

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (ΔΚΠ)
ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΜΕΛΕΤΩΝ-ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ

**ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΗ ΗΜΕΡΙΔΑ: ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ
ΑΠΌ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ (ΚΑΝ.ΕΠΕ). Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΣΤΗΝ
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
Ε.Βιντζηλαίου, ΕΜΠ**

ΑΘΗΝΑ, 10 ΜΑΪΟΥ 2017

Το Κεφάλαιο 6 περιλαμβάνει προσομοιώματα συμπεριφοράς για διάφορους μηχανισμούς οι οποίοι ενεργοποιούνται σε δομήματα πριν/μετά από επεμβάσεις.

Πολλά από αυτά τα στοιχεία έχουν μετατραπεί σε πρακτικούς κανόνες (σε άλλα Κεφάλαια του ΚΑΝΕΠΕ). Παρά ταύτα, η αξία του Κεφαλαίου παραμένει καθώς, (α) επιτρέπει στον Μελετητή να αιτιολογήσει τους διάφορους κανόνες και (β) του δίνει την δυνατότητα να καταφύγει απ' ευθείας στα βασικά προσομοιώματα, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν καλύπτεται από τους πρακτικούς κανόνες.

6.1. Προσομοιώματα μηχανισμών μεταφοράς δυνάμεων

6.2. Περίσφιγξη σκυροδέματος

6.3. Βελτίωση συμπεριφοράς (ανεπαρκών) ματισμάτων

6.4. Διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων

6.5. Διαθέσιμη πλαστική γωνία στροφής

Καθώς εξελίσσεται η έρευνα γύρω από αυτά τα αντικείμενα, αναμένεται (ανά περιόδους) τροποποίηση των προβλεπόμενων.

Περιεχόμενα

Προσομοιώματα μηχανισμών μεταφοράς δυνάμεων

- Μεταφορά δυνάμεων από σκυρόδεμα σε σκυρόδεμα
- Μεταφορά δυνάμεων από χάλυβα σε σκυρόδεμα μέσω αγκυρίων και βλήτρων
- Απλοποιημένος υπολογισμός μεταφοράς διατμητικών δυνάμεων μέσω ωπλισμένων διεπιφανειών

Αγκύρωση ελασμάτων από χάλυβα ή ΙΩΠ ή υφασμάτων από ΙΩΠ σε σκυρόδεμα

Περίσφιγξη σκυροδέματος

Ενίσχυση ματίσματος μέσω εξωτερικής περίσφιγξης

Διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων

Διαθέσιμη πλαστική γωνία στροφής

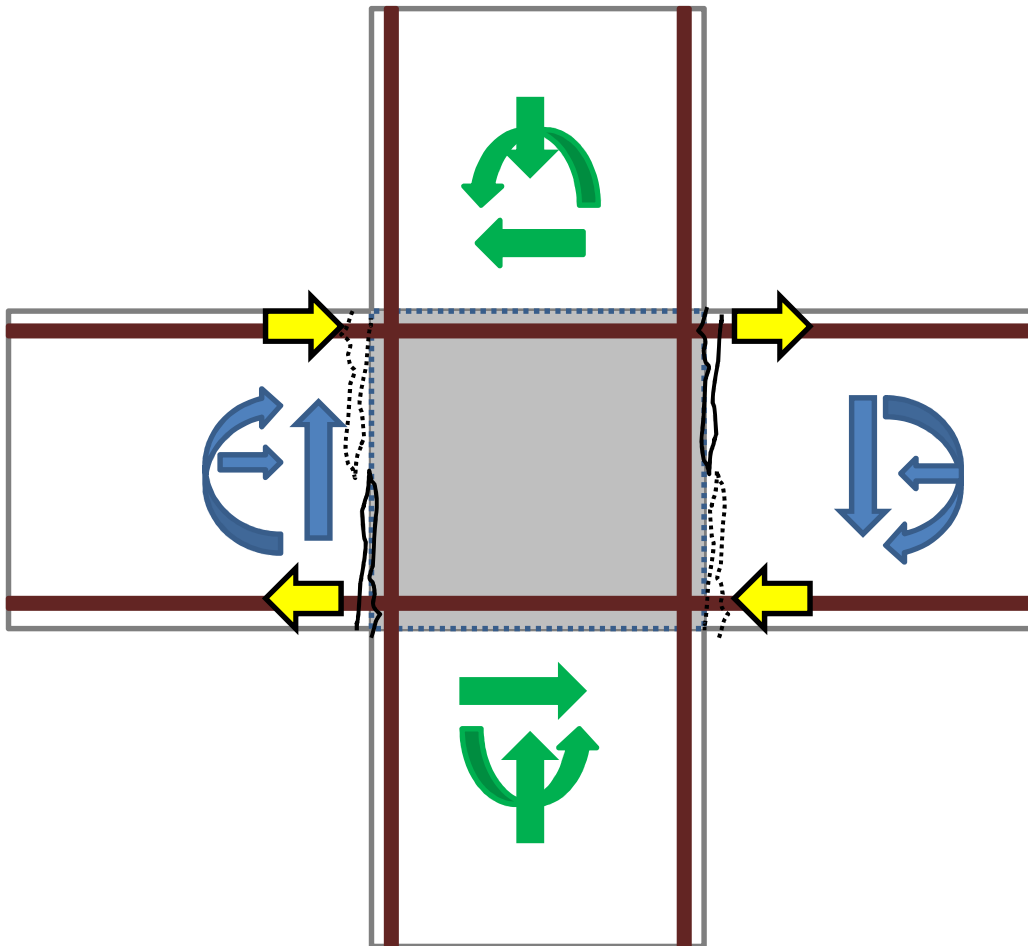
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Ένα από τα χαρακτηριστικά τόσο των στοιχείων μιας υφιστάμενης κατασκευής (μετά από την εκδήλωση βλαβών), όσο και των στοιχείων μιας ενισχυμένης κατασκευής αποτελούν οι ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ (άοπλες ή ωπλισμένες), οι οποίες υποβάλλονται σε μετακινήσεις (εν γένει, και παράλληλες και κάθετες προς τις διεπιφάνειες). Οι διεπιφάνειες, σε πολλές περιπτώσεις, υποβάλλονται σε μετακινήσεις μεταβαλλόμενου προσήμου.

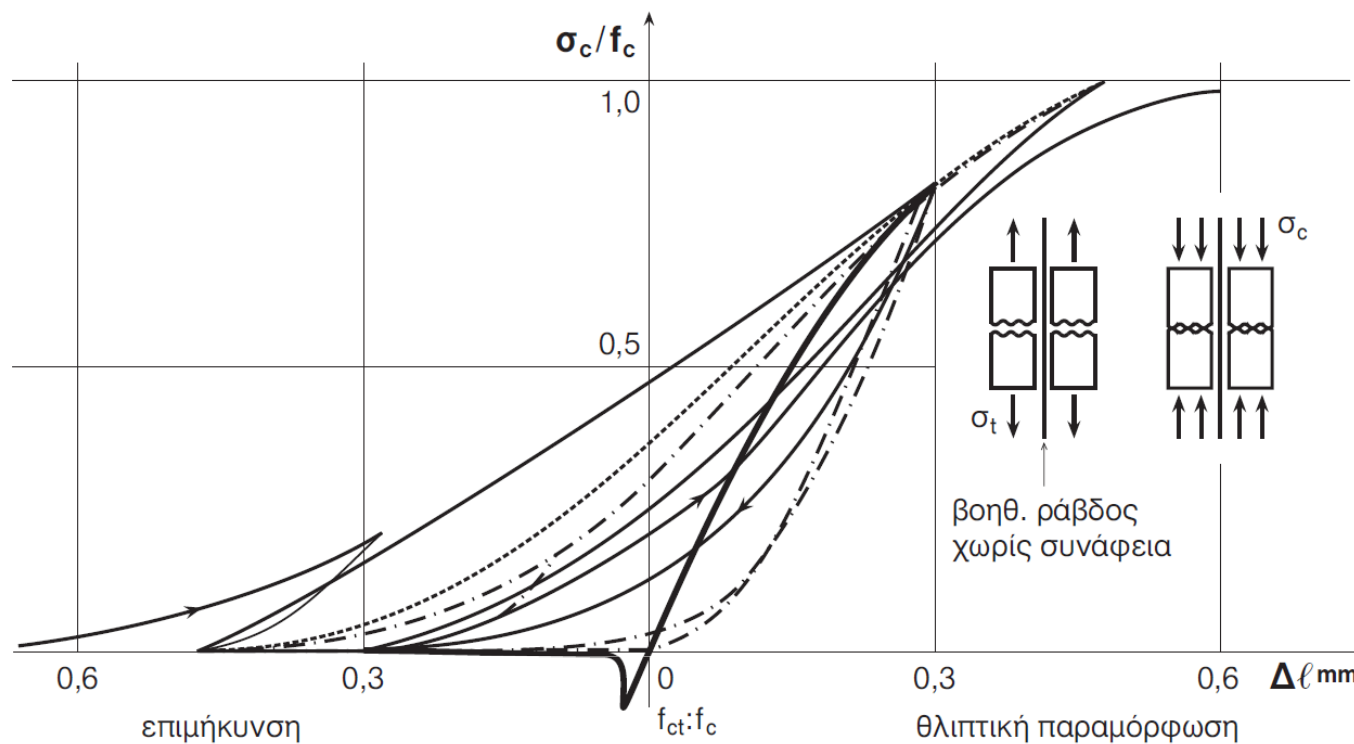
Όπως θα διαπιστωθεί εν συνεχεία, για διάφορα θέματα, δεν διατίθενται ακόμη προσομοιώματα γενικής αποδοχής, καθώς τα σχετικά αποτελέσματα της έρευνας δεν επιτρέπουν ακόμη την σύνταξη αξιόπιστων φυσικών προσομοιωμάτων.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ (θλιπτικών) ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΣΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

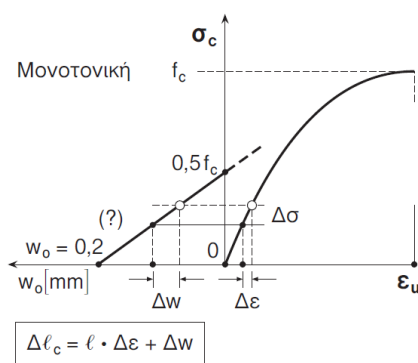
Όταν μεταφέρεται δύναμη από παλαιό σε νέο σκυρόδεμα (ή το αντίστροφο), η μέγιστη δύναμη αντιστοιχεί στην θλιπτική αντοχή του ασθενέστερου σκυροδέματος (κατά τεκμήριο, του παλαιού).



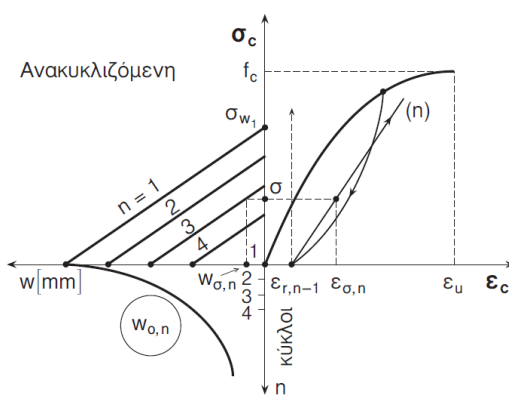
Σε προηγηματωμένο σκυρόδεμα υπό θλίψη, παρατηρείται ανάληψη θλιπτικών δυνάμεων, με την ρωγμή ακόμη ανοικτή!



Τάσιος, Πλαϊνής



$$\Delta\sigma = \Delta\ell_c : \left(\frac{\ell}{E_c} + \frac{2w_0}{f_c} \right)$$



$$\Delta(\Delta\ell)_n = (\varepsilon_{\sigma,n} - \varepsilon_{r,n-1}) \cdot \ell + (w_{\sigma,n} - w_{\sigma,n-1})$$

Αναπόφευκτη σχετική μετακίνηση χειλέων ρωγμής, λόγω ταυτόχρονης παρουσίας τέμνουσας. (Συντηρητικώς) αμελείται

ΣΥΝΟΧΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Πρόκειται για την μέγιστη διατμητική τάση, η οποία μπορεί να μεταφερθεί κατά μήκος μιας διεπιφάνειας, όταν η ορθή θλιπτική τάση στην διεπιφάνεια είναι μηδενική και όταν δεν υπάρχει εκατέρωθεν καλά αγκυρωμένος οπλισμός, ο οποίος να διαπερνά την διεπιφάνεια.

Η συνοχή οφείλεται κυρίως στον χημικό δεσμό του νέου με το παλαιό σκυρόδεμα και επιστρατεύεται υπό πρακτικώς μηδενική σχετική ολίσθηση κατά μήκος της διεπιφάνειας ($s \sim 0,01-0,02\text{mm}$).

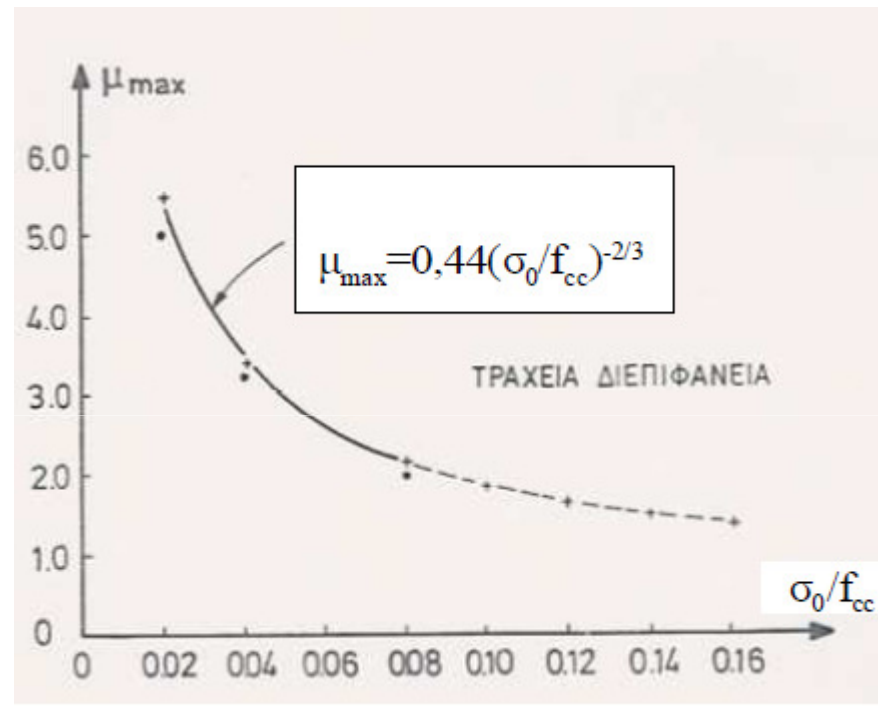
Επομένως, στους συνήθεις ελέγχους έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας, η συνοχή ΔΕΝ λαμβάνεται υπ' όψιν.

Επίσης, στην περίπτωση διεπιφανειών υποβαλλόμενων σε θλίψη, η συνοχή ΔΕΝ προστίθεται στην αντίσταση των μηχανισμών οι οποίοι περιγράφονται στα επόμενα.

Τριβή μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος: Γίνεται διάκριση μεταξύ λείων (χωρίς προηγούμενη επεξεργασία) και τραχειών (μετά από τράχυνση) διεπιφανειών.

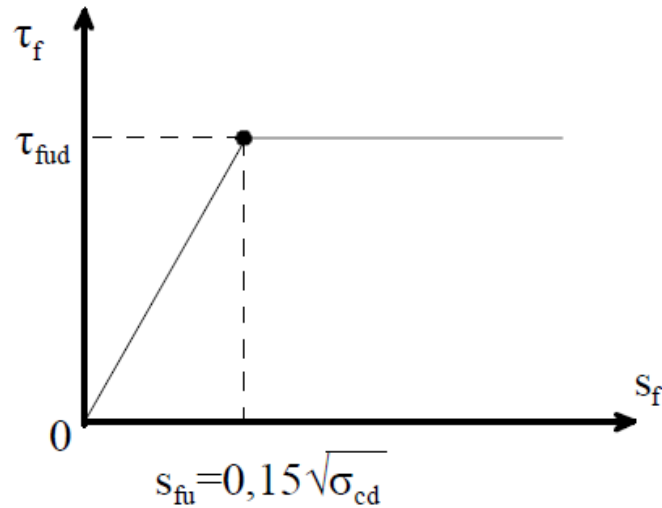
Εν γένει,

$$\tau_{fu} = \mu \sigma_0$$



$\mu \sim 0,40$ (λεία διεπιφάνεια)
Για δυσμενή επιρροή της
τριβής, $\mu = 0,60$

Λεία διεπιφάνεια



Η μειωμένη, λόγω μεγάλων ανακυκλιζόμενων ολισθήσεων, μέγιστη αντίσταση τριβής μπορεί να υπολογίζεται μέσω της ακόλουθης σχέσεως:

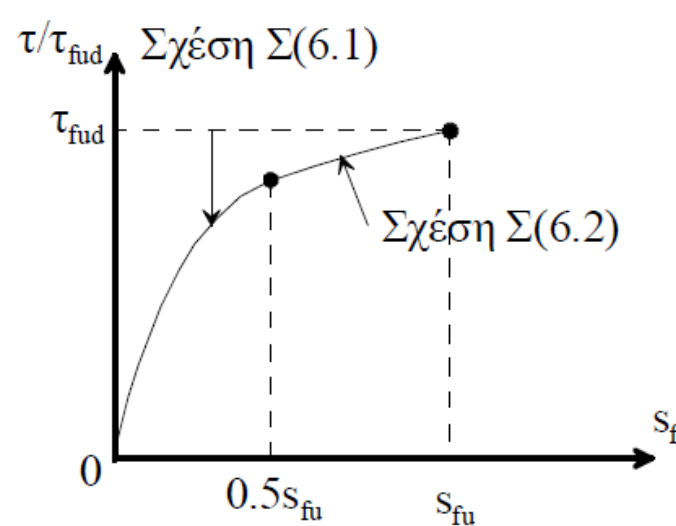
$$\tau_{fud,n} = \tau_{fud}(1 - \delta\sqrt{n-1}) \quad (6.4)$$

όπου: $\tau_{fud,n}$ η διατμητική αντίσταση μετά από «n» πλήρεις κύκλους

τ_{fud} η διατμητική αντίσταση κατά πρώτο κύκλο (υπολογιζόμενη απ' την σχέση (6.2))

$\delta=0,15$ (σταθερά).

Τραχειά διεπιφάνεια



$$\tau_{fud} = 0,4(f_{cd}^2 \sigma_{cd})^{1/3} [\text{MPa}]$$

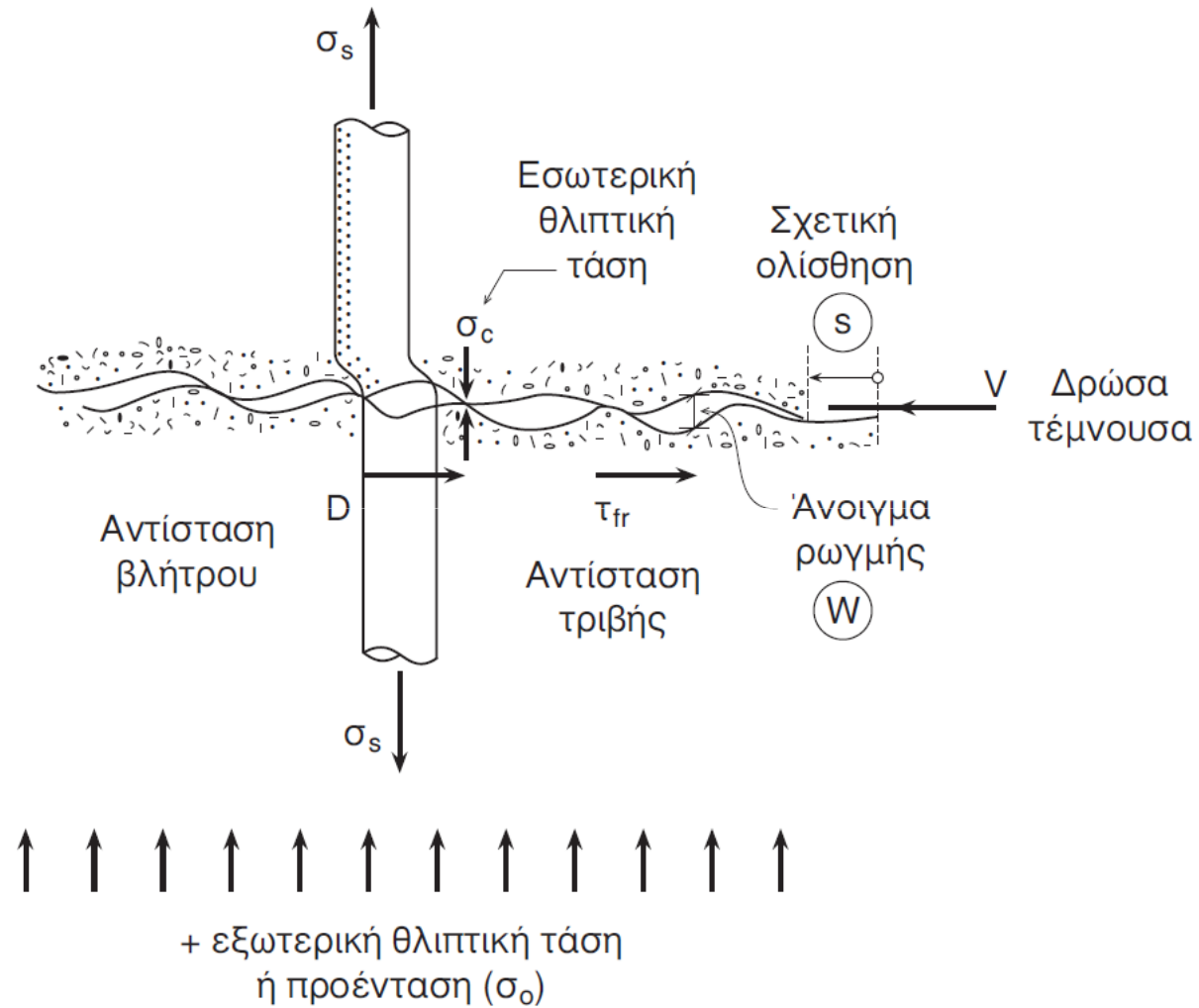
$s_{fu}=2,0\text{mm}$ (όταν δρα μόνον τριβή)

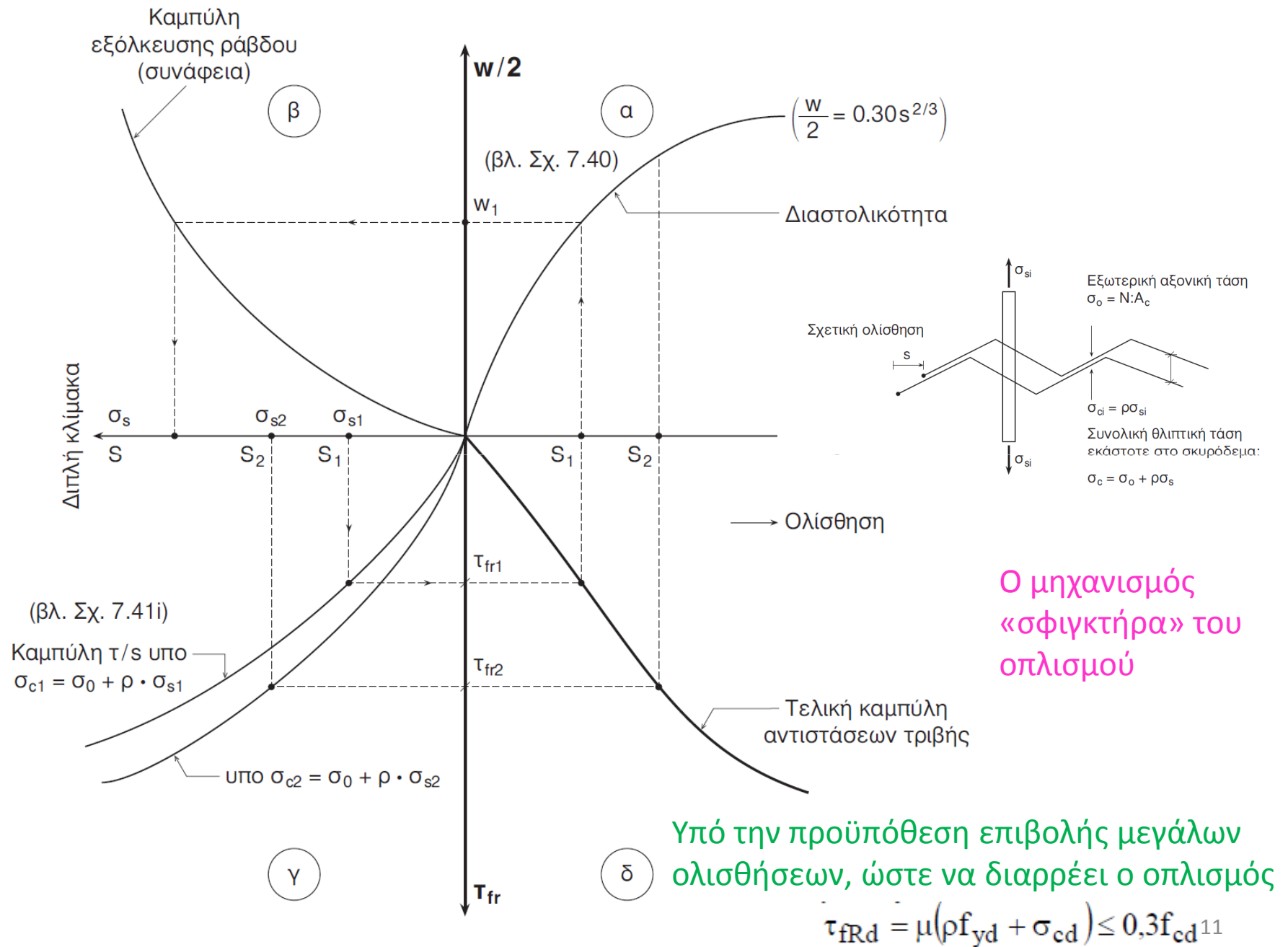
$s_{fu}=1,0\text{mm}$ (όταν δρα και ο μηχανισμός βλήτρου)

Μείωση λόγω ανακύκλισης

$$\frac{\Delta\tau_n}{\tau_1} = 0,05 \left(\frac{f_c}{\sigma_0} \right)^{1/2} (n-1)^{1/2} \left(\frac{S_f}{S_{fu}} \right)^{1/3}$$

ΩΠΛΙΣΜΕΝΕΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ





ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΜΕΣΩ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΕΠΟΞΕΙΔΙΚΗΣ ΚΟΛΛΑΣ
(προϋποτίθεται κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας επί της οποίας εφαρμόζεται η κόλλα, κατά την αντίστοιχη ΕΤΕΠ).

Θεωρείται, επίσης, ότι το πάχος της κόλλας είναι περιορισμένο (π.χ. $<1,0\text{mm}$). Άλλως, εάν οι παραμορφώσεις επηρεάζουν την συμπεριφορά του στοιχείου, θα πρέπει να συνυπολογίζεται και η παραμόρφωση του στρώματος της κόλλας).

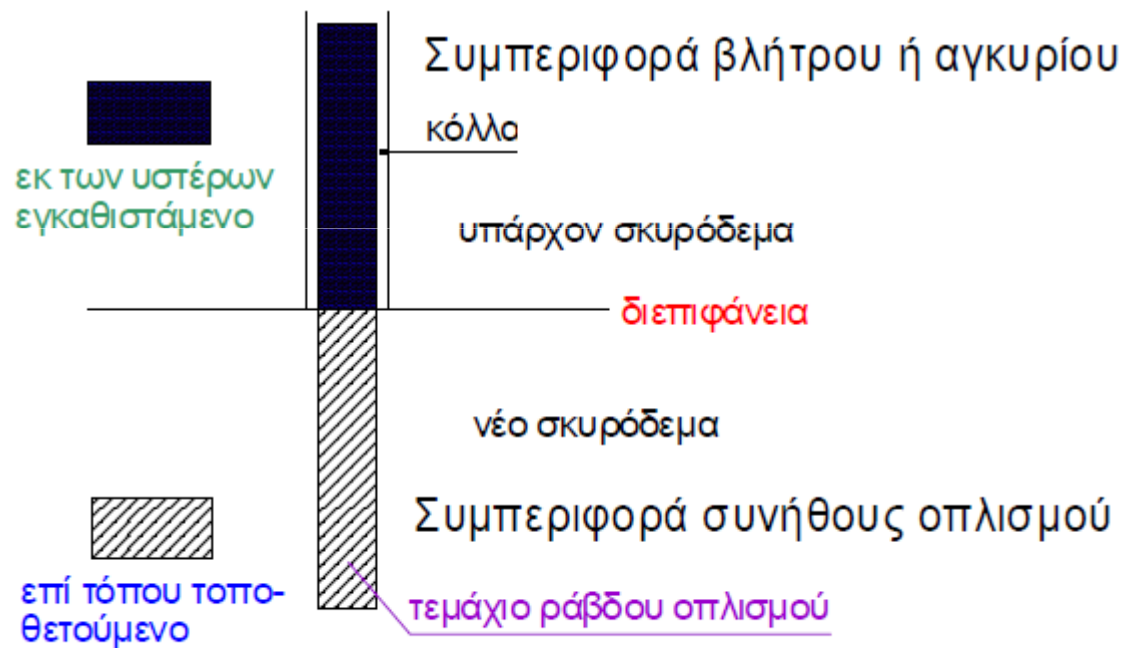
Θλίψη: Η αντοχή λαμβάνεται ίση με την θλιπτική αντοχή του ασθενέστερου σκυροδέματος

Εφελκυσμός: Η αντοχή λαμβάνεται ίση με την εφελκυστική αντοχή του ασθενέστερου σκυροδέματος

Διάτμηση: Η αντοχή λαμβάνεται ίση με την εφελκυστική αντοχή του ασθενέστερου σκυροδέματος

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ ΣΕ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕΣΩ ΑΓΚΥΡΙΩΝ ΚΑΙ ΒΛΗΤΡΩΝ

Στο εμπόριο διατίθεται μεγάλη ποικιλία μεταλλικών αγκυρίων (χημικά, διογκούμενης κεφαλής, διογκούμενα), τα οποία λειτουργούν-στην γενική υπό αξονική και διατμητική ένταση



Το σύνηθες στις εφαρμογές είναι, τμήμα του μεταλλικού συνδετικού στοιχείου να είναι μετατοποθετούμενο (στο υφιστάμενο σκυρόδεμα) και τμήμα του να «περιβάλλεται» από το νέο σκυρόδεμα (λειτουργία οπλισμού).

Για τους ελέγχους που αφορούν το μετατοποθετούμενο τμήμα του μεταλλικού στοιχείου, ο Μελετητής παραπέμπεται στα στοιχεία που δίνει ο παραγωγός του αγκυρίου ή στον αντίστοιχο Κανονισμό της fib. Για το τμήμα το οποίο ευρίσκεται εντός του νέου σκυροδέματος, ισχύουν τα συνήθη περί οπλισμού.

Για λόγους (α) κατασκευαστικής ευκολίας και (β) περιορισμένης διαθεσιμότητας εμπορικών μεταλλικών στοιχείων στις κατάλληλες διαμέτρους και στα κατάλληλα μήκη, πολύ συχνά

Το μεταλλικό στοιχείο αποτελείται από τμήμα ράβδου οπλισμού, οπότε (α) στο μετατοποθετούμενο τμήμα του αποκτά συνάφεια με το (υφιστάμενο) σκυρόδεμα μέσω κατάλληλης κόλλας, ενώ (β) στο εξέχον τμήμα του, το οποίο ενσωματώνεται στο νέο σκυρόδεμα, η συνάφειά του εξασφαλίζεται όπως και για τις συνήθεις ράβδους οπλισμού.

Παρά ταύτα, εμφανίζονται ιδιοτυπίες οφειλόμενες αφ' ενός στην αυξημένη συνάφεια την οποία εξασφαλίζει η κόλλα στο μετατοποθετούμενο τμήμα της ράβδου και αφ' ετέρου στο (συχνά) μικρό πάχος του νέου σκυροδέματος και, επομένως, στο περιορισμένο μήκος της ράβδου εντός αυτού.

Το απαιτούμενο μήκος αγκυρώσεως υπολογίζεται κατά τα γνωστά.
Όμως,

α) Όταν

$$\ell \geq \ell_b, \quad \sigma_s = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \sqrt{\frac{\delta}{d_b} E_s f_{cd}} \quad \text{Όταν το διατιθέμενο μήκος είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο}$$

όπου ℓ_b είναι το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, όπως προσδιορίζεται στην § 8.4.3 του ΕΚ 2.

και $\gamma_{Rd} = 1,1$ για $\sigma_s/f_{yd} \geq 0,70$ και $1,3$ για $\sigma_s/f_{yd} < 0,70$

β) Όταν το διαθέσιμο μήκος αγκυρώσεως $\ell < \ell_b$, τότε:

- Εάν

$$\frac{\sigma_s}{f_{yd}} \leq \frac{\ell}{\ell_b}, \quad \text{ισχύει η προηγούμενη έκφραση}$$

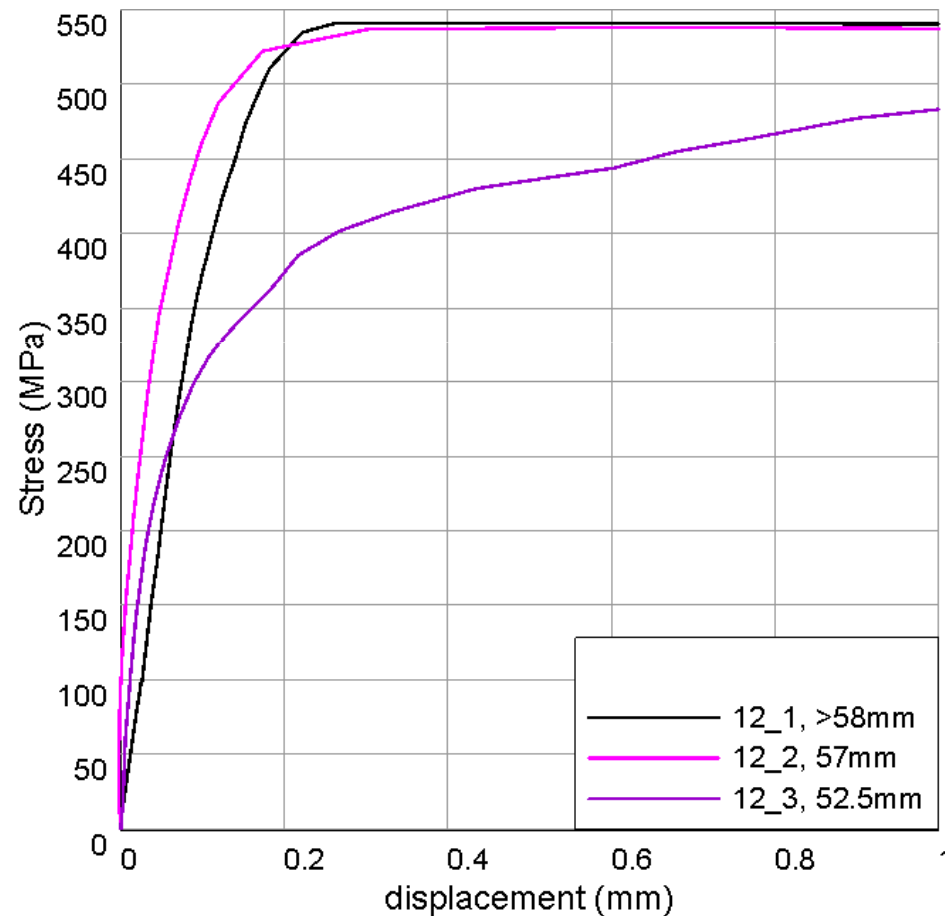
- Εάν $\frac{\sigma_s}{f_{yd}} \geq \frac{\ell}{\ell_b}$

$$\sigma_s = 2E_s \frac{s}{\ell} : \left[1 + \frac{E_s}{f_{yd}} \left(\frac{2s}{\ell} - \frac{\ell}{2d_b} \frac{f_{cd}}{E_s} \right) \right]$$

*Ισχύει για το τμήμα της
ράβδου εντός του νέου
σκυροδέματος*

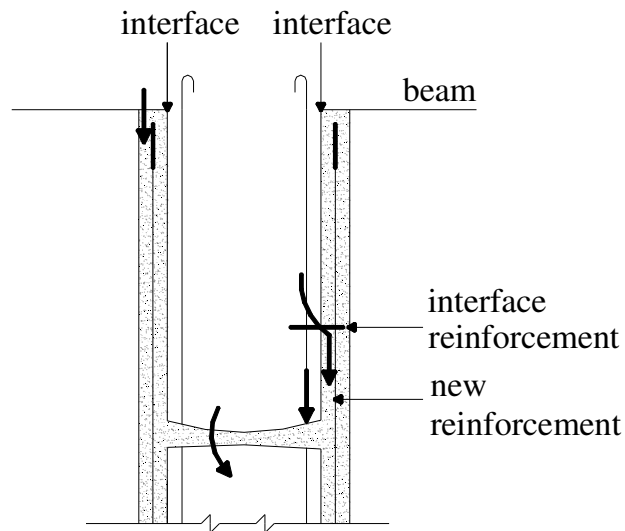
Τα μεγέθη σ_s και δ αναφέρονται στο προς τα έξω άκρο της ράβδου (στο μέτωπο).

Στο μετατοποθετούμενο τμήμα της ράβδου, η χρήση μιας ισχυρής κόλλας ενδέχεται να οδηγή την ράβδο σε διαρροή ακόμη και για πολύ μικρά μήκη αγκύρωσης



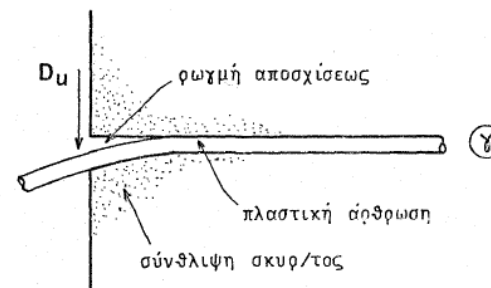
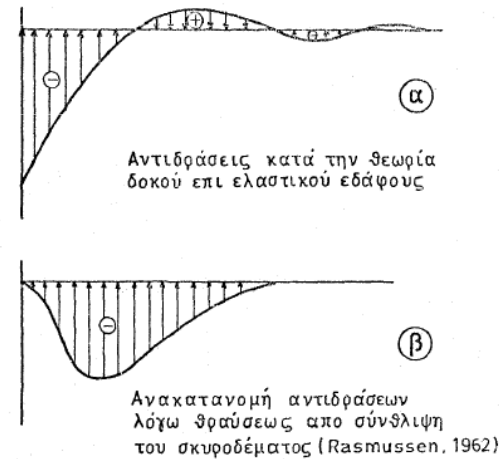
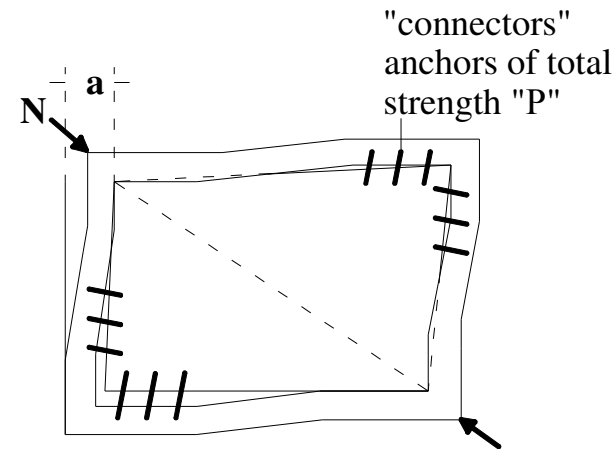
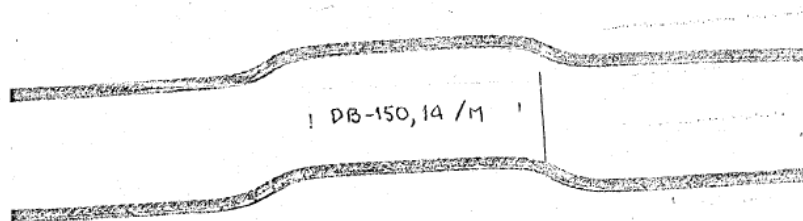
Ο Μελετητής θα πρέπει να συμβουλεύεται τα αντίστοιχα στοιχεία για το πιστοποιημένο υλικό το οποίο θα χρησιμοποιήσει

ΔΡΑΣΗ ΒΛΗΤΡΟΥ

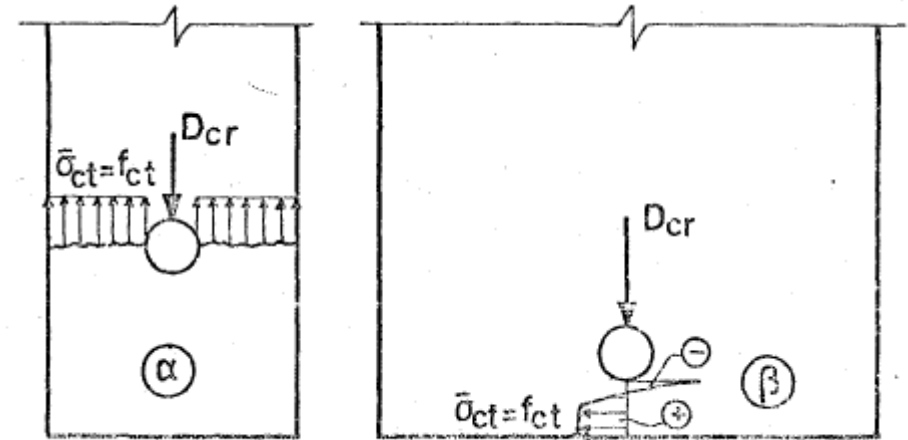
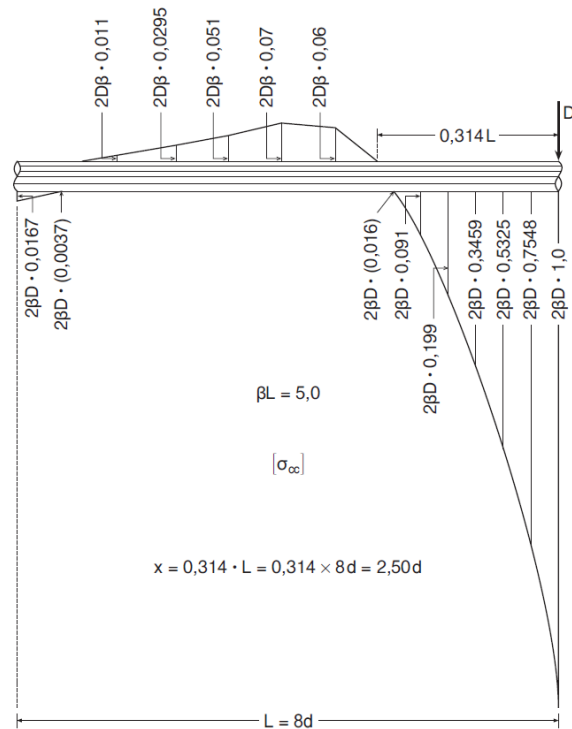


Λειτουργία δοκού επί
ελαστικού εδάφους
Μεγάλη επικάλυψη-ευμενής
τρόπος αστοχίας

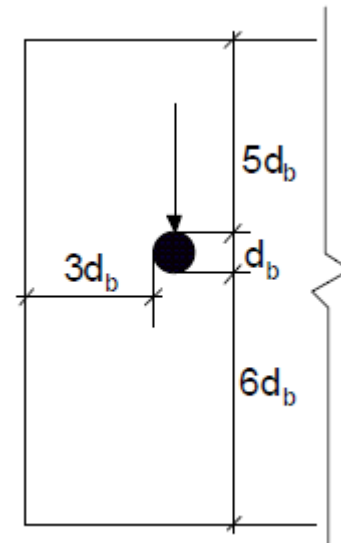
$$F_{ud} = 1,30 d_b^2 \sqrt{f_{cd} f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}}$$



Η ένταση
περιορίζεται σε
μικρό μήκος.
Έτσι, για τον
μηχανισμό
βλήτρου, το
απαιτούμενο
μήκος ράβδου
είναι μικρό
(~8d)



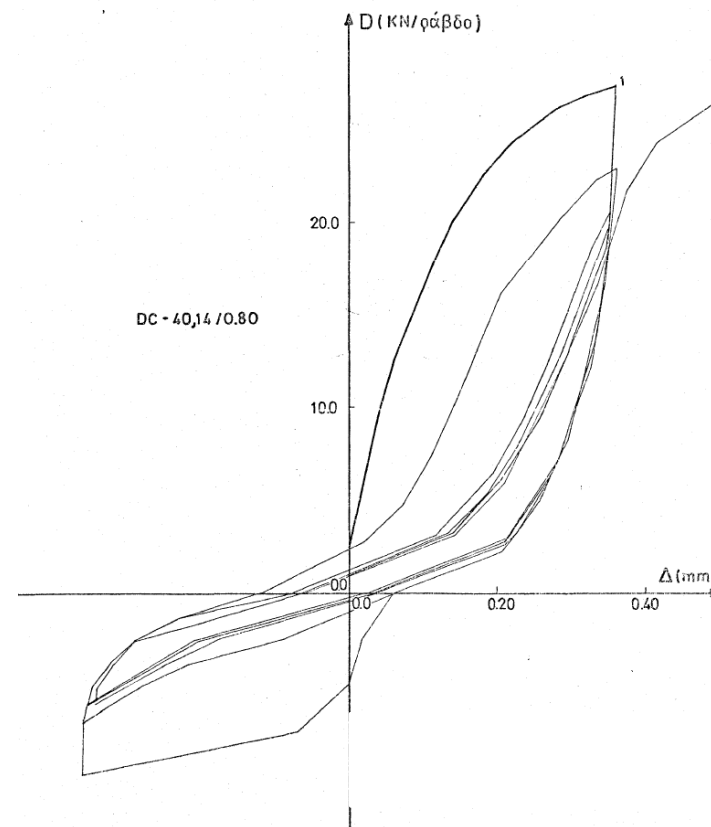
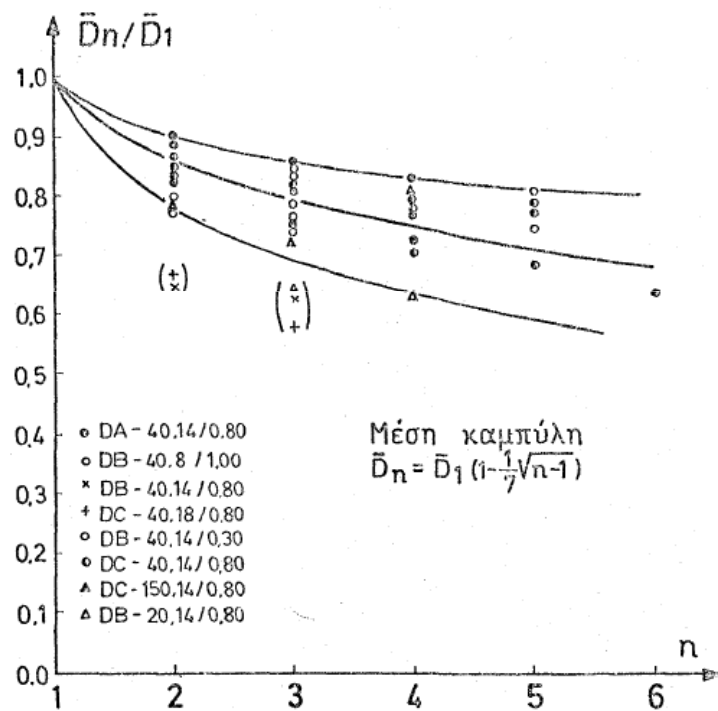
Οριζόντια ή κατακόρυφη απόσχιση του σκυροδέματος, στην περίπτωση ανεπαρκούς επικάλυψης.



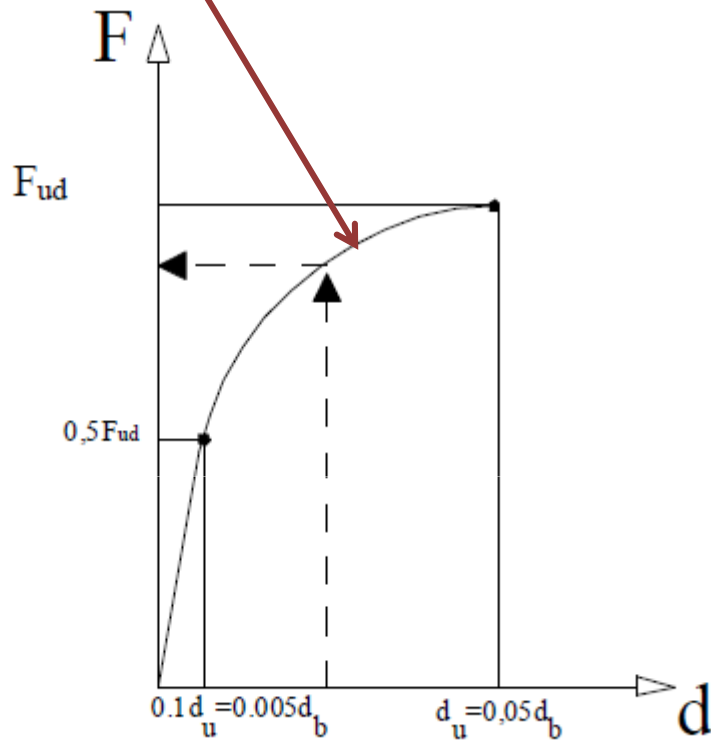
Τίθενται περιορισμοί (ελάχιστες τιμές) στην επικάλυψη, ώστε να αποφεύγεται αυτός ο δυσμενής τρόπος αστοχίας

$$F_{ud} = 0.65 d_b^2 \sqrt{f_{cd} f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} [\text{mm}, \text{MPa}]$$

Στην περίπτωση
ανακυκλιζόμενων δράσεων



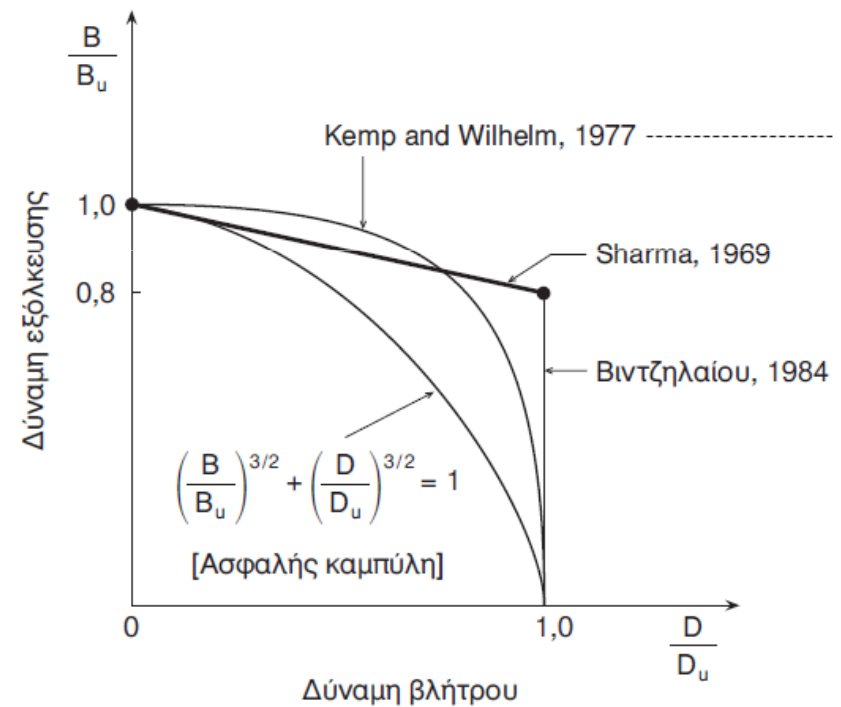
$$d = 0,1d_u + 1,80d_u \left[\left(\frac{F_d}{F_{ud}} \right)^4 - 0,5 \left(\frac{F_d}{F_{ud}} \right)^3 \right]$$



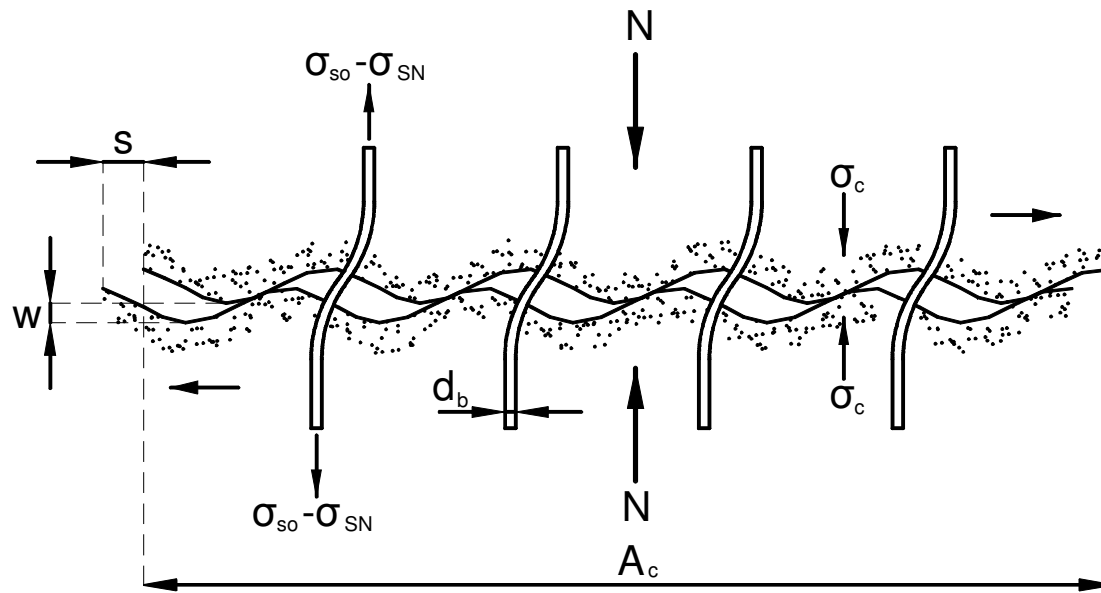
Για δεδομένη τιμή της δύναμης,
δίνεται η δυνατότητα εκτίμησης της
αντίστοιχης ολίσθησης (και
αντιστρόφως)

$$\left(\frac{N_{Sd}}{N_{ud}} \right)^{3/2} + \left(\frac{F_{Sd}}{F_{ud}} \right)^{3/2} = 1$$

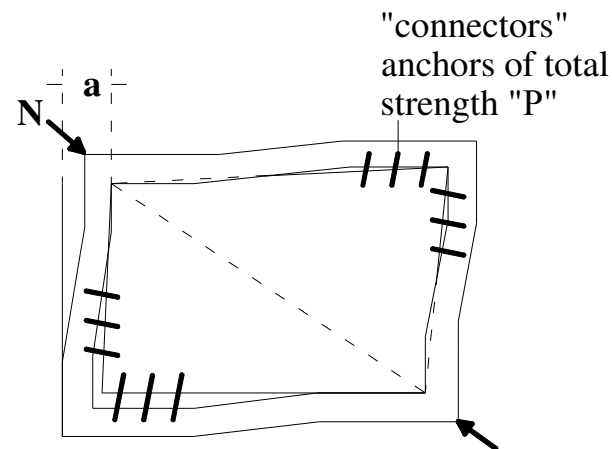
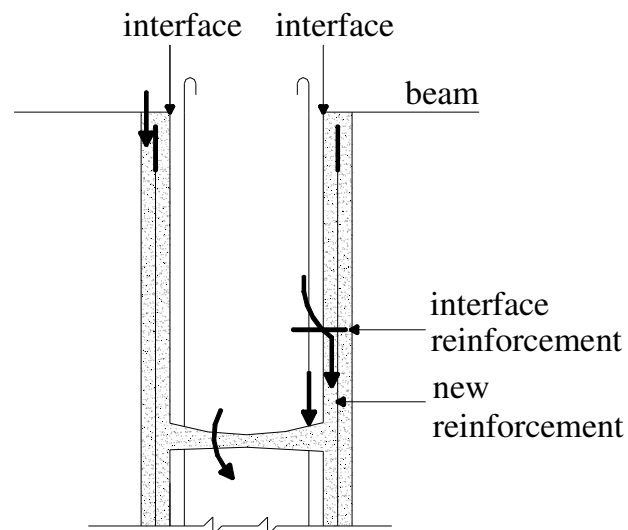
Ταυτόχρονη τέμνουσα και
εφελκυσμός:
Αλληλεπίδραση!!!



Απλοποιητικός σχεδιασμός διεπιφανειών



Στην γενική περίπτωση,
κατά μήκος της
διεπιφάνειας
ενεργοποιούνται και οι
δύο μηχανισμοί
μεταφοράς δυνάμεων
(ΤΡΙΒΗ και ΔΡΑΣΗ
ΒΛΗΤΡΟΥ)



Για να υπολογισθεί η τέμνουσα η οποία μεταφέρεται μέσω της διεπιφάνειας, ΔΕΝ πρέπει να αθροίζονται οι μέγιστες αντιστάσεις των δυο μηχανισμών, διότι:

(α) Η επιστρατευόμενη αντίσταση εξαρτάται από την ΣΧΕΤΙΚΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗ κατά μήκος της διεπιφάνειας,★

(β) Τα μέγιστα των αντιστάσεων των δυο μηχανισμών ΔΕΝ επιστρατεύονται για την ίδια τιμή της σχετικής ολίσθησης και

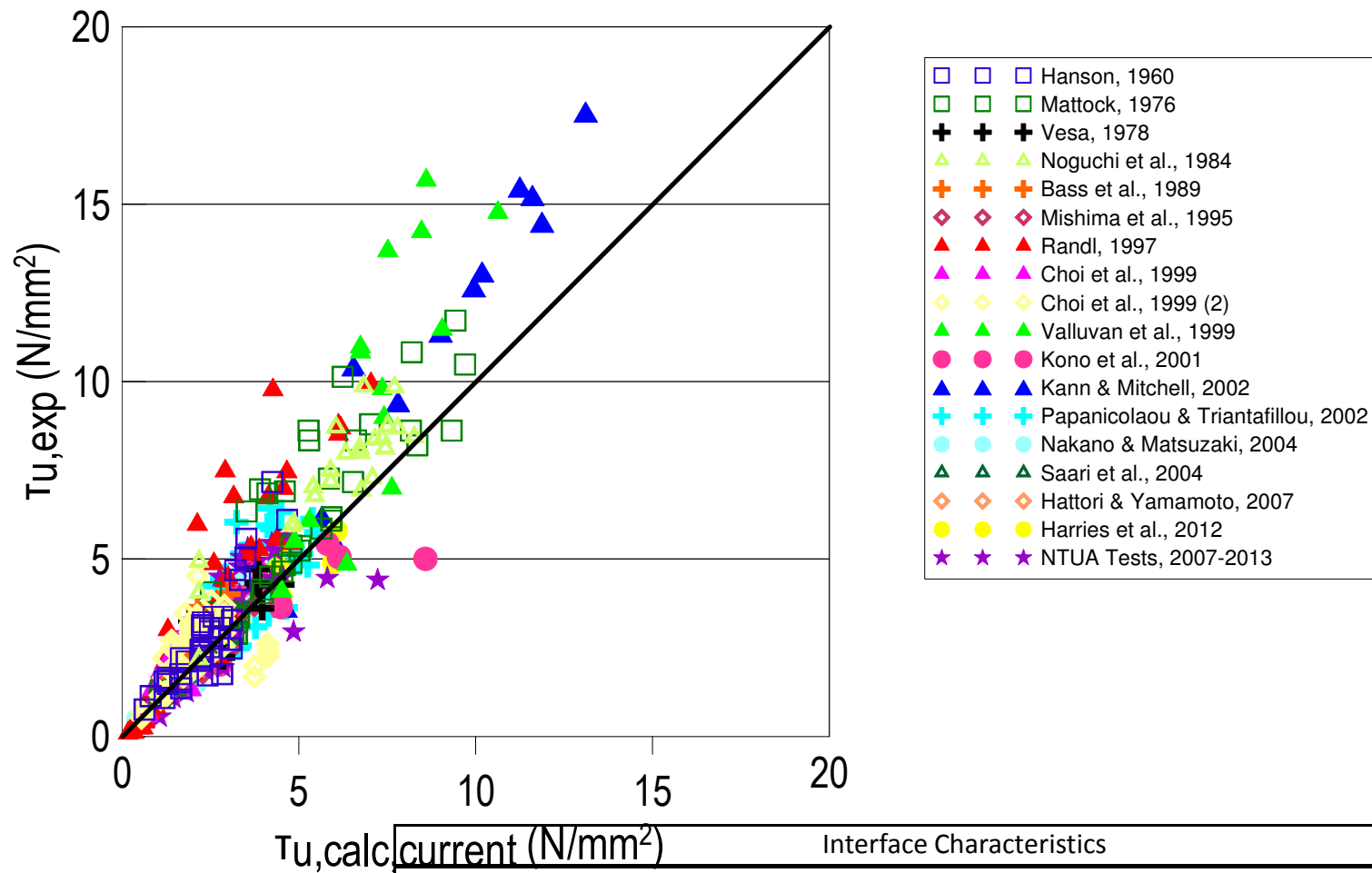
(γ) Πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ των δυο μηχανισμών.

$$\tau_{Rd,int} = \beta_D \tau_D + \beta_F \tau_{fd} [\text{mm,MPa}]$$

0,50 ή 0,70 0,40 ή 0,50

[συντελεστές συμμετοχής των μηχανισμών,
ανάλογα με το μέγεθος της επιβαλλόμενης
σχετικής ολίσθησης]

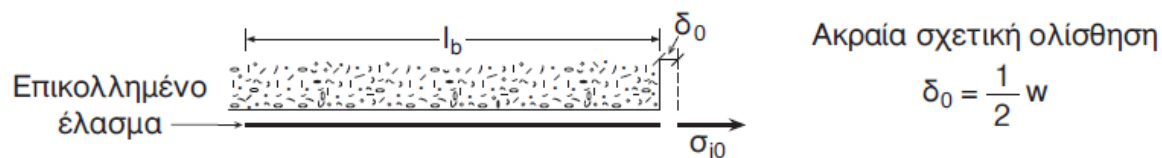
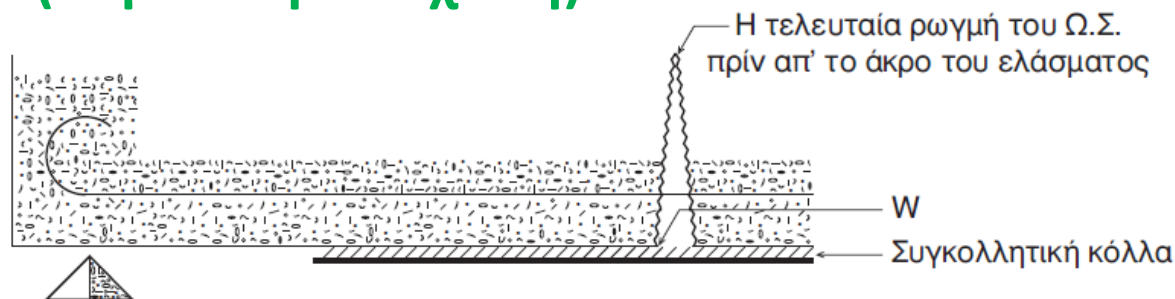
★ Η αναμενόμενη σχετική ολίσθηση είναι συνάρτηση της ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ για την οποία ανασχεδιάζεται το δόμημα.



$\beta_d = 0,70$

Interface Characteristics	β_f
Rough interface, monotonic loading	0.60
Smooth interface with external compressive stress	0.60
Smooth interface	0.40
Rough interface, cyclic loading, imposed shear slip $s > 1.00mm$	0.60
Very smooth interface	0.20
Rough interface, cyclic loading, imposed shear slip $s < 0.20mm$	0.40
Smooth interface, no cohesion along the interface	0.10
Rough interface with external compressive stress	0.80
Interface with shear keys	0.80

ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΕΠΙΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ Η΄ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ (καμπτική ενίσχυση)



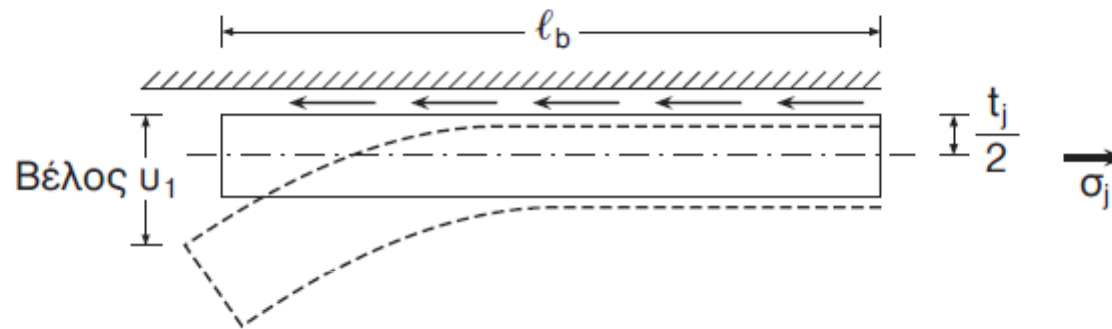
$$b_j t_j \sigma_{j0, \max} = \ell_b b f_{ctm}$$

Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης (πέραν της θέσης της τελευταίας ρωγμής)
Όριο διαρροής χαλύβδινου ελάσματος ή εφελκυστική αντοχή φύλλου ΙΩΠ

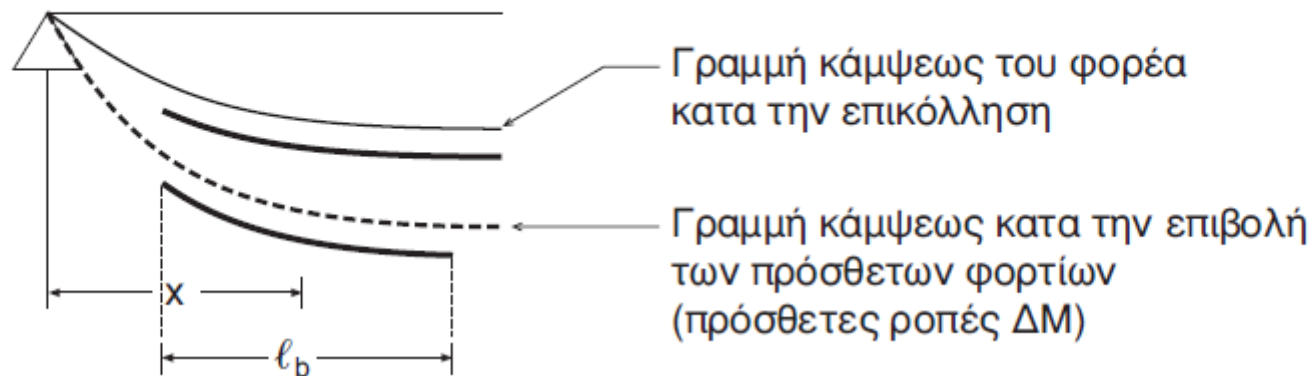
Δεδομένης της πολύ υψηλότερης αντοχής του ελάσματος και της κόλλας έναντι της αντοχής του σκυροδέματος, η αστοχία συμβαίνει στο σκυρόδεμα. Η μέγιστη αντίσταση ελέγχεται από την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος.

Β. Απαρέγκλιτη προϋπόθεση για την εφαρμογή των ανωτέρω είναι ότι θα εξασφαλισθεί η πλήρης επαφή του ελάσματος πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Τούτο σημαίνει ότι θα έχουν αναληφθεί (με τεχνικά μέσα) οι **κάθετες** επι του ελάσματος ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΕΣ δυνάμεις οι οποίες αναπτύσσονται περι το αγκυρούμενο άκρο του. Οι δυνάμεις αυτές έχουν τριπλή προέλευση:

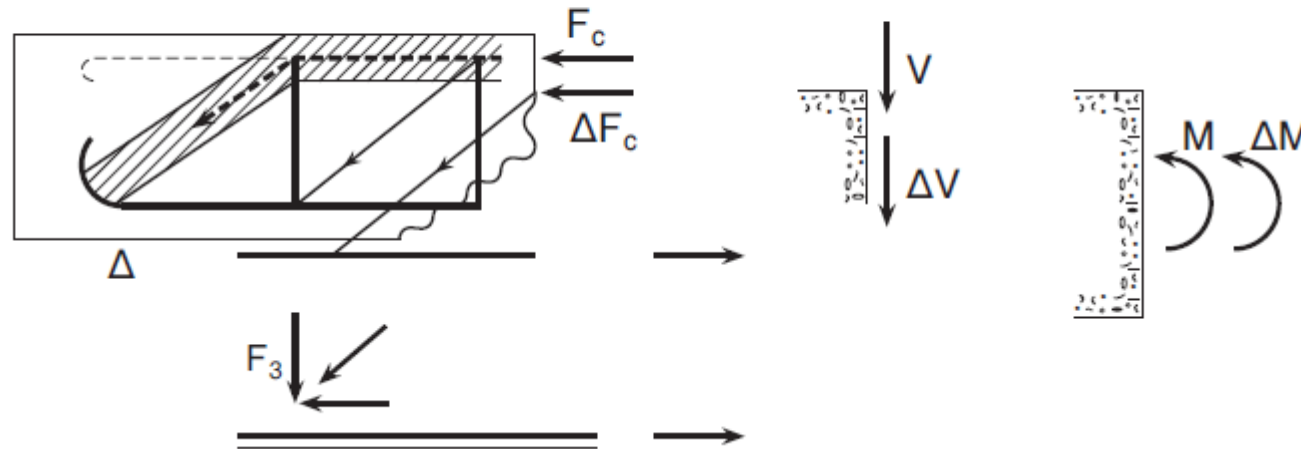
1. Κάμψη ελάσματος λόγω εκκεντρότητας των διατμητικών τάσεων συναφείας:



2. Πρόσθετη καμπυλότητα επιβαλλόμενη στο έλασμα μετά τη σκλήρυνση των ρητινών:



3. Διαγώνιος θλιπτήρας λόγω πρόσθετης τέμνουσας ΔV (απ' τα πρόσθετα φορτία, στων οποίων την ανάληψη ροπής σκοπεύει η επικόλληση του ελάσματος):

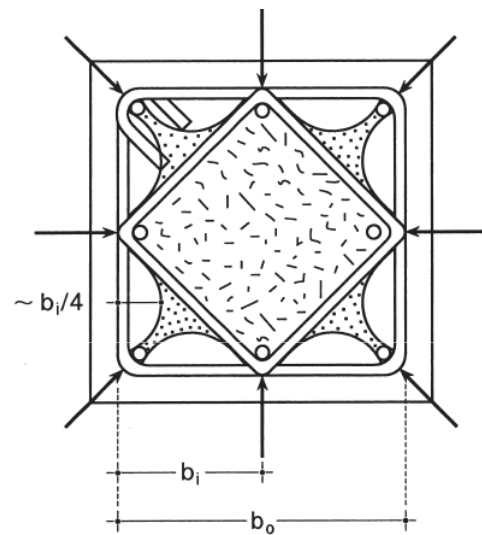


ΠΡΟΣΟΧΗ! Σε όποια περιοχή δομικού στοιχείου προβλέπεται αλλαγή προσήμου της ροπής κάμψης, ΔΕΝ επιτρέπεται η καμπτική ενίσχυση με επικολλητά ελάσματα ή υφάσματα.
Κίνδυνος αποκόλλησης!

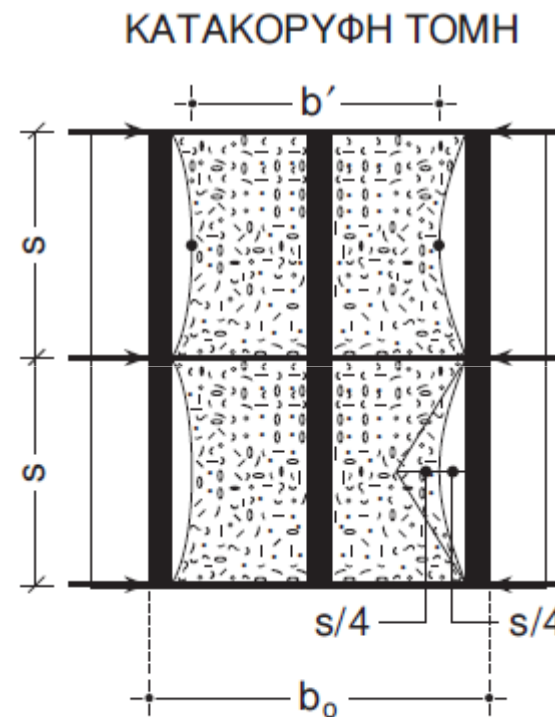
ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

(α) Μέσω συνδετήρων ή συνεχούς ελάσματος από χάλυβα

Ισχύουν οι γνωστές σχέσεις, τις οποίες εφαρμόζουμε κατά την όπλιση των υποστυλωμάτων νέων κατασκευών



ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΤΟΜΗ

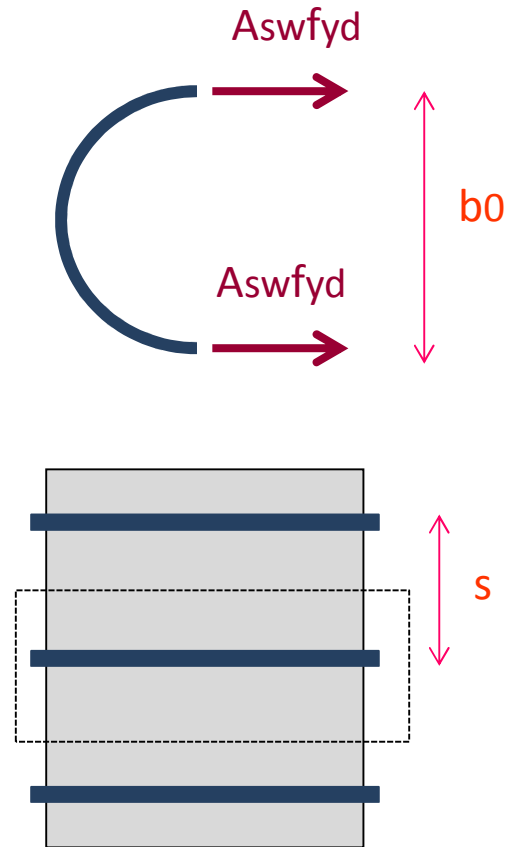


$$\alpha_n = 1 - \sum_{i=1}^n \frac{b_i^2}{6A_0}$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2b_o)(1 - s / 2h_o)$$

Η ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ

Πώς μετατρέπεται η δύναμη των συνδετήρων σε εγκάρσια θλιπτική τάση στο σκυρόδεμα του πυρήνα:



$$\sigma \sim 2A_s w f_{yd} / b_0 s$$

Ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό συνδετήρων,

$$\omega_w = \frac{\text{όγκος συνδετήρων}}{\text{όγκος περισιφγγόμενου σκυροδέματος}} \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$\omega_w = \frac{\pi b_0^2 A_{sw}}{\pi b_0^2 s / 4} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \longrightarrow \frac{(\sigma_2 = \sigma_3)}{f_{cd}} \approx 0,50 \omega_w$$

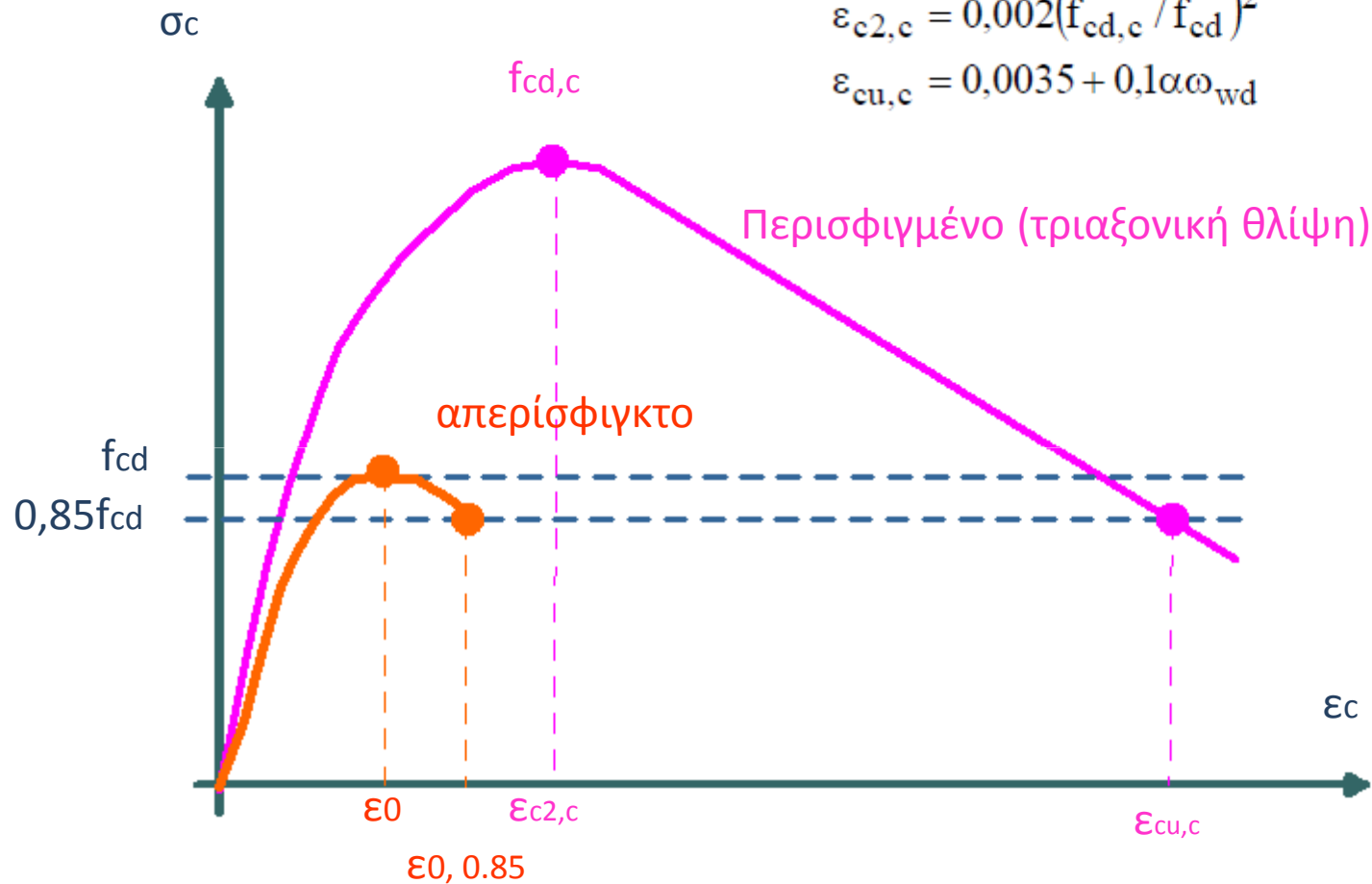
$$\frac{(\sigma_2 = \sigma_3)}{f_{cd}} = 0,50\alpha\omega_w = 0,50\alpha_n\alpha_s\omega_w$$

$$f_{cd,c} = (1 + 2,5\alpha\omega_{wd})f_{cd}, \text{ για } \alpha\omega_{wd} \leq 0,10$$

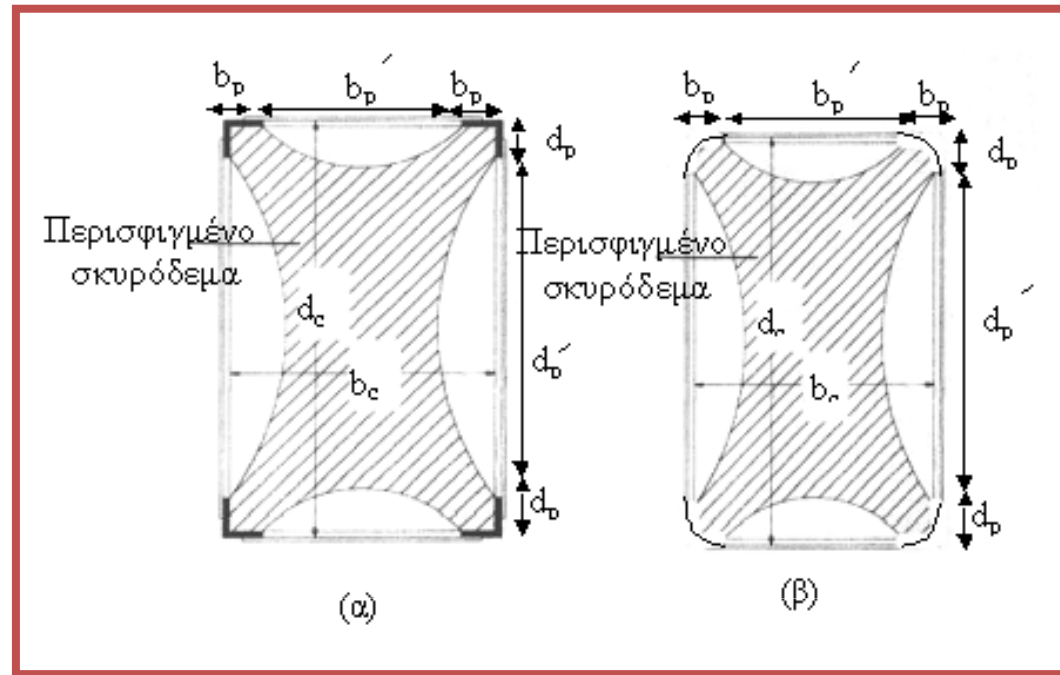
$$f_{cd,c} = (1,125 + 1,25\alpha\omega_{wd})f_{cd}, \text{ για } \alpha\omega_{wd} \geq 0,10$$

$$\varepsilon_{c2,c} = 0,002(f_{cd,c} / f_{cd})^2$$

$$\varepsilon_{cu,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{wd}$$



Εμπειρικό διάγραμμα, βάσει των πειραματικών αποτελεσμάτων από την βιβλιογραφία.



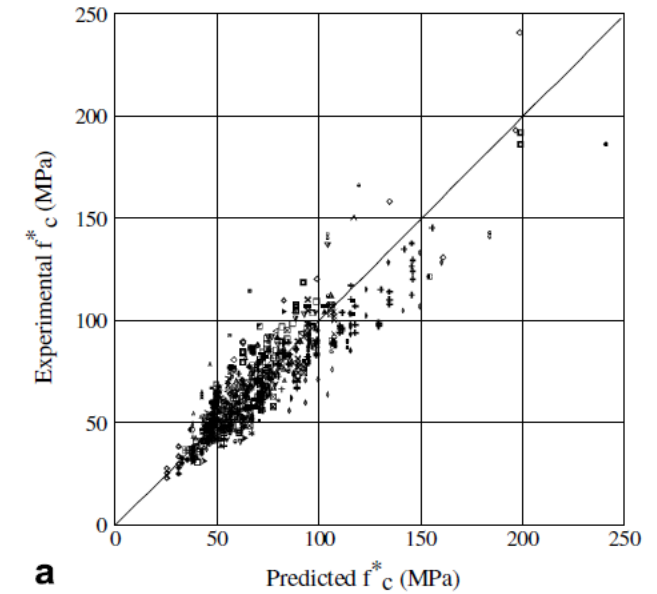
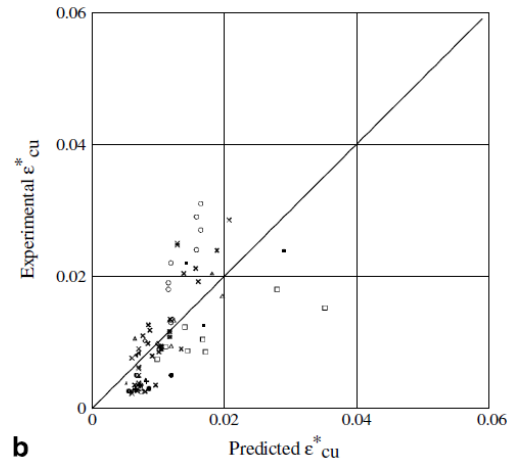
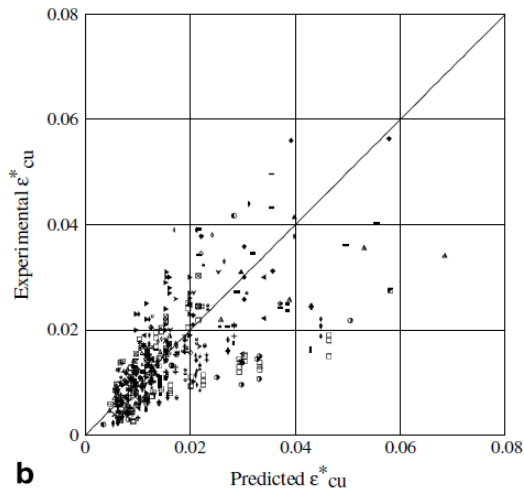
Περίσφιγξη μέσω μεταλλικού σωλήνα ή μέσω χαλύβδινου κλωβού. Περίσφιγξη μέσω ΙΩΠ (με **στρογγύλευση γωνιών**). Κατάλληλος υπολογισμός της περισφιγγόμενης περιοχής της διατομής

ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ ΜΕΣΩ ΙΩΠ

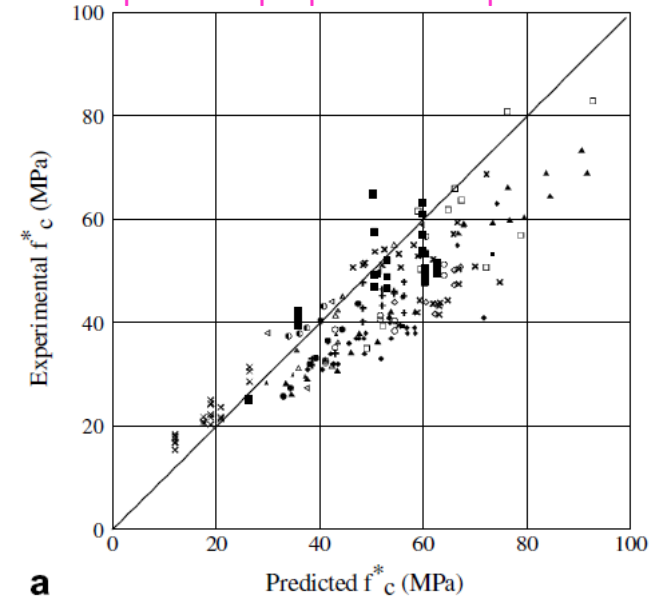
$$f_{cd,c} = (1,125 + 1,25\alpha\omega_{wd}) f_{cd}$$

$$\varepsilon_{c2,c} = \gamma_{\text{ΙΩΠ}} 0,0035 (f_{cd,c} / f_{cd})^2$$

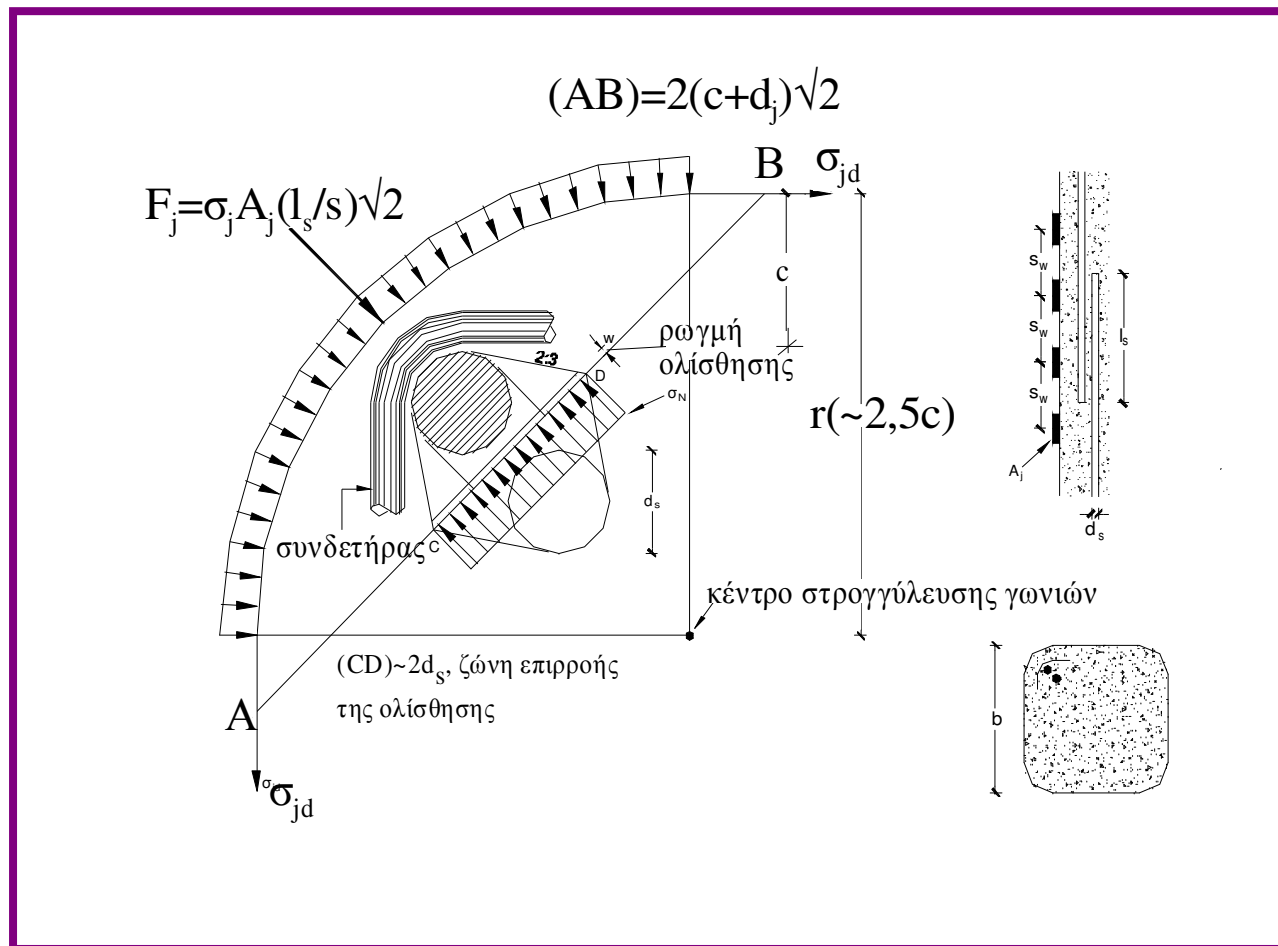
$\gamma_{\text{ΙΩΠ}} = 1,00$ (ΙΩΠ με ίνες άνθρακα)
 $2,00$ (ΙΩΠ με ίνες υάλου)



Αξιολόγηση στοιχείων βιβλιογραφίας για
 κυλινδρικά αι πρισματικά δοκίμια



ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΑΤΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕΣΩ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗΣ



$$\left(\frac{A_j}{s_w d_s} \right) = \left[\left(\frac{f_{sy}}{f_c} \right) : \left(2,2 \frac{s_d}{s_u} + 0,25 \right) \left(\frac{l_s}{d_s} \right) - 0,2 \left(\frac{c}{d_s} + 1,5 \right) \right]^2 :$$

$$: \left(\frac{w_d}{d_s} \right) \left(\frac{E_j}{f_c} \right) \left(\frac{f_{ctm}}{f_c} \right)$$

Απαιτούμενη εξωτερική
περίσφιγξη (σχόλιο)

Διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων

Περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των διαγραμμάτων.

Διαθέσιμη πλαστική γωνία στροφής

Αναφέρονται οι συνιστώσες που την συναποτελούν (μετελαστικές παραμορφώσεις που εμφανίζονται κατά μήκος του μέλους (απ' την θέση διαρροής του χάλυβα μέχρι την στήριξη), διείσδυση διαρροής και την εξόλκευση του εφελκυόμενου χάλυβα στην διατομή στήριξης και ενδεχόμενες διατμητικές παραμορφώσεις κατά μήκος του στοιχείου). **Εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού, στο Κεφάλαιο 7.**