

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΥΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

➤ **Στέφανος Δρίτσος**
Αναπλ. Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

1

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΥΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

- Ποιος είναι ο στόχος της επεμβάσης:
Από τι πάσχει η κατασκευή;

- Τι Διατίθεται:
 - **Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων**
 - Ειδικό Τύπο Σκυροδέματος
 - Πολυμερικές Κόλες (ρητίνες)
 - Επισκευαστικά Κονιάματα
 - Επικολητά Φύλλα από Χάλυβα ή Ινοπλισμένα Πολυμερή (FRP)
 - Διατμητικοί Σύνδεσμοι (Βλήτρα) - Αγκύρια
 - Αγκυρώσεις και Συγκολλήσεις Νέων Ράβδων Οπλισμού

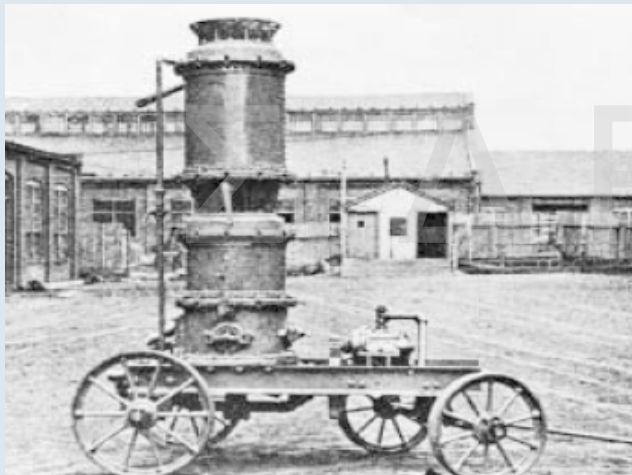
- **Ειδικότερες Τεχνικές για :**

- Υποστυλώματα
- Τοιχώματα
- Δοκούς
- Πλάκες
- Κόμβους Δοκών-Υποστυλωμάτων
- Στοιχεία Θεμελίωσης

- Πώς θα γίνει ο Επανυπολογισμός;

- Η Γενική Υπολογιστική Διαδικασία } Ανάλυση
Διαστασιολόγηση
- Υπολογιστικά Θέματα για Ειδικότερες Τεχνικές

2



3

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ/ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

■ Λογική σύνθετου μέλους:

παλιό + νέο, συνεργάζονται → περιορισμός διατμητικής ολίσθησης στην διεπιφάνεια και καθέτου απομάκρυνσης

■ Μειωμένος βαθμός αξιοπιστίας αποτελεσμάτων

- (α) Έλλειψη επαρκώς τεκμηριωμένης πρακτικά αξιοποίησιμης γνώσης για τη μηχανική των διεπιφανειών και πρωταρχικών παραμορφώσεων
- (β) Αποτίμηση βαθμού βλάβης
- (γ) Έλλειψη τεχνικών προδιαγραφών

■ Υπολογιστική διαδικασία

- (α) Έλεγχος επάρκειας διεπιφανειών
- (β) Χρήση Αναθεωρημένων Συντελεστών Ασφάλειας για τα υλικά
- (γ) Προσδιορισμός "Ικανότητας" του στοιχείου

- **Ακριβής αναλυτική εκτίμηση:** ως σύνθετο μέλος με συνυπολογισμό της ολίσθησης στην διεπιφάνεια

- **Προσεγγιστικά:** αναγωγή σε αντίστοιχο μονολιθικό μέλος

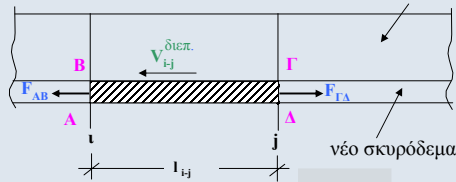
4

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

$$S_d \leq R_d$$

$$V_{sd}^{διεπ.} \leq V_{Rd}^{διεπ.}$$

παλιό σκυρόδεμα

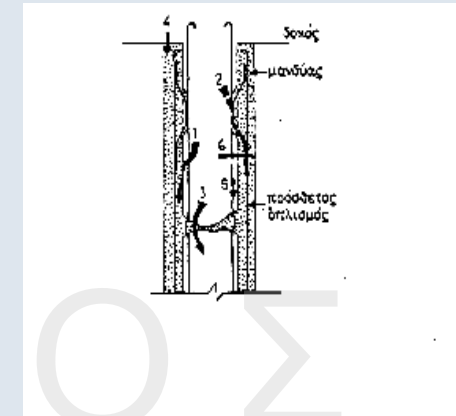


$$V_{sd}^{BΓ} = F_{ΓA} - F_{AB}$$

$$V_{sd}^{BΓ} = V_{R,C} + V_{R,fo} + V_{R,fl} + V_{R,D} + V_{R,we}$$

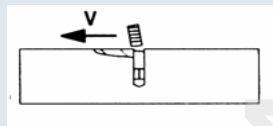
$$V_{R,D} = \frac{1,65}{\gamma_{Rd}} A_D \sqrt{f_{cd} f_{yd}}$$

5

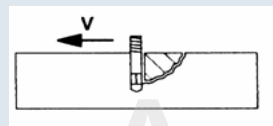


Οδοί μεταφοράς δυνάμεων

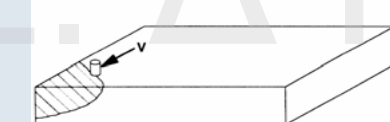
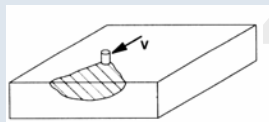
6



(α)



(β)



(γ)

Τύποι αστοχίας από δράση βλήτρου

- α) Λόγω διαρροής χάλυβα,
- β) Λόγω αστοχίας περιβάλλοντος σκυροδέματος,
- γ) Λόγω απόσχισης πλευρικού κώνου

7

Αντοχή Βλήτρων

$$V_{ud} = \min(V_{ud,a}, V_{ud,b}, V_{ud,c})$$

$$V_{ud,a} = \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{ud,b} = \frac{1,3}{\gamma_{Rd}} d_b^2 \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} = \frac{1,65}{\gamma_{Rd}} A_s \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} \quad \gamma_{Rd} = 1,3$$

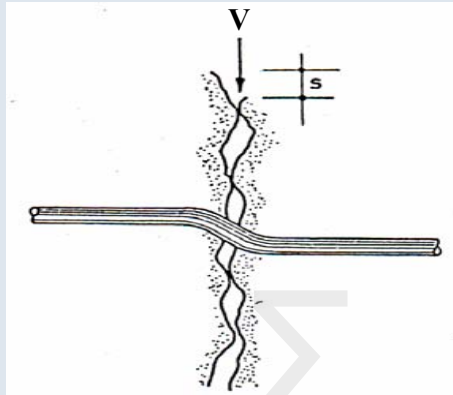
$$V_{ud,c}^o = \frac{1,1}{\gamma_{Rd}} \cdot \sqrt{d_b \cdot f_{cd}} \left(\frac{l_b}{d_b} \right)^{1/5} \cdot c_p^{3/2} \quad (N) \quad \gamma_{Rd} = 1,5$$

$$V_{ud,c} = V_{ud,c}^o \cdot a_1 \cdot a_2$$

$$a_1 = \left(\frac{t}{1,4 c_p} \right)^{2/3} \leq 1,0$$

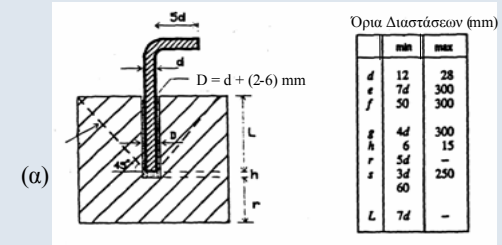
$$a_2 = \max \left[0,3 + 0,7 c_n^{\min} / 1,5 c_p, (c_n^{\max} + c_n^{\min}) / 3,5 c_p \right] \leq 1,0$$

8



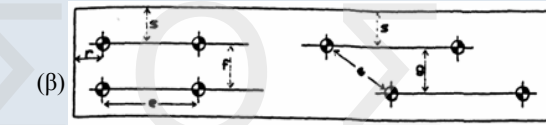
Μηχανισμός δράσης βλήτρου

$$V_{ud} = \frac{1,3}{\gamma_{Rd}} d_b^2 \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}}$$



Όρια Διαστάσεων (mm)

	min	max
d	12	28
e	7d	300
f	50	300
g	4d	300
h	6	15
r	5d	-
s	3d	250
L	7d	-



α) Τυπική μορφή μονόμητου βλήτρου μορφής Γ
β) Τυπικές διατάξεις μονόμητων βλήτρων

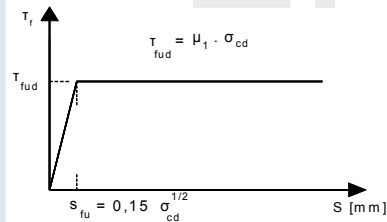
• Συνοχή

Για λείες επιφάνειες: $\tau_{cud} = 0,25 f_{ctd}$

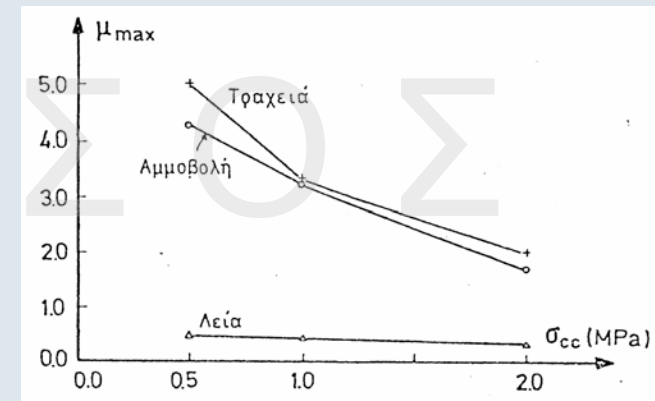
Για διεπιφάνειες με τεχνητή εκτράχυνση: $\tau_{cud} = 0,75 f_{ctd}$

Όταν στην επιφάνεια χρησιμοποιείται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή εποξειδική κόλλα: $\tau_{cud} = 1,00 f_{ctd}$

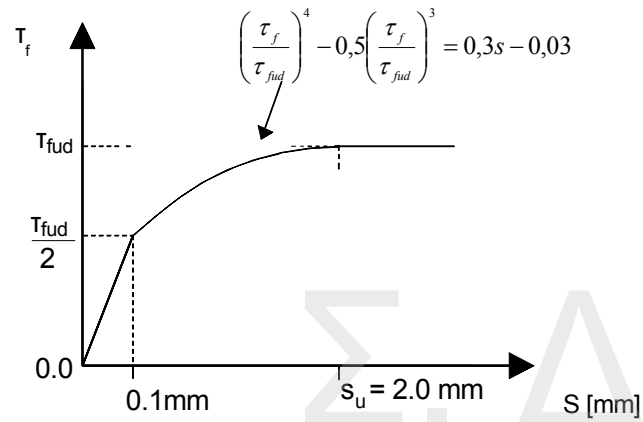
• Τριβή



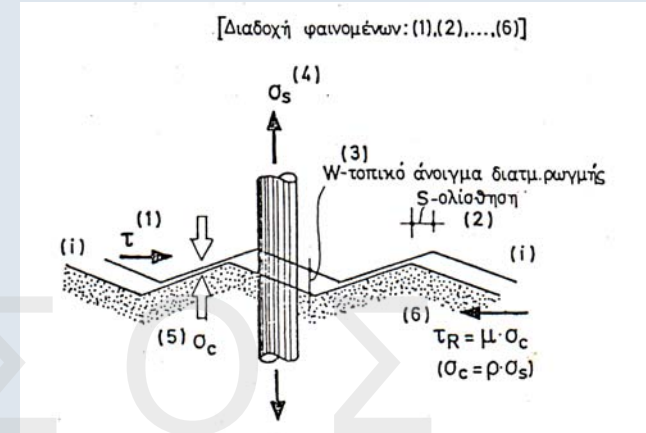
Απλοποιημένο υπολογιστικό προσομοίωμα για το μηχανισμό τριβής σε λεία διεπιφάνεια



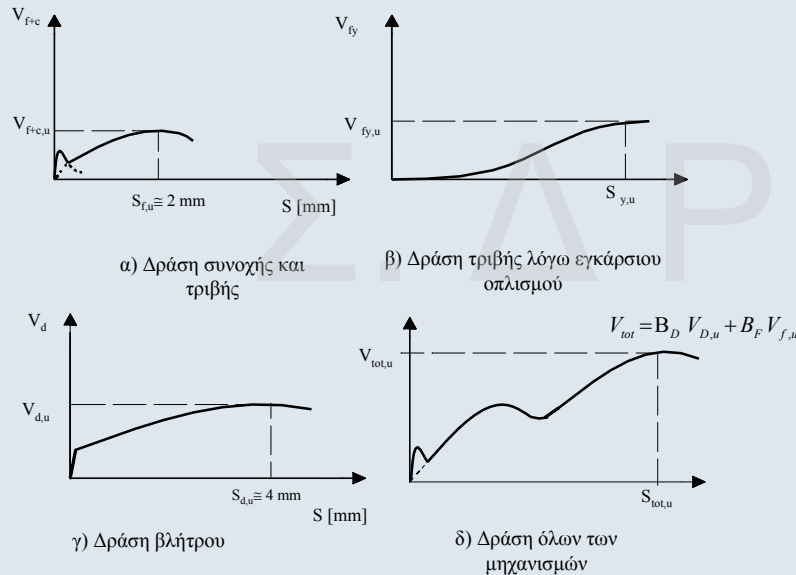
Εξάρτηση του συντελεστή τριβής από την τραχύτητα διεπιφάνειας



Απλοποιημένο υπολογιστικό προσομοίωμα για τον μηχανισμό τριβής σε τραχεία διεπιφάνεια



Ανάπτυξη μηχανισμού τριβής λόγω εγκάρσιου οπλισμού



Αλληλεπίδραση μηχανισμών ανάληψης διατμητικού φορτίου

Κατασκευαστικές Διατάξεις

1) Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διεπιφάνειας:

$$\rho_s = \frac{A_{sd}}{A_{cs}}$$

Για διεπιφάνειες παράλληλες στον άξονα του στοιχείου:

$$\rho_s \geq \max \left(0,18 \frac{f_{ctm}}{f_{ydk}}, 0,12\% \right)$$

Για διεπιφάνειες κάθετες στον άξονα του στοιχείου:

$$\rho_s \geq \max \left(\frac{1,3 f_{ctm} - 0,7 v_d f_{cd}}{f_{ydk}}, 0,25\% \right) \text{ ΕΚΩΣ 2000}$$

2) Αγκύρωση βλήτρων:

- για χημικά πακτωμένες ράβδους: $l_b \geq 10 \cdot d_b$
- σε εφελκόμενη ζώνη να συναντήσει άλλους οπλισμούς
- εξασφάλιση δυνατότητας αγκύρωσης για εφελκυστική δύναμη μεγέθους

$$N_d = 0,5 \cdot A_{sd} \cdot f_{yd}$$

3) Τα βλήτρα μπρούν να αντικατασταθούν από ηλεκτροσυγκολλήσεις ίσης αντίστασης

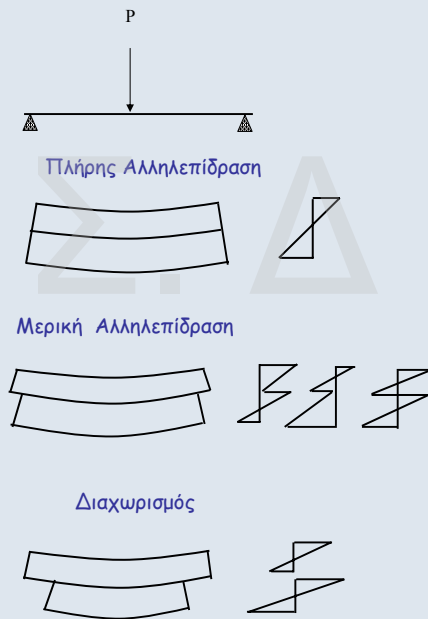
4) Οι αποστάσεις (s) των οπλισμών που διαπερνούν την διεπιφάνεια πρέπει να ικανοποιούν την σχέση:

$$s \leq (6h_{\min}, 800 \text{ mm})$$

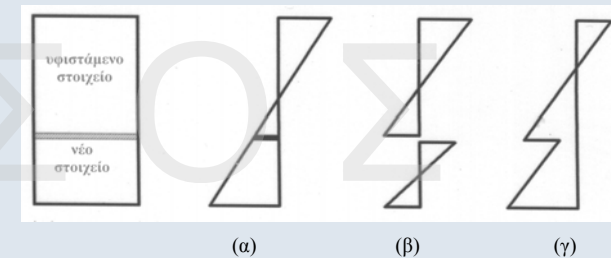
5) Απόσταση ακραίου συνδέσιμου:

$$c = \min(7d_s, 100 \text{ mm}) \geq 5d_s$$

ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

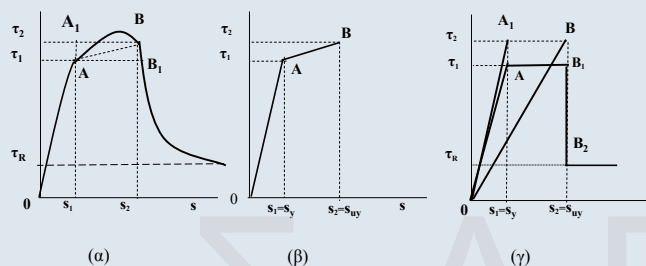


ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΚΑΘ' ΥΨΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ



α) Πλήρης σύνδεση, β) Απουσία σύνδεσης, γ) Μερική σύνδεση

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΔΙΑΜΗΚΟΥΣ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ



α) Πειραματική καμπύλη, β) και γ) Υπολογιστικές απλοποιήσεις

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ

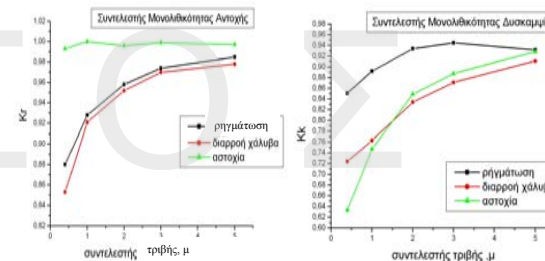
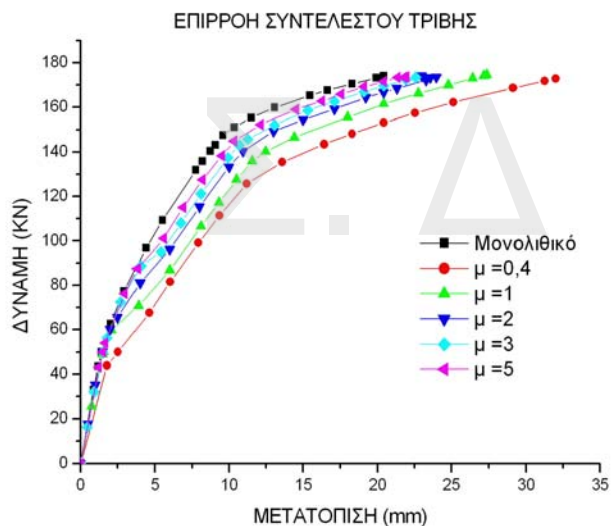
$$k_k = \frac{\text{Δυσκαμψία πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Δυσκαμψία μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_r = \frac{\text{Αντοχή πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Αντοχή μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_k \leq k_r \leq 1,0$$

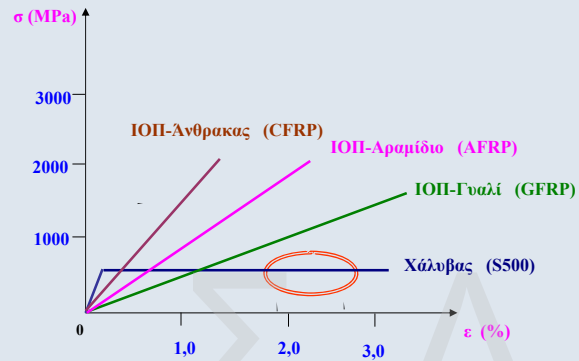
$$k_\mu = \frac{\text{Πλαστιμότητα πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Πλαστιμότητα μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_{du} = \frac{\text{Οριακή παραμόρφωση πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Οριακή παραμόρφωση μονολιθικού στοιχείου}}$$



Επιρροή Συντελεστή Τριβής στους Συντελεστές Μονολιθικότητας
Ευροκώδικας 8 Τμήμα 1.4: (Μανδύες) $k_r = 0,80$, $k_k = 0,70$

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΟΤΑΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ

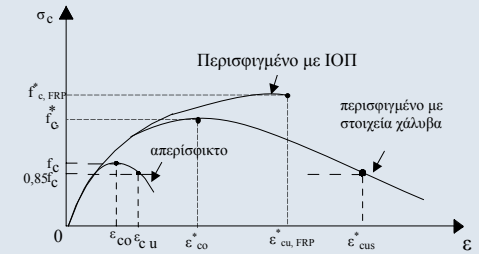


Σχέσεις Τάσης-Παραμόρφωσης σε Εφελκυσμό, για Σύνθετα Υλικά και Χάλυβα

Χάλυβας: διαρροή, πλαστική περιοχή

Ινοπλισμένα: γραμμική, ελαστική συμπεριφορά

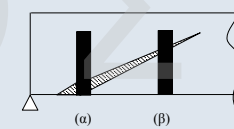
(α) Περίσφιγξη



(β) Ενισχύσεις σε Κάμψη

- Ιεράρχηση οριακών καταστάσεων αστοχίας \Rightarrow περιορισμός δυνάμεων θλιβόμενης ζώνης πλαστική συμπεριφορά
- Για συμβατικό οπλισμό $\max F_c = A_s \cdot f_y \Rightarrow$ πλαστική συμπεριφορά
- Για ινοπλισμένα $\max F_c < A_s \cdot f_F$, $\sigma_{F,επ} < f_F$

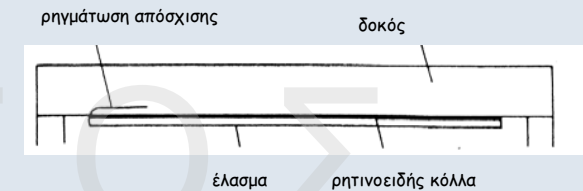
(γ) Ενισχύσεις σε Διάτμηση



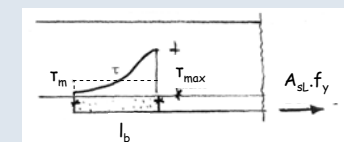
Η ένταση των ινών εξαρτάται από το εύρος της ρωγμής στην θέση που τη γεφυρώνουν

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΕ ΕΠΙΚΟΛΛΗΤΑ ΕΛΑΣΜΑΤΑ Η ΥΨΑΣΜΑΤΑ ΙΟΠ

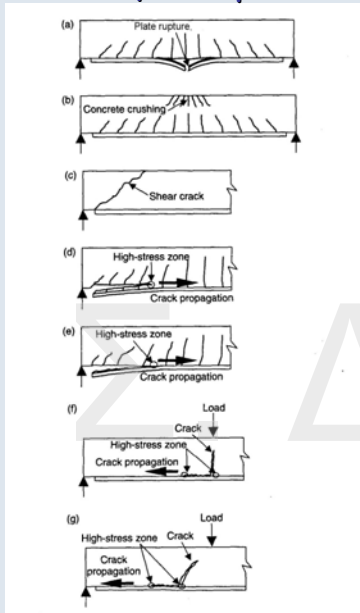


Εικόνα αστοχίας ακραίας περιοχής δοκού ενισχυμένης με επικολλητά φύλλα

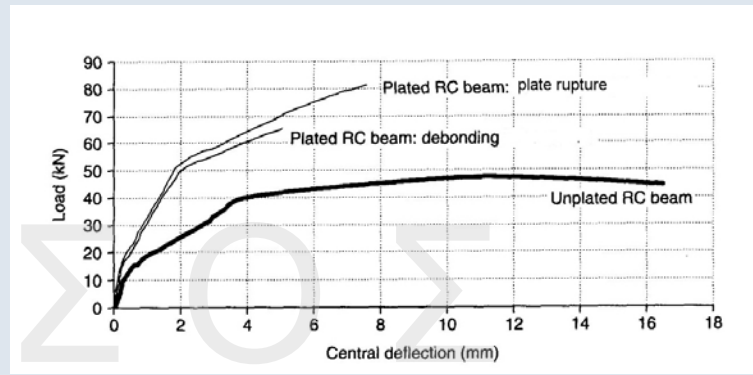


Προσομοίωση αγκύρωσης ακραίας περιοχής ελάσματος

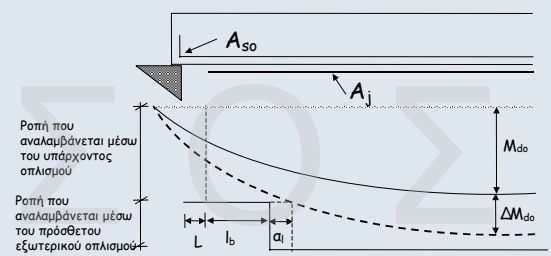
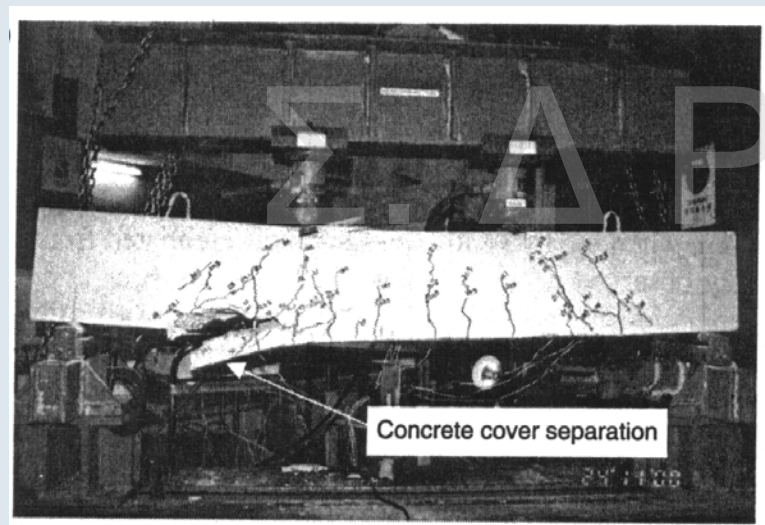
Τρόποι Αστοχίας Δοκών Ενισχυμένων σε Κάμψη με Επικολητά Ελάσματα



Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα



Εικόνα Αστοχίας με Απόσχιση της Επικάλυψης του Οπλισμού

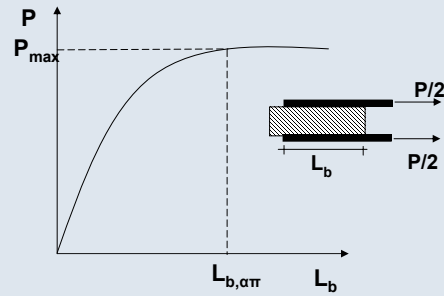


$$\epsilon_{jd} = \epsilon_{cl} - \epsilon_{co}$$

$$\xi < \xi_{lim}^*$$

$$A_j = \frac{\Delta M}{z \sigma_{jd}}$$

Διαγράμματα ροπών κάμψης ροπές σχεδιασμού και αναλαμβανόμενες ροπές



$$L_{b,\alpha\pi} = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}} \quad \text{Για σχεδιασμό} \quad L_{bd} = \gamma_{Rd} L_{b,\alpha\pi} \quad \gamma_{Rd} = 2,0$$

33

$$P_{max} = k f_{ctm} b_j L_{b,\alpha\pi} \quad \text{Αστοχία υποστρώματος σε εφελκυσμό}$$

$$k \approx 0,8$$

$$P_u = b_j t_j f_{ju} \quad \text{Αστοχία ελάσματος ή υφάσματος}$$

$$\sigma_{max} = \frac{k f_{ctm} L_{b,\alpha\pi}}{t_j} = k \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2 t_j}} \leq \eta \geq f_{ju} \quad ?$$

C16/20 και $E_j = 200 \text{ GPa}$ (π.χ. χάλυβας ή ΙΟΠ άνθρακα) και $t_j = 1 \text{ mm}$

$$\sigma_{max} = 350 \text{ MPa} \approx f_{su} \quad \text{για χάλυβα}$$

$$\approx \frac{1}{10} f_{su} \quad \text{για ΙΟΠ}$$

$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{max} \downarrow$$

34

Για τον σχεδιασμό λαμβάνεται:

$$\sigma_{jd} = \frac{\beta_o \beta_j \beta_L}{\gamma_{Rd}} \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{t_j}} < f_{jk} / \gamma_j$$

$$\beta_o = 0,55 \quad \text{συντελεστής προσομοίωματος}$$

$$\beta_j = \sqrt{\frac{2 - b_j / b_w}{1 + b_j / b_w}} \quad \text{συντελεστής αναγωγής πλάτους}$$

$$\beta_L = \sin(\pi \lambda / 2) \quad \text{ή} \quad \beta_L = \lambda(2 - \lambda) \quad \text{αν} \quad \lambda = \frac{L_{b,\text{υπαρχ}}}{L_{b,\alpha\pi}} < 1$$

$$\gamma_{Rd} = 1,3$$

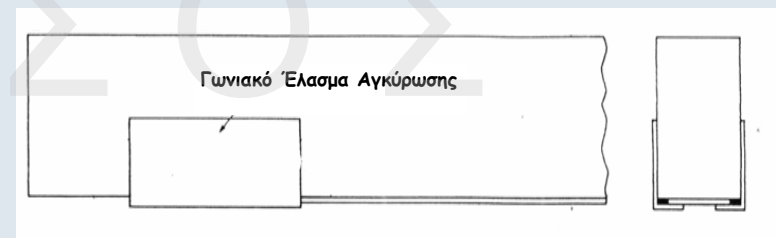
$$\gamma_j = 1,15 \text{ για χάλυβα και } 1,25 \text{ για ΙΟΠ}$$

Για την εξασφάλιση του άκρου έναντι "Απόσχισης" της επικάλυψης Προσωρινά:

$$V_{sd,\alpha\kappa\rho\omicron} \leq 1,4 V_{cd}$$

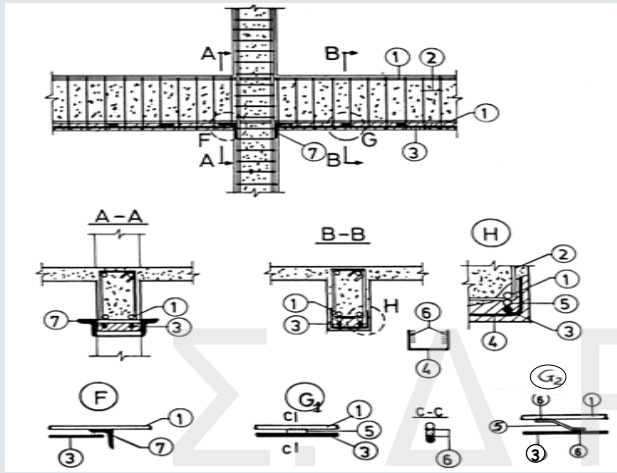
$$M_{sd,\alpha\kappa\rho\omicron} \leq 0,67 M_{Rd}$$

35



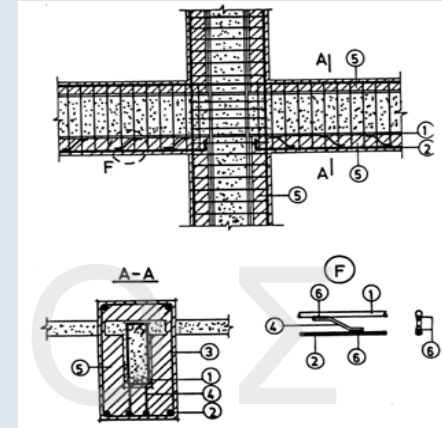
Ειδικά επικολλητά γωνιακά αγκύρωσης

36



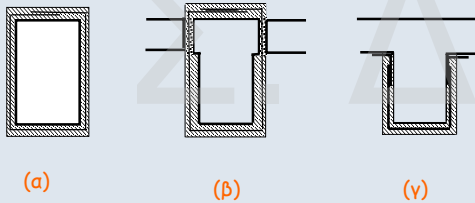
1. Παλιός οπλισμός, 2. Παλιοί συνδετήρες, 3. Πρόσθετος διαμήκης, 4. Πρόσθετοι συνδετήρες, 5. Παρεμβλήματα (καβίλια ή σχήματος Z), 6. Συγκόλληση, 7. Κολλάρο από γωνιακά

37



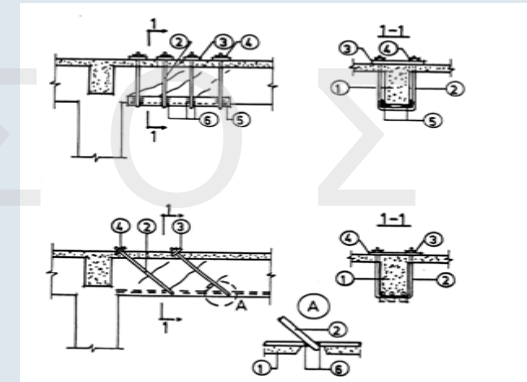
1. παλιός οπλισμός, 2. πρόσθετος οπλισμός, 3. πρόσθετοι συνδετήρες, 4. ράβδοι συνδέσεως, 5. μανδύας σκυροδέματος, 6. συγκόλληση

38



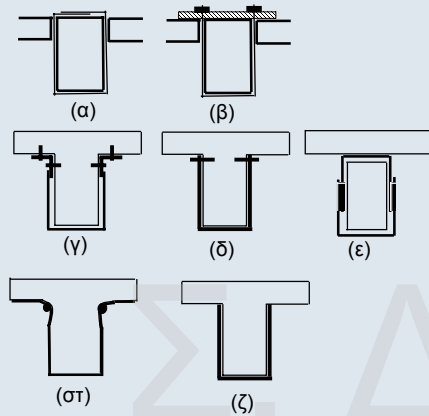
Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη: (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

39



Διατμητική ενίσχυση με εξωτερικά στοιχεία

40



Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας οπλισμού διάτμησης :
 (α), (β) "κλειστή" ενίσχυση, (γ), (δ),(ε),(στ) "ανοικτή" ενίσχυση με αγκυρωμένα άκρα και
 (ζ) "ανοικτή" ενίσχυση αποδεκτή κατά παρέκκλιση

41

ΑΥΞΗΣΗ V_{Rd3}

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{jd}$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{S_w} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

$$z = 0,9 d$$

$$V_{jd} = \frac{2 A_j}{S_j} z_j \sigma_{jd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

$$A_j = n t_j w_j$$

$$z_j = d_j - 0,1 d$$

$$\sigma_{jd} = \varepsilon_{jd} E_j = (k_v \varepsilon_{j,max}) E_j / \gamma_{Rd}$$

42

"Ανοικτές" Ενισχύσεις

$$\sigma_{jd} = k_v \frac{\sigma_{j,max}}{\gamma_{Rd}} < \sigma_{jd, "κλεισπ"} \quad \gamma_{Rd} = 1,5$$

Μέγιστη τάση για να αποφευχθεί η αποκόλληση

$$\sigma_{j,max} = \beta \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{n t_j}} \quad \beta = \beta_o \beta_w \beta_l$$

Για ΙΟΠ $k_v = \begin{cases} 0,525 & \text{για } \lambda \leq 0,5 \\ 0,40 + 0,25 \lambda & \text{για } \lambda > 0,5 \end{cases}$

$$\lambda = \frac{\text{διατιθέμενο μήκος}}{\text{μήκος αγκύρωσης}} = \frac{h_{j,ef} / \sin \alpha}{L_b}$$

Για χάλυβα $\text{Αν } \sigma_{j,max} \geq f_y \quad k_v = 1,0$
 $\text{Αν } \sigma_{j,max} < f_y \quad k_v \text{ όπως ΙΟΠ}$

43

"Κλειστές" Ενισχύσεις

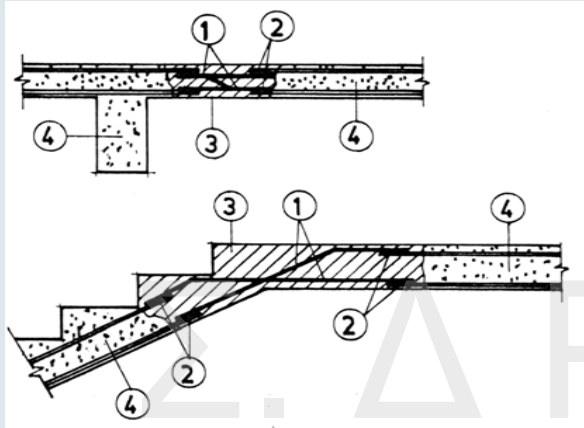
- ⊕ Για ΙΟΠ απαιτείται επαρκής υπερκάλυψη των άκρων του (150 έως 200mm)
- ⊕ "Ανοικτές" Ενισχύσεις με εξασφάλιση πλήρους αγκύρωσης των άκρων = οιονεί "κλειστές"

Για χάλυβα $\gamma_{Rd} = 1,3 \quad k_v = 1,0 \quad \sigma_{jd} = f_{yd}$

Για ΙΟΠ

$$k_v = 0,5 \quad \varepsilon_{j,max} = \min(\psi \varepsilon_{ju}, 1,5\%) \quad \psi = 0,9^{n-1}$$

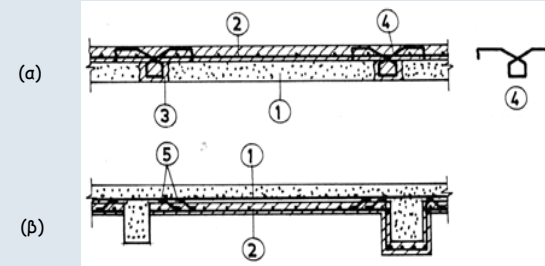
44



Επισκευή με την τεχνική αποκατάστασης ίσης διατομής

1. πρόσθετοι οπλισμοί, 2. συγκολλήσεις, 3. νέο σκυρόδεμα, 4. υφιστάμενη κατασκευή

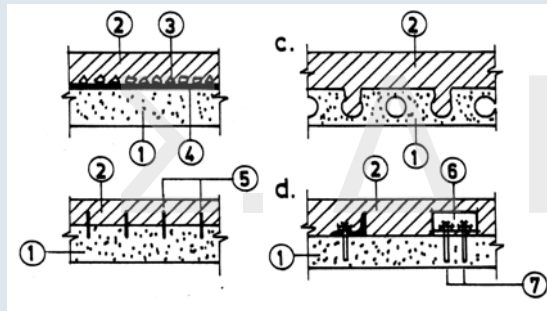
45



Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος (α) στο πάνω πέλμα, (β) στο κάτω πέλμα

1. Παλιά πλάκα, 2. Νέοι οπλισμοί, 3. Φωλιές αγκυρώσεως, 4. Οπλισμοί αγκυρώσεως, 5. Συγκολλημένοι σύνδεσμοι

46

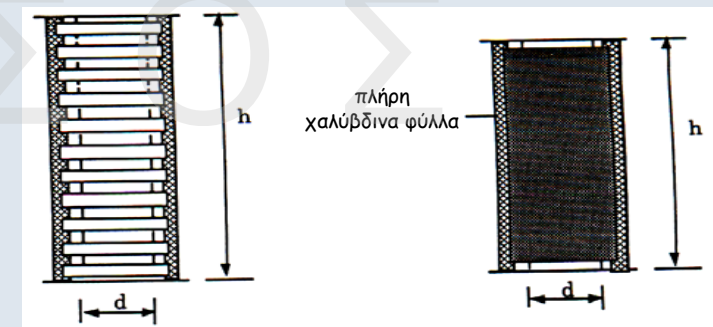


Ενίσχυση πλακών με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
Εναλλακτικοί τρόποι σύνδεσης στη διεπιφάνεια

1. Παλιά πλάκα, 2. Νέα πλάκα, 3. Ρυζάκι, 4. Εποξειδική ρητίνη, 5. Βλήτρα στερεωμένα με εποξειδική ρητίνη, 6. Γωνιακά προφίλ, 7. Βίσματα ή μπετονόκαρφα

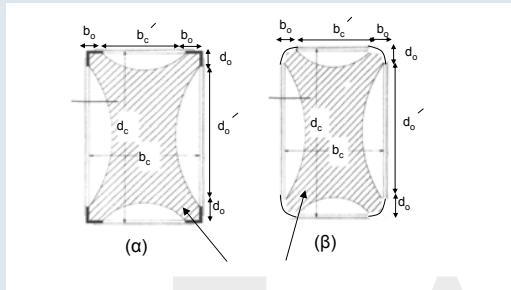
47

ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΚΛΩΒΟ Η ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΜΑΝΔΥΑ



πλήρη
χαλύβδινα φύλλα

48



Περίσφιγμένο σκυρόδεμα

- (α) : Περίσφιγξη με μεταλλικό κλωβό
- (β) : Περίσφιγξη με ινοπλισμένα πολυμερή

49



Περίσφιγξη με μεταλλικά επικολλητά ελάσματα



Περίσφιγξη με σπειροειδή οπλισμό

50



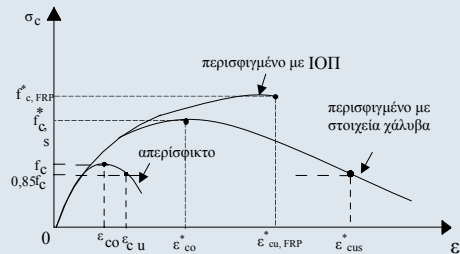
Μεταλλικός Μανδύας

51



Ενίσχυση Υποστυλώματος-Προσθήκη Τοιχώματος

52



Καταστατικός νόμος περισφιγμένου σκυροδέματος

$$\varepsilon_{cu,απ.}^* = \gamma_{Rd} 2\mu_{1/r} \varepsilon_y (v + \omega_v) \frac{b}{b_o}$$

$$f_c^* = \beta f_c \quad \varepsilon_{co}^* = \beta^2 \varepsilon_{co}$$

Για χάλυβα:

$$\beta = \min(1 + 2,5 \alpha \omega_{wd}, 1,125 + 1,25 \alpha \omega_{wd}) \text{ και } \varepsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1 \alpha \omega_{wd}$$

Για ΙΟΠ:

$$\beta = 1,1 + 1,3 \alpha \omega_{wd} \text{ και } \varepsilon_{cu}^* = \varepsilon_{co}^* = \beta^2 \varepsilon_{co}$$

$\alpha = \alpha_s, \alpha_n$ συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιξης

α) στην περίπτωση του μεταλλικού κλωβού: $\alpha_s = 0,90$

β) στην περίπτωση κυκλικών υποστρωμάτων

- με λωρίδες:

$$\alpha_n = 1$$

- με ολόσωμο μανδύα:

$$\alpha = \alpha_s, \alpha_n = 1,0$$

53

ω_{wd} = μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό των “συνδετήρων”

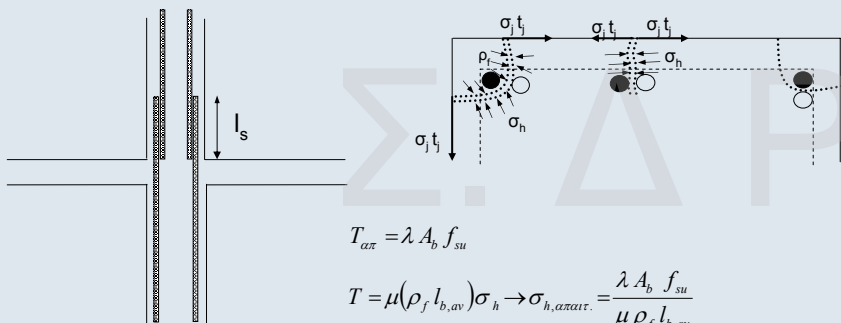
$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος οπλισμο } \dot{\text{u}} \text{ περίσφιξης}}{\text{όγκος περισφιγμ } \dot{\text{e}} \text{νου σκυροδ } \dot{\text{e}} \text{ματος}} \cdot \frac{f_{e,d}}{f_{cd}}$$

• Για χάλυβα: $f_{e,d} = f_{yd}$

• Για FRP: $f_{e,d} = f_{fd,c}$

54

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



$$T_{απ} = \lambda A_b f_{su}$$

$$T = \mu (\rho_f l_{b,av}) \sigma_h \rightarrow \sigma_{h,απαιτ.} = \frac{\lambda A_b f_{su}}{\mu \rho_f l_{b,av}}$$

$$\sigma_j t_j = \sigma_h B \rightarrow t_{j,απ.} = \frac{\lambda A_b f_{su}}{\beta \mu l_{b,av} \sigma_j}$$

όπου:

$$\beta = \rho_f / B \cong 2,0 \text{ γωνιακές ράβδοι}$$

$$\cong 1,0 \text{ ενδιάμεσες ράβδοι}$$

55

$\lambda = 1,0$ συντηρητικά

$\mu = 0,4$ έως $2,0$

$$\mu = 0,44 \gamma_{cycl} \sqrt[3]{f_{ck}^2 \sigma_h} \cong 1/3 \sqrt[3]{f_{ck}^2 \sigma_h}$$

$$\sigma_j = \varepsilon_j E_j$$

$$\varepsilon_j = 1 \text{ έως } 2 \text{ ‰} \text{ ακριβέστερα } \varepsilon_j = \frac{w}{b_j} < \frac{\varepsilon_{fu}}{3}$$

w = εύρος ραγής για αποδεκτό μέγεθος ολίσθησης ράβδου δ

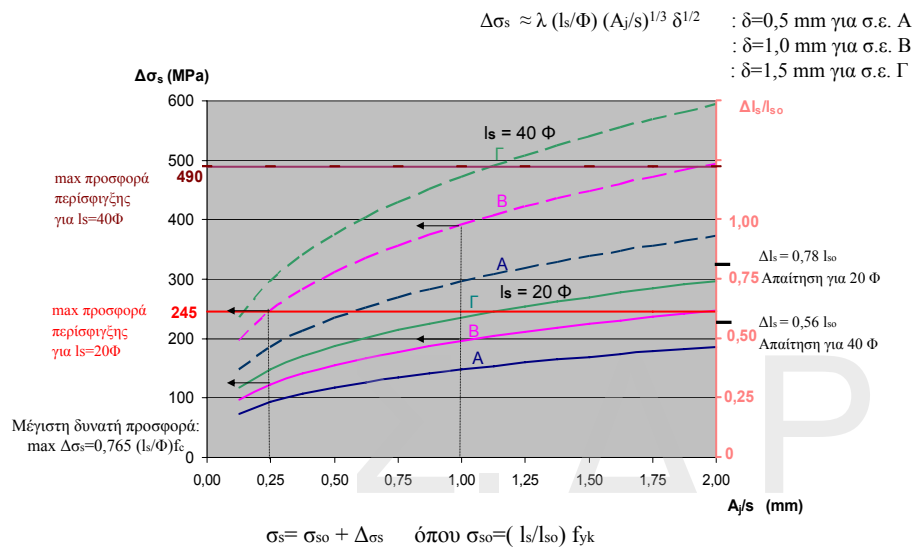
$\delta = 0,2, 0,5, 0,8 \text{ mm}$ για στάθμες επιτελεστικότητας Α, Β και Γ

κατ' ελάχιστον πρέπει:

$$l_{b,av} \geq 0,3 l_b$$

$$\geq 15 \Phi$$

56



Προσφορά περίσφιγξης σε περιοχές με ανεπαρκή μήκη ματίσματος : Εφαρμογή για C16/20, S400, $E_j = 200 \text{ GPa}$, $b=300 \text{ mm}$, $c+\Phi = 40 \text{ mm}$, $l_{s0} = \Phi/4 (400/1,15 \times 1,90 \times 0,7) \times 1,4 = 91\Phi$

Κατασκευαστικές Διατάξεις

(α) Διατομή γωνιακών: τουλάχιστον 50.50.5

(β) Ελάχιστη διατομή οριζόντιου οπλισμού:

- Ελάσματα 25.4
- Ράβδοι χάλυβα $\Phi 10$

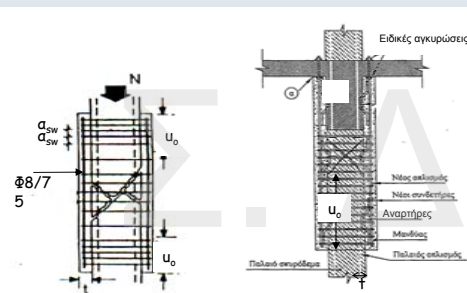
(γ) $s \leq (0,5b_{c,\min} , 150\text{mm})$

Συνήθως $s = 100 \text{ mm}$

(δ) Για την περίπτωση τοπικής περίσφιγξης, ο μεταλλικός κλωβός επεκτείνεται πάνω και κάτω από την βλάβη σε απόσταση τουλάχιστον μιάμιση φορά στην μέση διάσταση της διατομής.

(ε) Απαιτούνται πρόσθετα μέτρα πυροπροστασίας

Σε περιπτώσεις υποστρωμάτων επιμήκους διατομής ($b_c \geq 400\text{mm}$) απαιτούνται ενδιάμεσες διαμερείς χαλύβδινες ράβδοι.

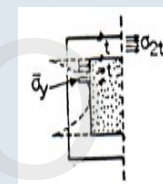


Ενδεικτική απεικόνιση άκρων μανδύα

- (α) Με επαρκές μήκος συναρμογής και στα δύο άκρα
- (β) Χωρίς επαρκές μήκος συναρμογής στο ένα άκρο

$$F_{cm} = 4 u_o \mu f_{ctm} t + 10 n_b \frac{A_{sb}}{h_s} + n_b F_{uD} \quad (\text{kN, mm})$$

Μεταφορά Αξονικού Φορτίου



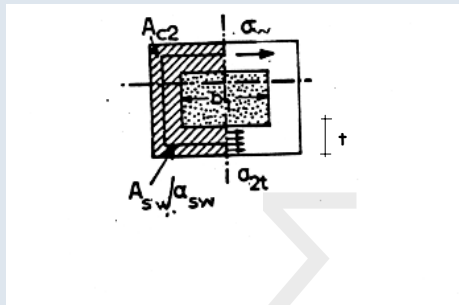
Ισορροπία δυνάμεων $\sigma_{2t} = \bar{\sigma}_y$

$$N_f = 4 (2\mu \cdot u_o \cdot t \cdot \bar{\sigma}_y) = 8\mu \cdot \sigma_{2t} \cdot t \cdot u_o$$

$$\max N_f = 8\mu \cdot f_{2t} \cdot t \cdot u_o$$

$$u_o = \frac{N_u - N_r}{8\mu f_{2t} t_j}$$

Συνδετήρες Μανδύα



$$A_{sw}^{\sigma} \cdot \sigma_w = a_{sw} \cdot t \cdot \sigma_{2t}$$

$$A_{sw}^{\sigma} \cdot f_{ywd} \geq a_{sw} \cdot t \cdot f_{2t}$$

$$\frac{A_{sw}^{\sigma}}{a_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{2t}}{f_{ywd}}$$

$$a_{sw} \leq 0,8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{2t}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$$

Στην περιοχή της βλάβης min $\Phi 8/75$ mm

61

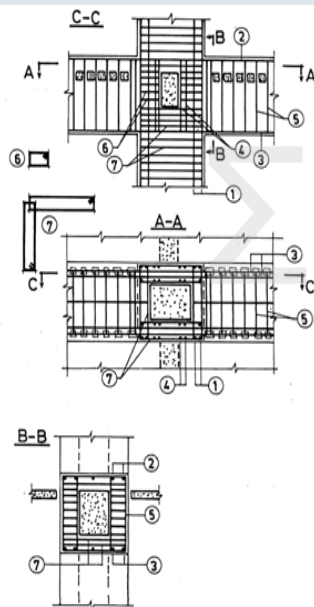
Κατασκευαστικές Διατάξεις – Συστάσεις

- $k_1 = 0,80$ έως $1,0$ και $k_2 = 0,70$ έως $1,0$ εφόσον:
 - α) Έχει αποκατασταθεί η συνέχεια του υποστύλωματος
 - β) Νέες ράβδοι είναι καλά αγκυρωμένες στον αρχικό φορέα.
 - γ) $A_{c2} < 2A_{c1}$
- Ελάχιστο πάχος μανδύα
 - με ακτοξευόμενο σκυρόδεμα, **50 mm**
 - με έγχυτο σκυρόδεμα και μία σειρά νέων οπλισμών, **80-120 mm**
 - με έγχυτο σκυρόδεμα και δύο σειρές νέων οπλισμών, **τουλάχιστον 120 mm**
- Ελάχιστοι νέοι κατακόρυφοι οπλισμοί και ελάχιστοι συνδετήρες: ΕΚΩΣ 2000
Ελάχιστοι διατμητικοί σύνδεσμοι: Συστάσεις (Παράρτημα 3Γ)
- $f_{c2} > f_{c1} + 5$ (MPa)
- $l_{μανδύα} \geq 2 \cdot (1,5 \cdot \max b_c)$

Για Τοιχώματα

Σε αμφίπλευρους μανδύες τα βλήτρα πρέπει να είναι διαμερή
Σε μονόπλευρους μανδύες τίθενται δίτητα βλήτρα μορφής Π

62

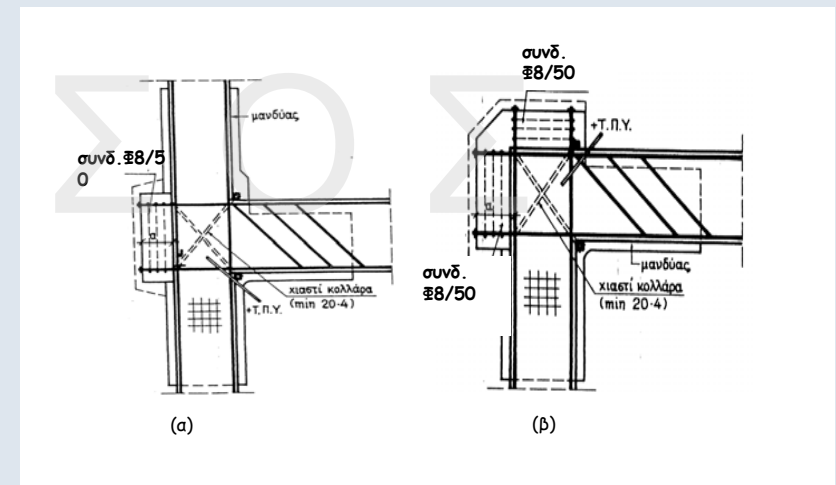


Ενίσχυση Κόμβου με Μανδύα

1. οπλισμοί υποστύλωματος,
2. οπλισμοί δοκού άνω,
3. οπλισμοί δοκού κάτω,
4. κατακόρυφοι σύνδεσμοι κόμβου,
5. συνδετήρες δοκού,
6. συνδετήρες υποστύλωματος,
7. συνδετήρες υποστύλωματος μέσα στον κόμβο.

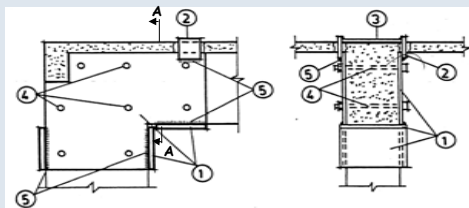
63

Εφαρμογή χιαστί κολλάρων σε εξωτερικούς κόμβους



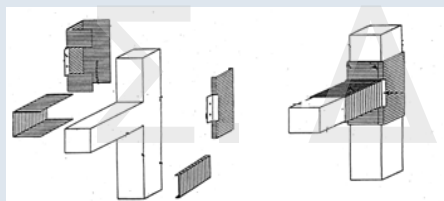
α) Με υποστύλωμα στον ανώτερο όροφο β) Χωρίς υποστύλωμα στον ανώτερο όροφο

64



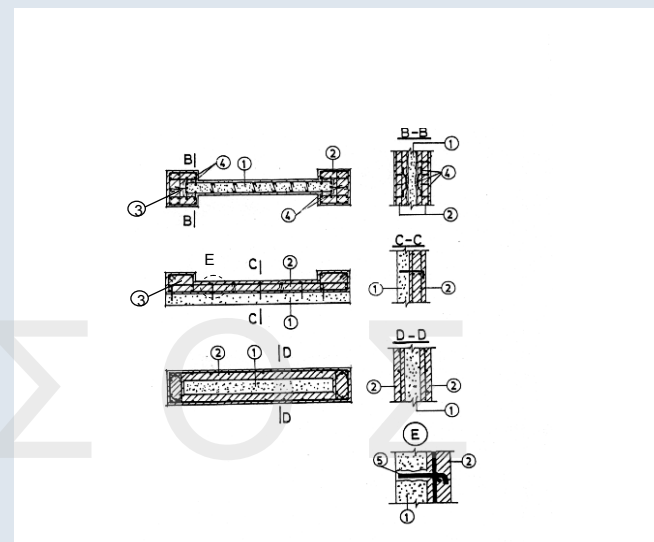
Ενίσχυση κόμβου με επικολλητά ελάσματα

1. μεταλλικά ελάσματα, 2. μεταλλικό έλασμα, 3. μεταλλική ταινία, 4. προεντεταμένοι κοχλίες, 5. συγκολλήσεις.



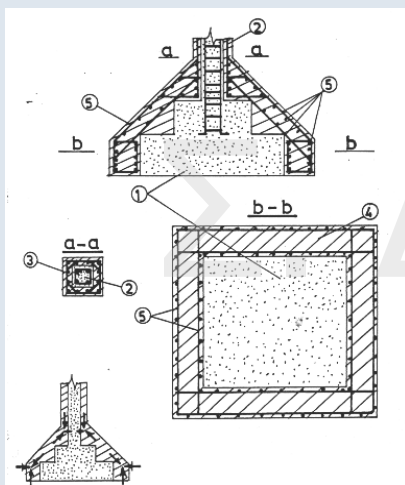
Ενίσχυση κόμβου με χαλύβδινα κυματοειδή ελάσματα

65



Ενδεικτικοί Τρόποι Ενίσχυσης Τοιχωμάτων

66



$$A_{sw} = \frac{P_n \tan a}{f_{ywd}}$$

Ενδεικτική ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδύων, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

67

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

1. Η χρήση του μεταλλικού κλωβού ή ινοπλισμένων πολυμερών δεν προσφέρεται για αύξηση της αντοχής σε κάμψη των κατακόρυφων στοιχείων
2. Η ενίσχυση υποστυλμάτων με περίσφιγξη δεν προσφέρεται για εύκαμπτες κατασκευές που η αστοχία ελέγχεται από τις μετακινήσεις
3. Η εφαρμογή περίσφιγξης σε υποστυλώματα κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής, αυξάνει την πλαστιμότητα, την αντοχή σε τέμνουσα και περιορίζει την ολίσθηση ματισμένων ράβδων. Δεν φαίνεται όμως να προσφέρει σε τοιχώματα και διατομές Γ.
4. Σε υποστυλώματα με οξειδωμένους οπλισμούς, η ενίσχυση με μανδύες από ινοπλισμένα πολυμερή βελτιώνει τη συμπεριφορά του στοιχείου και προστατεύει από περαιτέρω οξείδωση. Όμως πιθανότατα δεν θα μπορούσε να παρεμποδίσει την πρόωπη αστοχία.
5. Η κατασκευή μανδύων από ινοπλισμένα πολυμερή σε κατακόρυφα μέλη, δεν προσφέρει ιδιαίτερη αντίσταση στον λυγισμό των κατακόρυφων ράβδων όταν οι συνδετήρες είναι αραίοι. Τοπική συγκέντρωση τάσεων τοπική \rightarrow αστοχία μανδύα
6. Σε περιοχές ματισμάτων με κοντές αναμονές, η περίσφιγξη του στοιχείου με υφάσματα από ινοπλισμένα πολυμερή ή με μεταλλικούς μανδύες βελτιώνει την αντοχή (λίγο) και ιδιαίτερα την πλαστιμότητα της περιοχής. Όμως η αστοχία λόγω ολίσθησης δεν αποτρέπεται.
ΠΡΟΤΑΣΗ:
Μήκος μάτισης < 50% του Κανονισμού \rightarrow ηλεκτροσυγκόλληση ράβδων
7. Η εφαρμογή επικολλητών φύλλων από ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) ή χαλύβδινα ελάσματα για ενίσχυση ασθενών κόμβων, είναι αποτελεσματική, όμως εφαρμόζεται δύσκολα στη πράξη.

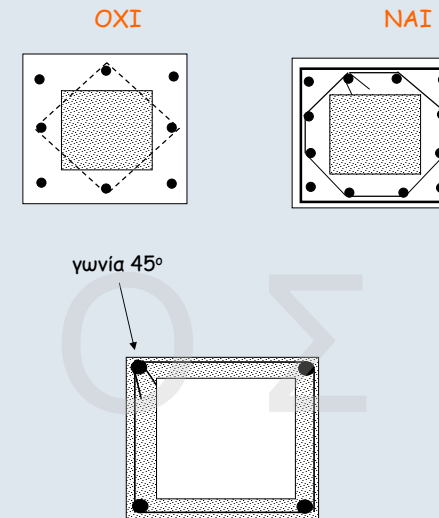
68

ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ

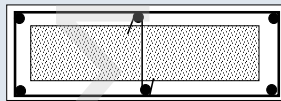
1. Καλή εκτράχυνση με "ματσακόνι" (και όχι απλά με σφυρί και καλέμι) ή με αμμοβολή, ώστε να αποκαλυφθούν τα αδρανή
2. Κίνδυνος συσσώρευσης αδρανών πίσω από ράβδους οπλισμού
3. Κατασκευή αγκίστρων στα άκρα των συνδετήρων 10Φ υπό γωνία 135°. Ανεκτό, ίσως 6-7 Φ. Διαφορετικά ηλεκτροσυγκολλήσεις άκρων
4. Ηλεκτροσυγκολλήσεις ράβδων S220 (παλαιό StI) και S500s χωρίς ειδικότερες προϋποθέσεις.
Για S400 προθέρμανση σε 200ο - 250ο C.
5. Για αγκυρώσεις νέων ράβδων, με χρήση εποξειδικής κόλλας:
 - $\Phi_{σπής} = \Phi + 4\text{mm}$
 - Απομάκρυνση σκόνης
 - Εκτράχυνση τοιχωμάτων οπής
6. - Προσοχή στην διαδικασία εφαρμογής επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP) ή ινοπλισμένα υφάσματα.
- Στρογγύλευση γωνιών, εξαφάνιση ανωμαλιών κ.λ.π.

69

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές



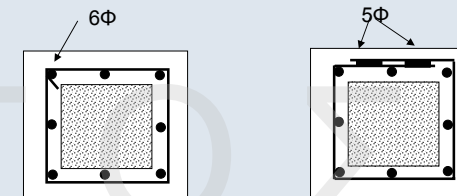
70



Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

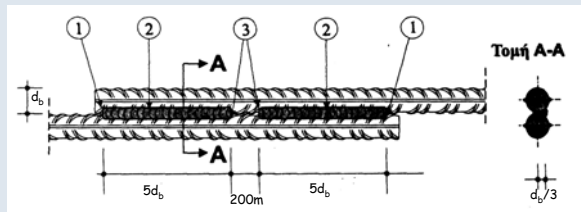
71

ΕΚΩΣ 10 Φ και 135°

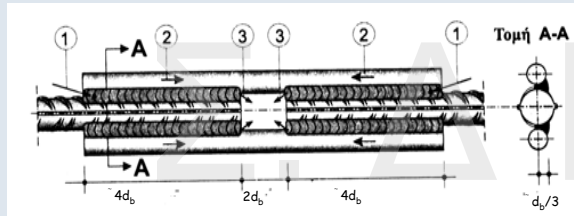


Αδυναμία εφαρμογής αγκίστρων στα άκρα των συνδετήρων

72

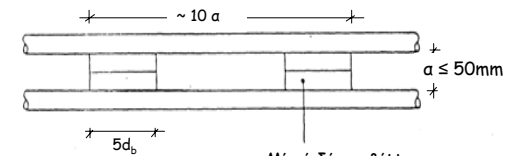


Συγκόλληση κατά παράθεση

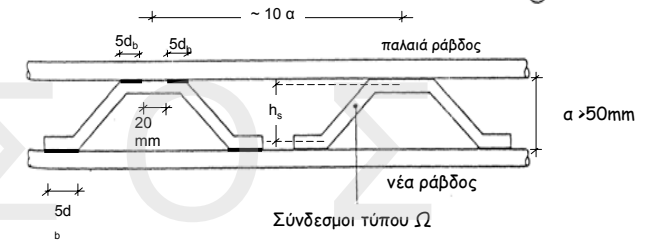


Συγκόλληση με λωρίδες

73



(α) ΔΥΣΚΑΜΙΤΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ
Μία ή δύο καβίλλες
 $d_b \ge 14\text{ mm}$



(β) ΕΥΚΑΜΙΤΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ
 $d_b \ge 14\text{ mm}$

74



Εκτράχυνση με Αμμοβολή

75



Αεροματσάκονο

76



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

77



Δοκίμιο Έτοιμο για την Κατασκευή Μανδύα

78



Άνοιγμα Συνδετήρων

79



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα

80



Εκτόξευση Μανδύα Υποστυλώματος

81



Πειραματική Δοκιμή

82



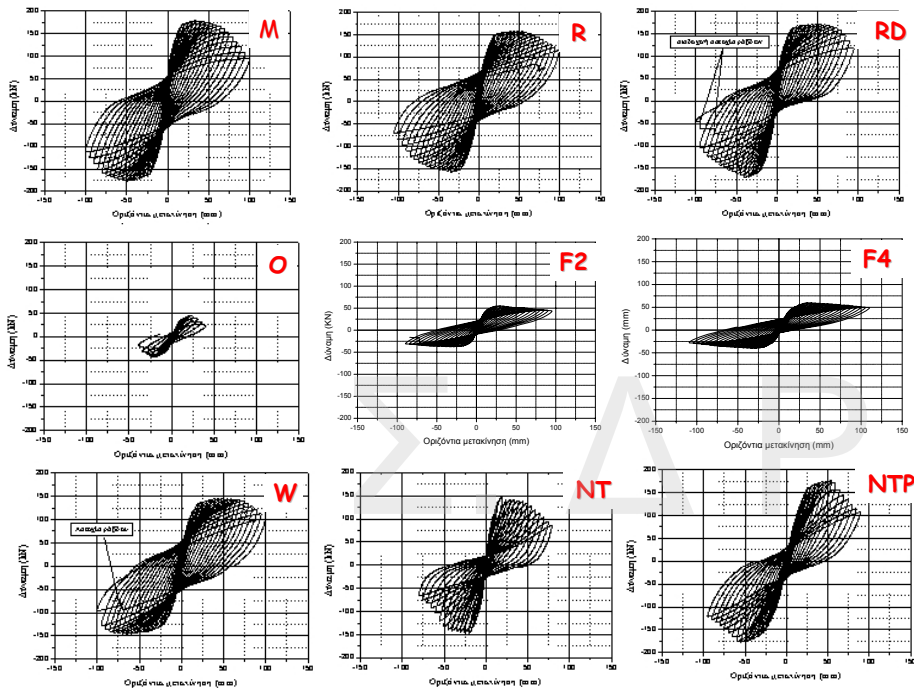
Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

83

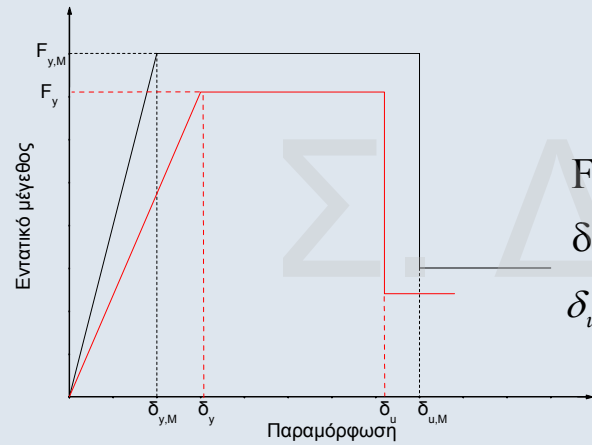
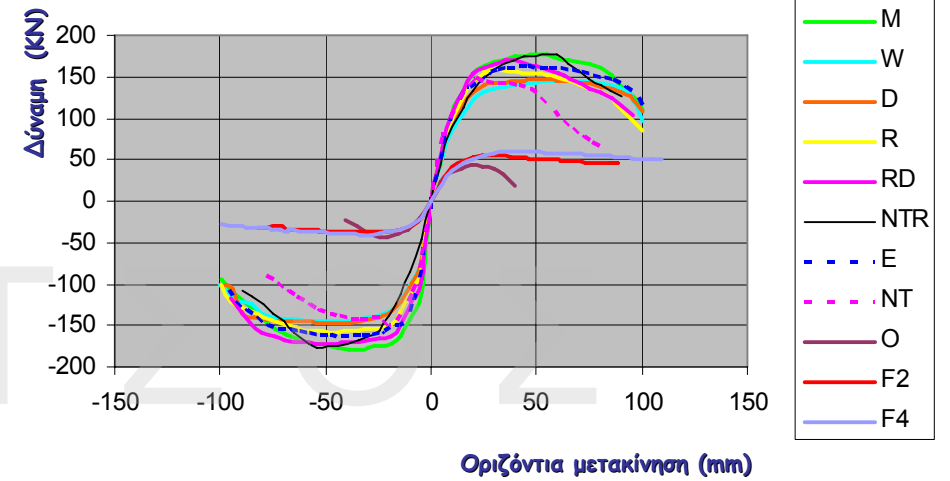


Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους

84



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ ΒΡΟΓΧΩΝ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ



$$F_y = k_{Fy} \cdot F_{y,M}$$

$$\delta_y = k_{\delta y} \cdot \delta_{y,M}$$

$$\delta_u = k_{\delta u} \cdot \delta_{u,M}$$

Καμπύλη Σχεδιασμού Ενισχυμένου Μέλους

A/A	Τρόπος σύνδεσης στην διεπιφάνεια	k_{Fy}	$k_{\delta y}$	$k_{\delta u}$
1	W	0.85-0.87	1.16-1.57	1.09-1.39
2	D	0.80-0.83	1.63-1.89	0.79-0.85
3	R	0.85-0.90	1.70-1.94	0.70-0.84
4	RD	0.90-0.94	1.15-1.85	0.71-0.83
5	NTa	0.80-0.81	1.09-1.26	0.63-0.70
6	NTP	0.97-0.99	2.69-3.10	0.74-0.80
7	E	1.11-1.13	1.15-1.33	1.09-1.18
8	NT	0.71-0.73	0.84-1.11	0.82-0.89

Συντελεστές Μονολιθικότητας

www.episkeves.civil.upatras.gr

Σ. ΔΡ Ι Τ Σ Ο Σ

89

Σ. ΔΡ Ι Τ Σ Ο Σ