

18^ο Φοιτητικό Συνέδριο “Επισκευές Κατασκευών 2012”

Η επίδραση της θέσεως ράβδων οπλισμού σκυροδέματος στην συνάφεια
με αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα
Top-bar effect in self compacting concrete

Κων/νος Γ. Τρέζος

Εργ. Ω.Σ./ΕΜΠ

Πάτρα, 15 Φεβρουαρίου 2012

1

Υλικό από τις εργασίες των:

- Ι. Σφήκα, Πολ. Μηχ., ΥΔ
- Μ. Πάλμου, Πολ. Μηχ.
- Ε. Σωτηροπούλου, Πολ. Μηχ.
- Χρ. Πάσιου, Πολ. Μηχ.
- Κ. Ορφανόπουλος, Πολ. Μηχ.
- Α. Στύλος, Πολ. Μηχ.
- Δ. Παύλου, Πολ. Μηχ.

2

Περιεχόμενα

- Συμβατική αντοχή – επιτόπου αντοχή σκυροδέματος
- Συνάφεια – top bar effect
- Αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα
- Πειραματικό μέρος

3

Αντοχή σκυροδέματος διαφορές:
συμβατικής αντοχής – επιτόπου αντοχής

Παράγοντες που διαφοροποιούν:

- η μεταφορά του σκυροδέματος
- η διάστρωση
- η συντήρηση
- η ωρίμανση
- είδος δομικού στοιχείου (πλάκα, δοκός, υποστύλωμα)
- θέση στο δομικό στοιχείο
- μέθοδος αποτίμησης

4

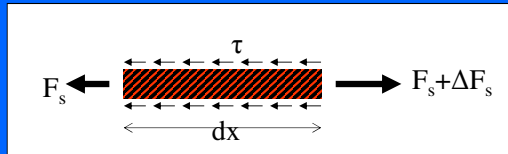
1. Αντοχή σε άπειρο χρόνο $f_{c,\infty} \approx 1.5f_{c,28}$
2. Γενικώς η επιτόπου αντοχή $f_{c,insitu} \approx 0.50-1.0f_{c,conv}$
3. Ειδικότερα ανά είδος δομικού στοιχείου:
 - Δοκοί: $f_{c,beam} \approx 0.85f_{c,conv}$
 - Υποστυλώματα: $f_{c,col} \approx 0.70-0.95f_{c,conv}$
 - Τοιχία: $f_{c,wall} \approx 0.90f_{c,conv}$
 - Πλάκες: $f_{c,slab} \approx 0.60-1.0f_{c,conv}$
4. Συναρτήσει της θέσεως εντός του στοιχείου:
 - Σε μια πλάκα: $f_{c,slab,top}/f_{c,slab,bottom} \approx 0.85$
 - Σε ένα υποστύλωμα: $f_{c,col,top}/f_{c,col,bottom} \approx 0.70-1.00$
5. Η διασπορά γενικώς: $\sigma_{fc,insitu} \approx 1.5-3.0\sigma_{fc,conv}$
 - Σε μια πλάκα: $\sigma_{fc,slab} \approx 4.0\sigma_{fc,conv}$
 - Σε ένα υποστύλωμα: $\sigma_{fc,col} \approx 3.0-4.0\sigma_{fc,conv}$
 - Σε ένα υποστύλωμα: $\sigma_{fc,col,top} \approx 0.8\sigma_{fc,col,bottom}$
 - Σε δοκούς: $\sigma_{fc,beam} \approx 2.0\sigma_{fc,conv}$

5

Συνάφεια

το σύνολο των αιτιών που **περιορίζουν** τη σχετική ολίσθηση μεταξύ των δύο υλικών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεταξύ τους συνεργασία

6



$$F_s + \tau\Phi dx = F_s + \Delta F_s$$

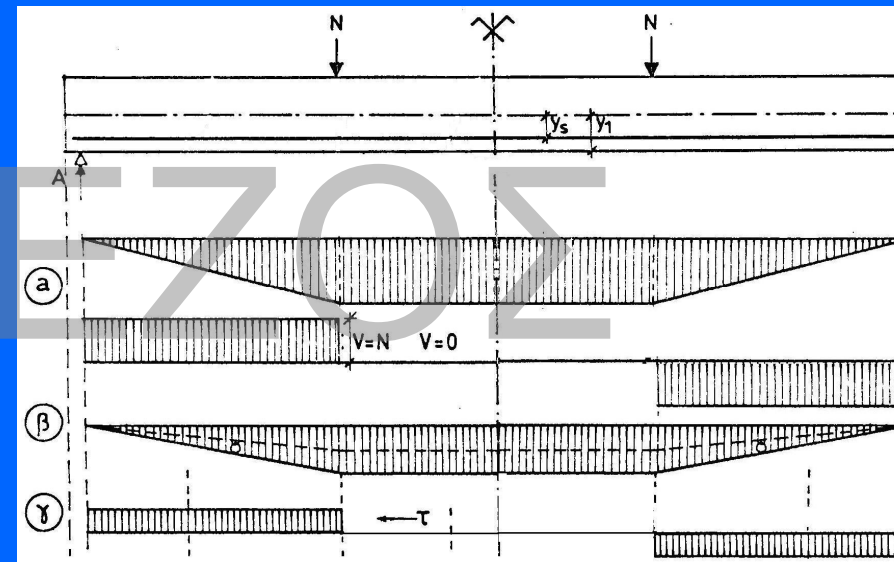
$$\tau\Phi dx = \Delta F_s = \frac{\pi\Phi^2}{4} \Delta\sigma_s$$

$$\tau = \frac{\Phi}{4} \frac{\Delta\sigma_s}{dx} = \frac{\Phi}{4} \frac{a\Delta M}{dx} = \lambda V$$

Όταν στα δύο άκρα ενός τμήματος ράβδου οπλισμού σκυροδέματος εξασκούνται άνισες δυνάμεις, τότε η ράβδος να τείνει να ολισθήσει ως προς το σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα στην διεπιφάνεια, μεταξύ σκυροδέματος και χάλυβα, να αναπτύσσονται διατμητικές τάσεις γνωστές ως **τάσεις συνάφειας**.

7

Πού παρουσιάζεται? Εκεί όπου μεταβάλλεται η μορφή κάμψεως καθώς και στις θέσεις αγκυρώσεων και ματισμάτων

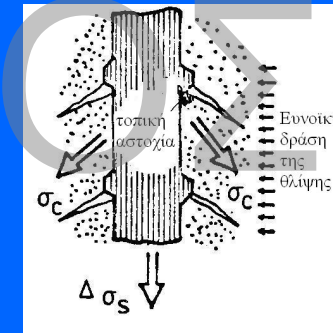
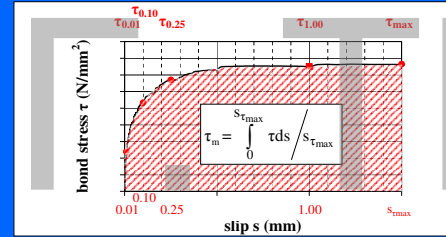
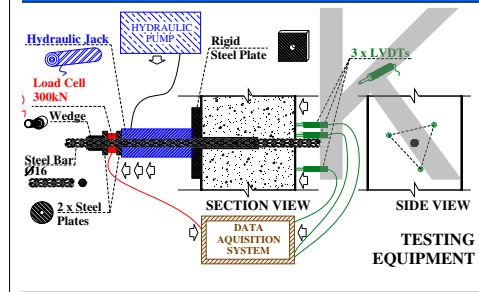


Συνοδεύεται

- Από σχετική ολίσθηση της ράβδου σε σχέση με το σκυρόδεμα που την περιβάλλει (της τάξεως των μερικών δεκάτων του χιλιοστού)

Η συνάφεια οφείλεται σε δύο κυρίως μηχανισμούς:

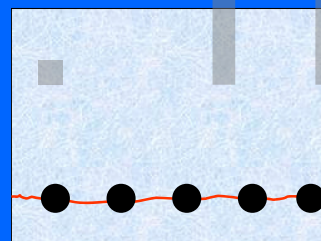
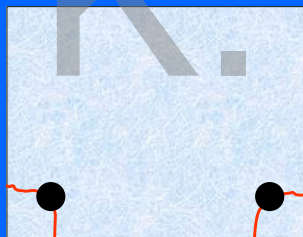
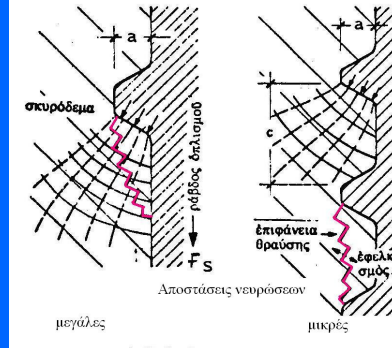
1. Στην χημική και μηχανική πρόσφυση (κυρίως στις λείες ράβδους)
2. Στις λοξές θλιπτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στο σκυρόδεμα το οποίο εγκλωβίζεται ανάμεσα στις νευρώσεις.



αναπτύσσονται εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις στο σκυρόδεμα.

Όταν οι τάσεις υπερβούν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, τότε προκαλείται τριγωνική ρηγμάτωση.

Όταν η ράβδος είναι κοντά στην επιφάνεια του σκυροδέματος (ή αν υπάρχουν πολλές ράβδοι κοντά ή μία στην άλλη) τότε η ρηγμάτωση φθάνει μέχρι την επιφάνεια και έχουμε **αστοχία τύπου διάρρηξης**.



Όπως είναι λοιπόν φανερό, η αντοχή σε συνάφεια αυξάνεται

- όσο αυξάνεται το πάχος της επικάλυψης (ελάχιστη επικάλυψη 1Φ)
- όταν υπάρχει εγκάρσιος οπλισμός (π.χ. συνδετήρες)
- όσο αυξάνεται η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος
- όταν υπάρχει εγκάρσια θλίψη (π.χ. θλίψη από περισφιγξη, αξονική υποστυλωμάτων)

Αν συνυπάρχουν οι παραπάνω ευνοϊκοί παράγοντες, τότε δεν προκαλείται αστοχία τύπου διάρρηξης, αλλά η ράβδος ολισθαίνει συμπαρασύροντας το σκυρόδεμα μεταξύ των νευρώσεων και τότε έχουμε **αστοχία τύπου εξόλκευσης**.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την συνάφεια είναι:

- η διεύθυνση της ράβδου και η θέση της ράβδου
- το είδος της φορτίσεως
- η γεωμετρία των νευρώσεων (κυρίως το ύψος και η απόσταση των νευρώσεων)

13

TOP-BAR EFFECT

DEFINITION:

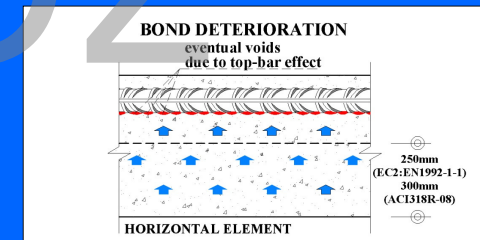
a phenomenon that mostly acts upon steel bars oriented perpendicularly to the casting direction located near the top casting surface, creating voids under the horizontal bars → bond strength deterioration

MECHANISM:

bleed water, plastic settlement
→ water underneath rebars

concrete maturation

- evaporation of trapped water
- air voids forming
- deterioration of bond quality



14

CODES & RECENT STUDIES

BUILDING CODES (for NC):

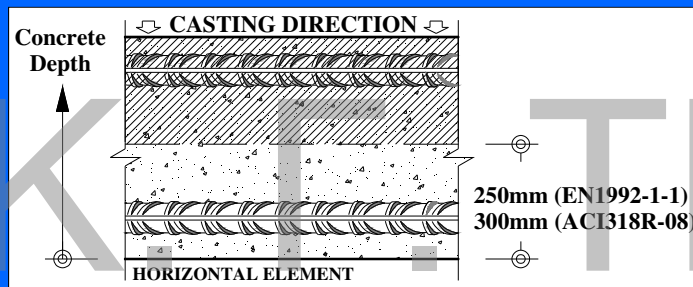
correction factor for bond strength in the higher parts of the concrete elements (decreasing bond strength / increasing required anchorage length)

EN 1992-1-1 (8.4.2):

depth > 250mm
 $\tau_{ult} = 70\% \tau_k \rightarrow$
+43% anchorage length

ACI 318R-08 (12.2.4):

depth > 300mm (12in.)
+30% anchorage length



15

ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΣ

- Υψηλή Ρευστότητα & Αντοχή
- Ροή μέσω ίδιου βάρους (απουσία δόνησης)
- Συστατικά υλικά: – ίδια με συμβατικό σκυρόδεμα
– πρόσμικτα τροποποιητικά ιξώδους
- Βασικές ιδιότητες: – ικανότητα πλήρωσης
– ικανότητα διέλευσης
– σταθερότητα (αντίσταση σε απόμιξη)

16

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- μείωση εργασίας και εξοπλισμού ⇒ μείωση κόστους
- πλήρωση πυκνά σπλισμένων ή δύσκολων γεωμετρικά καλουπιών
- βελτίωση αντοχών, ανθεκτικότητας, συνάφειας, ποιότητας
- μείωση θορύβου (εργοταξιακός θόρυβος)
- αύξηση ποιότητας εργασίας - ασφάλεια εργαζομένων
- μη ιδιαίτερα αυξημένο κόστος (μετα-κατασκευαστικά πλεονεκτήματα)

17

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

Video

18

ΝΕΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

- υψηλό επίπεδο ποιοτικού έλεγχου
- έλεγχος κοκκομετρίας συστατικών
- προηγμένο σύστημα ελέγχου υγρασίας
- εξοικείωση με χημικά πρόσμικτα
- έμπειρο τεχνικό προσωπικό (επιβλέπων)
- προτυποποίηση μεθόδων ελέγχου

19

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

- Κοκκομετρία Υλικών / Συνθέσεων
- Προσδιορισμός Χρόνου Πήξεως
- Μέτρηση Ταχύτητας Υπερήχων
- Δοκιμή Υδατοπερατότητας
- Δοκιμή Εξόλκευσης
- Δοκιμή Θλίψης - Εφελκυσμού

ΕΙΔΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΣ

- Δοκιμή Κάθισης - Εξάπλωσης
- Δοκιμή Δακτυλίου J
- Δοκιμή Χοάνης V
- Δοκιμή Δοχείου L
- Δοκιμή Δοχείου U
- Οπτικός Έλεγχος

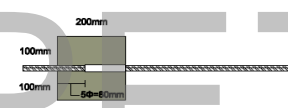
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28

ΚΥΒΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ & ΔΟΚΙΜΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

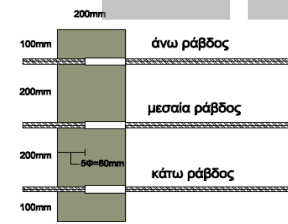
Πλάτος δομής, περιεκτικότητα σε οπλισμό:
 0.20x0.20x0.20m, 1 εγκάρσια ράβδος
 Ø16, B500C
 Ύψος υποστυλώματος: 0.60m, Διατομή
 0.20x0.20m, 3 εγκάρσιες ράβδοι Ø16
 B500C (άνω, μεσαία, κάτω)
 Μήκος συνάφειας: 5·Ø=8cm

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
 ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

ΚΥΒΙΚΟ ΔΟΚΙΜΙΟ

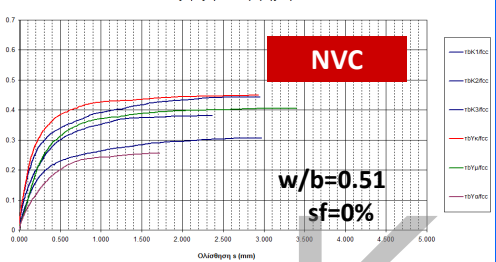


ΔΟΚΙΜΙΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΟΣ

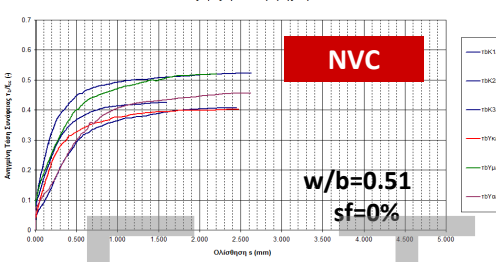


0: Υψηλή Σταθερότητα	1: Σταθερότητα	2: Αστάθεια	3: Υψηλή Αστάθεια
0	1	2	3

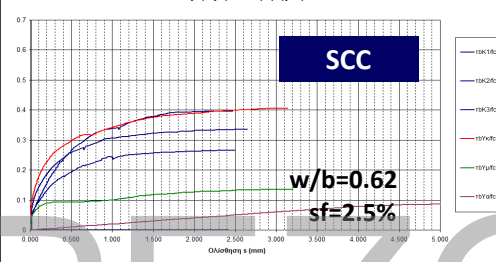
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



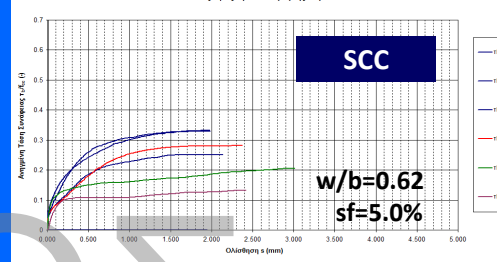
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



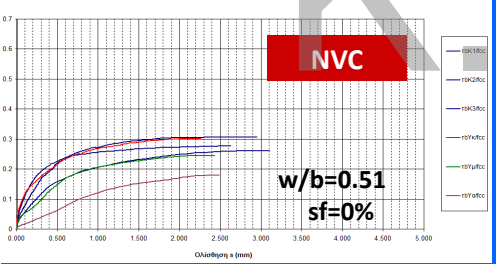
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



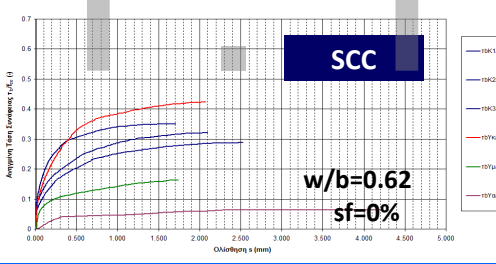
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



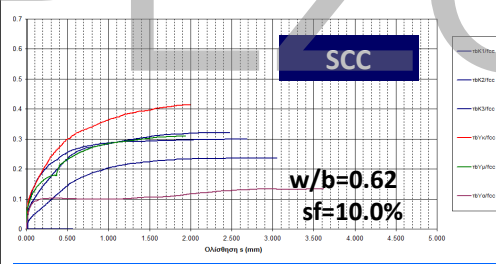
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



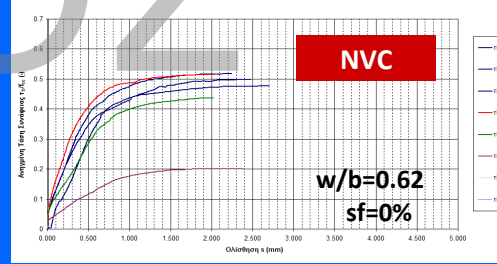
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



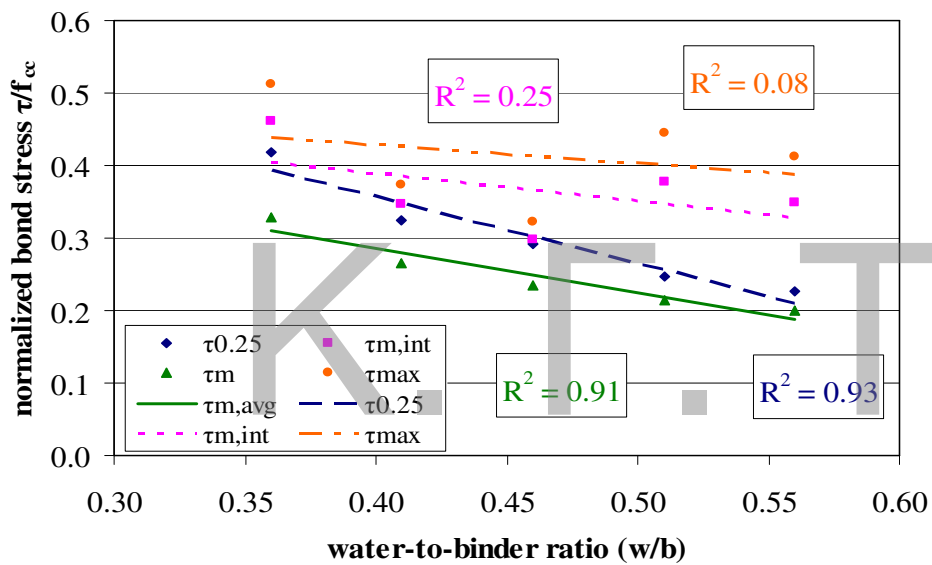
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



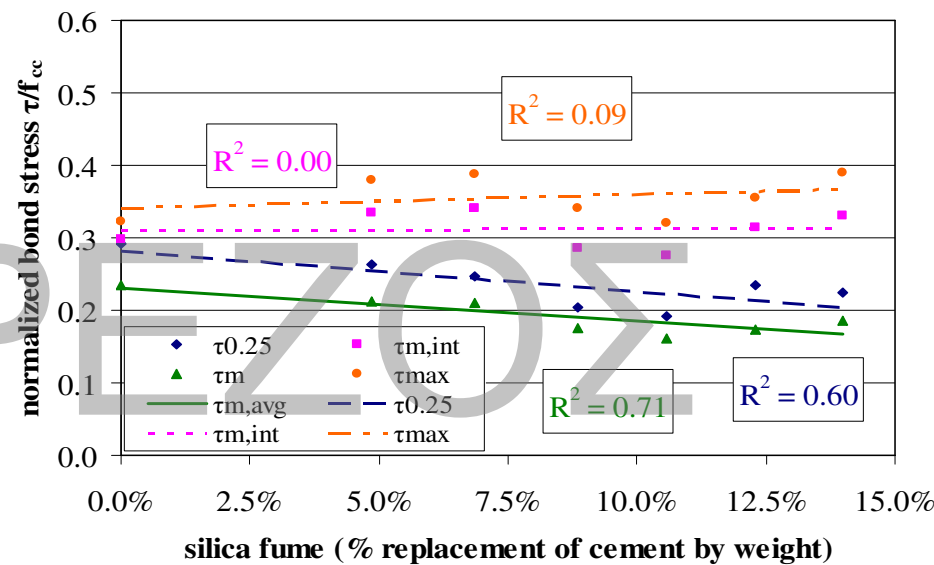
Διάγραμμα Ανηγμένης Τάσης Συναφούς Ράβδου Οπλισμού στη Θλιπτική Αντοχή ως προς την Ολοσθένση της Ράβδου



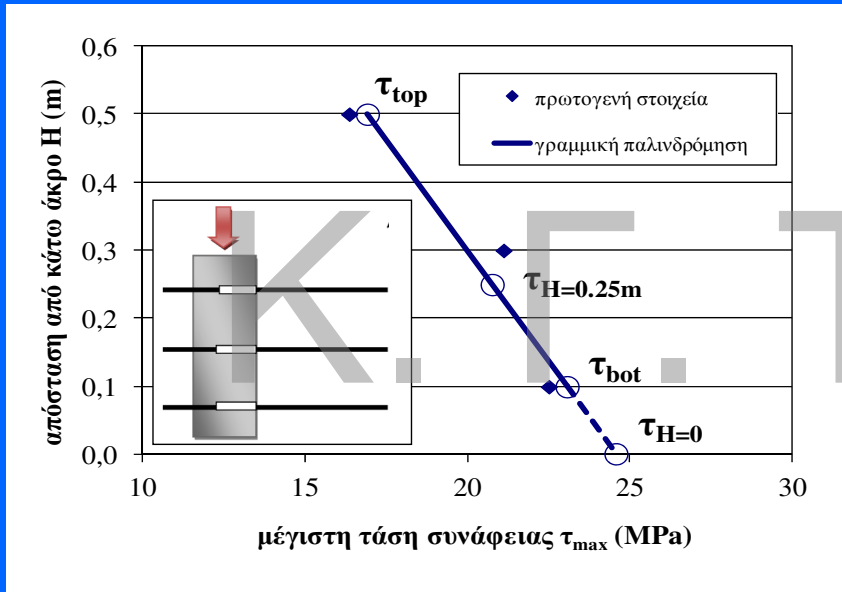
ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΛΟΓΟΥ w/b ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ (Μ.Ο. 3 ΚΥΒΩΝ)



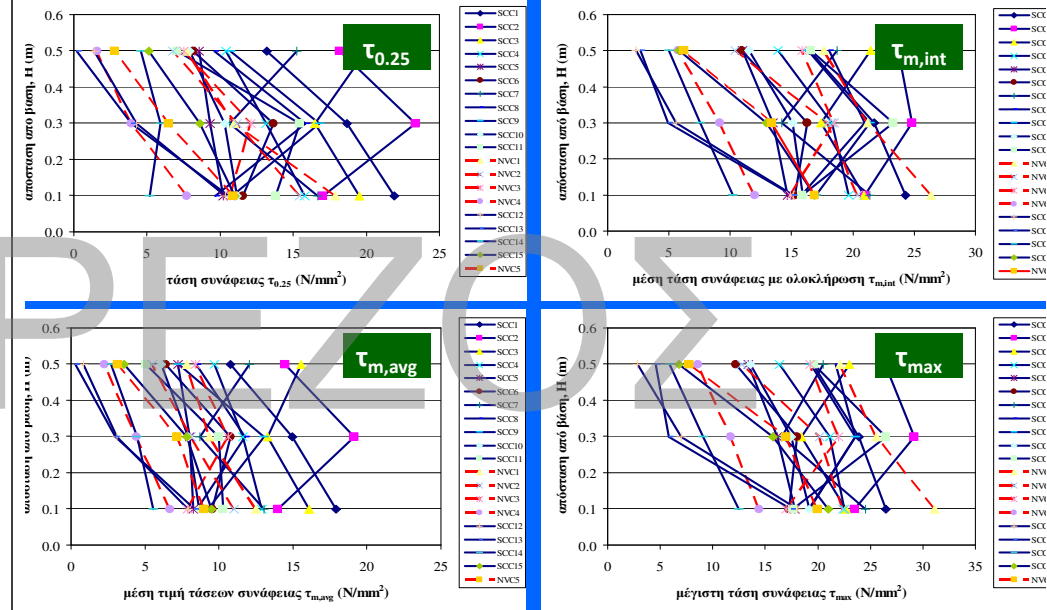
ΕΠΙΡΡΟΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΠΥΡΙΤΙΚΗΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ (Μ.Ο. 3 ΚΥΒΩΝ)



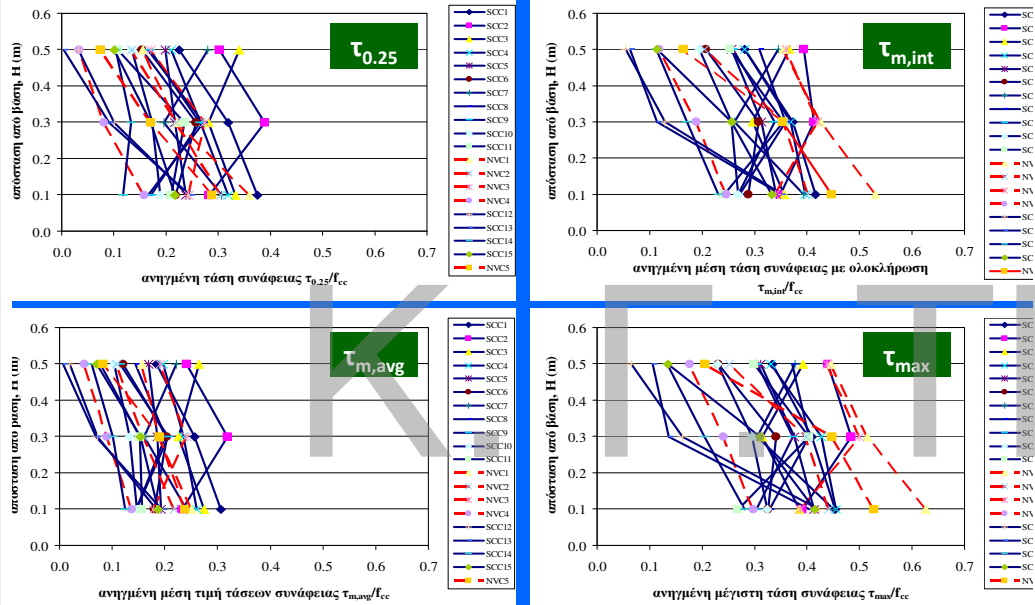
ΠΟΡΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ Η=0.60m



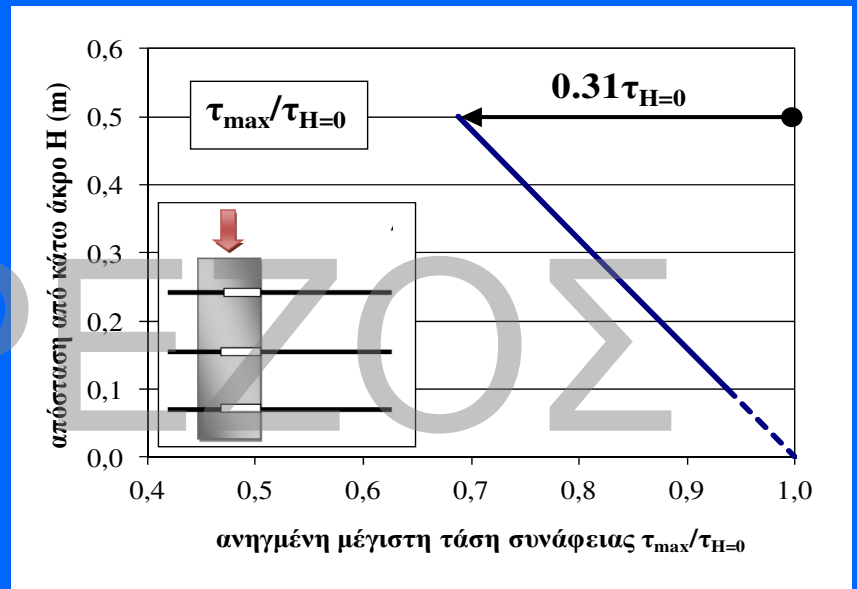
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ, τ , ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ Η=0.60m



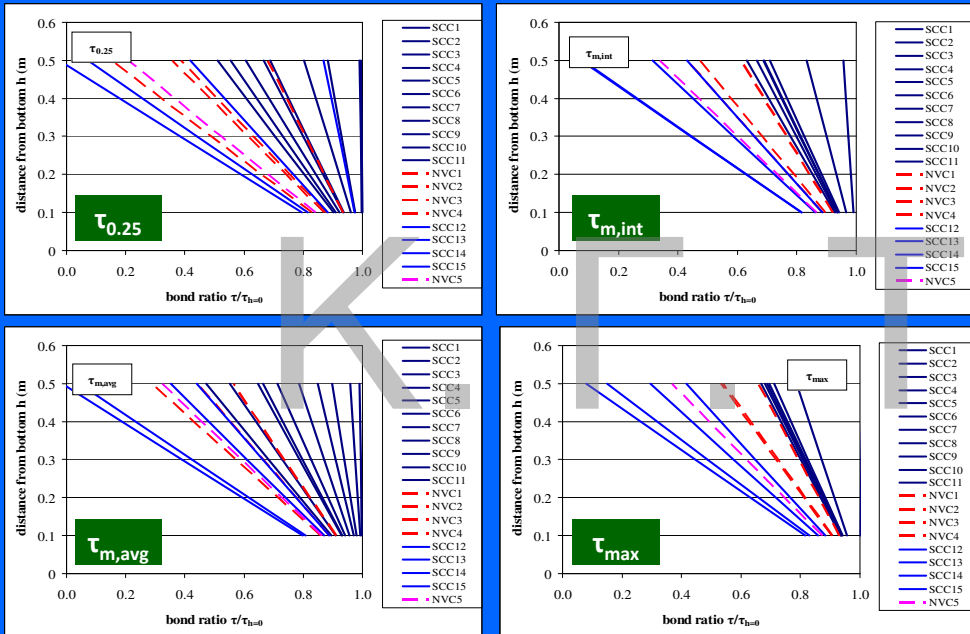
ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ, τ/f_{cc} , ΥΠΟΣΤ/ΤΩΝ Η=0.60m



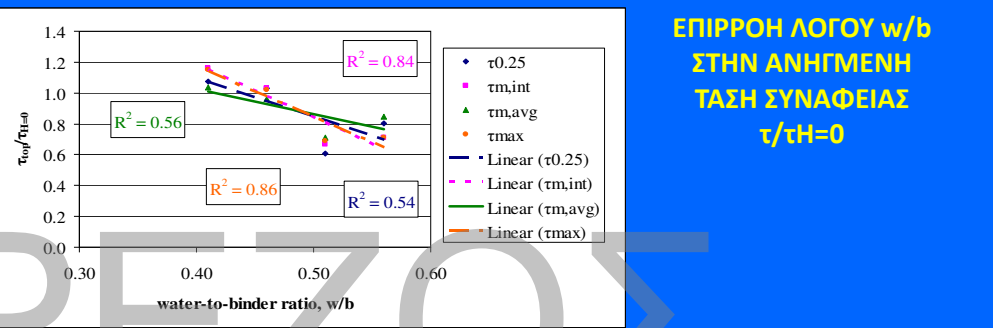
ΜΕΙΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΤΙΜΗ ΒΑΣΗΣ



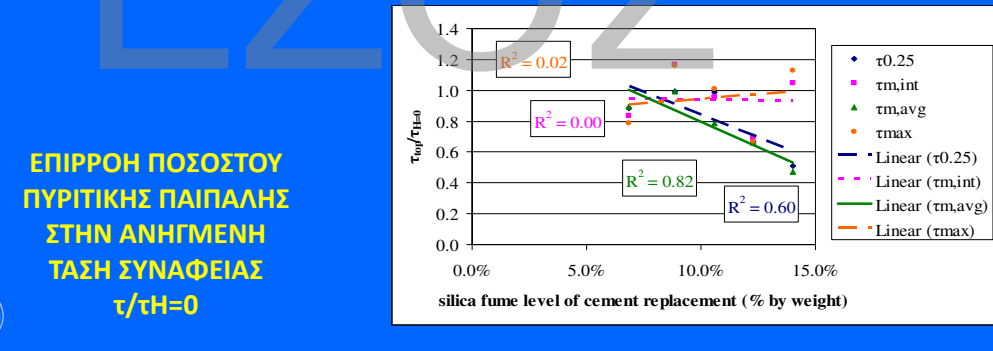
ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ, $\tau/\tau_{h=0}$, ΥΠΟΣΤ/ΤΩΝ Η=0.60m



37



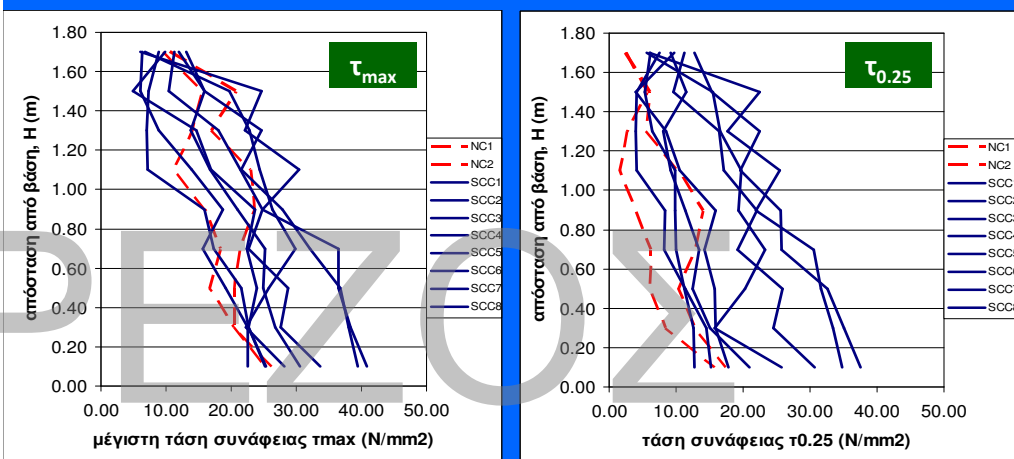
ΕΠΙΡΡΟΗ ΛΟΓΟΥ w/b
ΣΤΗΝ ΑΝΗΓΜΕΝΗ
ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ
 $\tau/\tau_{h=0}$



ΕΠΙΡΡΟΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ
ΠΥΡΙΤΙΚΗΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ
ΣΤΗΝ ΑΝΗΓΜΕΝΗ
ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ
 $\tau/\tau_{h=0}$

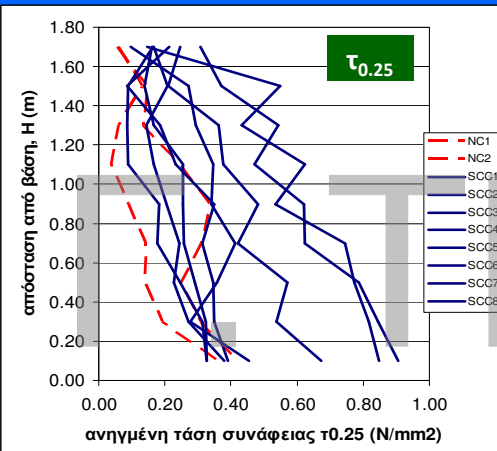
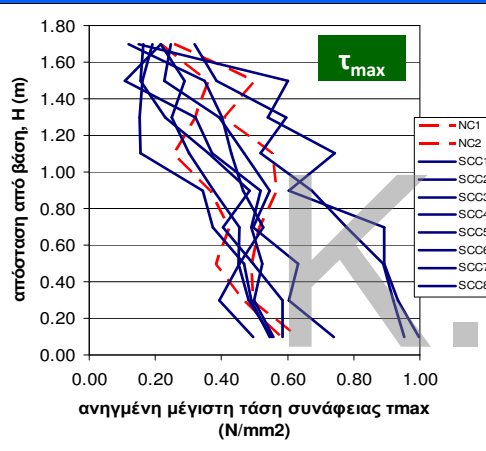


ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ, τ , ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ Η=1.80m

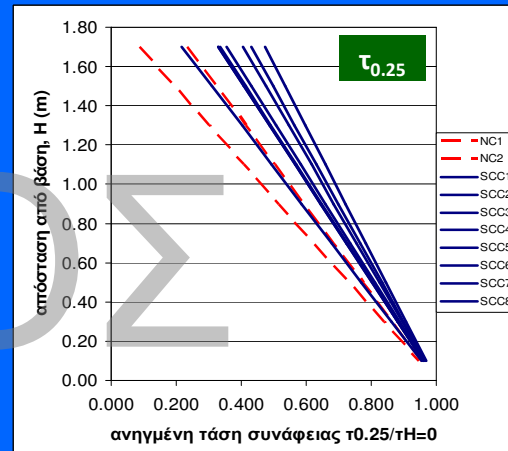
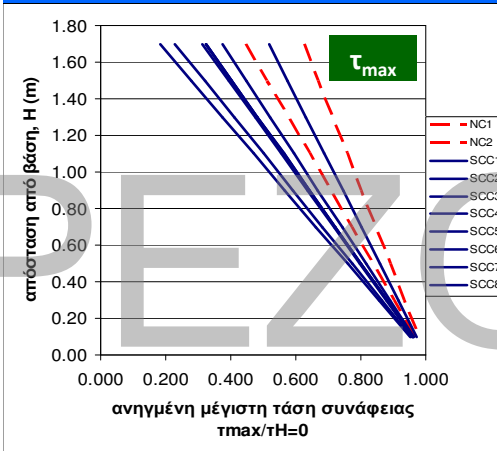


40

ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ, τ/f_{cc} , ΥΠΟΣΤ/ΤΩΝ H=1.80m



ΑΝΗΓΜΕΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ, $\tau/\tau_{H=0}$, ΥΠΟΣΤ/ΤΩΝ H=1.80m



Γραμμική μεταβολή συνάφειας καθ' ύψος.

Η γραμμικότητα επηρεάζεται από την μέθοδο έγχυσης (συνεχής, σε στρώσεις, με ή χωρίς συμπίκνωση)

Παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση του προβλήματος άνω οπλισμών:

- αντοχή τσιμέντου
- αντοχή σκυροδέματος
- περιεκτικότητα σε πυριτική παιπάλη
- περιεκτικότητα και λεπτότητα φίλλερ (λεπτόκκοκο αδρανές)
- λόγος w/b, w/c
- ρεολογικά χαρακτηριστικά, ιξώδες
- αντίσταση σε απόμιξη

Πρόβλημα άνω οπλισμών:

πιο έντονο στο ΣΣ για χαμηλές τάσεις ($\tau_{0.25}$, $\tau_{m,avg}$),
 παρεμφερή αποτελέσματα ή πιο έντονο στο ΑΣΣ για υψηλές τάσεις (τ_{max} , $\tau_{m,int}$)

Διαφορετικά κριτήρια αξιολόγησης, μη ενιαία στη βιβλιογραφία:

- Ποια τάση; τ_{max} , $\tau_{0.25}$, $\tau_{m,int}$, $\tau_{m,avg}$
- Ποιο μέγεθος; $\tau_{H=0}$, τ_{top}/τ_{bot} , $\tau_{top}/\tau_{H=250mm}$, απώλειες καθ' ύψος (%/m ύψους)
- Αναγωγή; f_{cc} , $\sqrt{f_{cc}}$

Τάση συνάφειας στη βάση υποστυλωμάτων

ΑΣΣ ίση ή μεγαλύτερη εν σχέσει με ίδιας κατηγορίας αντοχής ΣΣ.