meccanica - Aspetti generali	207
5.1	Premessa.....	207
5.2	Progetto di strutture soggette ad incendio.....	207
5.3	Analisi strutturale in condizioni di incendio.....	208
5.3.1	Analisi strutturale globale	210
5.3.2	Analisi di sottostrutture	210
5.3.3	Analisi di singoli elementi.....	211
5.3.4	Criteri di scelta delle condizioni al contorno in una sottostruttura..	211
5.4	Metodi per la verifica di sicurezza delle strutture.....	215
5.4.1	Dati tabellati	215
5.4.2	Modelli di calcolo semplificato	216
5.4.3	Modelli di calcolo avanzato	217
5.4.4	Relazione tra tipo di analisi e metodi di verifica disponibili.....	218
5.4.5	Procedure per la valutazione della resistenza al fuoco secondo la normativa nazionale e i modelli di calcolo disponibili.....	219
5.5	Considerazioni sulle verifiche nel dominio del tempo, della resistenza e della temperatura.....	219
5.6	Procedure generali e semplificate per la valutazione della resistenza di strutture soggette ad incendio.....	224
5.6.1	Metodo del momento-curvatura	224
5.6.2	Un approccio semplificato per il calcolo della resistenza di elementi strutturali soggetti ad incendio: il metodo plastico.....	232
5.7	Cenni ai codici di calcolo agli elementi finiti per l'analisi termo-meccanica delle strutture.....	235
5.7.1	Il metodo degli elementi finiti.....	235
5.7.2	Requisiti prestazionali di un programma di calcolo	236
6	Analisi meccanica - Strutture in acciaio	239
6.1	Premessa.....	239
6.2	Dati tabellati	239
6.3	Metodi di verifica degli elementi in caso di incendio.....	243
6.3.1	Classificazione delle sezioni	244
6.3.2	Elementi tesi.....	248

INDICE

6.3.3	Resistenza a compressione di colonne con sezione di classe 1, 2 o 3	249
6.3.4	Resistenza a flessione e taglio di travi con sezione di classe 1, 2 o 3	253
6.3.5	Verifica a pressoflessione.....	261
6.3.6	Elementi di classe 4.....	262
6.3.7	Il metodo semplificato della temperatura critica applicato a elementi di acciaio	264
6.3.8	Collegamenti	268
6.3.9	Uno strumento applicativo: il nomogramma	271
6.3.10	Esempi di applicazione.....	279
7	Analisi meccanica – Strutture composte acciaio-calcestruzzo	295
7.1	Metodi di verifica per strutture composte	295
7.1.1	Metodo tabellare.....	296
7.1.2	Modelli di calcolo semplificati.....	297
7.2	Solai composti acciaio-calcestruzzo	299
7.2.1	Verifica nei confronti dell'integrità e dell'isolamento termico	299
7.2.2	Verifica di resistenza di solai composti.....	301
7.3	Travi composte acciaio-calcestruzzo	319
7.3.1	Progetto/verifica con il metodo tabellare	320
7.3.2	Modelli di calcolo semplificati.....	324
7.4	Colonne composte acciaio-calcestruzzo	362
7.4.1	Dati tabellari.....	362
7.4.2	Modelli di calcolo semplificati.....	367
7.4.3	Connessioni	406
7.4.4	Dettagli costruttivi.....	406
8	Applicazione di modelli di calcolo avanzati.....	411
8.1	Premessa	411
8.2	Schemi strutturali semplici	412
8.3	Schemi strutturali complessi: telai composti acciaio-calcestruzzo	416
8.3.1	Analisi strutturale globale con curva di incendio standard ISO 834....	419
8.3.2	Confronto tra l'analisi di sottostrutture e l'analisi strutturale globale	427
8.3.3	Confronto tra l'analisi strutturale per singoli elementi e l'analisi strutturale globale.....	432
8.3.4	Analisi strutturale globale con curve di incendio naturali.....	432
8.3.5	Osservazioni conclusive.....	441
	Bibliografia	447