

Zachowanie stropów stalowych i zespolonych w warunkach pożarowych

Weryfikacja metody w nowych badaniach ogniowych

Olivier VASSART - Bin ZHAO

- **Cele nowych badań ogniowych**
- **Badania ogniowe w pełnej skali w ramach projektów:**
 - **FRACOF**
 - **COSSFIRE**
- **Układ badania**
- **Wyniki doświadczalne**
 - **Temperatura**
 - **Przemieszczenie**
- **Obserwacje i analiza**
- **Porównanie z uproszczonymi metodami projektowania**
- **Wnioski**

- **Podstawy**

- **Badania ogniowe w Cardington**

- **Doskonałe zachowanie w warunkach pożaru naturalnego**
 - **Maks. θ stali ≈ 1150 °C, czas nagrzewania ≈ 60 min (> 800 °C)**
 - **Szczegóły konstrukcyjne**

- **Cele**

- **Potwierdzić tak samo dobre zachowanie przy długotrwałym nagrzewaniu (co najmniej 90 minut według krzywej nagrzewania ISO)**
 - **Zbadać wpływ różnych szczegółów konstrukcyjnych, takich jak stalowa siatka zbrojeniowa i zabezpieczenie ogniochronne belek skrajnych**
 - **Zwalidować różne narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego**

Cele

Układ badania

Wyniki

doświadczalne

i obserwacje

Porównanie z

uproszczonymi

metodami

projektowania

Wnioski

- **Badanie FRACOF**

Cele

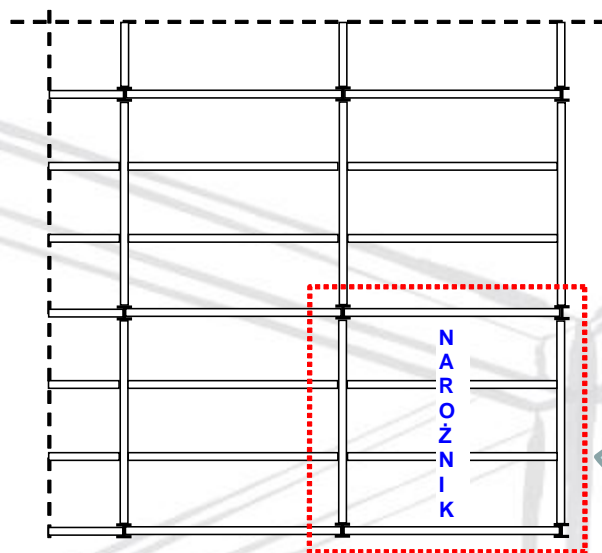
Układ badania

Wyniki

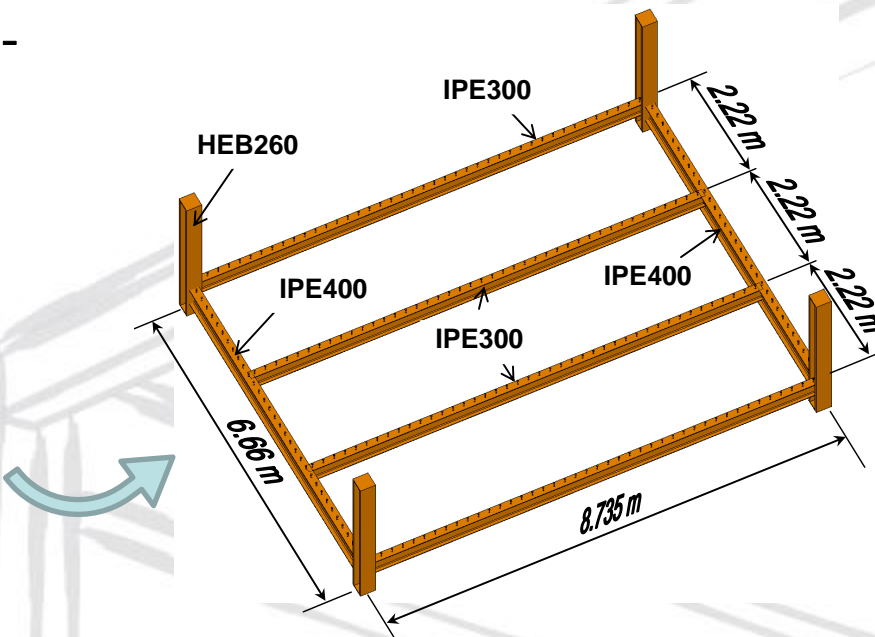
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



**Siatka konstrukcyjna
rzeczywistego
budynku**



**Ramy stalowe przyjęte
do badania ogniowego
FRACOF**

- **Badanie COSSFIRE**

Cele

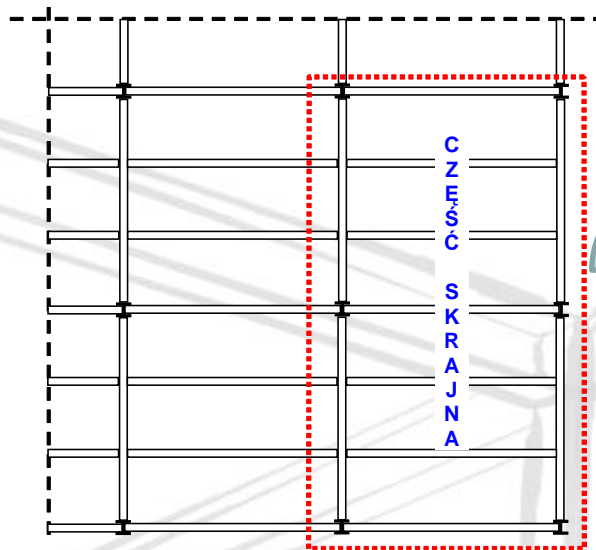
Układ badania

Wyniki

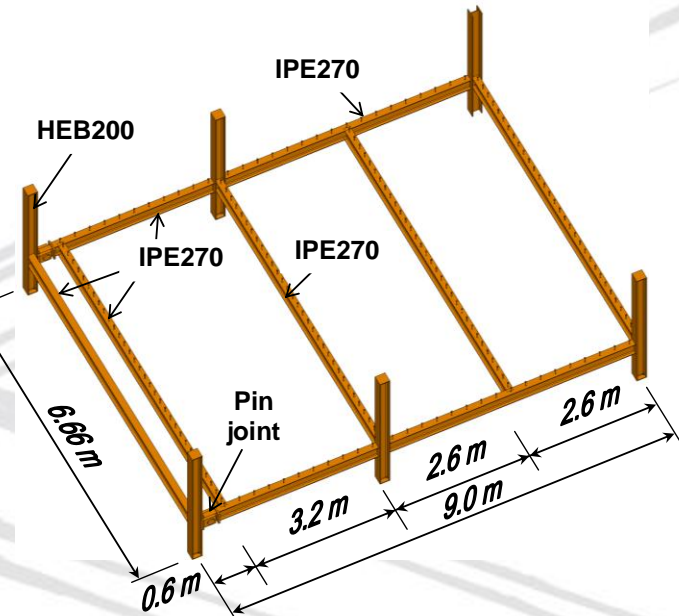
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



**Siatka konstrukcyjna
rzeczywistego
budynku**



**Ramy stalowe przyjęte
do badania ogniowego
COSSFIRE**

- Ostateczne systemy stropów zespolonych

Cele

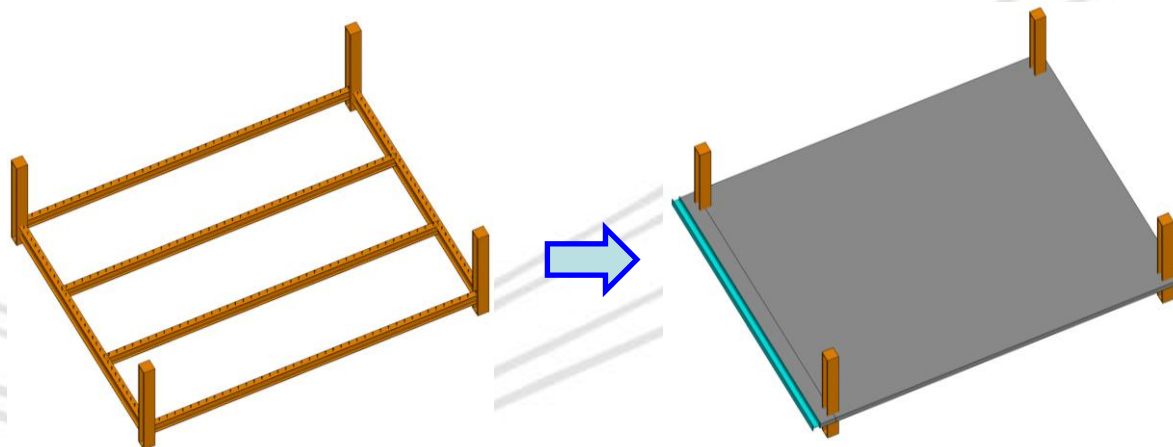
Układ badania

Wyniki
doświadczalne
i obserwacje

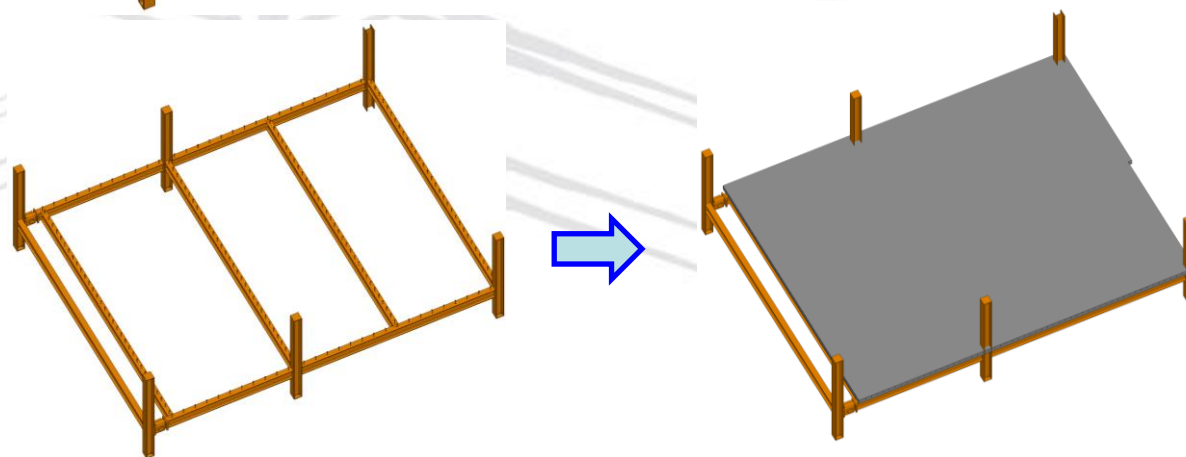
Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski

FRACOF



COSSFIRE



Cele

Układ badania

Wyniki

doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski

- **Rama stalowa**
 - Stalowo – betonowe belki zespolone
 - **Według Eurokodu 4 część 1-1 (EN 1994-1-1)**
 - Krótkie słupy stalowe

- **Płyta zespolona**
 - Całkowita grubość
 - **Według Eurokodu 4 część 1-2 (EN 1994-1-2)**
 - Stalowa siatka zbrojeniowa
 - **Na podstawie uproszczonych zasad projektowania**

- **Połączenia stalowe**
 - Powszechnie używane złącza: podwójny kątownik i blacha czołowa
 - **Według Eurokodu 3 część 1.8 (EN 1993-1-8)**

- Rozmieszczenie trzpieni z łbami na belkach stalowych

Cele

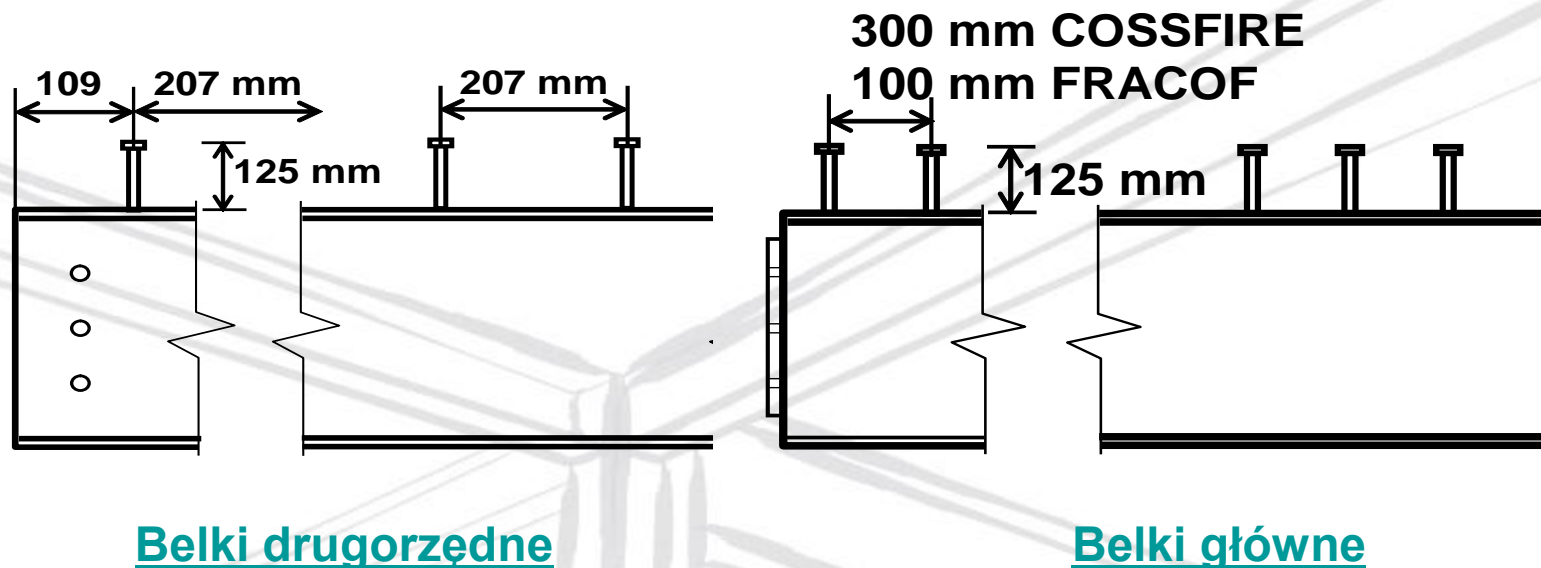
Układ badania

Wyniki

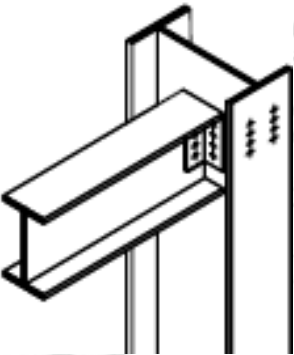
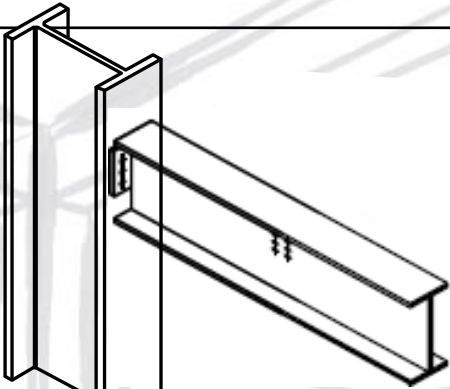
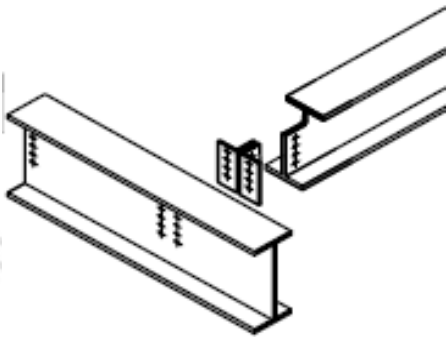
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



- Rodzaj trzpieni stalowych
 - TRW Nelson KB 3/4" – 125 ($\Phi = 19\text{mm}$; $h = 125\text{ mm}$;
 $f_y = 350\text{ N/mm}^2$; $f_u = 450\text{ N/mm}^2$)

Cele	Belka do słupa		Belka do belki
	Belka drugorzędna	Belka główna	
Układ badania	Nakładki z podwójnego kątownika	Podatna blacha czołowa	Nakładki z podwójnego kątownika
Wyniki doświadczalne i obserwacje			
Porównanie z uproszczonymi metodami projektowania			
Wnioski			

Klasa śrub stalowych: 8.8
Średnica śruby stalowej: 20 mm

Cele

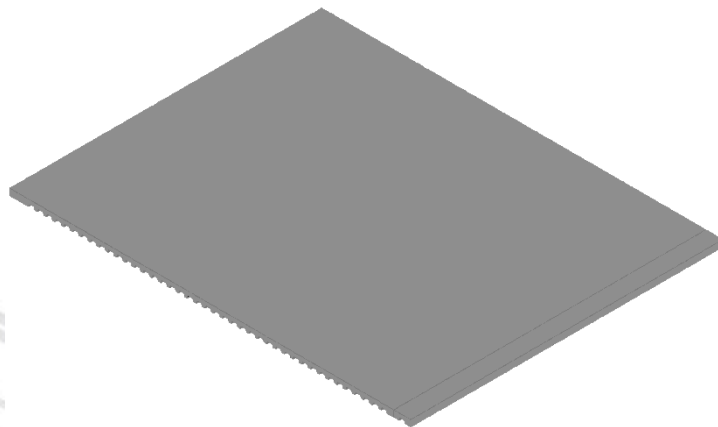
Układ badania

Wyniki

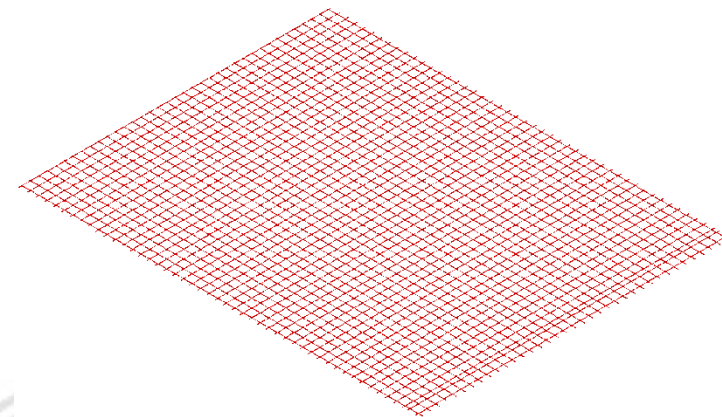
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

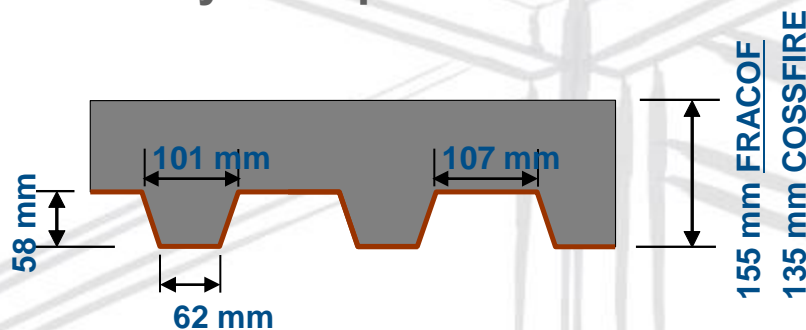
Wnioski



Płyta zespolona



Stalowa siatka zbrojeniowa



Stalowy szalunek: COFRAPLUS60 – 0.75 mm

Klasa betonu: C30/37

Rozmiar siatki: 150x150

Średnica: 7 mm

Gatunek stali: S500

Odległość osi od górnej powierzchni płyty:

- 50 mm FRACOF

- 35 mm COSSFIRE

Cele

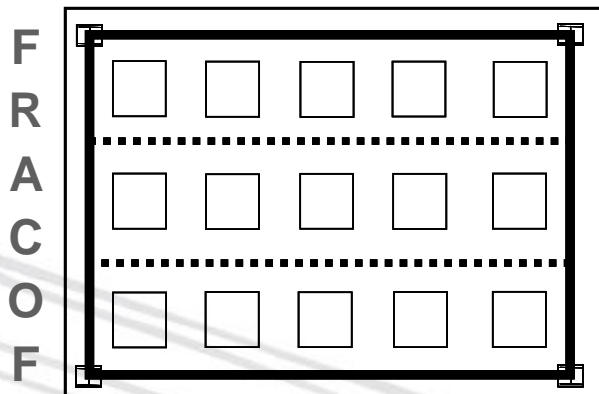
Układ badania

Wyniki

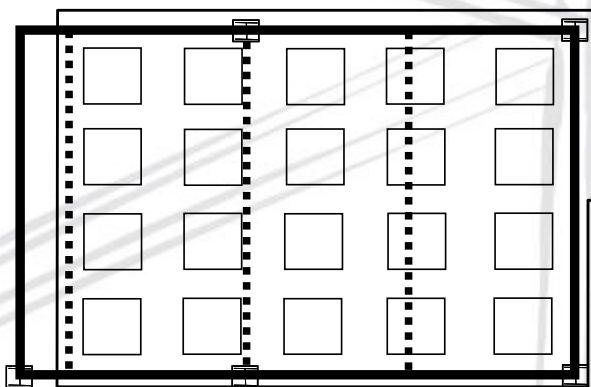
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



**15 worków
z piaskiem
1512 kg
Równoważne
równomiernemu
obciążeniu:
390 kg/m²**



**20 worków
z piaskiem
1098 kg
Równoważne
równomiernemu
obciążeniu:
393 kg/m²**

COSSFIRE

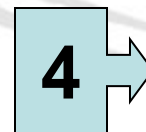
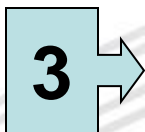
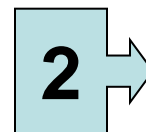
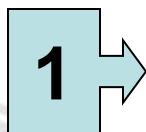
Cele

Układ badania

Wyniki
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



Cele

Układ badania

Wyniki
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



Po badaniu



Przed badaniem



Niezabezpieczona
belka drugorzędna

Płyta
zespólna

Cele

- **Temperatura nagrzewania**

Układ badania

- **Nagrzewanie niezabezpieczonych belek stalowych**

Wyniki

- **Nagrzewanie zabezpieczonych elementów stalowych**

doświadczalne

- **Nagrzewanie płyty zespolonej**

i obserwacje

- **Ugięcie stropu**

Porównanie z

- **Obserwacje wynikające z zachowania systemów stropów zespolonych**

uproszczonymi

metodami

projektowania

- **Pękanie betonu i kruszenie betonu**

- **Zniszczenie stalowej siatki zbrojeniowej podczas badania**

Wnioski

- **Załamanie belek skrajnych**

- **Temperatura nagrzewania**

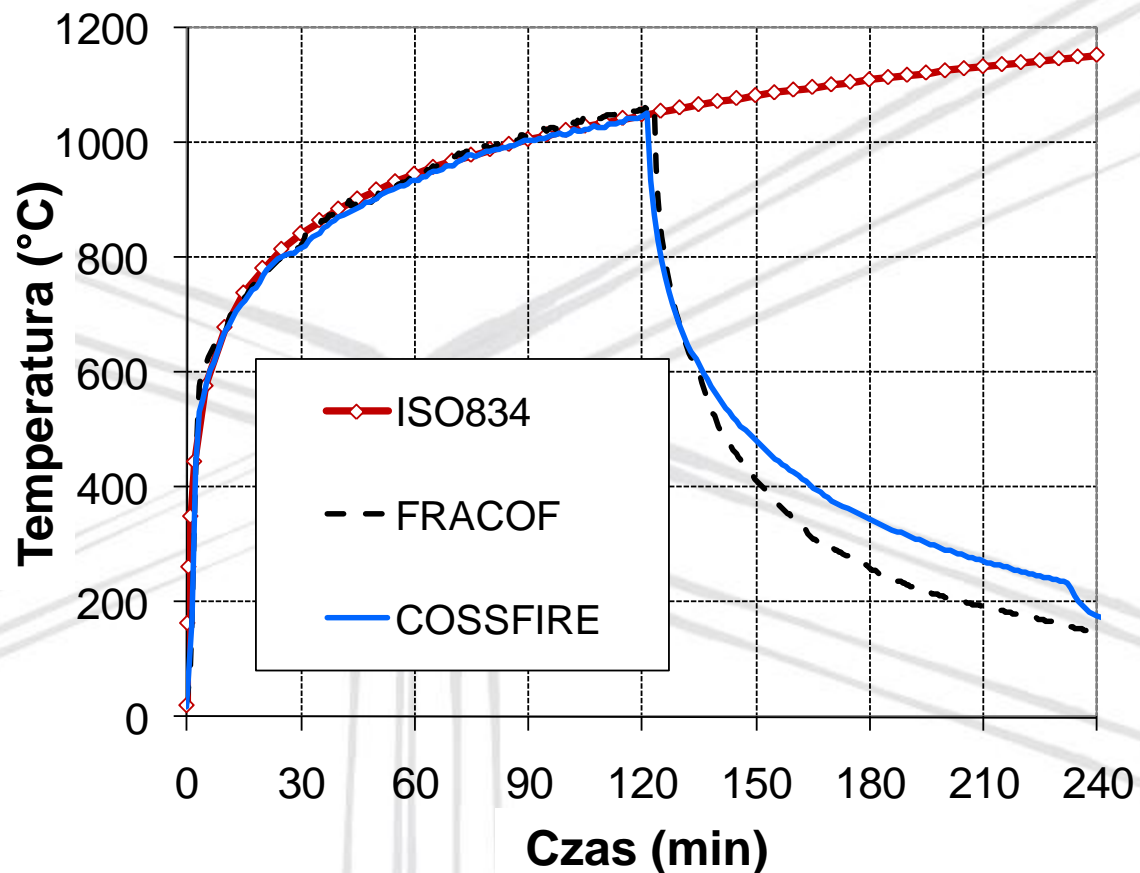
Cele

Układ badania

**Wyniki
 doświadczalne
 i obserwacje**

Porównanie z
 uproszczonymi
 metodami
 projektowania

Wnioski



- Nagrzewanie niezabezpieczonych belek stalowych

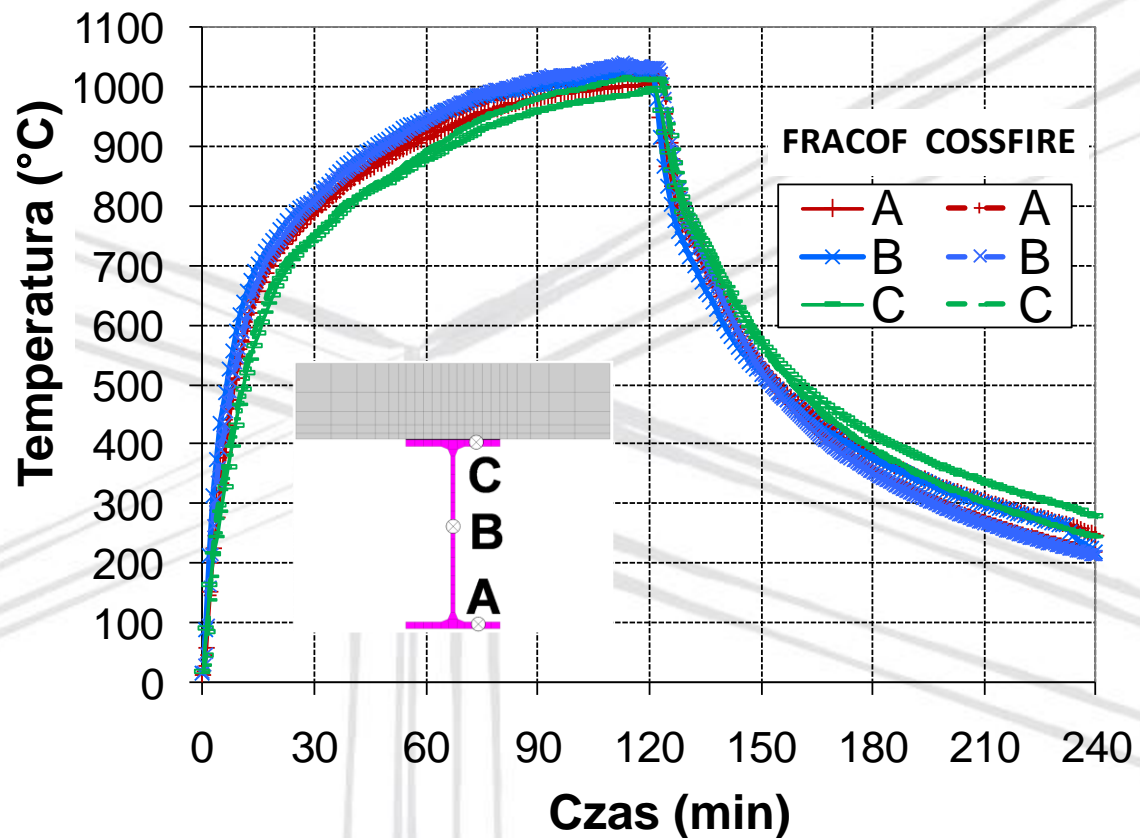
Cele

Układ badania

Wyniki
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



- Nagrzewanie zabezpieczonych belek stalowych**

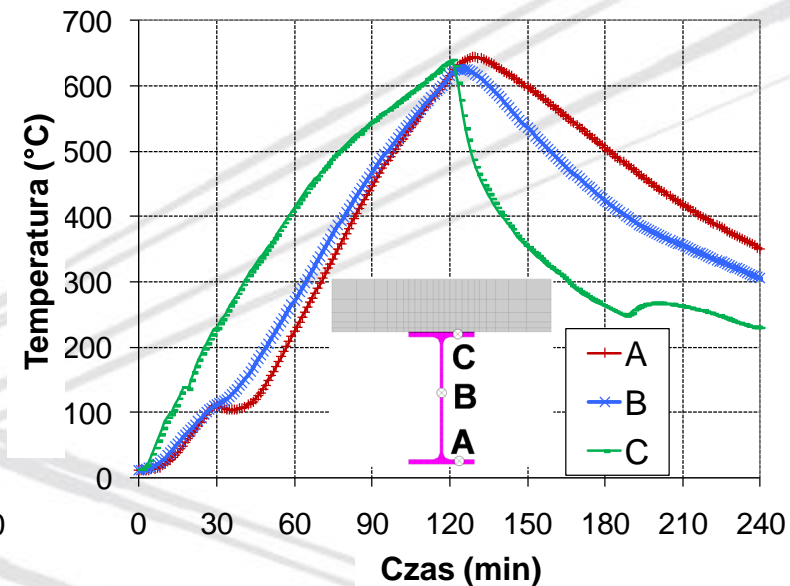
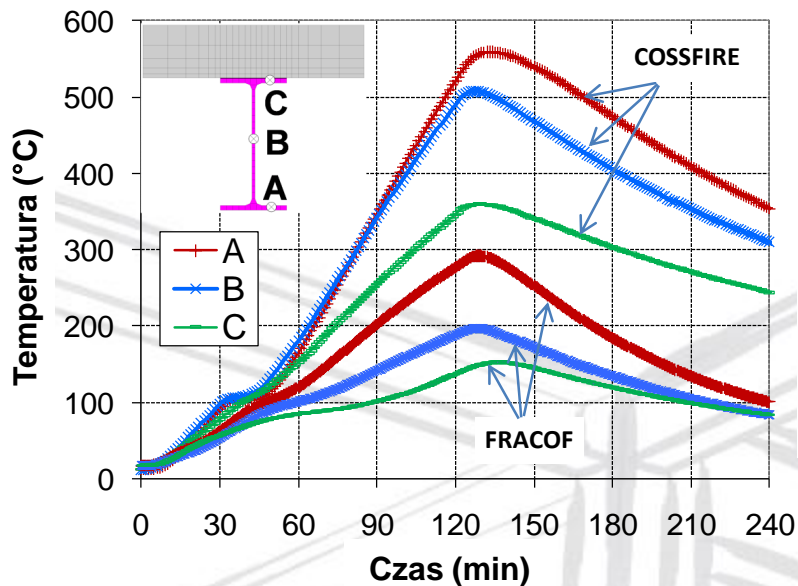
Cele

Układ badania

Wyniki doświadczalne i obserwacje

Porównanie z uproszczonymi metodami projektowania

Wnioski



- Obserwacje**

- Znacznie bardziej gorące belki w badaniu COSSFIRE, temperatura ≈ 550 °C i jedna skrajna belka drugorzędna nagrzana do > 600 °C

- Nagrzewanie płyty zespolonej

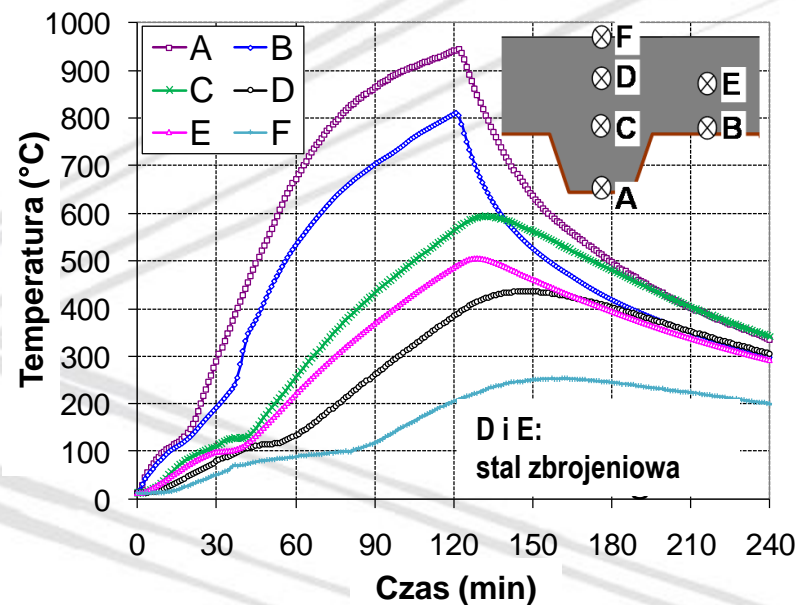
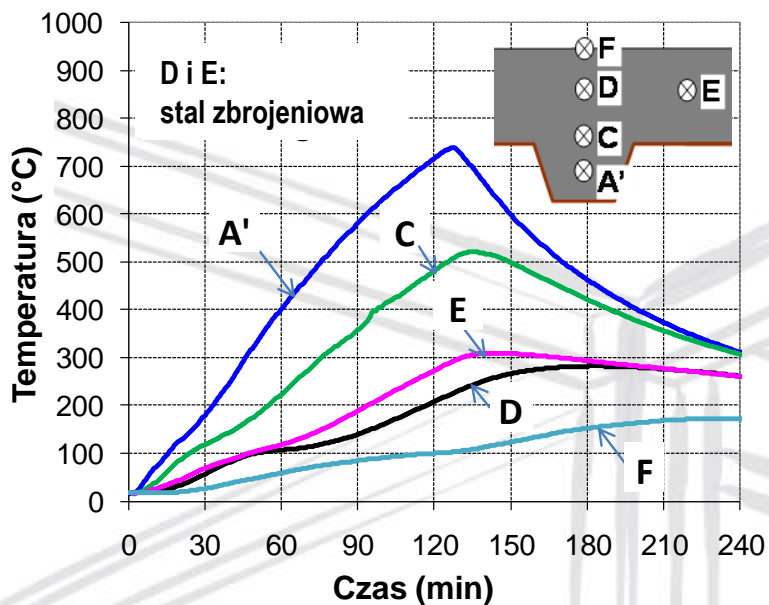
Cele

Układ badania

Wyniki doświadczalne i obserwacje

Porównanie z uproszczonymi metodami projektowania

Wnioski



- Czujniki przemieszczenia do pomiaru ugięcia

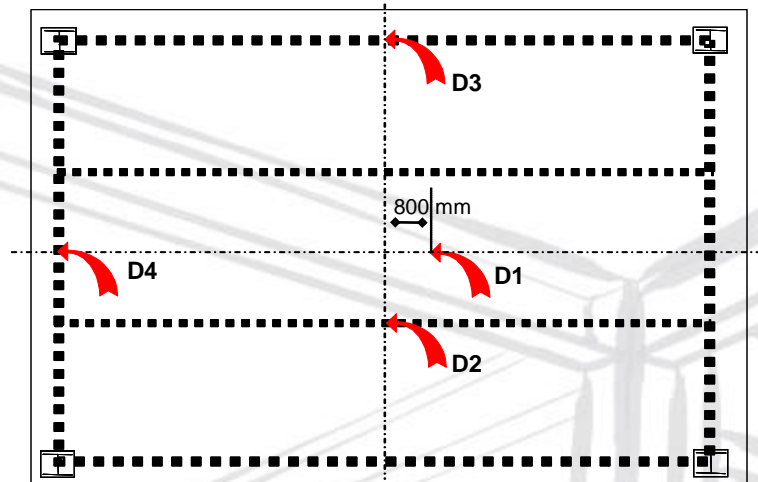
Cele

Układ badania

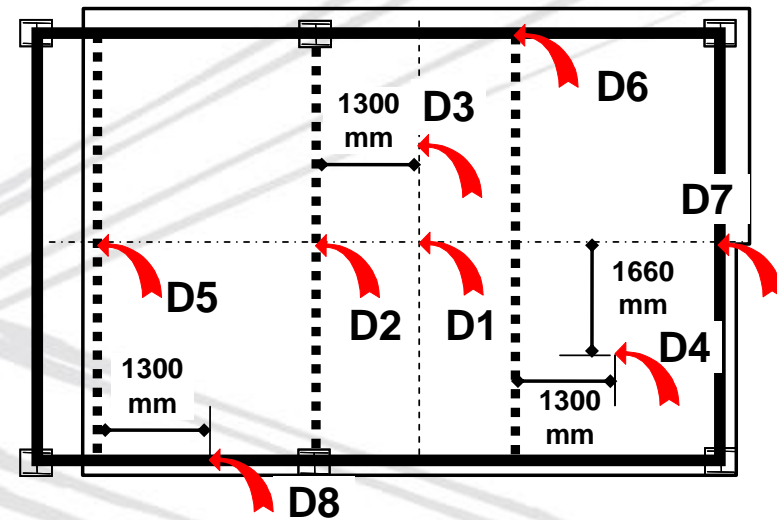
Wyniki doświadczalne i obserwacje

Porównanie z uproszczonymi metodami projektowania

Wnioski



FRACOF



COSSFIRE

- **Ugięcie stropów**

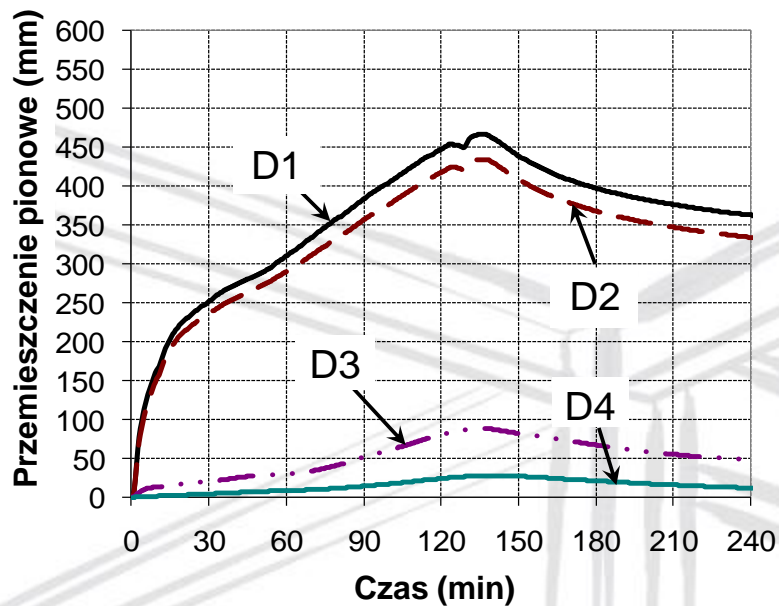
Cele

Układ badania

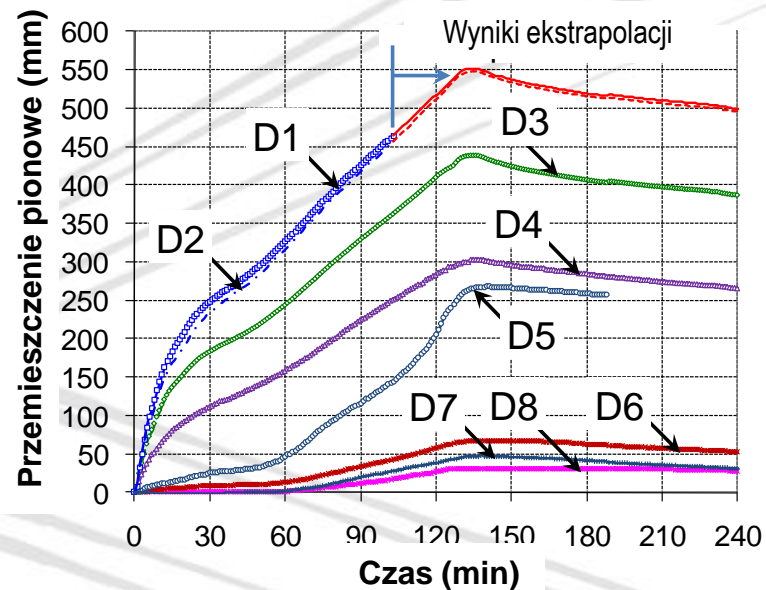
Wyniki
doświadczalne
i obserwacje

Porównanie z
uproszczonymi
metodami
projektowania

Wnioski



FRACOF



COSSFIRE

- **Pękanie betonu (FRACOF)**

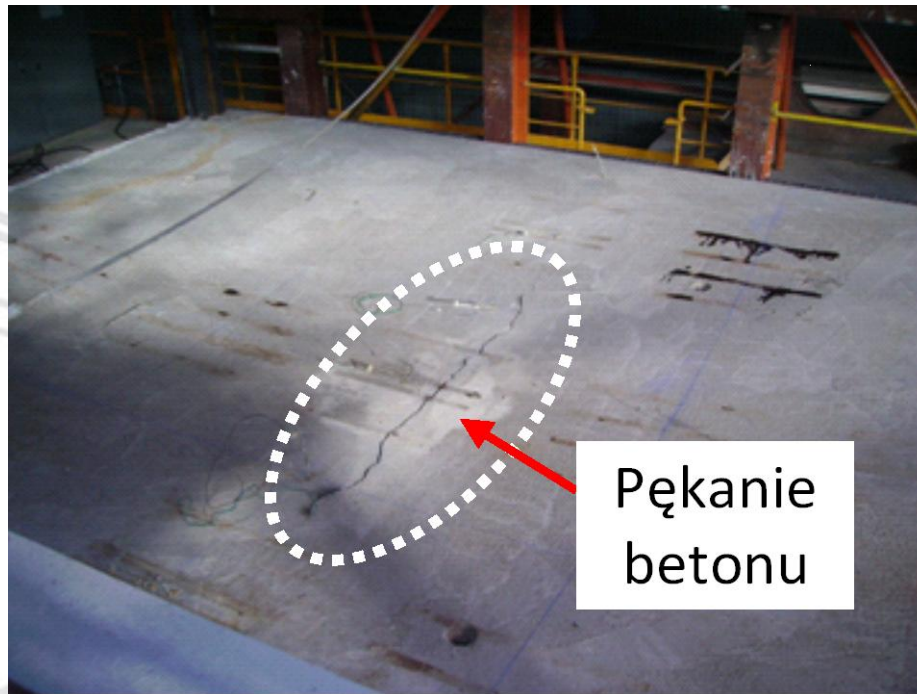
Cele

Układ badania

**Wyniki
 doświadczalne
 i obserwacje**

Porównanie z
 uproszczonymi
 metodami
 projektowania

Wnioski



- **Obserwacje**
 - **Doskonała globalna stateczność stropu pomimo zniszczenia stalowej siatki zbrojeniowej**

- **Kruszenie betonu (COSSFIRE)**

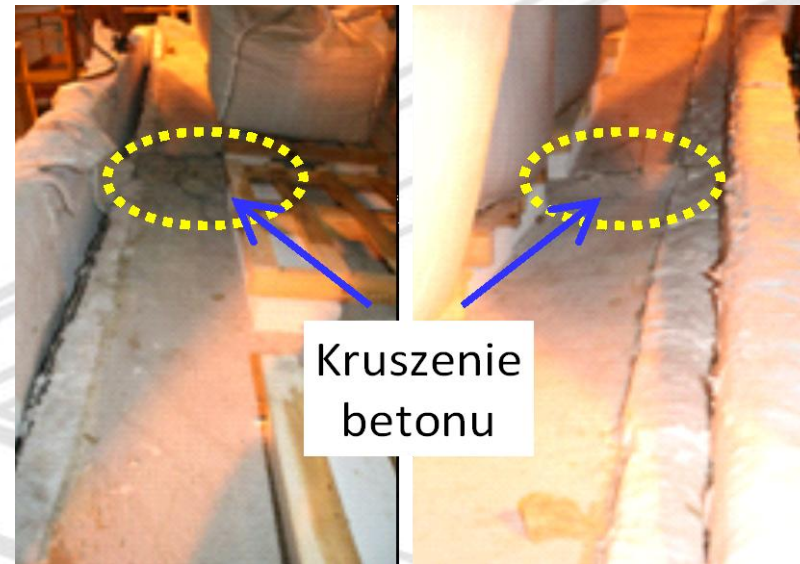
Cele

Układ badania

**Wyniki
 doświadczalne
 i obserwacje**

Porównanie z
 uproszczonymi
 metodami
 projektowania

Wnioski



- **Obserwacje**

- **Globalna stateczność stropu zostaje zachowana pomimo zniszczenia jednej belki skrajnej**

Cele

Układ badania

Wyniki

doświadczalne

i obserwacje

Porównanie z uproszczonymi metodami projektowania

Wnioski

	FRACOF		COSSFIRE	
	Badanie	Uproszczone metody projektowania	Badanie	Uproszczone metody projektowania
Odporność ogniowa (min)	> 120	120	> 120	96
Ugięcie (mm)	450	366 ^(*)	510	376 ^(*)

- **Obserwacje**
 - Wyniki doświadczalne:
 - **Odporność ogniowa > 120 minut**

Cele

Układ badania

Wyniki

doświadczalne

i obserwacje

Porównanie z

uproszczonymi

metodami

projektowania

Wnioski

- **Ogólne wnioski dotyczące nowych badań ogniowych**
 - **Doskonałe zachowanie systemów stropów zespolonych pozostających pod działaniem membranowym przez długi czas oddziaływania ognia według krzywej ISO (>120 minut)**
 - **Wysoki poziom trwałości systemów stropów zespolonych pomimo pewnych lokalnych uszkodzeń**
 - **Szczególną uwagę należy zwrócić na rozwiązanie konstrukcyjne uwzględniające stalową siatkę zbrojeniową w celu spełnienia kryteriów szczelności ogniowej**
 - **Uproszczona metoda projektowania jest po bezpiecznej stronie w porównaniu z wynikami badań**
 - **Brak oznak zniszczenia podczas fazy studzenia systemów stropów zespolonych**

<http://fire.fsv.cvut.cz/fracof>

<http://www.arcelormittal.com/sections>

<http://www.itb.pl>