

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΓΕΝΙΚΉ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (ΔΚΠ)

ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΜΕΛΕΤΩΝ – ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ (Τμήμα Γ')

**Ημερίδα :** Κανονισμός Επεμβάσεων σε κτήρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα (ΚΑΝ.ΕΠΕ).  
Ο ρόλος του στη διατήρηση και ενίσχυση της ποιότητας.

## ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ



καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστημίου Πατρών

Αθήνα, 10/05/2017

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	Σκυρόδεμα	Χάλυβας	Σύνθετα
<b>Γενικές Απαιτήσεις</b>			
▪ Έλεγχος διεπιφανειών			
<b>Επεμβάσεις σε Κρίσιμες Περιοχές Ραβδόμορφων Δομικών Στοιχείων</b>			
▪ 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			
<b>Επεμβάσεις σε Κόμβους Πλαισίων</b>			
▪ Ανεπάρκεια λόγω διαγώνιας θλίψης κόμβου			
▪ Ανεπάρκεια οπλισμού κόμβου			
<b>Επεμβάσεις σε Τοιχώματα</b>			
▪ 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			
<b>Εμφάνωση Πλαισίων</b>			
▪ Προσθήκη απλού “γεμίσματος”			
▪ Τοιχωματοποίηση πλαισίων			
▪ Ενίσχυση υφιστάμενων τοίχων πληρώσεως			
▪ Προσθήκη ράβδων δικτύωσης, μετατροπή πλαισίων σε κατακόρυφα δικτυώματα			
<b>Προσθήκη Νέων Παράπλευρων Τοιχωμάτων και Δικτυωμάτων</b>			
▪ Σύνδεσμοι			
▪ Θεμελίωση νέων τοιχωμάτων			
▪ Διαφράγματα			
<b>Επεμβάσεις σε Στοιχεία Θεμελίωσης</b>			





**Βλάβες σε Δοκίμιο με Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και Βλήτρα**

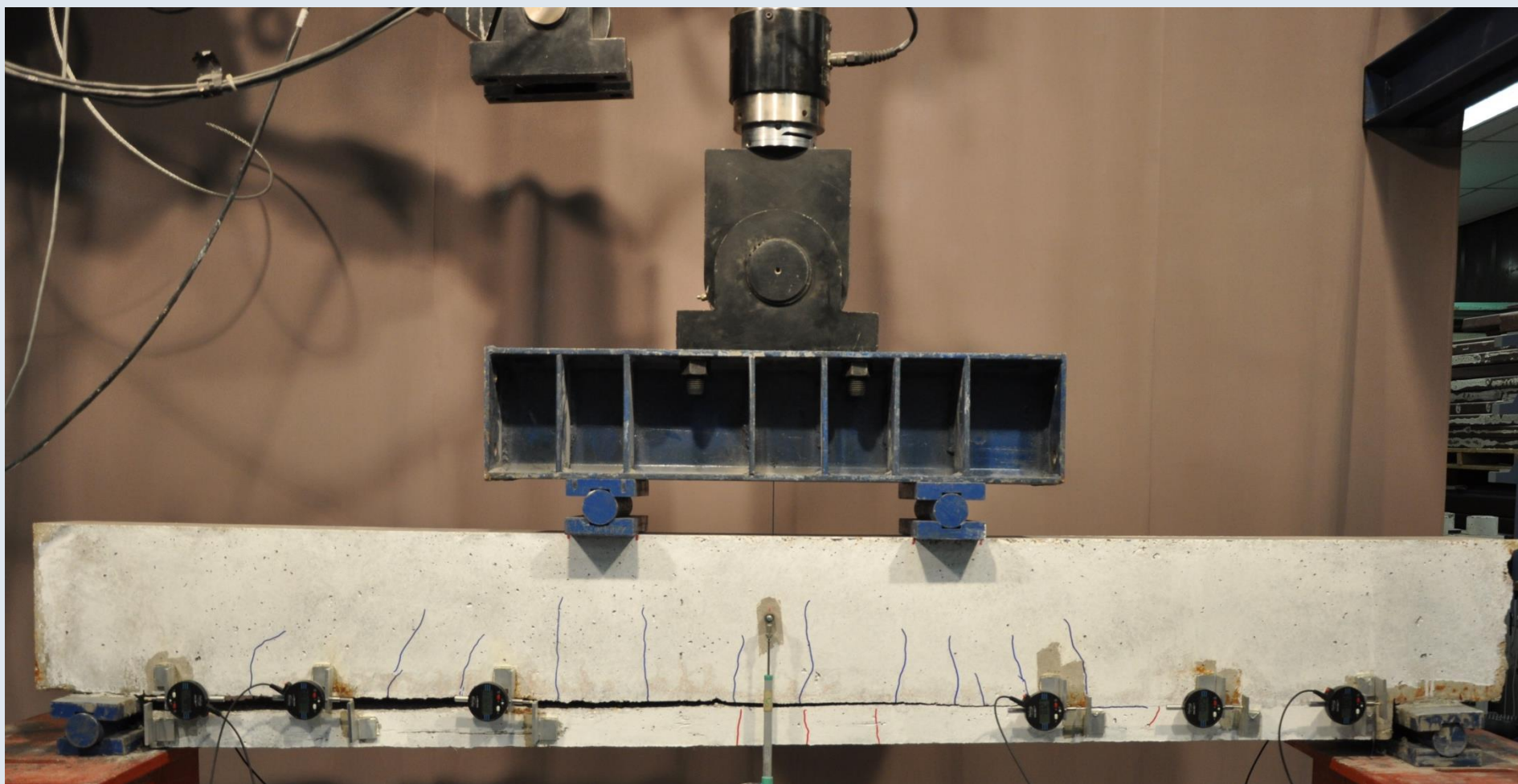




**Βλάβες σε Δοκίμιο με Έγχυτο Σκυρόδεμα, Λεία Διεπιφάνεια χωρίς Διατμητικούς Συνδέσμους**



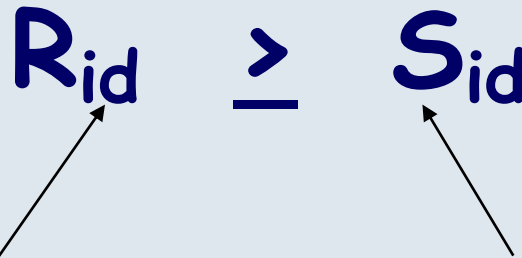




Απώλεια Σύνδεσης στη Διεπιφάνεια

# Έλεγχος Συνεργασίας στη Διεπιφάνεια

## Ανίσωση Ασφαλείας

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


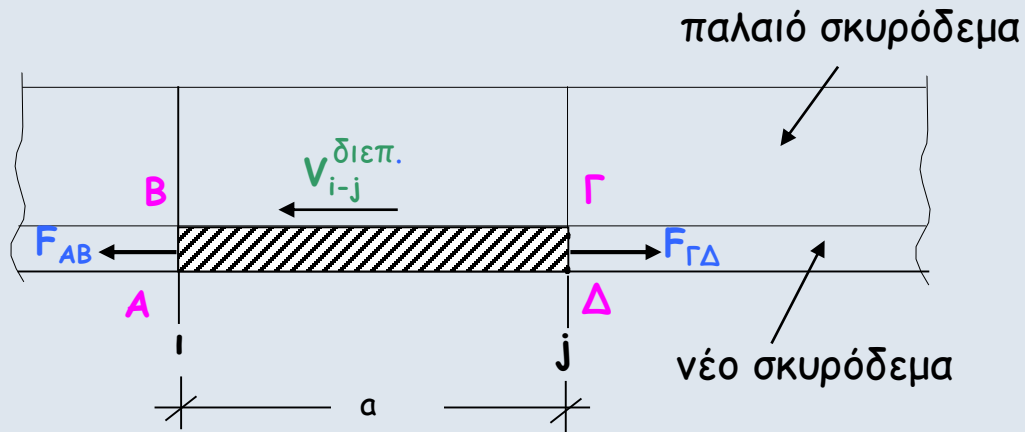
Αντίσταση Διεπιφάνειας  
(σε θλίψη, σε εφελκυσμό, διατμητική)  
(βλ. Κεφ.6)

Εντατικά Μεγέθη  
που δρουν στη διεπιφάνεια

- Ελάχιστα και Μέγιστα



# Έλεγχος Διεπιφανειών



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

## **ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΕΘΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ (ΠΕΤΕΠ)**

Εργασίες Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών  
από τον Σεισμό και λοιπούς Βλαπτικούς Παράγοντες

**ΕΤΕΠ**

**ΦΕΚ 2221Β/30-7-2012**



Εκτράχυνση με Αμμοβολή





**Προετοιμασία Επιφάνειας με Αεροματσάκονο**

# ΜΑΝΔΥΕΣ Ο.Σ.

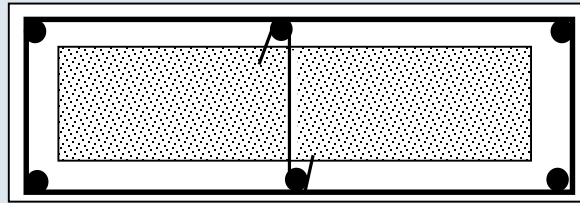








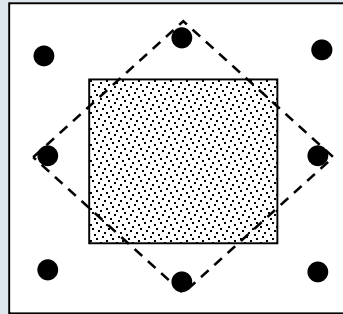




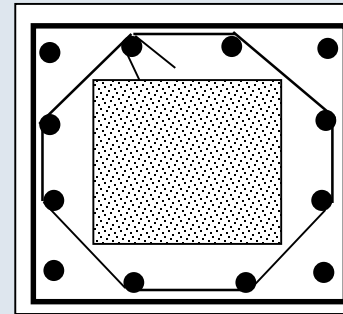
Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε επιμήκεις διατομές

# Τοποθέτηση ενδιάμεσων συνδετήρων σε τετραγωνικές διατομές

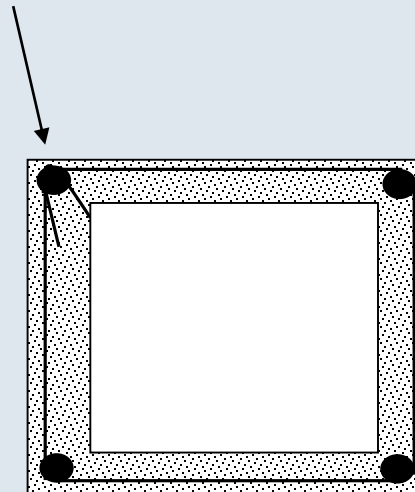
ΟΧΙ



ΝΑΙ



γωνία  $45^\circ$







**Άνοιγμα Συνδετήρων**





**Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα** 19

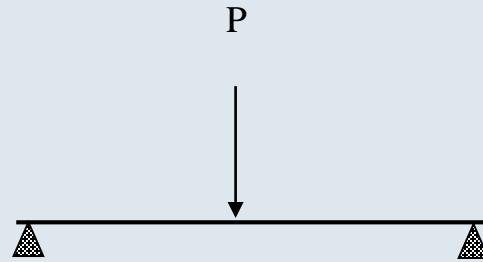
# Διατμητική Αντίσταση Διεπιφάνειας: $V_{Rd}^{διεπιφ.}$

## Μηχανισμοί

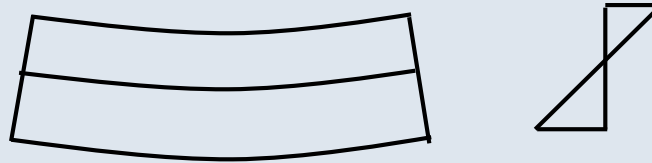
- Τριβή και Συνοχή
- Δράση Βλήτρου
- Δράση Σφικτήρα
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις



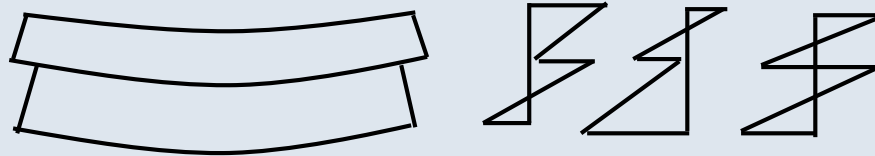
# Ικανότητα Σύνθετου Μέλους



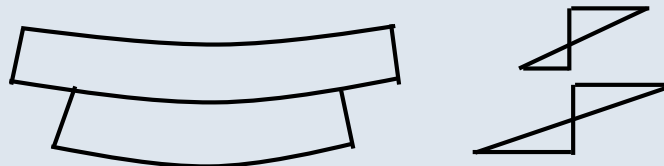
Πλήρης Αλληλεπίδραση



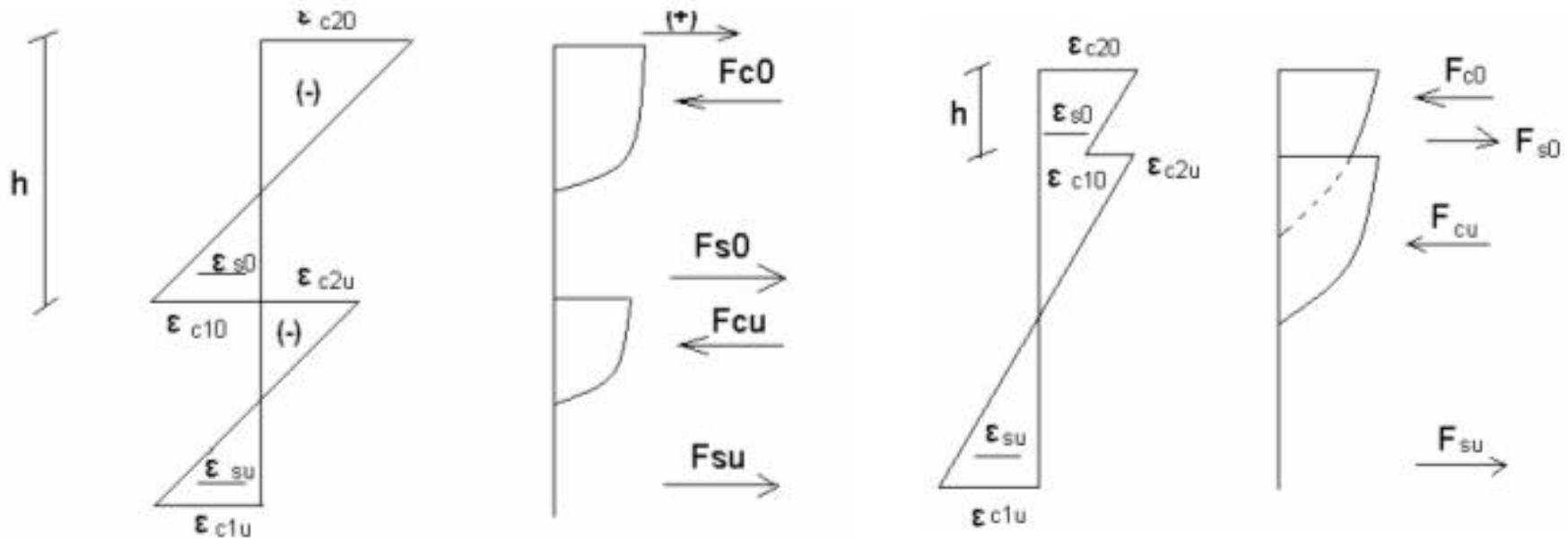
Μερική Αλληλεπίδραση



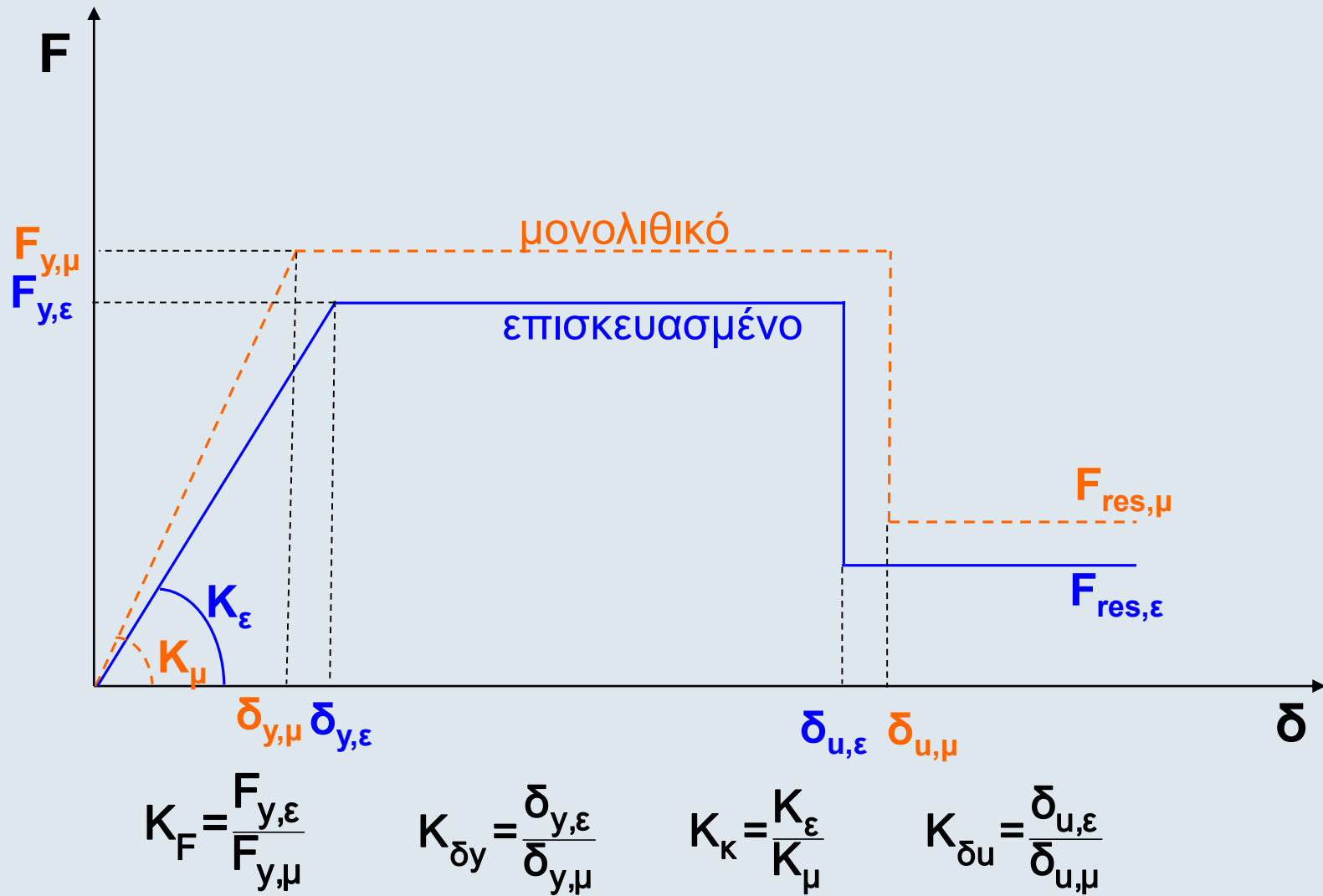
Διαχωρισμός



# Πιθανή Κατανομή Παραμορφώσεων και Τάσεων



# Καμπύλες Εντατικού Μεγέθους-Παραμόρφωσης με Επισκευασμένα Στοιχεία



## Συντελεστές Μονολιθικότητας

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

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

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

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

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

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



## Προσθήκη Νέας Στρώσης Σκυροδέματος

### 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:

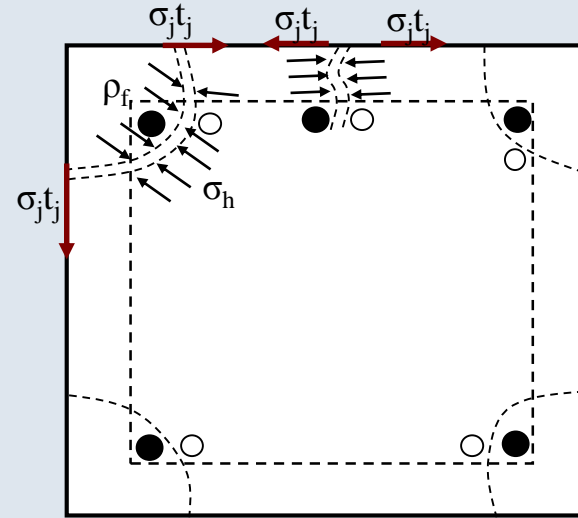
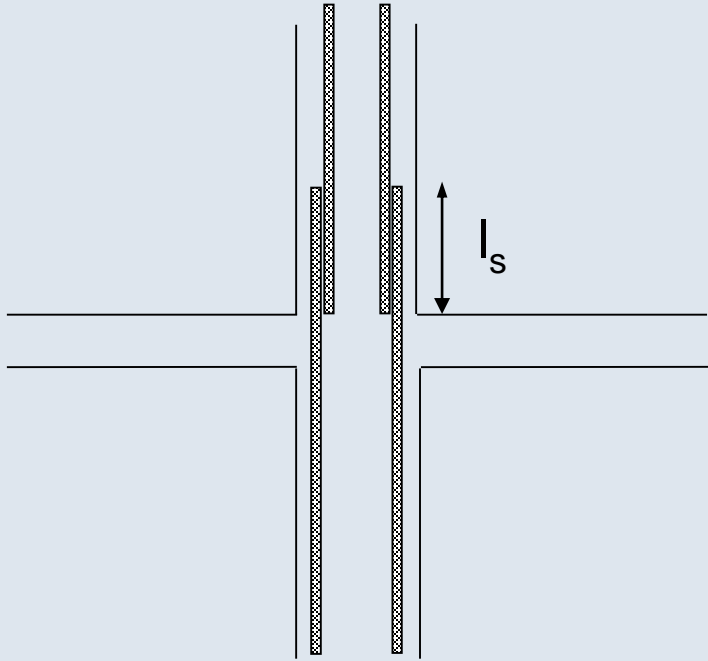
$$k_k = 0,80$$

$$k_r = 0,85$$

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

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

# Αποκατάσταση Ικανότητας Περιοχής με Μειωμένα Μήκη Ματισμένων Ράβδων



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

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

$$\sigma_j t_j = \sigma_h B \quad \text{όπου:} \quad \beta = \rho_f / B$$

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

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

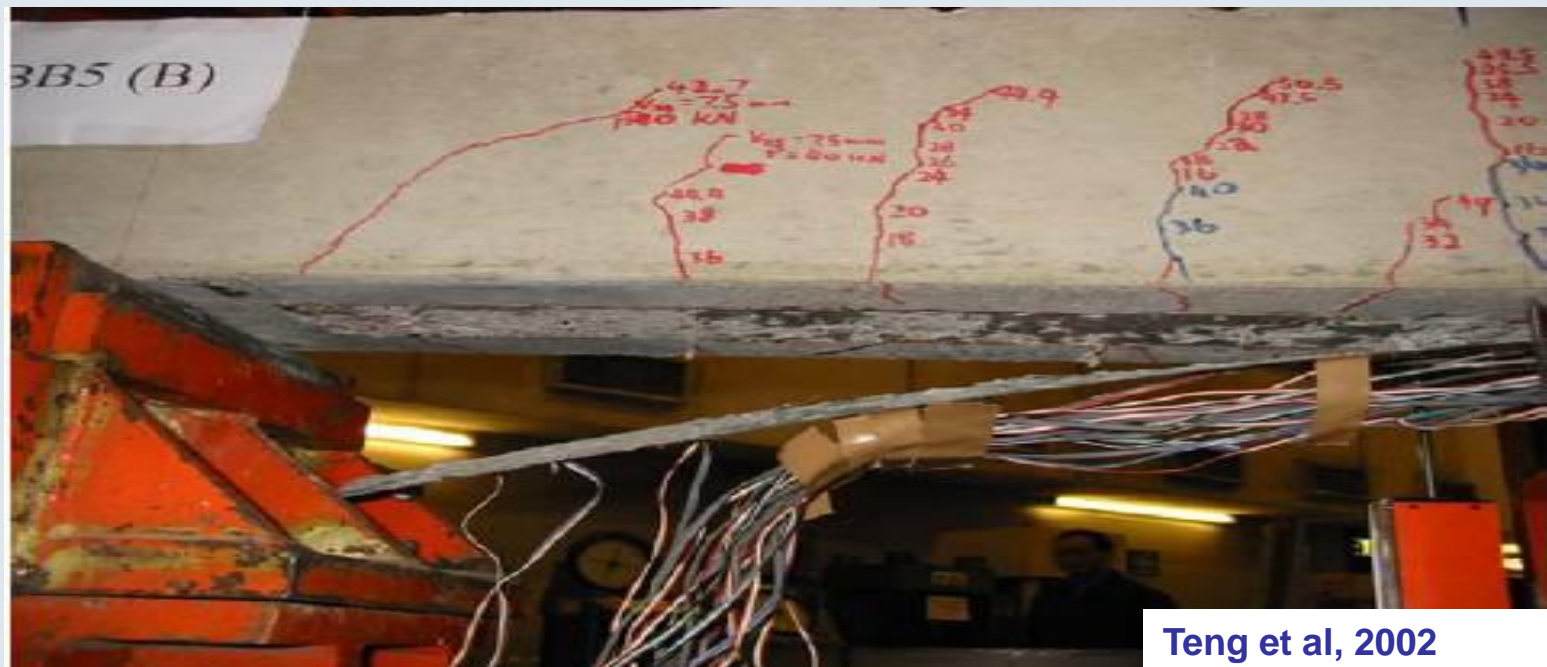
$$(A_j / s)_{\alpha\pi.} = 1.3 \left[ k_1 \left( \frac{f_{sy}}{f_c} \frac{d_s}{\ell_s} \right) - 0.4 \frac{c}{d_s} - 0.30 \right]^2 \frac{f_c^2 d_s^2}{k_2 E_j f_{ctm}}$$

$$\text{Για μανδύες } t_j = \left( A_j / s \right)_{\alpha\pi\alpha\iota\tau.}$$

# Καμπτική Ενίσχυση

Building Klinkerstr, Amsterdam





Αναλαμβανόμενη δύναμη επικολλητών φύλλων συναρτήσεως του μήκους αγκύρωσης



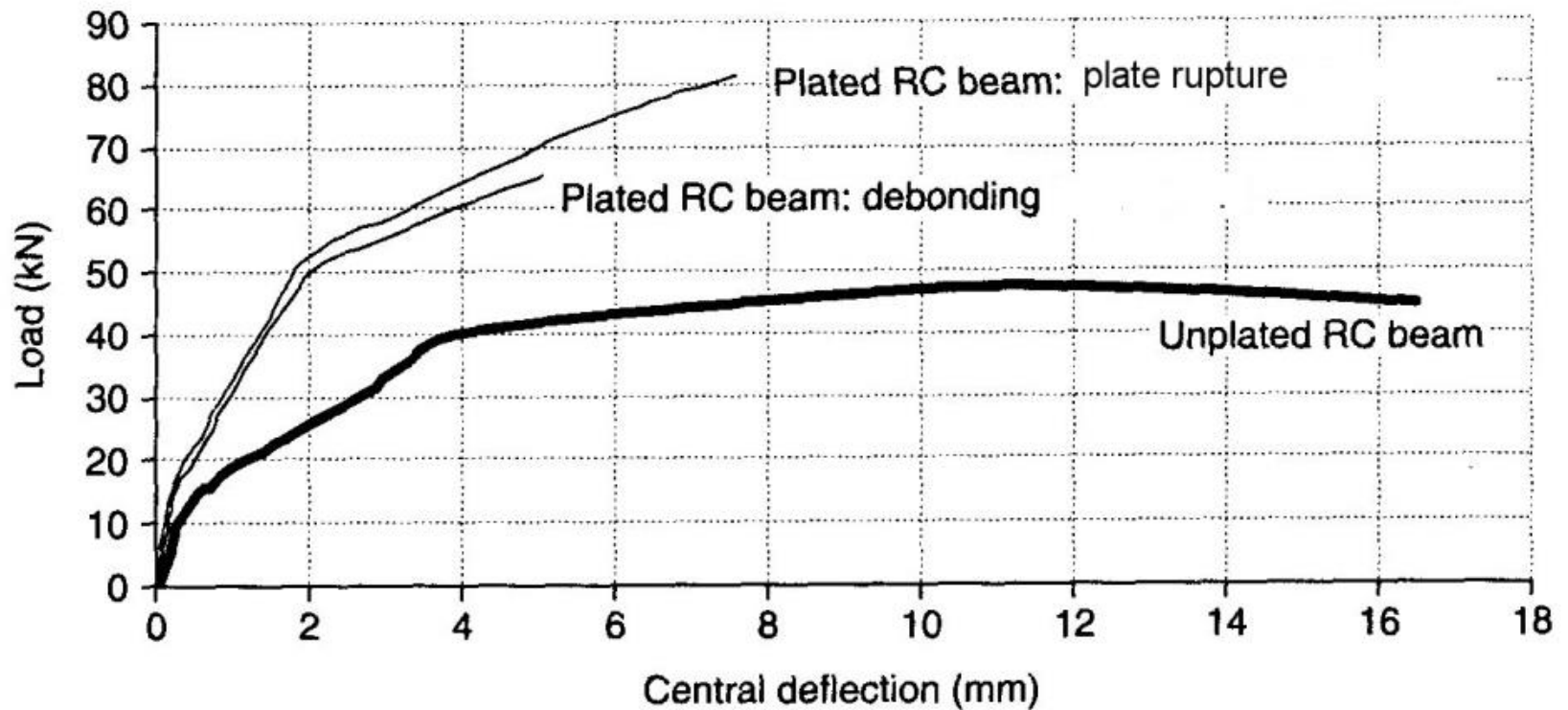


Απόσχιση επικάλυψης σκυροδέματος στο πέρας του σύνθετου υλικού

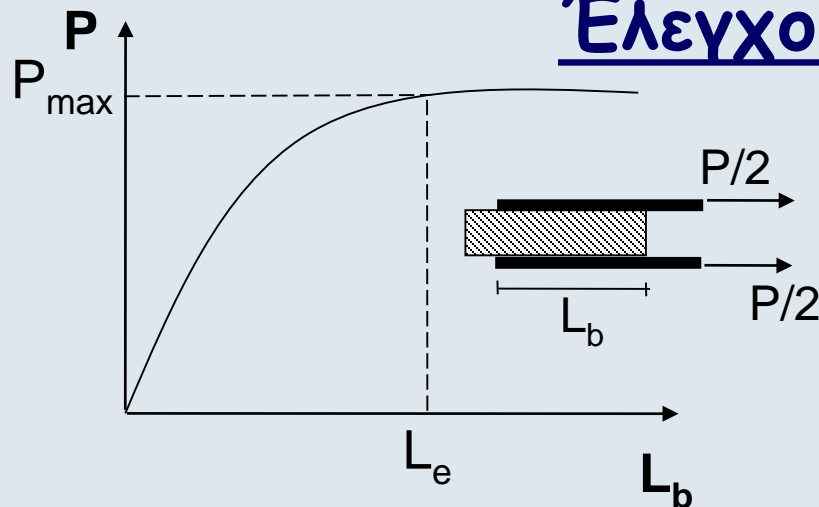


Teng et al, 2002

## Διάγραμμα Φορτίου-Βύθισης για Δοκούς Ενισχυμένες με Επικολητά Ελάσματα



# Έλεγχος Αποκόλλησης



$$L_e = \sqrt{\frac{E_j t_j}{2f_{ctm}}} \quad P_{\max} = \beta f_{ctm} b_j L_e$$

$$\sigma_{crit} = \frac{P_{\max}}{b_j t_j} \cong \beta \sqrt{\frac{E_j f_{ctm}}{2 t_j}}$$

$$\beta = \beta_w \beta_L \quad \beta_w = \sqrt{\frac{2 - b_j / b_w}{1 + b_j / b_w}}$$

$\beta_L = 1$  για πλήρη αγκύρωση

ΚΑΝ.ΕΠΕ.

§ 8.2.1.3

$$\sigma_{j,d} = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}} = 1,2$$

Ας θεωρηθεί η περίπτωση μίας δοκού από σκυρόδεμα C16/20 που ενισχύεται στο εφελκούμενο 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:

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

$$\sigma_{j,crit.} = \sqrt{\frac{200 \times 1.92 \times 10^3}{2}} = 438 \text{ MPa}, \quad \sigma_{j,d} = \frac{438}{1,2} = 365 \text{ MPa}$$

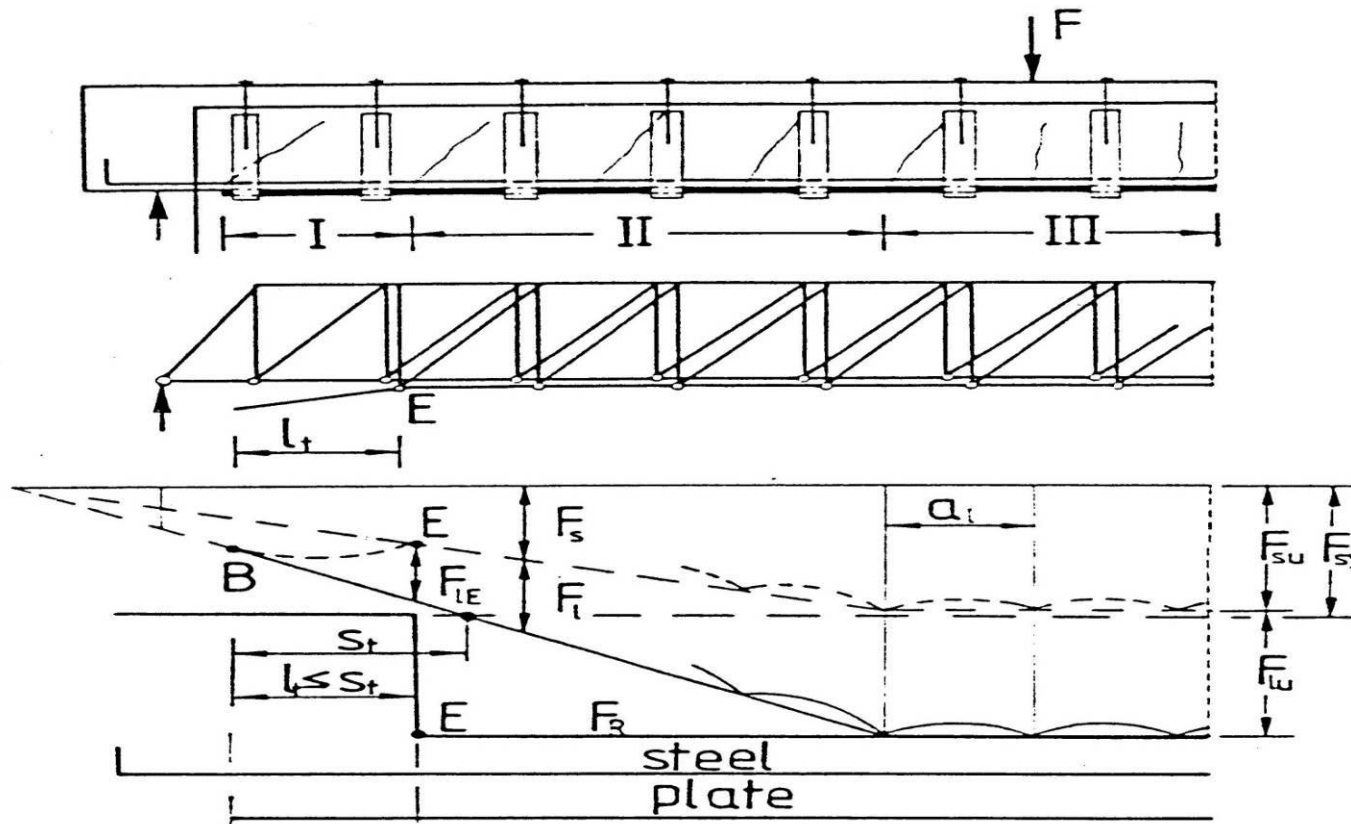
$$t_j \uparrow \Rightarrow \sigma_{j,crit} \downarrow$$



# Έλεγχος Απόσχισης Άκρου

$$V_{sd, απολ.} \leq V_{cd, απολ.}$$

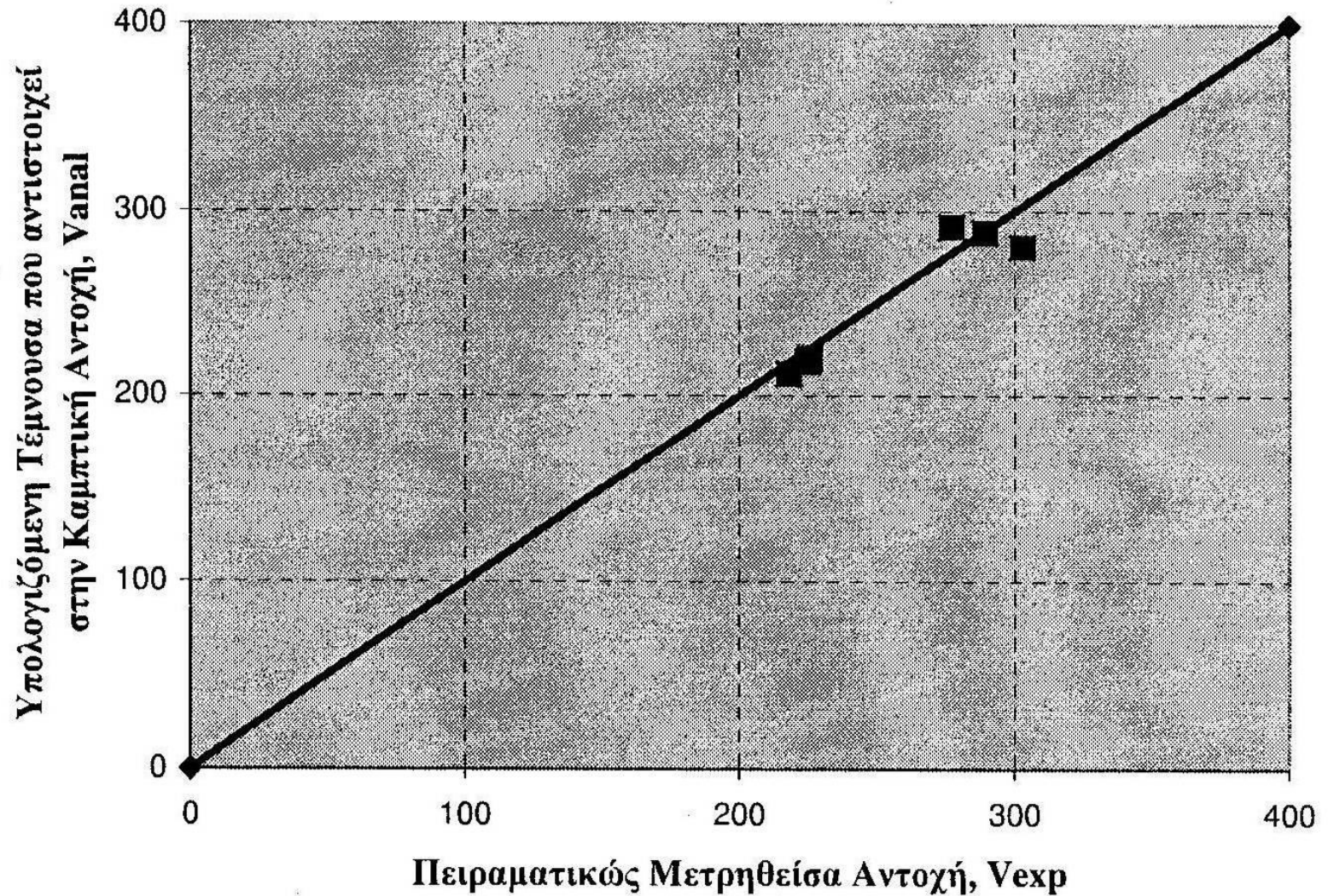
$$M_{sd, απολ.} \leq 0.67 M_{Rd, απολ.}$$



Rostasy, 1997

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

## ΚΑΝΕΠΠΕ (2009)





# Αύξηση Φέρουσας Ικανότητας Έναντι Τέμνουσας

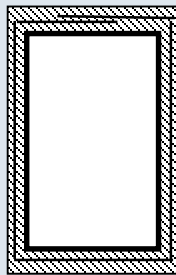
## Ανεπάρκεια Έναντι Λοξής Θλίψης ( $V_{sd} > V_{Rd2}$ )

- Με περίσφιγξη

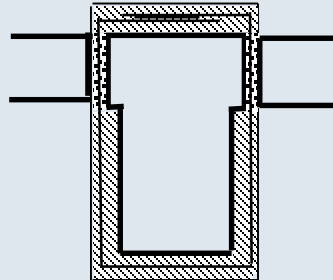
$$f_{ck,c} = (1,125 + 1,25a\omega_w) f_{ck}$$

- Με προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος

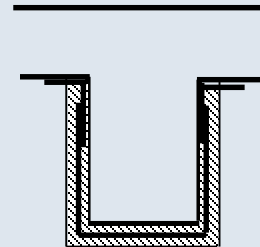
- κλειστός μανδύας (συνιστάται)
- τρίπλευρη ενίσχυση



(α)



(β)



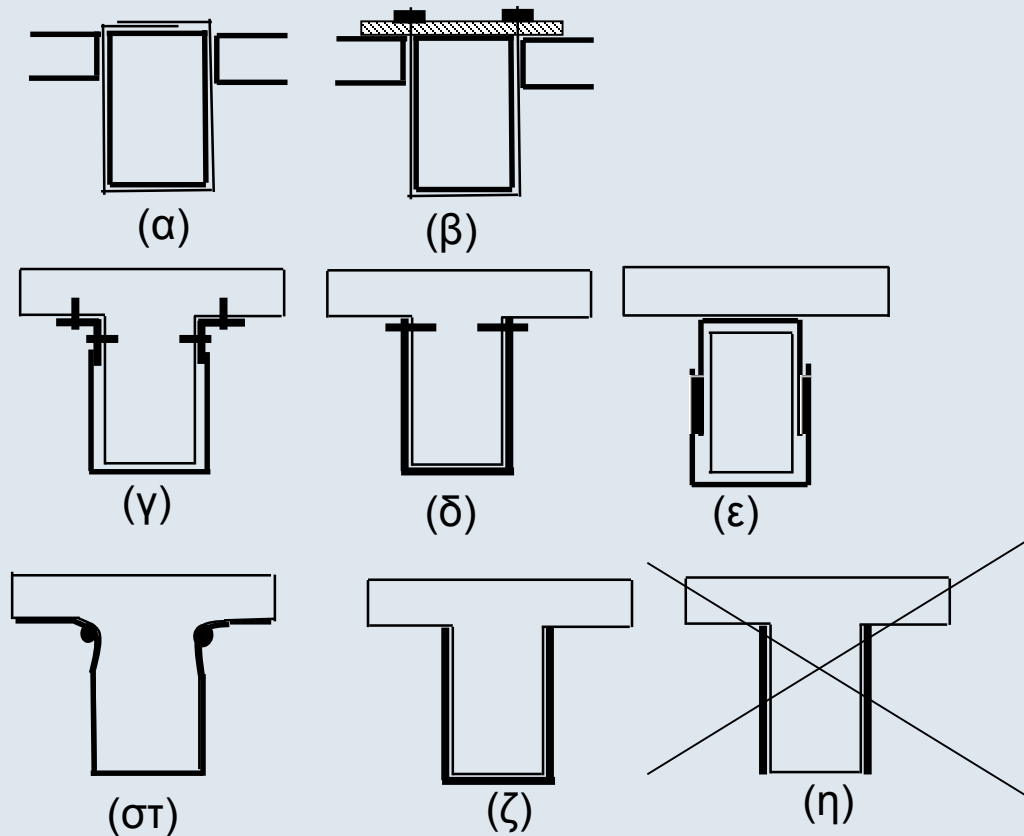
(γ)

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

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

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

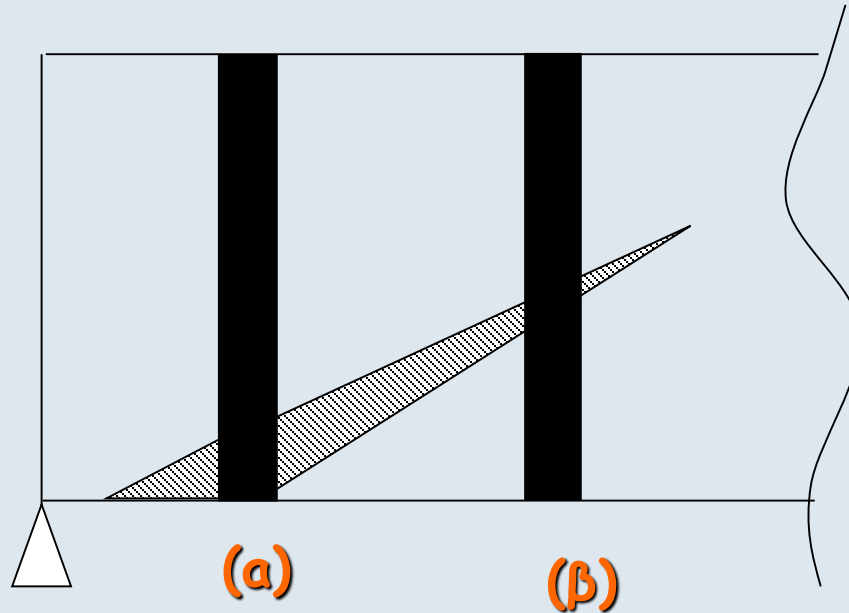
- Με πρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος
- Με εξωτερικά στοιχεία από χάλυβα ή ΙΟΠ



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



# 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  $\approx \frac{1}{2} \max \text{Αντοχής}$  ➡  $k_v = 0,5$

## Περίσφιγξη με Μεταλλικό Κλωβό



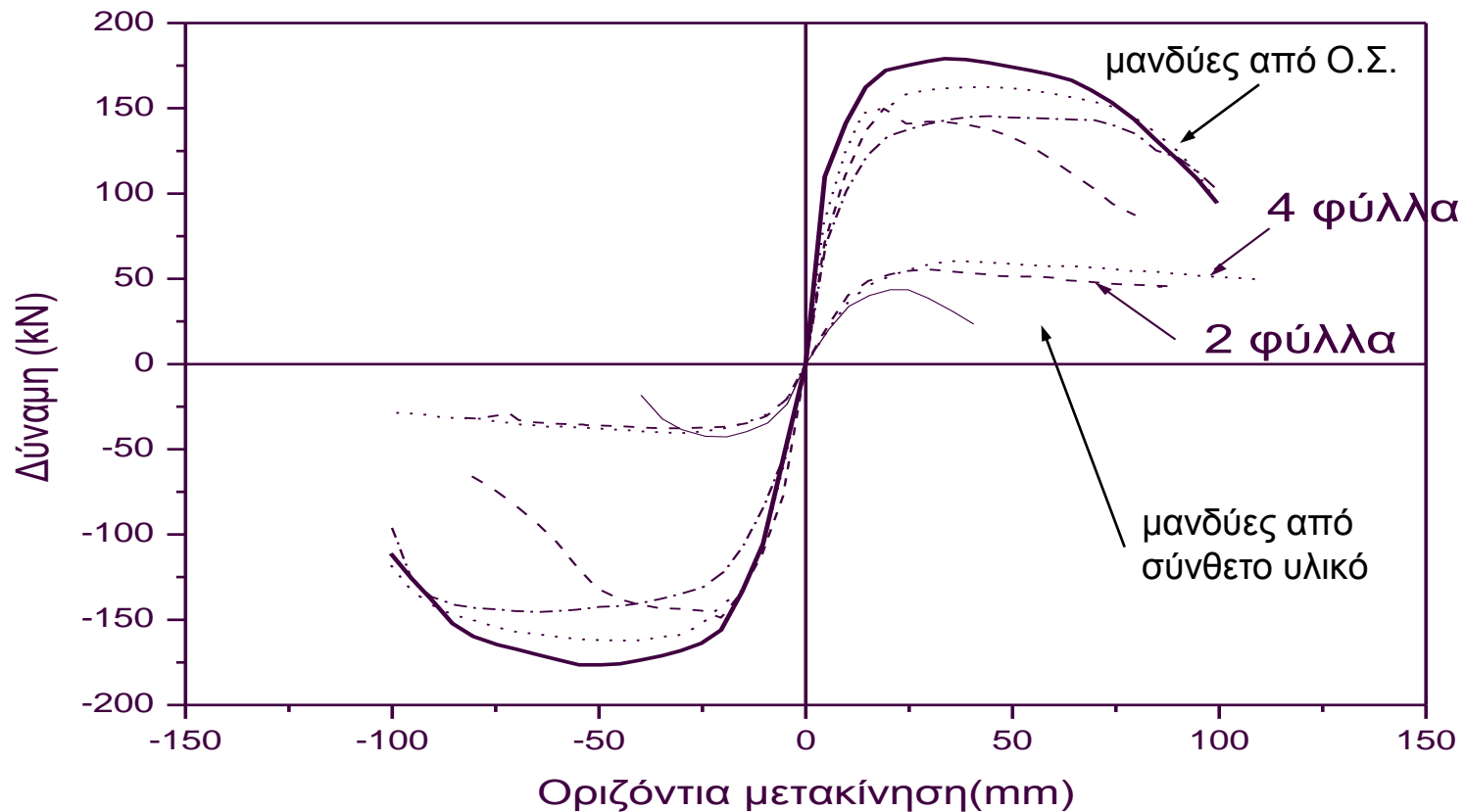
## Περίσφιγξη με ΙΟΠ





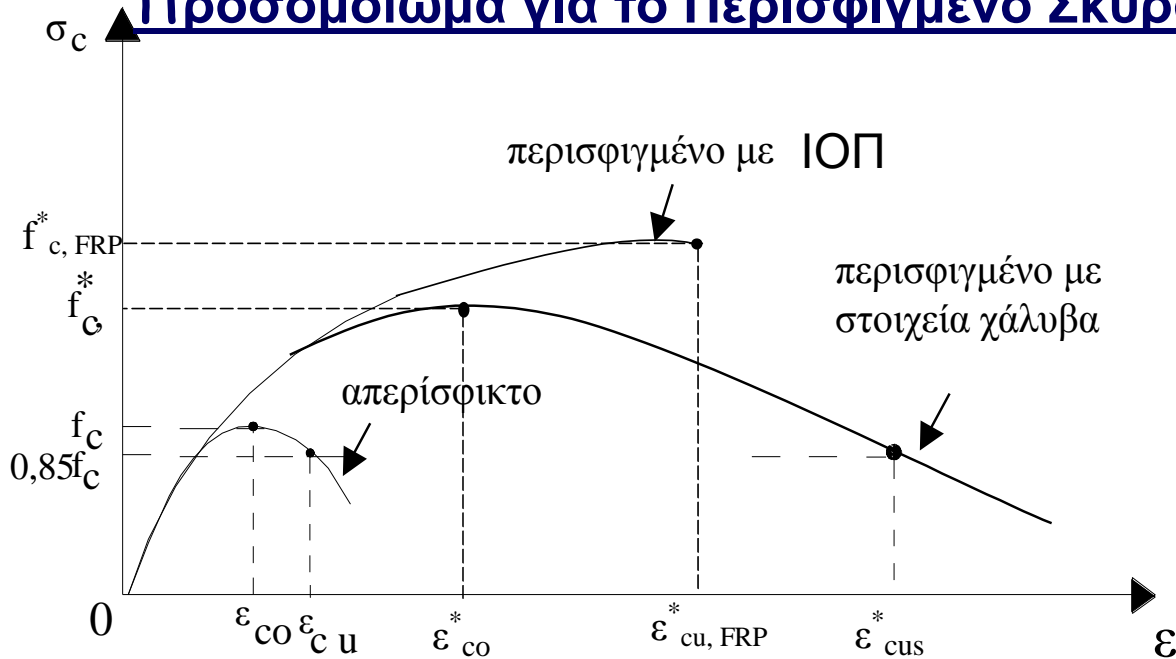






**Διαγράμματα φορτίου-οριζόντιας μετακίνησης υποστυλωμάτων ενισχυμένων με μανδύες από σύνθετα υλικά και Ο.Σ.**

# Προσομοίωμα για το Περισφιγμένο Σκυρόδεμα



**ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013**

$$f_{cd}^* = (1 + 2,5 \alpha \omega_{wd}) f_{cd} \text{ για } \alpha \omega_{wd} \leq 0,1$$

$$f_{cd}^* = (1,125 + 1,25 \alpha \omega_{wd}) f_{cd} \text{ για } \alpha \omega_{wd} > 0,1$$

**Χαλύβδινη περίσφιγξη**

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

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

**Σχέδιο ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2016**

$$f_{cd}^* = f_{cd} (1 + K) = f_{cd} \left[ 1 + 3,5 \left( \frac{\alpha \rho_{sx} f_{ywd}}{f_{cd}} \right)^{3/4} \right]$$

όπου

$$\rho_{sx} = \frac{A_{sx}}{b_w s_h}$$

**Χαλύβδινη περίσφιγξη**

$$\varepsilon_{co}^* = \varepsilon_{co} (1 + 5K)$$

$$\varepsilon_{cu}^* = 0,004 + 0,4 \frac{\alpha \rho_{sx} f_{ywd}}{f_{cd}^*}$$

**Περίσφιγξη ΙΟΠ**

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

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

(Για το θεωρητικό υπόβαθρο βλ. «Περίσφιγξη 2016» [eclass.upatras.gr](http://eclass.upatras.gr) στο μάθημα «Σχεδιασμός Γραμμικών Στοιχείων οπλισμένου Σκυροδέματος»)

# Περίσφιγξη σκυροδέματος και πλαστιμότητα μελών

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

$$\varepsilon_{cu}^* = 2,2\mu_{1/r}\varepsilon_{sy} \not\approx 0,0035$$

## Αναθεώρηση 2017

$$\mu_{1/r} = \frac{f_{cc}}{f_c} \frac{(\varepsilon_{cu,c} - \frac{\varepsilon_{cc}}{3})}{1.75\nu\varepsilon_{sy}}$$

$$\varepsilon_{cu,c} \geq 0.004$$

Σ.8.11α

$$\mu_{1/r} = \frac{f_{cc}}{f_c} \frac{\varepsilon_{cu,c}}{2.6\nu\varepsilon_{sy}}$$

Σ.8.11β

---

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



# Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Περίσφιγξη με στόχο

$$\theta_{d, \alpha\pi.}$$

Έστω ότι προέκυψε

$$\theta_s > \theta_d$$

Στόχος

$$\theta_{d, \alpha\pi.} = \theta_s$$

Για στάθμη Γ

$$\theta_d^{\Gamma} = \frac{\theta_u}{\gamma_{Rd}} = \frac{\mu_{\theta} \theta_y}{\gamma_{Rd}}$$

Για στάθμη Β

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

Επομένως

$$\theta_{d, \alpha\pi.} \Rightarrow \mu_{\theta, \alpha\pi.}$$

$$\mu_{\theta, \alpha\pi.} \Rightarrow \mu_{1/r, \alpha\pi.} \Rightarrow \varepsilon_{cu, \alpha\pi.}^* \Rightarrow \alpha\omega_w = \text{Υλικό περίσφιγξης}$$

# Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

Περίσφιγξη με στόχο

$$m_{\alpha\pi.}$$

Έστω ότι ο στόχος εκφράζεται σε όρους  $m$

Για στάθμη  $\Gamma$

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

Για στάθμη  $B$

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

Επομένως

$$m_{\alpha\pi.} \Rightarrow \mu_{\theta, \alpha\pi.}$$

$$\mu_{\theta, \alpha\pi.} \Rightarrow \mu_{1/r, \alpha\pi.} \Rightarrow \varepsilon_{cu, \alpha\pi.}^* \Rightarrow \alpha\omega_w = \text{Υλικό περίσφιγξης}$$

# Απαιτούμενος Οπλισμός Περίσφιξης - Αύξηση Πλαστιμότητας

## Απαίτηση Στοχευόμενου $q$ :

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  $q_{\pi} = q/q_u$   
( $q_u$  παράγοντας υπεραντοχής δομήματος κατά EC8)
- Υπολογίζεται ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας σε όρους μετακινήσεων:

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

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

Για τα υπόλοιπα πρωτεύοντα στοιχεία

$$m_{i,\alpha\pi.} = \frac{\lambda_i}{\lambda_{\max}} \mu_{\delta}$$

Επομένως για κάθε μέλος ξεχωριστά

$$m_{\alpha\pi.} \Rightarrow \mu_{\theta,\alpha\pi.} \Rightarrow \mu_{1/r,\alpha\pi.} \Rightarrow \varepsilon_{cu,\alpha\pi.}^* \Rightarrow \alpha\omega_w = \text{Υλικό περίσφιξης}$$

	Σύστημα	$q_u (= V_u/V_1)$ (1)	
1	Συστήματα ανεστραμμένου εκκρεμούς ή στρεπτικώς ευαίσθητα	1,00	
	Συστήματα τοιχείων ή πλαισίων	Κανονικότητα σε κάτοψη (2)	
		Ναι	Όχι (3)
2	<u>Συστήματα τοιχείων</u>		
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	<u>Συστήματα πλαισίων</u>		
3.1	$\eta = 1$ ( $\eta$ : 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  $V_u/V_1$  παρουσιάζεται ως  $a_u/a_1$ , δηλ. ως πηλίκον 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 :

$$(V_u/V_1)_{MH-K} = [ 1 + (V_u/V_1) K ] : 2.$$

(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)

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

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

$$q'_u = 1,0$$



# ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη χιαστί κολλάρων από χαλύβδινα στοιχεία



## Επισκευή με ρητινενέσεις



CEA, Sacley

# ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΜΒΩΝ

Προσθήκη επικολλητών ελασμάτων από χάλυβα





## Ενίσχυση κόμβων με ΙΟΤ



CEA, Sacley

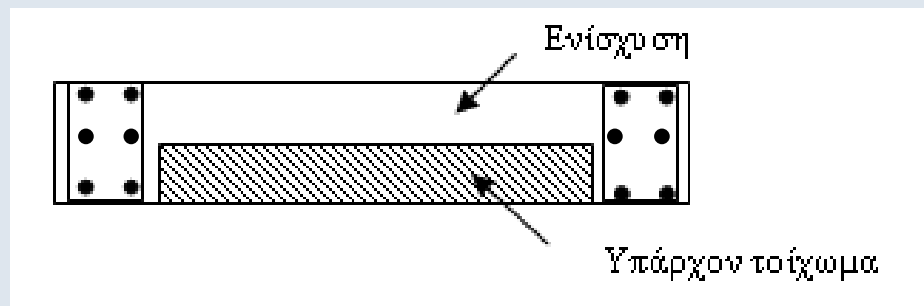




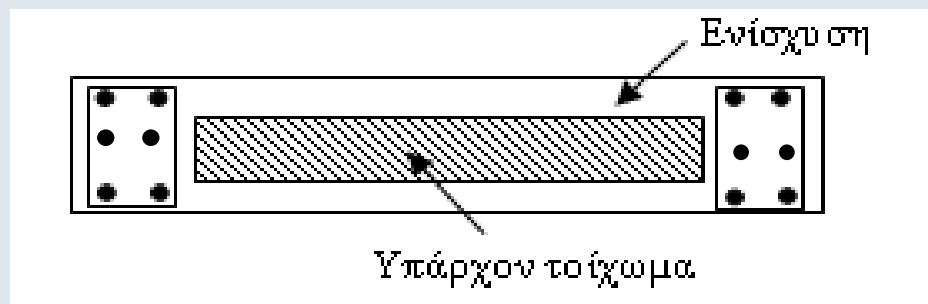
CEA, Sacley

# 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)



# 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

# Εμφάτνωση 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 σκυροδέτισης (ανεπαρκής πρόσβαση στην κορυφή)
- Αντιμετώπιση συστολής ξήρανσης



## Προσθήκη Απλού “Γεμίσματος”

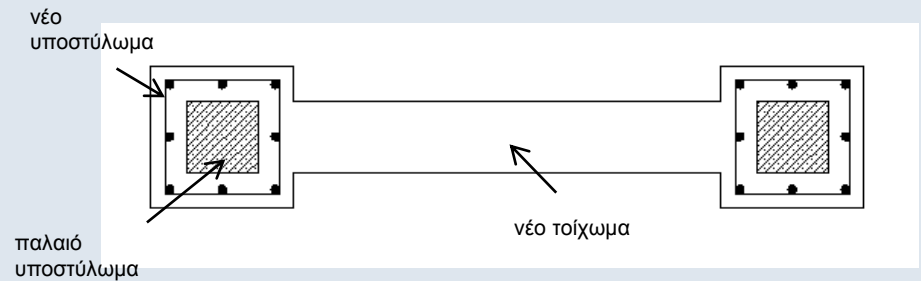
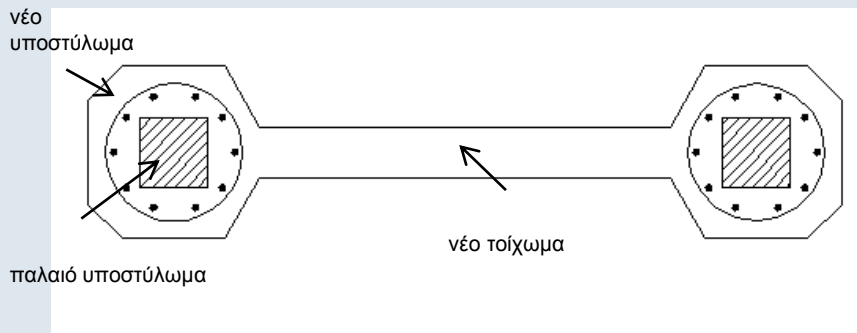
- Τοιχώματα από: α) Άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα  
(επί τόπου κατασκευαζόμενα ή προκατασκευασμένα)  
β) Άοπλη ή οπλισμένη τοιχοποιία
- Δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα σύνδεσης του γεμίσματος με το πλαίσιο
- Προσομοίωση του γεμίσματος μέσω διαγώνιου θλιπτήρα
- Χαμηλή πλαστιμότητα. Συνιστάται  $m \leq 1,5$

### Προσοχή

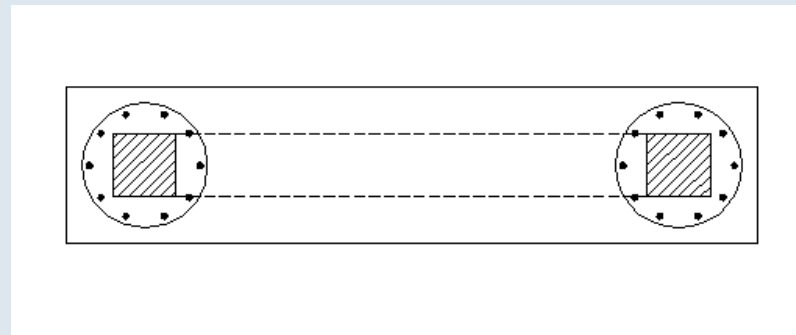
Πρόσθετες Τέμνουσες σε Δοκούς και Υποστυλώματα

# Τοιχοματοποίηση Πλαισίου

Εμφαντώσεις πάχους μικρότερου ή ίσου με το πλάτος της δοκού

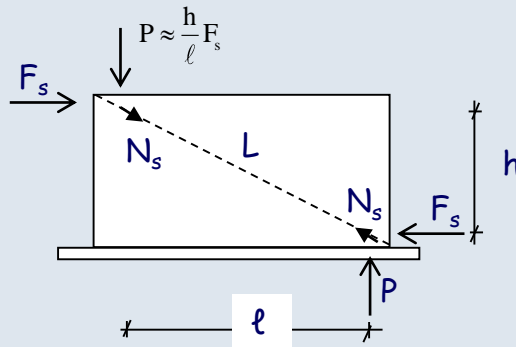


Εμφαντώσεις πάχους μεγαλύτερου του πλάτους της δοκού



# 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 παραμόρφωσής του

- Διάτμηση κατά Μήκος των Διεπιφανειών:

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

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

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

# Ενίσχυση Υφισταμένων Τοίχων Πληρώσεως

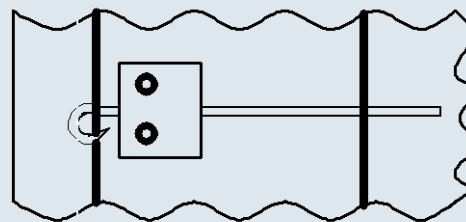
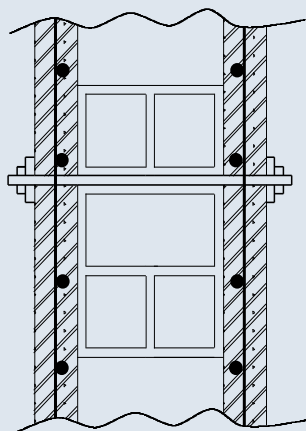
- Με αμφίπλευρες οπλισμένες στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος χωρίς υποχρεωτική αγκύρωση στο περιβάλλον πλαίσιο.

Ελάχιστο πάχος στρώσης 50 mm

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

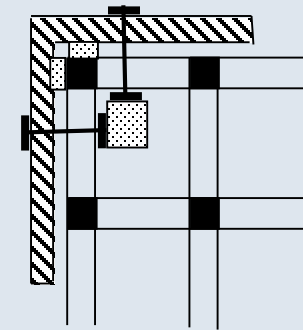
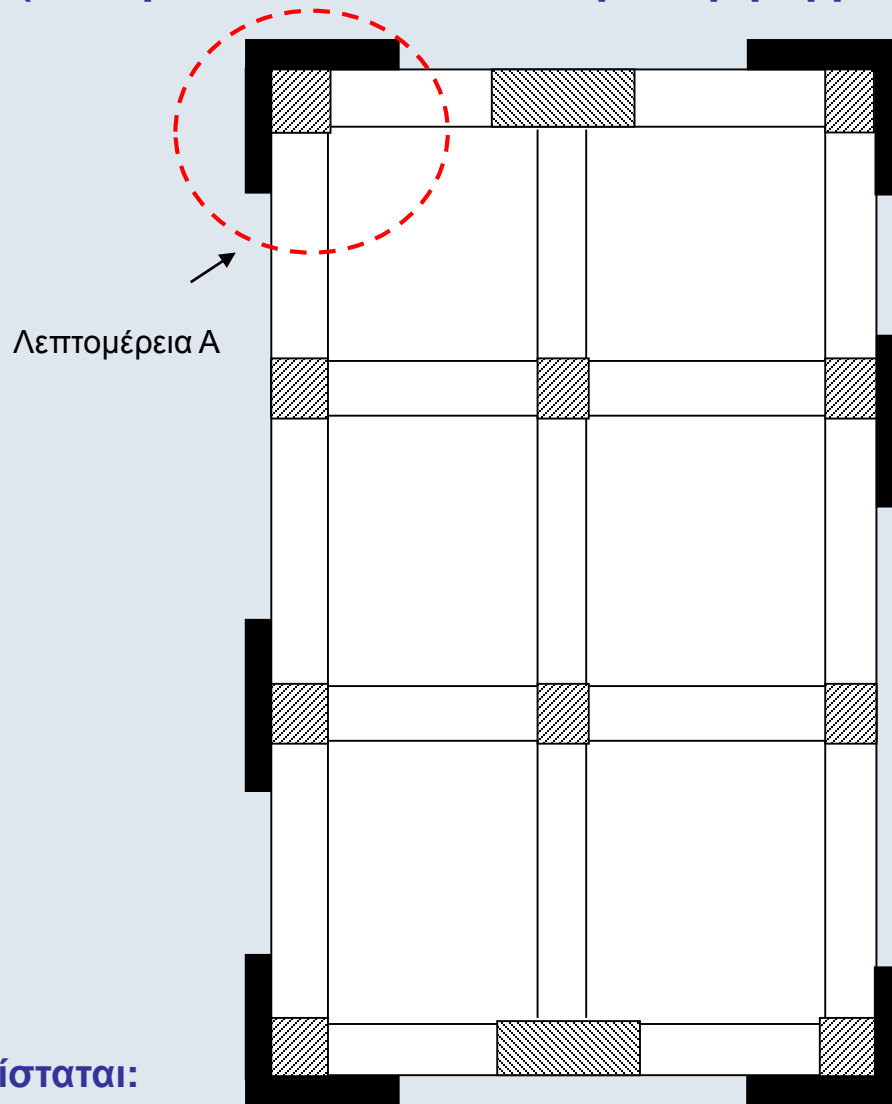
Εξασφάλιση της από κοινού λειτουργίας υφιστάμενης τοιχοποιίας με τις δύο στρώσεις ενίσχυσης μέσω διαμπερών κοχλωτών συνδέσμων:

- Αντίσταση ενισχυμένου τοίχου = Αντίσταση λοξού θλιπτήρα





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



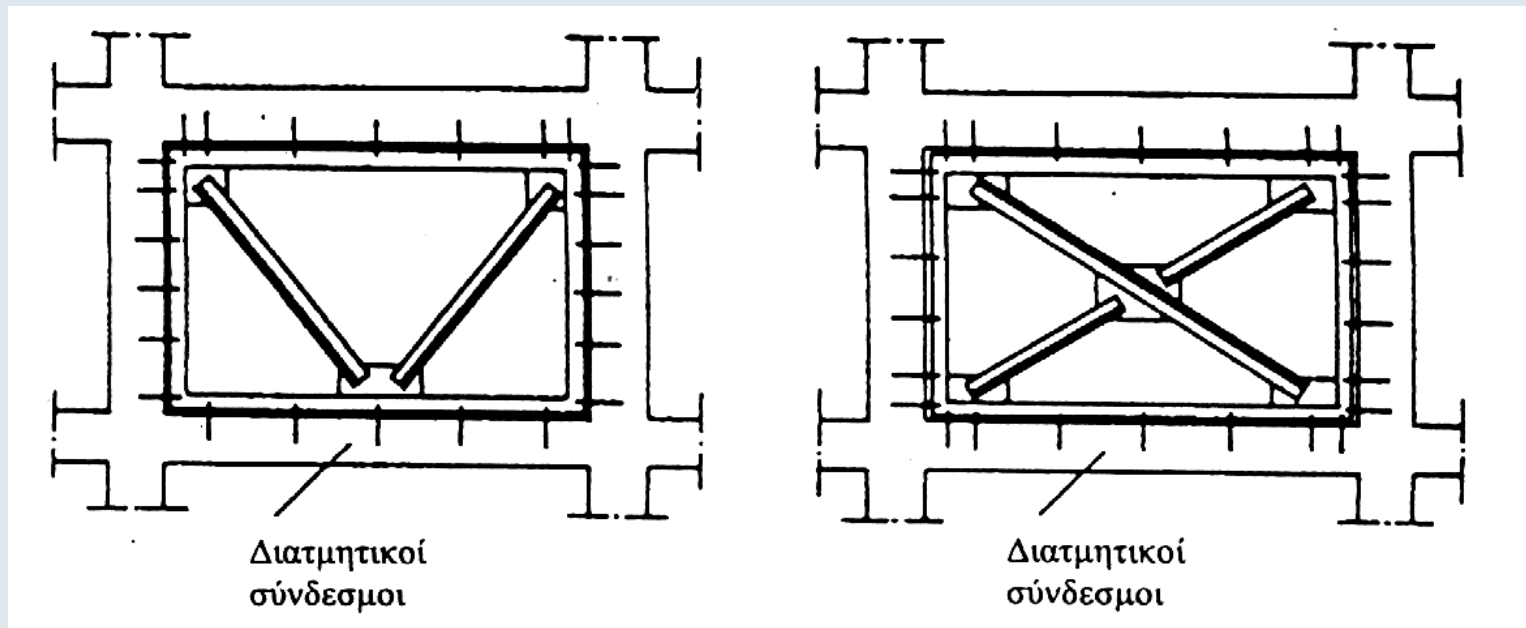
Λεπτομέρεια Α- Κάτοψη

Συνιστώμενη θέση τοιχωμάτων  
Ενδεικτική διάταξη συνδέσμων

Συνίσταται:

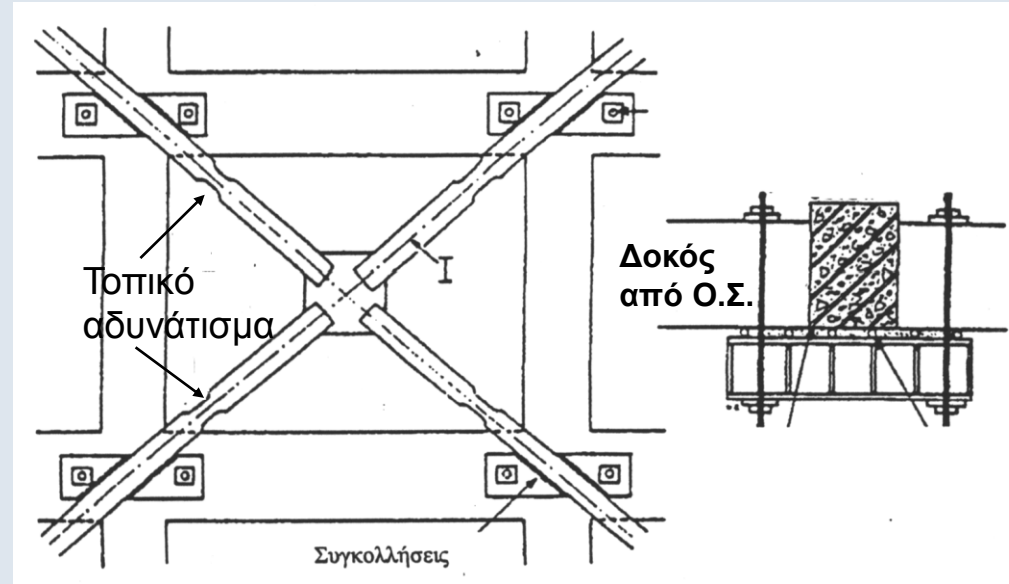
- (α) Ο συνδυασμός της θεμελίωσης των νέων τοιχωμάτων με τις υφιστάμενες θεμελιώσεις
- (β) Η κατά το δυνατόν αύξηση της αξονικής δύναμης που θα αναλάβουν τα νέα τοιχώματα κατά τον σεισμό

## Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων



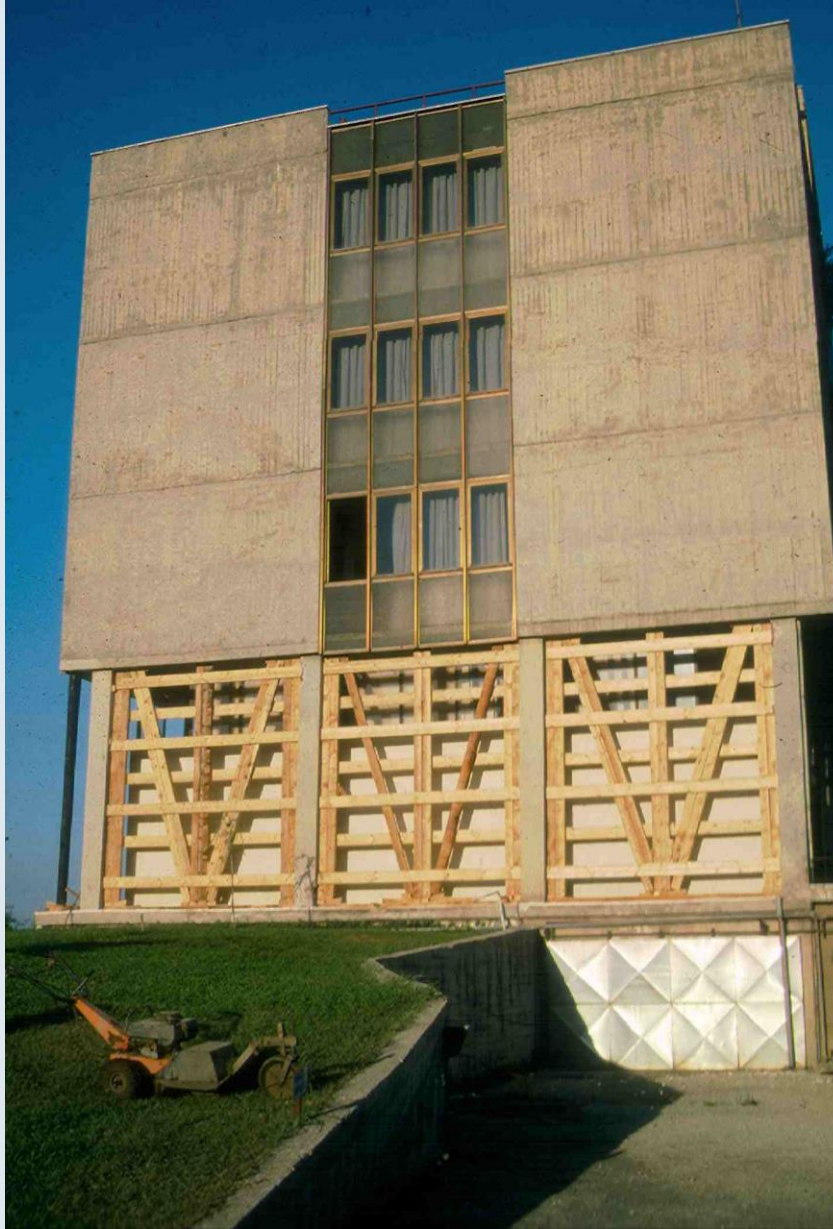


Προσθήκη παράπλευρων εξωτερικών μεταλλικών συστημάτων



Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σύνδεσης παράπλευρων μεταλλικών δικτυωμάτων





**Temporary support and stiffening of the damaged soft floor**

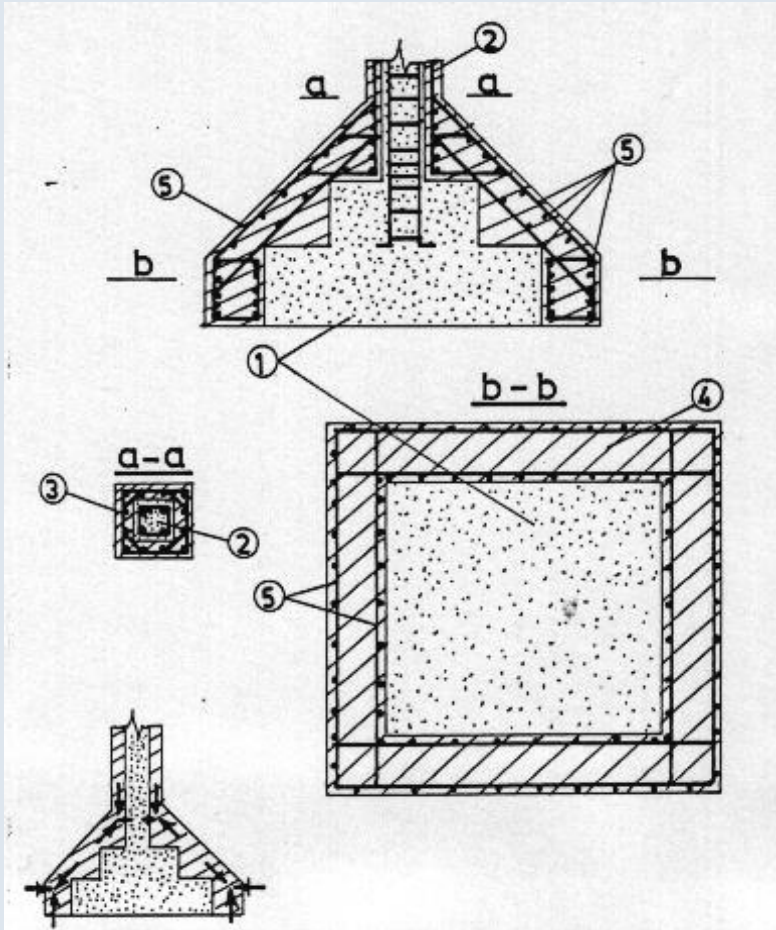
## ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

- 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



ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ & ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

REPAIR & STRENGTHENING OF STRUCTURES - UNIVERSITY OF PATRAS

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