

Διαστασιολόγηση Επεμβάσεων



➤ Στέφανος Η. Δρίτσος, Ομότ. Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

28 και 29 Ιανουαρίου 2019, Ηράκλειο

1

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ
Σκυρόδεμα Χάλυβας Σύνθετα

Γενικές Απαιτήσεις

- Έλεγχος διεπιφανειών



Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας



Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου



Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση ικανότητας έναντι μεγεθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της τοπικής πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας



Εμφάνιση Πλαισίων

- Προσθήκη απλού "γεμίσματος"
- Τοιχωματοποίηση πλαισίων
- Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως
- Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα



Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα



Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης



3



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

4

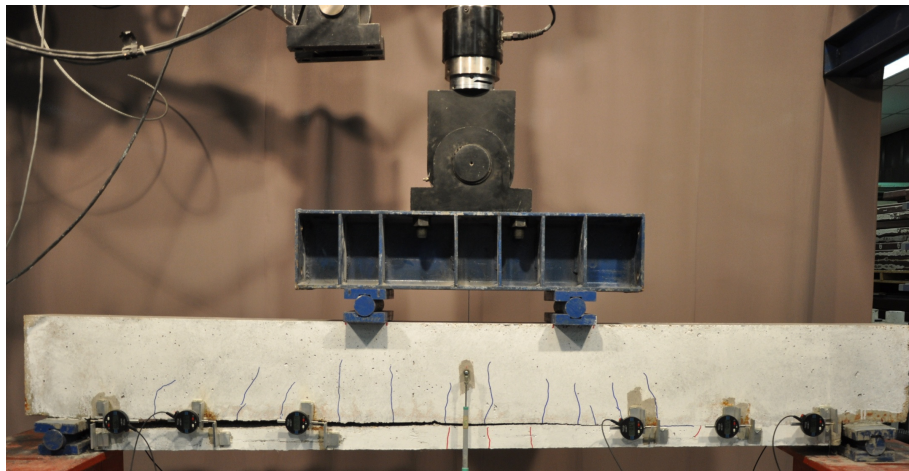


Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους

5



6



Απώλεια Σύνδεσης στη Διεπιφάνεια

7

Έλεγχος Συνεργασίας στη Διεπιφάνεια

Ανίσωση Ασφαλείας

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

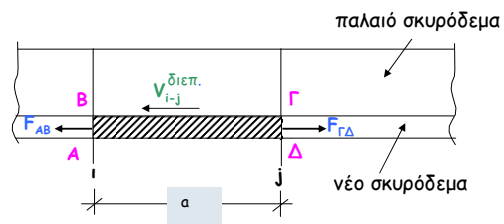
Αντίσταση Διεπιφάνειας
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα

8

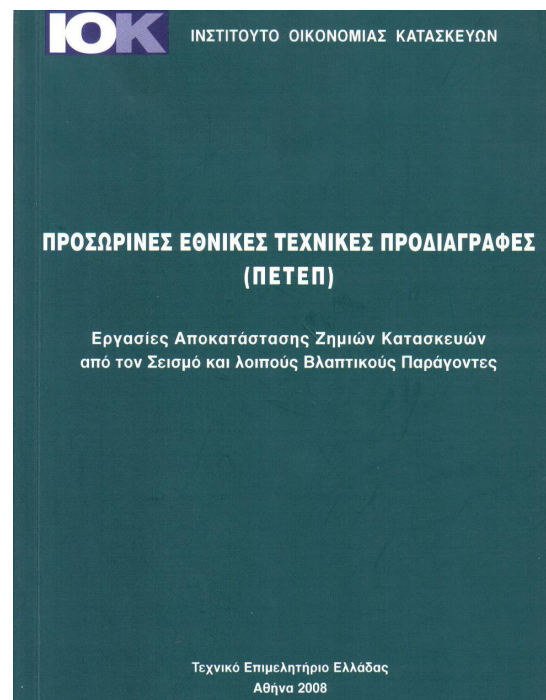
Έλεγχος Διεπιφανειών



$$V_{i-j}^{\delta_{i.e.π.}, B\Gamma} = F_{AB} - F_{\Gamma\Delta}$$



Εκτράχυνση με Αμμοβολή



ΕΤΕΠ
ΦΕΚ 2221B/30-7-2012



Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο

ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.



13

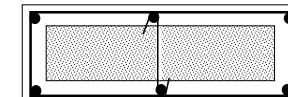
Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ



14



15

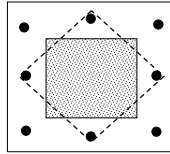


Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

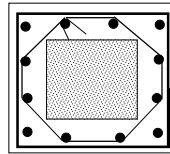
16

Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

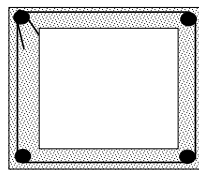
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



17



Άνοιγμα Συνδετήρων

18



Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα

19

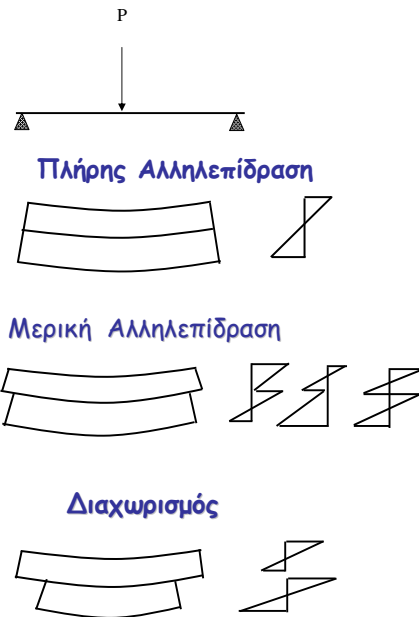
Διατμητική Αντίσταση Διεπιφάνειας: $V_{Rd}^{διεπιφ.}$

Μηχανισμοί

- Τριβή και Συνοχή
- Δράση Βλήτρου
- Δράση Σφικτήρα
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις

20

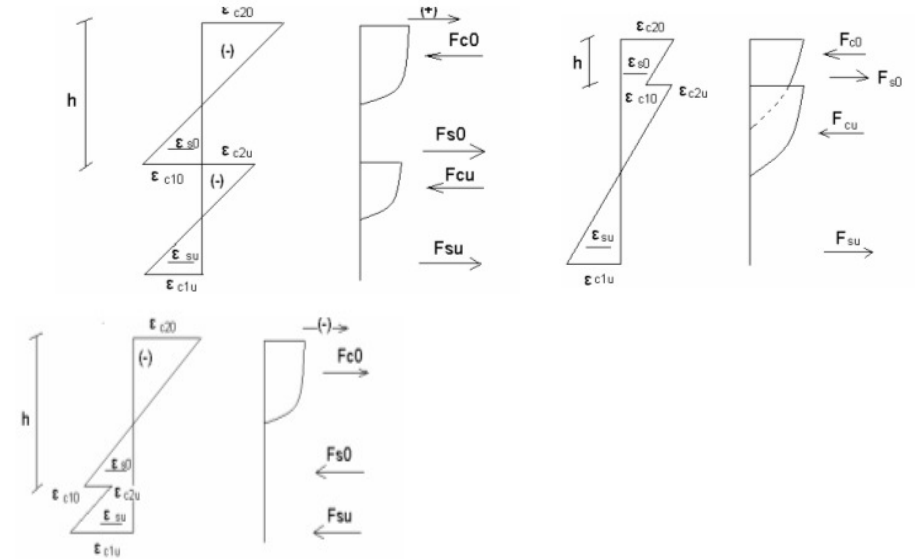
Ικανότητα Σύνθετου Μέλους



21

Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων

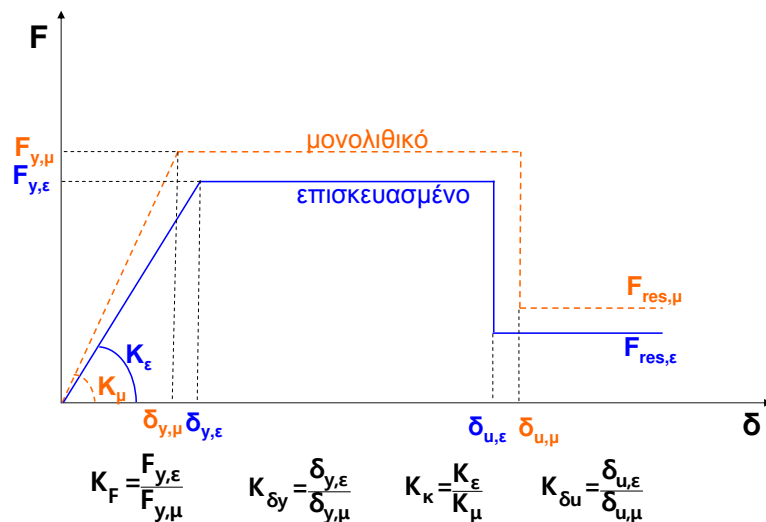
Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ



22

Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



23

Συντελεστές Μονολιθικότητας

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

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

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

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

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

$$R_{i, \text{ενισχ.}} = K_i \times R_{i, \text{μονολ.}}$$

24

Εκτίμηση ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

$$k_k = 0,85 \qquad k_r = 0,95 \qquad k_{\Theta_V} = 1,15 \qquad k_{\Theta_U} = 0,85$$

Για λοιπά στοιχεία:

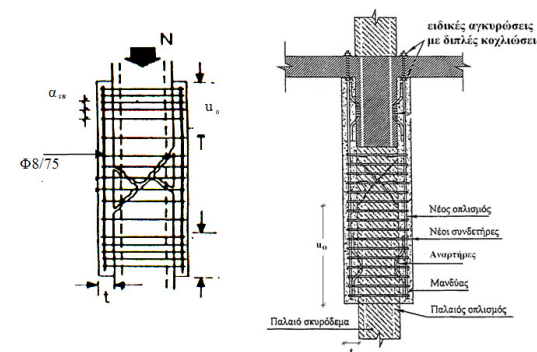
$$k_k = 0,80 \qquad k_r = 0,85 \qquad k_{\theta_v} = 1,25 \qquad k_{\theta_u} = 0,75$$

ΜΑΝΔΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Εκτίμηση Ικανότητας

Με συνεκτίμηση της σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες ή
Με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Έλεγχος Μεταφοράς Δυνάμεων: Αρχικό Στοιχείο-Μανδύας



Ενδεικτική απεικόνιση άκρων μανδύα

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

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

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

KAN.ΕΠΕ. (εξίσωση 8.9(β))

Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

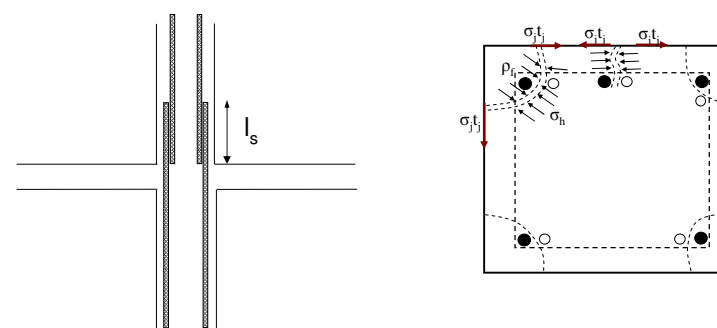
$$\min \left\{ \begin{array}{l} s = \min\{b_o / 2; 175; 8d_{bL}\} \quad E.K.8-1 (\S 5.4.3.2.2) \\ s = \min\{h / 2; 100\} \quad E.K.8-1 (\S 5.6.3) \end{array} \right.$$

Και $\frac{A_{sw}}{\alpha_{sw}} \geq \frac{t \cdot f_{ctm}}{f_{vwd}}$ ΚΑΝ.ΕΠΕ. (εξίσωση 8.10), δηλ. $\alpha_{sw} \leq 0.8 \left(\frac{f_{ywd}}{f_{ctm}} \right) \cdot \frac{d_h^2}{t}$ ΚΑΝ.ΕΠΕ. (εξίσωση Σ.8.7)

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς ΚΑΝ.ΕΠΕ. (§ Σ 8.2.1.5 (η))

$k_k = 0,80$ $k_r = 0,90$ $k_{\theta v} = 1,25$ $k_{\theta u} = 0,80$ 27

Αποκατάσταση Ικανότητας Περιοχής με Μειωμένα Μήκη Ματισμένων Ράβδων



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

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

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

$$(A_j/s)_{\alpha\pi\alpha\pi.} = \frac{(1 - \lambda_s) A_b f_s}{\beta \mu l_s \sigma_j}$$

$$\left(\frac{A_j}{s_w}\right)_{\alpha\pi.} = \frac{12}{(s_d : s_u)} \left(\frac{f_{sy}^3}{f_u f_c^2}\right) \left(\frac{d_s^2}{a_N l_s}\right)^3 (a_N)$$

$$(A_j/s)_{\alpha\pi.} = 1.3 \left[k_1 \left(\frac{f_{sy}}{f_c} \frac{d_s}{l_s} \right) - 0.4 \frac{c}{d_s} - 0.30 \right]^2 \frac{f_c^2 d_s^2}{k_2 E_j f_{cm}}$$

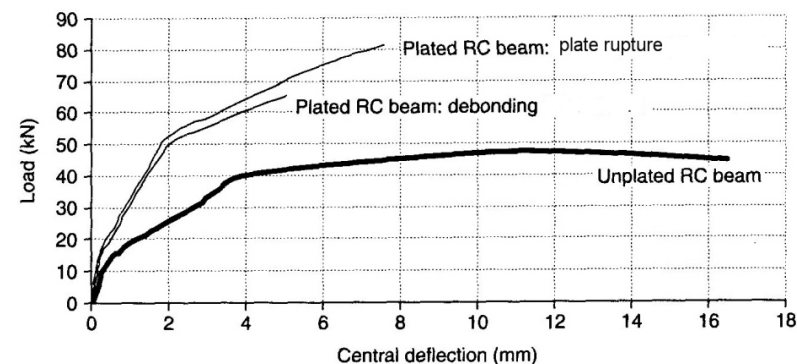
Για μανδύες $t_j = (A_j/s)_{\alpha\pi\alpha\pi.}$

28

Καμπτική Ενίσχυση



Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα



30

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ Η ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

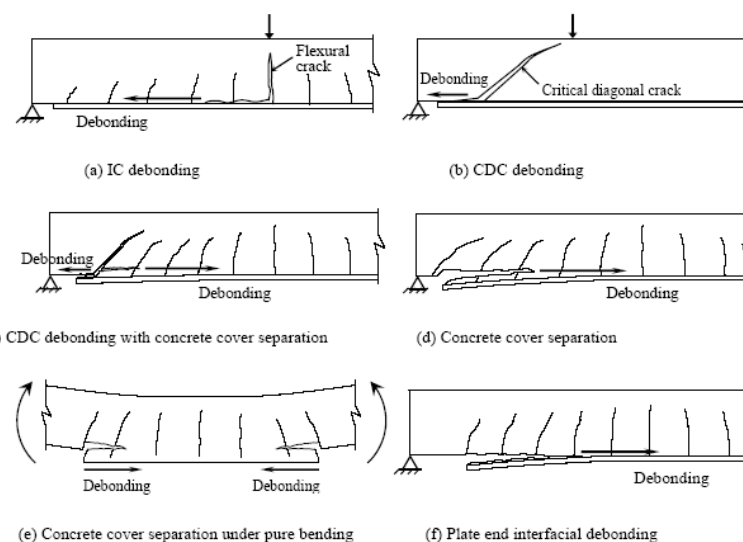
- Το υφιστάμενο στοιχείο πρέπει να μπορεί να αναλάβει την ένταση από μόνιμα φορτία
- Στην φάση αστοχίας να έχει διαρρεύσει ο υφιστάμενος εφελκυστικός οπλισμός
- Το υλικό ενίσχυσης θεωρείται νέος εξωτερικός οπλισμός και το στοιχείο μονολιθικό
Εφελκυστικές Δυνάμεις από την **συνολική καμπτική** ένταση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

Προσεγγιστικά:

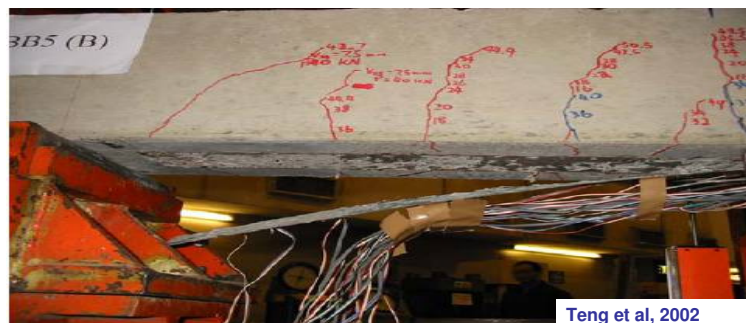
$$A_j = \frac{\Delta M_{do}}{z \cdot \sigma_{jd}}$$

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

31



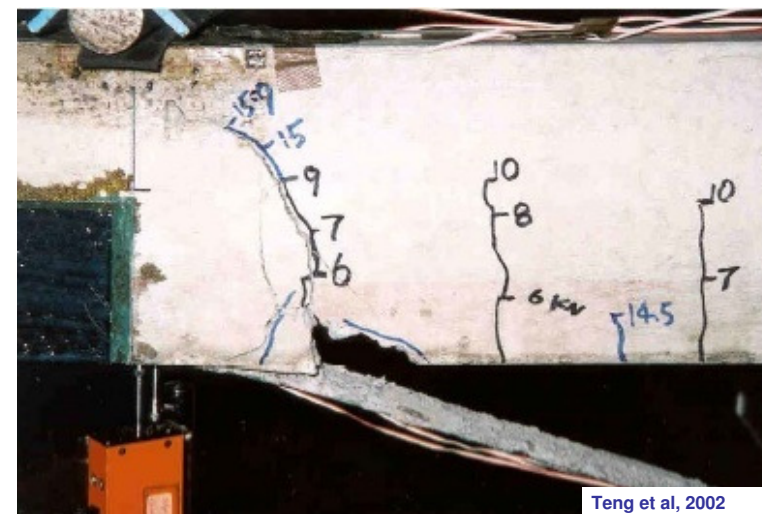
32



Teng et al, 2002



Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσεως του μήκους αγκύρωσης



Teng et al, 2002

34



Teng et al, 2002

Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού

Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

$$\sigma_{jd} = ;$$

Πιθανές Μορφές Αστοχίας

- Θραύση του υλικού ενίσχυσης: $\sigma_{jd} = \frac{1}{V_m} \cdot f_{jk}$
- Πρόωρη αποκόλληση του υλικού ενίσχυσης (στα άκρα ή σε ενδιάμεσες θέσεις) $\sigma_j = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \gamma_{Rd} = 1.2$

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

$$\tau_b^{apok.} = f_{ctm}$$

$$\beta = \beta_w \cdot \beta_L \quad \text{Διορθωτικός συντελεστής}$$

Ενεργό μήκος αγκύρωσης

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

β_w : Επιρροή πλάτους οπλισμού ενίσχυσης

$\beta_j = \sqrt{\frac{2 - b_j/b_w}{1 + b_j/b_w}}$ b_j = το πλάτος του υλικού ενίσχυσης
 b_w = το πλάτος του εφελκυσμένου πέλματος του δομικού στοιχείου επί του οποίου επικολλάται το υλικό ενίσχυσης

β_L : Επιρροή διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης

$\beta_L = \sin\left(\frac{\pi\lambda}{2}\right) \cong \lambda(2 - \lambda)$ όπου $\lambda = \frac{L_{av}}{L_e} < 1.0$
 και L_{av} το διατιθέμενο μήκος αγκύρωσης του οπλισμού ενίσχυσης

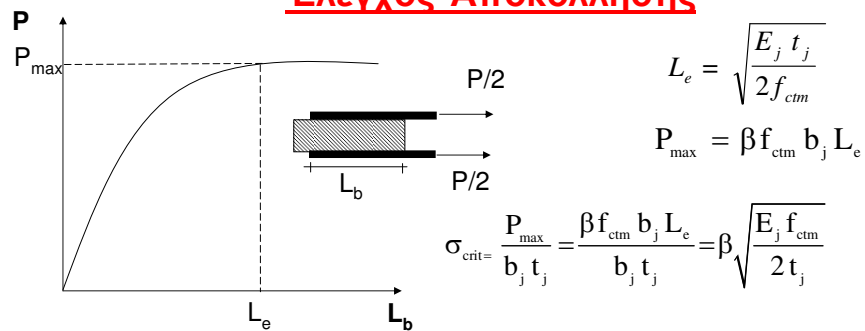
$\beta_L = 1.0$ όταν $\lambda \geq 1.0$

Αν στρώσεις $k \geq 4$

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

$\psi = k^{-1/4}$ για $k \geq 4$

36

Έλεγχος Αποκόλλησης

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

$$f_{ctm} \cong 0.3 f_{ck}^{2/3} = 0.316^{2/3} = 1.92 \text{ MPa} \quad \text{και} \quad \beta = \sqrt{\frac{2-1/2}{1+1/2}} = 1$$

$$\sigma_{j,crit} = \sqrt{\frac{200 \times 1.92 \times 10^3}{2}} = 438 \text{ MPa} \quad \sigma_{j,d} = \frac{438}{1.2} = 365 \text{ MPa}$$

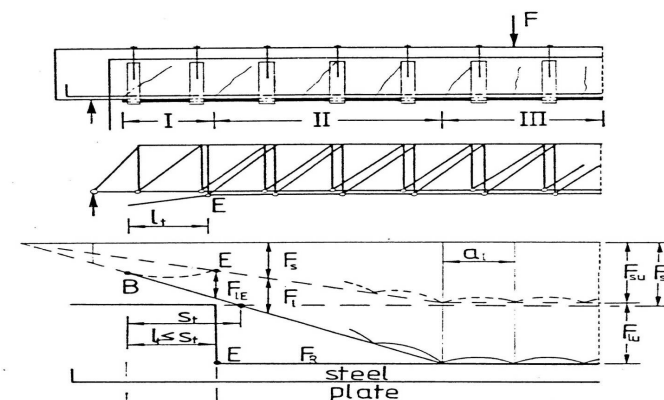
- Χρήσιμη τεχνική για ενισχύσεις γύρω από νέα ανοίγματα σε πλάκες, τοιχώματα

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

37

Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd,απολ} \leq V_{cd,απολ} \quad M_{sd,απολ} \leq 0.67 M_{Rd,απολ}$$



Rostasy, 1997

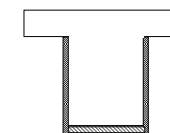
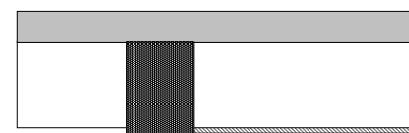
$$V_{sdj} = \frac{A_j \sigma_{jd}}{A_{so} f_{ydo} + A_j \sigma_{jd}} V_{sd,απ.όλ.}$$

38

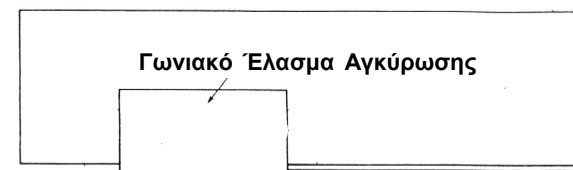


Χρήση στοιχείων αγκύρωσης στα άκρα

39



ΙΟΠ

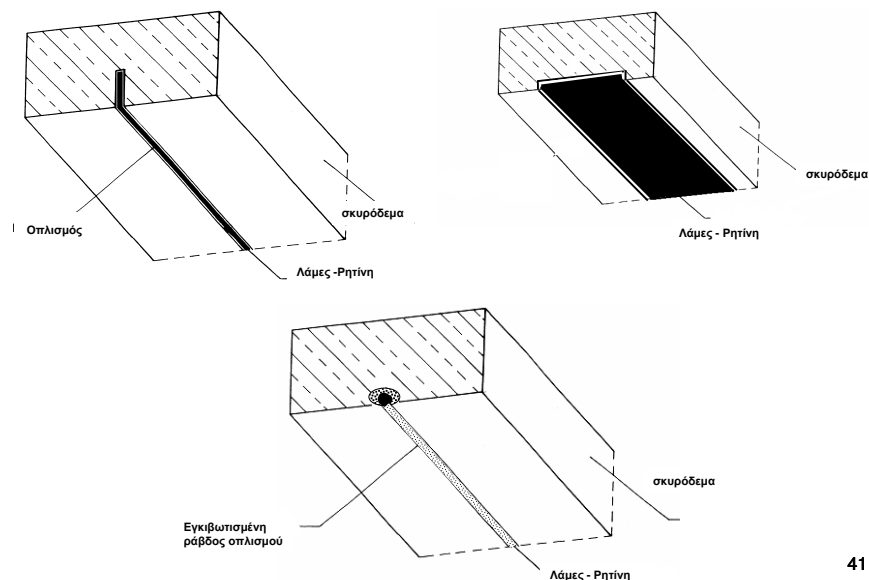
Χαλύβδινα
Στοιχεία

Χρήση στοιχείων αγκύρωσης στα άκρα

40

Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός "Αυλακιών"

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

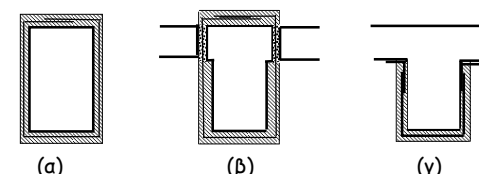


41

Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας

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

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



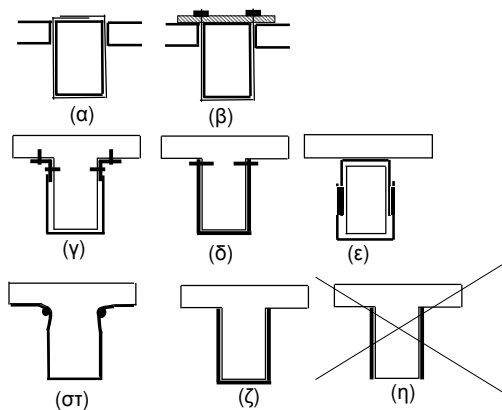
Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη:
 (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

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

42

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

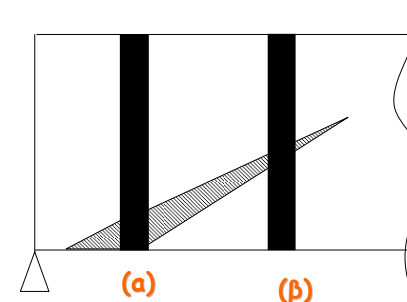
- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΠ



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

43

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 στην θέση (β)
- ➔ Μέση τιμή αντοχής $\approx \frac{1}{2} \max$ Αντοχής ➔ $k_v = 0,5$

44

Περίσφιγξη με Μεταλλικό Κλωβό



45

Περίσφιγξη με ΙΟΠ



46

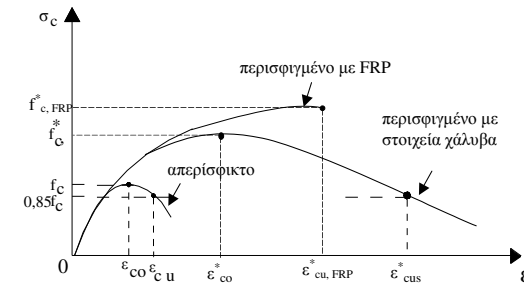


47

Περίσφιγξη με Μεταλλικά Ελάσματα ή Μεταλλικό Κλωβό



48

Σχέσεις ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013

$$\frac{f_{cd}^*}{f_c} = \frac{f_c^*}{f_c} = (1 + 2,5 \alpha_w) \quad \text{για } \alpha_w \leq 0,1$$

$$\frac{f_{cd}^*}{f_c} = \frac{f_c^*}{f_c} = (1,125 + 1,25 \alpha_{wd}) \quad \text{για } \alpha_w > 0,1$$

Χαλύβδινη περισφίγιξη

$$\varepsilon_{co}^* = 2,0 \times 10^{-3} (f_c^* / f_c)^2$$

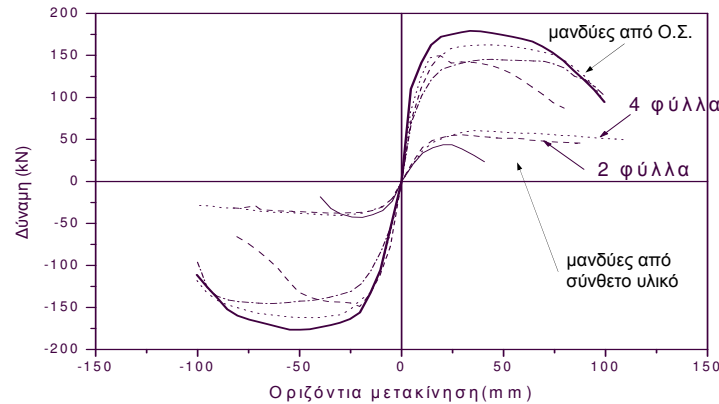
$$\varepsilon_{cu}^* = 3,5 \times 10^{-3} + 0,1 \alpha_w$$

Περίσφίγιξη ΙΟΠ

$$\varepsilon_{cu}^* = \varepsilon_{co}^* = \gamma_{IOΠ} 0,0035 (f_c^* / f_c)^2$$

 $\gamma_{IOΠ} = 1,00$ (για ΙΟΠ με ίνες άνθρακα) και $2,00$ (για ΙΟΠ με ίνες υάλου)

50



Διαγράμματα φορτίου-οριζόντιας μετακίνησης υποστυλωμάτων ενισχυμένων με μανδύες από σύνθετα υλικά και Ο.Σ.

Ογκομετρικά Ποσοστά Οπλισμού

Με βάση ό,τι ισχύει και για τους συμβατικούς συνδετήρες σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος

$$\rho_w = 2 \min(\rho_b, \rho_h) = 2 \min\left(\frac{n_b A_{sw}^{\sigma\kappa}}{b s}, \frac{n_h A_{sw}^{\sigma\kappa}}{h s}\right)$$

Για ίδια $A_{sw}^{\sigma\kappa}$ και s (ως συνήθως)

$$\rho_w = 2 \min\left(\frac{A_{sw}^{\sigma\kappa}}{s} \left(\frac{n_b}{b}, \frac{n_h}{h}\right)\right)$$

Για ενισχύσεις με κολλάρα ή μανδύες

$$n_b = n_h = 2$$

• Για κολλάρα $\rho_w = 4 \frac{A_j}{s} \min\left(\frac{1}{b}, \frac{1}{h}\right)$ όπου $A_j = b_j t_j$

• Για μανδύες $\rho_w = 4 t_j \min\left(\frac{1}{b}, \frac{1}{h}\right)$

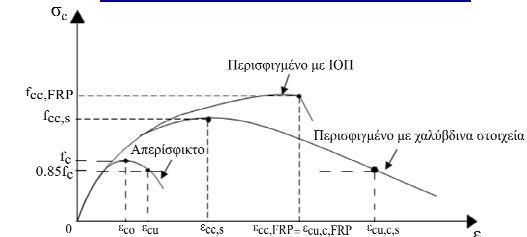
Για τετραγωνικά υποστυλώματα

$$\rho_w = \frac{4 A_j}{b s} \quad \text{για κολλάρα}$$

$$\rho_w = \frac{4 t_j}{b} \quad \text{για μανδύες}$$

$$\omega_{wd} = \left(\rho_j \frac{t_{jd}}{f_{cd}} \right)$$

51

Σχέσεις ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017**Χαλύβδινη περισφίγιξη**

$$\frac{f_{cc}}{f_c} = 1 + K = 1 + 3,5 \Lambda^{3/4} \quad \text{όπου } \Lambda = \alpha \cdot \rho_{sx} \cdot f_{yw} / f_c \quad \text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2017) } \varepsilon \xi \iota \sigma \omega \sigma \eta \text{ (8.17 } \alpha \text{)}$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} (1 + 5K) = \varepsilon_{co} (1 + 5 \cdot 3,5 \Lambda^{3/4}) \quad \text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2017) } \varepsilon \xi \iota \sigma \omega \sigma \eta \text{ (8.17 } \beta \text{)}$$

$$\varepsilon_{cu,c} = 0,004 + 0,4 \Lambda_c \quad \text{όπου } \Lambda_c = \alpha \cdot \rho_{sx} \cdot f_{yw} / f_{cc} \quad \text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2017) } \varepsilon \xi \iota \sigma \omega \sigma \eta \text{ (8.17 } \gamma \text{)}$$

$$\rho_{sx} = A_{sx} / (b_w s_h) \quad \text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2017) } \varepsilon \xi \iota \sigma \omega \sigma \eta \text{ (8.17 } \gamma \text{)}$$

Περίσφίγιξη ΙΟΠ

$$\frac{f_{cc}}{f_c} = 1 + K = 1 + 3,5 \Lambda^{3/4} \quad \text{όπου } \Lambda = \alpha \cdot \rho_{jx} \cdot f'_{ju} / f_c \quad \text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2017) } \varepsilon \xi \iota \sigma \omega \sigma \eta \text{ (8.18)}$$

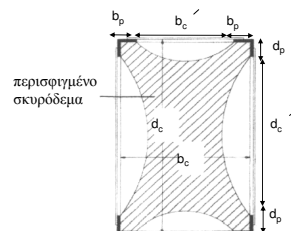
$$\rho_{jx} = A_{jx} / (b_w s_h)$$

$$\varepsilon_{cu,c} = \gamma_{IOΠ} 0,0035 (f_{cc} / f_c)^2 = 0,0035 (1 + K)^2 \quad \text{ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2017) } \varepsilon \xi \iota \sigma \omega \sigma \eta \text{ (8.19 } \alpha \text{)}$$

 $\gamma_{IOΠ} = 1,00$ (για ΙΟΠ με ίνες άνθρακα) και $2,00$ (για ΙΟΠ με ίνες υάλου)

52

Περίσφιγξη με χαλύβδινο κλωβό



$$\alpha = \alpha_\eta \alpha_s$$

$$\alpha_\eta = 1 - \frac{1}{3A_c} [b_c^2(1-\beta)^2 + d_c^2(1-\gamma)^2]$$

$$\text{όπου } A_c = b_c \cdot d_c \quad \text{και} \quad \beta = \frac{2b_p}{b_c}, \quad \gamma = \frac{2d_p}{d_c}$$

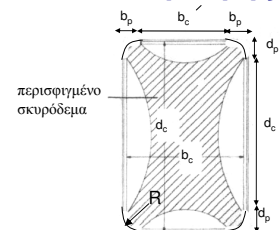
b_p και d_p είναι οι διαστάσεις των γωνιακών ελασμάτων (συνήα $b_p = d_p = 50\text{mm}$) με ελάχιστο πάχος 5mm.

Μπορεί να ληφθεί $\alpha_s = 0,9$

Για περίσφιγξη με κολλάρα τα α_η και α_s λαμβάνονται όπως για κοινούς συνδετήρες, με περισφιγμένο τμήμα το σύνολο της διατομής $b_c \times d_c$

53

Περίσφιγξη με ινοπλισμένα πολυμερή



$$\alpha = \alpha_\eta \alpha_s$$

$$\alpha_\eta = 1 - \frac{1}{3A_c} [b_c^2(1-\beta)^2 + d_c^2(1-\gamma)^2]$$

$$\text{όπου } A_c = b_c \cdot d_c \quad \text{και} \quad \beta = \frac{2b_p}{b_c}, \quad \gamma = \frac{2d_p}{d_c}$$

$$\alpha_s = (1 - \frac{s'}{2b_c})(1 - \frac{s'}{2d_c})$$

b_p και d_p η προβολή των διαστάσεων της εξομάλυνσης (στρογγυλεύσεως) των ακμών του στοιχείου. (Συνήθως 3-5 cm)

Επιδιώκεται το μέγιστο δυνατό, όμως η δυνατότητα εξαντλείται από τη θέση των συνδετήρων.

Για περίσφιγξη με συνεχή φύλλα προφανώς $\alpha_s = 1$

Υπενθυμίζεται (§4.4.3.ε) ότι ανάλογα με τον βαθμό εξομάλυνσης των ακμών η απομένουσα διαθέσιμη παραμόρφωση αστοχίας του ΙΟΠ είναι:

$$\varepsilon_{u,res} = \varepsilon_u - \varepsilon_o \quad \text{και} \quad f_{ju,res} = E_j \varepsilon_{u,res}$$

$$\text{όπου:} \quad \varepsilon_o = \frac{t_1}{2R} \quad R = \frac{b_p + d_p}{2} \quad t_1 = \text{πάχος μιας στρώσης}$$

$$\text{Για σχεδιασμό:} \quad f_{jd} = \frac{f_{jk} - E_j \varepsilon_o}{1,2}$$

54



55

Επιρροή Πλήθους Στρώσεων ΙΟΠ

$$f'_{ju} = f_{ju,res} \Psi$$

$$\Psi = 1 \quad \text{για } k \leq 3$$

$$\Psi = k^{-1/4} \geq 3/k \quad \text{για } k \geq 4$$

$$\text{Στο σχεδιασμό: } f'_{jd} = f_{jd} \cdot \Psi, \text{ επομένως και } \omega_{wd} = \rho_w \cdot f'_{jd} / f_{cd} \quad (\text{KAN.ΕΠΕ.2013})$$

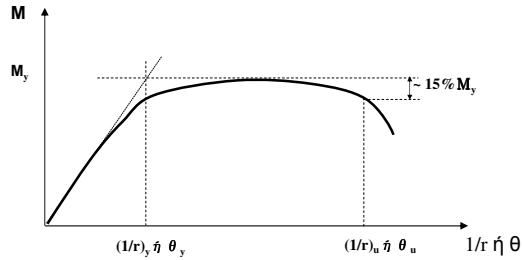
$$\frac{f_{cc}}{f_c} = 1 + K = 1 + 3,5\lambda^{3/4} \quad \text{όπου} \quad \lambda = \alpha \cdot \rho_{jx} \cdot f'_{ju} / f_c \quad (\text{KAN.ΕΠΕ. 2017})$$

Για συνεχή φύλλα

$$\rho_{jx} = A_{jx} / b_w s_h = 2t_j / b_w$$

56

Διαγράμματα M-1/r και M-θ



$$\mu_{1/r} = \frac{(1/r)_u}{(1/r)_y} \quad \mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y}$$

57

Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ

Περίσφιγξη σκυροδέματος και πλαστιμότητα μελών

$$\varepsilon_{cu}^* \rightleftharpoons \mu_{1/r}$$

$$\varepsilon_{cu}^* = 2,2\mu_{1/r}\varepsilon_{sy} \not\leq 0,0035 \quad (\text{KAN.ΕΠΕ. 2013})$$

$$\mu_{1/r} = \frac{f_{cc}}{f_c} \frac{(\varepsilon_{cu,c} - \frac{\varepsilon_{cc}}{3})}{1,75\nu\varepsilon_{sy}} \quad \varepsilon_{cu,c} \geq 0,004 \quad (\text{KAN.ΕΠΕ. 2017})$$

Για ΙΟΠ

$$\varepsilon_{cu,c} = \varepsilon_{cc} \rightarrow \mu_{1/r} = \frac{f_{cc}}{f_c} \frac{\varepsilon_{cu,c}}{2,6\nu\varepsilon_{sy}}$$

$$(\mu_{1/r} - 1) : (\mu_\theta - 1) \approx 3 \quad (\text{παραδοχή})$$

58

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας Περίσφιγξη με στόχο $\theta_{d,απ.}$

Έστω ότι προέκυψε $\theta_s > \theta_d$

Στόχος $\theta_{d,απ.} = \theta_s$

Για στάθμη Γ $\theta_d^\Gamma = \frac{\theta_u}{\gamma_{Rd}} = \frac{\mu_\theta \theta_y}{\gamma_{Rd}} \quad \gamma_{Rd} = 1,5 \text{ ή } 1,8 \quad (\text{βιβλίο §3.3, KAN.ΕΠΕ. §9.3.1})$

Για στάθμη Β $\theta_d^B = \frac{\theta_y + \theta_u}{2\gamma_{Rd}} = \frac{(\mu_\theta + 1)\theta_y}{2\gamma_{Rd}}$

Όπου για δοκούς ή υποστυλώματα (KAN.ΕΠΕ. Κεφ.7):

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\varphi_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

Επομένως

$$\theta_{d,απ.} \Rightarrow \mu_{\theta,απ.}$$

$$\mu_{\theta,απ.} \Rightarrow \mu_{1/r,απ.} \Rightarrow \alpha_{παιτ. \varepsilon_{cu,c}} \Rightarrow \Lambda \Rightarrow \text{Υλικό περισφίξης}$$

59

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Περίσφιγξη με στόχο $m_{απ.}$

Έστω ότι ο στόχος εκφράζεται σε όρους m

Για στάθμη Γ $m^\Gamma = \frac{\theta_d^\Gamma}{\theta_y} = \frac{\theta_u}{\gamma_{Rd} \theta_y} = \frac{\mu_\theta}{\gamma_{Rd}}$

Για στάθμη Β $m^B = \frac{\theta_d^B}{\theta_y} = \frac{\mu_\theta + 1}{2\gamma_{Rd}}$

Επομένως

$$m_{απ.} \Rightarrow \mu_{\theta,απ.}$$

$$\mu_{\theta,απ.} \Rightarrow \mu_{1/r,απ.} \Rightarrow \alpha_{παιτ. \varepsilon_{cu,c}} \Rightarrow \Lambda \Rightarrow \text{Υλικό περισφίξης}$$

60

Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Απαίτηση Στοιχεύμενου q:

Για κτίρια που ικανοποιούν τις προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου q και κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017 όταν δεν είναι πιθανός ο σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού σε όροφο

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

$$\mu_\delta = \begin{cases} q_p & \text{όταν } T \geq T_c \\ 1 + (T_c/T)(q_p - 1) & \text{όταν } T < T_c \end{cases}$$

- Για το πλέον τρωτό πρωτεύον στοιχείο ($\lambda = \lambda_{\max}$) λαμβάνεται $m_{\alpha.π.} = \mu_\delta$

Για τα υπόλοιπα πρωτεύοντα στοιχεία $m_{i,\alpha.π.} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{\max}} \mu_\delta$

Επομένως για κάθε μέλος ξεχωριστά

$$m_{\alpha.π.} \Rightarrow \mu_{l/r,\alpha.π.} \Rightarrow \alpha_{\text{παιτ.}\varepsilon_{\text{cu,c}}} \Rightarrow \Lambda \Rightarrow \text{Υλικό περισφιγξης}$$

61

Σ. Η. ΔΡΙΤΣΟΣ

	Σύστημα	$q_u (= V_u/V_f) \quad (1)$	
1	Συστήματα ανεστραμμένου εκκρεμούς ή στρεπτικός ευαίσθητα	1,00	
	Συστήματα τοιχείων ή πλαισίων	Κανονικότητα σε κάτοψη (2)	
		Ναι	Όχι (3)
2	Συστήματα τοιχείων		
2.1	Μόνον 2 μη-συζευγμένα τοιχεία ανά διεύθυνση, ασχέτως πλήθους ορόφων	1,00	1,00
2.2	Περισσότερα των 2 μη-συζευγμένα τοιχεία ανά διεύθυνση, ασχέτως πλήθους ορόφων	1,10	1,05
2.3	Οποιαδήποτε συζευγμένα ή μικτά συστήματα (ισοδύναμα τοιχεία, >50%)	1,20	1,10
3	Συστήματα πλαισίων		
3.1	$\eta = 1$ (η : αριθμός ορόφων, πάνω από το υπόγειο αν υπάρχει)	1,10	1,05
3.2	$\eta \geq 2$, δίστυλα	1,20	1,10
3.3	$\eta \geq 2$, πολύστυλα ή μικτά συστήματα (ισοδύναμα πλαίσια, >50%)	1,30	1,15

(1) Στον ΕΚ 8, η τιμή V_u/V_f παρουσιάζεται ως α_u/α_1 , δηλ. ως πηλίκων των αντίστοιχων ανηγμένων επιταχύνσεων.

(2) Για την κανονικότητα σε κάτοψη, βλ. την επόμενη § ε.

(3) Απλοποιητικώς, κατά ΕΚ 8, η υπεραντοχή μη-κανονικών (σε κάτοψη) κτιρίων, σε σχέση με αυτήν αντίστοιχων κανονικών, δίνεται από τη σχέση :

$$(V_u/V_f)_{\text{MH-K}} = [1 + (V_u/V_f) K] : 2.$$

(4) Οι τιμές του πίνακα δίνονται στον ΕΚ8-1 για σύγχρονες κατασκευές.

Για παλαιές κατασκευές μπορεί να ληφθεί:

Αν χάλυβας StI ή S220

Αν χάλυβας StIII, StII, S400, S500

Για ψαθυρότερους χάλυβες (π.χ. ψυχρής κατεργασίας)

$$q'_u = 1, 1q_u$$

$$q'_u = 0,9q_u \geq 1,0$$

$$q'_u = 1,0$$

62

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



63

Επισκευή με ρητινενέσεις



CEA, Sacley

64

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα



65

Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

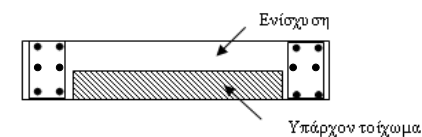
66



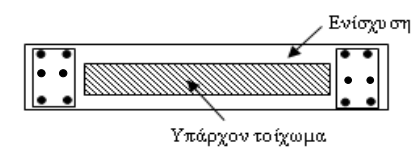
CEA, Sacley

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)



68

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 περίσφιγξης)
 - ✓ **Αύξηση διατομής θλιβόμενου πέλματος**
με προσθήκη εγκάρσιου τοιχώματος
με τοπική διεύρυνση του άκρου
 - ✓ Τοποθέτηση εγκαρσίων διαμπερών σφικτήρων

69

Εμφάνωση Πλαισίων

- Σημαντική Αύξηση της Δυσκαμψίας και της Σεισμικής αντίστασης του φορέα

Μορφές:

- Προσθήκη Απλού "Γεμίματος"
- Τοιχοματοποίηση 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 σκυροδέτισης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρανσης

70

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 πλαστιμότητα. Συνιστάται $m \leq 1,5$

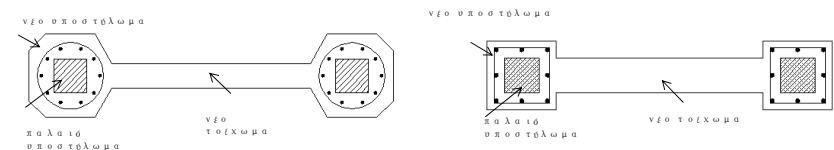
Προσοχή

Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

71

Τοιχοματοποίηση Πλαισίου

Εμφαντώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού

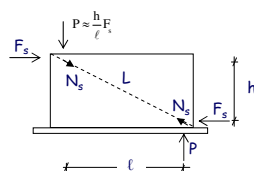


Εμφαντώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



72

Τοιχωματοποίηση Πλαισίου Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τένουσα στο
Τοίχωμα:

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

Έλεγχος Αντίστασης Φαντώματος:

- 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 παραμόρφωσής του

- Διάτμηση κατά Μήκος των Διεπιφανειών:

$$F_{\beta\lambda, \text{οριζ.}} = F_s - \frac{\ell}{L} N_R > \frac{1}{2} n_v D_u$$

$$F_{\beta\lambda, \text{κατ.}} = \frac{h}{\ell} F_{\beta\lambda, \text{οριζ.}} > \frac{1}{2} n_v D_u$$

Ελάχιστη ποσότητα βλήτρων 3Φ16 ανά μέτρο της περιμέτρου και $\rho_{\min}$

73

Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

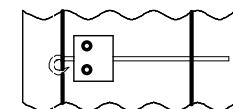
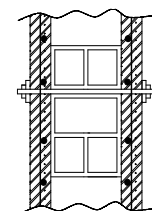
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαισίωμα.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

$$\text{Min } \rho_v = \rho_h = 0,005$$

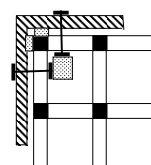
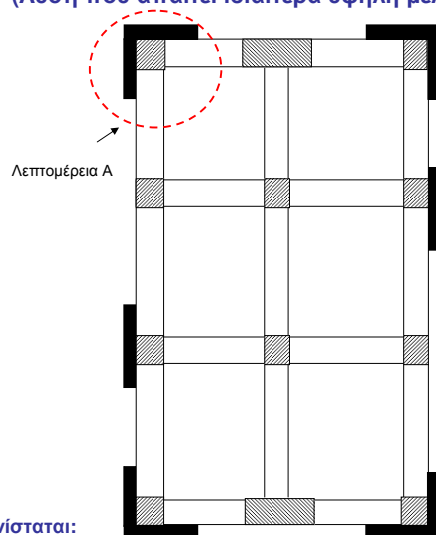
Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμπερών κοχλωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα



74

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



Λεπτομέρεια Α- Κάτοψη

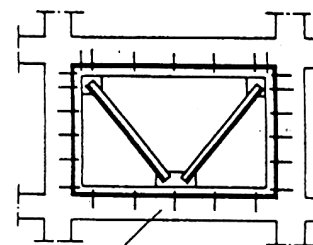
Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

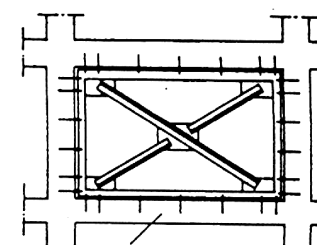
- Ο συνδυασμός της θεμελίωσης των νέων τοιχωμάτων με τις υφιστάμενες θεμελιώσεις
- Η κατά το δυνατόν αύξηση της αξονικής δύναμης που θα αναλάβουν τα νέα τοιχώματα κατά τον σεισμό

75

Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων



Διαμητηκοί
σύνδεσμοι



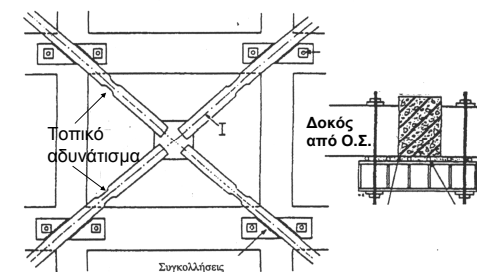
Διαμητηκοί
σύνδεσμοι

76



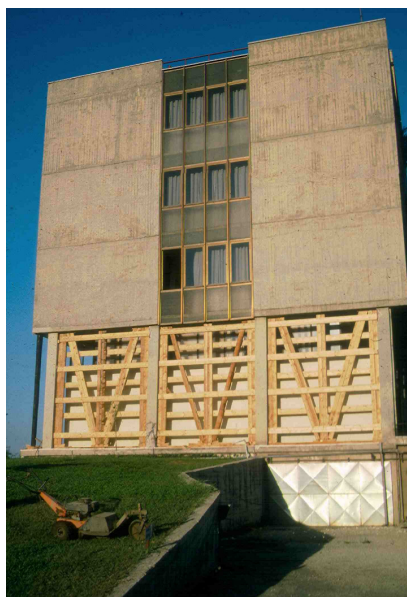
Προσθήκη παράπλευρων εξωτερικών μεταλλικών συστημάτων

77



Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σύνδεσης παράπλευρων μεταλλικών δικτυωμάτων

78



Temporary support and stiffening of the damaged soft floor

79

ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

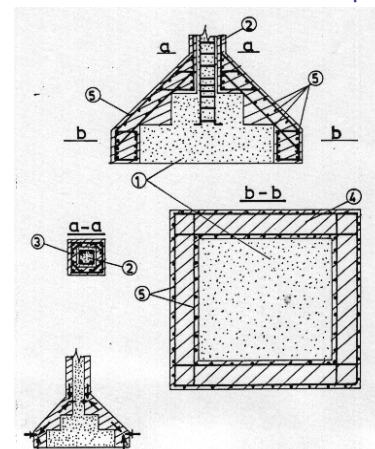
■ Ανεπάρκεια επιφάνειας έδρασης

■ 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 μανδυνών, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

80



www.episkeves.civil.upatras.gr