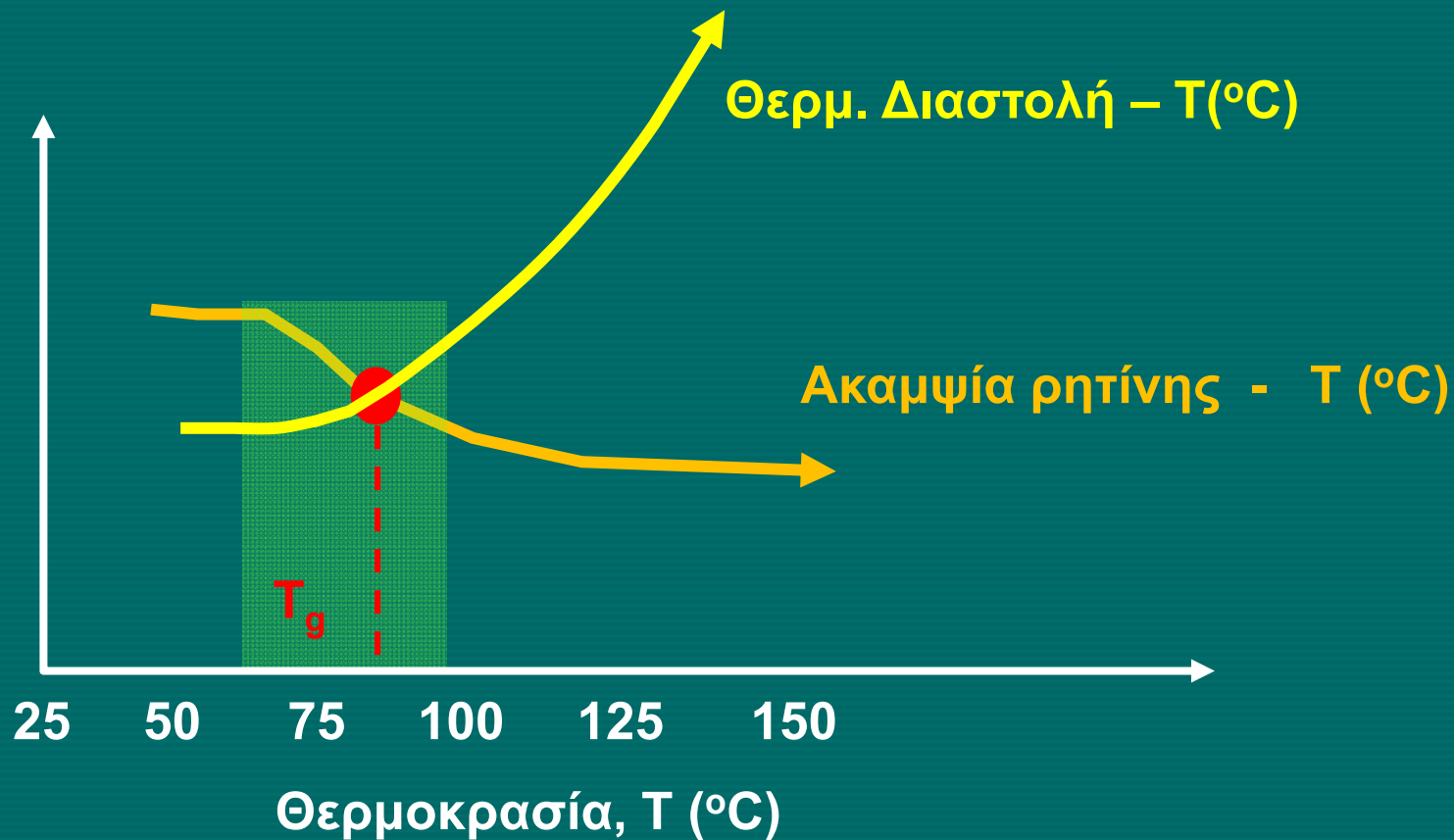


Σύνθετα Ινοπλισμένα Πολυμερή (ΙΟΠ)

- A) Θερμοκρασία
- B) πρόσφυση - συνάφεια



ΕΥΠΑΘΕΙΑ ρητινών στην θερμοκρασία



Θερμοκρασία Υαλώδους μετάπτωσης T_g Η ρητίνη χάνει την ακαμψία της - δεν λιώνει- αλλά γίνεται πιο ενδοτική (σαν καουτσούκ) (\neq θερμοκρασία τήξης, T_m)

ΕΥΠΑΘΕΙΑ ρητινών στην θερμοκρασία

70 - 100°C

Μαλακώνουν

Διογκώνονται

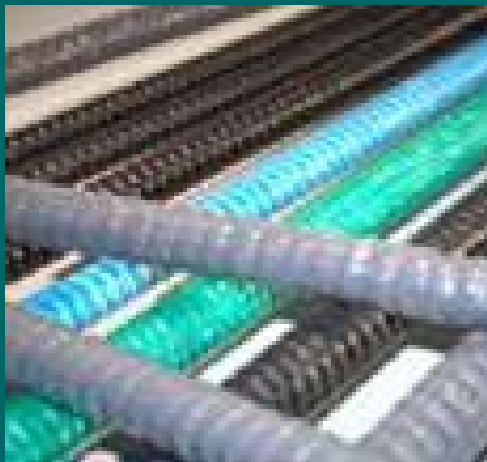
> 150°C

Λιώνουν

Τοξικές αναθυμιάσεις

Διάκριση ΙΟΠ:

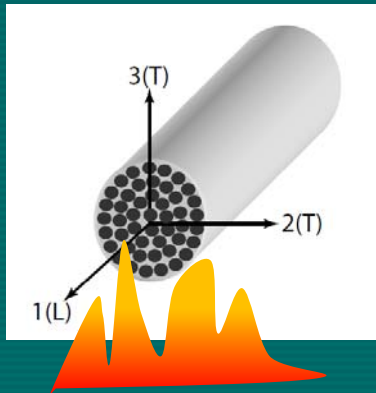
εσωτερικός οπλισμός



ως μανδύας
(εξωτ. επικολλούμενος)



ΙΟΠ Εσωτερικός σπλισμός:



Εγκάρσια: η ρητίνη (30% του όγκου της ράβδου)
 Διαμήκης: οι ίνες (70% του όγκου της ράβδου)

↓↓ αντοχής (f_{fu}) και ακαμψίας ράβδου (E_f)

Η απώλεια εξαρτάται από το αν η $T_{\text{πυρκαγιάς}} > T_g$

Για ρητίνη (ισότροπο) η ογκομετρική διαστολή είναι $\gamma=3\alpha \rightarrow$

$$\epsilon_v = 3\alpha \cdot \Delta T$$

$$\epsilon_v = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 3\epsilon_3 \rightarrow \epsilon_3 = \alpha \cdot \Delta T$$

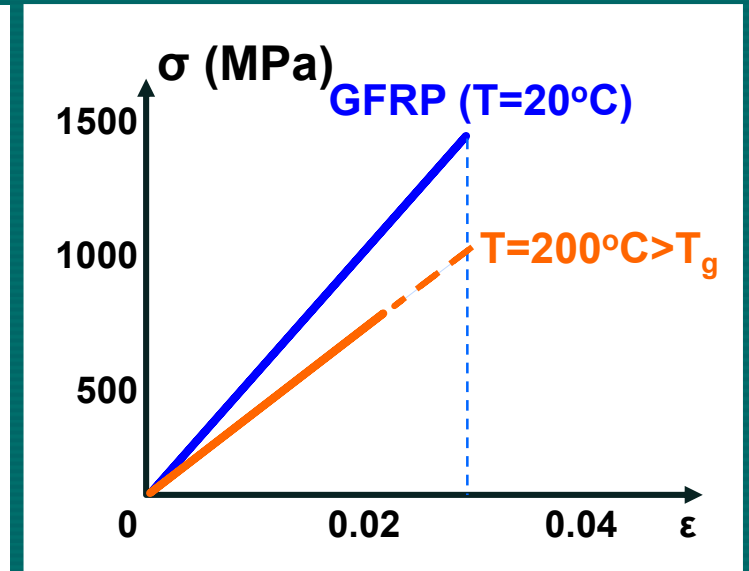
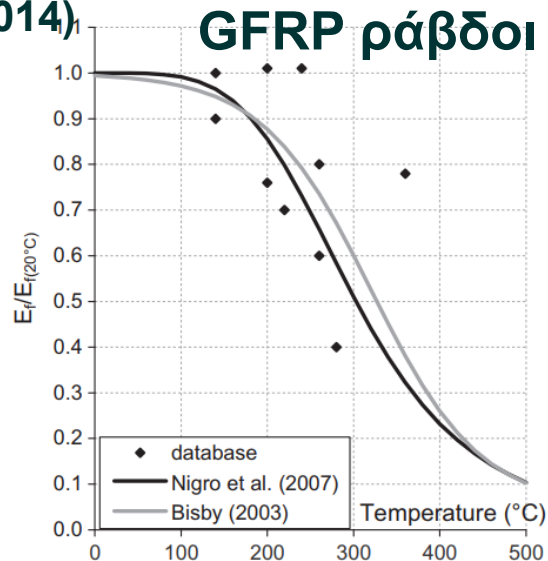
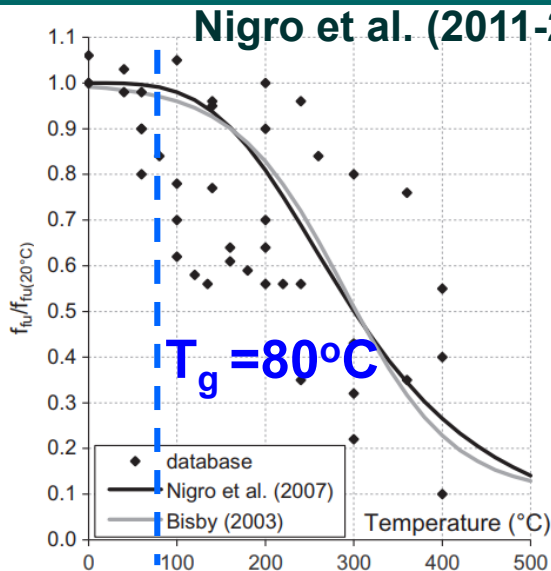
ΣΤΟΥΣ 200°C: $\epsilon_3 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot (200-20) = 0.007$

T_g : $\alpha = 20 \cdot 10^{-6} \rightarrow$ για $T = 200^\circ\text{C}$ έστω $\alpha = 40 \cdot 10^{-6}$

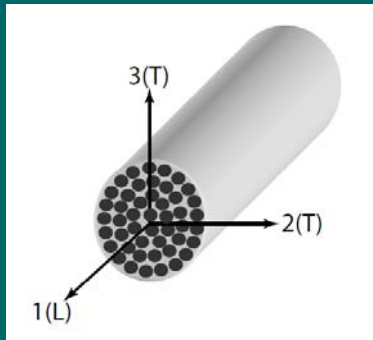
Στους 200°C:

$$f_u = 80\% f_{u|T=20^\circ\text{C}} \quad \& \quad E_f = 90\% E_{f|T=20^\circ\text{C}}$$

Άρα η ράβδος θα πιέζει ακτινικά το σκυρόδεμα κατά $\epsilon_3 = 0.007$ και θα θέλει να επιμηκυνθεί κατά $\epsilon_1 = 0.007$

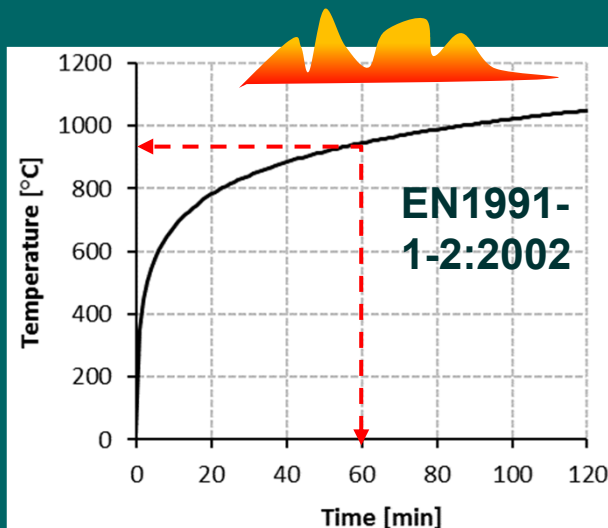
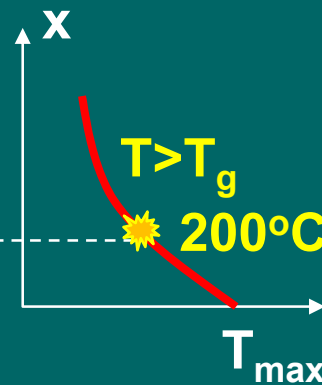
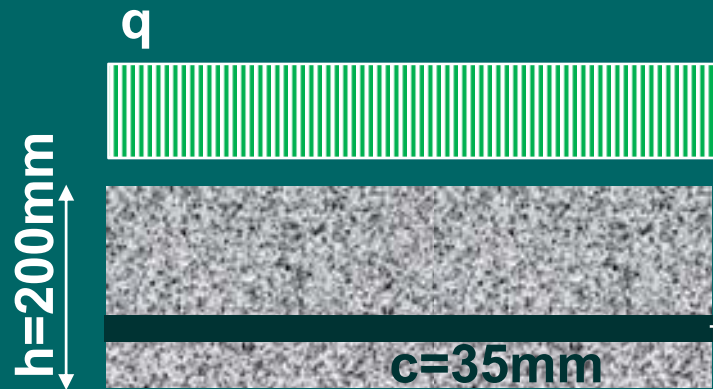


ΙΟΠ Εσωτερικός οπλισμός:



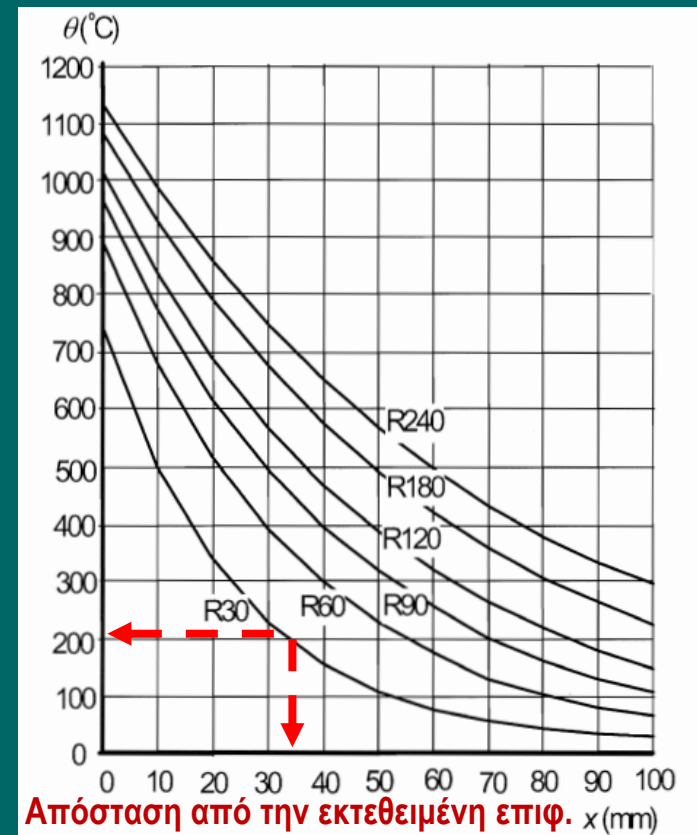
Εγκάρσια: η ρητίνη (30% του όγκου της ράβδου)
 Διαμήκης: οι ίνες (70% του όγκου της ράβδου)

↓↓ αντοχής (f_{fu}) και ακαμψίας ράβδου (E_f)
 Η απώλεια εξαρτάται από το αν η $T_{\text{πυρκαγιάς}} > T_g$
 από το πάχος της επικάλυψης c του ΙΟΠ οπλισμού



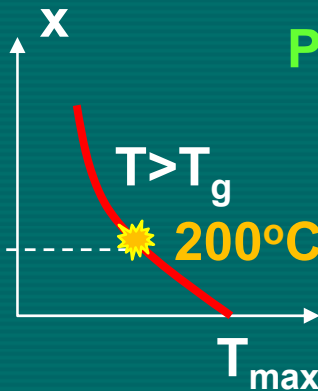
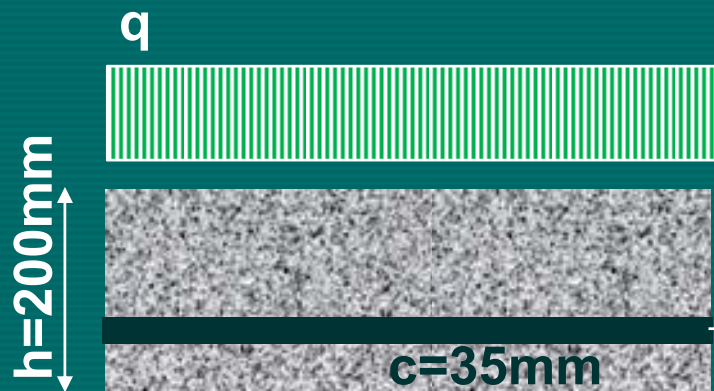
Καμπύλες απόσβεσης T_{max} εντός πάχους Ο.Σ. για διάφορα σενάρια πυρκαγιάς →

← Σενάριο πυρκαγιάς (από ευρήματα πυροσβεστικής)

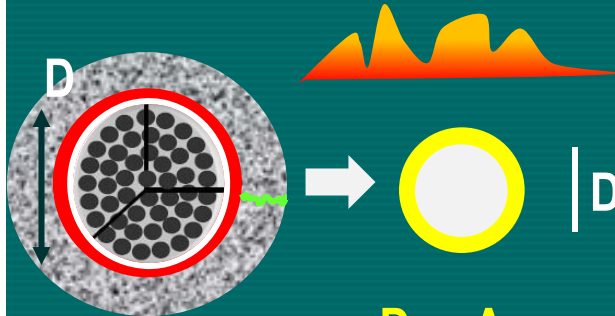


ΙΟΠ Εσωτερικός σπλισμός:

Εγκάρσια: η ρητίνη (30% του όγκου της ράβδου)
 Διαμήκης: οι ίνες (70% του όγκου της ράβδου)



Ρηγμάτωση σκυροδέματος



Εμβαδόν ράβδου
 ΙΟΠ: $A = \pi D^2/4$

$D_{r,T}$: Διογκωμένη
 ρητίνη λόγω θερμ. T

D_r : Ισοδύναμη “ράβδος” ρητίνης

Αρχικό εμβαδόν ρητίνης: $A_r = \pi D_r^2/4 = 30\%A = 0.3\pi D^2/4$

$$\rightarrow D_r = 0.3^{0.5}D \rightarrow D_r = 0.55D \rightarrow R_r = 0.55R$$

Σε αξισυμμετρικά ζητήματα λεπτότοιχου δακτυλίου
 (σχέσεις παραμόρφωσης – μετατόπισης):

Ακτινικά η ρητίνη θα αναπτύξει παραμόρφωση: $\varepsilon_3 = 0.007 = (R_{r,T} - R_r) / R_r$

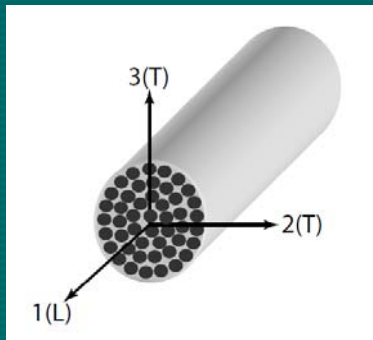
Η ακτινική μετατόπιση $u = R_{r,T} - R_r = 0.007 \cdot R_r$ έστω ότι θα ασκηθεί στο σύνορο
 ράβδου – σκυροδέματος (επειδή $\varepsilon_3 > \varepsilon_{cu} = 0.0035 \rightarrow$ τοπική σύνθλιψη σκυροδέματος)

Η περιφερειακή παραμόρφωση στο σκυρόδεμα είναι:

$$\varepsilon_\theta = u/R = [0.007 \cdot (0.55 \cdot R)] / R = 0.004 > \varepsilon_{cr} = 0,00015 \rightarrow \text{ακτινικές ρωγμές}$$

Ισοδύναμο εύρος ρωγμής $w_{cr} = 2\pi \cdot R \cdot \varepsilon_\theta = 2.5\%R$, π.χ. για $D=16\text{mm} \rightarrow w_{cr}=0.4\text{mm}$

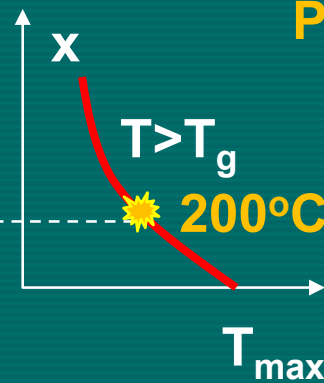
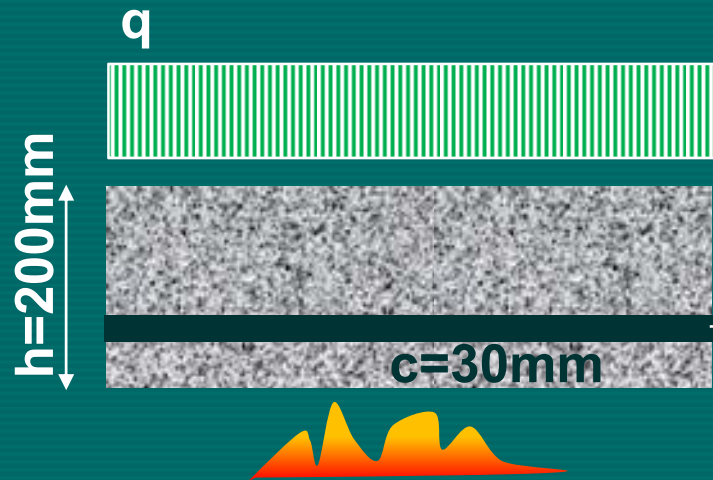
ΙΟΠ Εσωτερικός σπλισμός:



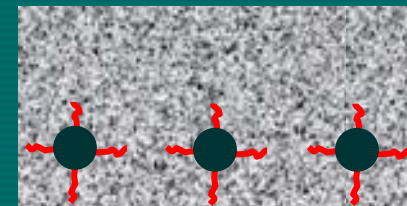
Εγκάρσια: η ρητίνη (30% του όγκου της ράβδου)
 Διαμήκης: οι ίνες (70% του όγκου της ράβδου)

↓↓ αντοχής και ακαμψίας ράβδου

Η απώλεια εξαρτάται από το αν η $T_{\text{πυρκαγιάς}} > T_g$
 από το πάχος της επικάλυψης, c , του ΙΟΠ σπλισμού



Ρηγμάτωση σκυροδέματος



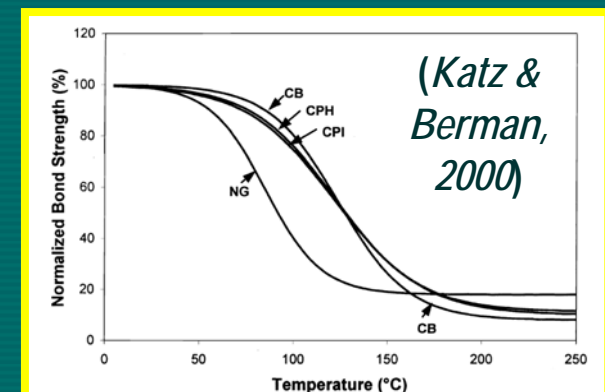
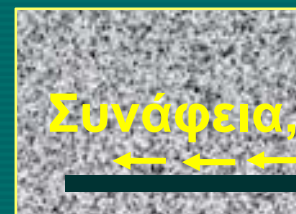
η συνάφεια επιδεινώνεται
 (π.χ. GFRP, 200°C → 20% T_b)

Ισοροπία κατά μήκος:

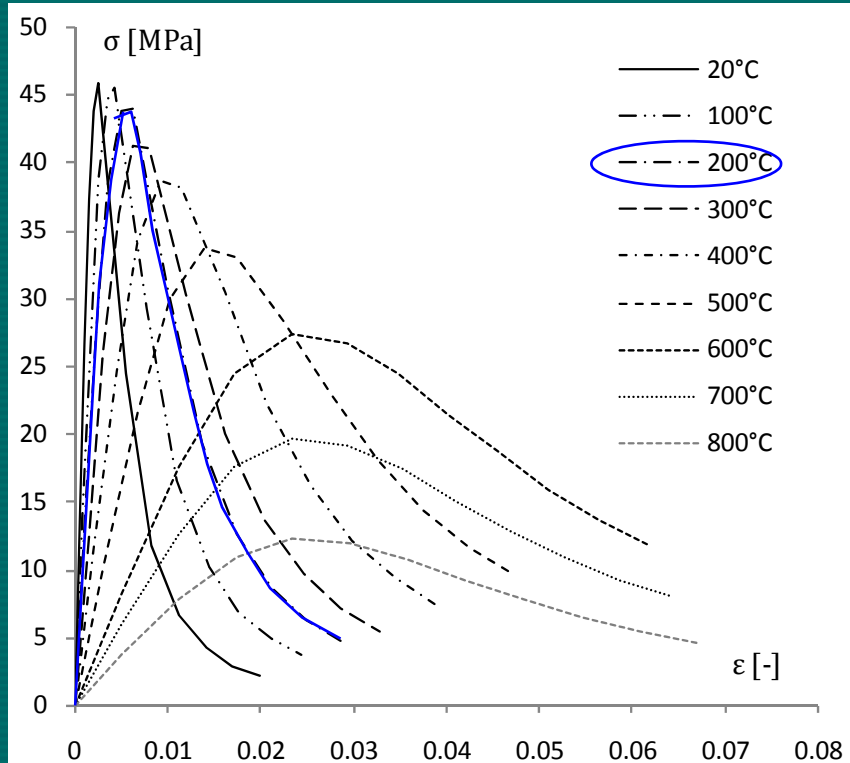
$$\pi D_b L_b f_b = \pi D_b^2 / 4 E_f \epsilon_f$$

$$L_b = D_b / 4 * E_f \epsilon_f / f_b$$

➔ Μείωση συνάφειας, αύξηση του L_b

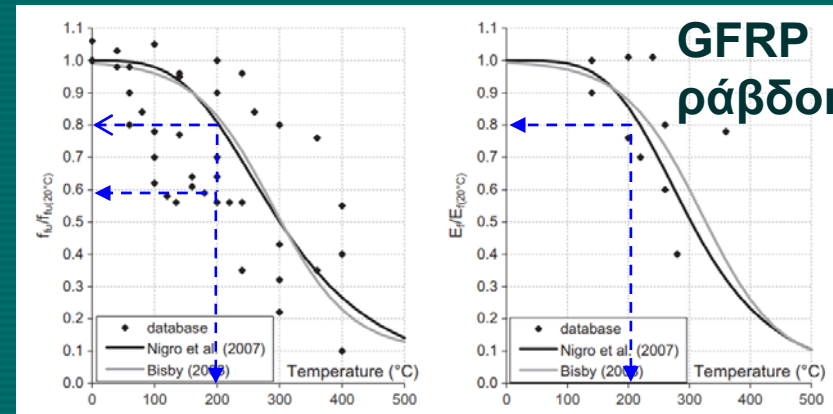


ΙΟΠ Εσωτερικός οπλισμός & ανάλυση δομικού στοιχείου:

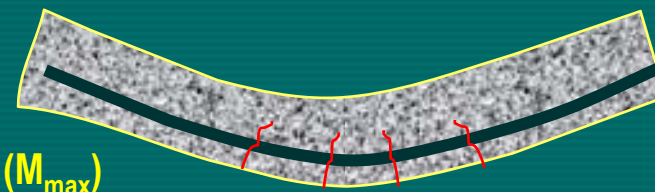
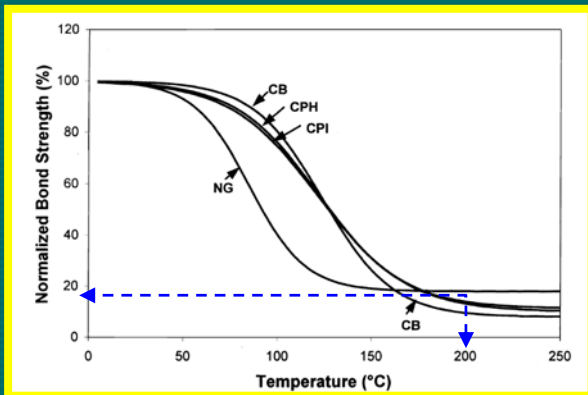


Η θλιπτική συμπεριφορά του σκυροδέματος σε θερμοκρασία (τάση – παραμόρφωση)

Η εφελκυστική συμπεριφορά ΙΟΠ ράβδου σε θερμοκρασία

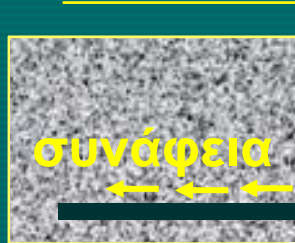


η συνάφεια ράβδου – σκυροδέματος σε θερμοκρασία

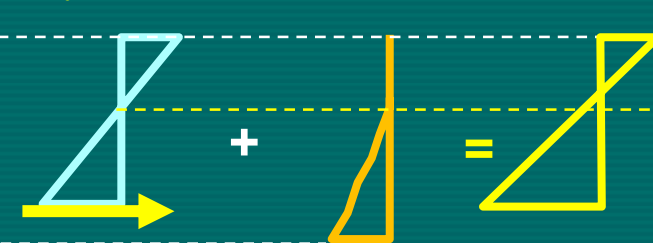


μεγάλα βέλη κάμψης

Κρίσιμη διατομή (M_{max})



συνάφεια



Παραμορφώσεις λόγω φορτίου

Παραμορφώσεις λόγω θερμοκρασίας

Αύξηση καμπυλότητας διατομής

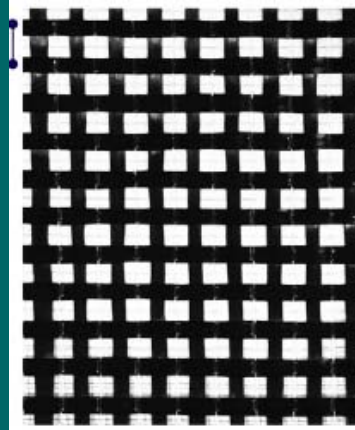
L_b



Αστοχία σκυροδέματος
(ρηγμάτωση)
Στις θέσεις του ΙΟΠ οπλισμού



Εξωτερικός ΙΟΠ μανδύας

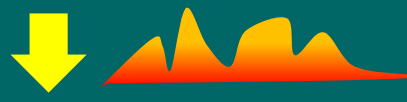


Προετοιμασία επιφάνειας



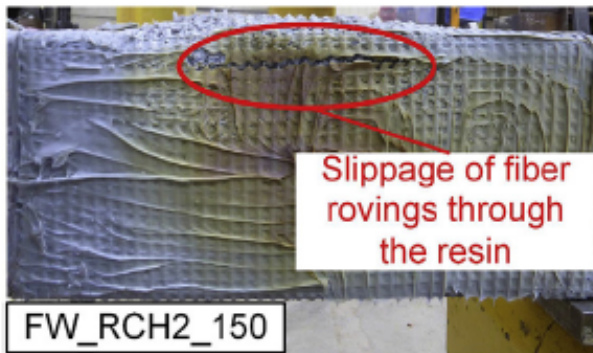
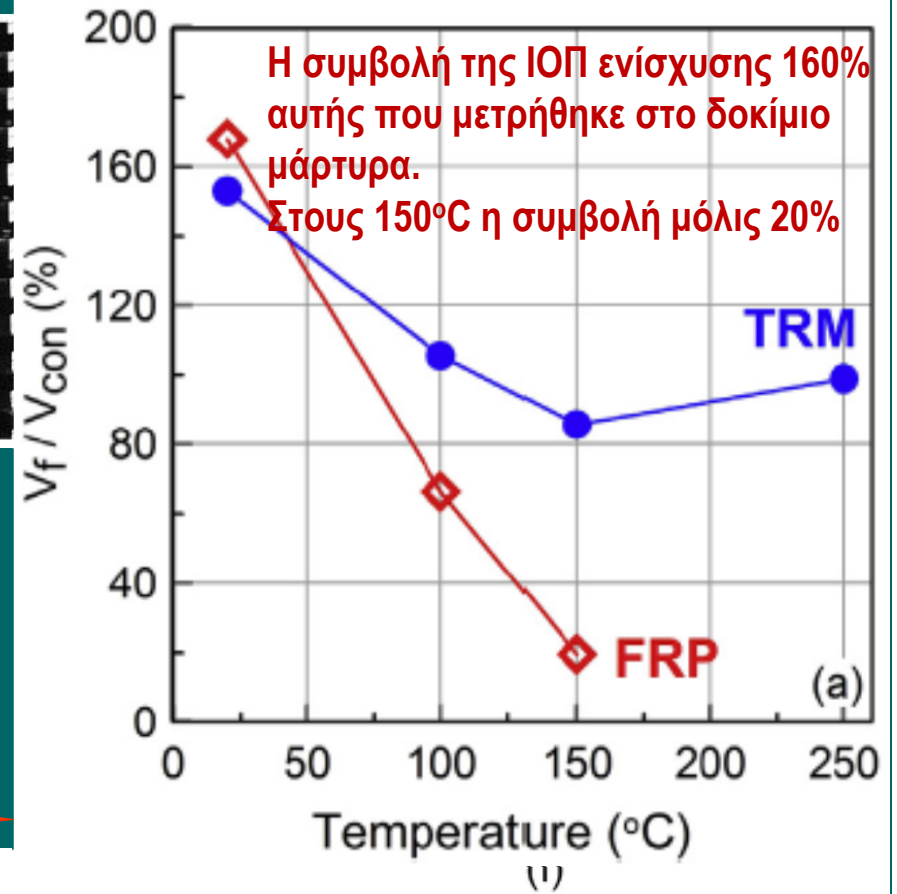
ΙΟΠ μανδύας

ΙΟΠ ύφασμα σε πλέγμα

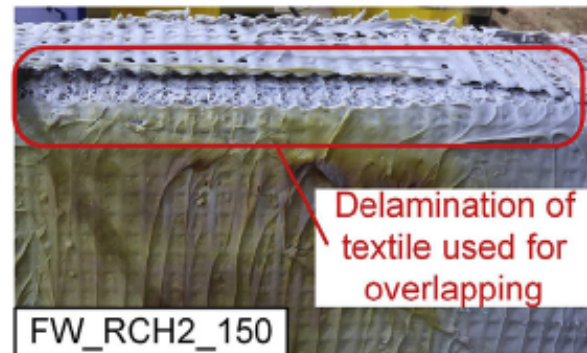


(d)

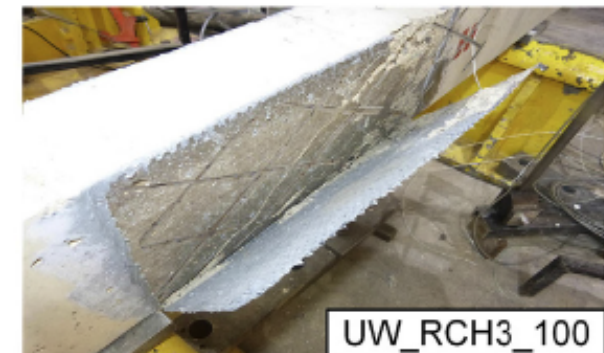
(e)



(g)



(h)



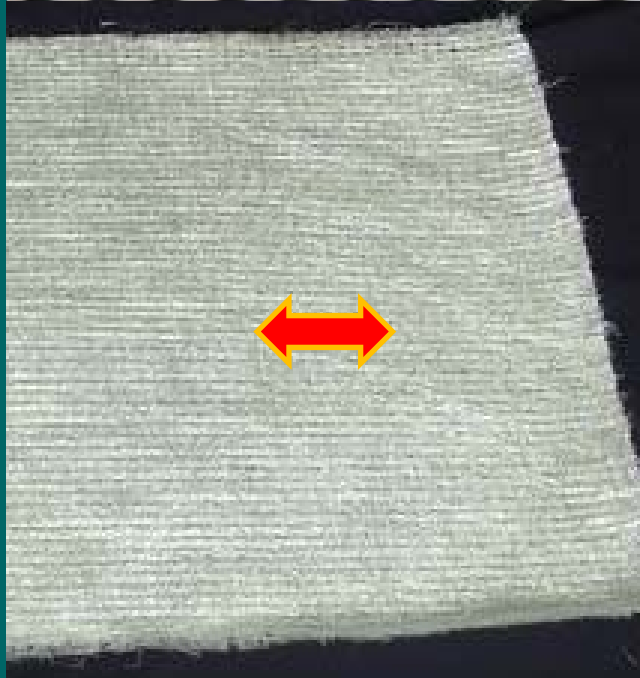
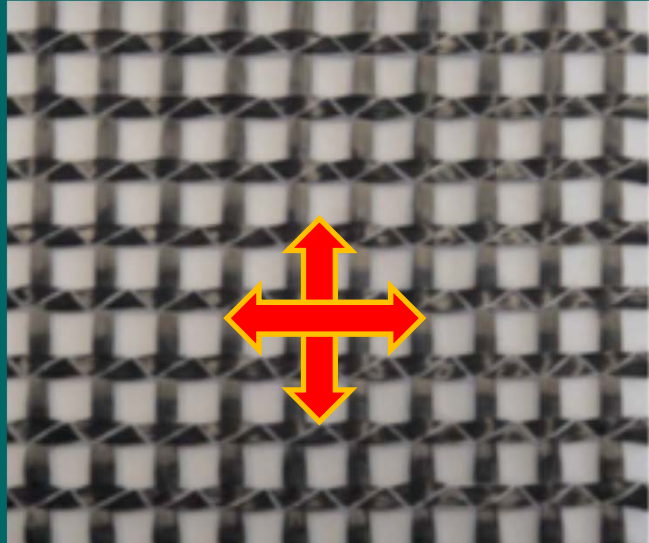
(i)

Tetta, Bournas (2016) TRM vs FRP jacketing in shear strengthening of concrete members subjected to high temperatures. Composites Part B

Εξωτερικοί μανδύες με αντικατάσταση ρητίνης

- Κόστους
- προστασίας έναντι φωτιάς & ακτινοβολίας
- κινδύνους για το προσωπικό (οργανικές ρητίνες)

Καινοτόμες τεχνικές: σύνθετα υφάσματα με κονίαμα (Textile Reinforced Mortar - TRM) – από 2000 και μετά...



→ Η πυκνότητα ύφανσης επηρεάζει την διείσδυση του κονιάματος

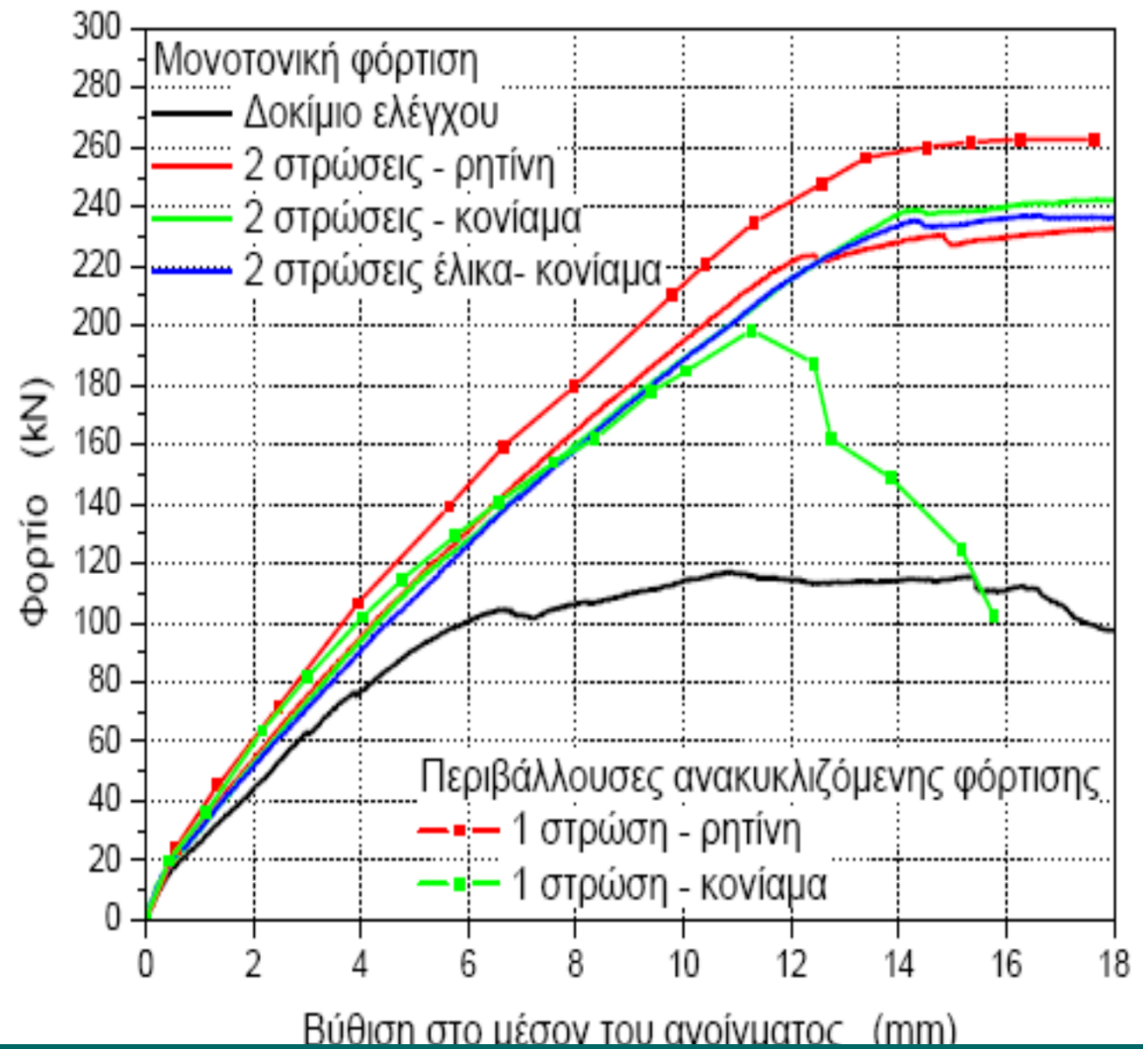
→ Μικρή αύξηση της γεωμετρίας του δομικού στοιχείου



Πειραματική τεκμηρίωση

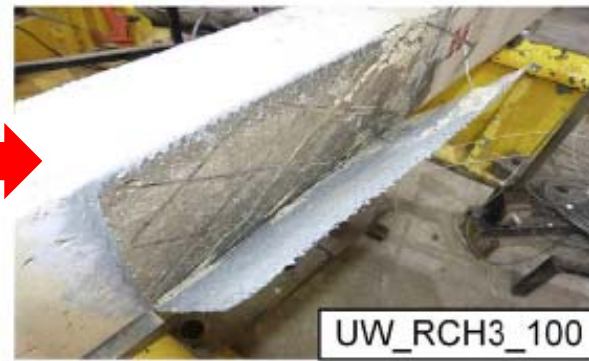
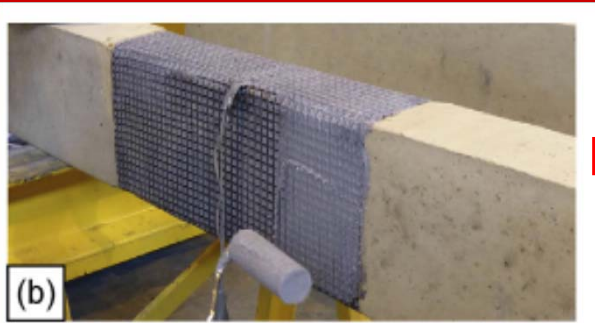


Π. Πατρών, καθ. Α. Τριανταφύλλου

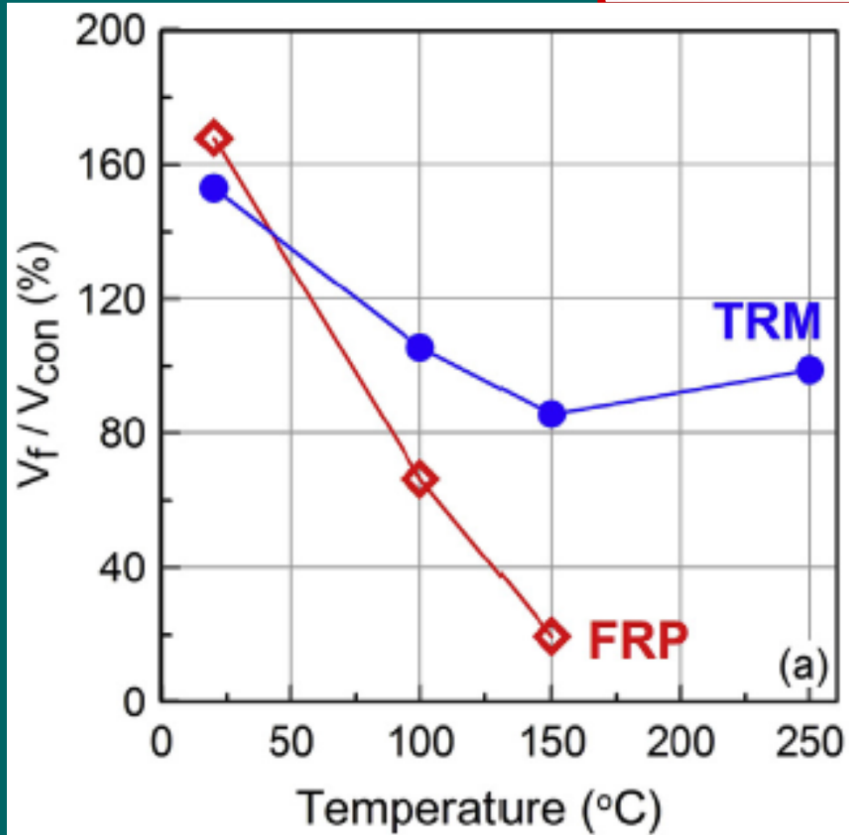
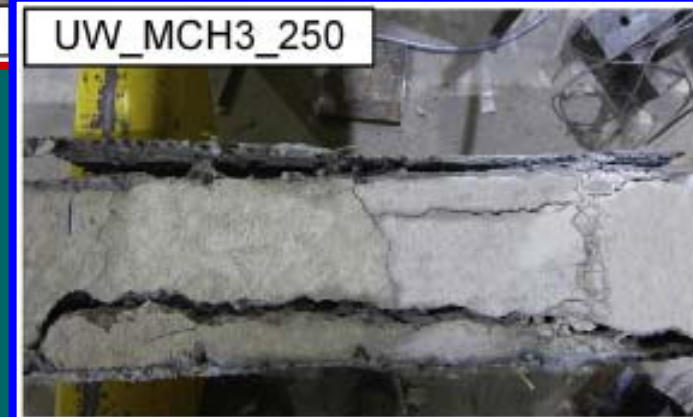


Tetta, Bournas (2016) TRM vs FRP jacketing in shear strengthening of concrete members subjected to high temperatures. Composites Part B

ΙΟΠ μανδύας



TRM μανδύας



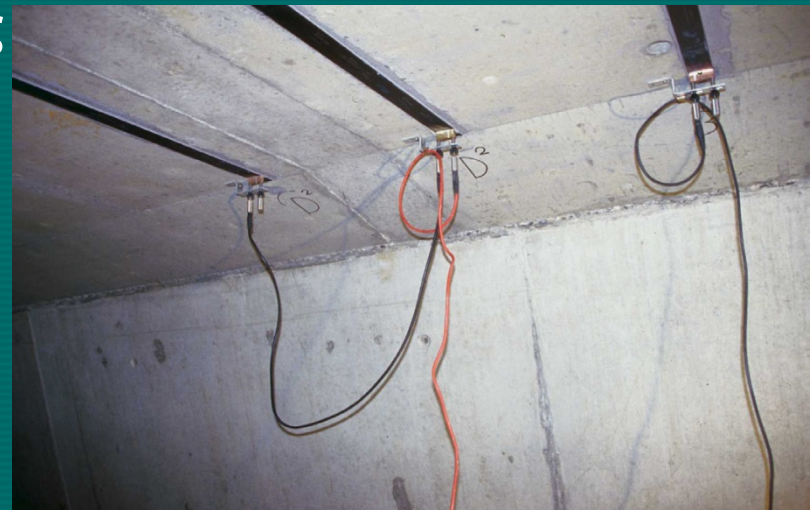
Ποιες πληροφορίες πρέπει να ξέρετε κατά την επικόλληση ΙΟΠ

Θερμοκρασία εφαρμογής \Leftrightarrow χρόνος εργασιμότητας
(10 - 30°C) (90 – 30min)

Θερμοκρασία σκλήρυνσης \Rightarrow ανάπτυξη αντοχής $> 10^\circ\text{C}$

Ηλικία σκλήρυνσης > 5 μέρες για εν ψυχρώ, ώρες εν θερμώ

Για εφαρμογές σε χαμηλές θερμοκρασίες
θερμότητα (π.χ. ηλεκτρικές κουβέρτες)
Ηλεκτρικό ρεύμα (για C-FRP)



Ποιες πληροφορίες πρέπει να ξέρετε κατά την επικόλληση ΙΟΠ

Προετοιμασία υποστρώματος:

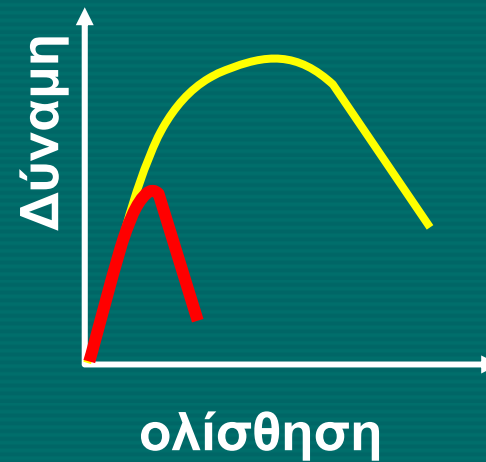
- αμμοβολή ή μηχανική εκτράχυνση (βελτίωση της τριβής)
- καθαρισμός από ρύπους (σκουριές, θραύσματα)
- στρογγύλευμα γωνιών (περιοχή συγκέντρωσης τάσεων)



Ποιες πληροφορίες πρέπει να ξέρετε κατά την επικόλληση ΙΟΠ

Επιτυχία εφαρμογής ΙΟΠ

- Πρόσφυση με το υπόστρωμα
- Αντοχή του υποστρώματος



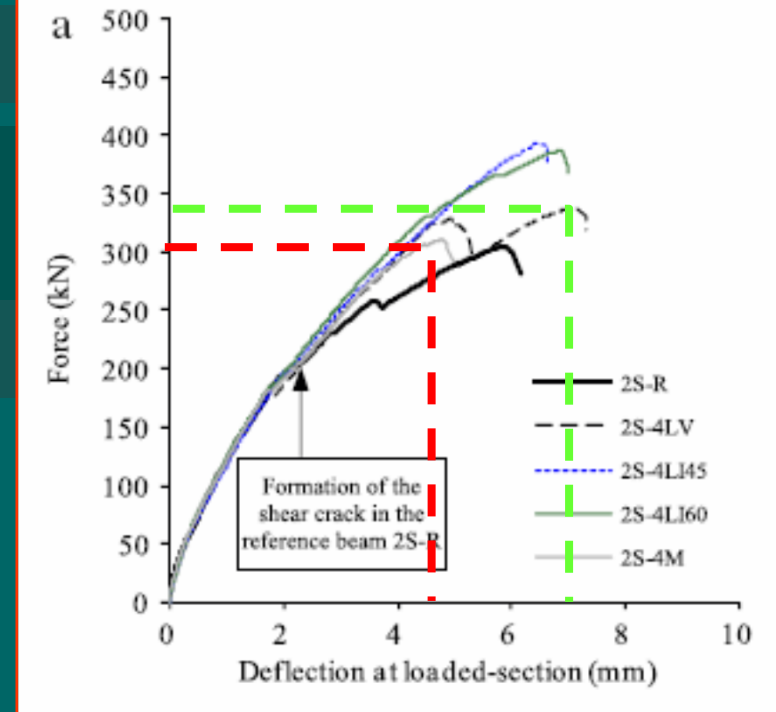
Ποιο υπόστρωμα ήταν ισχυρότερο;



Ποιες πληροφορίες πρέπει να ξέρετε κατά την επικόλληση ΙΟΠ

Επιτυχία εφαρμογής ΙΟΠ

- Πρόσφυση με το υπόστρωμα
- Αντοχή του υποστρώματος
- Εναλλακτική τοποθέτησης



Τεχνική ένθετου οπλισμού (NSM)

