Research Fund for Coal & Steel

Συμπεριφορά μεταλλικών και σύμμικτων συστημάτων πλάκας σε πυρκαγιά

Νέα πειραματικά στοιχεία

Περιεχόμενα παρουσίασης

- Στόχοι των νέων δοκιμών πυρκαγιάς
- Δοκιμές πραγματικής κλίμακας στα πλαίσια των
  - FRACOF (Δοκιμή 1 ISO Πυρκαγιά)
  - COSSFIRE (Δοκιμή 2 ISO Πυρκαγιά)
  - FICEB (Δοκιμή 3 Φυσική πυρκαγιά & Κυψελωτές δοκοί)
- Διάταξη πειράματος
- Πειραματικά αποτελέσματα
  - Θερμοκρασία
  - Μετακίνηση
- Παρατηρήσεις και αναλύσεις
- Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης
- Συμπεράσματα

Γιατί επιπλέον δοκιμές πυρκαγιάς?

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Υπόβαθρο**
  - **Δοκιμές πυρκαγιάς Cardington**
    - **Άριστη συμπεριφορά σε πυρκαγιά υπό συνθήκες φυσικής πυρκαγιάς**
    - **Max θ μετάλλου ≈ 1150 °C, διάρκεια πυρκαγια ≈ 60 min (> 800 °C)**
    - **Βρετανικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες**
- **Στόχοι**
  - **Επιβεβαίωση της καλής συμπεριφοράς υπό μεγάλη διάρκεια πυρκαγιάς (τουλάχιστον 90 λεπτά ISO πυρκαγιά)**
  - **Διερεύνηση των συνεπειών διαφορετικών κατασκευαστικών λεπτομερειών, όπως πλέγμα ενίσχυσης και μόνωση των ακραίων δοκών**
  - **Επιβεβαίωση διαφορετικών εργαλείων πυρασφάλειας**

Σχεδίαση των πειραματικών δοκιμίων

Στόχοι

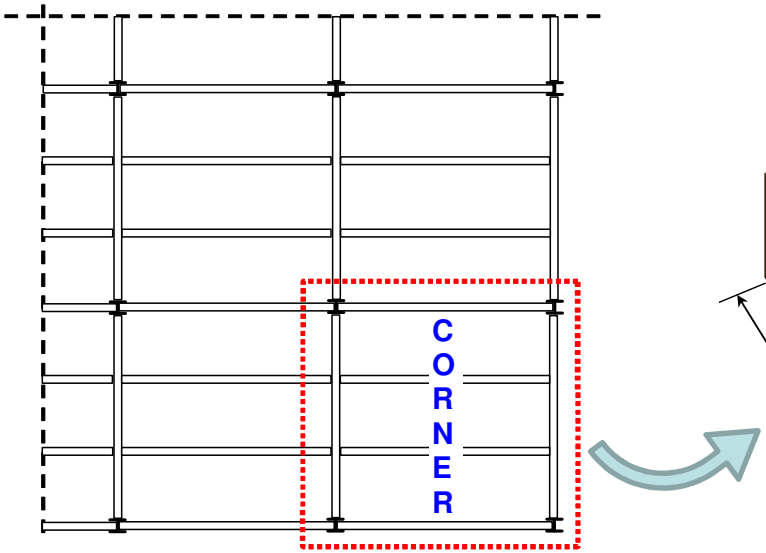
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

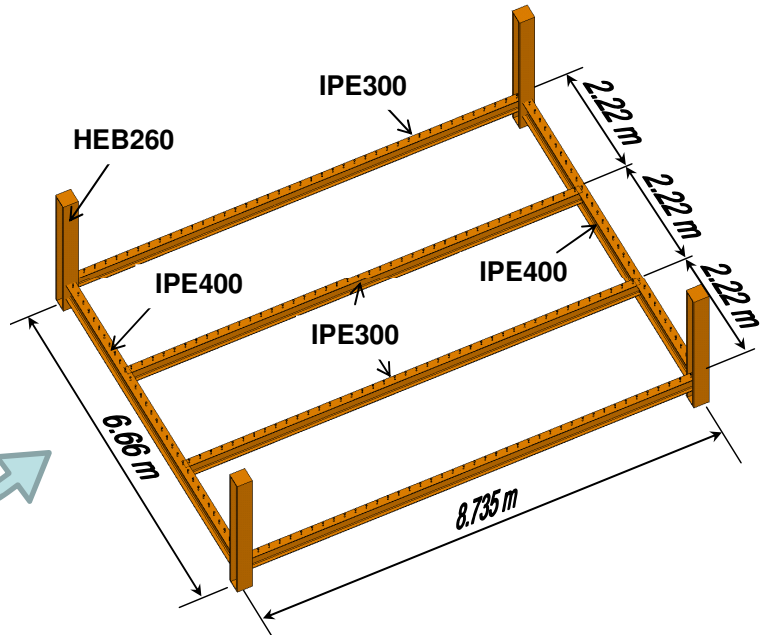
Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Δοκιμή 1 (FRACOF)**



Κάνναβος πραγματικού κτιρίου



Υιοθετημένα μεταλλικά πλαίσια για δοκιμή πυρκαγιάς 1

Σχεδίαση των πειραματικών δοκιμίων

Στόχοι

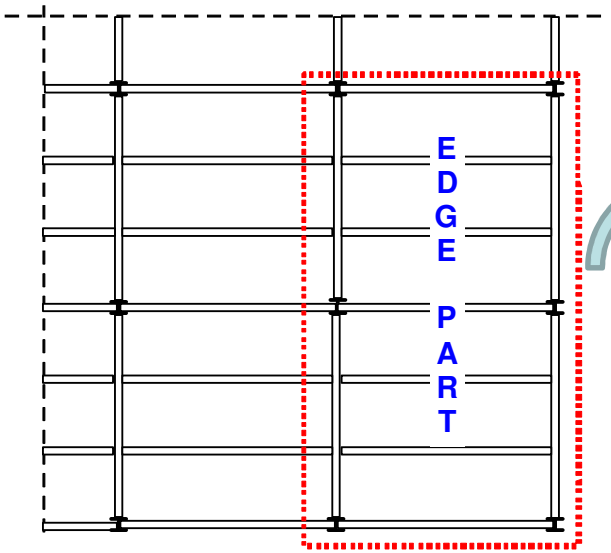
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

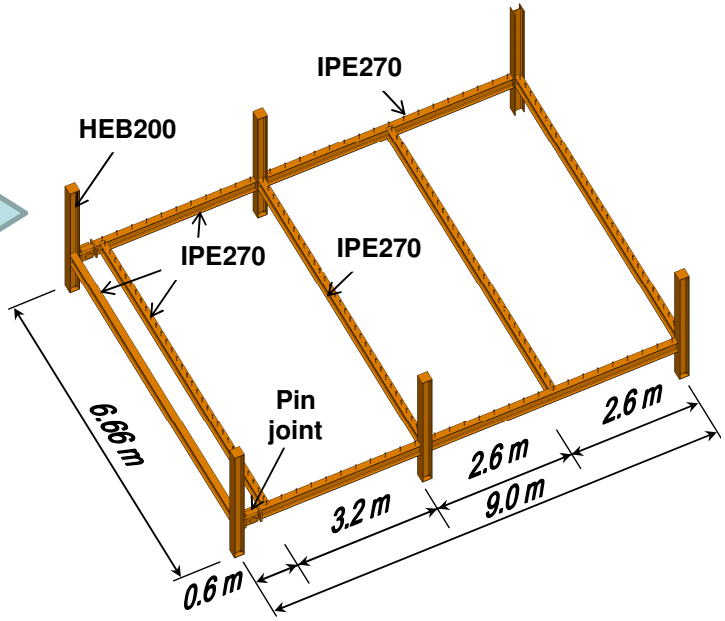
Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Δοκιμή 2 (COSSFIRE)**



Κάνναβος πραγματικού κτιρίου



Υιοθετημένα μεταλλικά πλαίσια για δοκιμή πυρκαγιάς 2

Σχεδίαση των πειραματικών δοκιμίων

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

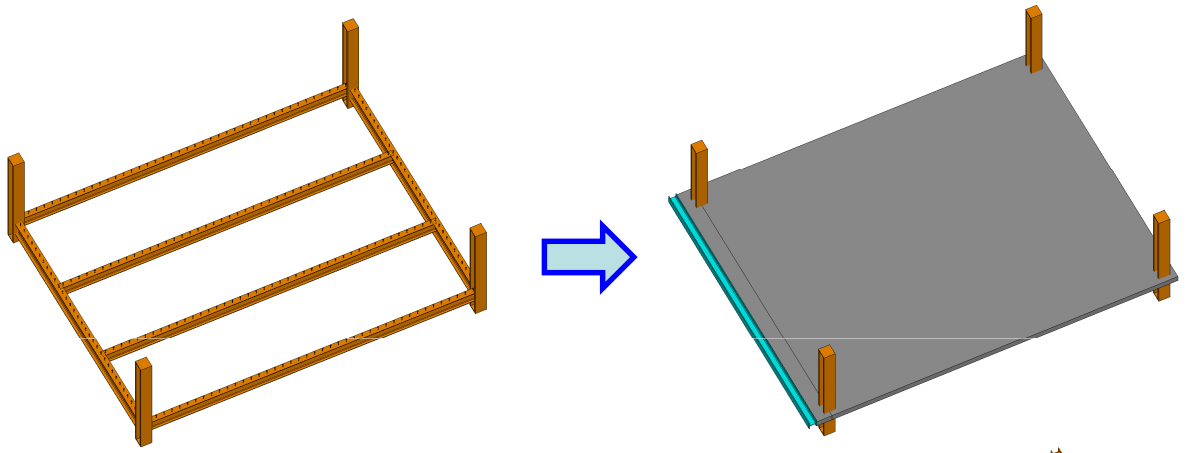
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

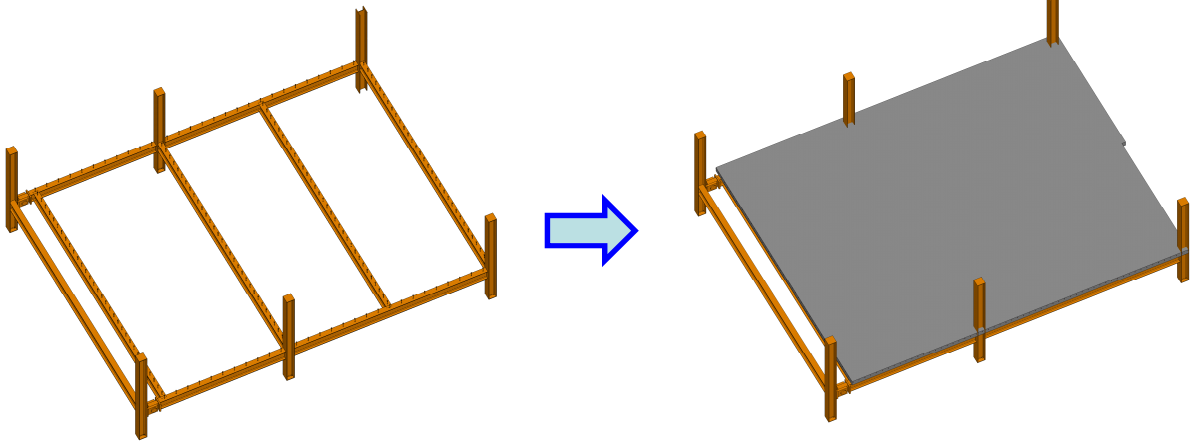
Συμπεράσματα

- **Τελικά συστήματα σύμμικτης πλάκας**

Δοκιμή 1



Δοκιμή 2



Σχεδιασμός δομικών μελών

- **Μεταλλικό πλαίσιο**
  - Μεταλλικές σύμμικτες δοκοί
    - **Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 4 μέρος 1-1 (EN1994-1-1)**
  - Κοντά μεταλλικά υποστυλώματα
- **Σύμμικτη πλάκα**
  - Συνολικό πάχος
    - **Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 4 μέρος 1-2 (EN1994-1-2)**
  - Πλέγμα ενίσχυσης
    - **Βασισμένο σε κανόνες απλής σχεδίασης**
- **Μεταλλικές συνδέσεις**
  - Συνήθης συνδέσεις: διπλά γωνιακά και ακραίο (μετωπικό) έλασμα
    - **Σύμφωνα με Ευρωκώδικα 3 μέρος 1.8 (EN1993-1-8)**

Σχεδιασμός δομικών μελών

Στόχοι

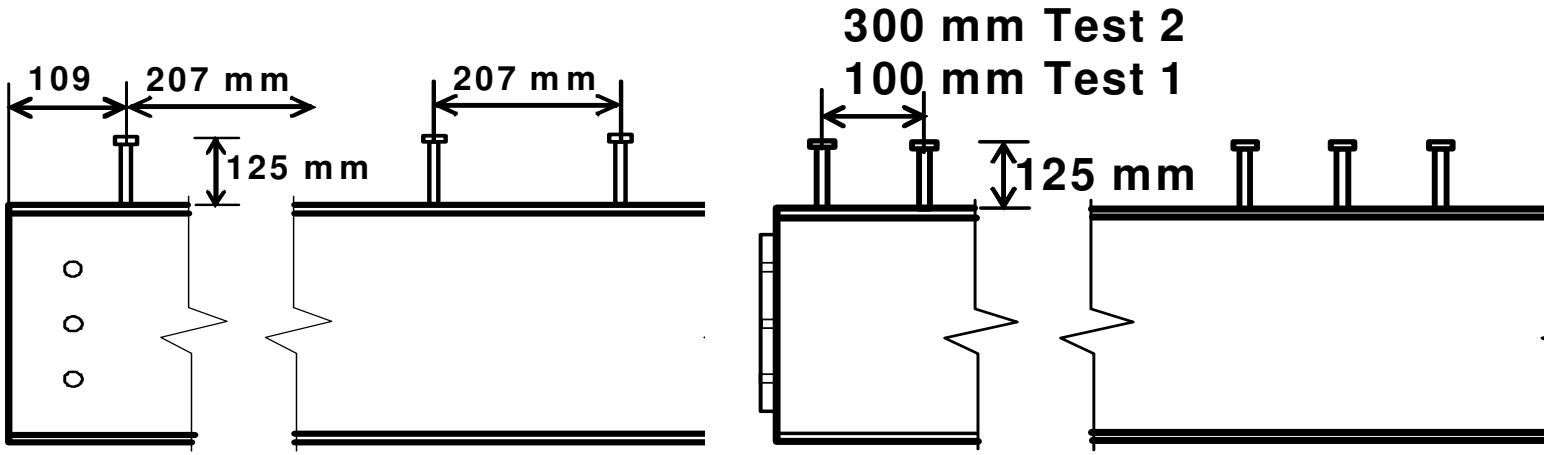
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Διάταξη των ήλων διάτμησης πάνω από τις μεταλλικές δοκούς**



Δευτερεύουσες δοκοί

Κύριες δοκοί

- **Τύποι διατμητικών ήλων**
  - **TRW Nelson KB 3/4" – 125 (Φ = 19mm; h = 125 mm; f_y = 350 N/mm²; f_u = 450 N/mm²)**

Μεταλλικές συνδέσεις

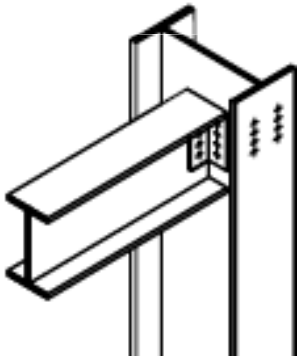
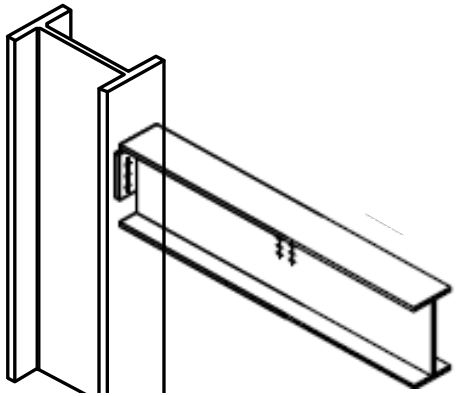
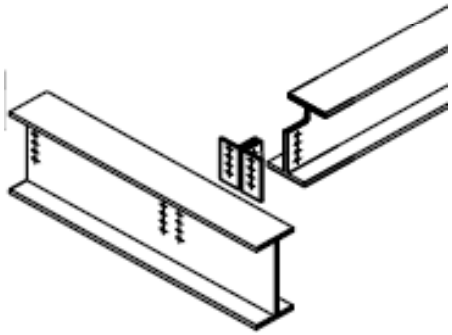
Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

Δοκό με στύλο		**Δοκό με δοκό**
Δευτερεύουσα	Κύρια	
Διπλά γωνιακά ελάσματα κορμού	**Εύκαμπτη ακραία πλάκα (μετωπική)**	**Διπλά γωνιακά ελάσματα κορμού**
		

Ποιότητα μεταλλικών κοχλιών: 8.8

Διάμετρος μεταλλικών κοχλιών: 20 mm

Μεγέθη δομικών μελών

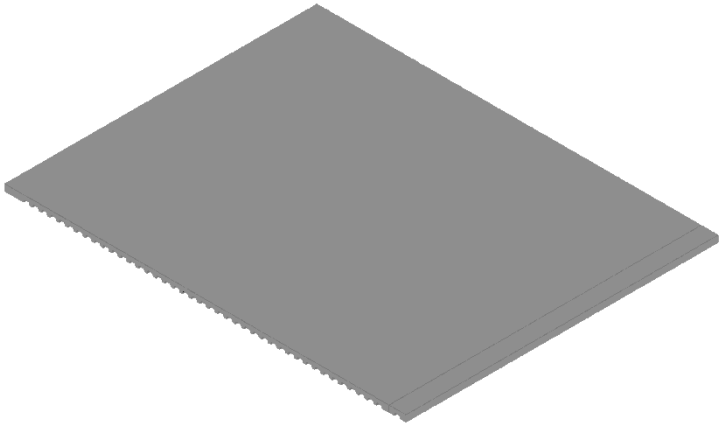
Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

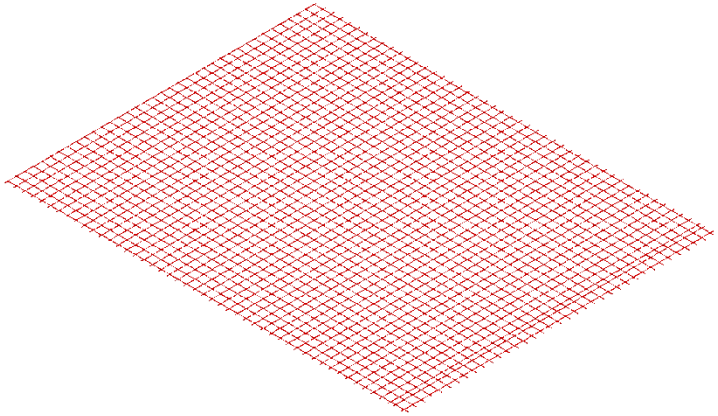
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

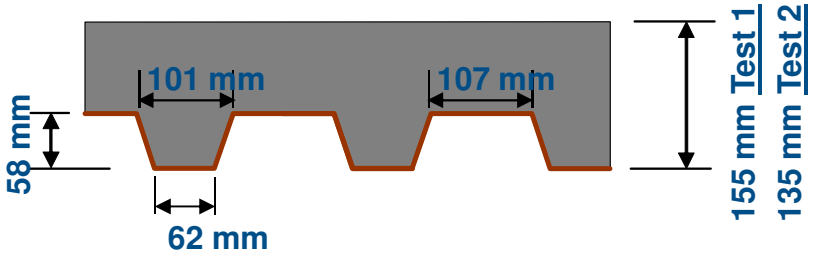
Συμπεράσματα



Σύμμικτη πλάκα



Μεταλλικό πλέγμα



Μεταλλικό υπόστρωμα:
COFRAPLUS60 – 0.75 mm

Ποιότητα σκυροδέματος: C30/37

Πλέγμα: 150x150

Διάμετρος: 7 mm

Ποιότητα: S500

Απόσταση άξονα από άνω πλευρά πλάκας:

- 50 mm Δοκιμή 1
- 35 mm Δοκιμή 2

Μηχανικές συνθήκες φόρτισης

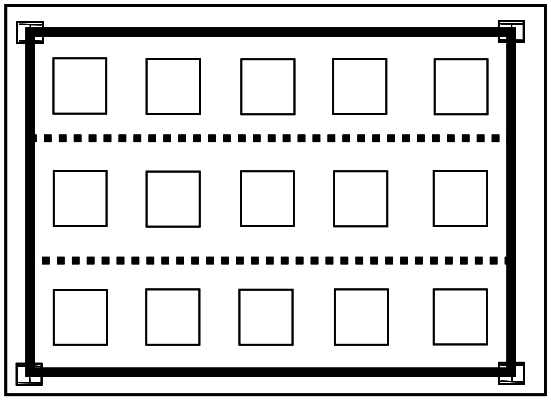
Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

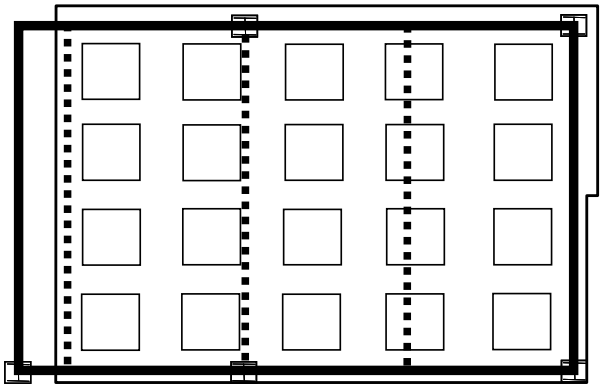
Συμπεράσματα



Δοκιμή 1

15 σάκοι άμμου των 1512 kg

Ισοδύναμο ομοιόμορφο φορτίο: 390 kg/m²



Δοκιμή 2

20 σάκοι άμμου των 1098 kg

Ισοδύναμο ομοιόμορφο φορτίο : 393 kg/m²

Προετοιμασία δοκιμής πυρκαγιάς 2

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

1

2

3

4

Συμπεριφορά πλάκας κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

Κατασκευή δοκιμής 3 (FICEB)

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

Κατασκευή δοκιμής 3

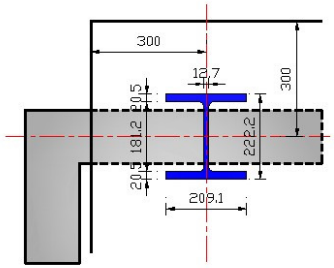
Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

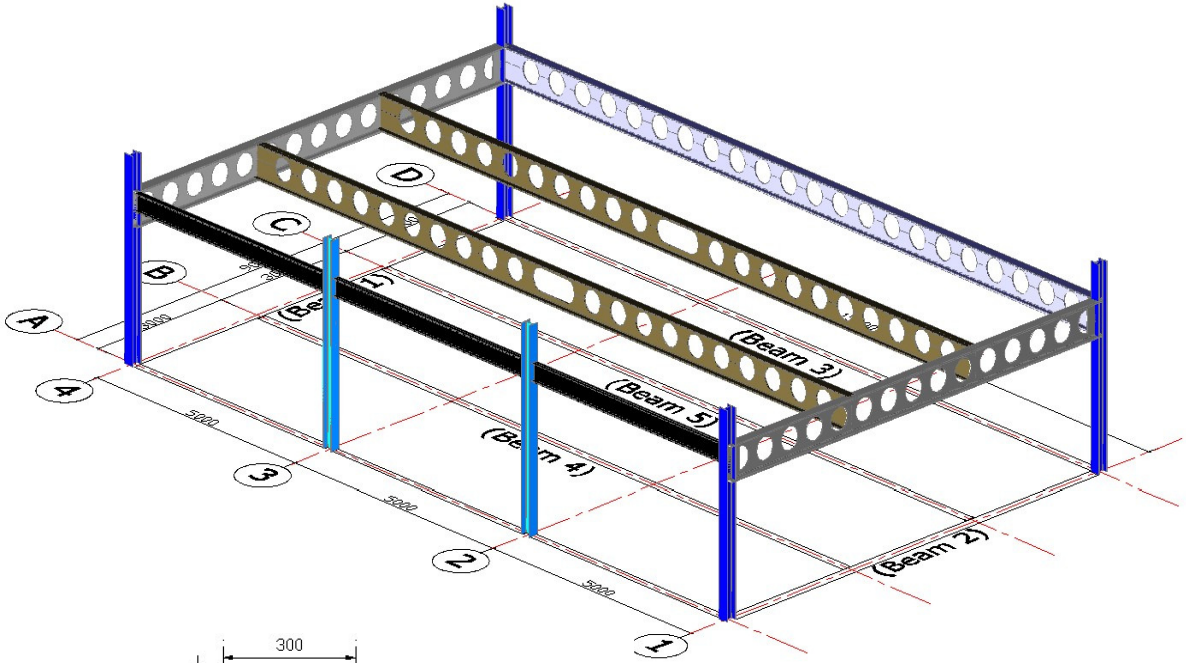
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

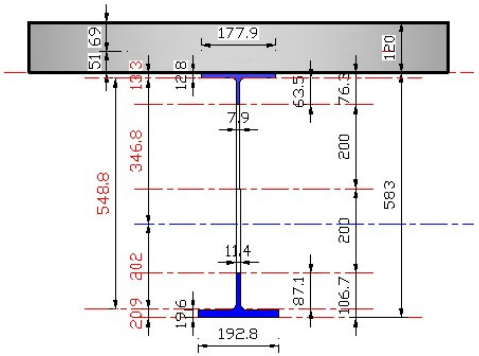
Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

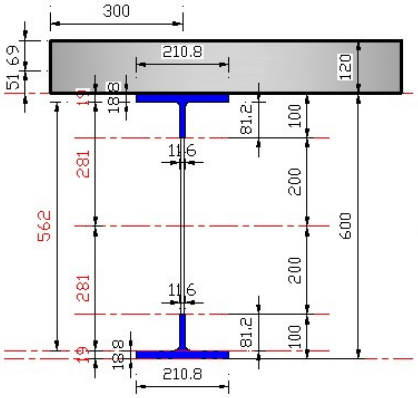


(Column GL-A)

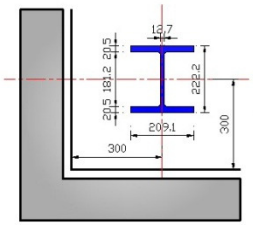




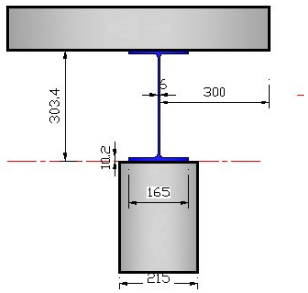
(Beam 3/4/5)



(Beam 1/2)



(Column GL-D)



(Solid Beam)

Κατασκευή δοκιμής 3

Στόχοι

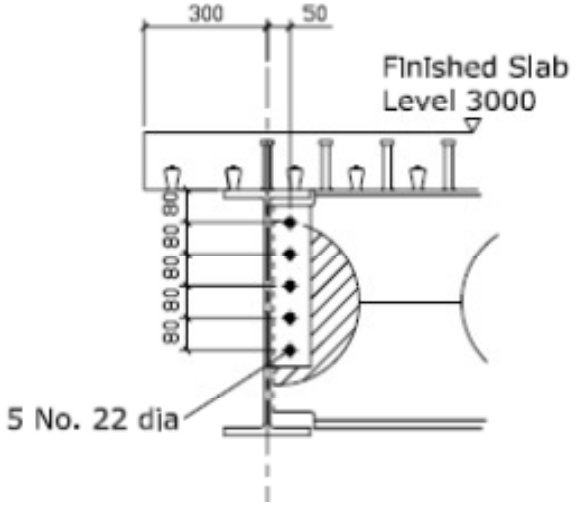
Διάταξη δοκιμής

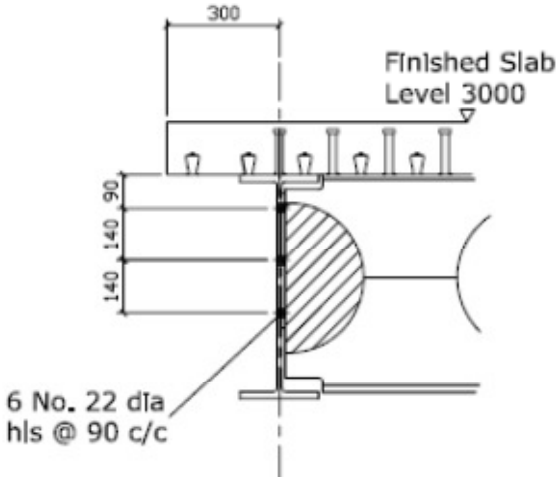
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

Συνδέσεις δοκό με δοκό





Κατασκευή δοκιμής 3

Στόχοι

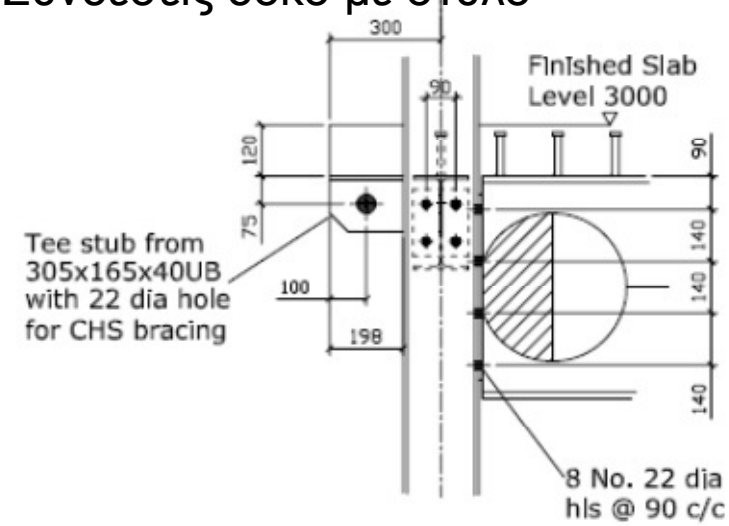
Διάταξη δοκιμής

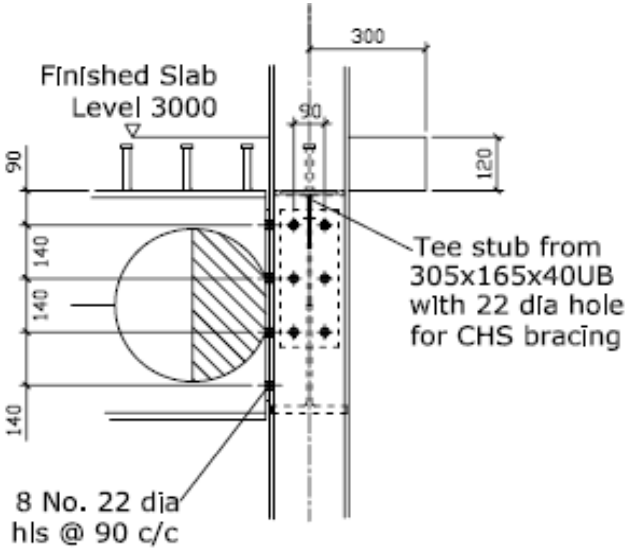
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

Συνδέσεις δοκό με στύλο





Κατασκευή δοκιμής 3

Στόχοι

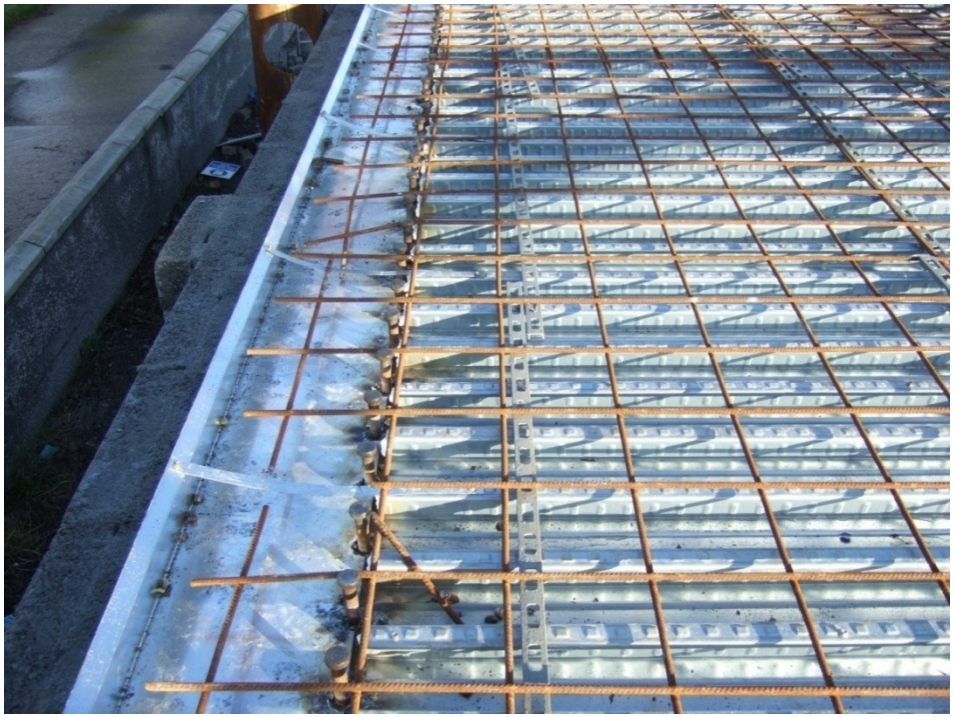
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

A393 πλέγμα ενίσχυσης, διάμετρο 10mm



Πλήρη αλληλεπίδραση πλάκας δοκών με ήλους διάτμησης, d=19, h=95mm
U-ράβδοι γύρω από πλάκα προστέθηκαν για σωστή ενίσχυση. Απαίτηση της θερμοκρασίας δωματίου.

Κατασκευή δοκιμής 3

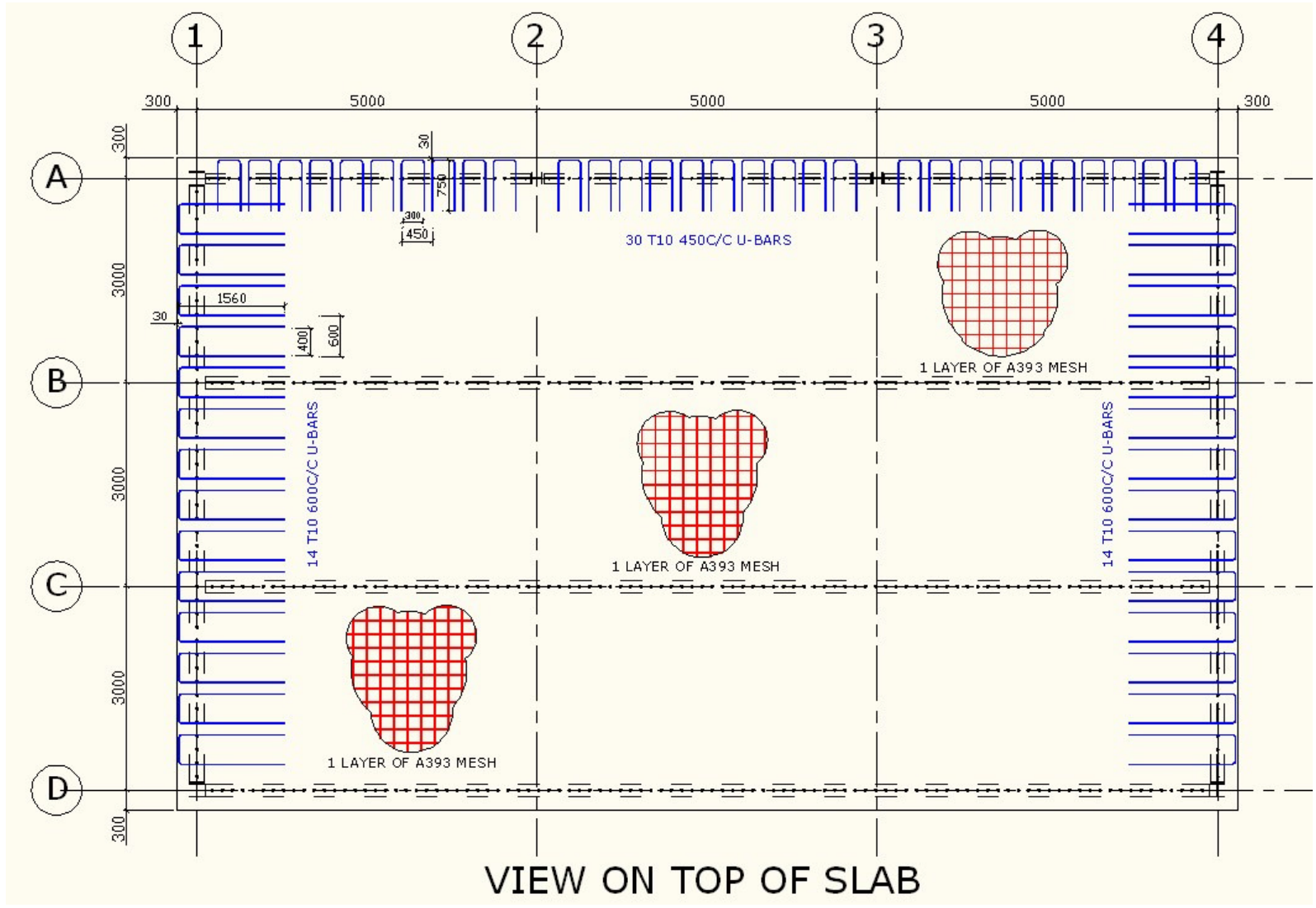
Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα



Κατασκευή δοκιμής 3

Στόχοι

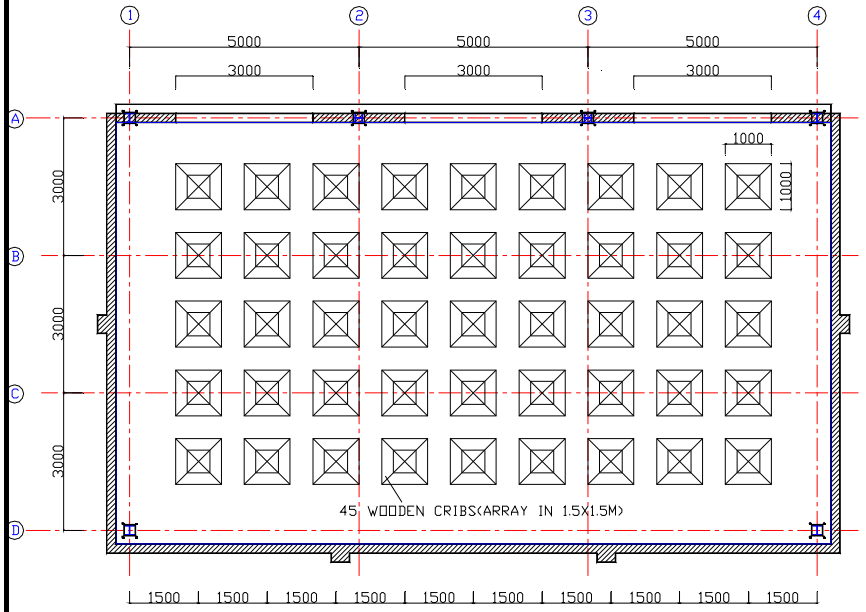
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

Πυκνότητα ενέργειας φορτίου πυρκαγιάς ήταν 700MJ/m^2
Το φορτίο πυρκαγιάς ισοδυναμεί με 45 τυπικές ξύλινες παλέτες (1m x 1m x 0.5 m ύψος), τοποθετημένες σε όλο το διαμέρισμα (9.0m x 15.0m).



WOODEN CRIBS LOCATION

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Θερμοκρασία πυρκαγιάς**
- **Θέρμανση μη-μονωμένων μεταλλικών δοκών**
- **Θέρμανση μονωμένων μεταλλικών δοκών**
- **Θέρμανση σύμμικτης πλάκας**
- **Βύθιση πλάκας**
- **Παρατηρήσεις στη συμπεριφορά σύμμμικτων συστημάτων πλάκας**
  - **Ρηγμάτωση σκυροδέματος και σύνθλιψη σκυροδέματος**
  - **Αστοχία μεταλλικού πλέγματος κατά τη διάρκεια της δοκιμής**
  - **Κατάρρευση ακραίων δοκών**

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

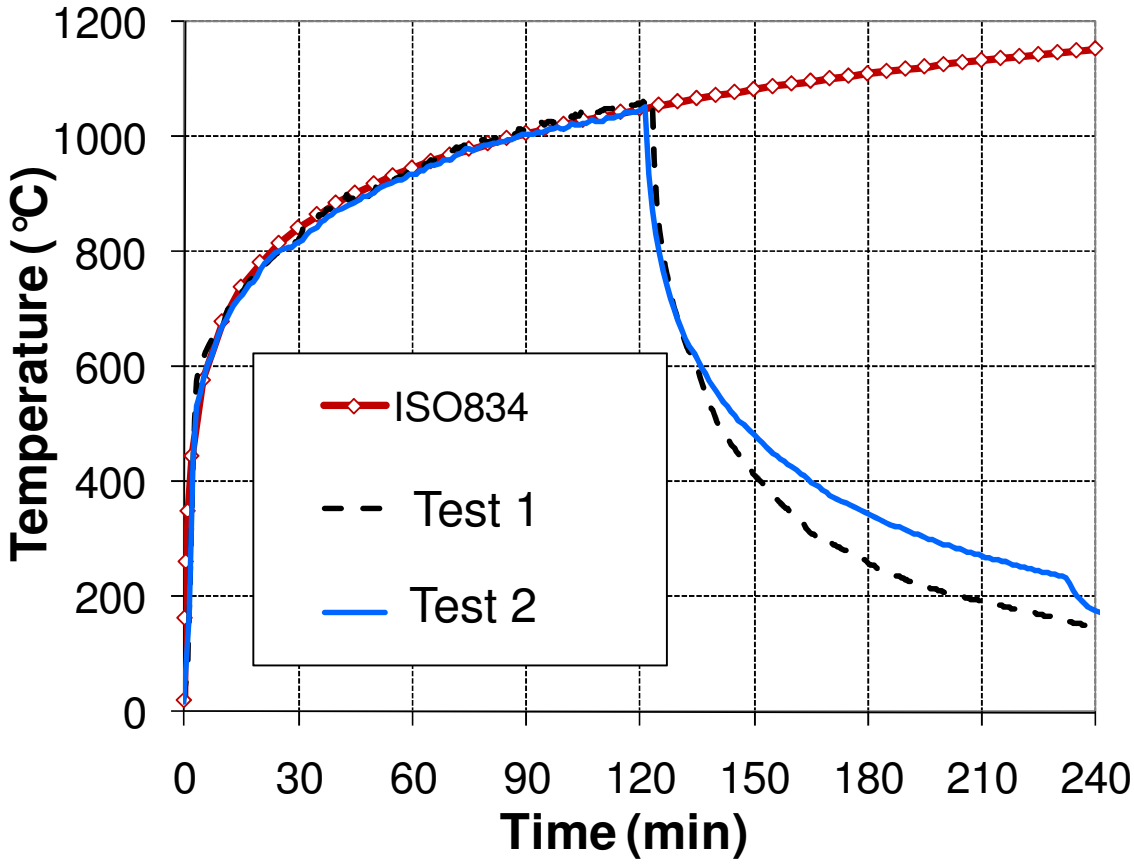
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Θερμοκρασία πυρκαγιάς**



Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

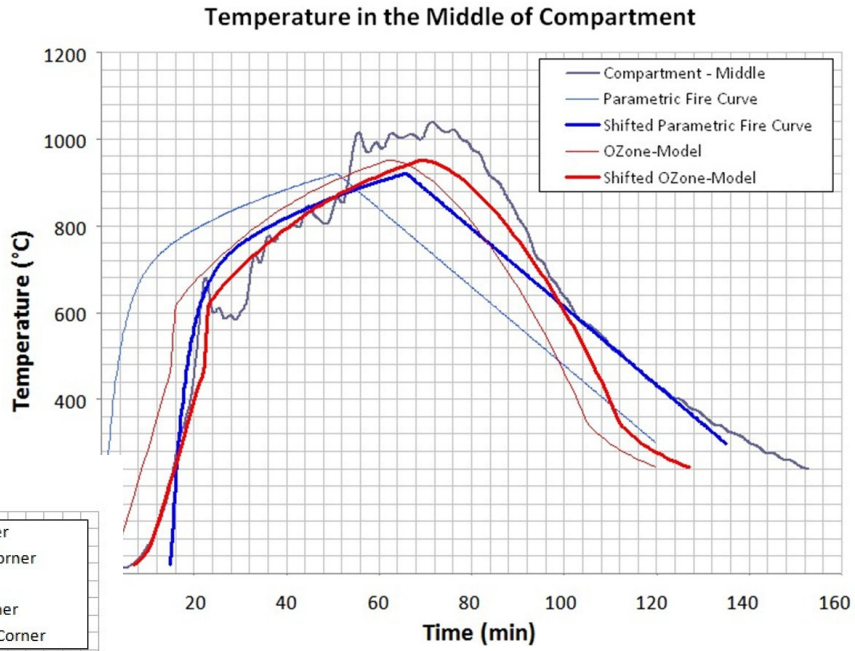
Διάταξη δοκιμής

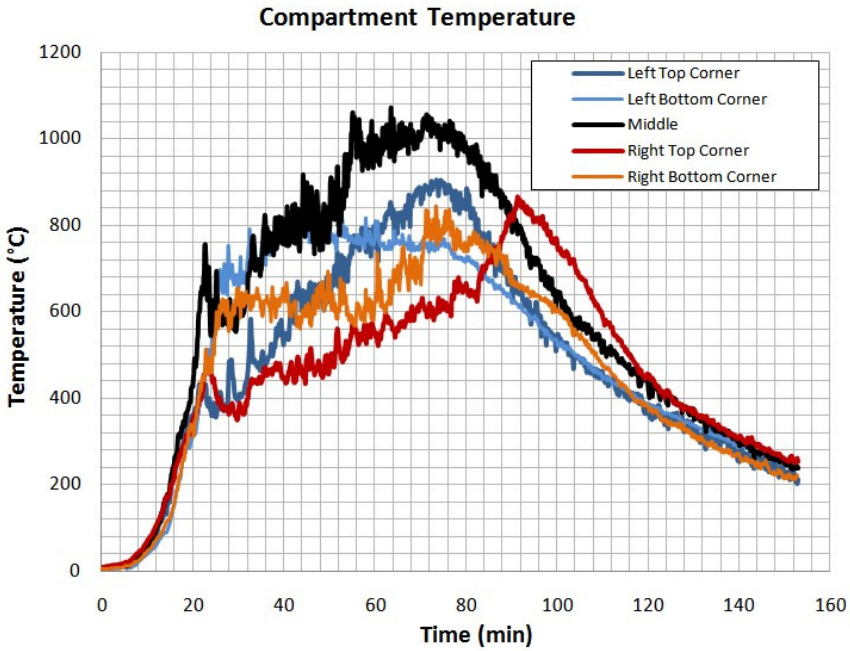
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Δοκιμή 3 Θερμοκρασία πυρκαγιάς**





Πειραματικά αποτελέσματα

- **Θέρμανση μη-μονωμένων μεταλλικών δοκών**

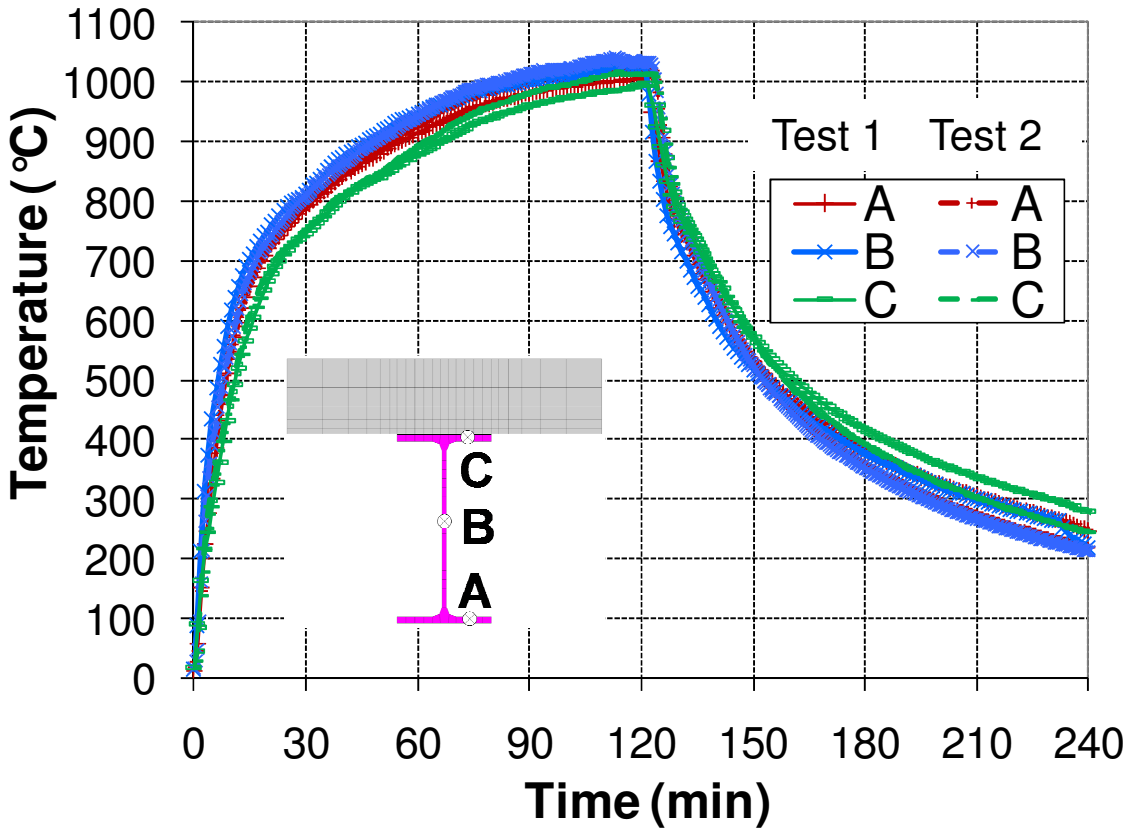
Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα



Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

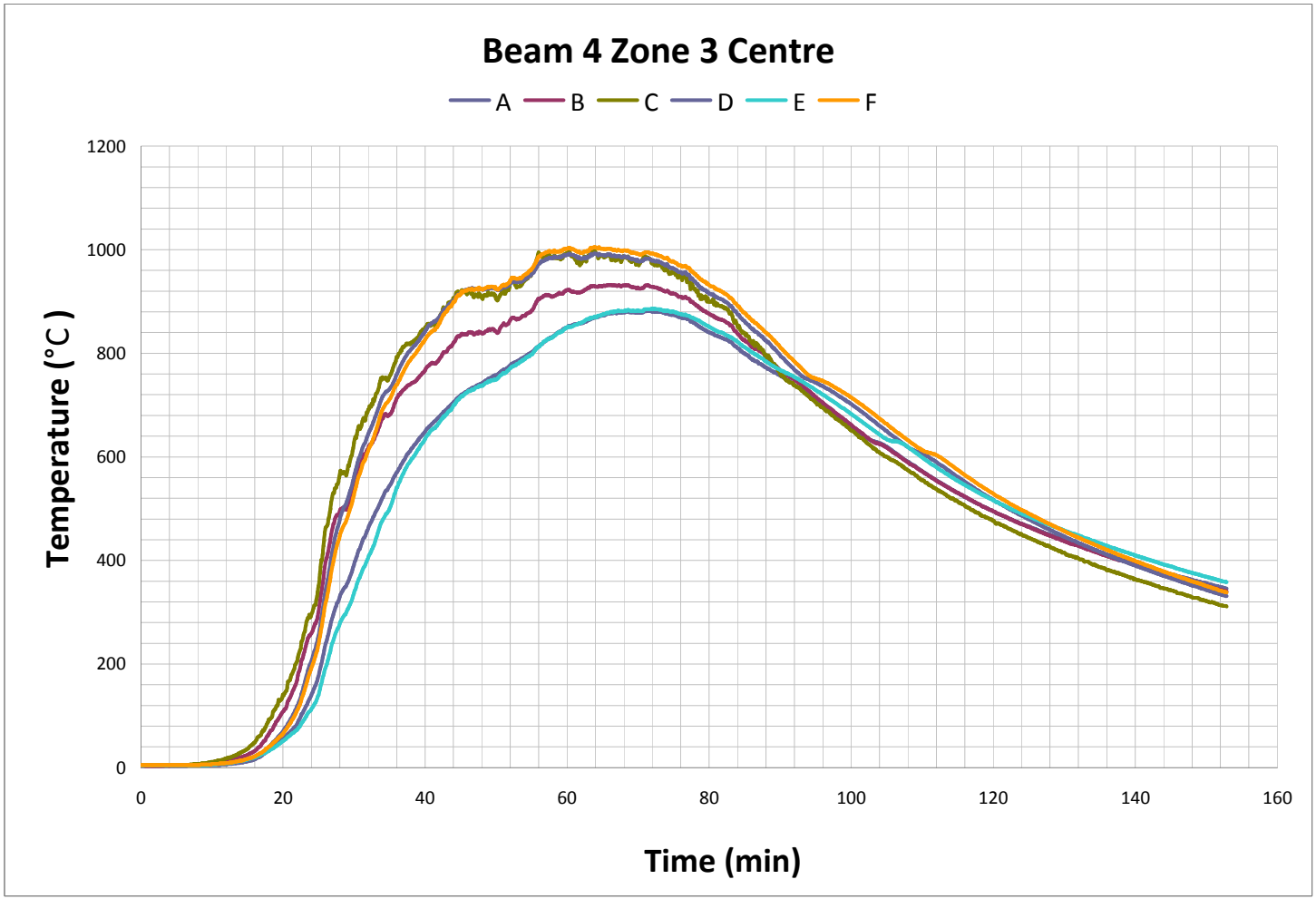
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

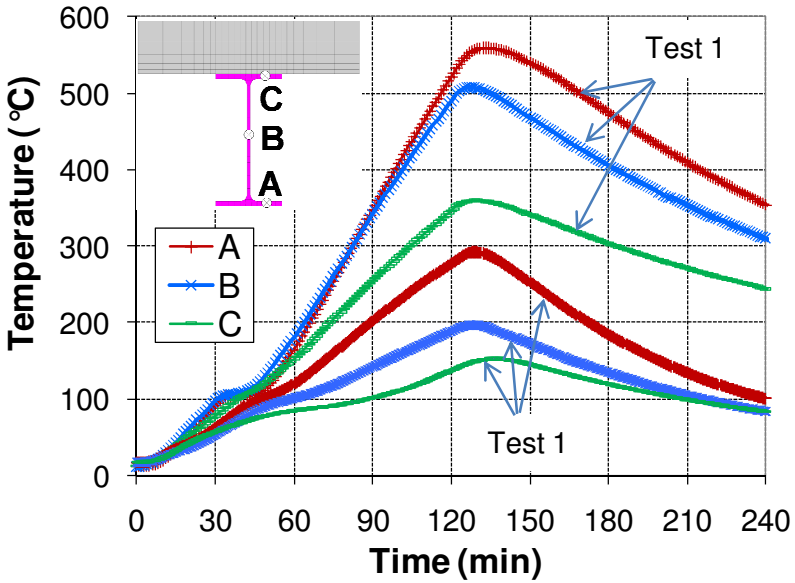
Συμπεράσματα

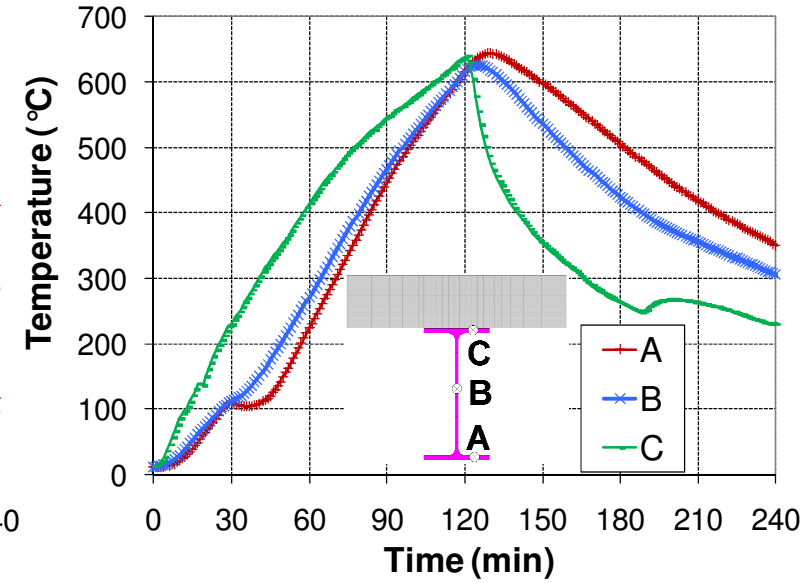
- **Δοκιμή 3 Θέρμανση μη-μονωμένων μεταλλικών δοκών**



Πειραματικά αποτελέσματα

- **Θέρμανση μονωμένων μεταλλικών δοκών**





- **Παρατήρηση**
  - **Υψηλότερη θερμοκρασία δοκών Δοκιμή 2 ≈ 550 °C και μία ακραία δευτερεύουσα δοκός ως > 600 °C**

Στόχοι

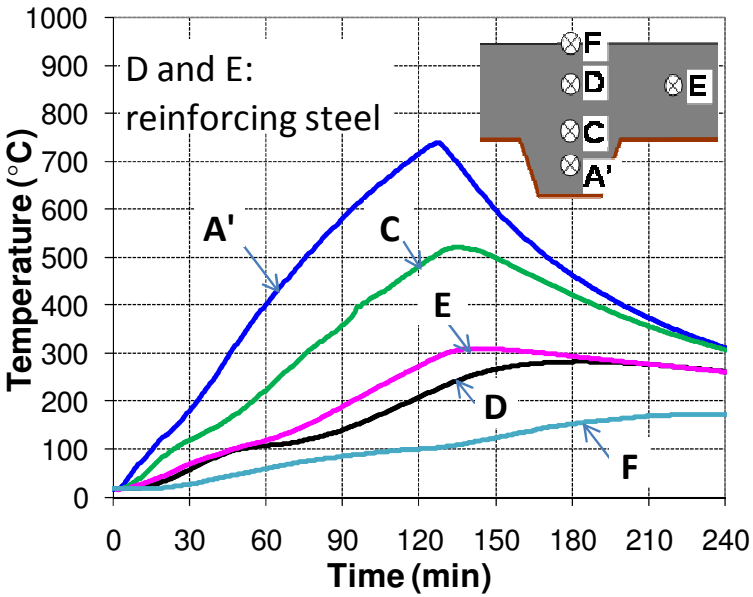
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

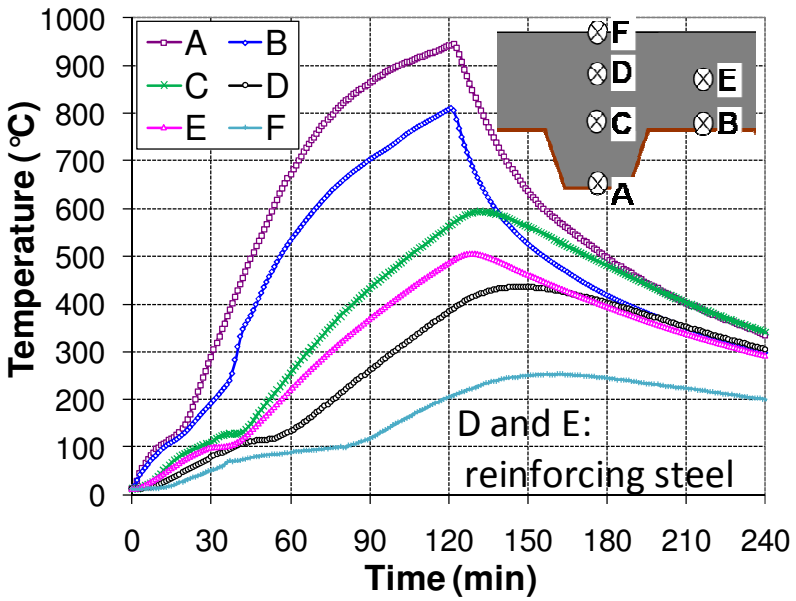
Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Θέρμανση σύμμικτης πλάκας**



Δοκιμή 1



Δοκιμή 2

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

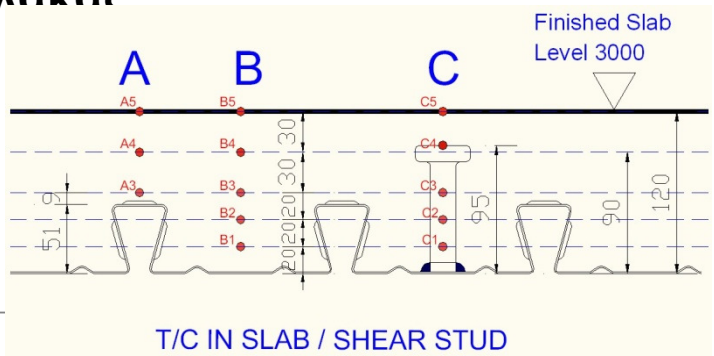
Διάταξη δοκιμής

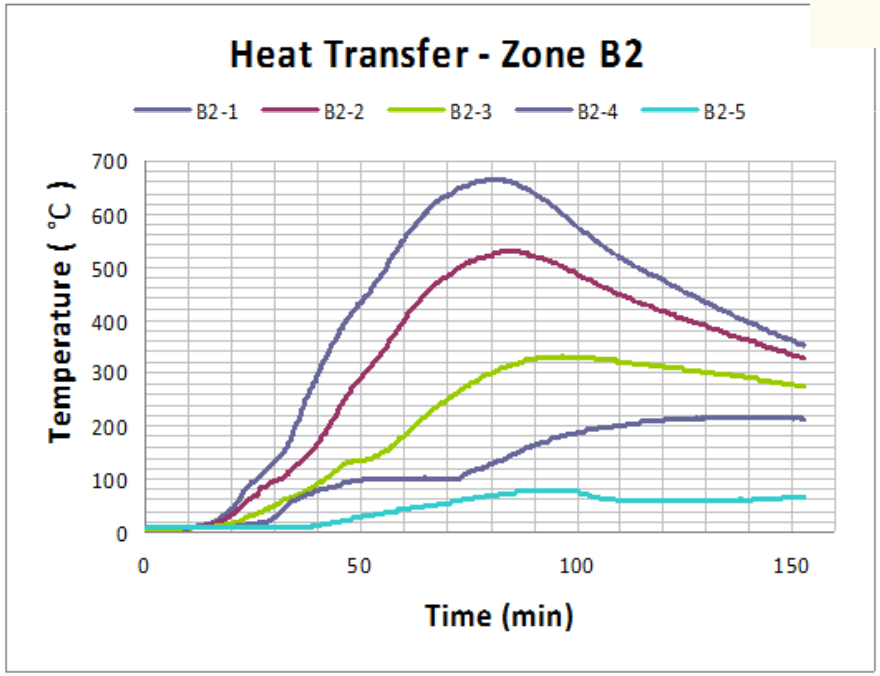
Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

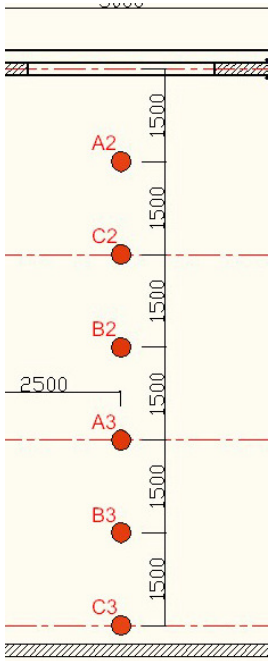
Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Δοκιμή 3 Θέρμανση σύμμικτης πλάκας**







Στόχοι

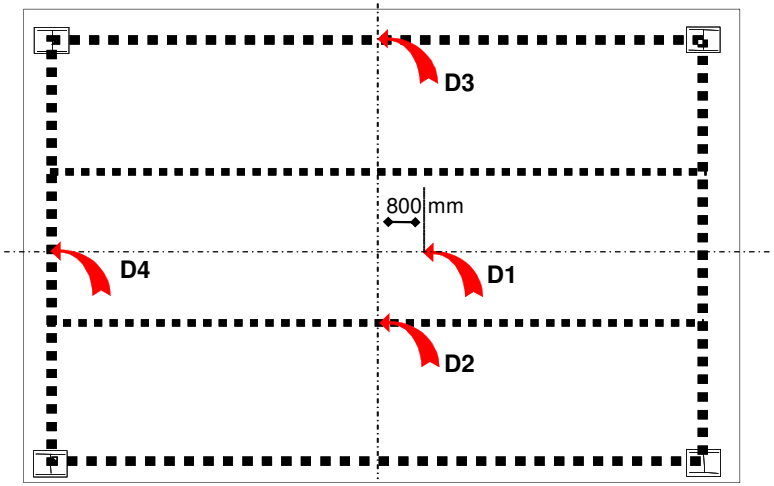
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

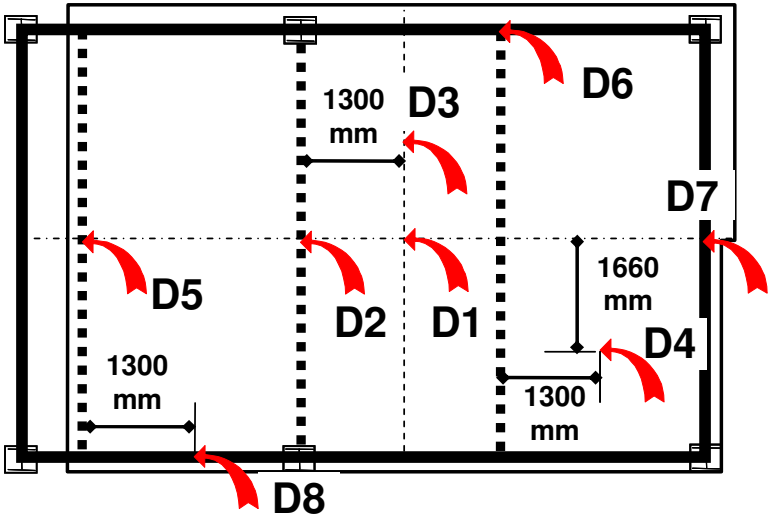
Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Μετρήσεις μετατοπίσεων**



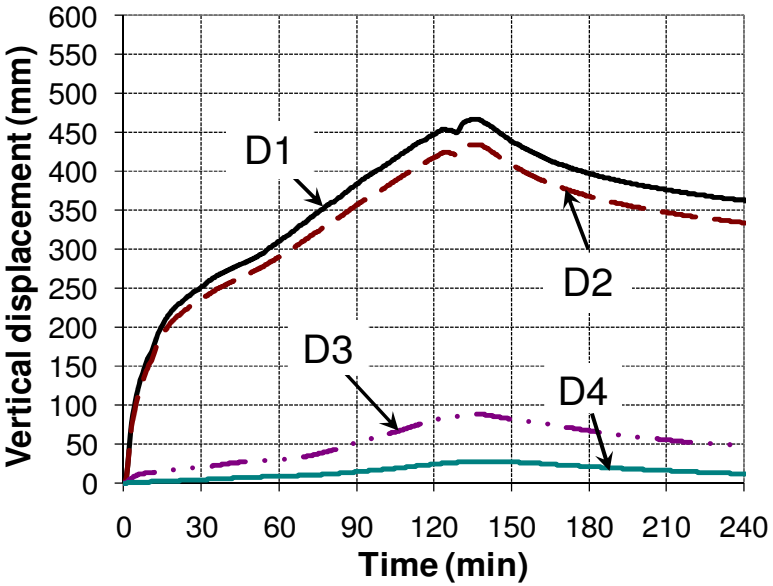
Test 1



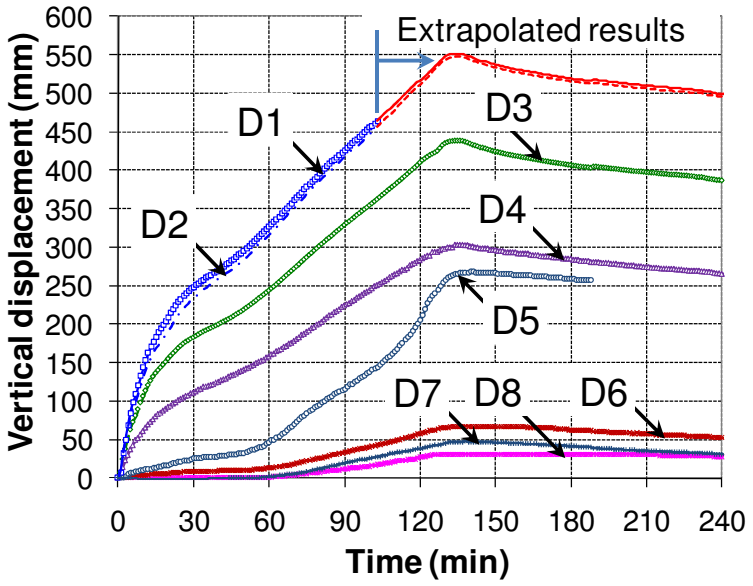
Test 2

Πειραματικά αποτελέσματα

- **Μετατοπίσεις πλακών**



Test 1



Test 2

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

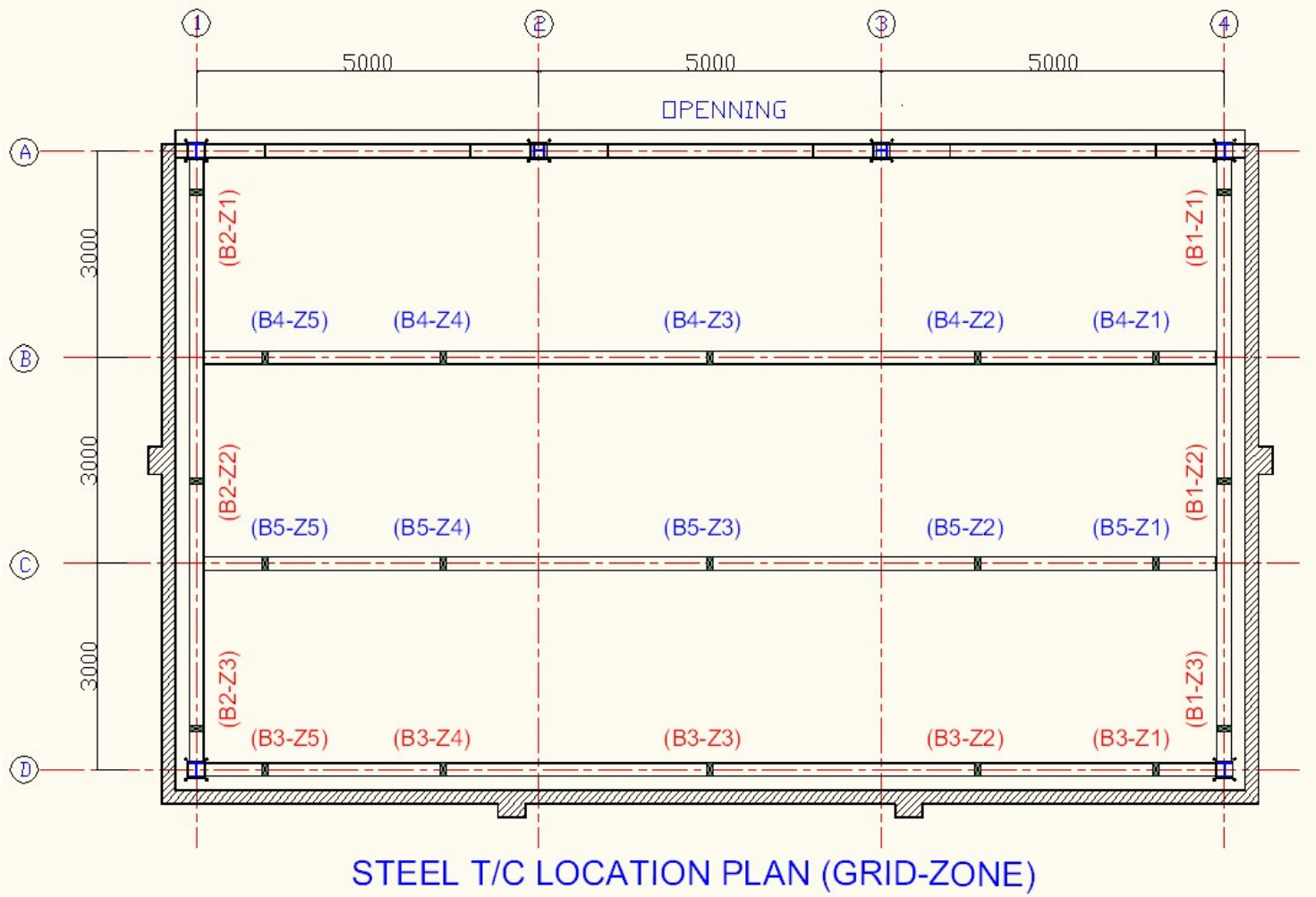
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Δοκιμή 3 Μετρήσεις μετατοπίσεων**



Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

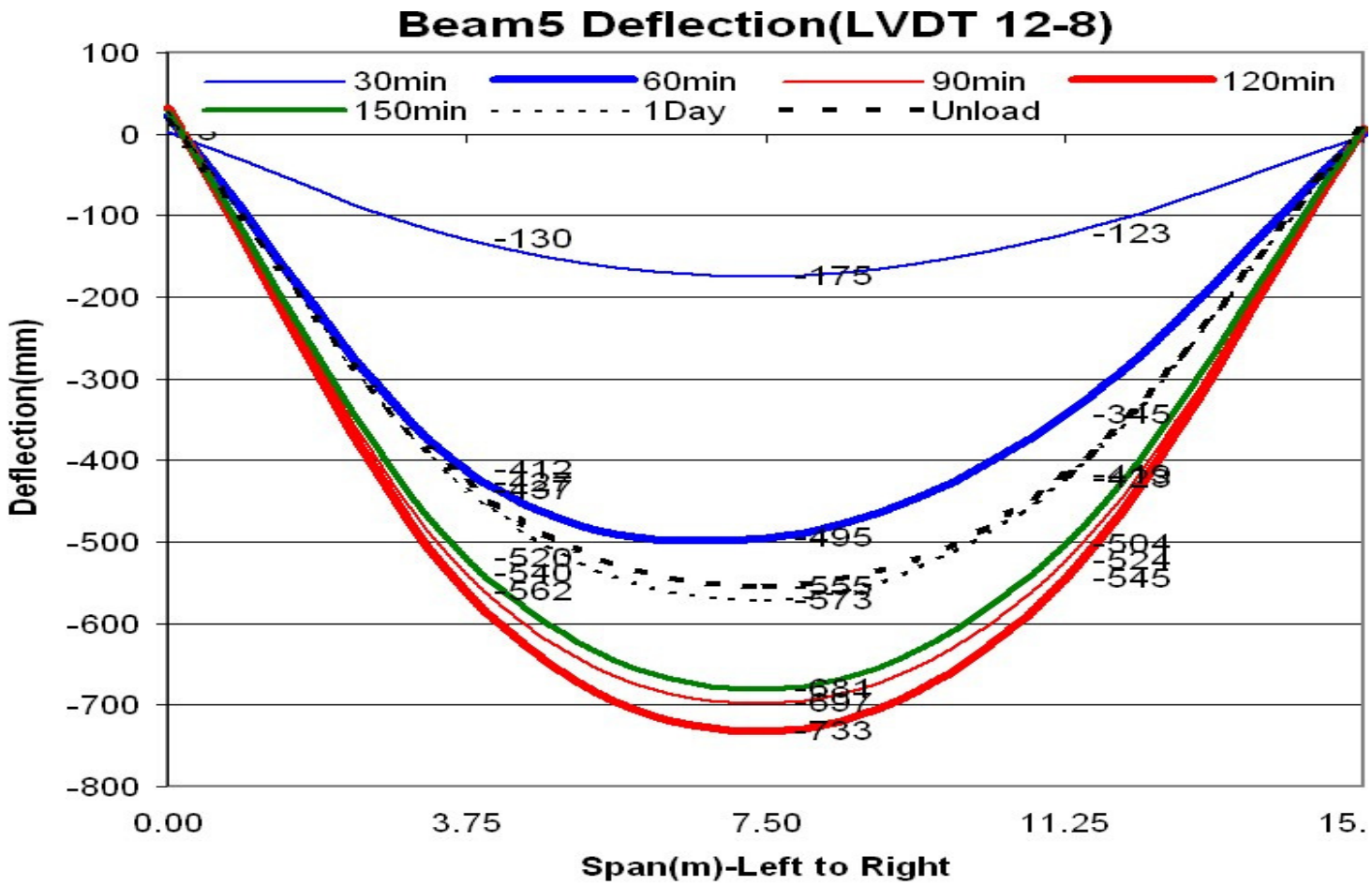
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Δοκιμή 3 Μετατοπίσεις πλακών**



Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

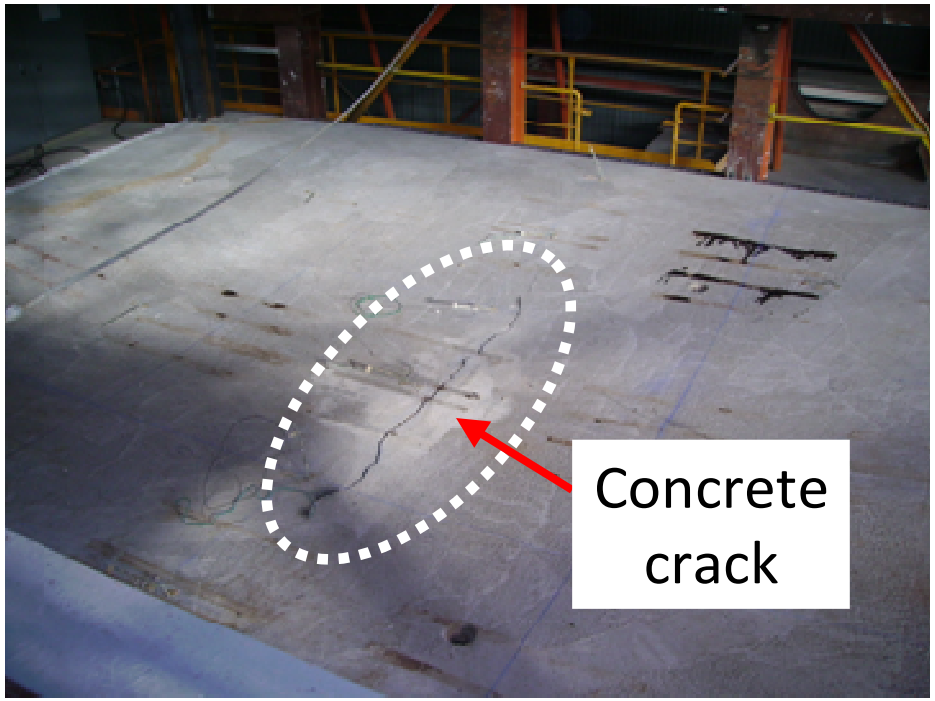
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Ρηγμάτωση σκυροδέματος (Δοκιμή 1)**



- **Παρατήρηση**
  - **Άριστη ολική ευστάθεια της πλάκας παρόλο την αστοχία του μεταλλικού πλέγματος**

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Ρηγμάτωση σκυροδέματος (Δοκιμή 3)**

- **Παρατήρηση**
  - **Άριστη ολική ευστάθεια της πλάκας παρόλο της εμφάνισης ρωγμής**

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Αστάθεια του κορμού της δοκού (Δοκιμή 3)**

Πειραματικά αποτελέσματα

Στόχοι

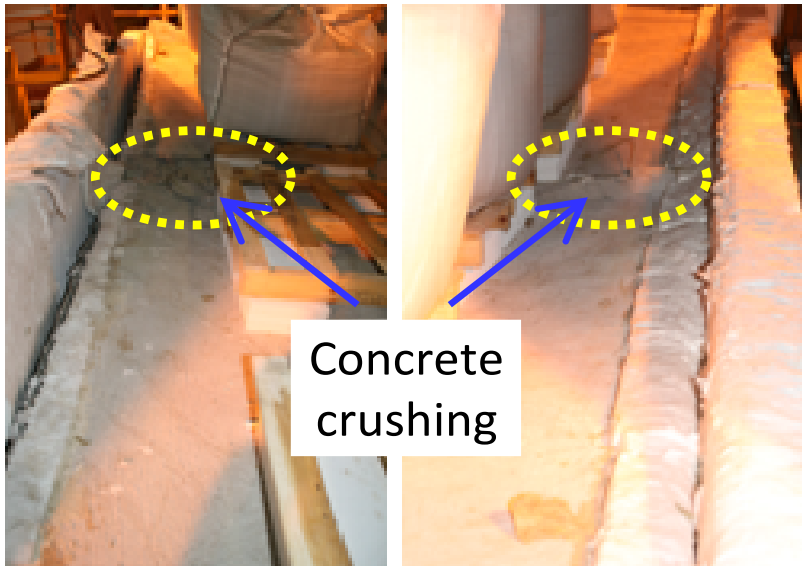
Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Σύνθλιψη σκυροδέματος (Δοκιμή 2)**



- **Παρατήρηση**
  - **Η ολική ευστάθεια της πλάκας διατηρήθηκε παρόλο την αστοχία μίας ακραία δοκού**

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

	Δοκιμή 1		Δοκιμή 2	
	Δοκιμή	Μέθοδοι απλής σχεδίασης	Δοκιμή	Μέθοδοι απλής σχεδίασης
Κατηγορία πυρκαγιάς (min)	> 120	120	> 120	96
Βύθιση (mm)	450	366(*)	510	376(*)

- **Παρατήρηση**
  - Πειραματικά αποτελέσματα:
    - **Κατηγορία πυρκαγιάς > 120 minutes**

Νέα πειραματικά στοιχεία

Στόχοι

Διάταξη δοκιμής

Πειραματικά αποτελέσματα & Παρατηρήσεις

Σύγκριση με μεθόδους απλής σχεδίασης

Συμπεράσματα

- **Γενικά συμπεράσματα σχετικά με τα νέα πειράματα**
  - **Άριστη συμπεριφορά των σύμμικτων συστημάτων πλάκας αξιοποιώντας την δράση μεμβράνης για μεγάλης διάρκειας έκθεση σε ISO πυρκαγιά (>120 min)**
  - **Μεγάλη ανθεκτικότητα του σύμμικτου συστήματος πλάκας παρόλο τις τοπικές αστοχίες**
  - **Προσοχή πρέπει να δίνεται σε κατασκευαστικές λεπτομέρειες σε σχέση με το μεταλλικό πλέγμα προκειμένου να εξασφαλίζονται τα κριτήρια στιβαρότητας**
  - **Η μέθοδος απλής σχεδίασης είναι προς την πλευρά της ασφαλείας σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα**
  - **Καμία ένδειξη αστοχίας κατά τη διάρκεια της ψύχρανσης των σύμμικτων συστημάτων πλάκας**