



ITALIAN CONCRETE DAYS

Roma, 27 - 28 ottobre 2016



▶ POLITECNICO DI MILANO



Resistenza al Fuoco
Fire Resistance

Relazione Generale
General Report

prof. ing. Sergio Tattoni

Dipartimento ABC, Politecnico di Milano



- Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate
- Carico di incendio
- Calcestruzzo
- Danneggiamento strutturale
- Sicurezza antincendio
- Considerazioni conclusive

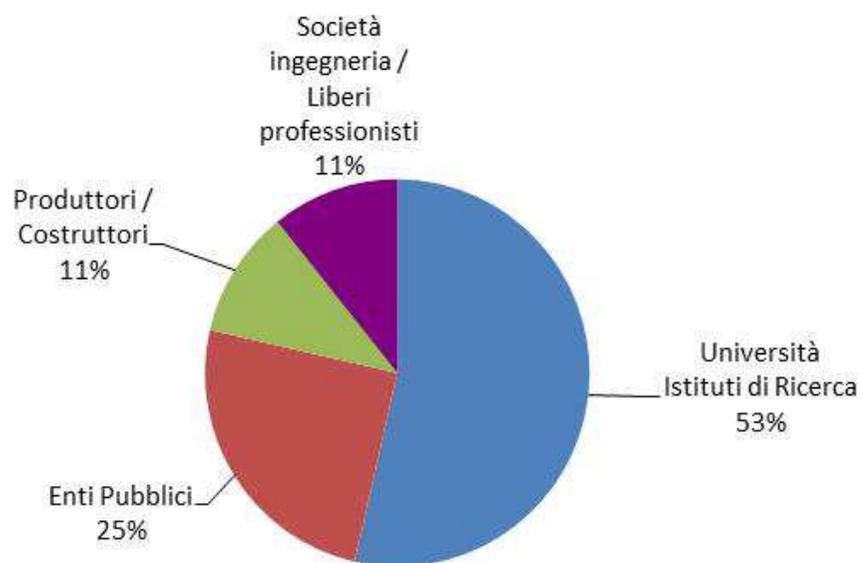


- **Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate**
- Carico di incendio
- Calcestruzzo
- Danneggiamento strutturale
- Sicurezza antincendio
- Considerazioni conclusive

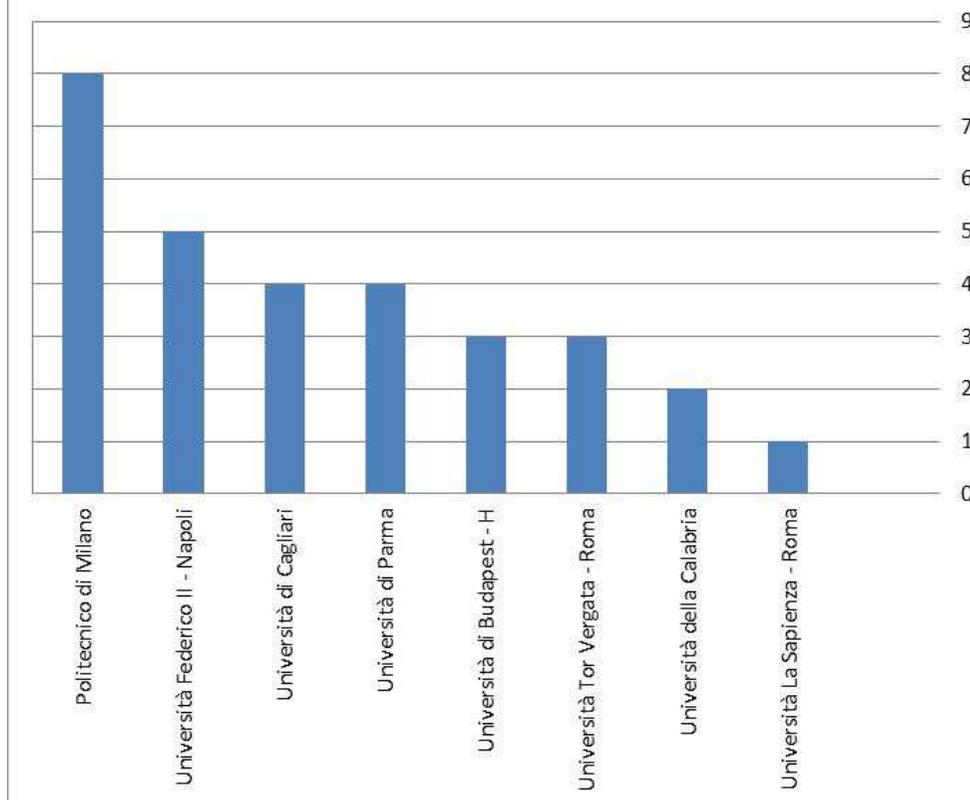


Per le sessioni 13 e 20 relative alla Resistenza al Fuoco sono state presentate **15 memorie** con un totale di **54 Autori**

Provenienza degli autori

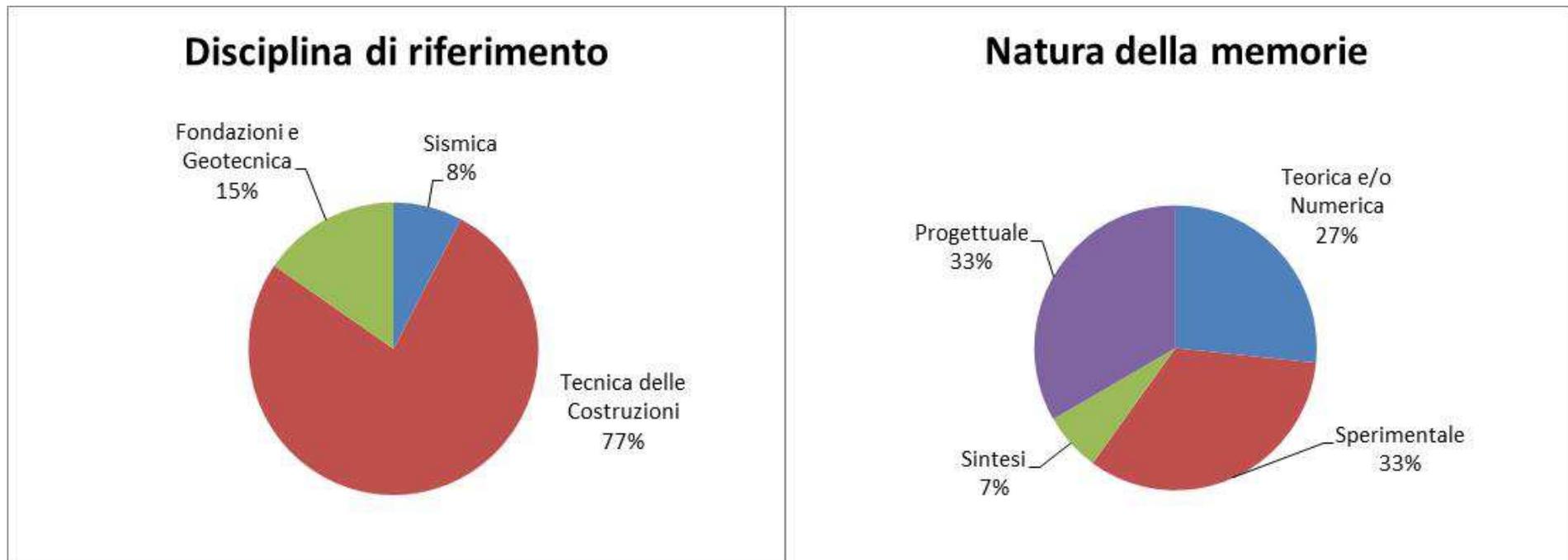


Autori per sedi universitarie





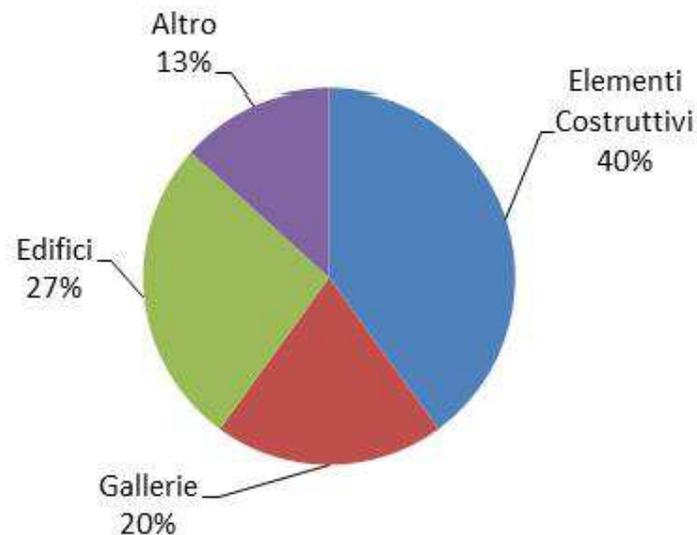
Le **15 memorie** possono essere classificate in funzione della disciplina di riferimento e della loro natura.



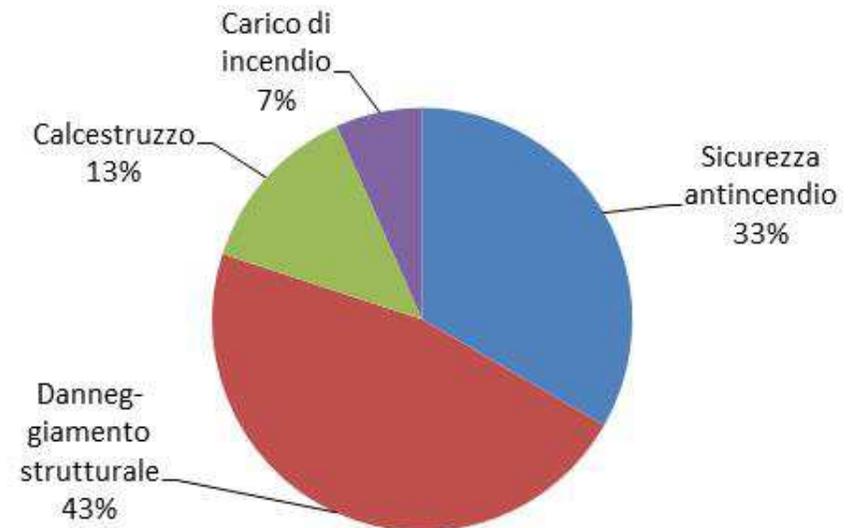


Ai fini della loro presentazione, può essere utile classificare le **15 memorie** in funzione dell'oggetto o del tema specifico trattato.

Oggetto delle memorie



Tema specifico





Alcuni anni fa ebbe molto successo in televisione una serie di brevi trasmissioni su temi significativi della nostra società ... le cosiddette



A imitazione di Andrea Barbato verranno presentate in modo conciso ed omogeneo (a beneficio di chi non seguirà le sessioni 13 e 20) **tutte** le memorie delle sessioni, sperando di suscitare la curiosità per un lettura più approfondita.



- Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate
- **Carico di incendio**
- Calcestruzzo
- Danneggiamento strutturale
- Sicurezza antincendio
- Considerazioni conclusive



N° generale	Autori	Ente di appartenenza	Titolo
8	A. Dal Lago B. Dal Lago	DLC Consulting, Milan, Italy DICA, Politecnico di Milano, Milan, Italy	Sui criteri di attribuzione di prestazione REI a strutture combustibili e incombustibili



La presenza di una struttura combustibile in una costruzione ha due effetti principali negativi in termini di comportamento al fuoco, rispetto ad una struttura incombustibile:

- l'aumento del carico d'incendio, definito in EC1 (CEN-EN 1991:2003) come la somma dell'energia termica rilasciata dalla combustione di tutti i materiali combustibili in uno spazio, inclusa la struttura.
- la perdita di volume nel tempo dovuta alla carbonizzazione, accompagnata da progressiva perdita di capacità portante.



Gli autori citano e commentano una prova al fuoco su un edificio a 3 piani, realizzato con struttura portante totalmente in legno in forma di pannelli XLam (Bochicchio et al., 2008; Ceccotti et al., 2011).



Anche se l'edificio ha resistito per 60' prima che i VF presenti spegnessero l'incendio, gli Autori argomentano che, in assenza o impossibilità dell'intervento di estinzione, il fuoco si sarebbe propagato agli altri ambienti e la casa avrebbe continuato a bruciare fino alla sua completa distruzione.

La presente memoria costituisce uno spunto di riflessione a livello normativo e applicativo, affinché vengano adottati dei criteri di progettazione anti incendio delle strutture combustibili che mirino a ridurre significativamente il rischio ignico delle nuove costruzioni.



- Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate
- Carico di incendio
- **Calcestruzzo**
- Danneggiamento strutturale
- Sicurezza antincendio
- Considerazioni conclusive



N° generale	Autori	Ente di appartenenza	Titolo
115	Éva Lublóy Katalin Kopecskó György L. Balázs	Budapest University of Technology and Economics, Department of Construction Materials and Technologies, H-1521 Budapest, Hungary	Incremento della resistenza al fuoco con diversi tipi di cemento
174	M. Caciolai P. Castelli A. Meda A. Caratelli M. Como	Ministero dell'interno Ministero dell'interno Univ. degli St. di Tor Vergata, Fac. Ingegneria, Roma Univ. degli St. di Tor Vergata, Fac. Ingegneria, Roma Univ. degli St. di Tor Vergata, Fac. Ingegneria, Roma	PROVE DI COMPRESSIONE SU CALCESTRUZZO FIBRO- RINFORZATO AD ALTE TEMPERATURE
203	F. Lo Monte F. Felicetti	DICA, Politecnico di Milano	Prova di sensibilità allo spalling del calcestruzzo



Incremento della resistenza al fuoco con diversi tipi di cemento

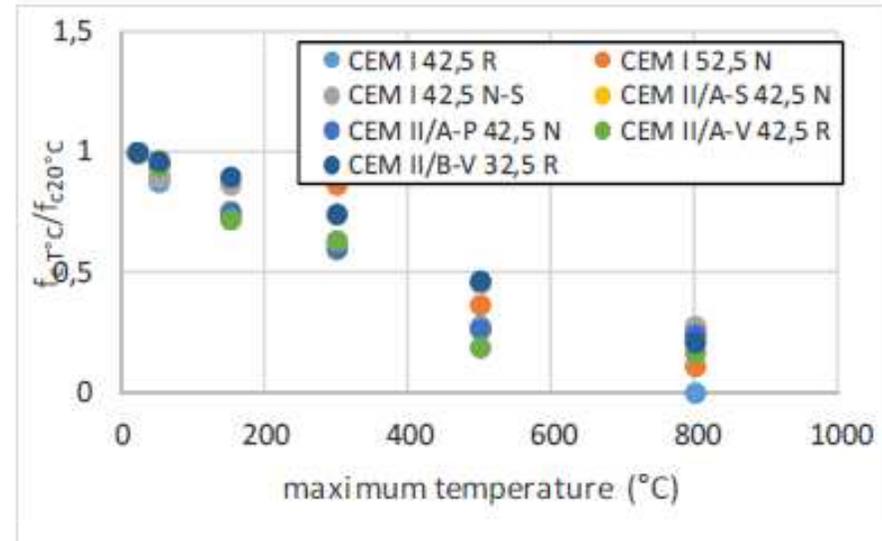
Scopo principale dello studio sperimentale 6 stato quello di determinare l'influenza di additivi (slag, fly ash, trass) sulle caratteristiche post- incendio del calcestruzzo e della pasta di cemento.

	CEM I 42,5 R	CEM I 42,5 N- S	CEM II/A-V 42,5 R	CEM II/B-V 32,5 R	CEM II/A-P 42,5 N
SiO ₂	19.71	20.16	23.75	26.15	28.23
Al ₂ O ₃	4.46	3.83	6.68	7.79	6.10
Fe ₂ O ₃	2.97	6.03	4.73	5.33	3.42
CaO	64.59	62.9	55.31	50.48	54.54
MgO	1.0	1.88	2.66	2.64	1.0
K ₂ O	0.69	0.43	0.85	0.95	1.15
Na ₂ O	0.31	0.41	0.47	0.51	0.67
SO ₃	2.63	2.6	2.79	2.81	2.84
Cl	0.02	0.009	0.027	0.026	0.01

La sperimentazione 6 stata condotta su cubi di pasta cementizia di lato 30 mm, riscaldati sino a 800°C secondo la curva standard in un forno elettrico.

I provini sono stati lasciati raffreddare a temperatura ambiente e quindi testati.

Si 6 osservata la formazione di fessure e misurata la resistenza residua.



1. La composizione cementizia ha un'importante influenza sulle caratteristiche residue della pasta.
2. La resistenza a compressione residua aumenta con l'aggiunta di materiale inerte.
3. I campioni di pasta di cemento indurito sono stati influenzati negativamente da cementi di tipo rapido per la fessurazione superficiale e per la resistenza.
4. L'applicazione di cemento Portland solfato resistente 6 risultata essere pi6 favorevole.
5. La quantit6 di fessure superficiali (somma delle lunghezze e larghezze) si riduce con l'aggiunta di materiali inerti (qui GGBS, ceneri volanti e trass).



L'obiettivo della ricerca riguarda l'evolversi delle proprietà meccaniche del calcestruzzo sottoposto ad alte temperature. Si osserva come le prove ad alta temperatura sul calcestruzzo non sono standardizzate, in nessun paese; è stata quindi studiata e realizzata una procedura che permette di trattare termicamente i provini di calcestruzzo e effettuare la prova di compressione, mantenendo la temperatura raggiunta.

I risultati sono stati poi analizzati e confrontati con quelli presenti in letteratura scegliendo opportuni studi che presentino caratteristiche analoghe sia in termini di modalità di prova, sia in termini di calcestruzzo esaminato.

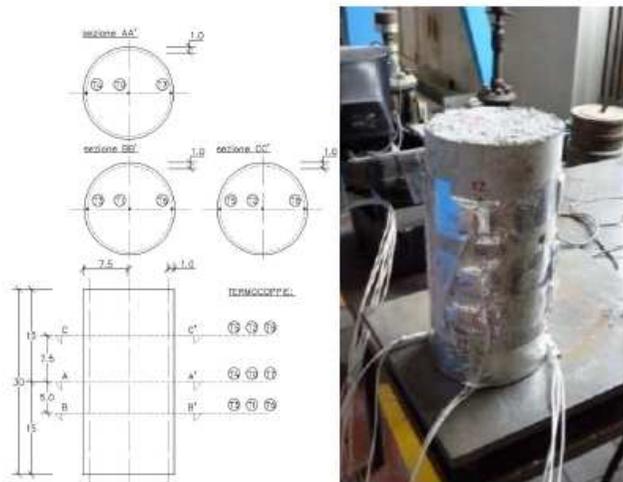
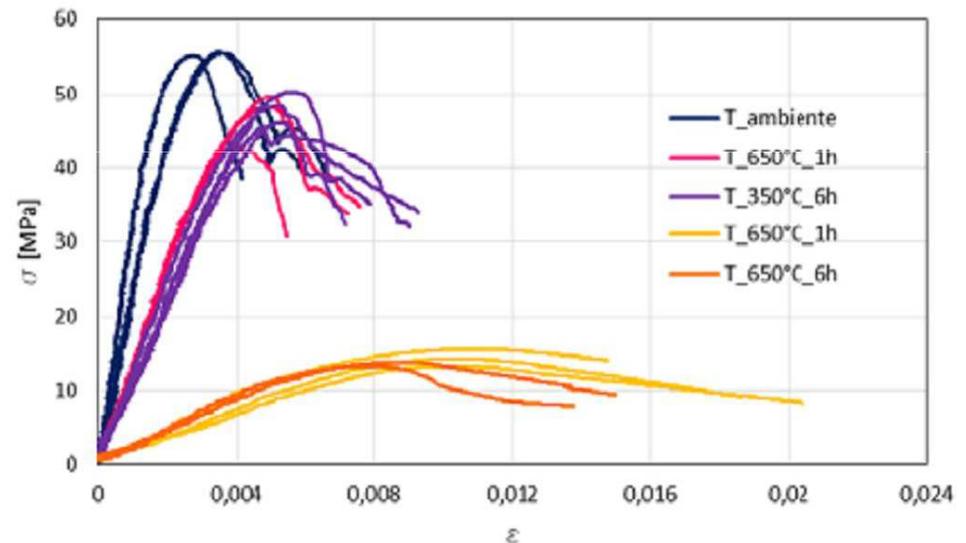


Figure 3-2: Schema delle termocoppie.

La sperimentazione prevedeva trattamenti termici sino a temperature di 350° C e 650° C.

Il cls. studiato aveva le seguenti caratteristiche:
fibre metalliche uncinata, 4D_BKT: 40 [kg/m³], l/d=60;
Aggregati calcarei, d_{max} = 25 [mm]
w/c = 0.4;
Contenuto di cemento = 450 [kg/m³];



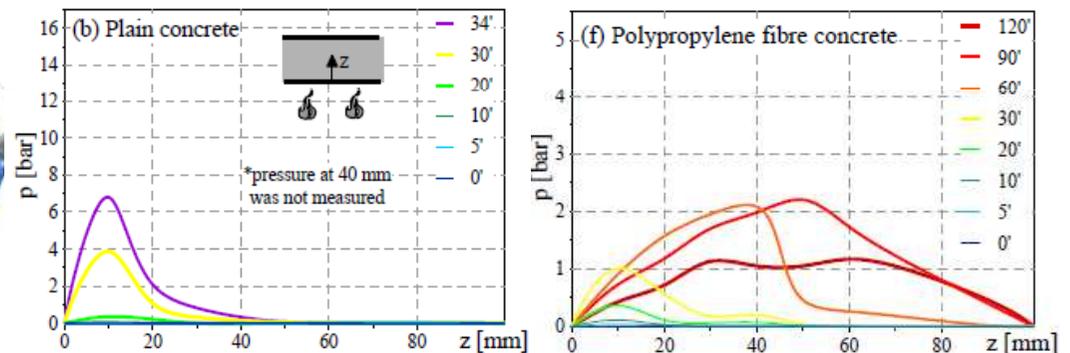
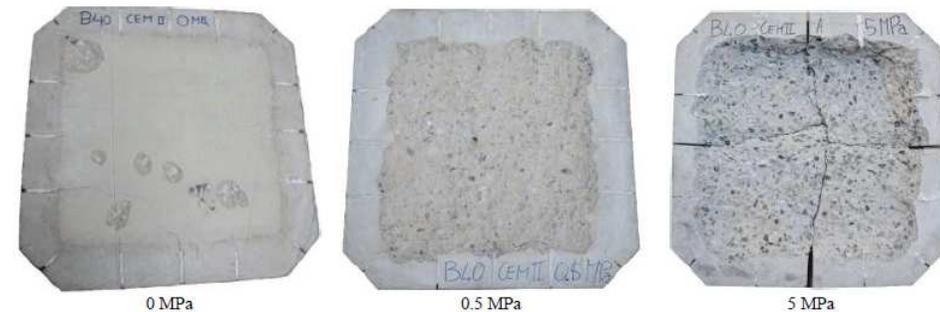
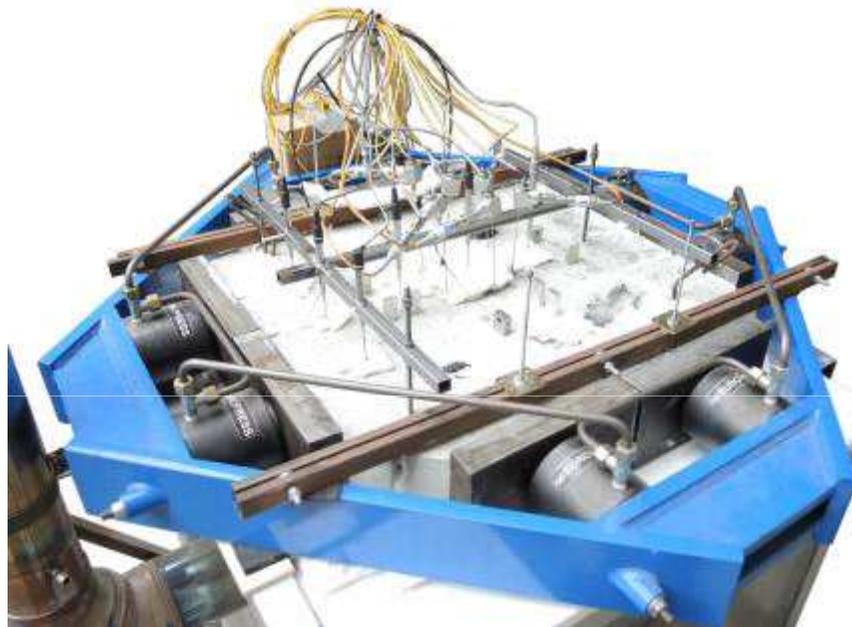
Molti ed interessanti risultati sono stati ottenuti dalle prove effettuate (in figura diagrammi costitutivi a seconda delle modalità di prova, tempo di stabilizzazione).



PROVE DI SENSIBILITÀ ALLO SPALLING DEL CALCESTRUZZO

Viene descritto il setup di prova per lo studio della sensibilità allo spalling per diverse tipologie di cls.

Il risultato più rilevante è la profondità di distacco



Obiettivi principali:

- confrontare miscele di cls. differenti sulla loro sensibilità allo spacco esplosivo
- valutare la severità dello spalling per una data miscela in funzione del carico esterno.

La prova permette di studiare il comportamento in caso di spalling di una data miscela in condizioni simili a quelle di esercizio, una volta definiti spessore della piastra e carico esterno.

Nel confrontare gli effetti benefici indotti dalle fibre il monitoraggio della pressione nei pori può essere di particolare rilevanza, poiché mostra direttamente la loro efficacia nel ridurre la pressione di vapore nei pori.



- Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate
- Carico di incendio
- Calcestruzzo
- **Danneggiamento strutturale**
- Sicurezza antincendio
- Considerazioni conclusive

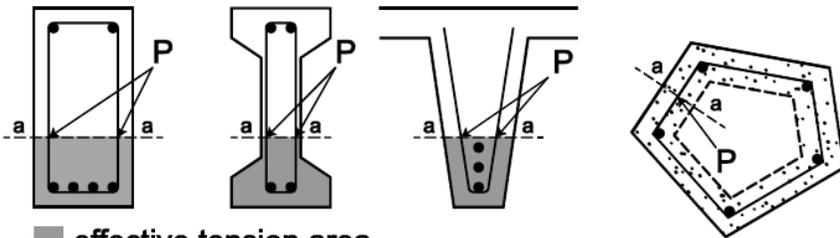


	Autori	Ente di appartenenza	Titolo
1	G. Gambarova N. Kalaba S. Tattoni	DICA, Politecnico di Milano, Milan, Italy DICA, Politecnico di Milano, Milan, Italy DABC, Politecnico di Milano, Milan, Italy	In tema di taglio e torsione negli elelemnti di C.A. soggetti ad incendio
25	F. Mazza F. Alesina	Department of Civil Engineering, Università della Calabria, Rende (Cosenza), Italy	Effetti torsionali indotti dal danneggiamento da incendio nell'analisi sismica non lineare di strutture in c.a. isolate alla base
34	Flavio Stochino Fausto Mistretta Luisa Pani Lorena Francesconi	Department of Civil, Environmental Engineering and architecture, University of Cagliari, Cagliari, Italy	Indagine sperimentale su una struttura in precompresso soggetta ad incendio: Il caso di un capannone industriale
145	P. Bamonte R. Felicetti N. Kalaba F. Lo Monte	DICA, Politecnico di Milano, Milan, Italy	Modellazione del Comportamento Strutturale di Pareti in C.A. esposte ad Incendio
173	L. Ponticelli M. Caciolai	Ministero dell'Interno – Dipartimento dei Vigili del fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile - Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica, Roma, Italia	Verifica di resistenza al fuoco di elementi in muratura a volta
195	I. Del Prete A. Bilotta E. Nigro	BuroHappold Engineering, London, UK University of Naples Federico II, Naples, Italy University of Naples Federico II, Naples, Italy	Prove a flessione su travi in c.a. rinforzate con barre in FRP applicate mediante la tecnica Near Surface Mounted con matrice cementizia



IN TEMA DI TAGLIO E TORSIONE NEGLI ELEMENTI IN C.A. SOGGETTI AD INCENDIO

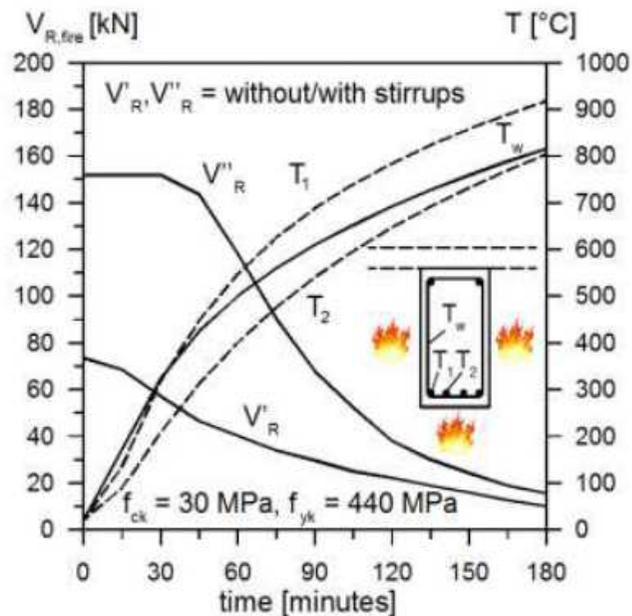
Gli stessi modelli impiegati per taglio e torsione nella progettazione a temperatura ambiente possono essere impiegati anche nella progettazione al fuoco, purché le proprietà meccaniche dei materiali e le caratteristiche geometriche delle sezioni vengano aggiornate sulla base delle temperature raggiunte.



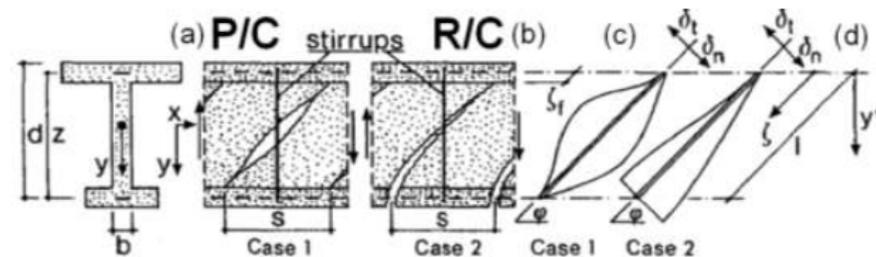
■ effective tension area

(a) taglio

(b) torsione



Dopo un richiamo ad i metodi semplificati proposti dall'EC, gli Autori prendono in esame le variazioni dei vari meccanismi resistenti per taglio e torsione in presenza di alte temperature.



I modelli di calcolo per la progettazione degli elementi strutturali in ca e cap rimangono meccanicamente validi in condizioni di incendio, essendo legati al comportamento fessurativo del calcestruzzo, che si accentua per la grande sensibilità al calore della resistenza a trazione.

Il contributo delle staffe e dei puntoni inclinati (*pettine*, per gli elementi non armati a taglio) diminuiscono regolarmente con la temperatura e con la durata dell'incendio.

Il contributo dell'ingranamento diminuisce rapidamente a causa dell'aprirsi delle fessure, e quello dell'azione di spinotto ancora di più, a causa del danneggiamento del copriferro;

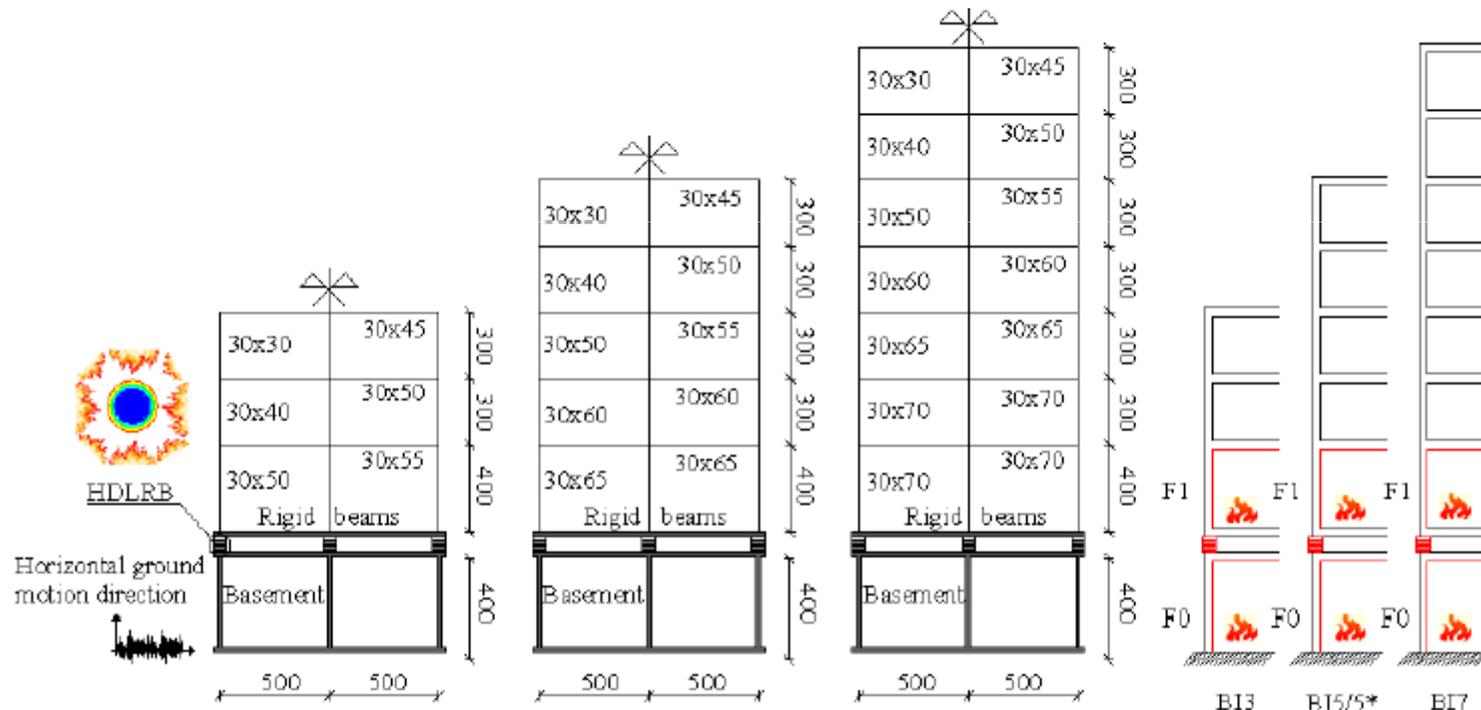


EFFETTI TORSIONALI INDOTTI DAL DANNEGGIAMENTO DA INCENDIO NELL'ANALISI SISMICA NON LINEARE DI STRUTTURE IN C.A. ISOLATE ALLA BASE

Il tema della ricerca è assai originale in quanto analizza il comportamento sismico di un edificio con isolatori, dopo che questi sono stati danneggiati da un incendio.

E' stato sviluppato uno studio parametrico nel quale si sono esaminati edifici di varia altezza e vari scenari di incendio naturale.

Gli effetti di un incendio verificatosi prima di un terremoto evidenziano eccentricità al livello del sistema di isolamento circa sei volte più grandi di quelle della sovrastruttura. Gli effetti torsionali postsisma sono più evidenti nel caso dei sistemi asimmetrici prodotti da incendio del sistema di isolamento, con valori più alti al decrescere del grado di isolamento.



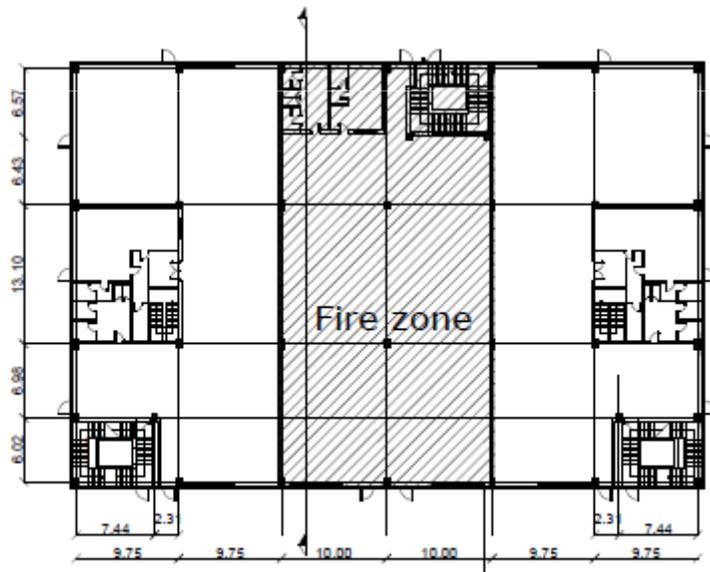
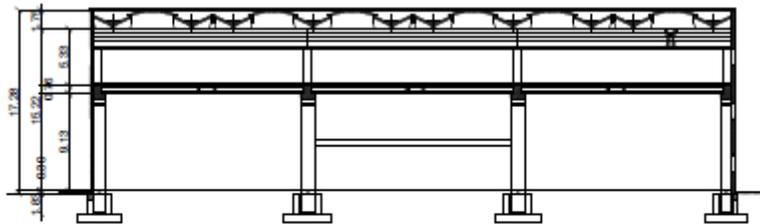
Il criterio di valutazione della resistenza residua degli isolatori è quello che si basa sull'isoterma dei 200°C, quello degli elementi strutturali su quella dei 500°C.

I risultati saranno esposti in dettaglio direttamente dagli Autori.

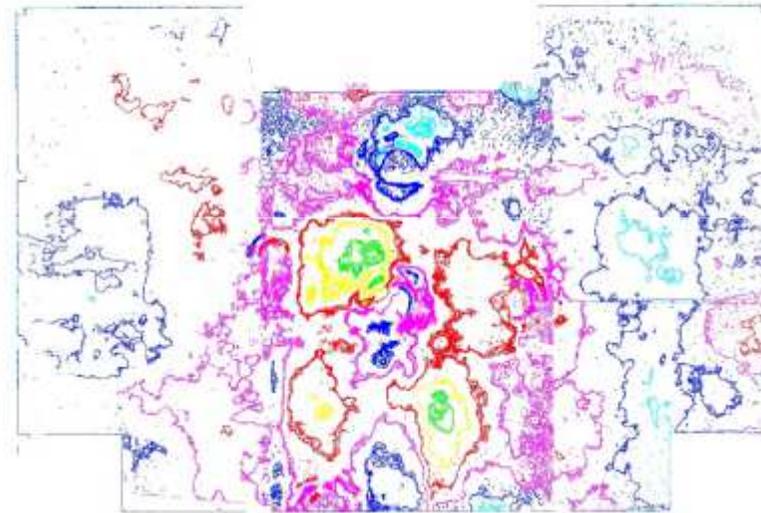
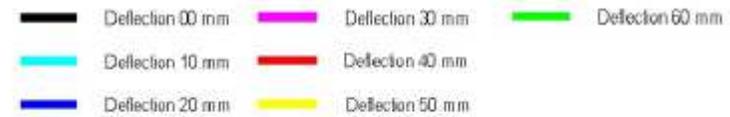


Oggetto di questa memoria sono le indagini volte a determinare il danneggiamento di una struttura industriale esposta ad incendio localizzato.

In particolare da segnalare l'uso del laser scanner che ha consentito di mappare con precisione lo stato deformativo post-incendio.



Oltre alle classiche prove ND sul calcestruzzo (metodo combinato IR-VUS), ed a prove di carico, si sono anche impiegati metodi diagnostici innovativi.



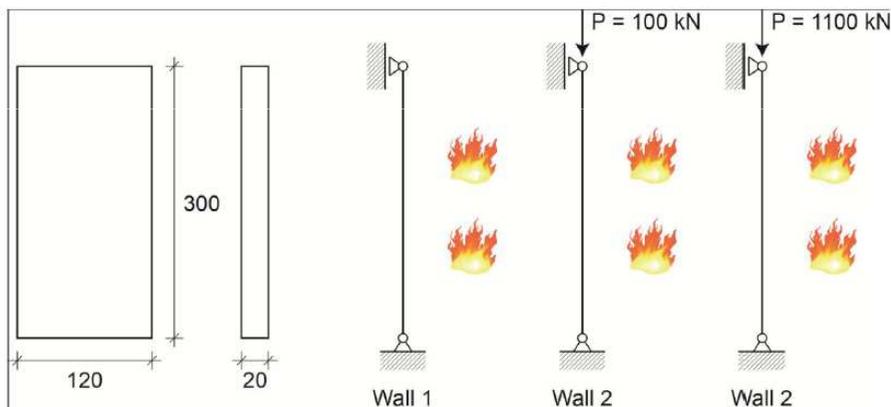
Anche per i materiali, ed in particolare per conoscere la mappatura del danneggiamento del cls in funzione della temperatura raggiunta, si sono utilizzate tecniche innovative come la diffattografia ai raggi X, la termogravimetria e l'analisi colorimetrica.

Le indagini hanno consentito di individuare le zone di maggior danno ed indirizzare il recupero.



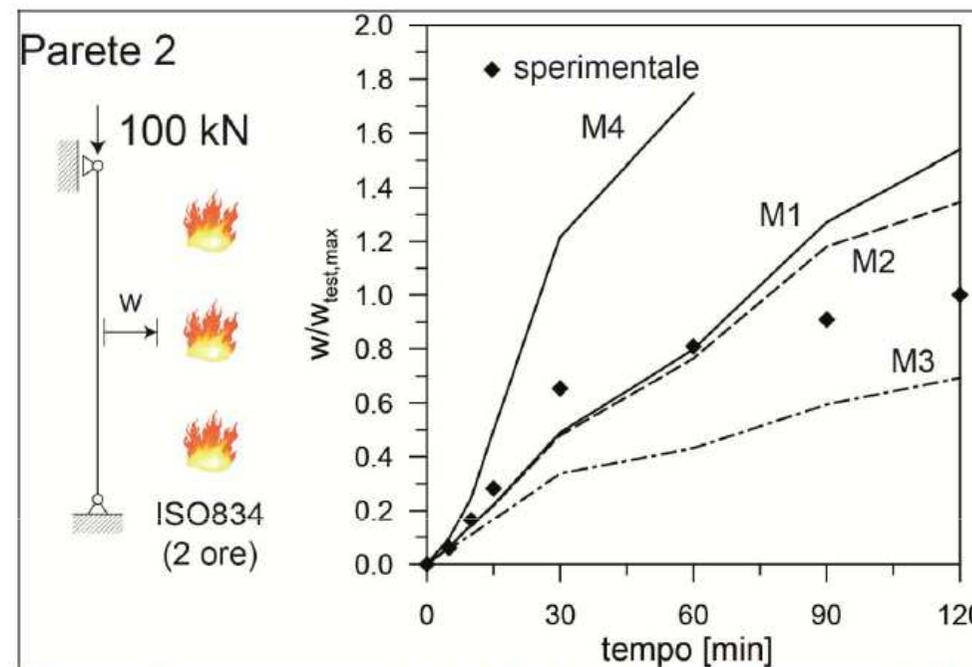
Il presente lavoro tratta l'analisi termo-meccanica di tre pareti in cemento armato. I risultati numerici sono messi a confronto con i risultati sperimentali ottenuti su 3 pareti soggette a carico crescente ed esposte all'incendio standard ISO834.

Le pareti oggetto delle prove sono state poste verticalmente in un forno ed esposte su un lato su tutta la larghezza e l'altezza della parete per 2 ore .



I risultati sperimentali sono stati interpretati con analisi numeriche sviluppate tramite il codice per l'analisi agli elementi finiti ABAQUS 6.10-1. .

Gli Autori commentano diffusamente le discrepanze rilevate fra le temperature misurate e quelle calcolate, fornendo originali interpretazioni delle loro osservazioni.

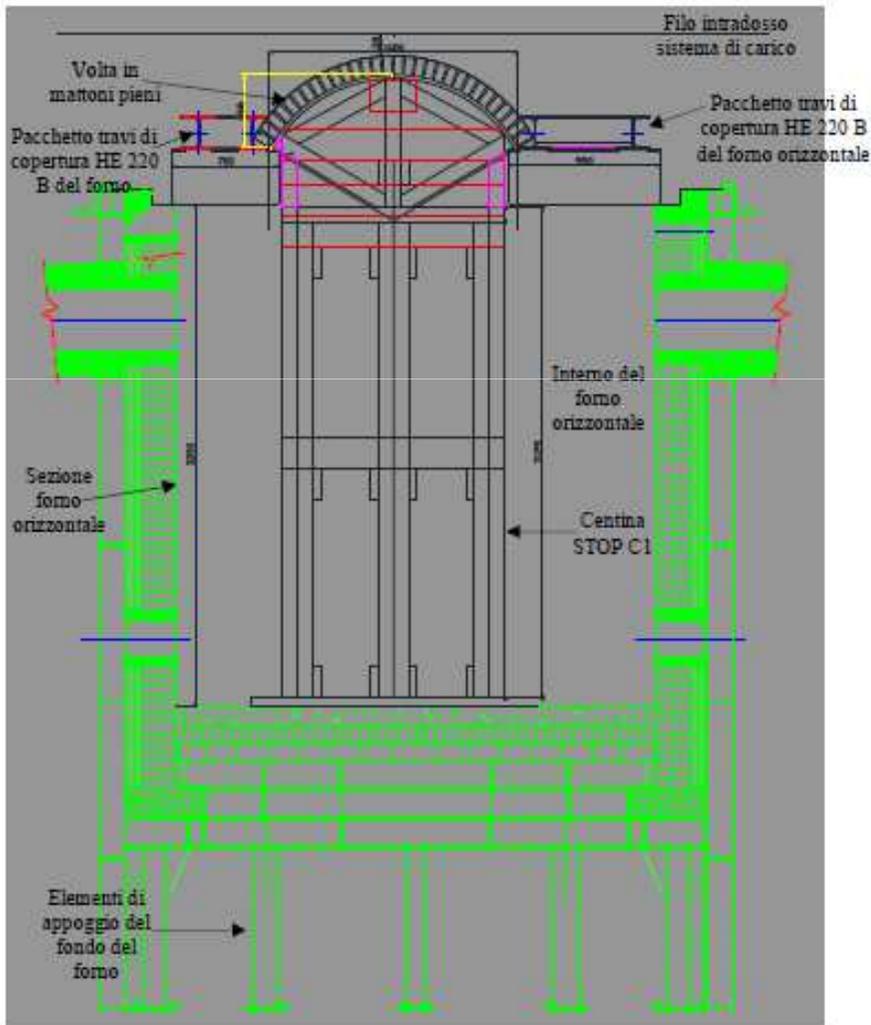


Anche per le deformazioni fuori piano vengono svolte esaurienti discussioni sui risultati ottenuti con 4 differenti modelli, tenendo conto degli effetti del 2° ordine.

I confronti tra risultati sperimentali e numerici relativi al comportamento al fuoco dei tre pareti in C.A. mostrano che la valutazione di deformabilità del calcestruzzo soggetto ad incendio è tuttora un obiettivo complesso, anche quando sono disponibili i risultati di test accurati e ben documentati sul materiale di base.



La memoria riferisce sulla sperimentazione di una volta in muratura realizzata in laterizi pieni disposti a coltello.



Per il calcolo preliminare di R si è adottato il metodo semplificato dell'appendice C all'EN 1996-1-2 integrato dalla circolare DCPREV 4638.

Il metodo prevede la parzializzazione della sezione resistente in funzione della temperatura massima raggiunta nella sezione trasversale.



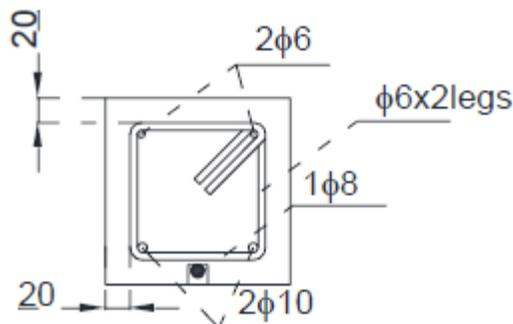
Gli Autori descrivono dettagliatamente tutte le fasi della prova documentandole con abbondante materiale iconografico.

Il risultato della prova mostra che la resistenza R sperimentale è stata superiore a $R=45$ calcolata e quindi il metodo adottato è a favore di sicurezza.

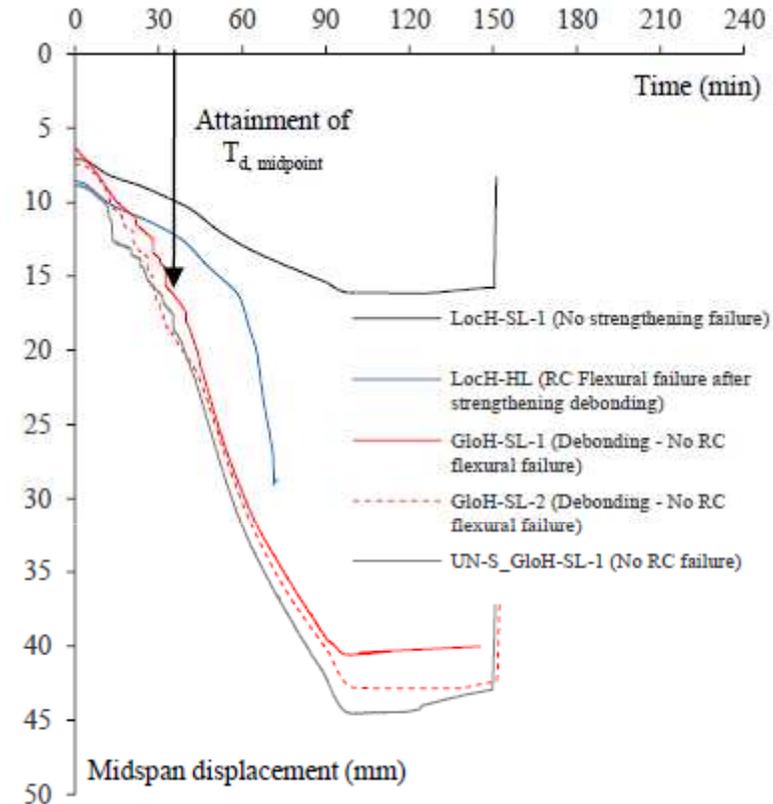


Con la tecnica NSM la barra di FRP viene posizionata in una scanalatura ricavata nel copriferro dell'elemento strutturale ed incollata con resina epossidica o cementizia. Tuttavia, l'efficacia dell'adesivo epossidico è molto bassa a temperature elevate, perché gli adesivi epossidici sono caratterizzati da temperature di transizione (T_g) relativamente bassa.

La memoria mostra una campagna di prove sperimentali finalizzata ad indagare il comportamento ad alta temperatura di un nuovo sistema di rinforzo NSM di elementi in CA, costituito da una barra in carbonio e un adesivo cementizio, sviluppati appositamente per le alte temperature.



Il programma di prova prevedeva l'esecuzione di 12 test a freddo e a caldo con pannelli radianti con varie combinazioni di rinforzo. Prove TGA hanno caratterizzato le barre in FRP. ($160 < T_g < 220$ °C).



I risultati dei test hanno mostrato un comportamento soddisfacente a caldo dell'elemento rinforzato, a patto che non si verifichi lo scollamento del FRP (almeno 300 mm).

Sistemi di isolamento posti alle estremità della trave possono incrementare sensibilmente le prestazioni.



- Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate
- Carico di incendio
- Calcestruzzo
- Danneggiamento strutturale
- **Sicurezza antincendio**
- Considerazioni conclusive



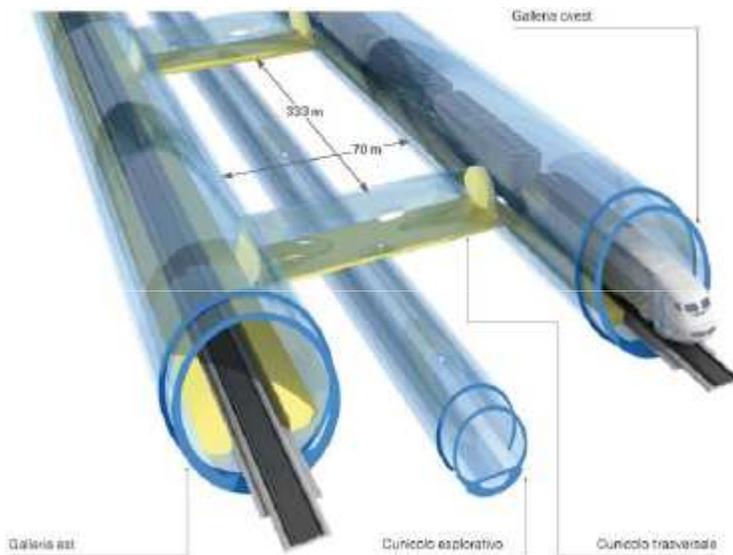
	Autori	Ente di appartenenza	Titolo
7	R. Correa D. Merlini M. Moja E.M. Pizzarotti A. Voza	Pöyry Schweiz AG, Zurigo, Svizzera Pini Swiss Engineers, Lugano, Svizzera Pro Iter Srl, Milano, Italia Pro Iter Srl, Milano, Italia BBT SE, Bolzano, Italia	Tunnel di Base del Brennero: Protezione al fuoco dei rivestimenti
67	P. Bernardi R. Cerioni E. Michelini A. Sirico1	Department of Civil, Environmental, Land Management Engineering and Architecture, University of Parma, Parma, Italy	Analisi dei rivestimenti di gallerie in calcestruzzo soggetti ad incendio
26	G. Nati G. Novembri M. Orlandini A. Polli	Soc. It. per Condotte d'Acqua SpA, Rome, Italy University La Sapienza, Rome, Italy Soc. It. per Condotte d'Acqua SpA, Rome, Italy Soc. It. per Condotte d'Acqua SpA, Rome, Italy	Il Nuovo Centro Congressi a Roma, EUR: il progetto antincendio
155	Claudio Toniolo Francesco Bianchi	Studio Toniolo, Ing. delle Strutture, Sirmione, Italia Tensacciai Srl, Milano, Italia	Piastre post-compresse per il nuovo stadio "Dynamo" a Mosca
196	E. Nigro A. Bilotta A. Compagnone	Department of Structures for Engineering and Architecture, University of Naples Federico II, Naples, Italy	Metodi per la verifica di colonne composte acciaio-calcestruzzo "concrete filled" soggette ad incendio



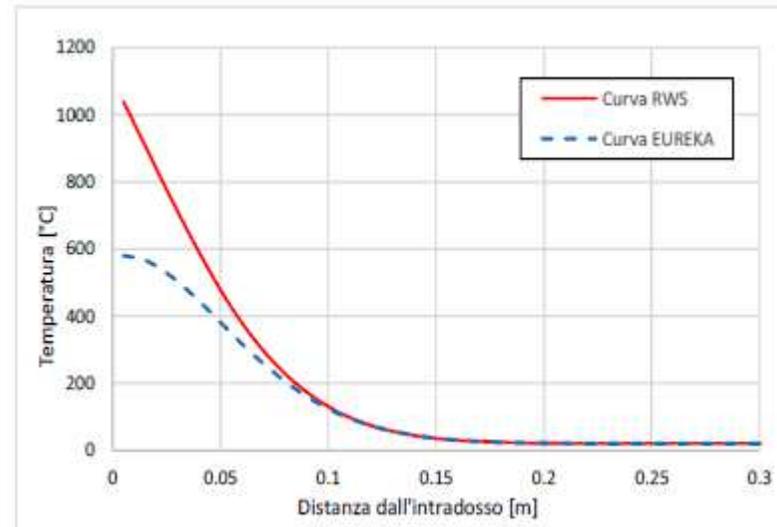
TUNNEL DI BASE DEL BRENNERO: PROTEZIONE AL FUOCO DEI RIVESTIMENTI

La progettazione antincendio della galleria del Brennero (lunga 55 km) ha richiesto grande attenzione.

La prestazione è generalmente al livello III, e nelle fermate di emergenza al livello IV.



Mentre per il rivestimento si è ritenuto sufficiente adottare il criterio di calcolo semplificato, è stata rivolta particolare attenzione allo scenario di incendio confrontando vari tipi di curva (RWS ed EUREKA).



La prestazione maggiormente ricercata è stata la resistenza allo spalling, da qui il confronto fra le temperature raggiunte dal rivestimento. Dopo esame critico dei risultati si è concordato di adottare le mappe di temperatura ricavati con modelli semplificati e curva RWS.

Posto a 120' il requisito di resistenza, questo viene raggiunto in tutte le parti di livello III.

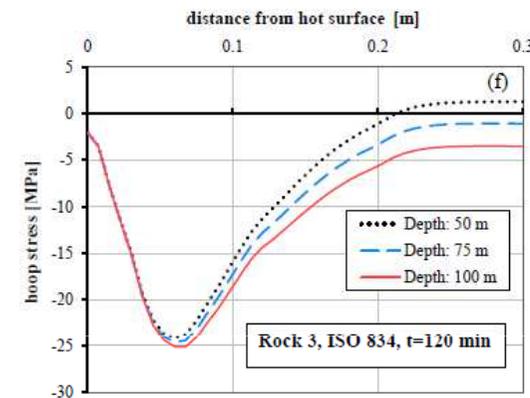
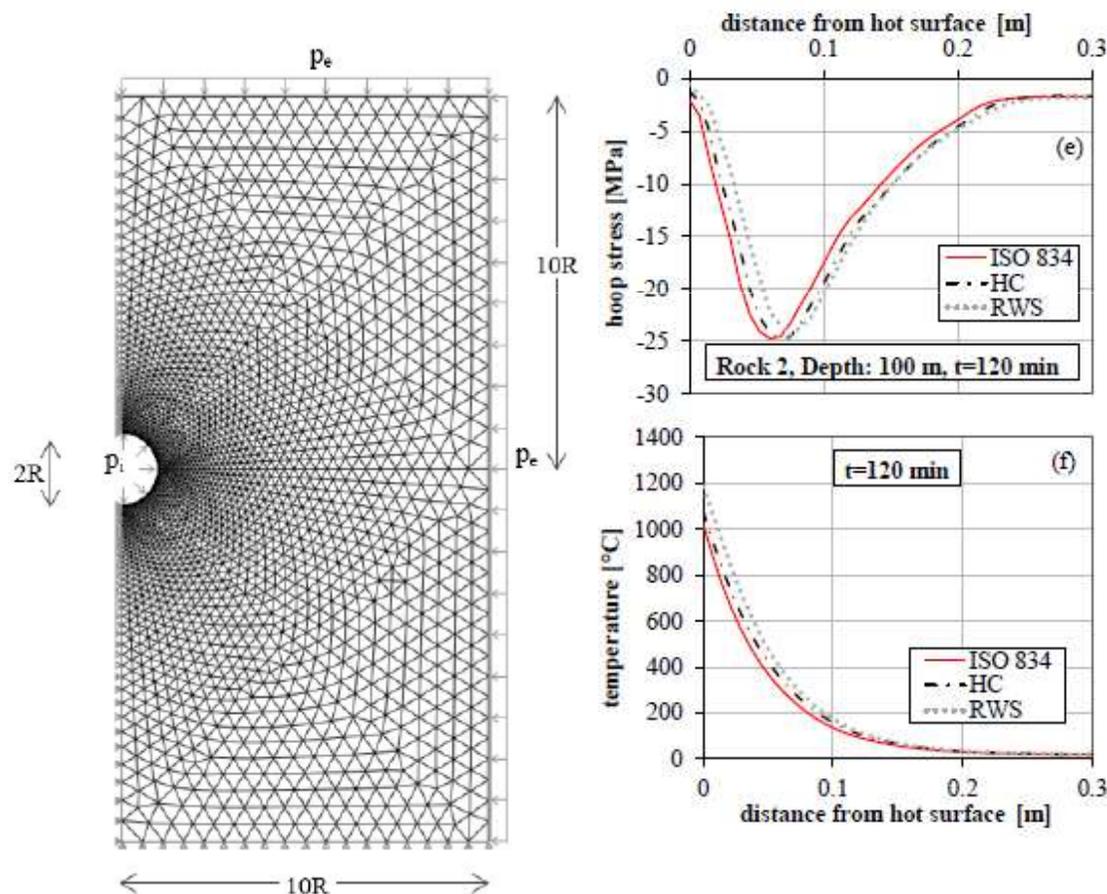
La maggiore richiesta prestazionale (liv. IV) può essere raggiunta limitando il fenomeno dello spalling mediante fibre in polipropilene e protezione del canale di ventilazione.



ANALISI DEI RIVESTIMENTI DI GALLERIE IN CALCESTRUZZO SOGGETTI AD INCENDIO

La risposta strutturale del rivestimento di una galleria ad un incendio è influenzata da numerosi parametri quali la geometria, il livello di carico, la variazione spazio-temporale della temperatura, stati coattivi e degrado dei materiali.

Gli Autori mettono a punto un modello FEM per avviare uno studio parametrico sulla distribuzione delle temperature e sugli sforzi che sorgono nel rivestimento in diverse ipotesi di incendio.



Dai risultati si può osservare che la variazione dei vari parametri influisce relativamente poco sui risultati ingegneristicamente significativi (max t e max hoop stress).

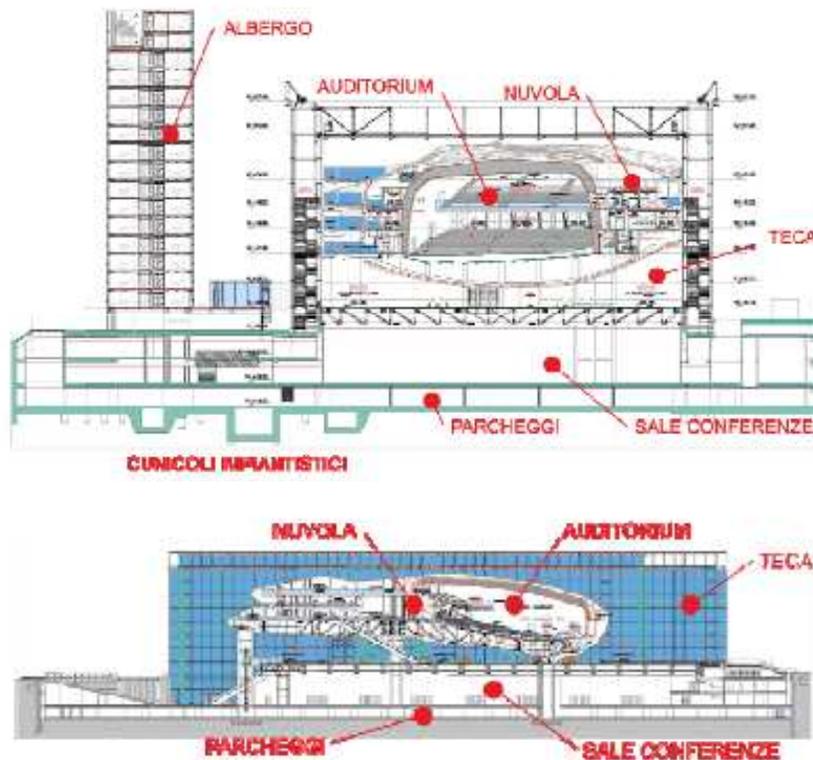
Anche con l'impiego di un modello semplificato, si ottengono valori assai prossimi a quelli che si otterrebbero con modelli più sofisticati 2D e 3D anche non lineari.

I modelli 3D sono indicati per lo studio dello sviluppo e propagazione dell'incendio.



IL NUOVO CENTRO CONGRESSI A ROMA EUR: IL PROGETTO ANTINCENDIO

La progettazione antincendio del Centro Congressi ha richiesto l'utilizzazione di nuovi e diversi approcci alla risoluzione di problemi difficilmente inquadrabili nell'ambito di norme e regolamenti vigenti.



Il primo grosso problema è rappresentato dall'elevato carico di incendio del parcheggio situato proprio sotto l'auditorium, che è stato risolto studiando la viabilità e l'evacuazione dei fumi.

Per le sale congressuali più piccole poste nell'interrato si è adottato un sistema intelligente di gestione delle serrando tagli-fuoco e tagli-fumo, in grado di direzionare opportunamente l'aspirazione. Le strutture metalliche a vista sono state protette con intumescenti R60, grazie alla grande altezza delle sale.



Soluzioni ad alto livello tecnologico sono state adottate per la TECA e per la NUVOLA, basate sulla possibilità di evacuazione del pubblico (vie di fuga) e l'estrazione dei fumi (progettazione impiantistica). La memoria fa anche menzione degli approfonditi studi .condotti sulla dinamica dei fumi in caso di incendio.



PIASTRE POST COMPRESSE PER IL NUOVO STADIO «DYNAMO» A MOSCA

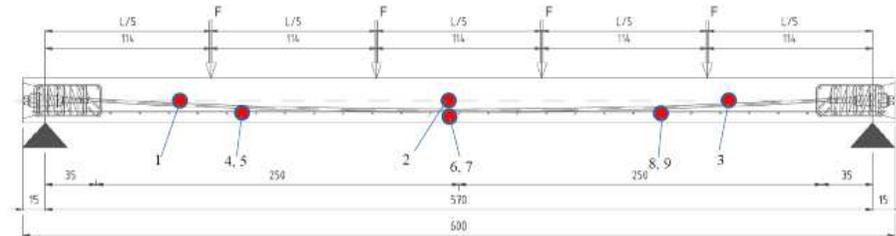
La memoria riferisce dei problemi progettuali ed esecutivi incontrati nella realizzazione del nuovo stadio di Mosca.

Due campi con le rispettive tribune ed aree di servizio si fondono in un unico complesso edilizio. Un aspetto fondamentale è il campo da calcio costruito a +8 metri dal suolo per ospitare nei piani inferiori un parcheggio da 700 posti ed un centro commerciale.

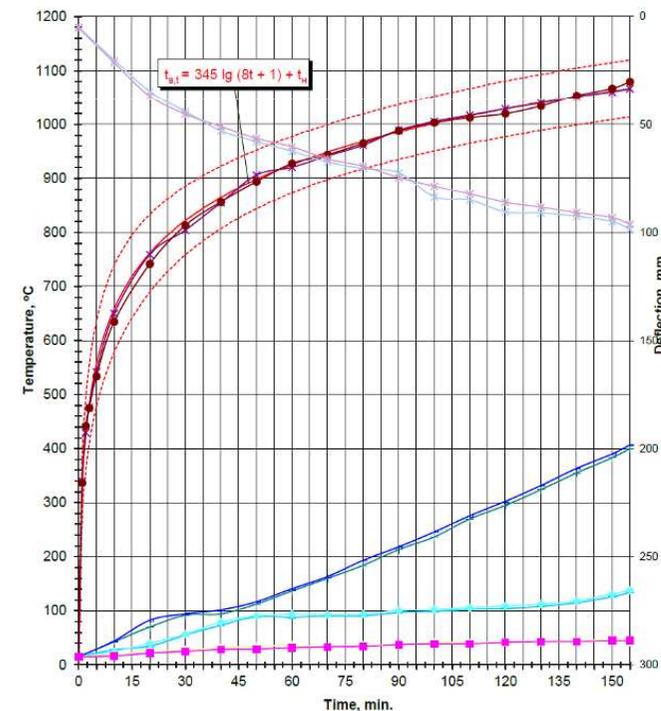


La memoria affronta molti problemi strutturali, la cui discussione potrebbe anche trovare posto in altra sessione; fra questi anche quello della resistenza richiesta $R=150$.

La scelta di realizzare l'impalcato dello stadio con solaio in cap ha posto problemi non comuni.

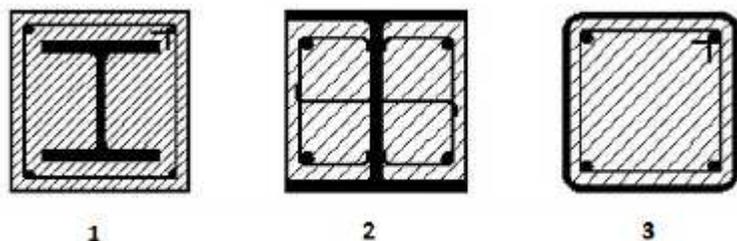


Si è pertanto approntato un campione di solaio da sottoporre a prova al fuoco, che ha permesso di verificare l'adeguatezza del solaio alla richiesta prestazionale..



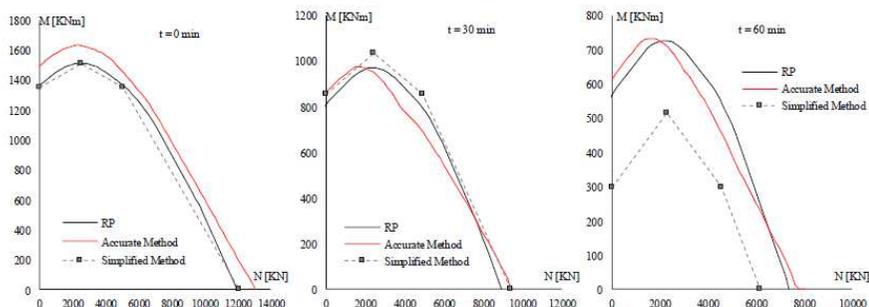


Nella memoria si è analizzato il comportamento delle colonne di tipo CFST utilizzando vari approcci, per verificare la bontà dei risultati ottenibili tramite i metodi semplificati



Per la verifica della resistenza anche in situazione di incendio è possibile utilizzare i domini M-N con l'accorgimento di implementare le caratteristiche meccaniche ridotte in funzione della temperatura raggiunta.

A seconda delle ipotesi di calcolo la forma dei domini può variare significativamente.



La ricerca della temperatura equivalente, prevista dai metodi semplificati porta a risultati in buon accordo con quelli sofisticati per l'acciaio, ma molto meno per il cls.

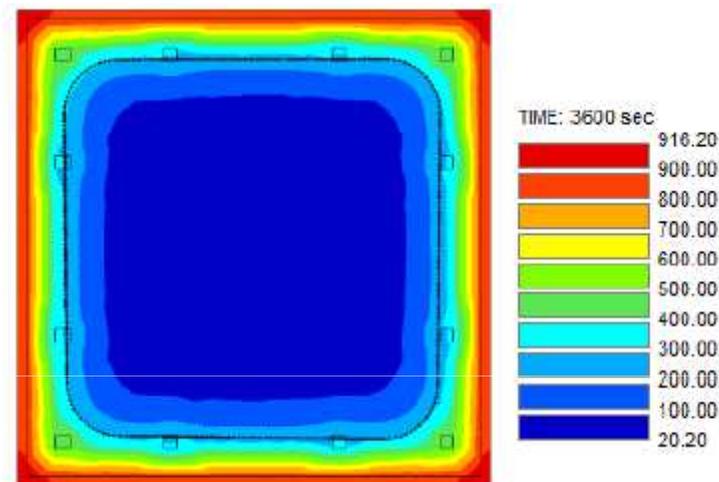


Figure 11. Temperatures in section SHSc48c3r1 at 60min

Gli Autori concludono che **non considerando i fenomeni di instabilità** e gli effetti del II ordine, il metodo semplificato basato sulla stima analitica delle temperature dei materiali componenti la sezione può presentare delle criticità dovute all'assunzione semplificata di temperature uniformi nelle tre parti componenti la sezione.

Tenendo conto dei fenomeni di instabilità e degli effetti del II ordine il metodo semplificato sembra molto cautelativo.



- Classificazione e considerazioni generali sulle memorie presentate
- Carico di incendio
- Calcestruzzo
- Danneggiamento strutturale
- Sicurezza antincendio
- **Considerazioni conclusive**



- Il tema delle **gallerie** (stradali o ferroviarie) è molto sentito. Da quanto emerso dai lavori presentati il punto sostanziale per la sicurezza è rappresentato dal problema dello «spalling» e quindi dalla distribuzione spazio-temporale delle temperature nel mantello e delle sollecitazioni coattive. Sembra che ai fini progettuali si possano ottenere buoni risultati anche con metodi di calcolo semplificati.
- Anche i metodi di calcolo semplificati (isoterma dei 500°C o a zone) per strutture in c.a., c.a.p. e murature conducono a soluzioni in **ottimo accordo** con metodi più sofisticati di analisi.
- Per costruzioni di grandi dimensioni la sicurezza dipende in grande misura dalla corretta distribuzione delle vie di fuga e dall'evacuazione dei fumi. Anche per l'incendio si assiste alla nascita di una **impiantistica «intelligente»** ... ma la si potrà valutare alla prova dei fatti.
- Altro tema di grande importanza è quello dello **scenario di incendio**, specie per edifici di grandi dimensioni o per infrastrutture (gallerie). Tale tema è strettamente legato a quello del **carico di incendio**, specie quando il materiale strutturale è anch'esso combustibile.



Grazie per la pazienza ...



... e per l'attenzione!