

## Μάθημα 1<sup>ο</sup> - 2<sup>ο</sup>

Βασιλική Παλιεράκη  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

### Εισαγωγή

#### Τύποι Επεμβάσεων:

- Καμμία επέμβαση
- Περιορισμός ή αλλαγή χρήσεως
- Τοπική ή γενική μεταβολή αντιτάσεων
- Ενίσχυση, μη-φερόντων στοιχείων
- Τροποποίηση δομικού συστήματος (μείωση ακεραιτικότητας, αναίρεση ψαθυρότητας, επέμβαση στην ιδιοπερίοδο ταλαντώσεως)
- Αφαίρεση μαζών
- Προσθήκη δομικών λεπτομερειών
- Πλήρης αντικατάσταση δομικών στοιχείων
- Προσθήκη νέων δομικών στοιχείων (→ ανάληψη σεισμικής δράσης)
- Προσθήκη αποσβεστήρων
- Προσθήκη σεισμικής μονώσεως
- Ολόσωμη μετακίνηση δομήματος
- Μερική ή ολική κατασάφηση.

#### Κριτήρια Επεμβάσεων:

- **Τεχνικά Κριτήρια**
  - Αναίρεση κακοτεχνιών
  - Αποκατάσταση βαθμού κανονικότητας συμβατής με την τελική στάθμη πλαστικότητας που επιλέχθηκε
  - Η απαίτηση του περιορισμού βλαβών στην κατάσταση «λειτουργίας» αμβλύνεται
  - Κατά την επέμβαση προτιμάται η ελάχιστη μεταβολή δυσκαμψιών, εκτός αν σκοπίμως επιζητείται μια τέτοια μεταβολή (μεταβολή ιδιοπεριόδου)
  - Επιζητείται η μέγιστη δυνατή τοπική πλαστικότητα μετά την επέμβαση
  - Επιζητείται η μέγιστη ανθεκτικότητα σε διάρκεια.

## Εισαγωγή

### Επιλογές Επισκευών και Ενισχύσεων:

- Επισκευή - ενίσχυση κρίσιμων περιοχών **υφισταμένων** δομικών στοιχείων
- Προσθήκη **νέων** φερόντων στοιχείων
  - σκελετός
  - τοιχώματα
  - σιδηρά πλαίσια
- Γέμισμα τοιχωμάτων του πλαισιακού φορέα («εμφάντωση»)
  - «Νομιμοποίηση» πλινθοδομής
  - Καθαίρεση πλινθοδομής και προσθήκη τοιχωμάτων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα
  - Μεταλλικοί ακαμπτίτες/αποσβεστήρες
- Προσθήκη αποσβεστήρων
- Σεισμική μόνωση.

### Άρση τρωτότητας Υποστυλωμάτων:

1. Ανεπαρκείς **αναμονές** ράβδων

$$\left( \begin{array}{l} \text{δίπλη τρωτότητα} \\ \text{απολέπιση} \rightarrow \text{μείωση συναφείας} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} I_s < I_b \rightarrow M'_u < M_u \\ \end{array} \right)$$

2. Ανεπαρκής αντοχή έναντι **τέμνουσας**:

- έλλειψη συνδετήρων ή
- μειωμένη αντοχή σκυροδέματος λοξού θάλασπρα.

3. Ψαθυρή καμπτική συμπεριφορά

(έλλειψη τοπικής **πλαστιμότητας** από έλλειψη επαρκούς περισφιγξως, αλλά κι επειδή δεν προλαβαίνει ο διαμήκης οπλισμός να περάσει στη διαρροή του).

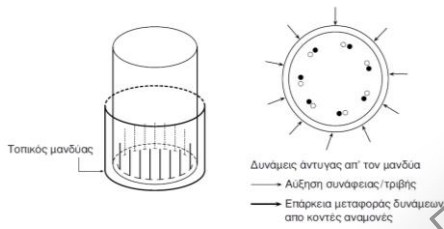
4. Αδυναμία **ικανοτικού** σχεδιασμού:

- ανάγκη αύξησης αντοχής σε τέμνουσα  $V_R > V_{MR}$
- ανάγκη για αύξηση καμπτικής αντοχής υποστυλώματος έναντι δοκών.

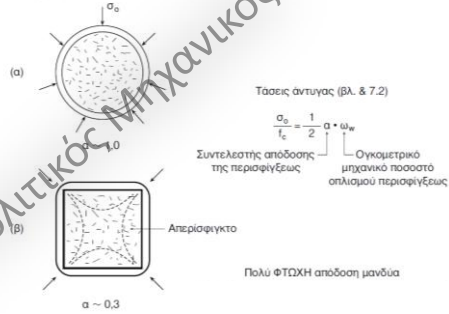
Στις περισσότερες απ' αυτές τις περιπτώσεις, η προσθήκη **ΤΟΠΙΚΟΥ ΜΑΝΔΥΑ** ή/και **ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ** μπορεί να αναίρεσει την τρωτότητα!

## Άρση τρωτότητας Υποσυλωμάτων:

### 1. Εξασφάλιση αναμονών:

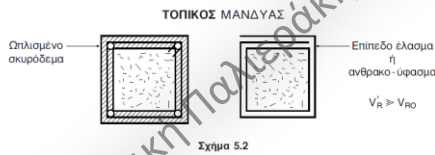


### 3. Αύξηση καμπτικής πλαστικότητας:



### 2. Αύξηση αντοχής σε τέμνωση:

#### 2.1. από ανεπάρκεια εγκάρσιου οπλισμού

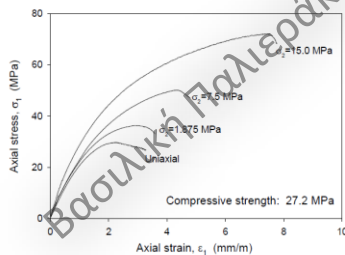
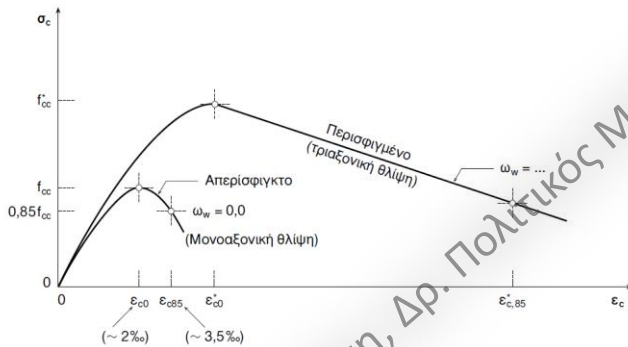


#### 2.2. από ανεπάρκεια ποσού θλιπτήρα σίτος

### 4. Αύξηση καμπτικής αντοχής (σπανιότερη ανάγκη):

- από θλιβόμενο πέλμα  
↓  
μανδύας σκυροδέματος
- από εφελκυσμένον χάλυβα  
↓  
αγκύρωση νέων ραβδών ή ελασμάτων
- από ανεπαρκή μήκη αναμονών  
↓  
περίσφιξη (→ αύξηση συνάφειας)

## Περίσφιξη Σκυροδέματος:



Όταν το σκυρόδεμα υποβάλλεται σε τριαξονική θλίψη, αυξάνεται η αντοχή του, αυξάνεται η παραμόρφωση αστοχίας του και μειώνεται η κλίση του φθιτού κλάδου του διαγράμματος σ-ε.

υποστεί βλάβες (που ούτως ή άλλως θα πρέπει να έχουν επισκευαστεί), το μήκος συναρμογής  $u_s$  σε κάθε άκρο του μονώδου δεν μπορεί να θεωρηθεί μεγαλύτερο από την απόσταση του πέρας της βλάβης μέχρι το άκρο του μονώδου. Όταν το διαθέσιμο μήκος συναρμογής στο ένα άκρο του μονώδου είναι ανεπαρκές για την μεταφορά της θλιβουσας δύναμης στο μονώδου (όπως είναι πιθανόν στην περίπτωση που η βλάβη είναι κοντά σε ένα άκρο του στοιχείου), ενδέχεται να απαιτούνται ειδικότερα κατασκευαστικά μέτρα για την εξασφάλιση απ' ευθείας μεταφοράς θλιπτικού φορτίου στον μονώδου από τα υφιστάμενα δομικά μέλη (που βρίσκονται στο άκρο του προς ενίσχυση στοιχείου).

(8.9 β)

$u_s$  το μήκος συναρμογής στο κάθε άκρο του μονώδου

$\mu$  συντελεστής τριβής σκυροδέματος/σκυροδέμα από χαμηλές ορθές τάσεις, ο οποίος στην παρούσα περίπτωση μπορεί να ληφθεί ίσος με την μονάδα

$f_{cm}$  η μέση τιμή της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος του μονώδου

$t$  το πάχος του μονώδου

$n_s$  και  $n_p$  ο συνολικός αριθμός των αναρτήρων ("πάπιες") και βλήτρων αντίστοιχα, που διατάσσονται εντός της θλιβόμενης ζώνης, στο κάθε άκρο του μονώδου κατά την έννοια του μήκους του αρχικού στοιχείου.

$A_s$  εμβαδόν διατομής αναρτήρα

$h_s$  απόσταση μεταξύ του αρχικού και του γειτονικού προς αυτόν νέου διαμήκους οπλισμού του στοιχείου.

$F_{sd}$  η αντίσταση ενός βλήτρου, όπως προκύπτει σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην § 6.1.2.

- 5) Για την ανάλυση των εφελκυστικών τάσεων ρηγμάτωσης κατά μήκος των ακμών του μονώδου, στην περιοχή του μήκους  $u_s$ , πρέπει να διατάσσονται πυκνοί συνδετήρες, που να αναλαμβάνουν τουλάχιστον τη δύναμη που αντιστοιχεί στην **εγκρίσιμη εφελκυστική αντοχή** του σκυροδέματος του μονώδου. Οι ελάχιστοι συνδετήρες που απαιτούνται **ελέγχονται** από τη σχέση:

$$\frac{A_{sw}}{A_{sv}} \geq \frac{t \cdot f_{cm}}{f_{ywd}} \quad (8.10)$$

Η **μέγιστη απόσταση των συνδετήρων  $a_{sw}$**  μπορεί να υπολογίζεται:

8 - 24

(2η Αναθεώρηση 2017)

$$a_{sw} \leq 0,8 \left( \frac{f_{ywd}}{f_{cm}} \right) \frac{d_s^2}{t} \quad (\Sigma 8.7)$$

Προϋπάρχουσες βλάβες πρέπει ούτως ή άλλως να επισκευάζονται. Όταν δεν διατίθεται ακριβέστερα στοιχεία διατάσσονται συνδετήρες  $\Phi 8-75$  mm.

Όταν δεν εφαρμόζεται ακριβέστερη μέθοδος, επιτρέπεται η εφαρμογή της προσεγγιστικής διαδικασίας (§ Σ8.1.1δ), υπό τις προϋποθέσεις ότι: (α) η επιδοκώμενη αύξηση της καμπτικής αντίστασης του στοιχείου δεν υπερβαίνει το διπλάσιο της αρχικής και (β) τα κατασκευαστικά μέτρα συνδέσης στην διακεφαλίδα του μονώδου και του υφιστάμενου στοιχείου περιλαμβάνουν επιμελημένη εκτέλεση της επωνείας του στοιχείου (με υδρομαβολή ή με ελαφρό εξοπλισμό αέρα ή ηλεκτρικό βελόνι) και χρήση βλήτρων, ή και αναρτήρων και οι εργασίες έχουν εκτελεστεί σύμφωνα με σχετικές τεχνικές προδιαγραφές. Άλλως, συνιστάται η εφαρμογή των Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ): Έργα Αποκατάστασης Ζημιών Κατασκευών (ΕΛΟΤ ΠΠ 1501-14-01, 2009, ΦΕΚ 2221Β/2012).

Σ' αυτήν την περίπτωση επιτρέπεται η χρήση των ακόλουθων τιμών συντελεστών μονολιθικότητας:

$$k_l = 0,80, \quad k_t = 0,90, \quad k_{sp} = 1,25, \quad k_{sw} = 0,80$$

Βεβαίως, πριν την κατασκευή του μονώδου, οι βλάβες του υποστρώματος πρέπει να αποκαθιστώνται. Παρόλα αυτά, η επίσκεψη στην περίπτωση των μεγάλων βλαβών δεν εξασφαλίζει πάντοτε την χωρίς αμφιβολίες αποκατάσταση της φέρουσας ικανότητας του αρχικού υποστρώματος.

Ως υφιστάμενα δομικά στοιχεία παρά τα άκρα του νέου

όπου:

$A_{sw}$  είναι το εμβαδόν της διατομής της ράβδου του συνδετήρα,

$a_{sw}$  είναι η απόσταση των συνδετήρων,

$f_{ywd}$  είναι το όριο διαρροής των συνδετήρων.

Σε περιοχή προϋπάρχουσας βλάβης, απαιτείται η τοποθέτηση πυκνών συνδετήρων, ώστε να αποφευχθεί ο πρόωρος λυγισμός του νέου διαμήκους οπλισμού.

- η) Όταν δεν διατίθενται αξιόπιστες μέθοδοι για την εκτίμηση της σχετικής ολισθήσης κατά μήκος της διακεφαλίας μεταξύ υφιστάμενου στοιχείου και του προσθέμενου στρώσεως, για τον υπολογισμό της καμπτικής αντίστασης και των άλλων χαρακτηριστικών του ενισχυμένου στοιχείου, επιτρέπεται υπό προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθεί η προσεγγιστική διαδικασία με επιλογή καταλλήλων συντελεστών μονολιθικότητας.

- θ) Η περίπτωση κατά την οποία ένα υφιστάμενο υποστρώμα έχει μεγάλες βλάβες και έχει αποφασισθεί να μην λαμβάνεται πλέον υπόψη ή φέρουσα ικανότητά του η κατασκευή μονώδου θεωρείται ισοδύναμη με την προσθήκη νέου «κοίλου» υποστρώματος.

Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να ληφθεί ειδική

8 - 25

(2η Αναθεώρηση 2017)

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα

Ζητείται να προσδιοριστούν οι ελάχιστοι συνδετήρες και οι ελάχιστοι διατμητικοί σύνδεσμοι (βλήτρα) στην περίπτωση κατασκευής ενός μανδύα ωπλισμένου σκυροδέματος από C25/30, σε ένα υποστυλώμα με διαπιστωμένη αντοχή 22MPa, με αρχική διατομή 350mm\*350mm και πάχος μανδύα 75mm. Υπολογίστε τα τρία κύρια χαρακτηριστικά του καταστατικού νόμου και σχεδιάστε το διάγραμμα  $\sigma_c$ ,  $\epsilon_c$  της περισφιγμένης διατομής του υποστυλώματος.

### Επίλυση:

Ο χάλυβας για τους συνδετήρες και τα βλήτρα επιλέγεται B500c (συνήθης χάλυβας).

Επιλέγονται συνδετήρες Φ8, με αντοχή σχεδιασμού

$$f_{ywd}=500/1,15=434,8\text{MPa}$$

Εφελκυστική αντοχή προστιθέμενου σκυροδέματος (μανδύα):

$$f_{2t}=f_{ctk0,95}=1,3f_{ctm}=1,3*0,3*f_{ck}^{2/3}=0,39*25^{2/3}=3,33\text{MPa}$$

Οι αποστάσεις των συνδετήρων υπολογίζονται από την σχέση:

$$\alpha_{sw} \leq 0,8 \left( \frac{f_{ywd}}{f_{ctm}} \right) \cdot \frac{d_b^2}{t} \quad (\Sigma 8.7)$$

$$\alpha_{sw} \leq 0,8 \cdot \frac{500}{1,15 \cdot 3,33 \cdot 75} = 89,1\text{mm}$$

δηλαδή τοποθετούνται Φ8/85

Αν υπάρχει βλάβη, στην περιοχή της βλάβης τίθενται Φ8/75mm.

Προφανώς, τελικά οι συνδετήρες προκύπτουν λαμβάνοντας υπ' όψιν και τις κατασκευαστικές διατάξεις των Κανονισμών που ισχύουν σε κάθε χρονική στιγμή.



ΣΧΟΛΙΑ

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΒΕΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠ.Ε 2012)

ΚΕΙΜΕΝΟ

εφελκυστικές ή θλιπτικές δυνάμεις που αντιστοιχούν σε ύψος AB ή ΓΔ.

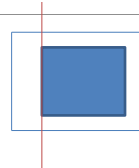
Οι διατομές i, j συνήθως λαμβάνονται: (α) στις θέσεις μέγιστης (θετικής ή αρνητικής) ροπής κάμψης, (β) στις παρειές στηρίζεων, (γ) στις θέσεις επιβολής συγκεντρωμένων φορτίων (δ) στις θέσεις απότομης αλλαγής διατομής και (ε) στα ελεύθερα άκρα προβόλων.

Η διατμητική αντίσταση στη διεπιφάνεια  $V_{Rd(i-j)}^{con}$  προσδιορίζεται σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην § 8.1.2.3.

Ο νέος οπλισμός αγκυρώνεται στα υπάρχοντα στοιχεία σκυροδέματος άμεσος ή έμμεσος (μέσω πρόσθετων στοιχείων αγκύρωσης). Πρέπει να ελέγχονται και όλοι οι ενδεχόμενοι τρόποι αστοχίας των πρόσθετων στοιχείων αγκύρωσης που μπορεί να χρησιμοποιηθούν (χαλύβδινες πλάκες, αγκύρια, βλήτρα, κλπ.). Οι σχετικοί έλεγχοι για την άμεση ή έμμεση αγκύρωση μπορούν να πραγματοποιηθούν σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην § 6.1.2, τα οποία έχουν ισχύ για βλήτρα, αγκύρια και ράβδους οπλισμού.

Στην περίπτωση χρήσης βλήτρων, το ελάχιστο μήκος έμπηξης, εκατέρωθεν της διεπιφάνειας παλιού-νέου σκυροδέματος, είναι το οκταπλάσιο της διαμέτρου τους (βλ. § 6.1.2.2.δ). Για μικρότερο μήκος έμπηξης (και πάντως όχι μικρότερο από το εξαπλάσιο της διαμέτρου τους), το ελάχιστο ποσοστό  $\rho_{s,min}$  προσ αυξάνεται αντιστρόφως ανάλογα του μήκους έμπηξης.

Επειδή στην περίπτωση πλάκων, είναι απίθανο να υπάρξει πλήρης αστοχία της συνοχής σε μεγάλη έκταση, οι ελάχιστοι οπλισμοί της διεπιφάνειας λαμβάνονται (βλ. σχέση (8.8β)) μειωμένοι κατά 50%, σε σχέση με το γενικό όριο της σχέσης (8.8α).



iv) Πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής αγκύρωση του πρόσθετου εφελκυσμένου οπλισμού επί των καθέτων προς το ενισχυόμενο δομικό στοιχείο μελών του αρχικού φορέα, εκτός εάν ο πρόσθετος οπλισμός ηλεκτροσυγκολλάται επί του παλιού οπλισμού, οπότε ελέγχεται η επάρκεια αγκύρωσης των παλιών οπλισμών σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο (iii).

v) Για την εξασφάλιση αξιοπιστής διατμητικής αντοχής της διεπιφάνειας απαιτείται η τοποθέτηση ενός ελάχιστου ποσοστού εγκάρσιου οπλισμού διεπιφάνειας  $\rho_s$ :

$$\rho_{s,min} = 0,20f_{ctm} / f_{tk} \geq 1,2\% \text{ εν γένει (8.8a)}$$

$$\rho_{s,min} = 0,10f_{ctm} / f_{tk} \geq 0,6\% \text{ για πλάκες (8.8β)}$$

$$\text{όπου } \rho_s = \frac{A_{s\omega}}{A_{s\beta}}, \quad A_{s\omega} \text{ το εμβαδόν του εγκάρσιου οπλισμού, } A_{s\beta} \text{ το εμβαδόν της διεπιφάνειας και } f_{ctm} \text{ η μέση εφελκυστική αντοχή του ισχυρότερου σκυροδέματος.}$$

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (συνέχεια)

### Επίλυση:

Ο χάλυβας για τους συνδετήρες και τα βλήτρα επιλέγεται B500c (συνήθης χάλυβας). Ως ελάχιστη διάμετρος των βλήτρων θεωρείται (για πρακτικούς λόγους)  $d_b = 14\text{mm}$ .

$$A_{s\delta, \min} = \rho_{\delta, \min} * A_{c\delta}$$

$$\rho_{\delta, \min} = \max(\rho_{w, \min}, 0,12\%)$$

→ οπλισμός διάτμησης, συσχέτιση και με  $f_{ck}$

Θεωρούμε ότι τα βλήτρα θα τοποθετηθούν σε ίσες αποστάσεις  $s$ , επομένως προκύπτει:

$$A_{s, \beta\lambda\eta\tau\rho\upsilon} / (b * s) \geq 0,12 / 100 \rightarrow A_{s, \beta\lambda\eta\tau\rho\upsilon} / s \geq 0,12 * 350\text{mm} / 100 = 0,42\text{mm}$$

Για βλήτρα διαμέτρου 14mm ( $\Phi 14$ ):

$$A_{s, \beta\lambda\eta\tau\rho\upsilon} = \pi * 14^2 / 4 = 153,9\text{mm}^2, \text{ επομένως } s \leq 153,9\text{mm}^2 / 0,42\text{mm} = 366\text{mm}$$

Αν επιλέξουμε βλήτρα διαμέτρου 16mm ( $\Phi 16$ ), τότε:

$$s \leq 201\text{mm}^2 / 0,42\text{mm} = 478\text{mm}$$

Επί πλέον, θα πρέπει να ισχύει:

$$s_{\max} = \min(6t_{\text{μιαούλι}}, 800\text{mm}) = \min(6 * 75\text{mm}, 800\text{mm}) = 450\text{mm}$$

Επομένως τελικά τίθενται βλήτρα B500c,  $\Phi 14 / 365\text{mm}$  ή  $\Phi 16 / 450\text{mm}$ .



ΣΧΟΛΙΑ

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΜΕΤΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠ.Ε. 2012)

ΚΕΙΜΕΝΟ

### 6.2. Περίσφιξη σκυροδέματος

#### 6.2.1. Περίσφιξη μέσω συνδετήρων ή κλειστών ελασμάτων από χάλυβα

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος, όταν αυτό περισφίγεται μέσω συνδετήρων από χάλυβα, μπορούν να υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

Η αντοχή του περισφισμένου σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται απ' την σχέση:

$$\frac{f_{ys}}{f_c} = 1 + K \quad (6.16)$$

όπου  $K = 3,5 \Lambda^{3,4}$  και  $\Lambda = \alpha \rho_{s\delta} f_{ys} / f_c$

όπου  $f_{ys}$  είναι η τάση διαρροής των συνδετήρων,  $\rho_{s\delta} = A_{s\delta} / b s \delta$  είναι το γεωμετρικό ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού στην κατεύθυνση  $\gamma$  της φόρτισης ( $s \delta$  η απόσταση μεταξύ συνδετήρων),  $\alpha$  ο συντελεστής αποδοτικότητας της περισφίξης.

Το διάγραμμα σ-ε του περισφισμένου σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται παραβολικό μέχρι παραμόρφωση  $\epsilon_{sc}$ :

$$\epsilon_{sc} = \epsilon_{sc0} (1 + 5K) \quad (6.17)$$

όπου επιτυγχάνεται η αντοχή  $f_{sc}$  και στη συνέχεια ορθογώνιο μέχρι παραμόρφωση  $\epsilon_{sc,e}$  από την σχέση (6.18).

Η βέλτιστη απόσταση της ακραίας ίνας του περισφισμένου κορμού  $\epsilon_{sc,e}$  μπορεί να εκτιμηθεί ως:

$$\epsilon_{sc,e} = 0,004 + 0,4 \Lambda_c \quad (6.18)$$

όπου  $\Lambda_c = \alpha \rho_{s\delta} f_{ys} / f_{ck}$  και τα  $f_{ys}$ ,  $\rho_{s\delta}$ ,  $\alpha$  όπως έχουν οριστεί παραπάνω,  $f_{ck}$  είναι η αντοχή περισφισμένου σκυροδέματος η οποία μπορεί να υπολογίζεται απ' την  $E_s^2$  (6.16).

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν και στην περίπτωση που η περισφίξη εφαρμόζεται μέσω κλειστών επικολητών ελασμάτων, υπό μορφή "κολάδων".

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (συνέχεια)

### Επίλυση:

Έχουν τοποθετηθεί συνδετήρες Φ8/85.

Τρία κύρια χαρακτηριστικά του καταστατικού κανόνα:

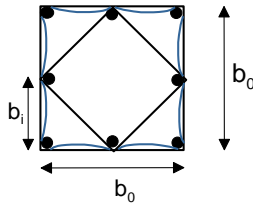
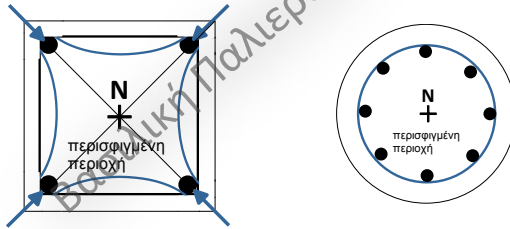
Χαρακτηριστικό	Απεριόριστο	Περιορισμένο
Θλιπτική αντοχή	$f_c = 224 \text{ Pa}$	$f_c^*$
πάρσιση Σιφερτίς	$\epsilon_{cs} = 2\text{‰}$	$\epsilon_{cs}^*$
πάρσιση σιτεσκίας	$\epsilon_{cs} = 3,5\text{‰}$	$\epsilon_{cs}^*$

Προσοχή! Υποθέτουμε ΚΕΝΤΡΙΚΩΣ ΘΛΙΒΟΜΕΝΕΣ διατομές.

### Αποδοτικότητα περίσφιξης:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \leq 1,00$$

$\alpha_n$ : Εκφράζει το ενεργό από άποψη περίσφιξης κομμάτι της διατομής



Έχουμε,

«n» το πλήθος διαμήκεις ράβδους δεμένες με συνδετήρες και

«n» το πλήθος απερίσφιγτες παραβολές

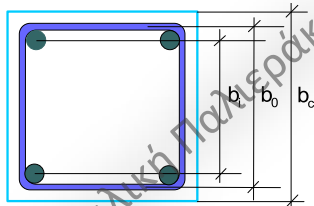
$$\alpha_n = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{b_i^2}{6A_{0c}} \quad \text{Εμβαδόν διατομής πυρήνα}$$

Στην ειδική περίπτωση τετραγωνικής διατομής, με ισοπέχουσες διαμήκεις ράβδους,  $b_i = 4b_0/n$  και προκύπτει:

$$\alpha_n = 1 - \frac{8}{3} \frac{1}{n}$$

### Αποδοτικότητα περίσφιξης:

$$\alpha_n = 1 - 8/(3 \cdot n) = 1 - 8/(3 \cdot 4) = 1/3 = 0,333$$



$$b_c = 350 + 2 \times 75 = 500 \text{ mm}$$

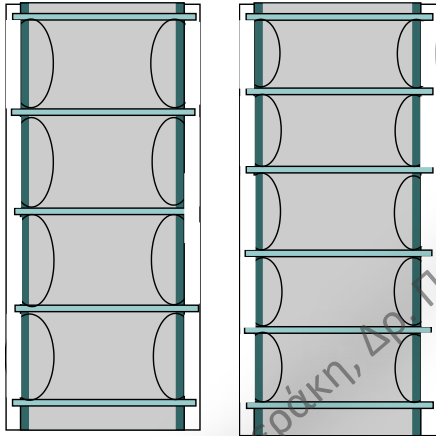
$$b_0 = 500 - 2 \times 25 - 8 = 442 \text{ mm}$$

$$b_i = 500 - 2 \times 25 - 2 \times 8 - 20 = 414 \text{ mm}$$

Έχουμε επιλέξει συνδετήρες  $\varnothing 8/85$

Υπολογίζουμε την αποδοτικότητα της περίσφιξης και αναλυτικά:

$$\alpha_n = 1 - \frac{4b_i^2/6}{b_0^2} = 1 - \frac{4 \cdot 414^2}{6 \cdot 442^2} = 0,415$$



(α) Η περίσφιγξη ενεργεί μόνον στον πυρήνα του στοιχείου και, μάλιστα μόνον σε ένα τμήμα του, το οποίο είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο «πυκνότερα» είναι διατεταγμένοι εντός της διατομής οι συνδετήρες και οι σύνδεσμοι (καλά κλεισμένοι, γύρω από διαμήκεις ράβδους οπλισμού)

(β) Η περίσφιγξη ενεργεί μόνον στο τμήμα του υποστυλώματος το οποίο ευρίσκεται εντός του κλωβού του οπλισμού και, μάλιστα, μόνον σε ένα τμήμα αυτής της περιοχής, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πυκνότεροι είναι οι συνδετήρες καθ' ύψος του στοιχείου.

Τίθεται, επομένως, θέμα ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ της περίσφιγξης.

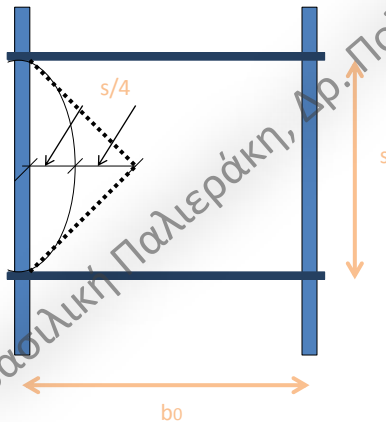
### 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (συνέχεια)

**Αποδοτικότητα περίσφιγξης:**

$$\alpha = \alpha_n * \alpha_s \leq 1,00$$



$\alpha_s$ : Εκφράζει το ενεργό από άποψη περίσφιγξης κομμάτι του στοιχείου καθ' ύψος



$$\frac{b_0^2 - \left(b_0 - 2 \frac{s}{4}\right)^2}{b_0^2} = \alpha_s = \left(1 - \frac{1}{2} \frac{s}{b_0}\right)^2$$

Επομένως,

$$\alpha_s = (1 - 0,5 * 85\text{mm} / 450\text{mm})^2 = 0,82$$

$$\text{Τελικά, } \alpha = 0,33 * 0,82 = 0,273$$

ή με τον αναλυτικότερο τρόπο

$$\alpha = 0,415 * 0,82 = 0,34$$



## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (συνέχεια)

### Αποδοτικότητα περισιφιξης:

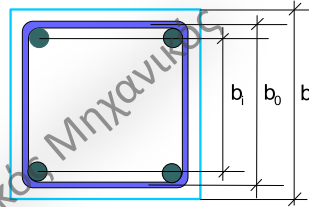
Μηχανικό Ογκομετρικό Ποσοστό Οπλισμού  $\omega_w$ :

$$\omega_w = \frac{\text{όγκος συνδετήρων}}{\text{όγκος περισιφγόμενου σκυροδέματος}}$$

$$\omega_w = \frac{4b_0 A_{sw} f_{yd}}{b_0^2 s f_{cd}} = \frac{4A_{sw} f_{yd}}{b_0 s f_{cd}}$$

$$\omega_w = [(4 \cdot \pi \cdot 8^2 / 4) \cdot 434,8] / [442 \cdot 85 \cdot 22] = 0,106,$$

$$\text{Άρα } a\omega_w = 0,106 \cdot 0,273 = 0,0289 \text{ ή ακριβέστερα } a\omega_w = 0,106 \cdot 0,34 = 0,036$$



θεωρώ μήκος συνδετήρα 442mm και όχι 450mm

ΣΧΟΛΙΑ

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΙΜΕΤΑΣΕΩΝ (ΚΑΝ.ΕΠ.Ε. 2012)

ΚΕΙΜΕΝΟ

### 6.2. Περισιφιξη σκυροδέματος

#### 6.2.1. Περισιφιξη μέσω συνδετήρων ή κλειστών ελασμάτων από χάλυβα

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος, όταν αυτό περισιφγείται μέσω συνδετήρων από χάλυβα, μπορούν να υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

Η αντοχή του περισιφγμένου σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται απ' την σχέση:

$$\frac{f_{wc}}{f_c} = 1 + K \quad (6.16)$$

όπου  $K = 3,5 \Lambda^{3,4}$  και  $\Lambda = \alpha \rho_{sw} f_{yw} / f_c$

όπου  $f_{yw}$  είναι η τάση διαρροής των συνδετήρων,  $\rho_{sw} = A_{sw} / b_0 s$  είναι το γεωμετρικό ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού στην κατεύθυνση  $\gamma$  της φόρτισης ( $s$  η απόσταση μεταξύ συνδετήρων),  $\alpha$  ο συντελεστής αποδοτικότητας της περισιφιξης.

Το διάγραμμα  $\sigma$ - $\epsilon$  του περισιφγμένου σκυροδέματος μπορεί να λαμβάνεται παραβολικό μέχρι παραμόρφωση  $\epsilon_{cc}$ :

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_{cc} (1 + 5K) \quad (6.17)$$

όπου επιτυγχάνεται η αντοχή  $f_{cc}$ , και στη συνέχεια ορθογωνικό μέχρι παραμόρφωση  $\epsilon_{cc,e}$  από την σχέση (6.18).

Η βέλτιστη αποχία της ακραίας ίνας του περισιφγμένου πυρήνα  $\epsilon_{cc,e}$  μπορεί να εκτιμηθεί ως:

$$\epsilon_{cc,e} = 0,004 + 0,4\Lambda_2 \quad (6.18)$$

όπου  $\Lambda_2 = \alpha \rho_{sw} f_{yw} / f_{cc}$  και τα  $f_{yw}$ ,  $\rho_{sw}$ ,  $\alpha$  όπως έχουν οριστεί παραπάνω,  $f_{cc}$  είναι η αντοχή περισιφγμένου σκυροδέματος η οποία μπορεί να υπολογίζεται απ' την  $E_c$  (6.16).

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν και στην περίπτωση που η περισιφιξη εφαρμόζεται μέσω κλειστών επικολητών ελασμάτων, υπό μορφή "κολυμάτων".

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (συνέχεια)

### Μηχανικά Χαρακτηριστικά Περισιφισμένου Σκυροδέματος:

$$\frac{f_c^*}{f_c} = 1 + K$$

$$\text{όπου } K = 3,5\lambda^{3/4} \text{ και } \lambda = \alpha_{\rho_{\text{sc}}} f_{yw} / f_c$$

Δηλαδή  $\lambda = \alpha_{\omega_w} = 0,036$  και  $K = 3,5\lambda^{3/4} = 3,5 * 0,083 = 0,289$

Επομένως:

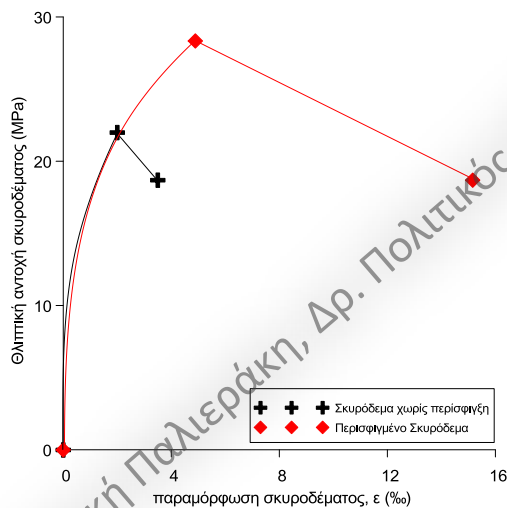
$$f_c^* = f_c(1+K) = 1,289 * f_c = 1,289 * 22 \text{MPa} = 28,35 \text{MPa}$$

$$\varepsilon_{c0}^* = \varepsilon_{c0}(1+5K) = \varepsilon_{c0}(1+5*0,289) = 2,445 * \varepsilon_{c0} = 2,445 * 2\text{‰} = 4,89\text{‰}$$

$$\lambda_c = \alpha_{\omega_{wc}} = 0,34 \times \omega_w = 0,34 * [(4 * \pi * 8^2 / 4) * 434,8] / [442 * 85 * 28,35] = 0,34 * 0,082 = 0,0279$$

$$\text{Άρα } \varepsilon_{cu}^* = 0,004 + 0,4 * \lambda = 0,004 + 0,4 * 0,0279 = 0,01516 = 15,16\text{‰}$$

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (συνέχεια)



### Φθιτός Κλάδος:

Όχι ιδιότητα του υλικού, αλλά του συστήματος. Ο πιο «τίμιος» τρόπος να το σχεδιάσουμε: Ευθύγραμμο!

### Προσοχή!

Στάθμη υπολογισμού στο  $\varepsilon_{cu}^*$  είναι το  $0,85f_c$  και όχι το  $0,85f_c^*$

## Άλλοι τρόποι υλοποίησης της περίσφιξης

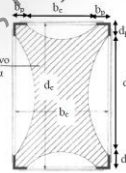
Με μεταλλικά στοιχεία:

(α) Περίσφιξη με συνεχές χαλύβδινο έλασμα

(β) Περίσφιξη μέσω επικολητών ελασμάτων, υπό μορφή κολλάρων



φωτογραφίες από [eandas.gr](http://eandas.gr)

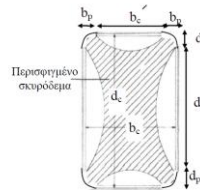


$b_p$  και  $d_p$  είναι οι διαστάσεις των γωνιακών ελασμάτων (συνήθως  $b_p = d_p = 50 \text{ mm}$ ), με ελάχιστο πάχος 5mm



φωτογραφία από <http://www.episkeve.s2.civil.upatras.gr>

Με Ινοπλισμένα Πολυμερή (ΙΟΠ):



Σχ. Σ6.9β Περίσφιξη με ινοπλισμένα πολυμερή-στρωγγύλευση γονιών

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (εναλλακτική εφαρμογή)

**Περίσφιξη μέσω συνεχούς χαλύβδινου ελάσματος:**

Χαλύβδινο έλασμα με έλασμα  $t_f=2,5\text{mm}$ , S375.

Υπολογίζω  $\alpha_n=1/3$ , όπως προηγουμένως (εδώ ακριβές!)

Το έλασμα είναι ΣΥΝΕΧΕΣ, δηλαδή εκτείνεται σε όλο το ύψος του υποστυλώματος, άρα ολόκληρο το στοιχείο καθ' ύψος απολαμβάνει περίσφιξη: Σαν συνδετήρες με μηδενική απόσταση μεταξύ τους,  $s=0\text{mm}$ !

Άρα  $\alpha_s=1$ !

Μηχανικό Ογκομετρικό Ποσοστό Οπλισμού  $\omega_w$ :

$\omega_w$  = όγκος υλικού που προσφέρει περίσφιξη/ όγκος περισφιγμένου σκυροδέματος

$$\omega_w = \frac{4bht f_{yd}}{b^2 h f_{cd}} = \frac{4t f_{yd}}{b f_{cd}} = \frac{4 * 2,5 * 375 / 1,15}{350 * 22} = 0,423$$

Άρα  $\alpha \omega_w = 0,333 * 0,423 = 0,141!!!$

## 1ο Αριθμητικό Παράδειγμα (εναλλακτική εφαρμογή)

### Μηχανικά Χαρακτηριστικά Περισιφισμένου Σκυροδέματος:

$$\frac{f_c}{f_{c0}} = 1 + K$$

$$\text{όπου } K = 3,5\Lambda^{3/4} \text{ και } \Lambda = \alpha\omega_w f_{yw} / f_c$$

Δηλαδή  $\Lambda = \alpha\omega_w = 0,141$  και  $K = 3,5\Lambda^{3/4} = 3,5 * 0,23 = 0,805$

Επομένως:

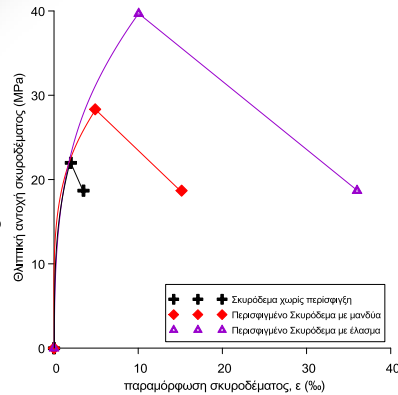
$$f_c^* = f_c(1+K) = 1,805 * f_c = 1,805 * 22 \text{MPa} = 39,7 \text{MPa}$$

$$\epsilon_{c0}^* = \epsilon_{c0}(1+K) = \epsilon_{c0}(1+0,805) = 5,03 * \epsilon_{c0} = 5,03 * 2\text{‰} = 10,06\text{‰}$$

$$\Lambda_c = \alpha\omega_{wc} = 0,34 \omega_w =$$

$$0,34 * [(4 * 2,5) * (375 / 1,15)] / (350 * 39,7) = 0,080$$

$$\text{Άρα } \epsilon_{cu}^* = 0,004 + 0,4 * \Lambda_c = 0,004 + 0,4 * 0,080 = 0,036 = 36\text{‰}$$



## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

### Επεμβάσεις σε υπάρχουσες κατασκευές Ωπλισμένου Σκυροδέματος:

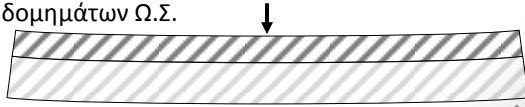
Αντικείμενο αυξανόμενης σημασίας, παγκοσμίως: η φθορά και η γήρανση του κτιριακού αποθέματος και η ανάγκη αναβάθμισης των υπαρχουσών κατασκευών οδηγούν στην ανάγκη για **οδηγίες σχεδιασμού**, οι οποίες θα δύνανται να αποτελέσουν την βάση για εύλογες, ασφαλείς και οικονομικές επεμβάσεις.



Πρόγραμμα που χρηματοδοτήθηκε από το ΤΕΕ (ΕΠΑΝΤΥΚ, 2005), ανέδειξε την **ανάγκη επεμβάσεων**, καθώς μόνο το 18% των υπαρχουσών κατασκευών έχει μελετηθεί με βάση σύγχρονους Αντισεισμικούς Κανονισμούς, ενώ το 33% του κτιριακού αποθέματος έχει κατασκευαστεί χωρίς αντισεισμικό σχεδιασμό (κτίρια κατασκευασμένα μέχρι το 1960).

## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

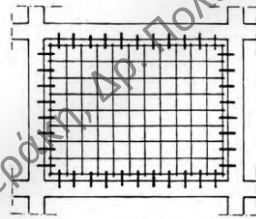
Η σπουδαιότητα των διεπιφανειών μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος για την αποδοτικότητα πολλών τεχνικών (προ- ή μετα-σεισμικής) ενίσχυσης δομημάτων Ω.Σ.



Ενίσχυση γέφυρας



Μανδύες υποστρωμάτων

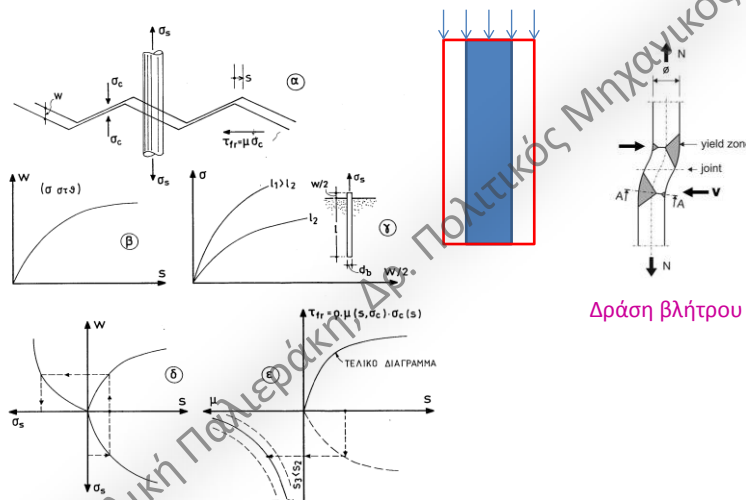


Εμφανιζόμενο τοίχωμα και ενδεχόμενη ενίσχυση σύνδεσης με πλάκα Ω.Σ.

Έρευνα μεταξύ των Μηχανικών στις ΗΠΑ για τα πιο σημαντικά θέματα που τους απασχολούν:

- Οι διεπιφάνειες περιλαμβάνονται μεταξύ των τριών πιο σημαντικών.
- Το 70% των ερωτηθέντων Μηχανικών περιέλαβαν αυτό το θέμα στα τρία πιο σημαντικά.

## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος



Μηχανισμός σφικτήρα

Τριβή λόγω εξωτερικής θλίψης

## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος



Τα χαρακτηριστικά των διεπιφανειών μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος

➤ Ο οπλισμός είναι μετατοπιζόμενος στο υφιστάμενο σκυρόδεμα (σύνδεση μέσω κατάλληλου υλικού ή χρήση ειδικών αγκυρίων).

➤ Το βάθος έμπτυξης (είτε στο παλιό, είτε στο νέο σκυρόδεμα) υπαγορεύεται από την γεωμετρία του στοιχείου και από το είδος της επέμβασης. Συνήθως η περιορισμένη ενεργοποίηση του οπλισμού.

➤ Διεπιφάνειες τεχνητώς τραχείες. Συνήθως, δυσχερής η τράχυνση μεγάλων διεπιφανειών. Επομένως, μικρότερη συμβολή τριβής, έναντι φυσικών ρωγμών.

Οι συνήθως περιορισμένες διαστάσεις των διατομών, υπαγορεύουν την διάμετρο και την διάταξη των συνδέσμων, για αποφυγή ανεπιθύμητων αστοχιών (απόσχιση).



## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

Παρά ταύτα, ...

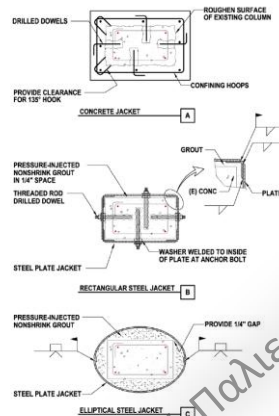


Figure 12.4.5-1: Concrete and Steel Overlay for Concrete Columns

FEMA547

Ως προς τον σχεδιασμό των επεμβάσεων, το κείμενο αναφέρει ότι «πρέπει να προβλέπονται επαρκή βλήτρα μεταξύ του νέου και του παλαιού σκυροδέματος, ώστε να εξασφαλίζεται μονολιθική συμπεριφορά του στοιχείου». Δεν περιλαμβάνονται οδηγίες για τον υπολογισμό των συνδέσμων.

Η μέθοδος σχεδιασμού των διεπιφανειών κατά τον ACI 318 (2014) (τρεχόντως υπό αναθεώρηση) (α) λαμβάνει υπ' όψη μόνον την λειτουργία σφικτήρα (αμελεί την δράση βλήτρου), (β) προϋποθέτει μεγάλη τραχύτητα της διεπιφάνειας (6,35mm) και (γ) προϋποθέτει αγκύρωση του οπλισμού εκατέρωθεν της διεπιφάνειας τόσο, ώστε ο οπλισμός να διαρρέει.

Προφανώς, δεν καλύπτεται η περίπτωση διεπιφανειών σε επισκευαζόμενα ή ενισχυόμενα στοιχεία.

## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

### fib MC2010 (και Σχέδιο MC2020)

$$\tau_{Rdi} = c_r \cdot f_{ck}^{1/3} + \mu \cdot \sigma_n + k_1 \cdot \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin a + \cos a) + k_2 \cdot \rho \cdot \sqrt{f_{yd} \cdot f_{cd}} \leq \beta_c \cdot v \cdot f_{cd}$$

Εμπλοκή αδρανών  
(;;;)

↑

Τριβή λόγω εξωτερικής θλιπτικής τάσης

Συμβολή οπλισμού ρ οποίος διαπερνά την διεπιφάνεια υπό γωνία "α"

↑

Συμβολή μηχανισμού βλήτρου

Αντοχή λοξού θλιπτήρα

Βασική Παλιεράκη, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Τραχύτητα διεπιφάνειας	c <sub>r</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	β <sub>c</sub>	μ	
					f <sub>ck</sub> ≥ 20	f <sub>ck</sub> ≥ 35
Μεγάλη, R <sub>r</sub> ≥ 3.0mm	0.2	0.5	0.9	0.5	0.8	1.0
Μέση, R <sub>r</sub> ≥ 1.5mm	0.1	0.5	0.9	0.5	0.7	
Λεία	0.0	0.5	1.1	0.4	0.6	
Πολύ λεία	0.0	0.0	1.5	0.3	0.5	

## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

(5) The design shear resistance at the interface for situations without reinforcement across the interface or if the required reinforcement across the interface is sufficiently anchored may be taken as:

$$\tau_{Rdi} = c_{rt} \cdot \sqrt{f_{ck}} / \gamma_c + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin a + \cos a) \leq v \cdot f_{cd} \quad (8.55)$$

where:

- f<sub>ck</sub> is the smallest compressive strength of the concretes at the interface;
- σ<sub>n</sub> is the compressive stress over area A<sub>s</sub> caused by the minimum external axial force across the interface that acts simultaneously with the shear force. Permanent stresses caused by confinement of surrounding structural parts may be taken into account. When σ<sub>n</sub> is tensile, c<sub>rt</sub> · √(f<sub>ck</sub>) / γ<sub>c</sub> should be taken as 0. When σ<sub>n</sub> is compressive, σ<sub>n</sub> may not be taken larger than 0.60f<sub>cd</sub>;
- ρ = A<sub>s</sub> / A<sub>i</sub>;
- A<sub>s</sub> is the anchored cross sectional area of bonded reinforcement crossing the interface, including ordinary shear reinforcement (if any), with adequate anchorage according to 8.1.4 at both sides of the interface;
- a is defined in Figure 8.15b, and is limited by 35° ≤ a ≤ 90°;
- c<sub>rt</sub> and μ<sub>r</sub> are factors which depend on the roughness of the interface (see Table 8.1).

(7) If yielding of the required reinforcement crossing the interface due to insufficient anchorage (e.g. toppings) cannot be provided, the shear resistance is given by:

$$\tau_{Rdi} = c_{i2} \cdot \sqrt{f_{ck}} / \gamma_c + \mu_r \cdot \sigma_n + k_1 \rho \cdot f_{yd} \mu_r + k_2 \rho \cdot \sqrt{f_{yd} f_{cd}} \quad (8.56)$$

where:

- c<sub>i2</sub>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> are factors which depend on the roughness of the interface (see Table 8.1 and (8.5)).
- When the interface is subjected to tensile forces in perpendicular direction, c<sub>i2</sub> shall be taken as 0;
- μ<sub>r</sub>, σ<sub>n</sub> as defined in (5).

If the distance of an intersecting reinforcing bar to an edge in the direction of the acting shear force is less than 10 φ, the coefficient for development of reinforcement should be taken as k<sub>1</sub> = 0. The interface reinforcement should be anchored for at least 0.5 f<sub>yd</sub> with a minimum length of embedment of 6 φ (if no other methods of anchorage than by straight bars are applied).

ΕΚ2. Γίνεται ρητή αναφορά στον MC2010, χωρίς αυτός να ακολουθείται πλήρως. Δεν προβλέπονται τροποποιήσεις για τη περίπτωση των σεισμικών δράσεων

Table 8.1: Coefficients depending on the roughness of the surface

Surface roughness	Equation 8.55		Equation 8.56	
	c <sub>rt</sub>	μ <sub>r</sub>	c <sub>i2</sub>	k <sub>1</sub>
very smooth	0.0095	0.5	0	1.5
smooth	0.075	0.6	0	1.1
rough	0.15	0.7	0.075	0.9
very rough	0.19	0.9	0.15	0.9
keyed	0.37	0.9	-	-

Note: The factors for keyed interfaces shall be applied for the area of each key considering its concrete strength.

- (6) The roughness of the concrete interfaces may be classified as follows:
  - very smooth: a surface cast against steel, plastic or specially prepared wooden moulds;
  - smooth: a surface with less than 3 mm roughness; e.g. a free surface left without further treatment after compacting;
  - rough: a surface with at least 3 mm roughness (from peak-to-valley measured at maximum 40 mm spacing), achieved by raking, exposing of aggregate or other methods according to Figure 8.15a;
  - very rough: a surface with at least 6 mm roughness (from peak-to-valley measured at maximum 40 mm spacing), achieved by raking, exposing of aggregate or other methods according to Figure 8.15a;
  - keyed: a surface with shear keys complying with Figure 8.15c.

Πώς γίνεται η μέτρηση της τραχύτητας;

Θεωρείται σταθερή συμβολή του οπλισμού (ανεξαρτήτως τραχύτητας-τη εξαιρέσει λείων διεπιφανειών-και ανεξαρτήτως βάθους έμπτυξης) ίση με το 50% του μέγιστου.

Βασική Παλιεράκη, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

Τυπικές μορφές αστοχίας: Σε όλα τα δοκίμια, αρχικά ρηγματώση στην διεπιφάνεια, ορατή με γυμνό μάτι, για ολισθήσεις 0.10mm-0.20mm.

**Δοκίμια με μήκος αγκύρωσης 6d:** Μία δεύτερη ρωγμή δημιουργήθηκε σε απόσταση περίπου ίση με το βάθος αγκύρωσης του οπλισμού και οδήγησε σε αστοχία.

**Δοκίμια με μήκος αγκύρωσης 8d ή 10d:** Η δημιουργία της δεύτερης ρωγμής αποφεύχθηκε ή έγινε για μεγαλύτερη τιμή της επιβαλλόμενης ολίσθησης (0.40mm-0.60mm). Το άνοιγμα της ρωγμής ήταν σχετικά μικρό και δεν οδήγησε σε αστοχία.



## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

**Τροποποιημένη σχέση (πρόταση προς ενσωμάτωση στον MC2020)**

$$\tau_{Rdi} = \mu \cdot \sigma_n + k_1 \cdot \rho \cdot \sigma_s \cdot (\mu \cdot \sin a + \cos a) + k_2 \cdot \rho \cdot \sqrt{f_{yd} \cdot f_{cd}} \leq \beta_c \cdot v \cdot f_{cd}$$

Οι τροποποιήσεις αφορούν:

- (α) Την απόλειψη του όρου της «εμπλοκής των αδρανών»
- (β) Την συνάρτηση του συντελεστή τριβής με το μέγεθος της θλιπτικής τάσης η οποία δρα στην διεπιφάνεια,
- (γ) Τον υπολογισμό της δυνάμενης να επιστρατευθεί εφελκυστικής τάσης στον οπλισμό (λόγω μηχανισμού σφικτήρα), συναρτήσει του διατιθέμενου μήκους έμπτυξης των συνδέσμων και,
- (δ) Τις τιμές των συντελεστών συμβολής των δυο βασικών μηχανισμών, ώστε να λαμβάνεται υπ' όψη η επιρροή της ανακύκλισης. Τέλος,
- (ε) Ορίζεται ελάχιστο μήκος έμπτυξης του οπλισμού στο υφιστάμενο σκυρόδεμα, ώστε να αποφεύγονται ψαθυρές μορφές αστοχίας.

**Στο σύνολο των δοκιμών, στα οποία το βάθος έμπτυξης των ράβδων ήταν ίσο με 6d, καθώς και σε ικανό πλήθος δοκιμών, όπου το βάθος έμπτυξης ήταν 8d, παρατηρήθηκε ΠΡΟΩΡΗ και ΨΑΘΥΡΗ αστοχία σκυροδέματος. Επομένως, ορίζεται ελάχιστο βάθος έμπτυξης ίσο με 10d.**





## Διεπιφάνειες Παλιού-Νέου Σκυροδέματος

### Το θέμα της (τεχνητής) τραχύτητας

Στον MC2010 (όπως και στο σχέδιο του MC2020) προβλέπεται μέτρηση της τραχύτητας με την μέθοδο της άμμου.



Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί μόνον σε πρακτικώς οριζόντιες (άνω) επιφάνειες



Εξ άλλου, φαίνεται ότι η εφαρμογή αμμοβολής ή υδροβολής είναι μάλλον σπάνια...