

# Ο ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ - ΚΕΦ.8

Στέφανος Η. Δρίτσος  
Πανεπιστήμιο Πατρών

ΤΕΕ, ΕΒΕΑ, ΟΑΣΠ  
Αθήνα 16/12/09

1

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### 8.1 Γενικές Απαιτήσεις

- Έλεγχος διεπιφανειών

### 8.2 Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων

- Επεμβάσεις με σκοπό την ικανότητα έναντι μεγθών 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

### 8.3 Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων

- Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου
- Ανεπάρκεια σπλισμού κόμβου

### 8.4 Επεμβάσεις σε Τοιχώματα

- Επεμβάσεις σε τοίχωμα με στόχο την ικανότητα έναντι μεγθών ορθής έντασης
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας τέμνουσας σε τοίχωμα
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της πλαστιμότητας
- Επεμβάσεις με στόχο την αύξηση της δυσκαμψίας

### 8.5 Εμφάνιση Πλαισίων

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

### 8.6 Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων

- Σύνδεσμοι
- Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων
- Διαφράγματα

### 8.7 Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης

## ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ → ΘΕΜΑ ΔΥΣΚΟΛΟΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

- Απαιτείται καλή γνώση των μέσων που διατίθενται για επεμβάσεις

#### •Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων

- Ειδικό Τύποι 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

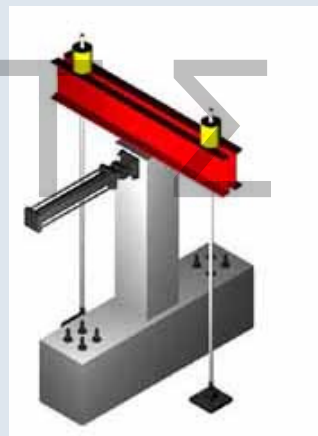
✓ Χρήση νέων υλικών υπό διερεύνηση

✓ Μικρή ή και αρνητική εξειδίκευση και εμπειρία συνεργείων

- Χρήση ΠΕΤΕΠ ([www.iok.gr](http://www.iok.gr))

Κατασκευαστικές Διατάξεις

3



4



Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα

5



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

6

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΑ Ανίσωση Ασφαλείας

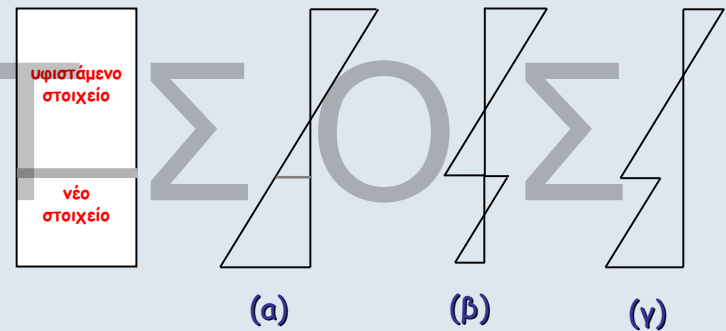
$$R_{id} \geq S_{id}$$

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

Εντατικά Μεγέθη  
που δρουν στη διεπιφάνεια

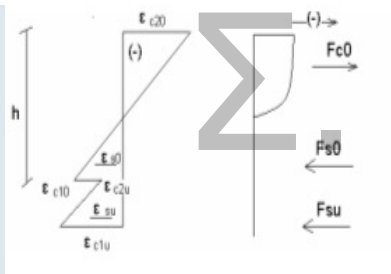
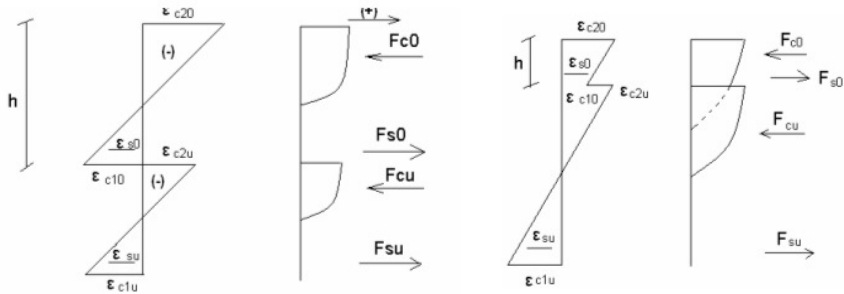
### ■ Ελάχιστα και Μέγιστα

## ΝΕΟ “ΣΥΝΘΕΤΟ” ΣΤΟΙΧΕΙΟ



Κατανομή παραμορφώσεων στη σύνθετη διατομή  
(α) με μονολιθική συμπεριφορά,  
(β), (γ) με ολίσθηση στη διεπιφάνεια  
Απαιτείται προσομοίωμα μεταφοράς Διατμητικής Δύναμης

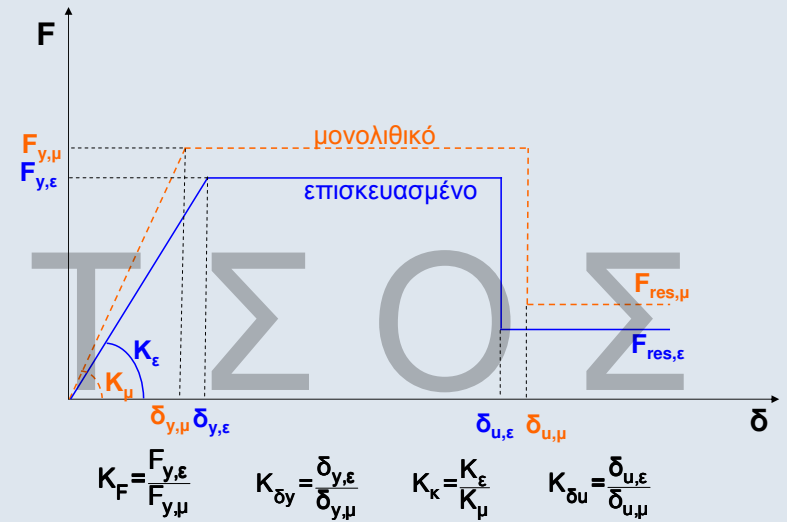
8



Πόσο θα ήταν το λάθος αν θεωρούσαμε μονολιθική συμπεριφορά;

### Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων

### ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΕΝΤΑΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ

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

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

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

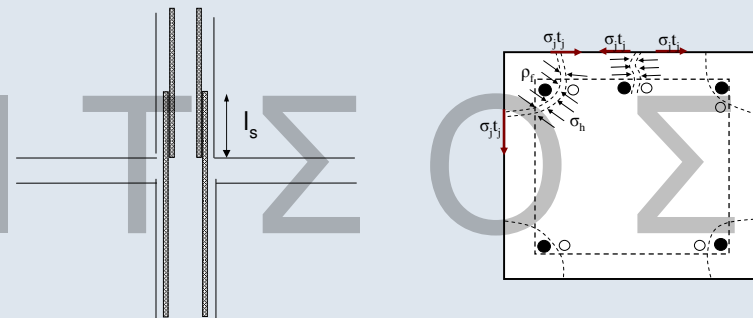
$$k_\mu = \frac{\text{Πλαστιμότητα πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Πλαστιμότητα μονολιθικού στοιχείου}}$$

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

Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

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

### ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΜΑΤΙΣΜΕΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ



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

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

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

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

## Για Γωνιακές Ράβδους

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

$A_j / s = t_j$  για συνεχή μανδύα

$k_1 = 1,7$  για στάθμη επιτελεστικότητας A

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

$k_2 = 0,3$

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

13

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Προσθήκη Ελασμάτων (χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων από ΙΟΠ στο εφελκυσμένο πέγμα
- Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στο εφελκυσμένο ή στο θλιβόμενο πέγμα

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Προσθήκη Νέας Στρώσης Οπλισμένου Σκυροδέματος στο εφελκυσμένο ή στο θλιβόμενο πέγμα

## ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ

- Συνίσταται η χρήση μανδυών

14

## 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 εφελκυσμένος οπλισμός
- Το υλικό ενίσχυσης θεωρείται νέος εξωτερικός οπλισμός και το στοιχείο μονολιθικό  
Εφελκυστικές Δυνάμεις από την **συνολική καμπτική** ένταση → Νέος + Παλιός οπλισμός

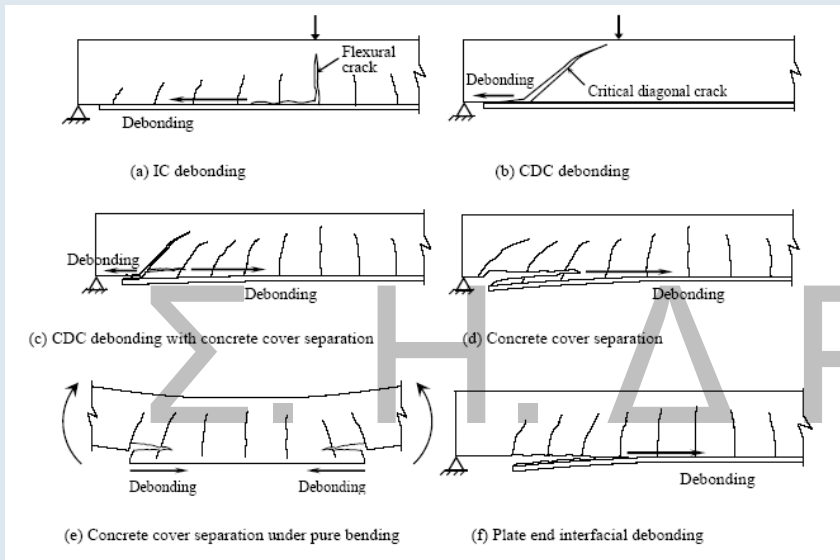
Προσεγγιστικά:

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

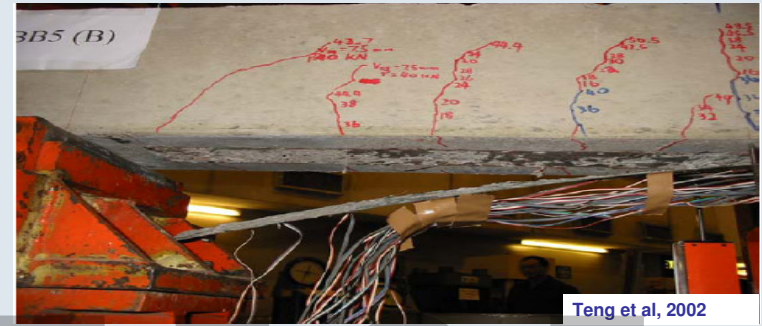
- Κατασκευαστικές Διατάξεις  
πάχος, πλάτος, πλήθος στρώσεων, χρήση βλήτρων, αποστάσεις
- όχι σε περιοχές αλλαγής προσήμου της ροπής

16

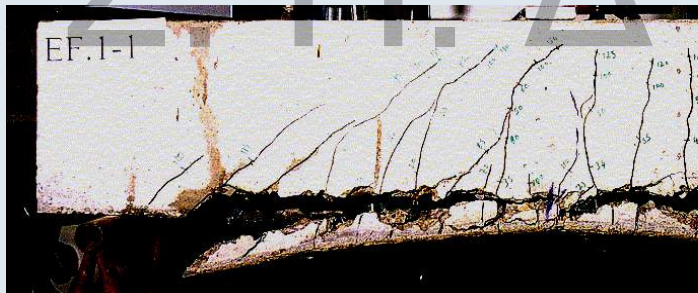
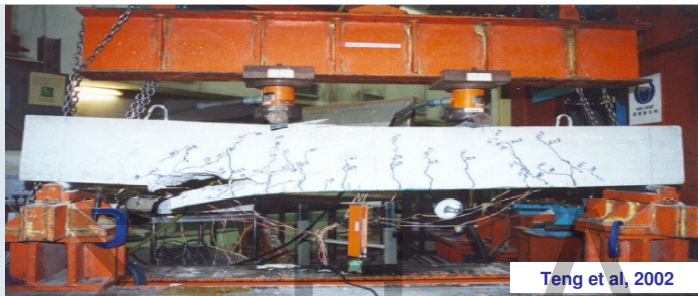




17



Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσει του μήκους αγκύρωσης



Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού



20

# 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)  $\sigma_j = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} \quad \gamma_{Rd} = 1,2$

$$\sigma_{j,crit} = \beta \frac{T_{\text{αποκ.}}}{b_j t_j} L_e$$

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

Διορθωτικός συντελεστής

$\beta_w$ : Επιρροή πλάτους οπλισμού ενίσχυσης

$\beta_L$ : Επιρροή διατιθέμενου μήκους αγκύρωσης

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

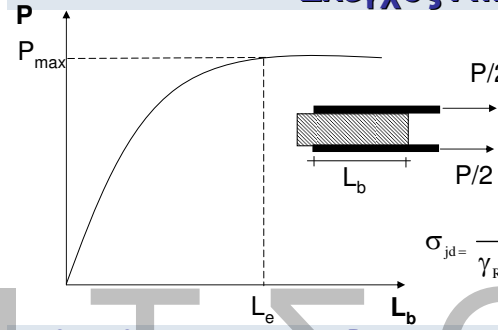
Ενεργό μήκος αγκύρωσης

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

$t_{j1}$  = πάχος στρώσης

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

# Έλεγχος Αποκόλλησης



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

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

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

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

$$f_{ctm} \cong 0.3 f_{ck}^{2/3} = 0.316^{2/3} = 1.92 \text{ MPa} \quad \text{και}$$

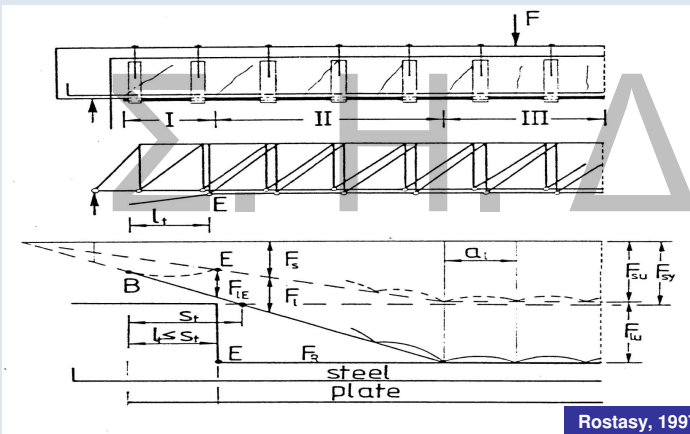
$$\sigma_{j,crit} = 1.15 \sqrt{\frac{200 \times 1.92 \times 10^3}{2}} = 504 \text{ MPa}$$

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

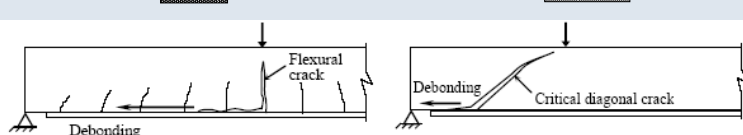
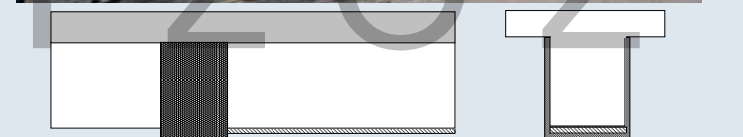
# Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd, \text{απολ.}} \leq V_{cd, \text{απολ.}}$$

$$M_{sd, \text{απολ.}} \leq 0.67 M_{Rd, \text{απολ.}}$$



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



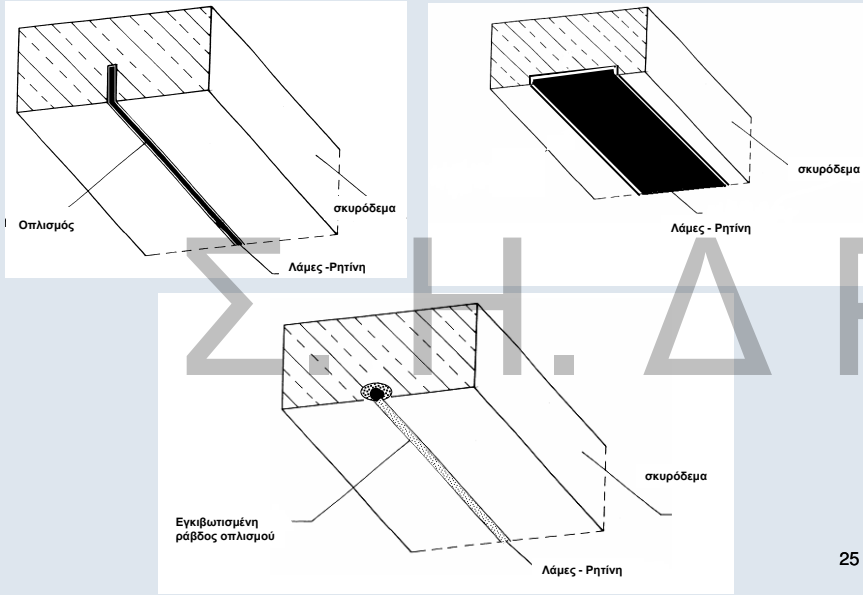
(a) IC debonding

(b) CDC debonding

Χρήση στοιχείων αγκύρωσης στα άκρα

## Καμπτική Ενίσχυση με Οπλισμούς εντός “Αυλακιών”

(Δεν καλύπτεται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.)



25

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### Εκτίμηση ικανότητας

- Με συνεκτίμηση της ολίσθησης
- Προσεγγιστικά με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας

Για πλάκες:

$$k_k = 0,85$$

$$k_r = 0,95$$

$$k_{\theta y} = 1,15$$

$$k_{\theta u} = 0,85$$

Για λοιπά στοιχεία:

$$k_k = 0,80$$

$$k_r = 0,85$$

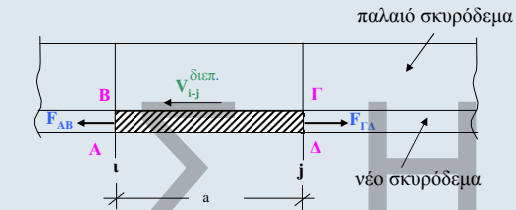
$$k_{\theta y} = 1,25$$

$$k_{\theta u} = 0,75$$

26

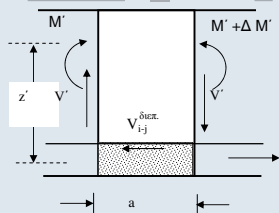
## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΑΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### Έλεγχος Διεπεφανειών - Αγκυρώσεων



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

ή



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

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

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

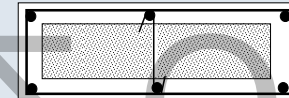
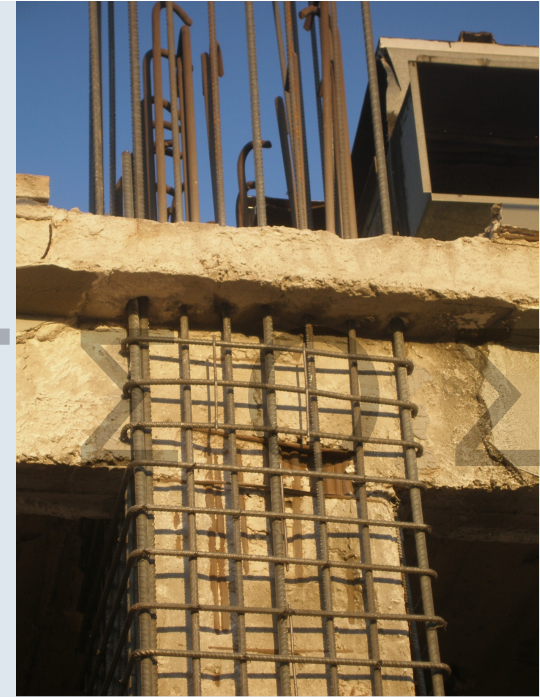
$$\text{Ελάχιστο Ποσοστό Βλήτρων } \rho_{\delta} = \frac{A_{sd}}{A_{\sigma\delta} \sin \alpha} \geq 0,18 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad 27$$



28



**ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.**

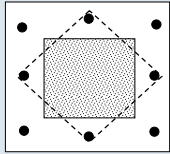


**Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές**

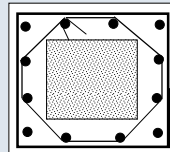


## Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

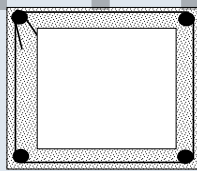
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία 45°



33



Άνοιγμα Συνδετήρων

34



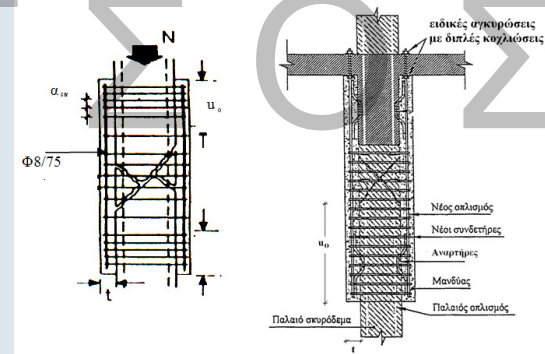
Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα 35

## ΜΑΝΔΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### Εκτίμηση Ικανότητας

Με συνεκτίμηση της σχετικής ολίσθησης στις διεπιφάνειες ή  
Με χρήση συντελεστών μονολιθικότητας (Ref. 10, 12, 24)

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

36

Θλίβουσα Δύναμη Μανδύα

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

Ελάχιστοι Συνδετήρες Μανδύα

ΕΚΩΣ 2000

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

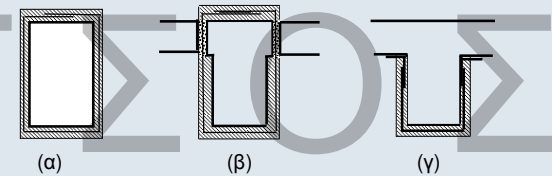
Προσεγγιστική Μέθοδος Μονολιθικής Συμπεριφοράς

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

ΑΥΞΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ

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

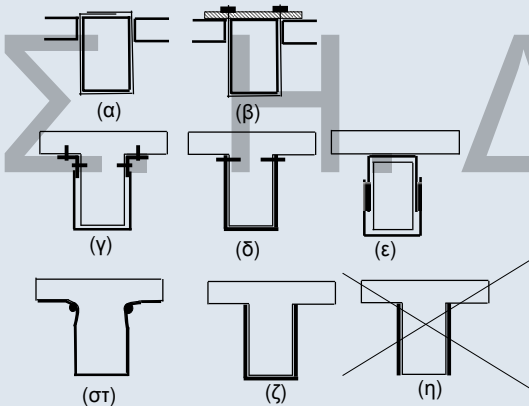


Ενδεικτικοί τρόποι ενίσχυσης σε διάτμηση έναντι ανεπάρκειας σε λοξή θλίψη: (α), (β) Κλειστές ενισχύσεις, (γ) Ανοικτές ενισχύσεις

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

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

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

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

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

## Τάση Σχεδιασμού Υλικού Ενίσχυσης

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

### Πιθανές Μορφές Αστοχίας

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

41

## “ΚΛΕΙΣΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

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

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

Για Χάλυβα

$$\gamma_m = 1,2$$

$$f_{jk} = f_{syk}$$

Για ΙΟΠ

$$\gamma_m = 1,2$$

$$f_{jk} = E_j \cdot \varepsilon_{j,crit}$$

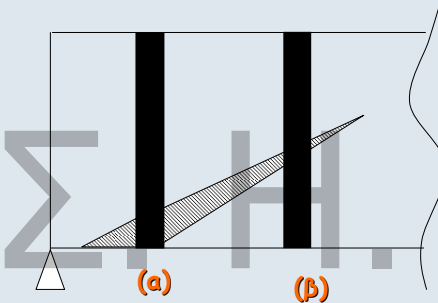
$$\varepsilon_{j,crit} = k_v \cdot \varepsilon_{j,max}$$

$$k_v = 0,5$$

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

42

## ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ Ι.Ο.Π.



- 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 ➔  $k_v = 0,5$

43

## “ΑΝΟΙΚΤΕΣ” ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

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

Μέγιστη τάση για να αποφευχθεί η αποκόλληση

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

Για ΙΟΠ

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

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

Για Χάλυβα

$$\text{Av } \sigma_{jd,crit} \geq \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} \quad k_v = 1,0$$

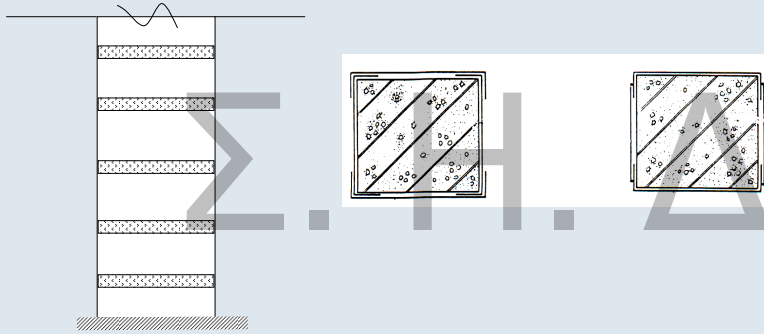
$$\text{Av } \sigma_{jd,crit} < \sigma_{jd, \text{“κλειστό”}} \quad k_v \text{ όπως ΙΟΠ}$$

44

## ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

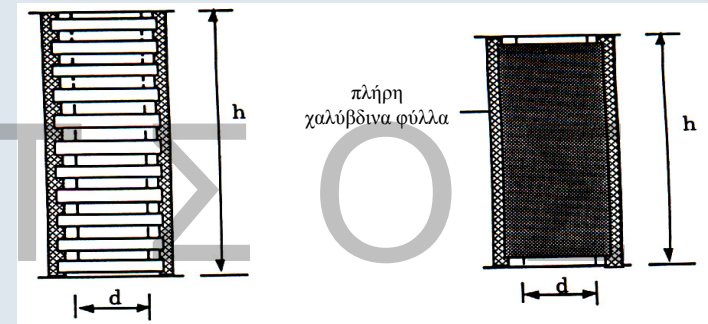
Με κολάρα από χάλυβα ή ΙΟΠ

- επικολητά ή προεντεταμένα



45

## Περίσφιγξη με μεταλλικό κλωβό ή μεταλλικό μανδύα



46

## ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΚΛΩΒΟΣ



47

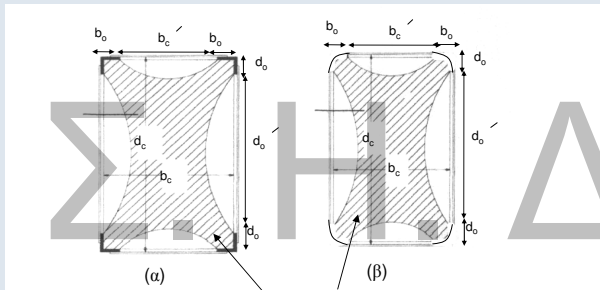


48





49



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

51

### ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ – ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαίτηση Στοιχειώμενου  $q$ :

- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς  $q_u = q/a_0$  ( $a_0$  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:

$$\epsilon_{cu}^* = 2,5 \cdot \mu_{1/r} \cdot \epsilon_{sy} \cdot \nu$$

- Ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό περίσφιξης  $\omega_w$  :

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

Περίσφιξη με CFRP:  $\epsilon_{cu}^* = 0,0035 (f_c^* : f_c)^2$

Περίσφιξη με GFRP:  $\epsilon_{cu}^* = 0,007 (f_c^* : f_c)^2$  με  $f_c^* = (1,125 + 1,25 \cdot \alpha \cdot \omega_w) f_c$

52

## ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΣΦΙΞΗΣ – ΑΥΞΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ

Απαιτήση Στοχευόμενου  $m$ :

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

Απαιτήση Επιθυμητής Ικανότητας Γωνίας Στροφής Χορδής  $\theta_u$ :

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

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

Όπου η  $\theta_y$ :

Για δοκούς ή υποστρώματα

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  $\mu_\theta$  και  $\mu_d$  γίνεται μέσω των σχέσεων:

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

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

53

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Ανεπάρκεια Έναντι Διαγώνιας Θλίψης

- Αύξηση διαστάσεων μανδύα  
(για ικανοποίηση κριτηρίων παρ.7.2.5)

Ανεπάρκεια Οπλισμού Κόμβου

- Προσθήκη μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία
- Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων (από χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων ΙΟΠ
- Αποκατάσταση ίσης διατομής και προσθήκη οπλισμών

54

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

### Προσθήκη Μανδύα από Ο.Σ.

- Αν οι διαστάσεις του κόμβου δεν αποτρέπουν τη διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση (ΚΑΝ.ΕΠΕ., Κεφ. 7) ο οπλισμός του μανδύα στην περιοχή του κόμβου υπολογίζεται:

Οριζόντιος Οπλισμός

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_{ywd}}$$

Κατακόρυφος Οπλισμός

$$A_{jv} = \frac{V_{jv}}{f_{ywd}}$$

όπου οι  $V_{jh}$  και  $V_{jv}$  υπολογίζονται ανάλογα με:

$$\Sigma M_{yb} < \Sigma M_{yc} \quad \text{ή} \quad \Sigma M_{yb} > \Sigma M_{yc}$$

55

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

### Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



56

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

### Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία

- Απαιτούμενη Διατομή Χαλύβδινων Στοιχείων σε κάθε Διαγώνια διεύθυνση δίνεται από τη σχέση:

$$A_{j\delta} = \frac{F_{j\delta}}{\gamma_{Rd} f_{yd}}$$

Όπου η διαγώνια εφελκυστική δύναμη στον κόμβο ( $F_{j\delta}$ ) ισούται με:

$$F_{j\delta} = \frac{V_{jh}}{h} h_{\delta} = \frac{V_{jv}}{h_b} h_{\delta}$$

$h_{\delta}$ : μήκος διαγωνίου του κόμβου

$V_{jh}$ ,  $V_{jv}$ : δίνονται από τους ίδιους τύπους για τους μανδύες

57

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

### Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα



58



CEA, Sacley

59

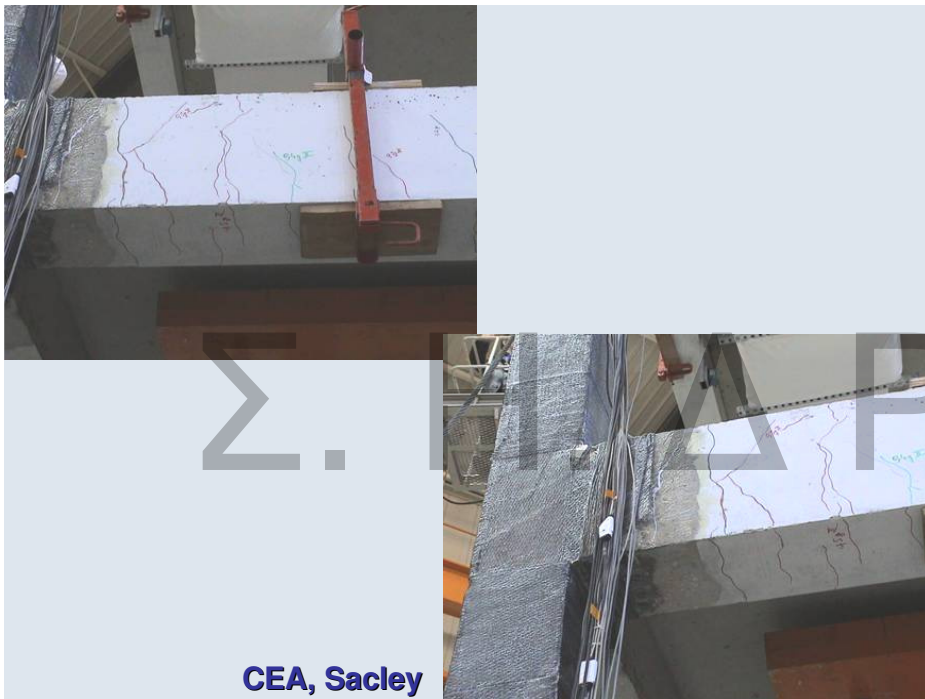
### Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΠ



CEA, Sacley

60





## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

### Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων (από χάλυβα ή ΙΟΠ) ή υφασμάτων ΙΟΠ

- Ελάσματα από χάλυβα:

$$t_{ελ} \geq \max \left( \frac{V_{jh}}{h_b \sigma_{jd}}, \frac{V_{jv}}{h_c \sigma_{jd}} \right)$$

- Ελάσματα ή Υφάσματα από ΙΟΠ:  
Απαιτούνται ίνες και προς τις δύο διευθύνσεις.

Ίνες // άξονα δοκού

Ίνες // άξονα υποστυλώματος

$$t_{jh} = \frac{V_{jh}}{h_d \sigma_{jd}}$$

$$t_{jv} = \frac{V_{jv}}{h_c \sigma_{jd}}$$

62

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

### Αποκατάσταση ίσης διατομής και προσθήκη οπλισμών

- Η Αποκατάσταση ίσης Διατομής γίνεται με την προσθήκη οριζόντιων και κατακόρυφων συνδετήρων.

Η συνολική διατομή τους υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$A_{jh,tot} \geq \frac{\gamma_{Rd} V_{jh}}{f_{ywd}}$$

Οριζόντιοι συνδετήρες

$$A_{jv,tot} \geq \frac{\gamma_{Rd} V_{jv}}{f_{ywd}}$$

Κατακόρυφοι Συνδετήρες

63

### Επισκευή με ρητινενέσεις



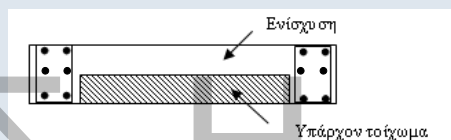
CEA, Sacley

64



## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

- 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)



65

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

- 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

66

## ΕΜΦΑΤΝΩΣΗ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

- 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 σκυροδέτισης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρασης

67

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΠΛΟΥ “ΓΕΜΙΣΜΑΤΟΣ”

- Τοιχώματα από: α) Άοπλο ή οπλισμένο σκυροδέμα (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

68

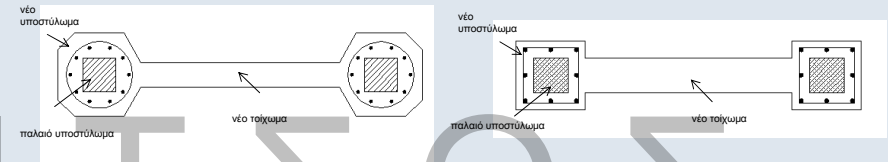
## ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

- Εμφάνωση πλαισίων με Οπλισμένο Σκυρόδεμα
- Απαιτείται Εξασφάλιση της σύνδεσης με το περιβάλλον πλαισίωμα
- Κατασκευή κλειστών μανδυών στα υποστυλώματα εκατέρωθεν του νέου τοιχώματος με κατακόρυφους συνεχείς οπλισμούς και οπλισμό περίσφιξης.

69

## ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Εμφανώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού



Εμφανώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



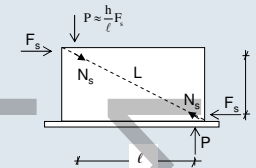
70



71

## ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Προσομοίωμα Ελέγχου Επάρκειας



Ασκούμενη Τένουσα 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 παραμόρφωσής 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  $\rho_{min}$

72

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

- Με αμφίπλευρες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος
  - Ελάχιστο πάχος 35 mm
  - Ελάχιστη Αντοχή 30 MPa
  - Χρήση αναστολέων διάβρωσης

Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης: Έλεγχος διατμητικής ικανότητας διεπιφανειών, Διαμπερής σύνδεση νέων πλεγμάτων μέσω σιγμοειδών συνδέσμων (τουλάχιστον 2 /m<sup>2</sup>)

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα με αντοχή

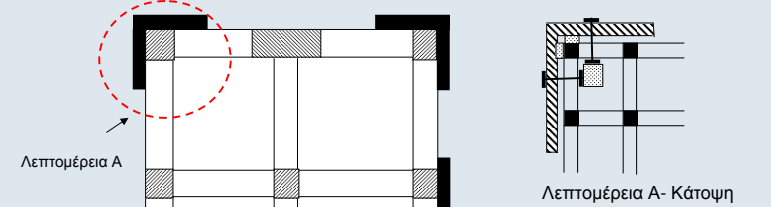
$$f_{wc,fd} = \frac{t \cdot f_{wcd} + a_c \cdot \Delta t \cdot f_{cd}}{t_w}$$

υπό την προϋπόθεση  $V_s \leq V_{u,w}$  (Διατμητική αντίσταση κορμού)

$$V_{u,w} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \left[ \frac{0,3}{\sqrt{a_s}} (f_{wtld} + \sigma_0) + \lambda_\varepsilon \cdot \rho_{v+h} \cdot f_{wyd} \right] \cdot L_w \cdot t_w$$

73

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

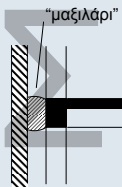


Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων  
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

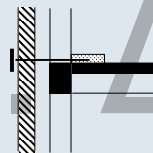
Συνίσταται:

- (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

74



(α) τομή σε θλιπτικό σύνδεσμο



(β) τομή σε εφελκυστικό σύνδεσμο

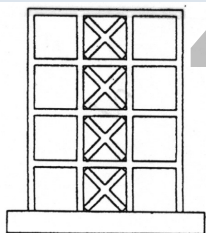
75



## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Κυρίως αύξηση δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

- Τύπος
- Χιαστί διαγωνίων, σχήματος Λ ή V, ορθού ή ανεστραμμένου Υ.
  - Απαγορεύεται η μορφή Κ
- Εμφανιζόμενα ή Παράπλευρα
- Κρίσιμα σημεία της μελέτης
- Αξιολόγηση ανακατανομής έντασης
  - Επάρκεια αντοχής κόμβων
- Κατασκευαστικές λεπτομέρειες
- Απαιτείται εξειδικευμένη εμπειρία
  - Προτιμάται η εμφάνιση της μεταλλικής δικτύωσης, έστω και μόνο στα υποστυλώματα. π.χ. στο εσωτερικό του κτίριου χωρίς καθαίρεση των τοιχοπληρώσεων
  - Συνιστάται η κατασκευή μεταλλικού περιμετρικού πλαισίου
  - Οι ατέλειες προσαρμογής στον περιβάλλοντα φέροντα οργανισμό αντιμετωπίζονται με την κατασκευή πρόσθετης στρώσης σκυροδέματος σύνδεσης μεταλλικού πλαισίου και Φ.Ο.



77

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ανάλογα με την **Στάθμη Επιτελεστικότητας** και τον **τύπο συνδέσμων** προτείνονται συντελεστές συμπεριφοράς  $q$  υπό προϋποθέσεις:

- ✓ Συμμετρικής διάταξης και διατομών
- ✓ Ομαλής κατανομής υπεραντοχής σε κάτοψη και καθ' ύψος
- ✓ Υπεραντοχή κατακορύφων και οριζοντίων στοιχείων έναντι των ράβδων δικτύωσης
- ✓ κ.α

**Στάθμη Επιτελεστικότητας Β** («προστασία ζωής») και **Γ** («αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»)

Πρωτεύοντα:

- (α) τα στοιχεία των Δικτυωτών Συνδέσμων
- (β) τα περιβάλλοντα «σύμμεικτα» κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία

**Στάθμη Επιτελεστικότητας Α** («άμεση χρήση μετά τον σεισμό»)

- ✓ Όλα τα στοιχεία του δομήματος συμμετέχουν στο προσομοίωμα
- ✓  $q=1,00$

78

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Υπό προϋποθέσεις προτείνεται:

- Για Σ.Ε. Β «Προστασία Ζωής»:
  - Απλές διαγώνιες ράβδους και δισδιαγώνιες δικτύωσεις τύπου Χ:  
 $q = 3,5$
  - Δικτύωσεις τύπου V ή Λ :  $q = 1,5 - 2$  ανάλογα με τον τύπο διατομής δικτύωσης
- Για Σ.Ε. Γ «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»: Αύξηση των ανωτέρω κατά 35%

**Για δικτυωτά συστήματα με εκκεντρότητα** (παρουσία δοκού σύζευξης – «σεισμικού συνδέσμου»)

Υπό προϋποθέσεις

- Για Σ.Ε. Β «Προστασία Ζωής»:  $q = 5$
- Για Σ.Ε. Γ «Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης»:  $q = 7$

Εν γένει για Σ.Ε. Α «Άμεση χρήση μετά από σεισμό»:  $q = 1$

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΚΤΥΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

- ✓ Όλα τα στοιχεία του ενισχυμένου δομήματος συμμετέχουν στο προσομοίωμα
- ✓ Ελαστοπλαστική συμπεριφορά ράβδων δικτύωσης

$F_y = F_{\text{διαρροής}}$	για εφελκόμενα μέλη
$F_y = 20\% F_{\text{λυγισμού}}$	για θλιβόμενα μέλη
$\delta_u = 12\delta_y$	για εφελκόμενα μέλη
$\delta_u = 8-10 \delta_{\text{λυγισμού}}$	για θλιβόμενα μέλη



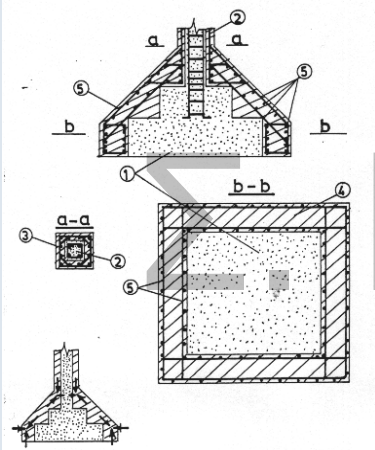
### ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- 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 μανδύων, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου

Ανάρτηση

[www.episkeves.civil.upatras.gr](http://www.episkeves.civil.upatras.gr)

Σ. Η. Δ Ρ Ι Τ Σ Ο Σ