



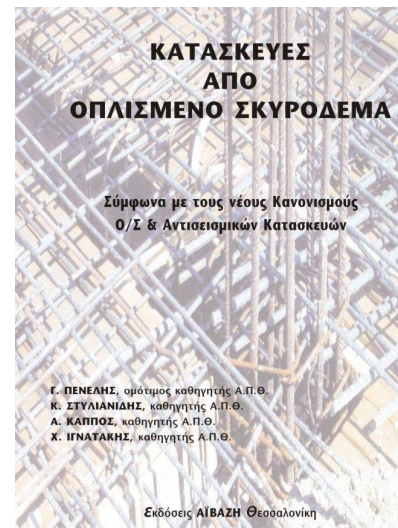
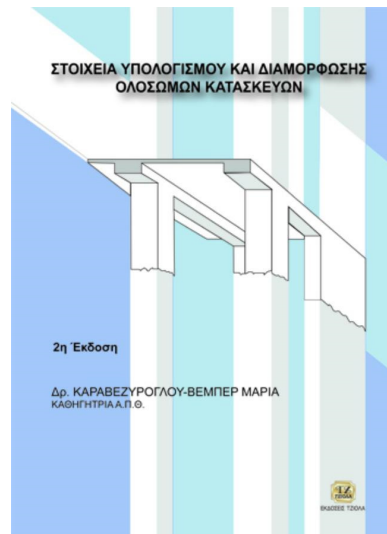
ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Οπλισμένο Σκυρόδεμα I

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Γεώργιος Παναγόπουλος
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Προτεινόμενα συγγράμματα (Εύδοξος)



- Τσώνος Α. Δ. (2017) Σχεδιασμός Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Εκδόσεις Σοφία
- Καραβεζυρογλου Βέμπερ Μ. (2013) Στοιχεία Υπολογισμού και Διαμόρφωσης Ολόσμων Κατασκευών, Εκδόσεις Τζιόλα
- Πενέλης Γ., Στυλιανίδης Κ., Κάππος Α., Ιγνατάκης Γ. (2008) Κατασκευές από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Εκδόσεις Αϊβαζή
- Γεωργόπουλος Θ. (2015) Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Τόμος Α

Ιστοσελίδες και ηλεκτρονικό υλικό

- Ιστοσελίδα μαθήματος

<https://elearning.cm.ihu.gr/course/view.php?id=659>

- Προσωπική ιστοσελίδα διδάσκοντα

<http://teicm.panagop.com>

- Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα στο ΤΕΙ ΚΜ

<http://opencourses.teicm.gr/>



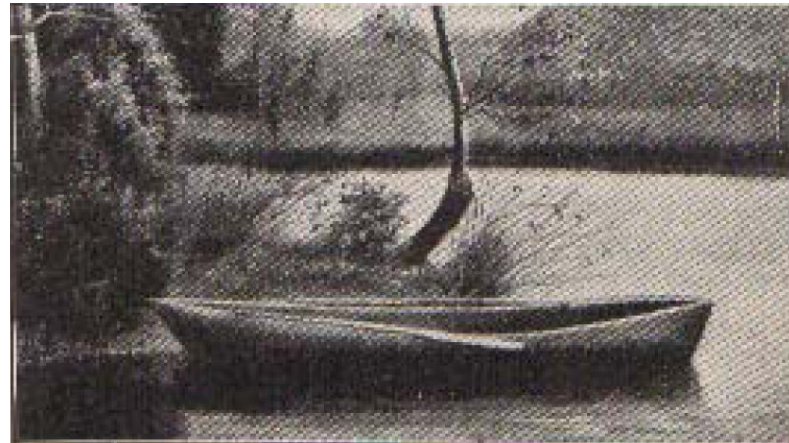
Ιστορική αναδρομή (1/3)

- Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι σήμερα το **επικρατέστερο** δομικό υλικό στην Ελλάδα (και όχι μόνο)
- Το σκυρόδεμα ως υλικό ήταν γνωστό από την εποχή των Ρωμαίων. Χρησιμοποιούνταν ως συνδετικό μέσο
- Η νέα εποχή του σκυροδέματος θεωρείται ότι εγκαινιάζεται με την εφεύρεση του τσιμέντου Portland από τον Joseph Aspdin το 1824



Ιστορική αναδρομή (2/3)

- Η πρώτη φορά που τοποθετήθηκε οπλισμός στο σκυρόδεμα ήταν το 1855 τον Jean-Louis Lambot στη Γαλλία
 - Για να κατασκευάσει τι;



- Την ίδια περίπου περίοδο ο Γάλλος κηπουρός Joseph Monier χρησιμοποιούσε μεταλλικά πλέγματα στην προσπάθειά του να κατασκευάσει πιο ανθεκτικές γλάστρες
- Πιθανότατα ο λόγος που είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση του γαλλικού όρου «Μπετόν» για το σκυρόδεμα και «Μπετόν αρμέ» για το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ότι τα πρώτα βήματα του υλικού έγιναν στη Γαλλία

Ιστορική αναδρομή (3/3)

- Ο επίσης Γάλλος χτίστης Francois Coignet είναι ο πρώτος που εισάγει την χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος στην κατασκευή οικοδομών. Το σπίτι του F. Coignet από Ο/Σ στο Παρίσι διατηρείται ακόμα.
- Το 1873 ο William E. Ward κατασκευάζει στο Port Chester της Νέας Υόρκης το πρώτο σπίτι από οπλισμένο σκυρόδεμα στις Η.Π.Α., το «Ward's Castle» όπως ονομάστηκε , το οποίο διατηρείται μέχρι και σήμερα.



Πλεονεκτήματα Ο/Σ

Ο λόγος για τον οποίο επικράτησε το Ο/Σ ως ένα το δημοφιλέστερο δομικό υλικό είναι ότι συνδυάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα

- Είναι **οικονομικό**. Τα υλικά του (αδρανή, νερό, τσιμέντο) είναι φθηνά και προμηθεύονται εύκολα. Επιπλέον, κατά κανόνα δεν απαιτείται συντήρηση.
- Είναι **εύπλαστο** και **εύχρηστο**. Το νωπό σκυρόδεμα μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε μορφή ξυλοτύπου και να καλύψει σχεδόν όλες τις αρχιτεκτονικές απαιτήσεις
- Είναι **ανθεκτικό** στη μηχανική φθορά και στη φωτιά.
- Προσφέρεται για **μονολιθικές κατασκευές**, οι οποίες σαν πολλαπλά **στατικά αόριστες** έχουν μεγάλα περιθώρια αντοχής και ασφάλειας, ιδιαίτερα σε σεισμικές δράσεις.

Μειονεκτήματα Ο/Σ

Ωστόσο, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα του Ο/Σ τα οποία συχνά περιορίζουν τη χρήση του

- Έχει πολύ **μεγάλο ίδιο βάρος**, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα κυρίως σε κατασκευές με μεγάλα ανοίγματα (π.χ. γέφυρες). Τα ογκώδη δομικά στοιχεία (δοκοί, υποστυλώματα) που απαιτούνται συχνά δυσχεραίνουν το πρόβλημα.
- Το γεγονός ότι παρασκευάζεται επί τόπου αυξάνει τον κίνδυνο να παρουσιαστούν **κατασκευαστικά ελαττώματα**.
- Σε περιπτώσεις βλαβών οι **επισκευές** είναι ιδιαίτερα **δαπανηρές** και **δύσκολες** στην εφαρμογή.
- Οι **θερμομονωτικές** του ιδιότητες είναι **περιορισμένες**

Κανονισμοί οπλισμένου σκυροδέματος (1/4)

- Οι κατασκευές Ο/Σ σχεδιάζονται βάσει κανονισμών οι οποίοι έχουν ισχύ νόμων και η εφαρμογή τους είναι **υποχρεωτική**.
- Ο πρώτος κανονισμός εκδόθηκε στη Γαλλία το 1904 και στη συνέχεια ακολούθησε η Γερμανία το 1907 και οι Η.Π.Α. το 1909
- Οι **τελευταίοι** κανονισμοί για την Ελλάδα για τις κτιριακές (κυρίως) κατασκευές Ο/Σ είναι οι:
 - **ΕΚΩΣ2000**: Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος
 - **ΕΑΚ2000**: Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός
 - Οι κανονισμοί αυτοί είναι διαθέσιμοι σε ηλεκτρονική μορφή στην ιστοσελίδα του Οργανισμού Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ): www.oasp.gr
- Οι σύγχρονοι κανονισμοί, σε όλο τον κόσμο, στηρίζονται στη μέθοδο των οριακών καταστάσεων σε αντίθεση με τους παλιότερους κανονισμούς που στηρίζονταν στη μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων

Κανονισμοί οπλισμένου σκυροδέματος (2/4)

- Οι κανονισμοί **οπλισμένου σκυροδέματος** που ίσχυσαν στην Ελλάδα μέχρι σήμερα ήταν οι εξής:
 - 1954: *Περί Κανονισμών δια την μελέτην και εκτέλεσιν οικοδομικών έργων εξ ωπλισμένου σκυροδέματος*
 - 1991: *Ο Νέος Ελληνικός Κανονισμός για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα (Ν.Ε.Κ.Ω.Σ.)*
 - 2001: *Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος - 2000 (Ε.Κ.Ω.Σ. - 2000)*. Μικρής κλίμακας τροποποιήσεις το 2003
- Αντίστοιχη εικόνα υπάρχει και για τους **αντισεισμικούς κανονισμούς**
 - 1959: *Βασιλικό Διάταγμα '59*. Εισαγωγή πρόσθετων άρθρων το 1984
 - 1995: *Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ν.Ε.Α.Κ.)*
 - 2001: *Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός – 2000 (Ε.Α.Κ. 2000)*. Τροποποιήσεις το 2003

Κανονισμοί οπλισμένου σκυροδέματος (3/4)

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης γίνεται μια προσπάθεια να καταργηθούν όλοι οι εθνικοί κανονισμοί των χωρών-μελών της (και όχι μόνο) και να αντικατασταθούν από τους **Ευρωκώδικες** οι οποίοι θα εφαρμόζονται σε όλη της την επικράτεια.

Οι **δομικοί Ευρωκώδικες** είναι οι εξής:

Ευρωκώδικας 1 Δράσεις σε δομήματα

Ευρωκώδικας 2 Σχεδιασμός κατασκευών από σκυρόδεμα

Ευρωκώδικας 3 Σχεδιασμός των κατασκευών από χάλυβα

Ευρωκώδικας 4 Σχεδιασμός σύμμικτων κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα

Ευρωκώδικας 5 Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών

Ευρωκώδικας 6 Σχεδιασμός κατασκευών από τοιχοποιία

Ευρωκώδικας 7 Γεωτεχνικός σχεδιασμός

Ευρωκώδικας 8 Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών

Ευρωκώδικας 9 Σχεδιασμός κατασκευών από αλουμίνιο

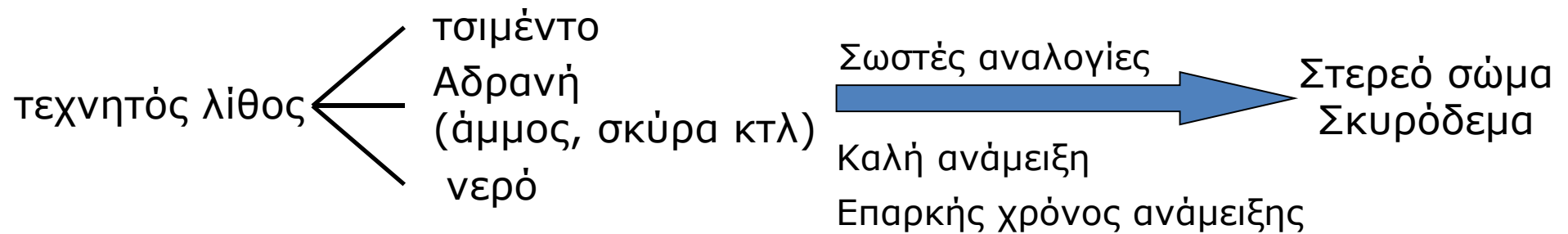
Κανονισμοί οπλισμένου σκυροδέματος (4/4)

- Σύμφωνα με πρόσφατη κοινή υπουργική απόφαση⁽¹⁾ εγκρίνεται η εφαρμογή και η χρήση, σε όλα τα Δημόσια και Ιδιωτικά έργα, των μεταφρασμένων στην Ελληνική γλώσσα κειμένων των Ευρωκωδίκων.
- Η εφαρμογή των εν λόγω προτύπων **δεν είναι υποχρεωτική**, αλλά υπόκειται στην διακριτική επιλογή του εκάστοτε Κυρίου του Έργου. Οι ισχύοντες πλέον Ευρωκώδικες παρατίθενται σε Παραρτήματα και ονομάζονται Ελληνικά Ευρωπαϊκά Πρότυπα (παράρτημα 1) και συνοδεύονται από τα Εθνικά Προσαρτήματά τους που ονομάζονται Ελληνικά Πρότυπα (παράρτημα 2).
- Για τα **προϋπάρχοντα κανονιστικά κείμενα** δόμησης (εθνικές προδιαγραφές και κανονισμοί) **αίρεται η υποχρεωτικότητα εφαρμογής**

⁽¹⁾ ΦΕΚ Β' 1457/5.6.2014 η ΚΥΑ ΔΙΠΑΔ/οικ. 372/30.5.2014 «Έγκριση εφαρμογής και χρήσης των Ευρωκωδίκων σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα»)

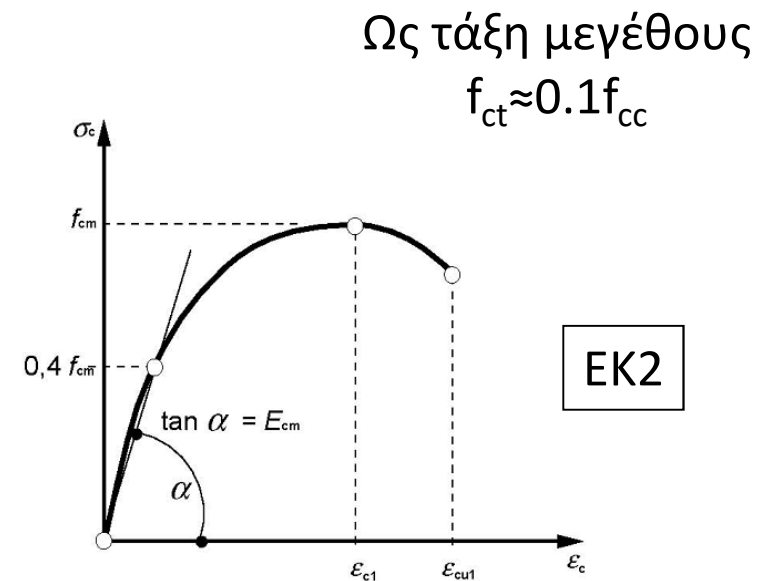
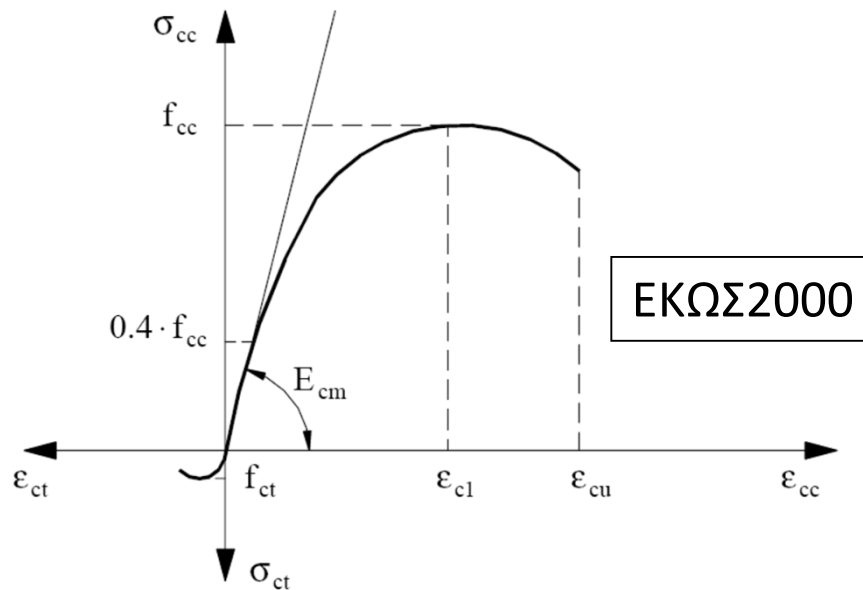
Υλικά άοπλου σκυροδέματος

- Το (άοπλο) σκυρόδεμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας **τεχνητός λίθος**



Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (1/2)

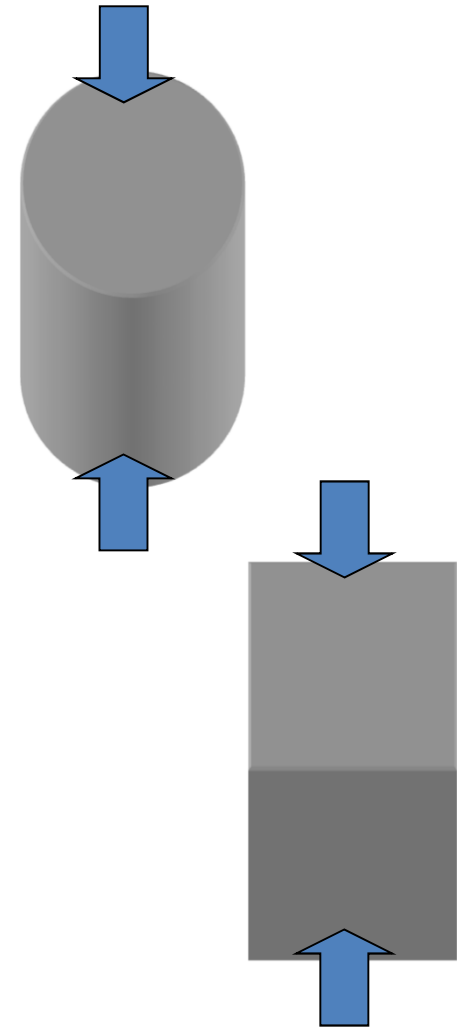
Το άοπλο σκυρόδεμα είναι ένα υλικό το οποίο παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε θλίψη, πολύ μικρότερη όμως σε εφελκυσμό



Σχηματικό διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων σκυροδέματος
(c=θλίψη, t=εφελκυσμός)

Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (2/2)

- Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος συμβολίζεται συνήθως ως f_c (c: concrete) στους κανονισμούς
- Αναφέρεται στην μονοαξονική θλιπτική αντοχή
- Μετράται στις **28 ημέρες** σε **κυλινδρικά δοκίμια** διαμέτρου 150mm και ύψους 300mm ή **κυβικά δοκίμια** ακμής 150 mm
- Ο κανονισμός οπλισμένου σκυροδέματος ορίζει σαν βάση τη **χαρακτηριστική** θλιπτική αντοχή f_{ck} .
Χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου f_{ck} ή κυβικού δοκιμίου $f_{ck,cube}$ θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου



Κατηγορίες σκυροδέματος

- Ορίζονται με βάση την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος

Κατηγορίες σκυροδέματος και αντίστοιχες θλιπτικές αντοχές

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55

- Ο Ευρωκώδικας 2 ωθεί στη χρήση σκυροδεμάτων μεγαλύτερης θλιπτικής αντοχής σε σχέση με τον ΕΚΩΣ2000
- Συνήθεις κατηγορίες σκυροδέματος για κτιριακά έργα τυπικών διαστάσεων είναι οι C20/25 και C25/30

Εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος

Μέτρο ελαστικότητας

Ενδεικτικές τιμές της εφελκυστικής αντοχής για διάφορες ποιότητες (MPa)

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
$f_{ctk0.05}$	1.10	1.30	1.50	1.80	2.00	2.20	2.50	2.70
f_{ctm}	1.60	1.90	2.20	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80
$f_{ctk0.95}$	2.00	2.50	2.90	3.30	3.80	4.20	4.60	4.90

- Η μικρή αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό οδηγεί στην ανάγκη χρήσης **οπλισμών από χάλυβα** για την παραλαβή των **εφελκυστικών τάσεων** που εμφανίζονται στα δομικά στοιχεία των κατασκευών

Μέτρο ελαστικότητας (GPa)

	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
E_{cm}	27	29	30	31	33	34	35	36

Χάλυβας οπλισμών (1/4)

Οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται ως ράβδοι οπλισμού διακρίνονται:

α) Σύμφωνα με τη μέθοδο της παραγωγής.

- Οι ακολουθούμενες μέθοδοι παραγωγής είναι:
- Θερμή έλαση, δίχως καμιά περαιτέρω επεξεργασία
- Θερμή έλαση που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά θερμική κατεργασία
- Ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή με όλκηση (συρματοποίηση) του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση

β) Σύμφωνα με τη μορφή της επιφάνειας σε:

- Λείες κυλινδρικές ράβδους ή σύρματα (και συγκολλητά δομικά πλέγματα)
- Ράβδους ή σύρματα υψηλής συνάφειας (και συγκολλητά δομικά πλέγματα), με νευρώσεις (νευροχάλυβες)

γ) Σύμφωνα με τη συγκολλησιμότητα σε:

- Χάλυβες συγκολλησίμους υπό προϋποθέσεις
- Χάλυβες συγκολλησίμους

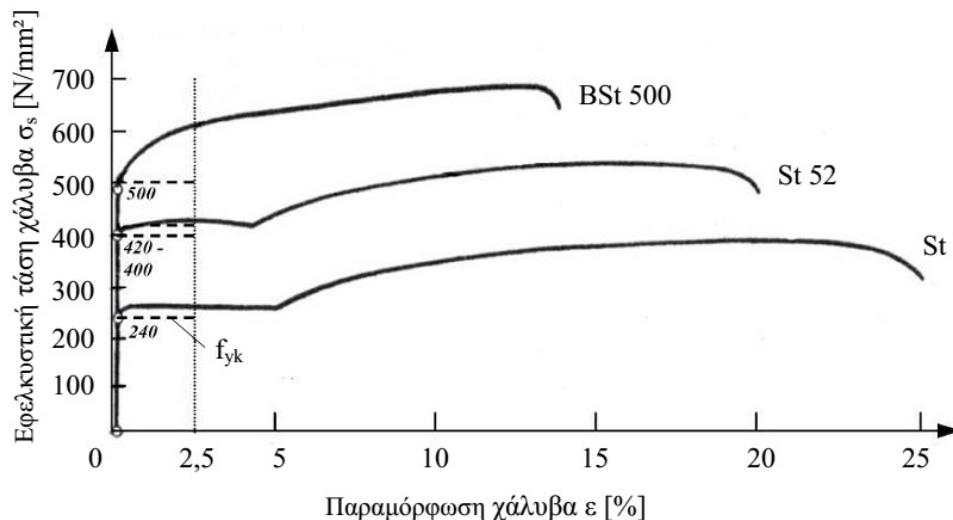
Χάλυβας οπλισμών (2/4)

Ονομαστική διάμετρος και ονομαστική διατομή των ράβδων (cm²)

Διάμετ. mm	Βάρος Kg/m	Αριθμός Σιδήρων									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	0,28	0,56	0,83	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
7	0,302	0,38	0,77	1,15	1,84	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85
8	0,395	0,50	1,00	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
18	1,998	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45
20	2,466	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
22	2,984	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01
24	3,551	4,52	9,05	13,57	18,10	22,62	27,14	31,67	36,19	40,72	45,24
26	4,168	5,31	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,17	42,47	47,78	53,09
28	4,834	6,16	13,32	18,47	24,63	30,79	36,98	43,10	49,26	55,42	61,58
30	5,550	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	70,69
32	6,313	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42

Χάλυβας οπλισμών (3/4)

- Ως χαρακτηριστική αντοχή f_{yk} (γ : yield=διαρροή) θεωρείται εκείνη η τιμή του **ορίου διαρροής** f_y κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου
- Οι κατηγορίες χάλυβα που χρησιμοποιούνται συνήθως ως ράβδοι οπλισμού είναι οι B500A και **B500C**, αντικαθιστώντας ουσιαστικά την ποιότητα S500



Διαγράμματα τάσεων -
παραμορφώσεων
χάλυβα οπλισμού⁽¹⁾

⁽¹⁾ Καραβεζύρογλου Μ. (2009), Διαχρονική θεώρηση των αντοχών σκυροδέματος και χάλυβα οπλισμών βάσει των κανονισμών, 16^ο Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, 21-23/10/2009, Πάφος, Κύπρος

Χάλυβας οπλισμών (4/4)

- Ο συντελεστής θερμικής διαστολής του χάλυβα είναι πολύ κοντά σε αυτόν του σκυροδέματος (πρακτικά είναι ο ίδιος).
- Η κοινή τους αυτή ιδιότητά βοηθά σημαντικά τη συνεργασία των δύο υλικών καθώς δεν αναπτύσσονται διαφορετικές παραμορφώσεις με τις μεταβολές της θερμοκρασίας, κάτι που θα μπορούσε να οδηγήσει στην απώλεια της συνεργασίας τους.