Research Fund
for Coal & Steel

Azione membranale nelle strutture composte acciaio-calcestruzzo in condizioni di incendio

Le nuove prove sperimentali

Contenuto della presentazione

- **Obiettivi delle nuove prove sperimentali di incendio**
- **Prove di incendio in grande scala nell'ambito dei progetti:**
  - **FRACOF (Test 1 ISO Fire)**
  - **COSSFIRE (Test 2 ISO Fire)**
  - **FICEB (Test 3 Incendio Naturale e Travi Alveolari)**
- **Configurazione della prova**
- **Risultati sperimentali**
  - **Temperatura**
  - **Spostamento**
- **Osservazione e analisi**
- **Confronto con i metodi di calcolo semplificato**
- **Conclusioni**

Perchè altri test di incendio?

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Background**
  - **Prove sperimentali di incendio di Cardington**
    - **Eccelenti prestazioni sotto condizioni di incendio naturale**
    - **Max θ dell'acciaio $\approx$ 1150 °C, durata incendio $\approx$ 60 min (> 800°C)**
    - **Dettagli costruttivi UK**
- **Obiettivi**
  - **Confermare la buona prestazione in condizioni di incendio di lunga durata (almeno 90 minuti di incendio ISO)**
  - **Investigare l'influenza di differenti dettagli costruttivi, come la disposizione della rete di armatura di acciaio e la protezione al fuoco delle travi di bordo**
  - **Validare differenti strumenti per la progettazione della sicurezza in caso di incendio**

Progetto dei campioni di prova

Obiettivi

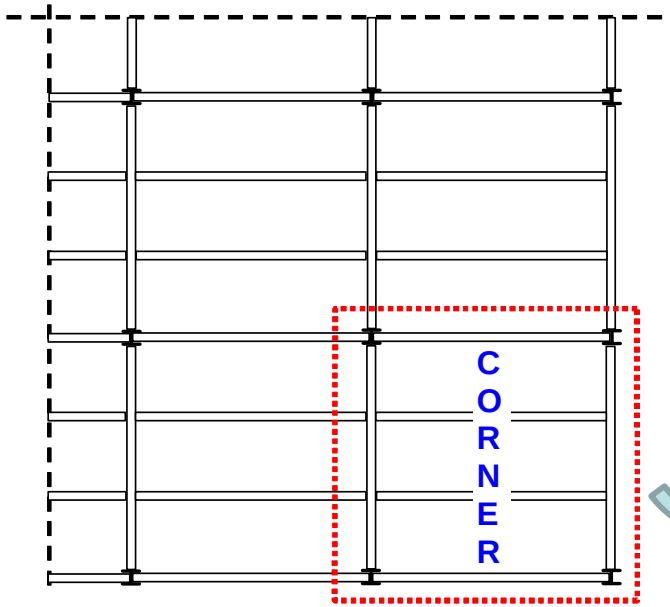
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

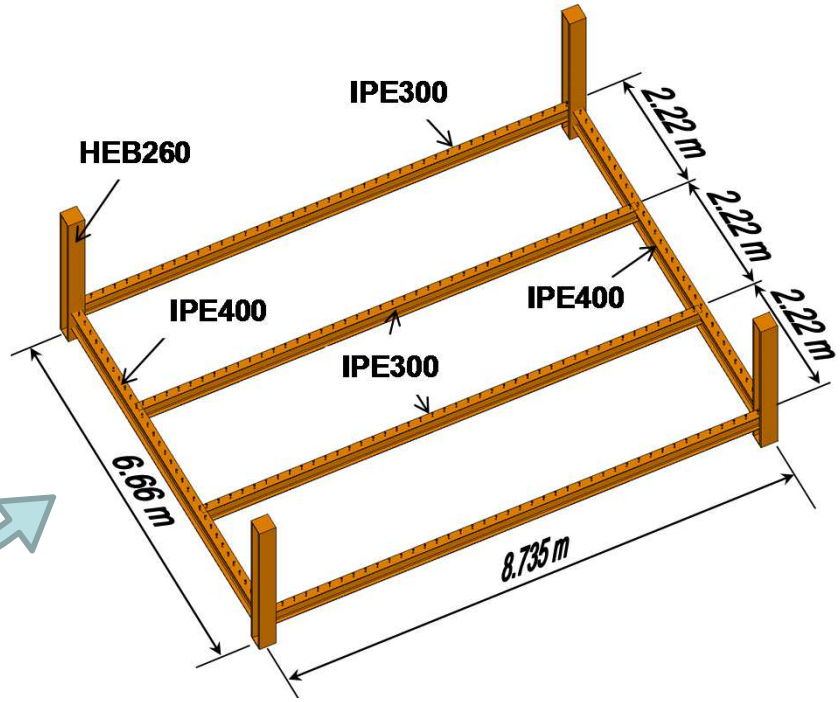
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Test 1 (FRACOF)**



Maglia strutturale di un edificio reale



Struttura di acciaio impiegata per la prova di incendio 1

Progetto dei campioni di prova

Obiettivi

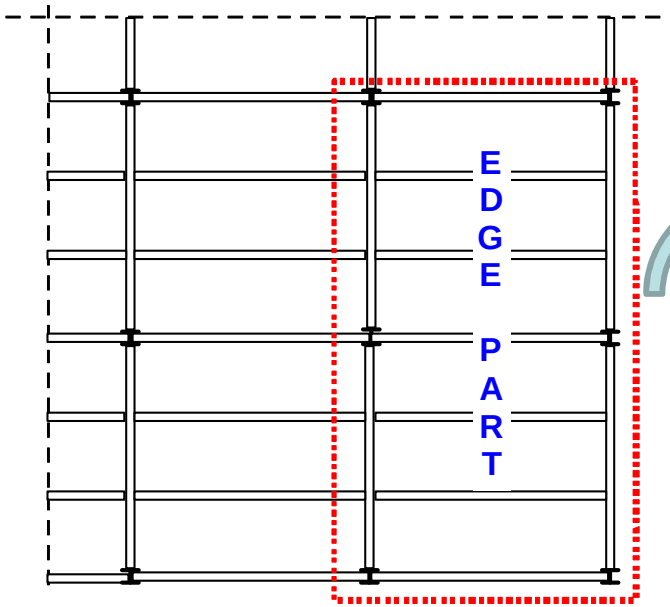
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

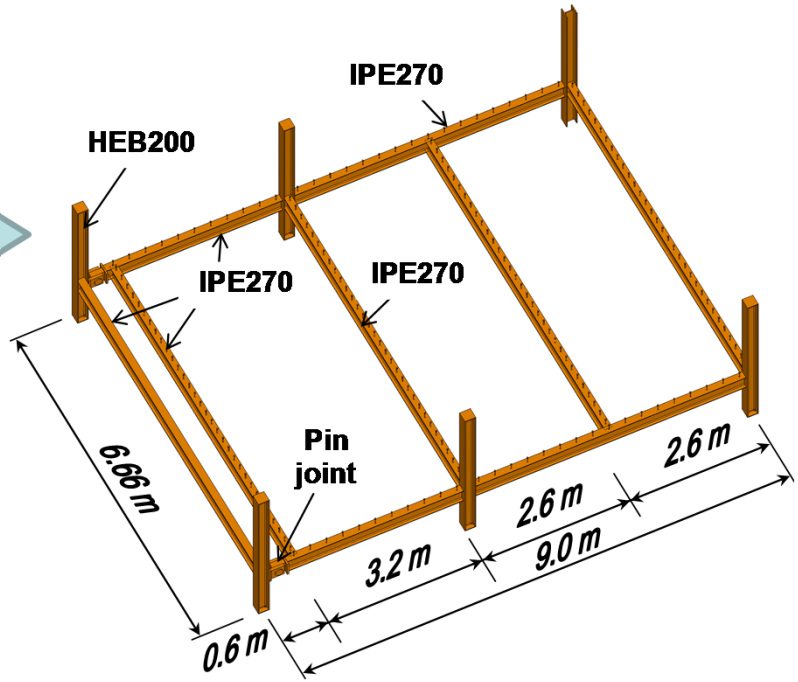
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Test 2 (COSSFIRE)**



Maglia strutturale di un edificio reale



Struttura di acciaio impiegata per la prova di incendio 2

Progetto dei campioni di prova

Obiettivi

Configurazione della prova

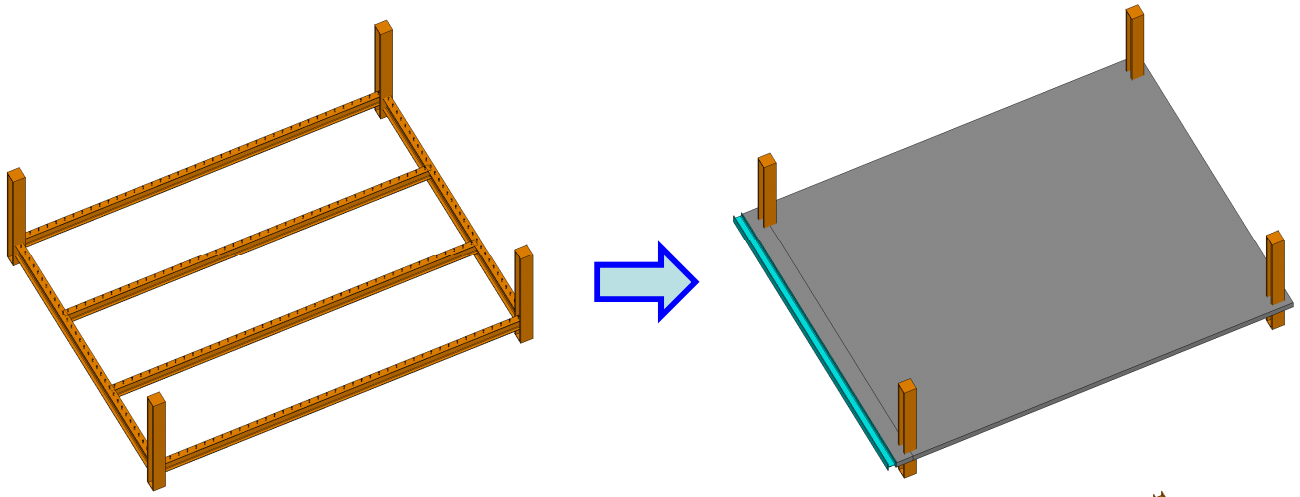
Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

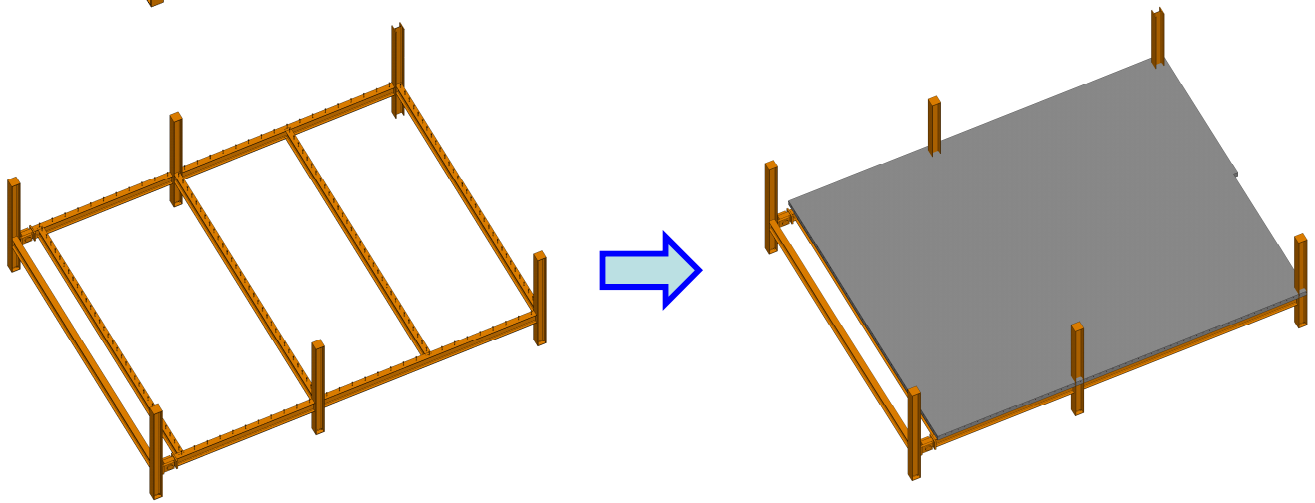
Conclusioni

- **Sistemi finali di solaio composto**

Test 1



Test 2



Progetto degli elementi strutturali

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Struttura di acciaio**
  - Travi composte di acciaio-calcestruzzo
    - **Conformi a Eurocodice 4 parte 1-1 (EN1994-1-1)**
  - Colonne corte di acciaio

- **Soletta composta**
  - Altezza totale
    - **Conforme a Eurocode 4 parte 1-2 (EN1994-1-2)**
  - Rete di armatura di acciaio
    - **Dimensionata secondo ordinarie regole progettuali**
- **Collegamenti di acciaio**
  - Usati collegamenti ordinari: doppio angolare e piastre di estremità
    - **Conformi a Eurocodice 3 parte 1-8 (EN1993-1-8)**

Obiettivi

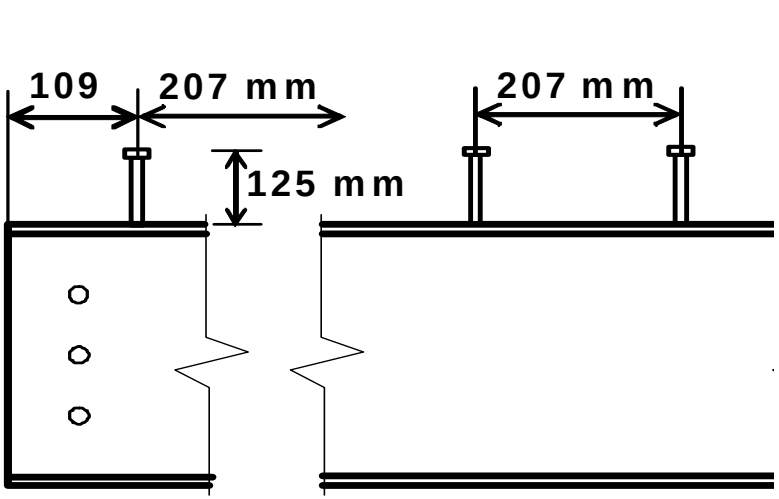
Configurazione della prova

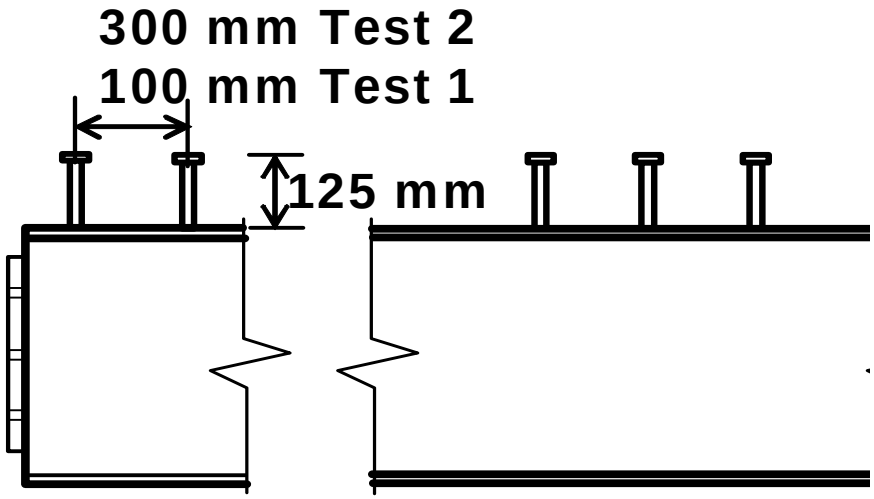
Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Disposizione dei pioli sulle travi di acciaio**





Travi secondarie

Travi principali

- **Tipo di connettori di acciaio**
  - **TRW Nelson KB 3/4" – 125 (Φ = 19mm; h = 125 mm; f_y = 350 N/mm²; f_u = 450 N/mm²)**

Collegamenti di acciaio

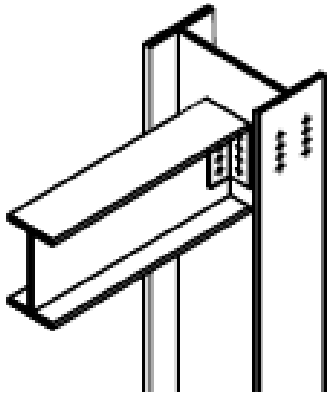
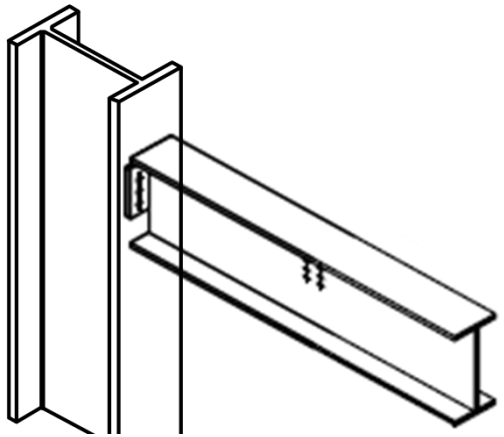
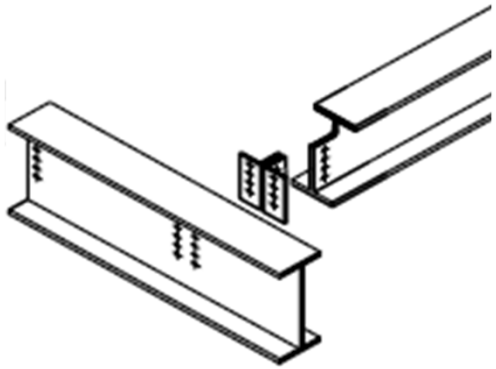
Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

Trave-colonna		Trave-trave
Trave secondaria	Trave principale	
Doppia squadretta in anima	**Piastra di estremità flessibile**	**Doppia squadretta in anima**
		

Grado dei bulloni di acciaio: 8.8

Diametro dei bulloni di acciaio: 20 mm

Misure degli elementi strutturali

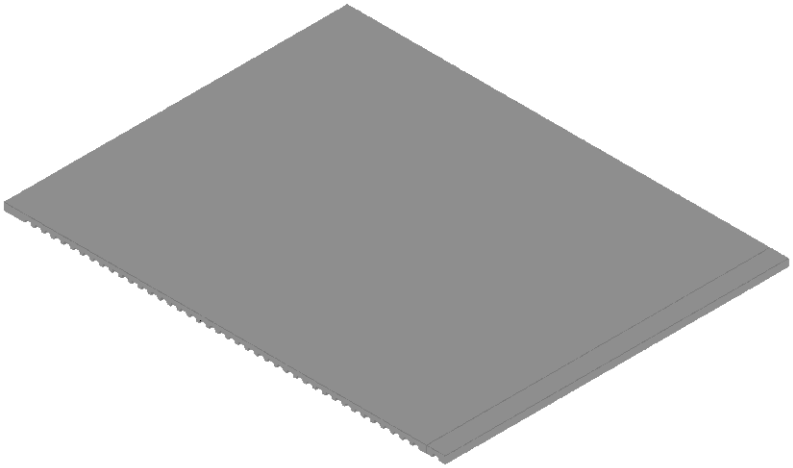
Obiettivi

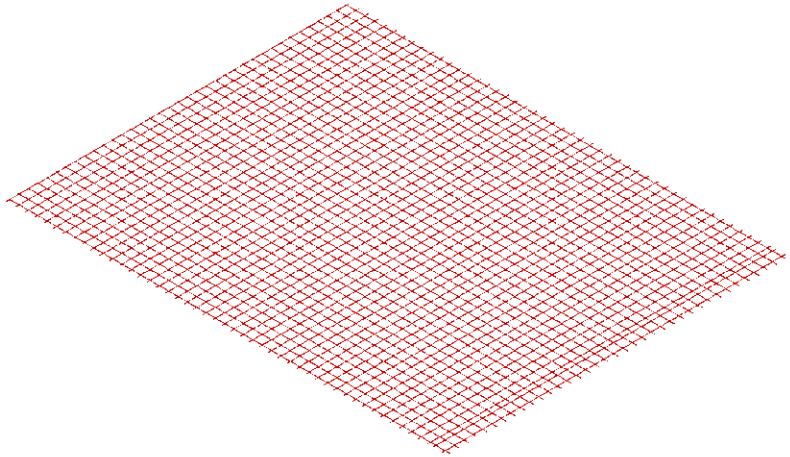
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

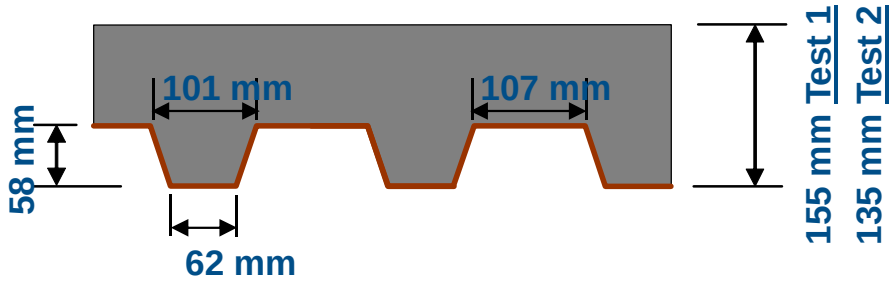
Conclusioni





Soletta composta

Rete di armatura di acciaio



Lamiera di acciaio: **COFRAPLUS60 – 0.75 mm**

Qualità calcestruzzo: **C30/37**

Misura rete: 150x150

Diametro: 7 mm

Grado di acciaio: S500

Distanza asse da filo superiore soletta:

- 50 mm Test 1
- 35 mm Test 2

Condizione di carico statico

Obiettivi

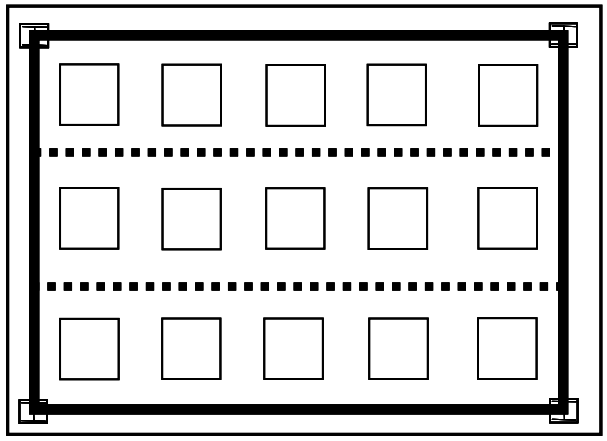
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

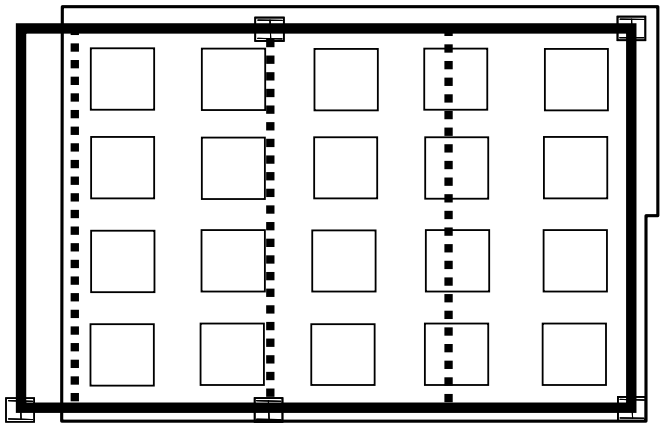
Conclusioni

Test 1



15 sacchi di sabbia di 1512 kg

Carico uniforme equivalente: 390 kg/m²



Test 2

20 sacchi di sabbia di 1098 kg

Carico uniforme equivalente: 393 kg/m²

Preparatione della prova di incendio 2

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

1

2

3

4

Comportamento del solaio durante l'incendio

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

La struttura della prova 3 (FICEB)

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

La struttura della prova 3 (FICEB)

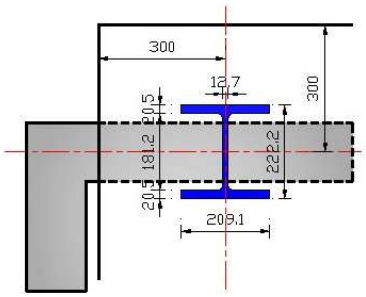
Obiettivi

Configurazione della prova

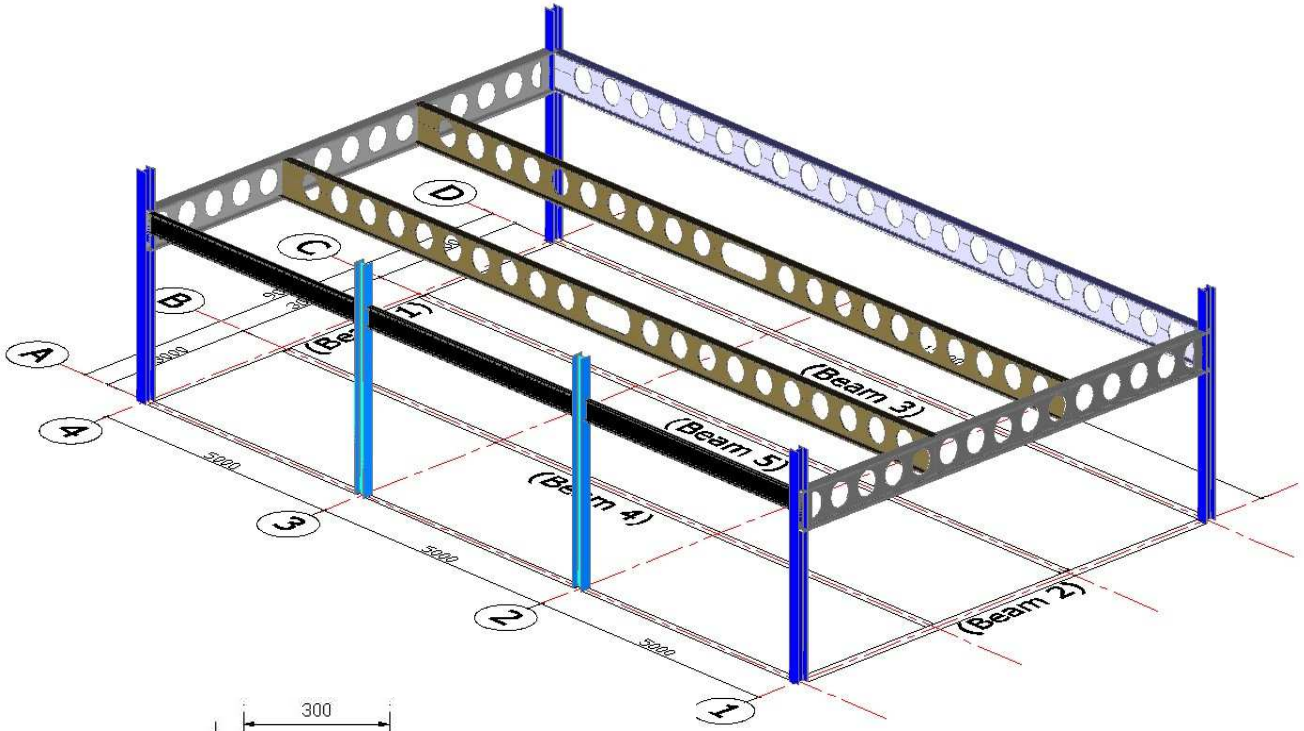
Risultati sperimentali e osservazioni

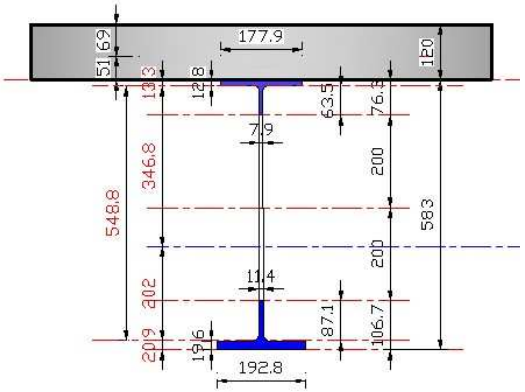
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

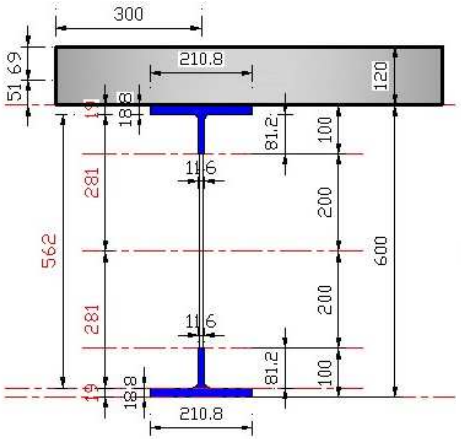


(Column GL-A)

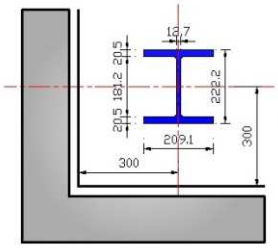




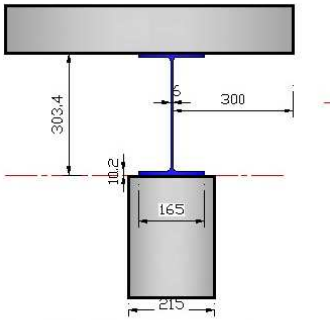
(Beam 3/4/5)



(Beam 1/2)



(Column GL-D)



(Solid Beam)

La struttura della prova 3 (FICEB)

Obiettivi

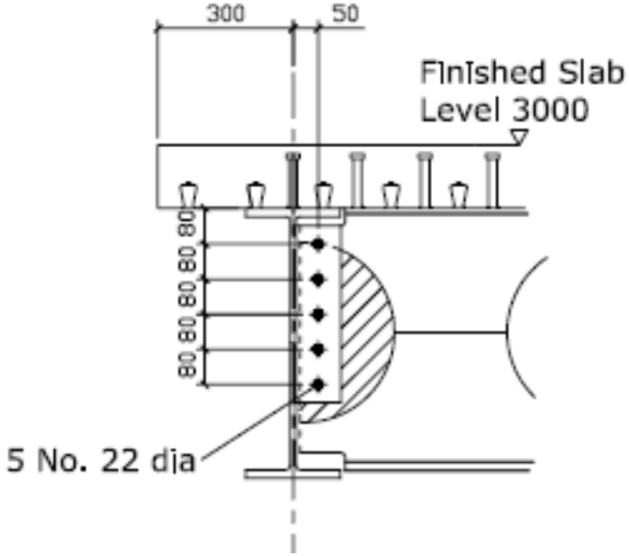
Configurazione della prova

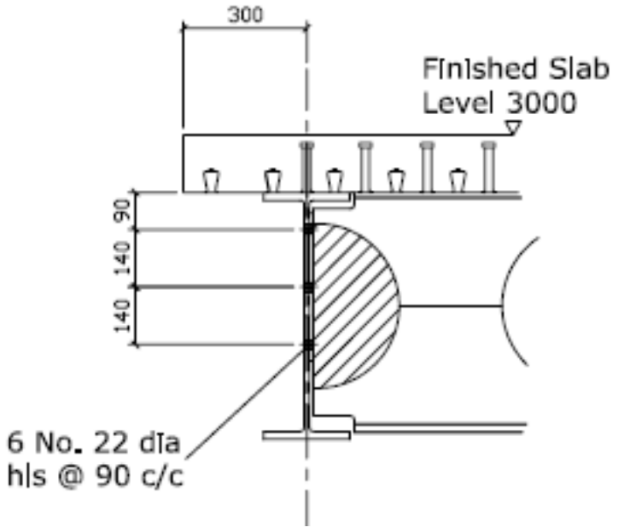
Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

Collegamenti Trave-Trave





La struttura della prova 3 (FICEB)

Obiettivi

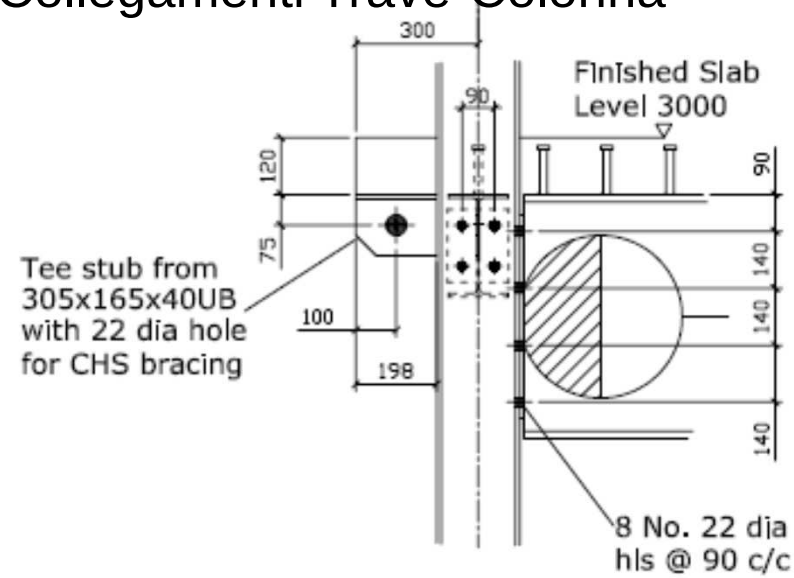
Configurazione della prova

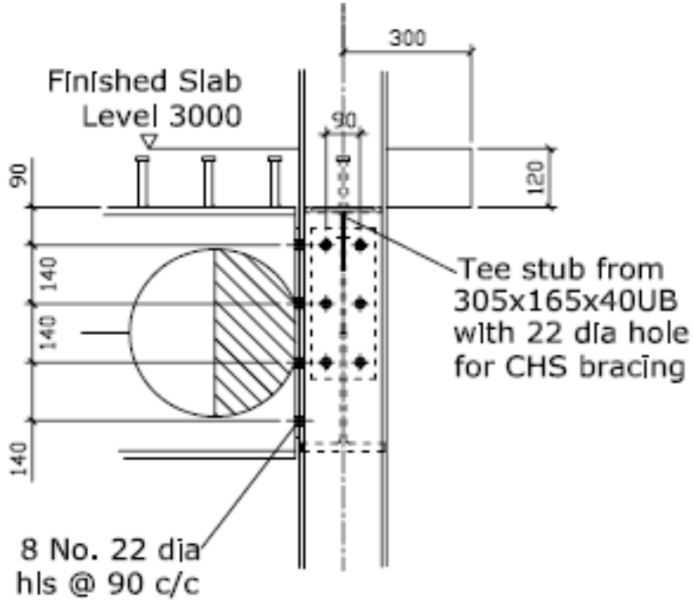
Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

Collegamenti Trave-Colonna





La struttura della prova 3 (FICEB)

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

A393 Mesh Reinforcement, dia 10mm

Piena interazione: tra soletta e travi, ottenuta mediante connettori a taglio, dia 19, h=95mm
Sono state aggiunte barre-U rinforzo intorno alla soletta per assicurare adeguato rinforzo.
Dettaglio richiesto per temperatura ambiente

La struttura della prova 3

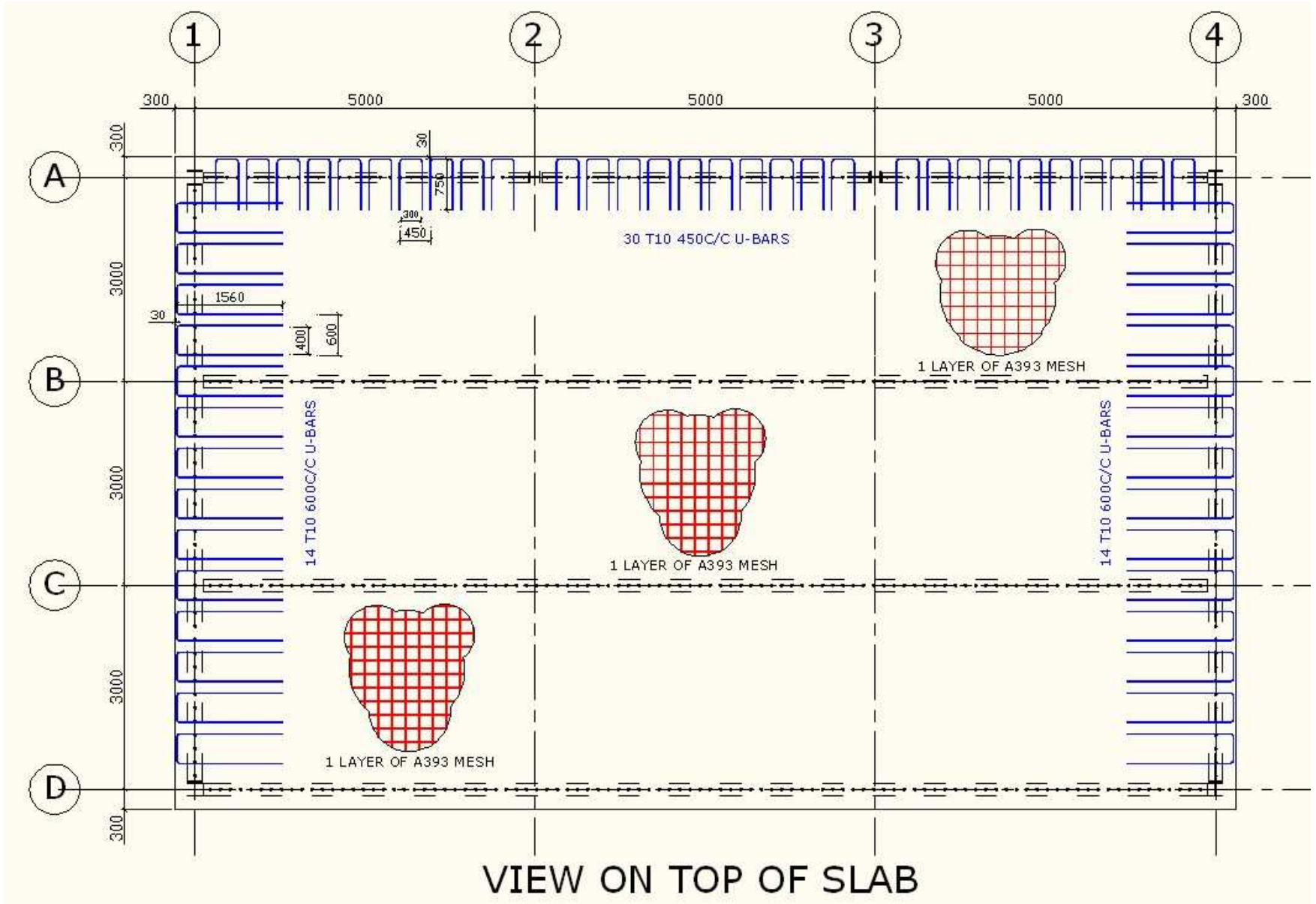
Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni



La struttura della prova 3

Obiettivi

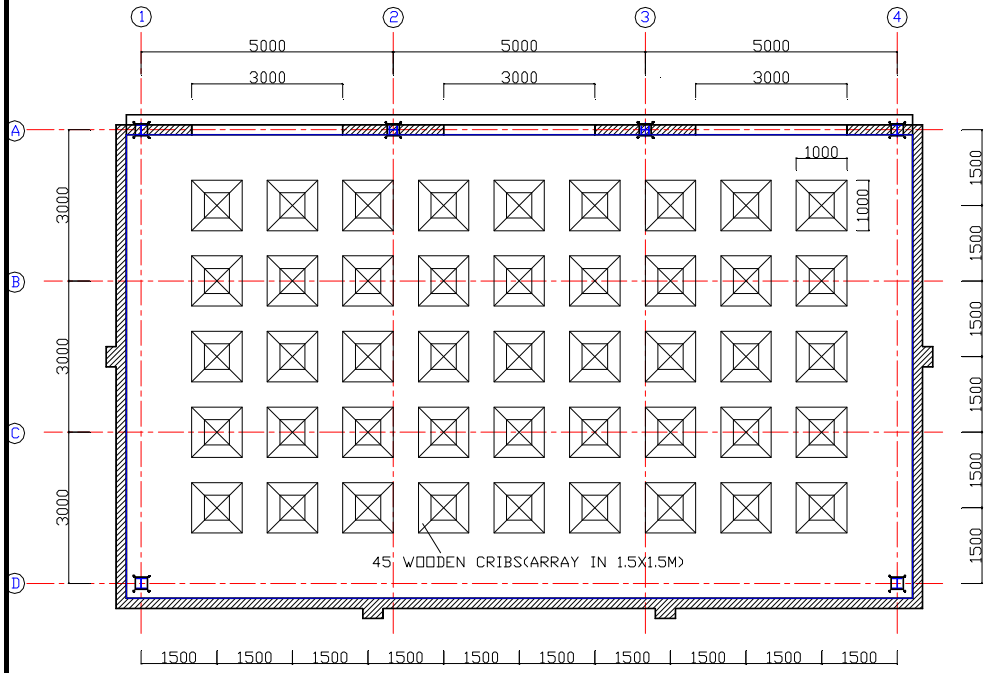
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

Densità di carico di incendio 700MJ/m^2
Il carico di incendio è stato ottenuto usando 45 cataste di legna standard (1m x 1m x 0.5 m high), posizionate uniformemente nel compartimento (9.0m x 15.0m).



WOODEN CRIBS LOCATION

Risultati sperimentali

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Temperatura dell'incendio**
- **Riscaldamento delle travi di acciaio non protette**
- **Riscaldamento delle travi di acciaio protette**
- **Riscaldamento della trave composta**
- **Inflessione del solaio**
- **Osservazioni del comportamento dei sistemi di solaio composto**
  - **Fessurazione del calcestruzzo e schiacciamento del calcestruzzo**
  - **Rottura della rete di armatura di acciaio durante il test**
  - **Collasso delle travi di bordo**

Risultati sperimentali

Obiettivi

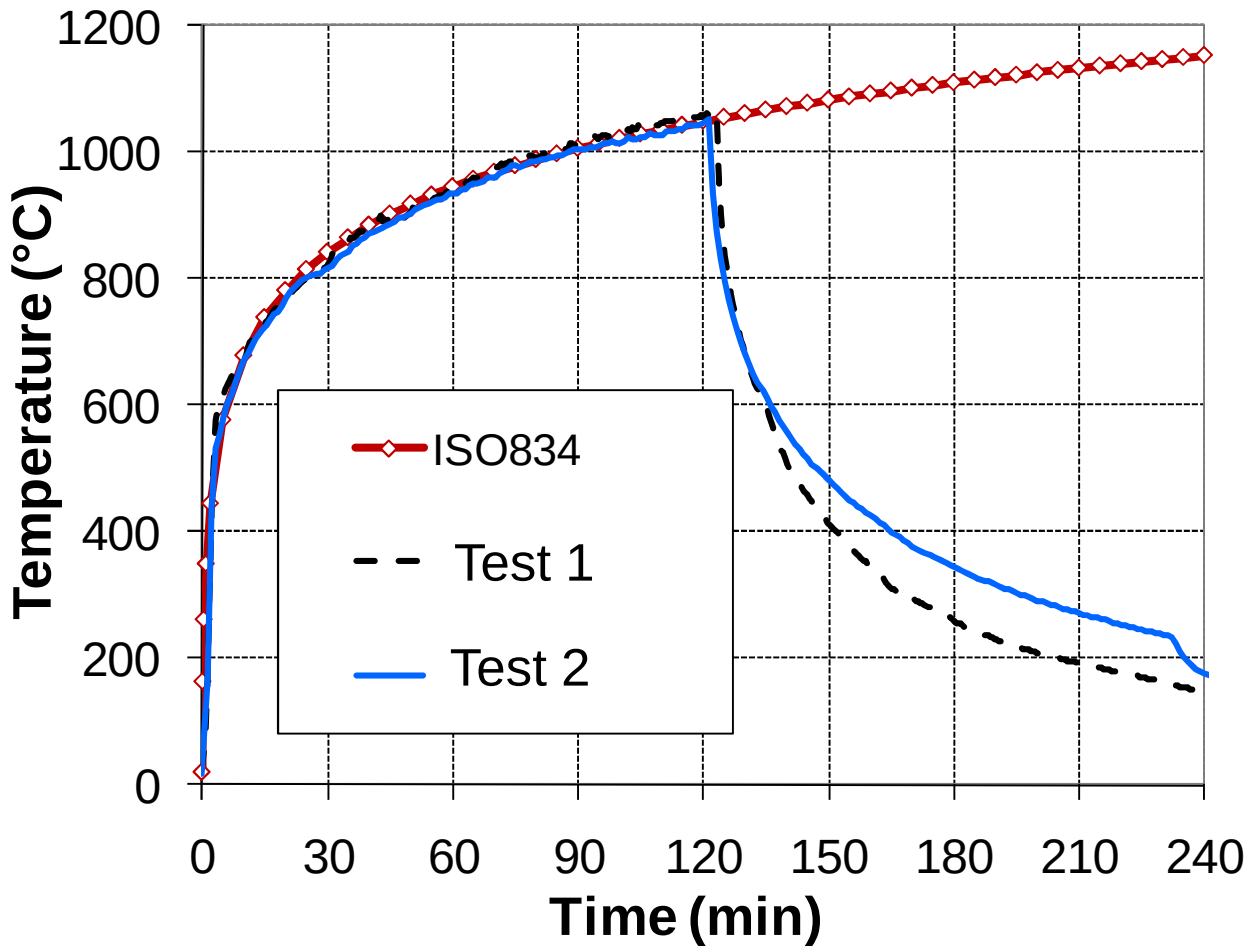
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Temperatura dell'incendio**



Risultati sperimentali

Obiettivi

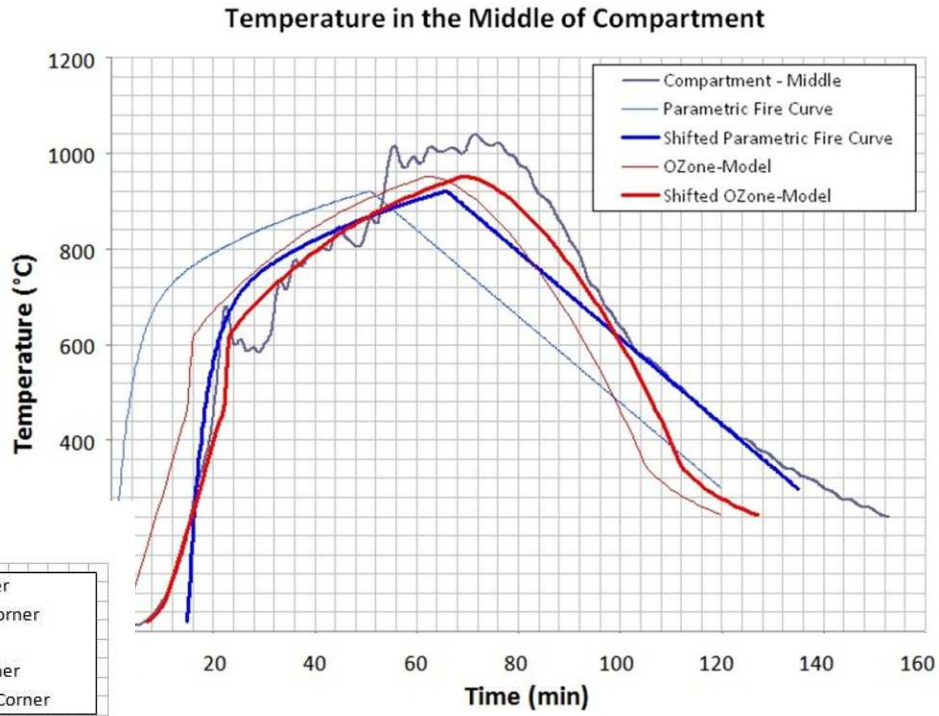
Configurazione della prova

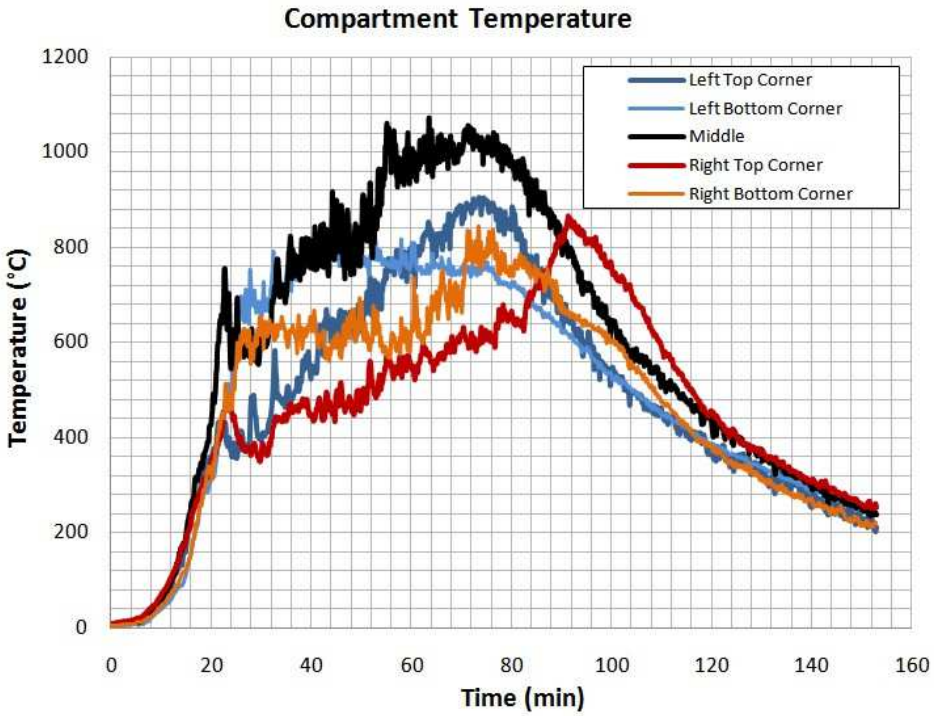
Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

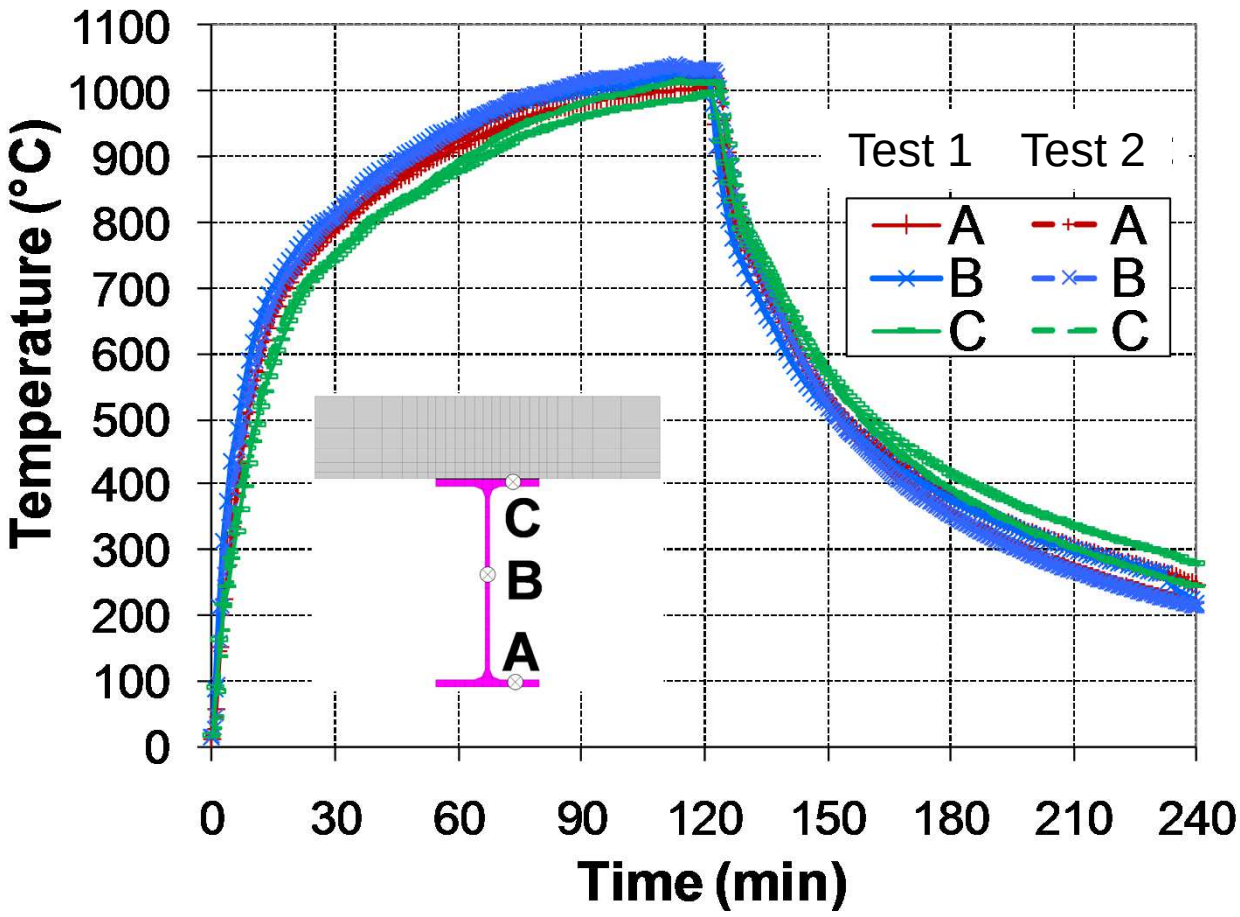
- **Temperatura dell'incendio Test 3**





Risultati sperimentali

- **Riscaldamento delle travi di acciaio non protette**



Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

Risultati sperimentali

Obiettivi

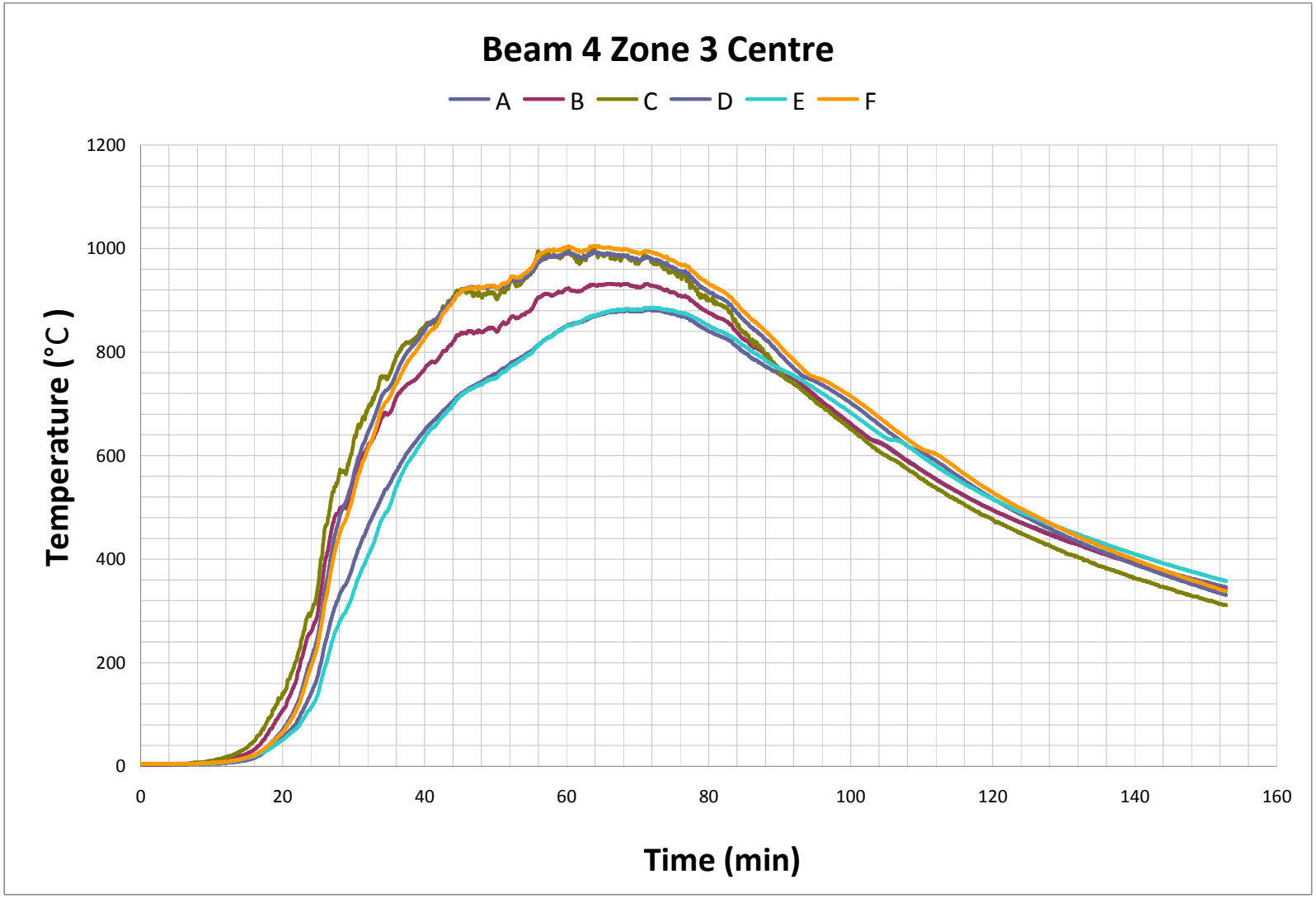
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Test 3 Riscaldamento delle travi di acciaio non protette**



Obiettivi

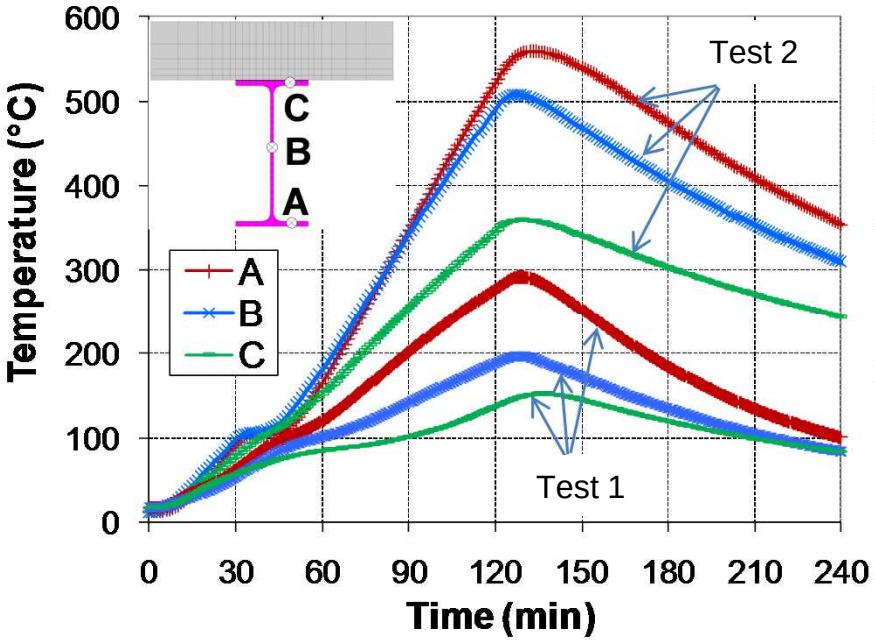
Configurazione della prova

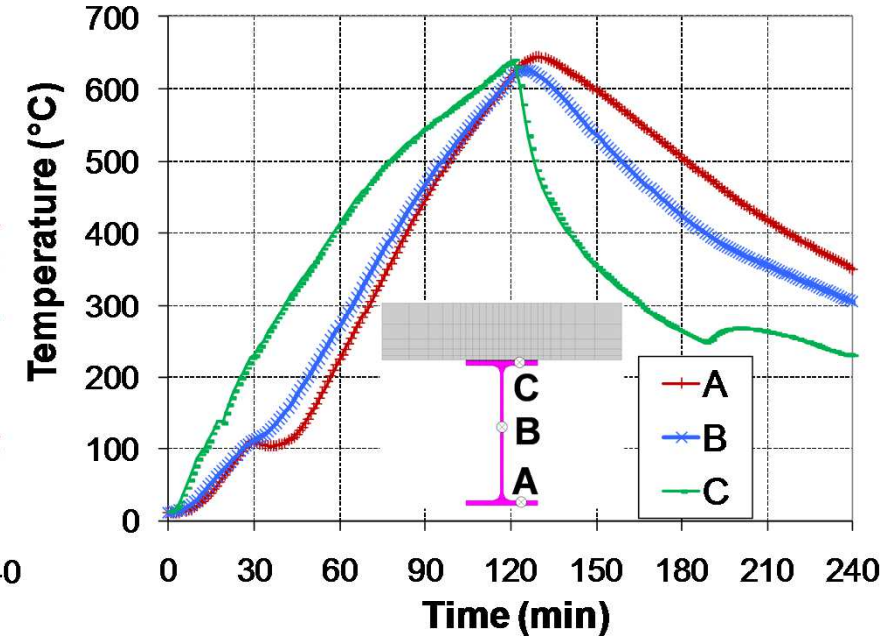
Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Riscaldamento delle travi di acciaio protette**





- **Osservazione**
  - **Travi molto più calde nel Test 2 ≈ 550 °C e una trave secondaria di bordo riscaldata fino a > 600 °C**

Obiettivi

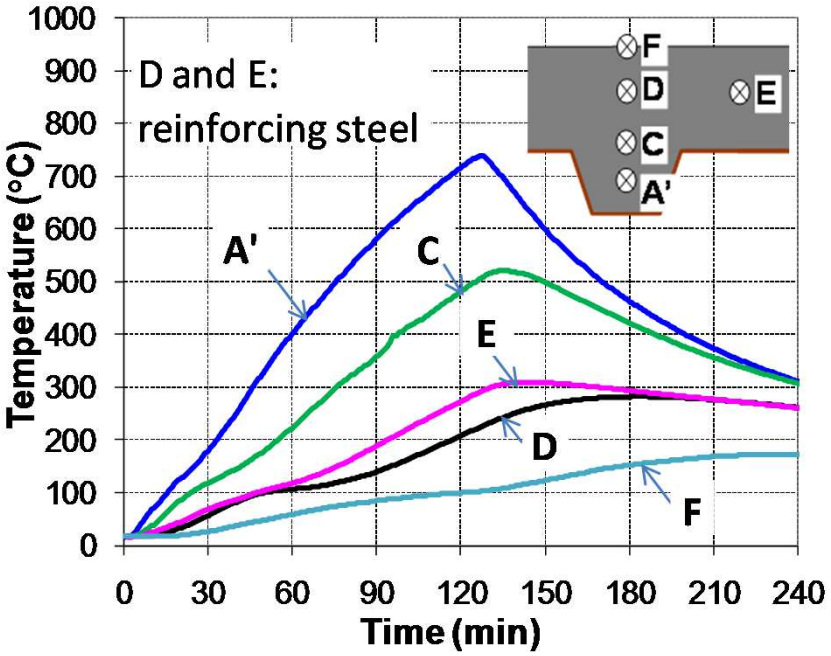
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

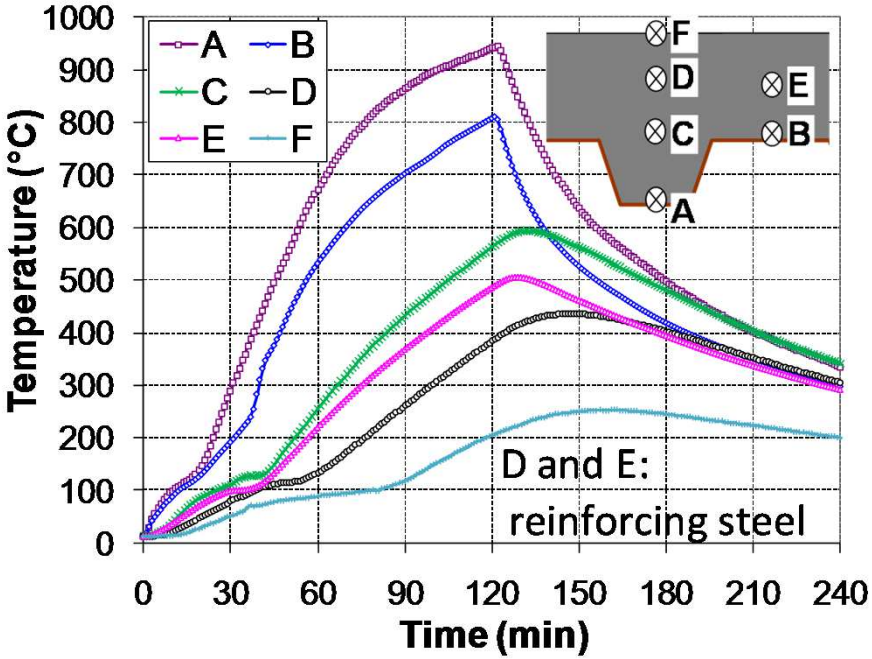
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Riscaldamento della soletta composta**



Test 1



Test 2

Risultati sperimentali

Obiettivi

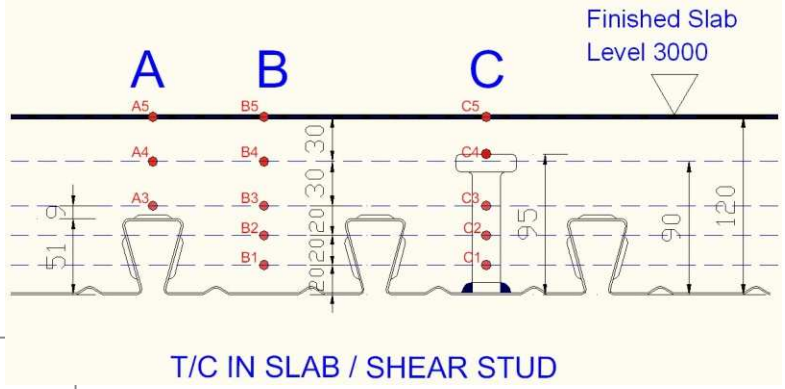
Configurazione della prova

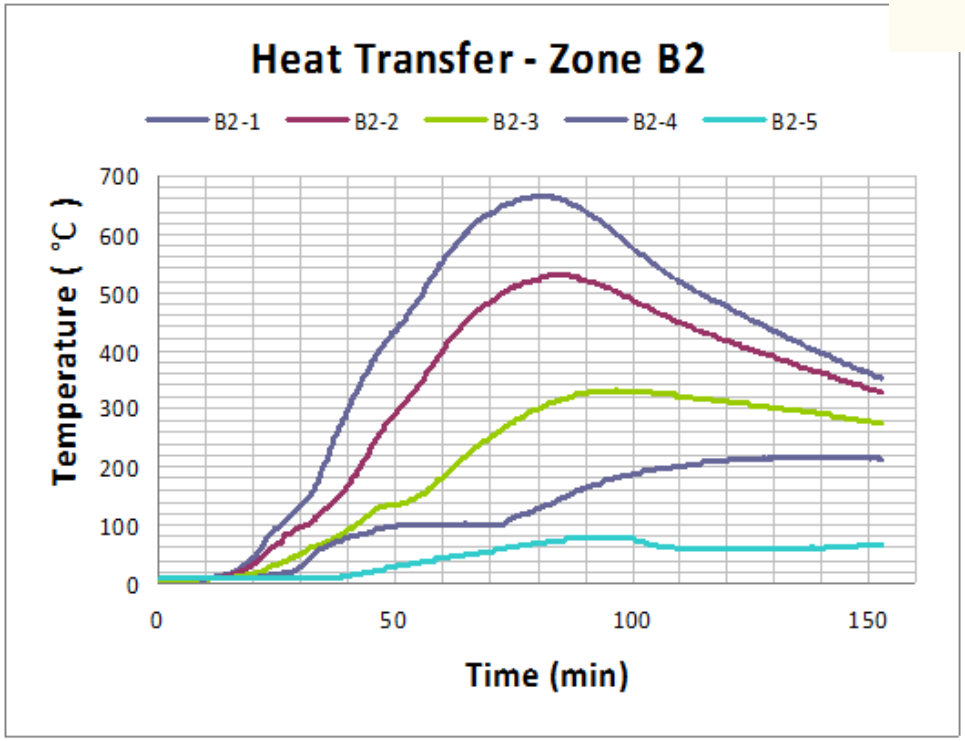
Risultati sperimentali e osservazioni

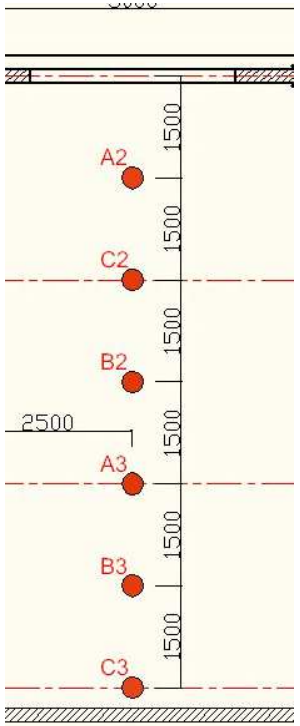
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Test 3 Riscaldamento della soletta composta**







Obiettivi

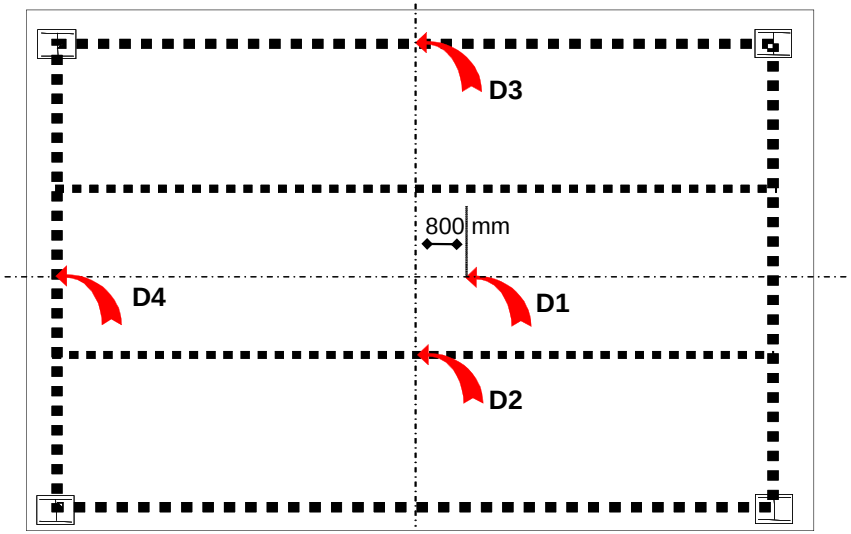
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

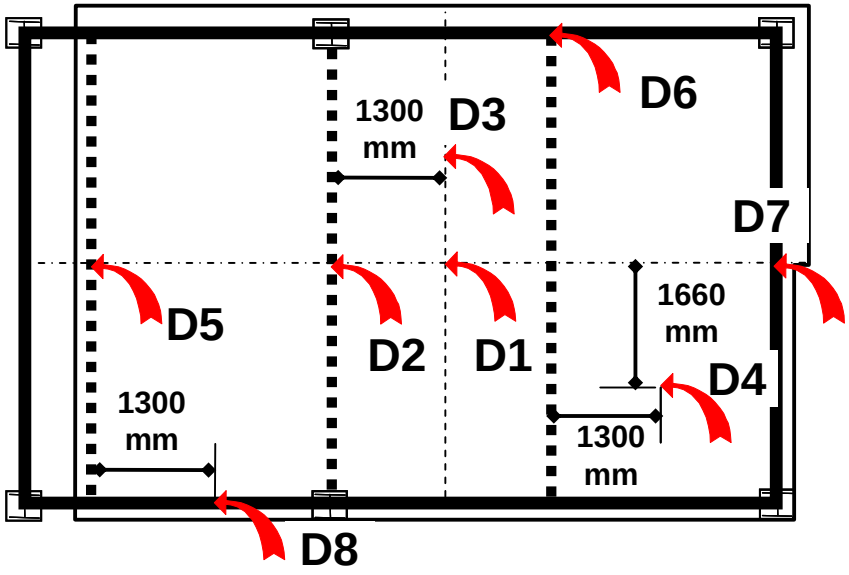
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Spostamento dei trasduttori per inflessione**



Test 1



Test 2

Obiettivi

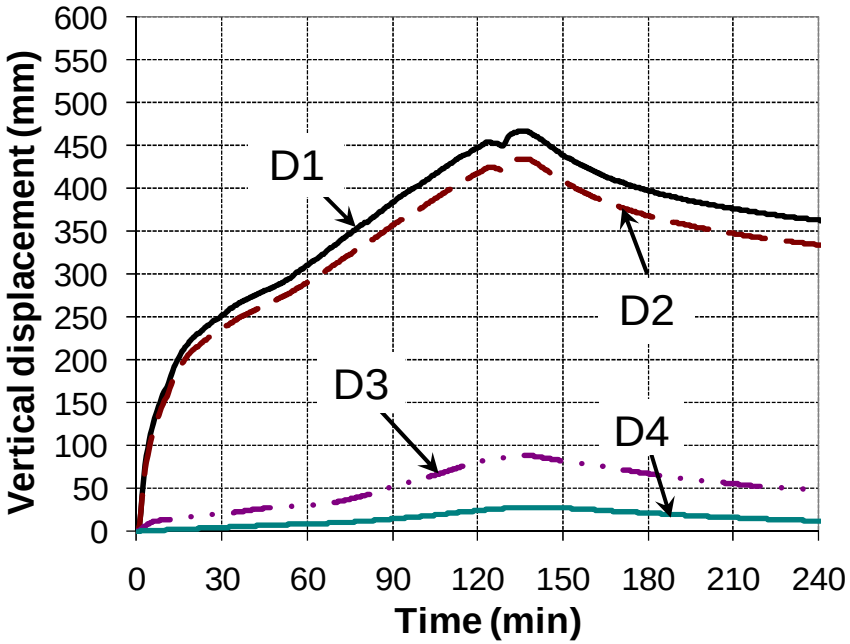
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

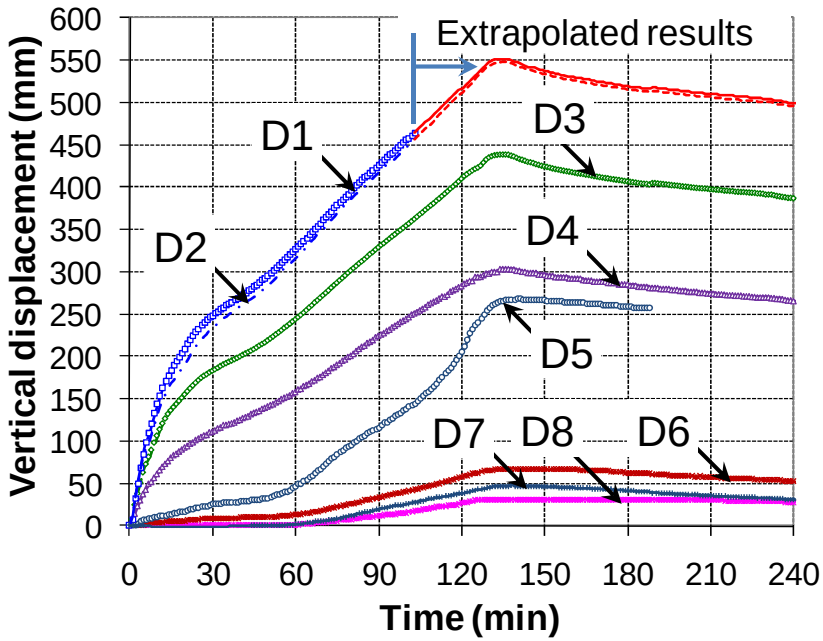
Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Inflessione dei solai**



Test 1



Test 2

Obiettivi

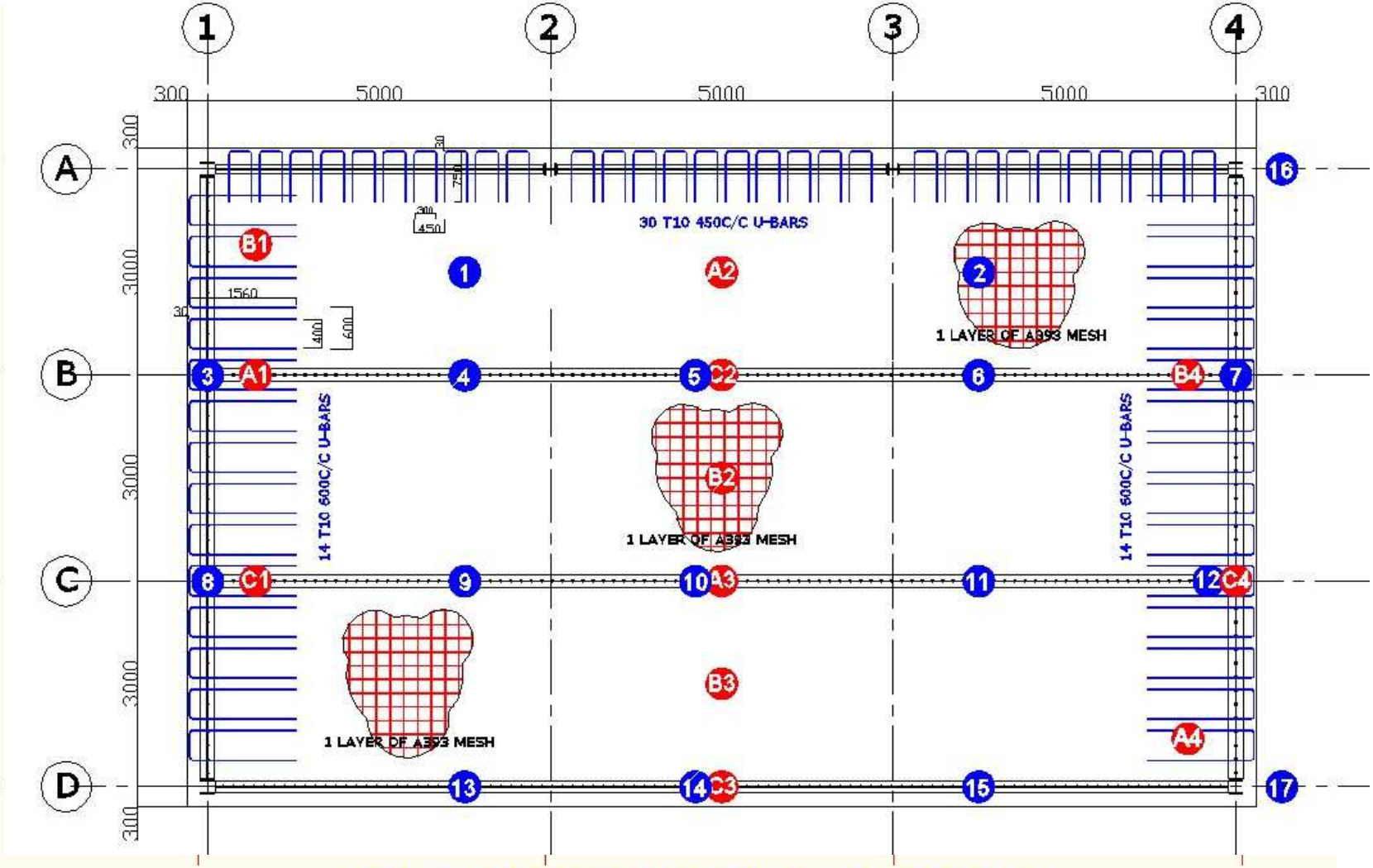
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Test 3 Spostamento dei trasduttori per inflessione**



POSIZIONE DEGLI STRUMENTI DI MISURA (**T/C** & **LVDT**)

Obiettivi

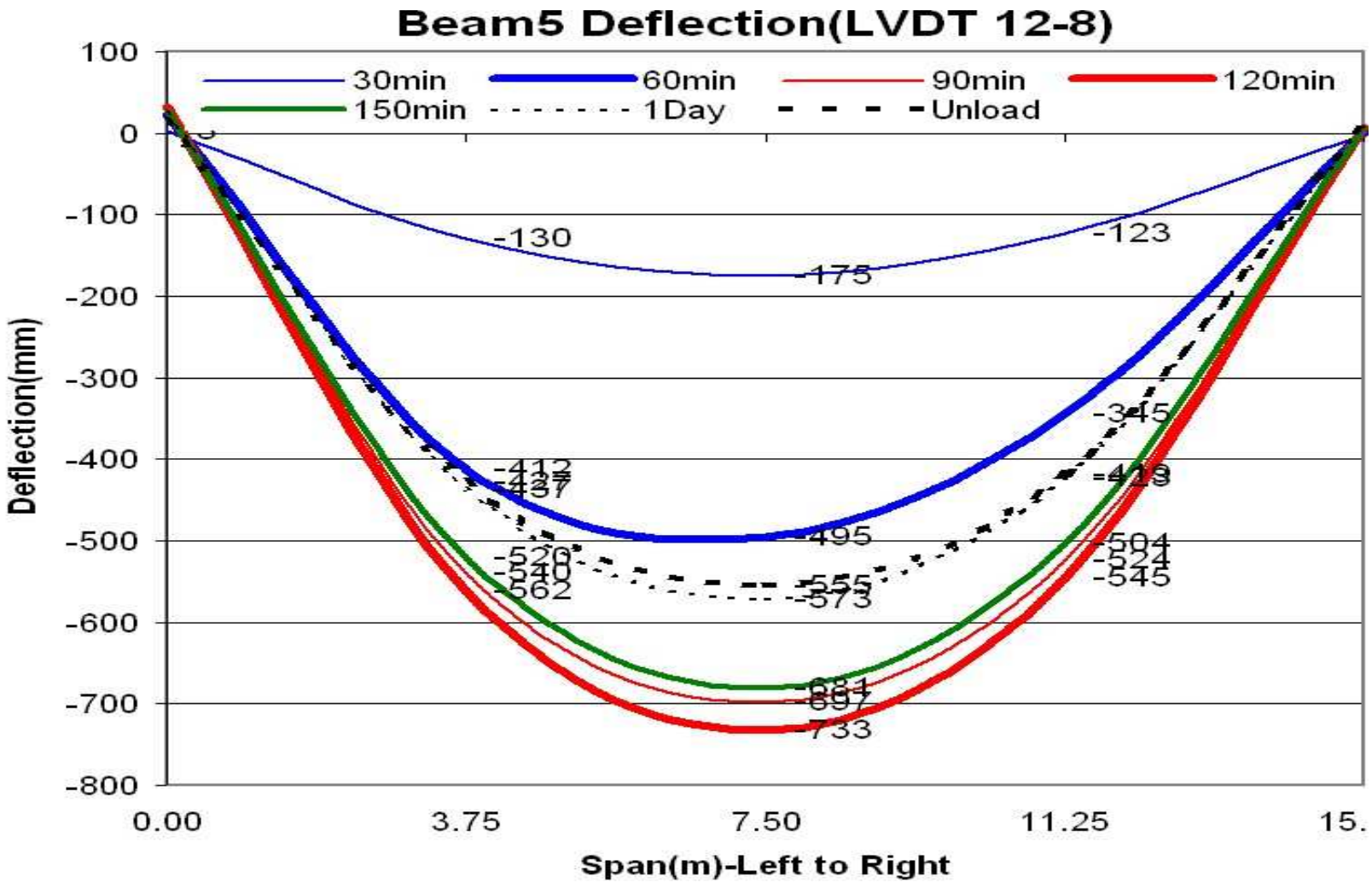
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Test 3 Inflessione del solaio**



Risultati sperimentali

Obiettivi

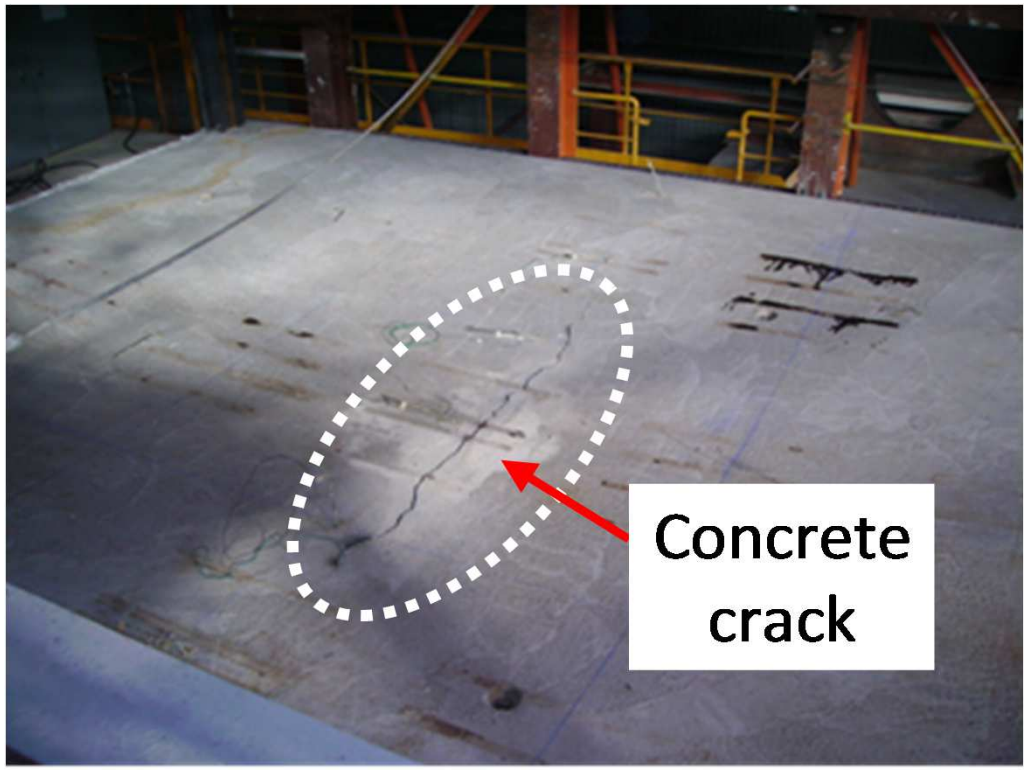
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Fessurazione del calcestruzzo(Test 1)**



- **Osservazione**
  - **Buona stabilità globale del solaio malgrado la rottura della rete di armatura di acciaio**

Experimental results

Obiettivi

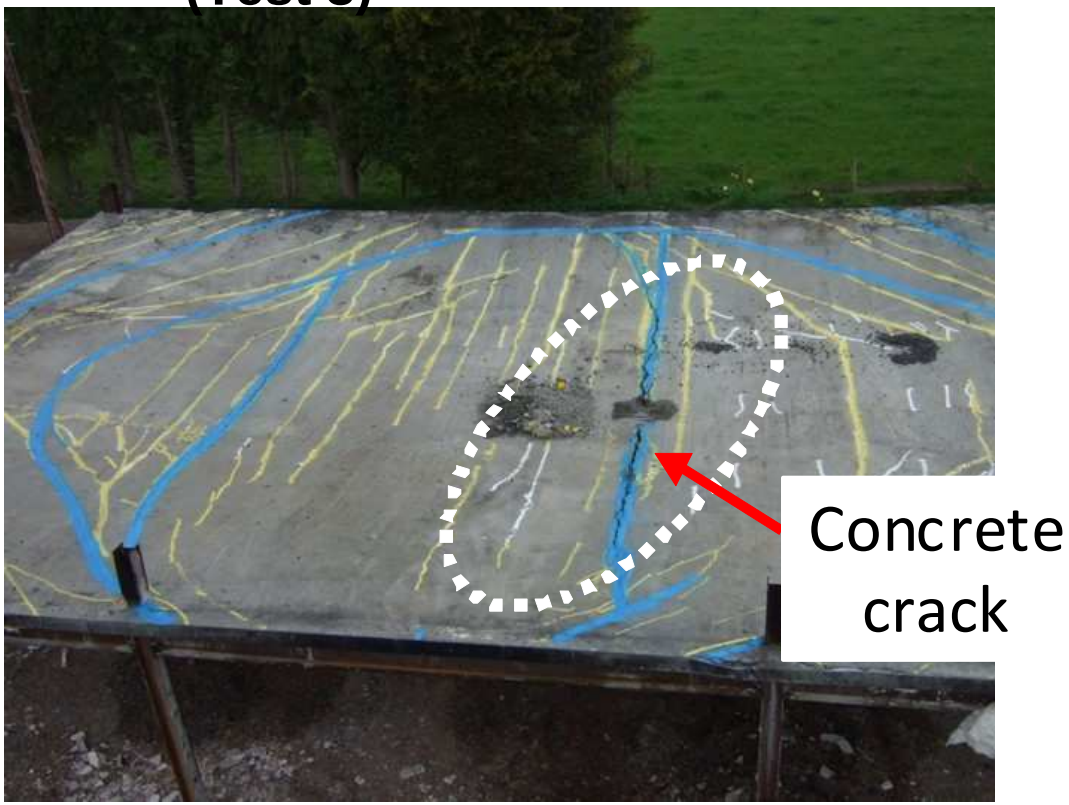
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Fessurazione del calcestruzzo (Test 3)**



- **Osservazione**
  - **Buona stabilità globale del solaio malgrado la presenza delle fessurazioni**

Risultati sperimentali

- **Instabilità dell'anima della trave (Test 3)**

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

Obiettivi

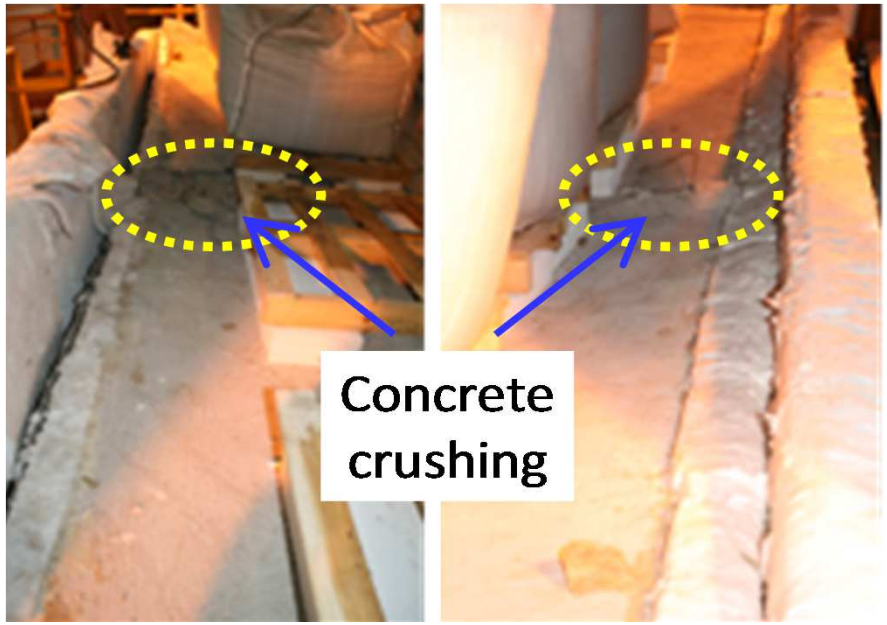
Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Schiacciamento del calcestruzzo (Test 2)**



- **Osservazione**
  - **Stabilità globale del solaio mantenuta in modo appropriato malgrado il collasso di una trave di bordo**

Confronto con le regole di calcolo semplificato

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

	Test 1		Test 2	
	Test	Metodi di calcolo semplificato	Test	Metodi di calcolo semplificato
Resistenza al fuoco (min)	> 120	120	> 120	96
Inflessione (mm)	450	366(*)	510	376(*)

- **Osservazione**
  - Risultati sperimentali:
    - **Resistenza al fuoco > 120 minutes**

Obiettivi

Configurazione della prova

Risultati sperimentali e osservazioni

Confronto con i metodi di calcolo semplificato

Conclusioni

- **Conclusioni generali relative alle nuove prove sperimentali di incendio**
  - **Eccellente prestazione dei sistemi di solaio composti in presenza dell'azione membranale per una lunga esposizione all'incendio ISO (>120 minuti)**
  - **Elevato livello di robustezza del sistema di solaio composto nonostante alcuni collassi locali**
  - **Attenzione specifica deve essere prestata ai dettagli costruttivi per quanto riguarda la rete di armatura di acciaio in modo da assicurare una buona prestazione del criterio di tenuta**
  - **Il metodo di calcolo semplificato è conservativo rispetto ai risultati sperimentali**
  - **Nessun segno di collasso dei sistemi di solaio composto durante la fase di raffreddamento**