

26. Applicazione dell'ingegneria della sicurezza antincendio alla progettazione strutturale di autorimesse aperte, fuori terra ed a spazio aperto ai sensi del D.M. 21/02/2017

Documento a cura di:



Commissione per la Sicurezza
delle Costruzioni in Acciaio
in caso d'Incendio





Commissione per la Sicurezza
delle Costruzioni in Acciaio
in caso d'Incendio

La **Commissione Tecnica per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso d'Incendio** è un gruppo di lavoro costituito il 20 gennaio 2006, su iniziativa di Fondazione Promozione Acciaio con la partecipazione del Ministero dell'Interno, composto da rappresentanti nazionali nel campo della ricerca europea, da esponenti del Ministero dell'Interno coinvolti nella definizione del quadro normativo nazionale e da docenti universitari. Esso si propone i seguenti principali obiettivi:

- costituire un tavolo tecnico per la valutazione dei risultati della ricerca nazionale

ed europea;

- analizzare tecnicamente la norma nazionale, con i necessari riferimenti alle norme vigenti nell'ambito della Comunità Europea;
- fornire strumenti tecnici aggiornati agli operatori di controllo (VVF e collaudatori) per la valutazione della sicurezza delle strutture in acciaio;
- fornire strumenti tecnici per l'aggiornamento professionale.

Per tutte le informazioni sulle attività della Commissione Tecnica per la Sicurezza delle Costruzioni di Acciaio in caso d'Incendio e di Fondazione Promozione Acciaio: www.promozioneacciaio.it

Premessa

Il decreto del Ministro dell'Interno 21/02/2017 definisce le norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio delle autorimesse oltre i 300m². Un aspetto di particolare interesse per la progettazione delle strutture portanti di questi edifici è la parte dedicata ai metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, in cui sono definiti i criteri per la determinazione degli scenari di incendio di progetto impiegabili per la progettazione strutturale antincendio di autorimesse di tipo aperto, fuori terra ed a spazio aperto.

Il documento presenta un esempio di applicazione del procedimento di verifica strutturale antincendio ad un'autorimessa aerata fuori terra in acciaio, così come definito nel decreto citato "RTV Autorimesse". In particolare modo viene analizzato un caso tipo di parcheggio multipiano in carpenteria metallica su maglia strutturale 16x5 m, utilizzando il metodo dell'approccio ingegneristico (FSE) alla luce del nuovo Codice Prevenzione Incendi, della già menzionata Regola Tecnica Verticale Autorimesse, degli Eurocodici e dei relativi annessi nazionali (NAD).

Applicazione dell'ingegneria della sicurezza antincendio alla progettazione strutturale di autorimesse aperte, fuori terra ed a spazio aperto ai sensi del D.M. 21/02/2017

AUTORI

Sandro Pustorino, Paola Princi – SIS sa

Emidio Nigro - D.I.ST. - Dipartimento di Ingegneria STrutturale, Università di Napoli "Federico II"

Luca Ponticelli, Mauro Caciolai – Corpo Nazionale Vigili del Fuoco

Il documento è frutto delle attività condotte dalla Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni in Acciaio in caso di Incendio, istituita da Fondazione Promozione Acciaio e dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco ed è stato presentato in anteprima in occasione del seminario:

"PROGETTAZIONE DI AUTORIMESSE ED EDIFICI INDUSTRIALI IN STRUTTURA DI ACCIAIO. SOLUZIONI CONFORMI E ALTERNATIVE SECONDO LE NORME TECNICHE DI PREVENZIONE INCENDI" - Roma 12 ottobre 2017, al quale hanno partecipato 270 professionisti.

SOMMARIO

Il decreto del Ministro dell'Interno 21/02/2017 definisce le norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio delle autorimesse oltre i 300m². Un aspetto di particolare interesse per la progettazione delle strutture portanti di questi edifici è la parte dedicata ai metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, in cui sono definiti i criteri per la determinazione degli scenari di incendio di progetto impiegabili per la progettazione strutturale antincendio di autorimesse di tipo aperto, fuori terra ed a spazio aperto.

Facendo riferimento ai criteri riportati nel decreto citato, in questo lavoro è presentato un esempio di applicazione del procedimento di verifica della sicurezza strutturale antincendio, con specifico riferimento alle autorimesse a struttura in acciaio.

INTRODUZIONE

Nell'ambito della normativa di prevenzione incendi sono stati definiti i metodi per l'applicazione dell'ingegneria della sicurezza antincendio. Il decreto del Ministro dell'Interno 9 maggio 2007 [7], in relazione alle prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco, prevede che la verifica delle strutture in caso di incendio possa essere svolta mediante l'applicazione dell'approccio ingegneristico, facendo riferimento alle curve di incendio naturale e ricorrendo, per le attività normate, al caso di deroga alle regole tecniche di prevenzione incendi. Inoltre il decreto del Ministero dell'Interno del 9 marzo 2007 [6] stabilisce i criteri ed i parametri da adottare per effettuare una determinazione quantitativa dei modelli di incendio naturale, fissando al tempo stesso le procedure generali per eseguire tale determinazione. I metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio sono stati poi organicamente definiti nell'ambito delle norme tecniche di prevenzione incendi di cui al Decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015 (per brevità Codice di p.i.). Infine le cosiddette parti fuoco degli Eurocodici, insieme alle Appendici nazionali relative, forniscono i criteri di calcolo che consentono la verifica delle strutture portanti dell'edificio.

Questo tipo di approccio è stato oggetto di numerose ricerche in ambito europeo e sono state fatte applicazioni su diverse tipologie di edifici. Un caso particolarmente studiato è stato quello delle autorimesse. In particolare, è stato verificato che nel caso delle autorimesse aperte (secondo la definizione della normativa nazionale quelle con superficie di smaltimento > del 50% della superficie della parete su cui sono attestate e non inferiore al 4% della superficie in pianta del piano del compartimento con almeno il 10% di tipo SEa, SEb o Sec secondo la definizione del Codice di p.i. punto S.8.5.2), l'approccio permette di valutare in maniera dettagliata il comportamento della struttura, soprattutto alla luce del fatto che gli scenari di incendio che si

verificano sono riconducibili a incendi di tipo localizzato facilmente schematizzabili. Per questo tipo di incendi di progetto è stato poi verificato che le strutture in acciaio possono essere progettate in modo tale che siano verificate le prestazioni necessarie per garantire gli obiettivi di sicurezza antincendio.

È da notare che gli scenari definiti nell'allegato sono caratteristici di una specifica configurazione strutturale e architettonica, pertanto ogni volta che si impiegano configurazioni differenti è necessario adottare scenari di progetto opportunamente modificati. Un esempio di questo aspetto è rappresentato dal caso dei parcheggi a livelli sfalsati, nei quali è necessario tenere opportunamente conto della possibilità di propagazione tra un livello e quello adiacente che si trova ad un diverso interpiano.

IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Introduzione

Il Codice di p.i., integrato dal Decreto del Ministro dell'Interno 21 febbraio 2017 (per brevità RTV autorimesse), prevede la diretta applicazione dei metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio quale soluzione alternativa per la progettazione delle strutture portanti di un'autorimessa fuori terra, di tipo aperto, ed a spazio aperto senza la necessità del ricorso alla richiesta di deroga. Nella RTV autorimesse sono forniti i criteri per l'individuazione degli scenari di incendio di progetto validi ai fini della progettazione strutturale.

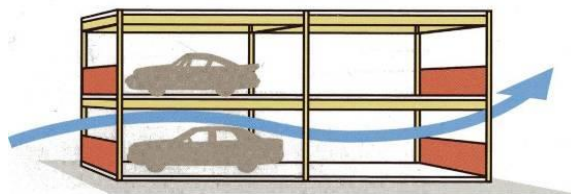


Figura 1 – Le autorimesse aperte

In dettaglio, esso riporta:

- i criteri di calcolo, compresi i modelli di incendio;
- la schematizzazione degli autoveicoli in caso di incendio;

Lo schema di riferimento per l'applicazione della metodologia è riportato in figura 2.:

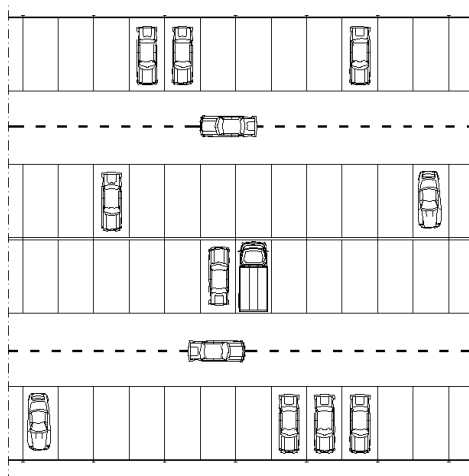


Figura 2 – Schema di riferimento dell'autorimessa

Dati relativi all'incendio degli autoveicoli

Per la progettazione strutturale in condizioni di incendio dell'autorimessa è ipotizzata la presenza sia di autoveicoli di tipo civile che commerciali, la cui combustione è schematizzata attraverso le curve di rilascio della potenza termica (RHR) secondo gli schemi riportati in Figura 3.

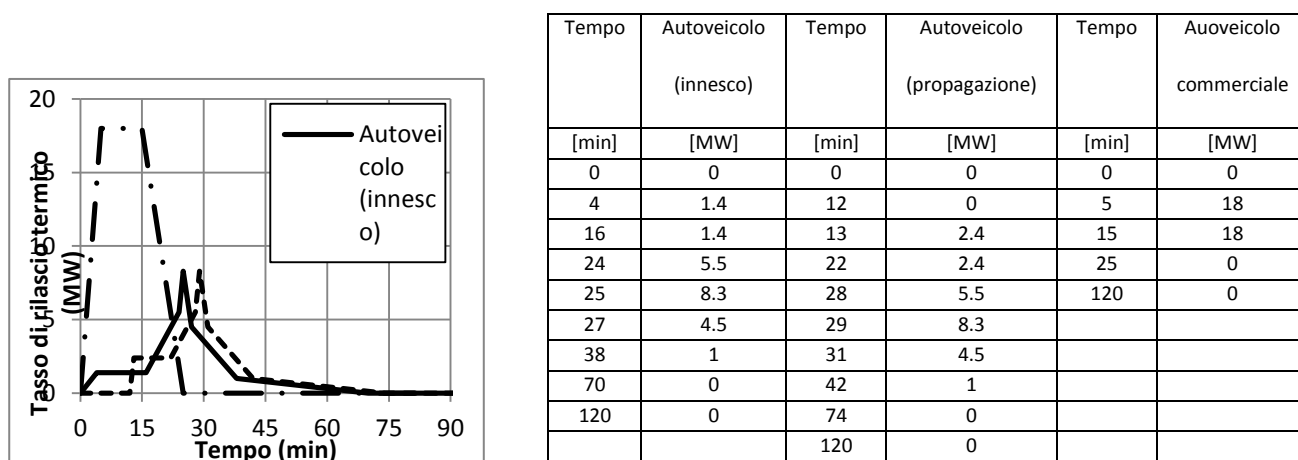


Figura 3 – Schematizzazione in caso di incendio degli autoveicoli

Il tempo di propagazione dell'incendio da un autoveicolo all'autoveicolo adiacente è assunto pari a 12 min. In tal modo il tasso di calore rilasciato nel caso di incendio di tre autoveicoli può essere schematizzato come rappresentato nella figura seguente.

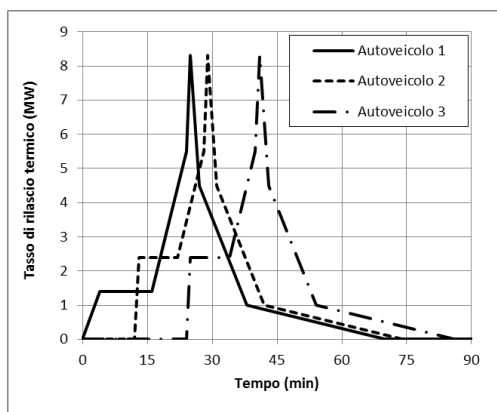


Figura 4 – Tasso di rilascio termico di progetto di tre autoveicoli

Scenari di incendio di progetto

Nel caso di autorimessa compatibile con lo schema di riferimento (figura 2), la norma individua tre schemi di base:

- scenario di tipo 1 (figura 5): caratterizzato dall'incendio di un autoveicolo commerciale in corrispondenza della mezzera della trave o del solaio;
- scenario di tipo 2 (figura 6): caratterizzato dalla propagazione simmetrica dell'incendio a partire dall'autoveicolo centrale con un tempo di ritardo dell'innesco pari a 12 min, coinvolgendo sette autoveicoli; tra questi deve essere prevista anche la presenza di un autoveicolo commerciale

posto al centro (quindi incendiato per primo) o di fianco al primo autoveicolo innescato, mentre gli altri sono autoveicoli;

- scenario di tipo 3 (figura 7): caratterizzato dall'incendio di quattro autoveicoli posti intorno ad una colonna a partire dall'incendio di uno degli autoveicoli con tempo di ritardo dell'innescò degli autoveicoli adiacenti di 12 min.; deve essere compreso anche il caso che uno di questi sia un autoveicolo commerciale.

Per conformazioni particolari del piano di parcheggio, gli scenari di incendio devono essere definiti caso per caso.

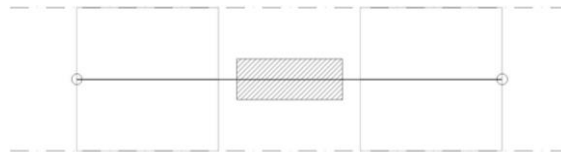


Figura 5 - Scenario di incendio di tipo 1

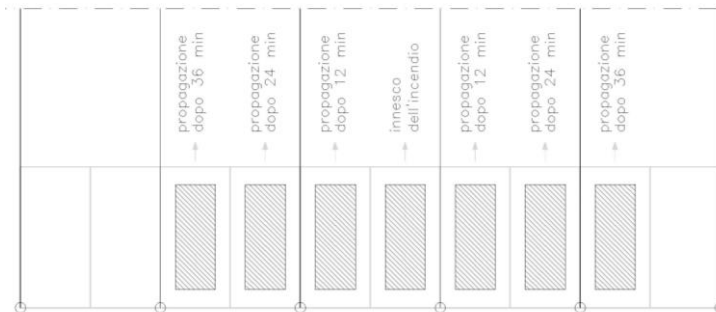


Figura 6 - Scenario di incendio di tipo 2

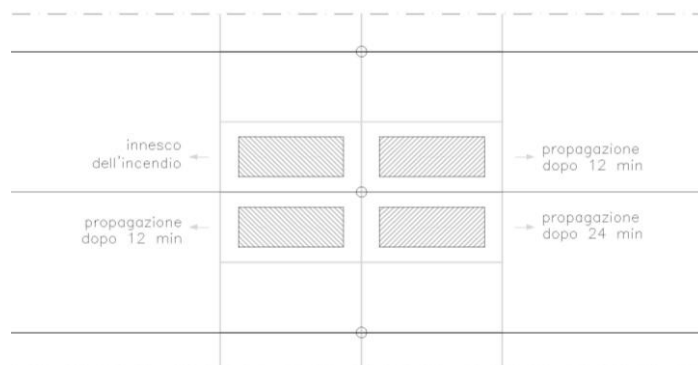


Figura 7 - Scenario di incendio di tipo 3

Obiettivi di sicurezza

Il comportamento strutturale antincendio deve essere verificato al fine di accertare che la stabilità dell'edificio sia mantenuta per tutta la durata dell'incendio di progetto, in caso di livello III di prestazione o per un tempo limitato in caso di livello II (almeno il doppio del tempo richiesto per l'esodo degli occupanti con un minimo di 30 minuti dall'innescò).

Scenari di incendio per autorimesse a piani sfalsati

Tra le tipologie strutturali più comuni per la realizzazione di edifici in acciaio destinati a parcheggio si possono annoverare gli edifici multipiano fuori terra con piani di parcheggio a livelli sfalsati e rampe interne. Un esempio di questo tipo di struttura è riportato nella figura seguente.

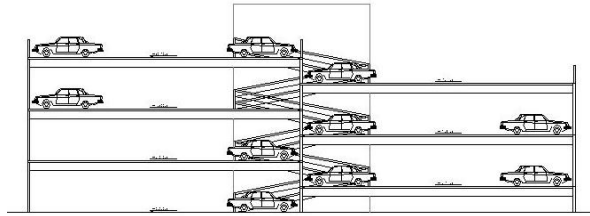


Figura 8 – Esempio di autorimessa a piani sfalsati

La disposizione geometrica dei livelli di parcheggio può favorire la propagazione degli incendi da un piano all'altro e pertanto è necessario modificare gli scenari di incendio di riferimento delle autorimesse per tenere conto delle caratteristiche specifiche di queste strutture. In alternativa è possibile adottare degli accorgimenti costruttivi che impediscano la propagazione da un livello a quello attiguo. A questo scopo utili indicazioni possono essere trovate tra le disposizioni tecniche presenti nella lettera-circolare prot. n. 5043 del 15/04/2013 – Guida tecnica su “*Requisiti di sicurezza antincendio delle facciate negli edifici civili*”.

PROCEDURA DI CALCOLO PER L'APPLICAZIONE DELL'APPROCCIO INGEGNERISTICO AI FINI DELLA VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO

Aspetti generali

Il procedimento per l'applicazione prestazionale dei metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio alla resistenza al fuoco delle strutture prevede l'impiego di modelli strutturali che permettano di tenere conto del reale comportamento della struttura esposta all'incendio. Sono pertanto generalmente escluse le analisi per singoli elementi, ammesse invece nell'ambito prescrittivo delle soluzioni conformi. Questo tipo di analisi è generalmente condotta su una sottostruttura significativa, ossia una porzione dell'intera struttura che consenta di valutare le azioni indirette dovute all'espansione termica e all'interazione tra gli elementi strutturali. Normalmente la verifica è condotta per mezzo di modelli strutturali agli elementi finiti (F.E.M.) applicati alla struttura completa o a parti di essa sufficientemente significative. Le analisi a caldo devono essere in grado di tenere in considerazione le interazioni tra gli elementi strutturali che si determinano a causa delle deformazioni e delle dilatazioni causate dall'incremento di temperatura e parzialmente contrastate dall'iperstaticità strutturale e devono tenere conto della modificazione delle proprietà meccaniche per effetto della temperatura nonché della possibilità di effetti del secondo ordine e di cicli di isteresi. Questa condizione, imposta dagli Eurocodici quando si impiegano metodi di calcolo avanzati, confermata dai NAD e ribadita dalla normativa nazionale antincendio, determina la necessità di uno studio del comportamento strutturale più impegnativo rispetto a quello, correntemente utilizzato nell'ambito prescrittivo, della ricerca di soluzioni conformi (si ricorda che, per queste ultime, si adottano modelli di incendio nominali).

Procedimento di applicazione dell'approccio ingegneristico

I modelli di calcolo avanzato devono essere in grado di cogliere ogni potenziale modalità di collasso della struttura in condizioni di incendio. Nel caso in cui queste siano presenti, esse devono essere verificate o eliminate con mezzi appropriati, così come prescritto dagli Eurocodici in caso di impiego dei metodi di analisi termo strutturale di tipo avanzato. In ogni caso l'applicazione dei metodi di calcolo citati deve includere i seguenti passi fondamentali:

- selezione degli scenari di incendio di progetto;
- determinazione dello sviluppo dell'incendio di progetto;
- determinazione della distribuzione della temperatura all'interno degli elementi strutturali (modello di risposta termica);
- valutazione del comportamento meccanico della struttura (modello di risposta meccanica).

Selezione degli scenari di incendio di progetto

In generale gli scenari di incendio di progetto devono essere scelti tenendo conto delle posizioni dei focolai che maggiormente influiscono sul comportamento strutturale, al fine di svolgere le analisi nelle condizioni critiche per i vari elementi strutturali.

Per le autorimesse di tipo aperto, fuori terra ed a spazio aperto, aventi schema compatibile con quello riportato in figura 2, gli scenari di incendio di progetto devono essere individuati sulla base delle disposizioni riportate nella RTV autorimesse, qualora il progettista ritenga di impiegare tale decreto per l'analisi antincendio del manufatto.

Determinazione dello sviluppo dell'incendio di progetto

Per ognuno degli scenari di incendio di progetto è necessario individuare lo sviluppo e la distribuzione della temperatura nell'ambiente.

I metodi di calcolo avanzato possono essere basati sull'applicazione dei seguenti modelli di incendio:

- modelli di incendio localizzato in accordo ai criteri previsti sulla parte fuoco dell'Eurocodice 1 (EN1991-1-2);
- modelli a una zona, assumendo nel compartimento un'unica curva di variazione della temperatura (in caso di incendi generalizzati);
- modelli a due zone, in cui si schematizza l'incendio con uno strato superiore e uno strato inferiore, aventi altezza variabile nel tempo, ognuno caratterizzato da una propria curva di temperatura uniforme all'interno dello strato; l'impiego di questi modelli deve essere integrato con i modelli per l'analisi degli incendi localizzati, come quello riportato nella parte fuoco dell'Eurocodice EN1991-1-2 (Appendice C);
- modelli di fluido-dinamica computazionale (CFD), che forniscono l'evoluzione della temperatura nel compartimento con una distribuzione dipendente dalla posizione e dal tempo.

Modello di risposta termica

Definiti gli incendi di progetto per ogni scenario, è necessario determinare la corrispondente temperatura degli elementi strutturali.

Questo procedimento può essere fatto attraverso un'analisi termica alla Fourier degli elementi.

Modello di risposta meccanica

Risolta l'analisi termica è possibile effettuare l'analisi strutturale in caso di incendio applicando al modello la combinazione dei carichi eccezionale prevista dalle NTC 2008 in abbinamento alle azioni termiche determinate.

I modelli di calcolo per la verifica strutturale devono tenere conto degli effetti delle deformazioni e delle tensioni indotte dalle azioni termiche legate all'incendio. Inoltre il modello di risposta meccanica deve prendere in considerazione:

- gli effetti combinati delle azioni meccaniche, delle imperfezioni geometriche e delle azioni termiche;
- le proprietà meccaniche del materiale dipendenti dalla temperatura;
- gli effetti delle non linearità geometriche;
- gli effetti delle non linearità delle proprietà dei materiali.

Da tali indicazioni deriva il fatto che l'analisi di calcolo avanzata deve essere fatta almeno su una sottostruttura significativa, selezionata in modo tale da permettere di valutare le azioni indirette dovute all'espansione termica e all'interazione tra gli elementi strutturali.

L'analisi viene svolta per una durata dell'incendio di progetto compatibile con il livello di prestazione scelto in funzione dei rispettivi criteri di attribuzione fissati nel Codice di p.i..

Esempio di applicazione

Di seguito sono sintetizzate le fasi del calcolo eseguito per la ricerca delle soluzioni alternative ai fini della verifica del livello III di resistenza al fuoco di un parcheggio aperto realizzato con struttura in acciaio e con solaio misto acciaio-calcestruzzo rientrante nel campo di applicazione della RTV autorimesse.

Per esigenze di sintesi, non ledendo la generalità della trattazione, è riportata l'analisi riferita ad un solo scenario di incendio, scelto tra quelli critici per gli elementi strutturali.

Il sistema strutturale è stato modellato agli elementi finiti utilizzando il programma di calcolo SAFIR [11], sviluppato presso l'Università di Liegi (Belgio).

Dati di progetto

Nell'esempio di applicazione è stata scelta una struttura tipica di un parcheggio a struttura in acciaio:

- edificio multipiano, numero di piani: 3
- altezza interpiano: 3 m
- maglia strutturale: 16 m x 5 m
- solaio: soletta c.a. $h = 160$ mm
- travi principali: IPE550, acciaio S460
- travi secondarie: IPE240, acciaio S355
- colonne centrali: HEM260, acciaio S355
- colonne laterali: HEM220, acciaio S355

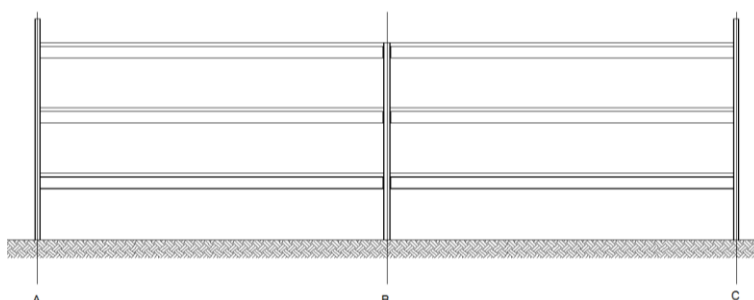


Figura 10 – Struttura edificio, sezione tipo

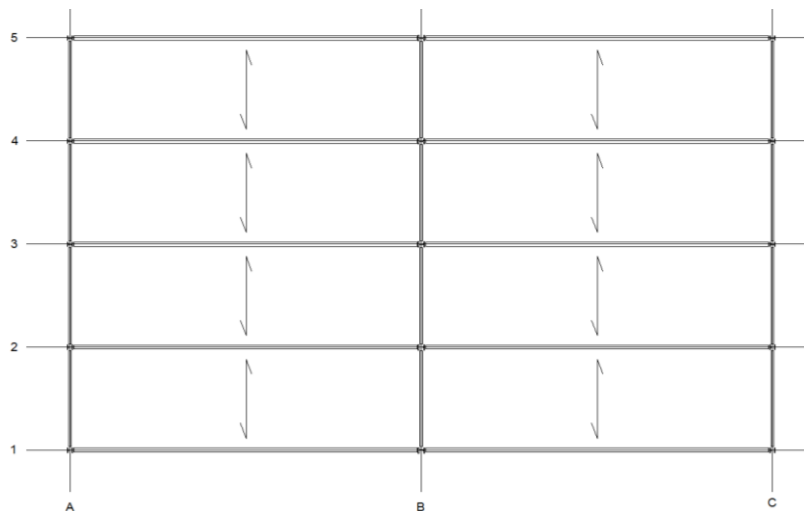


Figura 11 – Struttura edificio, pianta

L'analisi dei carichi sulla struttura in esame è conforme alle disposizioni della normativa nazionale vigente (NTC2008).

Carichi applicati:

- densità della struttura in acciaio: 7850 kg/m^3
- permanenti portati, soletta 16 cm: 4.00 kN/m^2
- altri permanenti portati: 1.00 kN/m^2
- permanenti portati, parapetto: 2.00 kN/m
- carico di esercizio per autorimesse (cat. F): 2.50 kN/m^2

Scenari di incendio di progetto

Gli scenari di incendio di progetto sono determinati secondo quanto riportato nella RTV autorimesse. Questo esempio è condotto sullo scenario di incendio di progetto di tipo 2, che comprende sette auto, corrispondente alle condizioni critiche di verifica della trave principale.

Curve di incendio

L'azione termica sulle strutture è calcolata mediante l'applicazione del modello di incendio localizzato riportato nell'Appendice C di EN 1991-1-2 [2].

L'applicazione del modello è stata eseguita con i seguenti parametri:

- diametro nominale del focolaio: $D = 3.91 \text{ m}$
- altezza del focolaio rispetto al pavimento: $h_f = 0.3 \text{ m}$
- altezza di riferimento del soffitto: $H = 2.88 \text{ m}$

Si noti che il diametro del focolaio è stato assunto in modo da ottenere un'area in pianta pari a 12 m^2 , simile a quella dello stallone di un'autovettura in un parcheggio ordinario. Invece l'altezza del focolaio rispetto al pavimento è assunta pari a 0.3 m a seguito delle osservazioni fatte nelle sperimentazioni eseguite [13].

Analisi termica

L'analisi termica degli elementi strutturali è stata fatta mediante un modello agli elementi finiti elaborato con il programma SAFIR [11].

Conformemente a quanto prescritto dall'Eurocodice EN 1991-1-2, l'analisi è stata eseguita considerando i seguenti parametri:

- fattore di scambio termico per convezione sulla superficie esposta: $\alpha_c=35\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- fattore di scambio termico per convezione sulla superficie non esposta: $\alpha_c=9\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- fattore di emissività del materiale: $\varepsilon_m=0.7$
- fattore di emissività del fuoco: $\varepsilon_f=1$

Nelle figure seguenti sono riportate le temperature in alcuni degli elementi strutturali per lo scenario di incendio di progetto analizzato.

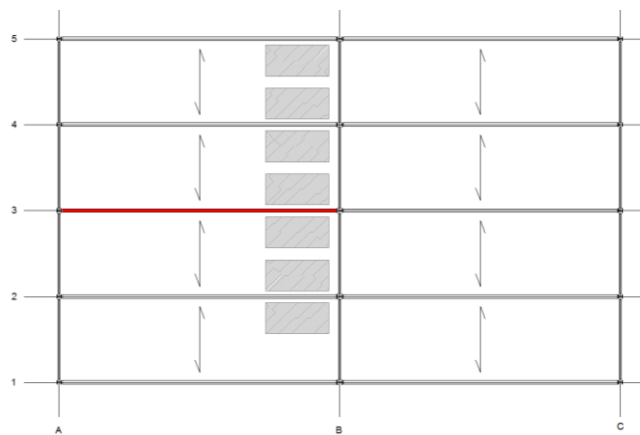


Figura 11 – Posizione delle auto e trave più riscaldata

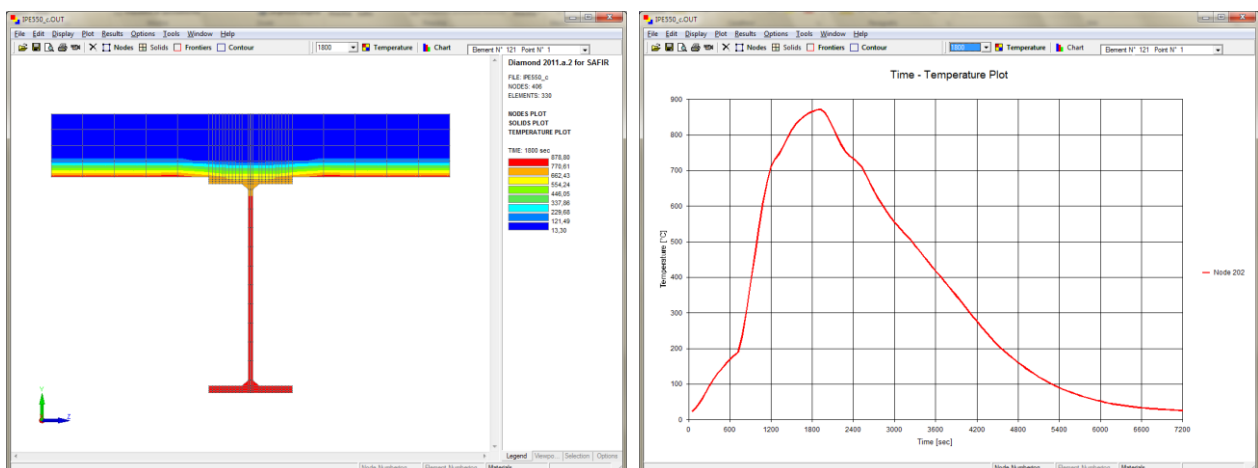


Figura 13 – Analisi termica della trave principale dopo 30 min di esposizione al fuoco e curva di riscaldamento della sezione della trave di acciaio sopra il focolaio

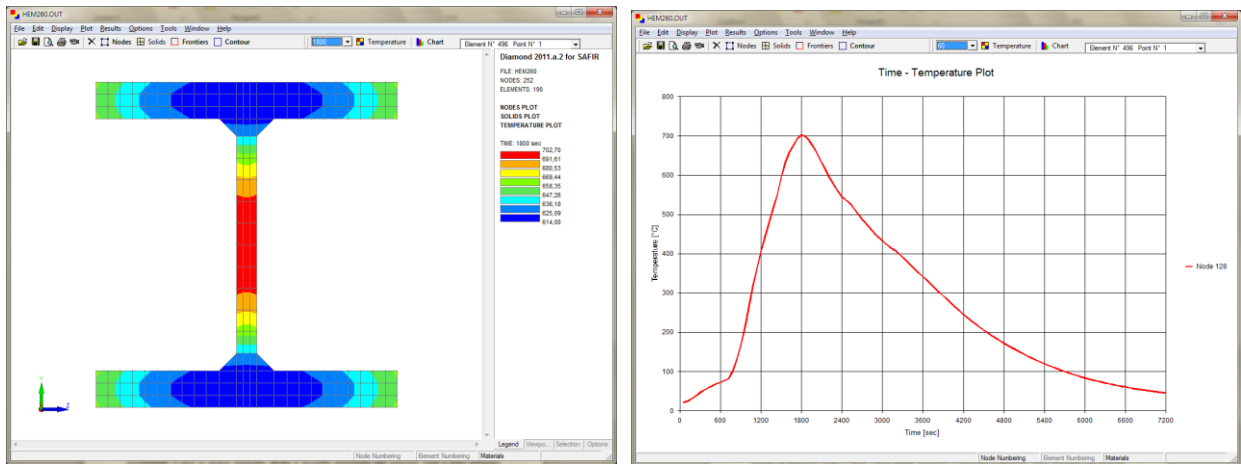


Figura 14 – Analisi termica colonna centrale dopo 30 min di esposizione al fuoco e curva di riscaldamento

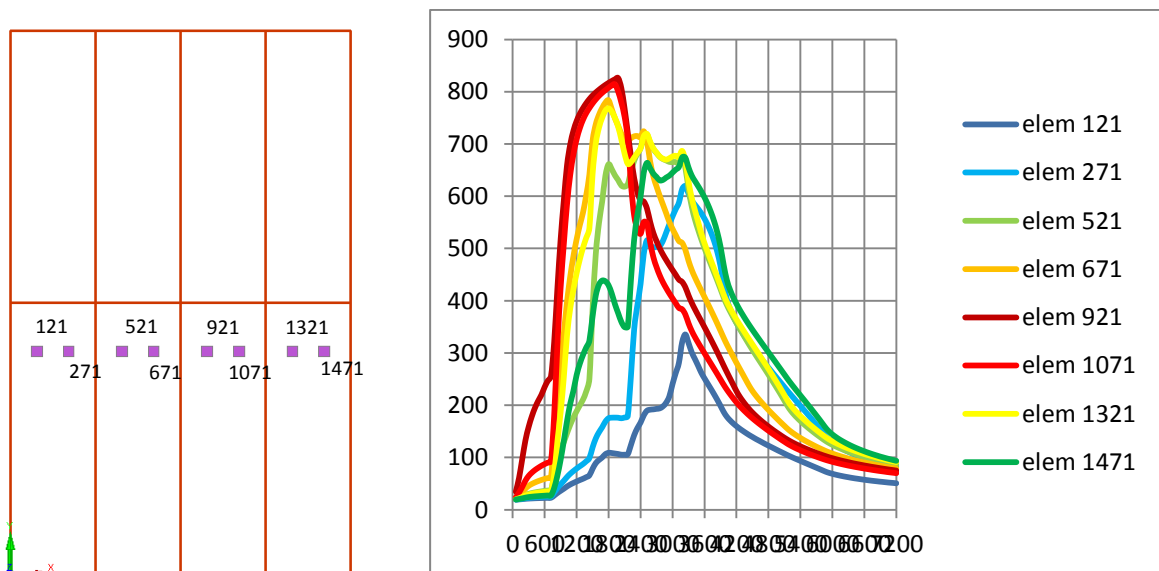


Figura 15 – Punti di riferimento per il calcolo della temperatura - Temperatura nel solaio sopra le auto incendiate

Analisi meccanica

I carichi agenti in condizione di incendio sono determinati con la combinazione delle azioni eccezionale, secondo il vigente regolamento italiano [8]. Il modello strutturale agli elementi finiti è stato elaborato con il programma di calcolo SAFIR [11]. L'analisi è stata condotta sulla sottostruttura rappresentata in figura 16, che rappresenta una parte della struttura del piano intermedio, modellata per mezzo di elementi beam (travi e pilastri) e shell (solai).

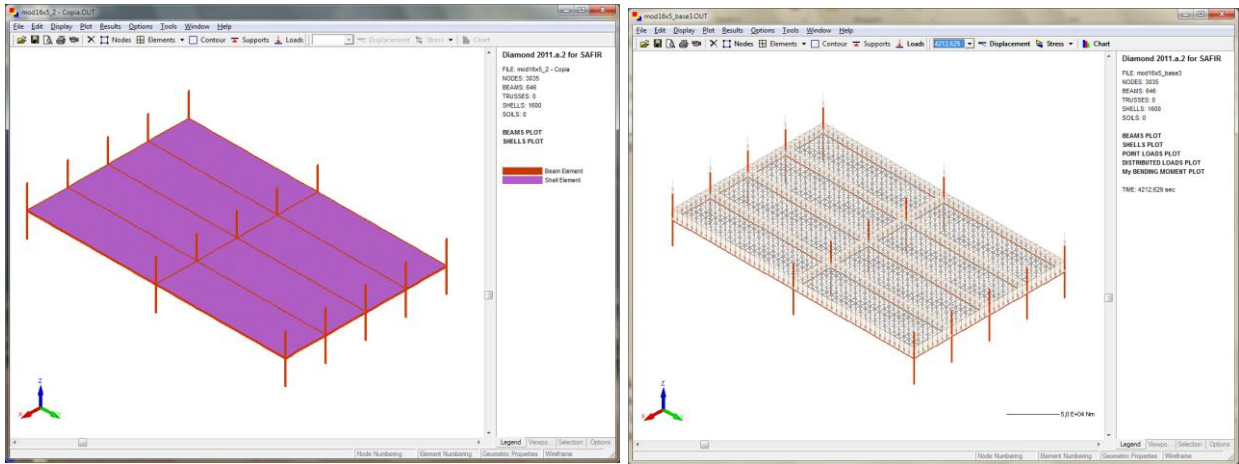


Figura 16 - Modello strutturale agli elementi finiti (Safir) – Carichi applicati al modello (dx)

Risultati

L'analisi strutturale è stata condotta per tutta la durata dell'incendio.

Nelle figure 17-21 sono rappresentati alcuni risultati significativi dell'analisi strutturale.

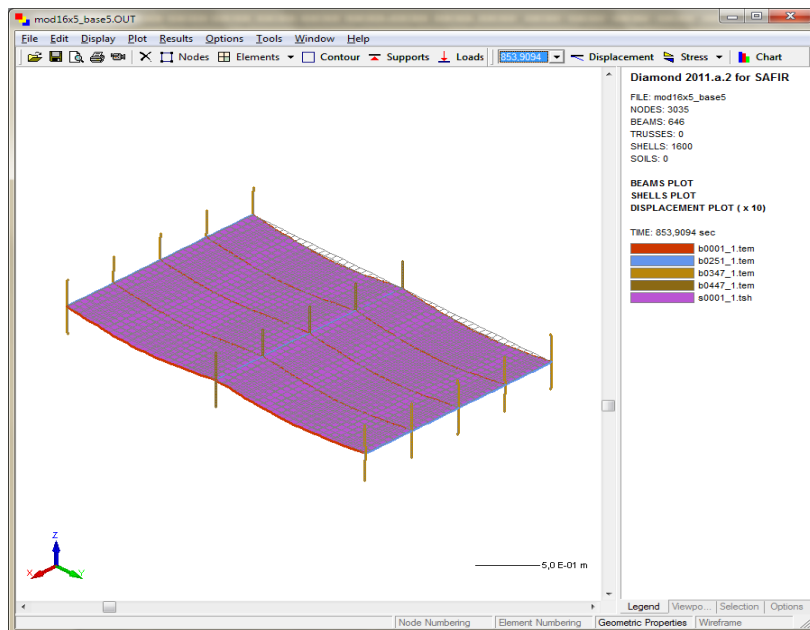


Figura 17 – Deformata della struttura dopo 850sec

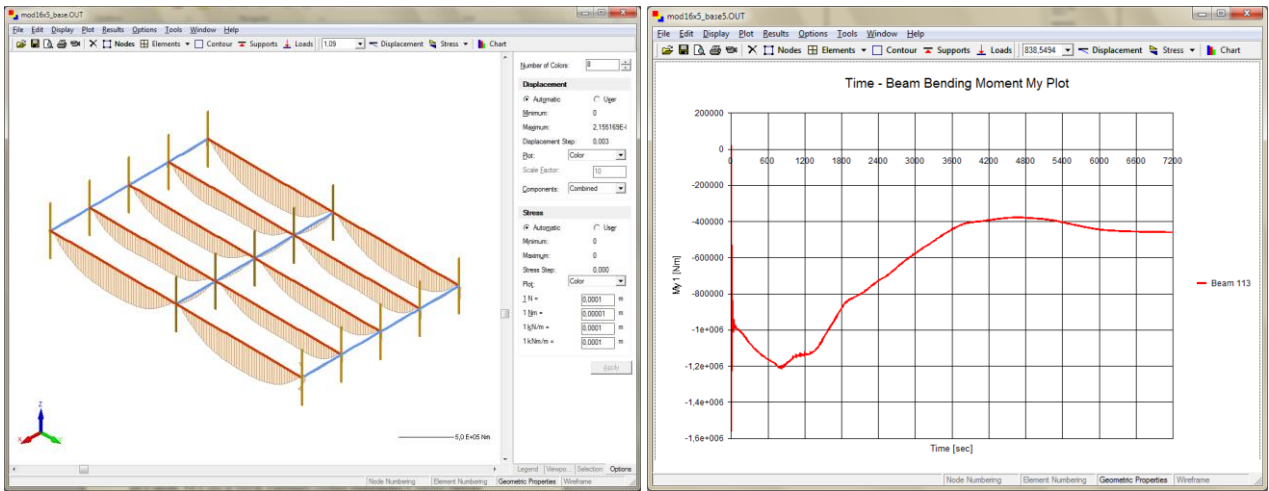


Figura 18 – Momento flettente sulla trave principale (filo 3)

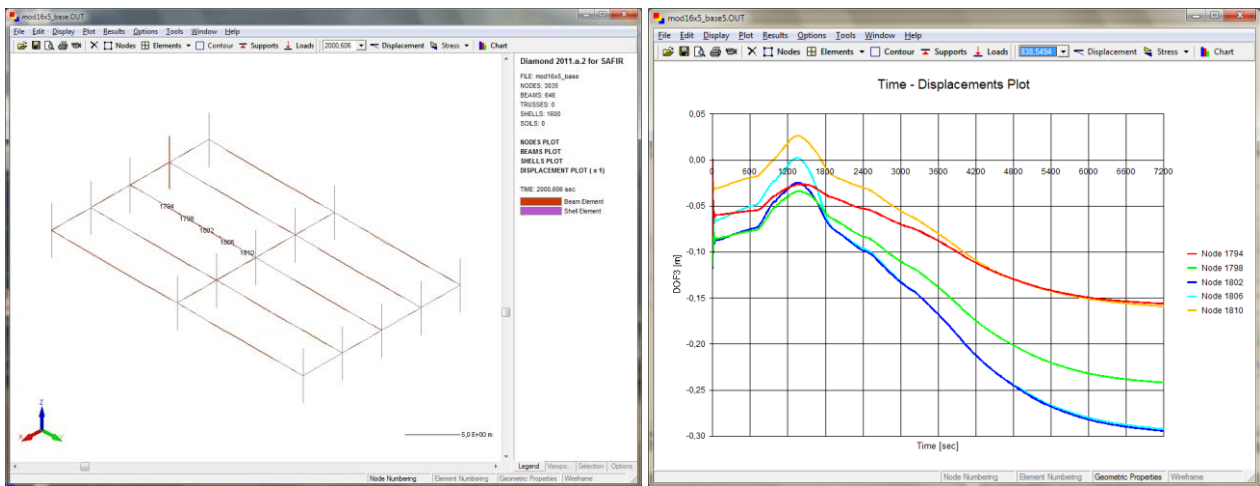


Figura 19 - Spostamento verticale nella mezzera della trave principale della campata in cui si sviluppa l'incendio

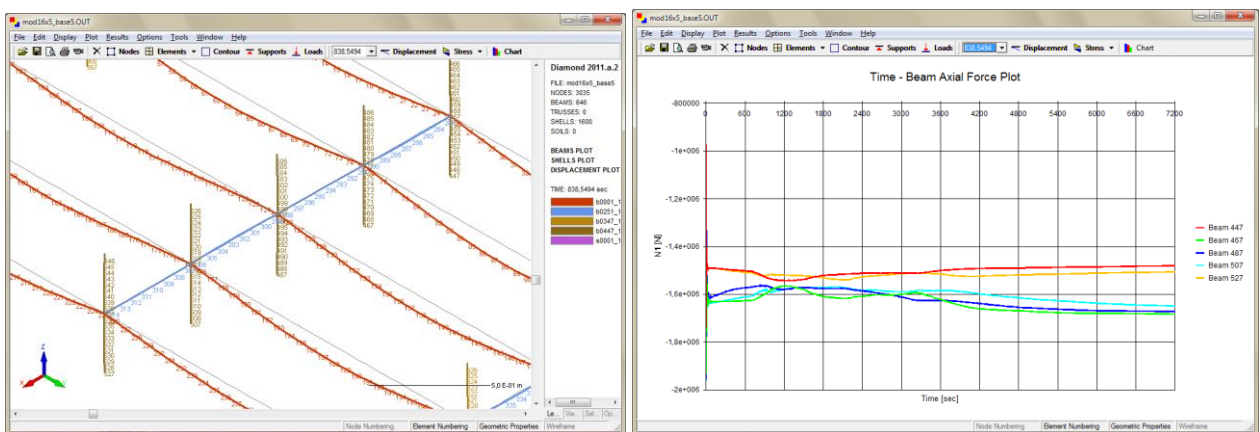


Figura 20 – Sforzo normale delle colonne sul filo B

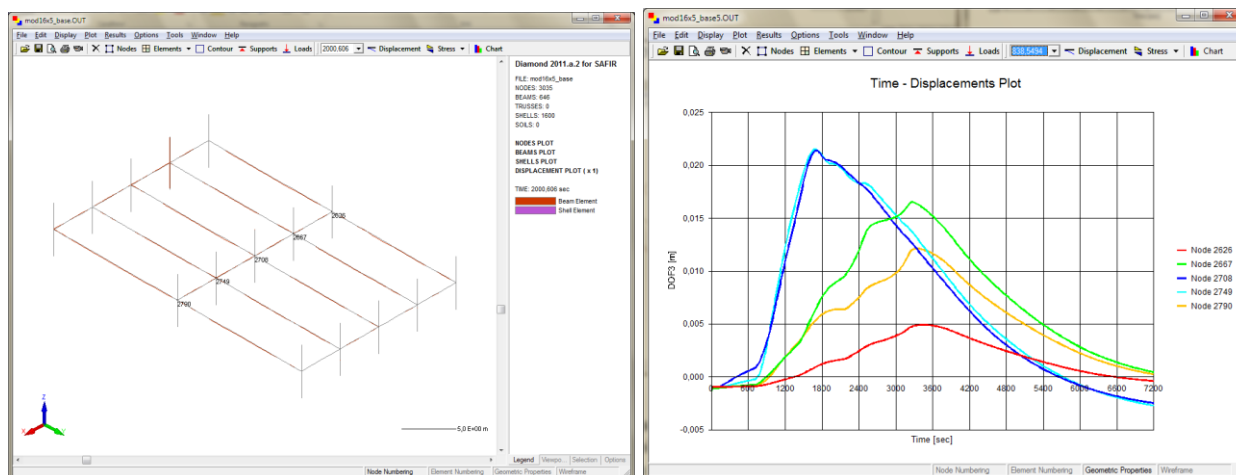


Figura 21 - Spostamento verticale della sommità delle colonne della fila centrale

L'analisi sopra descritta mostra il buon comportamento in condizioni di incendio delle strutture di impalcato realizzate in soluzione composta acciaio-clc: verifica della stabilità per tutto il tempo di analisi, senza casi di rottura locale. Questa analisi deve essere completata con ulteriori verifiche, non condotte dal programma di calcolo impiegato. Ad esempio:

- verifica a taglio delle sezioni trasversali delle travi (vedi par. 4.2.3.3 e 4.2.3.4 di EN 1993-1-2);
- verifica delle instabilità locali nelle sezioni trasversali per gli elementi di classe di duttilità 3 e 4 (vedi EN 1993-1-3 e par. 4.2.2, par. 4.2.3.4, par. 4.2.3.6 e appendice E di EN 1993-1-2);
- verifica dei connettori a taglio (tra la soletta e le travi principali composte e tra la soletta e le travi secondarie composte – vedi par. 4.3.4.2.5 di EN 1994-1-2);
- verifica dei collegamenti (vedi Appendice D di EN 1993-1-2).

Infine una verifica significativa da condurre sul comportamento strutturale in caso di incendio è il controllo della compatibilità delle deformazioni della struttura con i vincoli reali, per verificare se gli spostamenti e le rotazioni valutate del modello di calcolo siano possibili.

CONCLUSIONI

Facendo riferimento ai criteri riportati nella RTV autorimesse, in questo contributo è stata presentata la procedura generale di applicazione dei metodi di ingegneria della sicurezza antincendio per la verifica della capacità portante di autorimesse di tipo aperto, fuori terra ed a spazio aperto, con specifico riferimento alle costruzioni di acciaio, specificando la trattazione anche mediante un esempio applicativo.

Con la pubblicazione del nuovo decreto, questi criteri sono applicabili senza la necessità di ricorrere alla procedura di deroga alle regole tecniche di prevenzione incendi.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia ArcelorMittal per la collaborazione ed il supporto prestati.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D.M.Int. (01/02/1986), "Norme di sicurezza antincendio per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili".
- [2] EN 1991-1-2 (2002), "Azioni sulle strutture. Parte 1-2: Azioni in generali – Azioni sulle strutture esposte al fuoco", 1 novembre 2002.
- [3] EN 1993-1-2 (2005), "Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-2: Regole generali – progettazione strutturale contro l'incendio", 1 luglio 2005.
- [4] EN 1994-1-2 (2005), "Progettazione delle strutture composte acciaio e calcestruzzo. Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio", 27 Ottobre 2005.
- [5] D. MIN. INT. (16/02/2007) "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione", GU n. 74 del 29 marzo 2007.
- [6] D. MIN. INT. (9-03-2007), "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco", GU n. 74 del 29 marzo 2007.
- [7] D. MIN. INT. (09-05-2007), "Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio", Ministero dell'Interno 9 maggio 2007.
- [8] D. MIN. II.TT. (14/01/2008), Norme Tecniche per le Costruzioni, supplemento Ordinario della G.U. N° 29 del 04/02/ 2008.
- [9] Cirillo V. (2007), "Resistenza al fuoco delle strutture: nuove disposizioni nazionali" – Rivista Antincendio – Aprile 2007.
- [10] Franssen J.M., Cadorin J.F., Cajot L.G., Joyeux, D., Pustorino S., Van Oerle J. "Natural fire safety concept" Part.1: WG1 "Natural Fire Models" – CEC Agreement 7210 – SA/125, ..., March 1999
- [11] Franssen J.M., 2007 - "User Manual for SAFIR2007: A Computer Program for Analysis of Structures Submitted to the Fire". University of Liege 2007, Belgium.
- [12] Giomi G., Cirillo V., (2007), "Novità nella resistenza al fuoco" - Rivista Obiettivo Sicurezza - marzo-aprile 2007.
- [13] INERIS (2001), "Parcs de stationnement en superstructure largement ventilés. Avis d'expert sur les scénarios d'incendie", ottobre 2001.
- [14] Nigro E., Ferraro A., Cefarelli G. (2008), "Analisi strutturale in caso d'incendio di telai composti acciaio-calcestruzzo", accettato per pubblicazione sul n. 6/2008 della rivista Costruzioni Metalliche.
- [15] Nigro E. (2001), "Verifica delle strutture composte acciaio-calcestruzzo in caso d'incendio: sperimentazione, modelli di calcolo, indicazioni normative" Costruzioni Metalliche 2001 (4): 49-66.
- [16] Nigro E., Pustorino S., Cefarelli G., Princi P. (2010), Progettazione di strutture in acciaio e composte acciaio-calcestruzzo in caso di incendio, Fondazione Promozione Acciaio - Ed. Hoepli, Milano.
- [17] Pustorino S., Princi P., Report tecnico "Sicurezza strutturale in caso di incendio di parcheggi multipiano fuori terra realizzati con ampia ventilazione naturale e struttura portante in acciaio" Attività n. 9 "Autorimesse aperte fuori terra" della Commissione Tecnica per la Sicurezza delle Costruzioni di Acciaio in caso di Incendio.
- [18] Pustorino S, Princi P., Nigro E., Ferraro A., Cirillo V. (2010), Approccio ingegneristico per la sicurezza strutturale in condizioni di incendio: il caso delle autorimesse aerate, in corso di pubblicazione sulla rivista Antincendio, EPC Periodici, Roma.
- [19] Commissione della Comunità Europea, "Direttiva sui prodotti da costruzione" 89/106/CEE, 21 maggio 1988.
- [20] Commissione della Comunità Europea, Documento Interpretativo n. 2 di 89/106/CEE "Requisiti essenziali della sicurezza in caso di incendio" ottobre 1993.
- [21] Nigro E., Ferraro A., Cefarelli G. "L'uso della FSE nella progettazione strutturale finalizzata alla sicurezza antincendio", rivista Costruzioni Metalliche.
- [22] Appendice tecnica nazionale di EN 1991-1-2 "Azioni sulle strutture. Parte 1-2: Azioni in generali – Azioni sulle strutture esposte al fuoco".
- [23] Appendice tecnica nazionale di EN 1993-1-2 "Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-2: Regole generali – progettazione strutturale contro l'incendio".
- [24] Appendice tecnica nazionale di EN 1994-1-2 "Progettazione delle strutture composte acciaio e calcestruzzo. Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio".
- [25] Lettera-circolare prot. n. 5043 del 15/04/2013 – Guida tecnica su "Requisiti di sicurezza antincendio delle facciate negli edifici civili".
- [26] TGS8 "Steel products and applications for buildings, construction and industry", "Robustness of car parks against localised fire", 2008-2011.
- [27] Decreto 21 febbraio 2017, Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa. GU Serie Generale n.52 del 3-3-2017.