

ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ: ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8 - ΜΕΡΟΣ 3 & ΚΑΝ.ΕΠΕ

Ενισχύσεις κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

➤ Στέφανος Δρίτσος

Καθηγητής

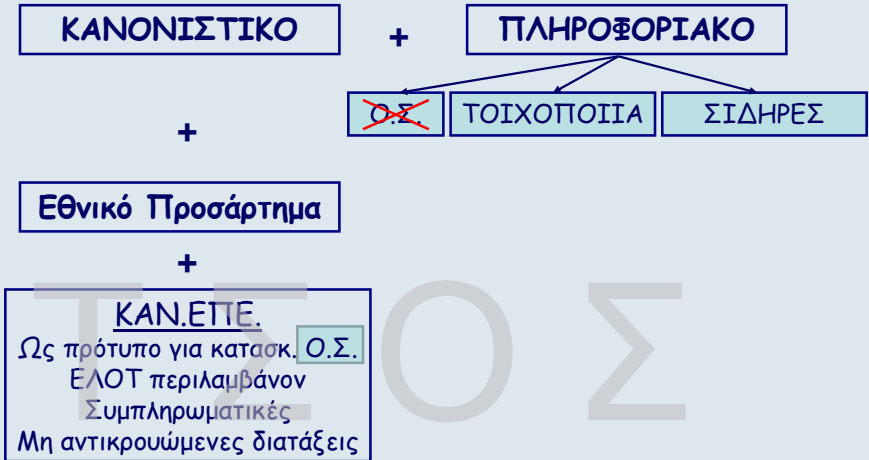
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Αθήνα, 7/12/2011

1

ΕΚ8-Μέρος 3

Assessment and Retrofitting of Existing Structures



2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

	Σκυρόδεμα	Χάλυβας	Σύνθετα
8.1 Γενικές Απαιτήσεις			
▪ Έλεγχος διεπιφανειών	Red	Blue	Yellow
8.2 Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων			
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστικότητας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας	Red	Blue	Yellow
8.3 Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων			
▪ Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου	Red	Blue	Yellow
▪ Ανεπάρκεια οπλισμού κόμβου	Red	Blue	Yellow
8.4 Επεμβάσεις σε Τοιχώματα			
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστικότητας	Red	Blue	Yellow
▪ Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας	Red	Blue	Yellow
8.5 Εμφάνιση Πλαισίων			
▪ Προσθήκη απλού "γεμίματος"	Red	Blue	Yellow
▪ Τοιχωματοποίηση πλαισίων	Red	Blue	Yellow
▪ Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως	Red	Blue	Yellow
▪ Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα	Red	Blue	Yellow
8.6 Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων			
▪ Σύνδεσμοι	Red	Blue	Yellow
▪ Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων	Red	Blue	Yellow
▪ Διαφράγματα	Red	Blue	Yellow
8.7 Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης			

3

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ → ΘΕΜΑ ΔΥΣΚΟΛΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

▪ Απαιτείται καλή γνώση των μέσων που διατίθενται για επεμβάσεις

• Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων

- Ειδικό Τύπο Σκυροδέματος
- Πολυμερικές Κόλες (ρητίνες)
- Επισκευαστικά Κονιάματα
- Επικολητά Φύλλα από Χάλυβα ή Ινοπλισμένα Πολυμερή (FRP)
- Διατηρητικοί Σύνδεσμοι (Βαήτρα) - Αγκύρια
- Αγκυρώσεις και Συγκολλήσεις Νέων Ράβδων Οπλισμού

• Ειδικότερες Τεχνικές για :

- Υποστρώματα
- Τοιχώματα
- Δοκούς
- Πλάκες
- Κόμβους Δοκών-Υποστρωμάτων
- Στοιχεία Θεμελίωσης

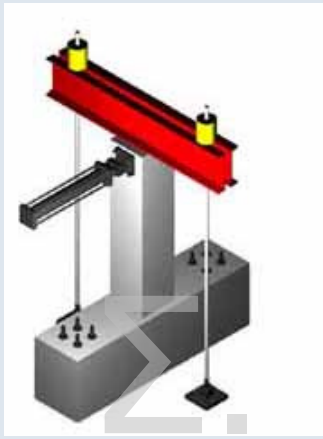
✓ Χρήση νέων υλικών υπό διερεύνηση

✓ Μικρή ή και αρνητική εξειδίκευση και εμπειρία συνεργείων

▪ Χρήση ΠΙΕΤΕΠ (www.iok.gr)

Κατασκευαστικές Διατάξεις

4



5



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

6



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

7



8

Έλεγχος Συνεργασίας στη Διεπιφάνεια

Ανίσωση Ασφαλείας

$$R_{id} \geq S_{id}$$

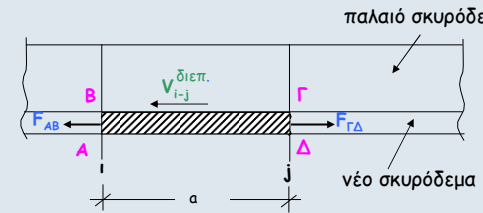
Αντίσταση Διεπιφάνειας
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα

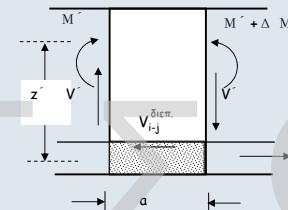
9

Έλεγχος Διεπιφανειών



$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} = F_{AB} - F_{\Gamma\Delta}$$

ή



$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} = \frac{\Delta M'}{z'} = V' \frac{a}{z'}$$

$M', V' =$ Ροπή, Τέμνουσα λόγω δράσεων μετά την επέμβαση

$$V_{i-j}^{\text{διεπ.}} \leq V_{Rd}^{\text{διεπ.}}$$

$$\text{Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων } \rho_{\delta} = \frac{A_{sd}}{A_{c\delta} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}^{10}}{f_{yk}}$$

ΙΟΚ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών
από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Αθήνα 2008

11



Εκτράχυνση με Αμμοβολή

12



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

13

ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



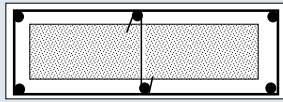
14



15



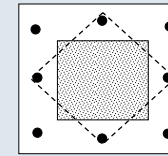
16



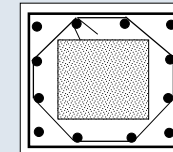
Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

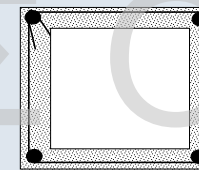
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



Άνοιγμα Συνδετήρων



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

$$F_{cm} = \underbrace{4u_o m f_{ctm}}_{\text{Τριβή}} + \underbrace{10n_b \frac{A_{sb}}{h_s}}_{\text{Αναρτήρες "πάπιες"}} + \underbrace{n_D F_{uD}}_{\text{Βλήτρα}}$$

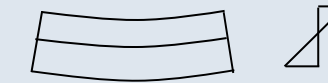
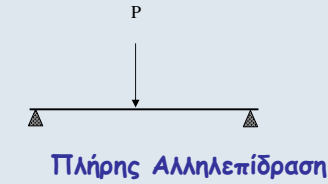
Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

Και $\frac{A_{sw}}{a_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{ctm}}{f_{ywd}}$, δηλ. $\alpha_{sw} \leq 0.8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{ctm}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

$k_k = 0,80$ $k_r = 0,90$ $k_{\theta y} = 1,25$ $k_{\theta u} = 0,80$



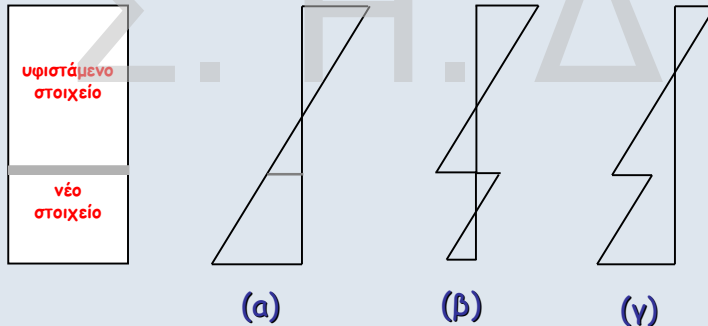
Μερική Αλληλεπίδραση



Διαχωρισμός

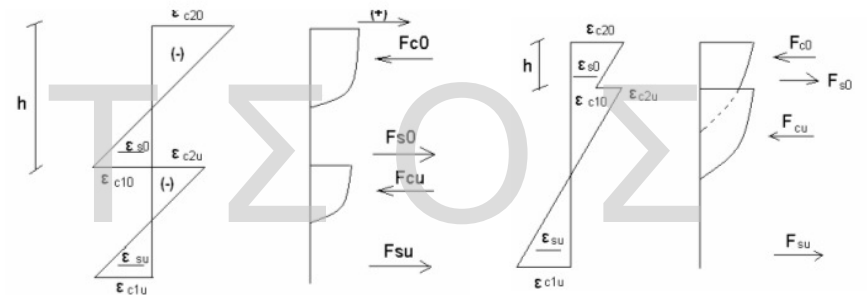


ΝΕΟ "ΣΥΝΘΕΤΟ" ΣΤΟΙΧΕΙΟ



Κατανομή παραμορφώσεων στη σύνθετη διατομή
(α) με μονολιθική συμπεριφορά,
(β), (γ) με ολίσθηση στη διεπιφάνεια

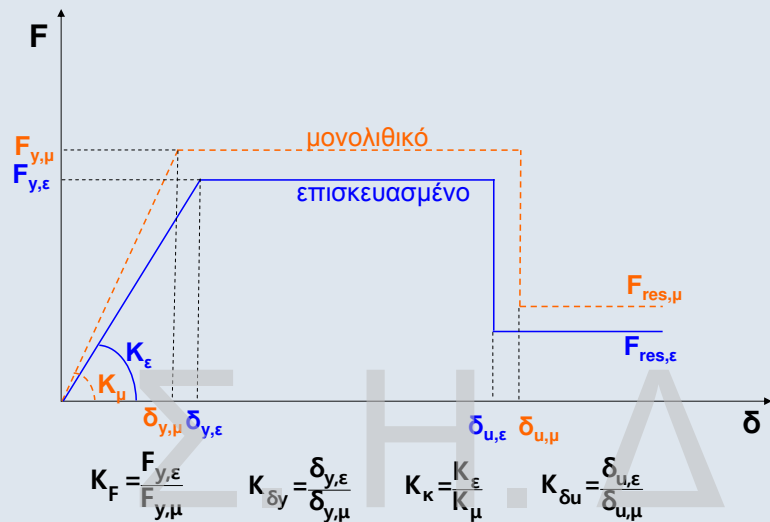
Απαιτείται προσομοίωμα μεταφοράς Διατμητικής Δύναμης



Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων

Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



25

Συντελεστές Μονολιθικότητας

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

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

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

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

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

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Ενισχυμένου Στοιχείου = k_i (Αντοχή, Πλαστιμότητα, Δυσκαμψία, Ικανότητα Παραμόρφωσης Μονολιθικού Στοιχείου)

26

Προσθήκη Νέας Στρώσης Σκυροδέματος

Εκτίμηση ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

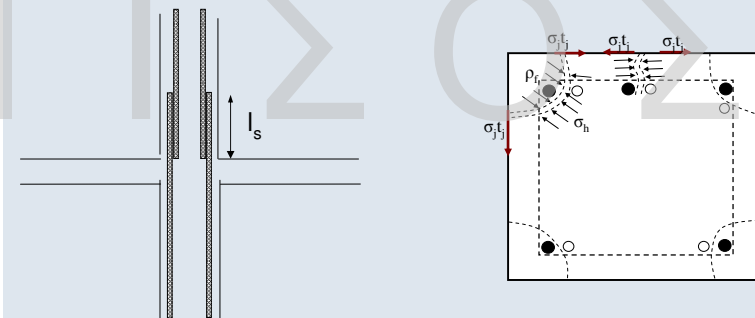
$$k_k = 0,85 \quad k_r = 0,95 \quad k_{\theta y} = 1,15 \quad k_{\theta u} = 0,85$$

Για λοιπά στοιχεία:

$$k_k = 0,80 \quad k_r = 0,85 \quad k_{\theta y} = 1,25 \quad k_{\theta u} = 0,75$$

27

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



$$T_{\alpha\pi} = (1-\lambda_s) A_b f_s$$

$$T = \mu(\rho_f l_s) \sigma_h \rightarrow \sigma_{h,\alpha\pi} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\mu \rho_f l_s}$$

$$\sigma_{j,t_j} = \sigma_h B \quad \text{όπου:} \quad \beta = \rho_f / B$$

$$t_{j,\alpha\pi} = \frac{(1-\lambda_s) A_b f_s}{\beta \mu l_s \sigma_j}$$

28

Για Γωνιακές Ράβδους

$$\left(A_j / s \right)_{\text{απ}} = \left[k_1 \left(\frac{f_{sy} d_s}{f_c l_s} \right) - 0,4 \frac{c}{d_s} - 0,30 \right]^2 \frac{f_c^2 \cdot d_s^2}{k_2 \cdot E_j \cdot f_{ctm}}$$

$A_j / s = t_j$ για συνεχή μανδύα

$k_1 = 1,7$ για στάθμη επιτελεσματικότητας A

$= 1,5$ για στάθμη επιτελεσματικότητας B ή Γ

$k_2 = 0,3$

$\frac{c}{d_s} \geq 2$

29

Καμπτική Ενίσχυση

Building Klinkerstr, Amsterdam



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ Η ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

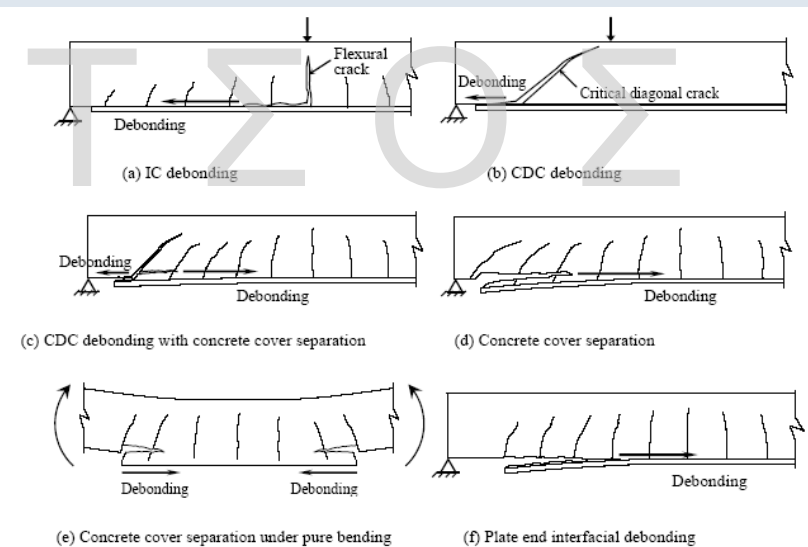
- Το υφιστάμενο στοιχείο πρέπει να μπορεί να αναλάβει την ένταση από μόνιμα φορτία
- Στην φάση αστοχίας να έχει διαρρεύσει ο υφιστάμενος εφελκυστικός σπλισμός
- Το υλικό ενίσχυσης θεωρείται νέος εξωτερικός σπλισμός και το στοιχείο μονολιθικό
Εφελκυστικές Δυνάμεις από την **συνολική καμπτική** ένταση
→ Νέος + Παλιός σπλισμός

Προσεγγιστικά:

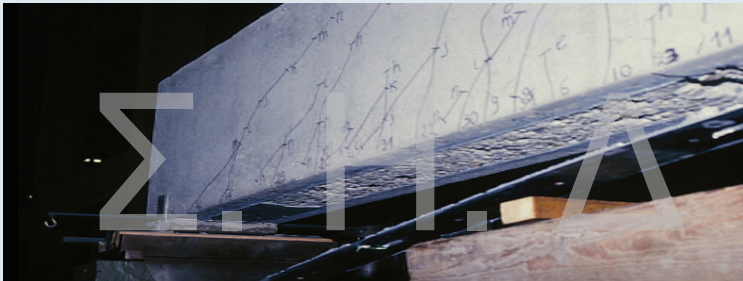
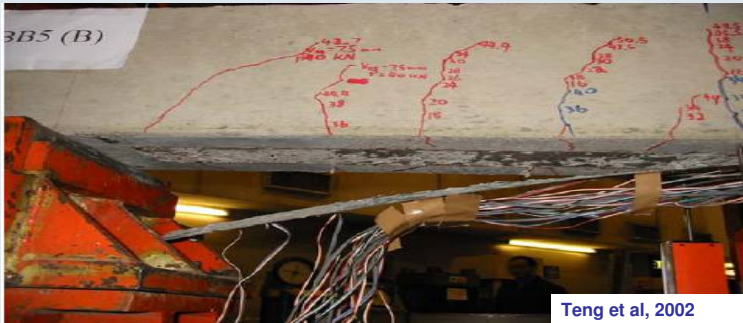
$$A_j = \frac{\Delta M_{do}}{Z \cdot \sigma_{jd}}$$

- Κατασκευαστικές Διατάξεις
πάχος, πλάτος, πλήθος στρώσεων, χρήση βλήτρων, αποστάσεις
- όχι σε περιοχές αλλαγής προήμου της ροπής

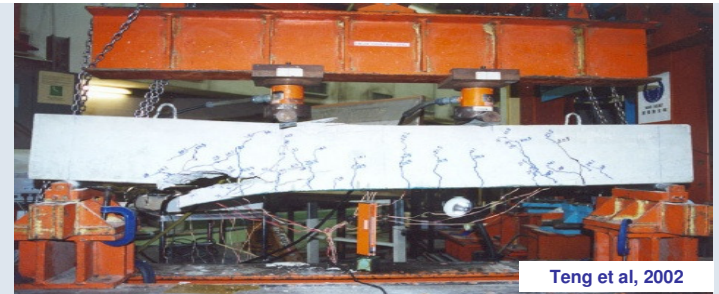
31



32



Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης

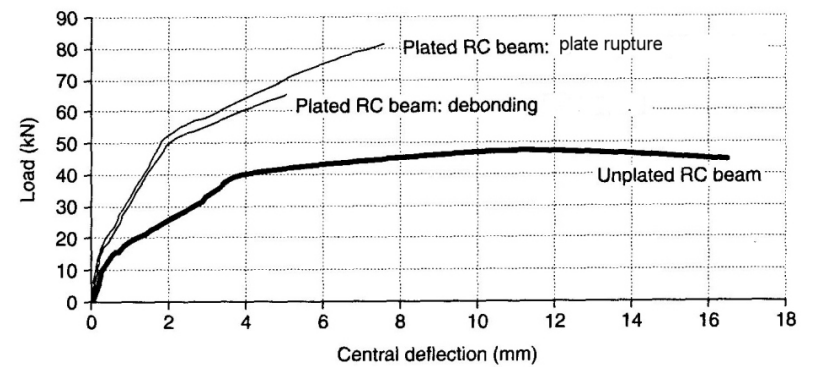


Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



Teng et al, 2002

Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολλητά Ελάσματα



Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = \dots$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση του υλικού ενίσχυσης: $\sigma_{jd} = \frac{1}{\gamma_m} \cdot f_{jk}$
- Πρώρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης (στα άκρα ή σε ενδιάμεσες θέσεις) $\sigma_j = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$

$$\sigma_{j,crit} = \beta \frac{\tau_b^{αποκ.}}{t_j} L_e$$

$$\beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

Διορθωτικός συντελεστής

$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}}$$

Ενεργό μήκος αγκύρωσης

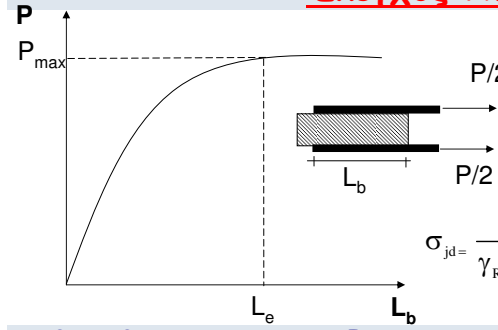
$$t_j = \psi \cdot k \cdot t_{j1}$$

t_{j1} = πάχος στρώσης

$$\psi = k^{-1/4}$$

- β_w : Επιρροή πλάτους οπλισμού ενίσχυσης
- β_L : Επιρροή διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης

Έλεγχος Αποκόλλησης



$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2 f_{ctm}}}$$

$$P_{max} = k f_{ctm} b_j L_e$$

$$\sigma_{jd} = \frac{\sigma_{crit}}{\gamma_R = 1,2} = \frac{P_{max}}{1,2 b_j t_j} \cong 1,15 \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2 t_j}}$$

Ας θεωρηθεί η περίπτωση μίας δοκού από σκυρόδεμα C16/20 που ενισχύεται στο εφελκύμενο πέλα με ένα έλασμα ΙΟΤ-Άνθρακα, πάχους $t_j=1\text{mm}$ και πλάτους $b_j=1/2b_w$. Εξετάζοντας την 2η μορφή αστοχίας λαμβάνεται:

$$f_{ctm} \cong 0,3 f_{ck}^{2/3} = 0,316^{2/3} = 1,92 \text{ MPa} \text{ και}$$

$$\sigma_{j,crit} = 1,15 \sqrt{\frac{200 \times 1,92 \times 10^3}{2}} = 504 \text{ MPa}$$

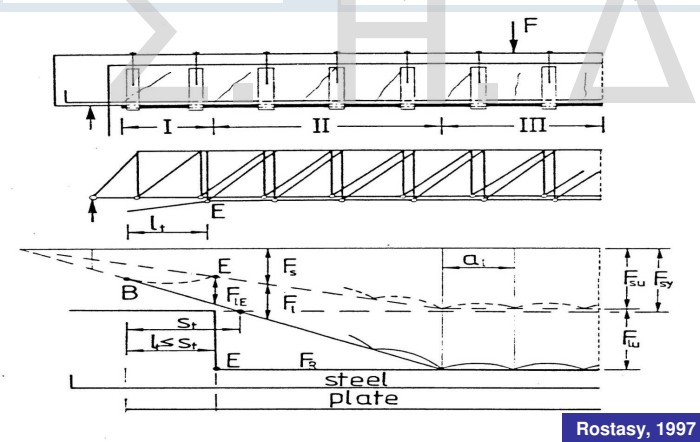
- Χρήσιμη τεχνική για ενισχύσεις γύρω από νέα ανοίγματα σε πλάκες, τοιχώματα

$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

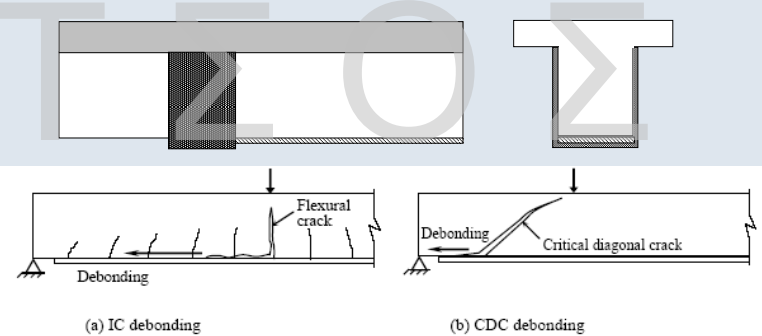
$$V_{sd,απολ.} \leq V_{cd,απολ.}$$

$$M_{sd,απολ.} \leq 0,67 M_{Rd,απολ.}$$

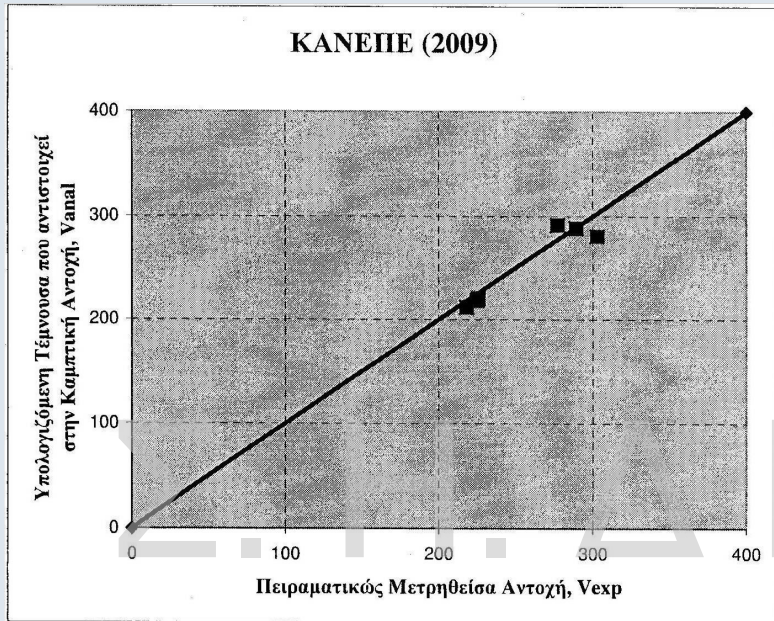


Rostasy, 1997

$$V_{sdj} = \frac{A_j \sigma_{jd}}{A_{so} f_{ydo} + A_j \sigma_{jd}} V_{sd,απολ.}$$



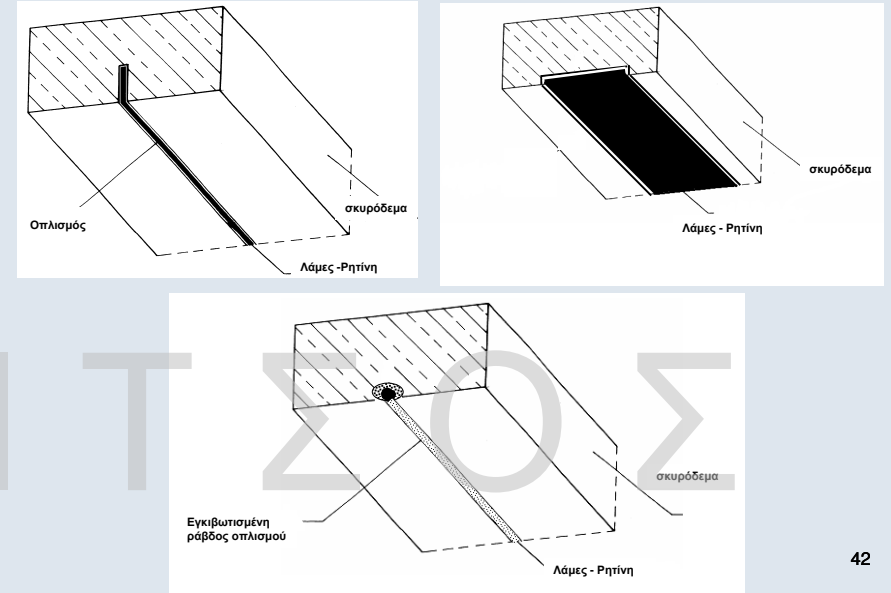
Χρήση στοιχείων αγκύρωσης στα άκρα



Μιτολίδης, Διδακτορική Διατριβή 2009, ΑΠΘ. 41

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός "Αυλακιών"

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

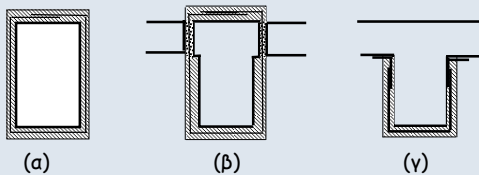


42

Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας

Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης ($V_{sd} > V_{Rd2}$)

- Με περίσφιξη
 - $f_{ck,c} = (1,125 + 1,25a_w) f_{ck}$
- Με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος
 - κλειστός μανδύας (συνιστάται)
 - τρίπλευρη ενίσχυση



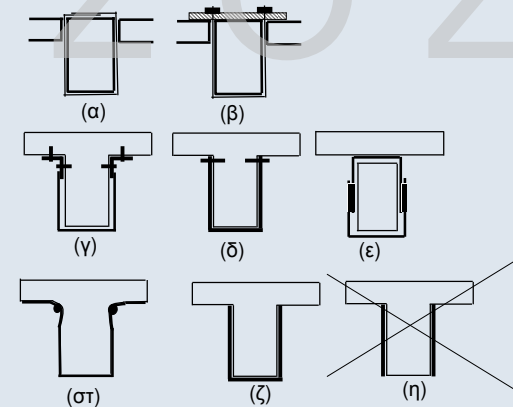
Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη:
(α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

$$V_{sd} \leq \frac{1}{\gamma_{Rd}} (V_{Rd,r} + V_{RM})$$

43

Ανεπάρκεια Οπλισμού Διάτμησης ($V_{sd} > V_{Rd3}$)

- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΤ



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

44

ΑΥΞΗΣΗ V_{Rd3}

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

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

Νέα Ενίσχυση: $V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j,ef} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha$

$$\rho_j = \frac{2A_j}{s_j \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \quad A_j = t_j \cdot w_j \quad t_j = A_j / s_j \quad h_{j,ef} = 2/3 \cdot d$$

Για $\theta = 45^\circ$ και $\alpha = 90^\circ$: $V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j,ef} = \frac{2A_j}{s_j} \cdot h_{j,ef} \cdot \sigma_{jd}$

45

Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = ;$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση υλικού ενίσχυσης
- Μείωση της συμβολής του σκυροδέματος (V_c) λόγω σημαντικής διεύρυνσης ανοίγματος ρωγμής
- Πρόωρη αποκόλληση λόγω ανεπάρκειας σύνδεσης

46

“ΚΛΕΙΣΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

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

$$\sigma_{jd} \leq \frac{1}{\gamma_m} f_{jk}$$

Για Χάλυβα

$$\gamma_m = 1,2 \quad f_{jk} = f_{syk}$$

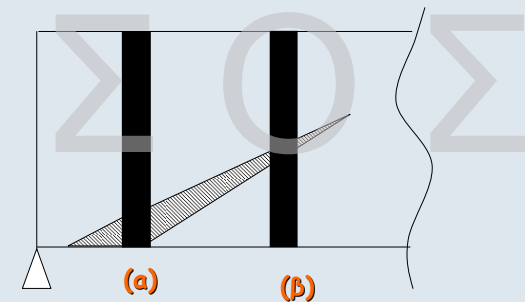
Για ΙΟΠ

$$\gamma_m = 1,2 \quad f_{jk} = E_j \cdot \varepsilon_{j,crit} \quad \varepsilon_{j,crit} = k_v \cdot \varepsilon_{j,max} \quad k_v = 0,5$$

$$\varepsilon_{j,max} = \min(\psi \varepsilon_{ju}, 1,5\%) \quad \psi = k^{-1/4}$$

47

Διατμητική Ενίσχυση με ΙΟΠ



- Η τάση στις ίνες εξαρτάται από το εύρος της ρωγμής που γεφυρώνουν.
 - Δεν υπάρχει ανακατανομή της έντασης
 - Αστοχούν οι ίνες στη θέση (α) πριν καλά-καλά ενεργοποιηθούν οι ίνες στη θέση (β)
- ➔ Μέση τιμή αντοχής $\approx \frac{1}{2}$ max Αντοχής ➔ $k_v = 0,5$

48

“ΑΝΟΙΚΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

$$\sigma_{jd} \leq \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \sigma_{j,d,crit} = k_v \sigma_{j,max} < \sigma_{j,d,"κλειστό"} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$$

Μέγιστη τάση για να αποφευχθεί η αποκόλληση

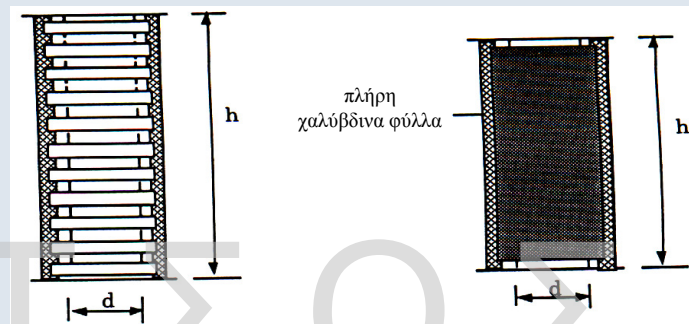
$$\sigma_{j,max} = \beta \frac{\tau_b^{αποκ.}}{t_j} L_e = \beta \sqrt{\frac{E_j \cdot f_{ctm}}{2t_j}} \quad \beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

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

$$\lambda = \frac{\text{διατιθέμενο μήκος}}{\text{μήκος αγκύρωσης}} = \frac{L_{av}}{L_e} = \frac{h_{j,ef}}{L_e}$$

Για Χάλυβα $\text{Αν } \sigma_{j,d,crit} \geq \sigma_{j,d,"κλειστό"} \quad k_v = 1,0$
 $\text{Αν } \sigma_{j,d,crit} < \sigma_{j,d,"κλειστό"} \quad k_v \text{ όπως ΙΟΠ}$

Περίσφιξη με μεταλλικό κλωβό ή μεταλλικό μανδύα



Περίσφιξη με Μεταλλικό Κλωβό

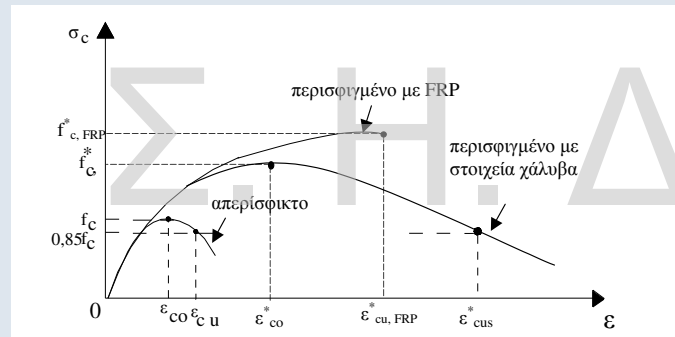


Περίσφιξη με ΙΟΠ





53



Χαλύβδινη περίσφιξη

$$\varepsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1\alpha_w \omega_w$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες άνθρακος

$$\varepsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$$

Περίσφιξη ΙΟΠ με ίνες γυαλιού

$$\varepsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$$

όπου $f_c^* = (1,125 + 1,25\alpha_w \omega_w) f_c$

55

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Απαιτήση Στοχευόμενου q:

- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς $q_u = q/q_0$ (q_0 παράγοντας υπεραντοχής δομήματος κατά EC8)
- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων:

$$\mu_d = \begin{cases} q_u & \text{όταν } T > T_2 \\ 1 + \frac{T_2}{T} (q_u - 1) & \text{όταν } T < T_2 \end{cases}$$

- Υπολογίζεται η απαιτούμενη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας σε όρους καμπυλότητας : $(\mu_d - 1) : (\mu_{1/r} - 1) = 3$
- Υπολογίζεται η απαιτούμενη μέγιστη θλιπτική παραμόρφωση σκυροδέματος:

$$\varepsilon_{cu}^* = 2,2 \cdot \mu_{1/r} \cdot \varepsilon_{sy} \cdot \nu$$

- Ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό περίσφιξης ω_w :

Χαλύβδινη Περίσφιξη: $\varepsilon_{cu}^* = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_w$

Περίσφιξη με CFRP: $\varepsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$ με $f_c^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) f_c$

Περίσφιξη με GFRP: $\varepsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$

56

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Απαιτήση Στοχευόμενου m :

Ομοίως με δείκτη συμπεριφοράς q , μόνο που το μ_d αντικαθιστάται με $m_{\text{απ}}$.

Απαιτήση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής θ_d :

Υπολογίζεται η $\mu_{1/r}$ μέσω αξιόπιστων συσχετισμών με τη μ_θ

$$\theta_{u,\text{απ.}} = \mu_{\theta,\text{απ.}} \cdot \theta_y$$

Όπου η θ_y :

Για δοκούς ή υποστυλώματα

Για τοιχώματα

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_{vz}}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad \theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_{vz}}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_s}{h} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Η συσχέτιση των μ_θ και μ_d γίνεται μέσω των σχέσεων:

- $\mu_\theta = \mu_d$ μη σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού ορόφων
- $\mu_\theta = \mu_d \frac{H_{\text{tot}}}{H_{\text{ορ.}}}$ πιθανός σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού σε όροφο

$$\mu_{1/r,\text{απ.}} = 3\mu_{d,\text{απ.}} - 2 \quad \rightarrow \quad \epsilon_{cu,\text{απ}}^* \quad \rightarrow \quad \omega_{w,\text{απ}}$$

57

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



58

Επισκευή με ρητινένεσις



CEA, Sacley

59

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα



60

Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

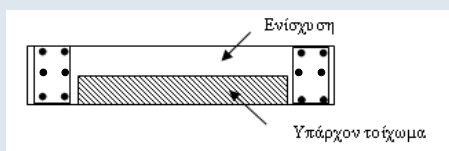
61



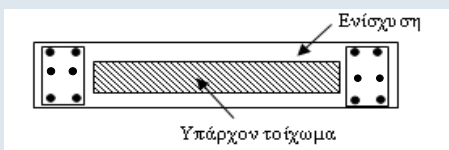
CEA, Sacley

Ενίσχυση Τοιχωμάτων

- Αποκατάσταση Ανεπαρκών Αναμονών
Όπως και στα υποστυλώματα
- Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Κάμψης
 - ✓ Προσθήκη υποστυλωμάτων στα άκρα
 - ✓ Μονόπλευρη ενίσχυση και προσθήκη υποστυλωμάτων



- ✓ Ολόπλευρος κλειστός μανδύας (συνιστάται)



63

Ενίσχυση Τοιχωμάτων

- Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας
 - ✓ Ανεπάρκεια λόγω λοξής θλίψης κορμού
Προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος ή μανδύα
 - ✓ Ανεπάρκεια οπλισμού διάτμησης
Προσθήκη Εξωτερικών στοιχείων χάλυβα ή ΙΟΠ ή μανδύας
- Ολίσθηση Τοιχώματος
 - ✓ Προσθήκη κατακόρυφων μεταλλικών στοιχείων εκατέρωθεν του αρμού
 - ✓ Τοπικός μανδύας
- Αύξηση Πλαστιμότητας
(Δεν προσφέρονται οι μέθοδοι περισφιγξης)
 - ✓ Αύξηση διατομής θλιβόμενου πέλματος
με προσθήκη εγκάρσιου τοιχώματος
με τοπική διεύρυνση του άκρου
 - ✓ Τοποθέτηση εγκαρσίων διαμπερών σφικτήρων

64

Εμφάνιση Πλαισίων

- Σημαντική Αύξηση της Δυσκαμψίας και της Σεισμικής αντίστασης του φορέα

Μορφές:

- Προσθήκη Απλού "Γεμίματος"
- Τοιχωματοποίηση Πλαισίου
- Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

Κρίσιμα σημεία της μελέτης

- Έλεγχος επάρκειας μεταφοράς τέμνουσας στις στάθμες των ορόφων
- Μικρή Αξονική → Μειωμένη Ενεργός Δυσκαμψία, Μεγάλη Στροφή στο Θεμέλιο

Κατασκευαστικά θέματα

- Δυσκολία σκυροδέτησης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρασης

65

Προσθήκη Απλού "Γεμίματος"

- Τοιχώματα από: α) Άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα (επί τόπου κατασκευαζόμενα ή προκατασκευασμένα)
β) Άοπλη ή οπλισμένη τοιχοποιία
- Δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα σύνδεσης του γεμίματος με το πλαίσιο
- Προσομοίωση του γεμίματος μέσω διαγώνιου θλιπτήρα
- Χαμηλή πλαστικότητα. Συνιστάται $m \leq 1,5$

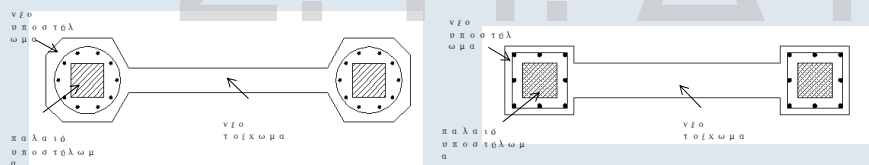
Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

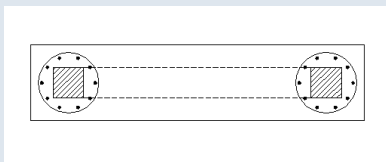
66

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού

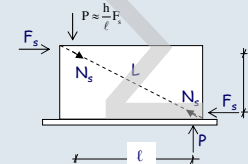


Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



67

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τέμνουσα στο Τοίχωμα:

$$F_s = V_s - \frac{2V_{Rc}}{\gamma_{sd}}$$

Έλεγχος Αντίστασης Φατνώματος:

- Θλίψη Διαγώνιου Θλιπτήρα:

$$N_s = \frac{L}{\ell} F_s \quad N_R = \lambda f'_c t_w b_w$$

$$f'_c = 0,6 f_c$$

b_w = ενεργό πλάτος διαγώνιου θλιπτήρα
 $\lambda \approx 0,4$, συντελεστής απομένουσας απόκρισης του διαγώνιου θλιπτήρα μετά την υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσης του

- Διάτμηση κατά Μήκος των Διεπιφανειών:

$$F_{βλ...οριζ.} = F_s - \frac{\ell}{L} N_R > \frac{1}{2} n_s D_u$$

$$F_{βλ...κατ.} = \frac{h}{\ell} F_{βλ...οριζ.} > \frac{1}{2} n_v D_u$$

Ελάχιστη ποσότητα βλήτρων 3Φ16 ανά μέτρο της περιμέτρου και ρ_{min}

68

Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

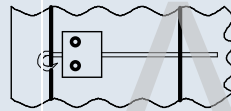
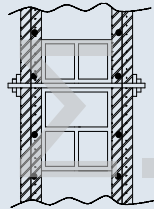
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαίσιο.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

Min $\rho_v = \rho_h = 0,005$

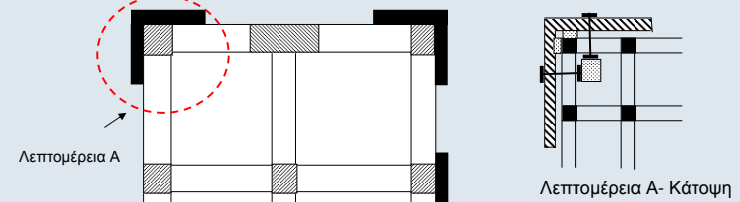
Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμπερών κοχλιωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα



69

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΩΝ ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ Η ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ (Λύση που απαιτεί ιδιαίτερα υψηλή μελετητική και κατασκευαστική εμπειρία)



Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

- (α) Ο συνδυασμός της θεμελίωσης των νέων τοιχωμάτων με τις υφιστάμενες θεμελιώσεις
- (β) Η κατά το δυνατόν αύξηση της αξονικής δύναμης που θα αναλάβουν τα νέα τοιχώματα κατά τον σεισμό

70

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



71

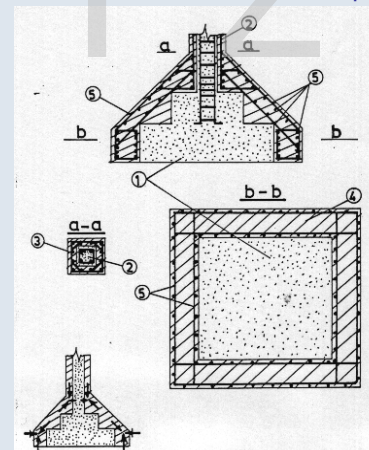
ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- Ανεπάρκεια επιφάνειας έδρασης
- Ανεπαρκές ύψος



Αύξηση διαστάσεων

Συνδυασμός με ενίσχυση κατακόρυφων μελών



$$\sum A_{sw} \geq \frac{P_n \tan \alpha}{f_{ywd}}$$

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

72

Ανάρτηση

www.episkeves.civil.upatras.gr

Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ

73

Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ