

Ημερίδα:  
**«ΧΑΛΥΒΕΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ  
& ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ»**

ΤΕΕ  
ΕΛΛ. ΤΜΗΜΑ ΣΚΥΡ/ΤΟΣ

**ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ  
ΧΑΛΥΒΕΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ  
ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ  
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ 2 & 8**

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ  
21.06.2008

**ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ  
ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΣ**  
Δρ. Πολ. Μηχανικός  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

### **ΧΑΛΥΒΕΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ [ΕΚΩΣ §3.1]**

#### **Κανονισμοί / Πρότυπα**

- Πρότυπο ΕΛΟΤ 959/94: Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος.
- Πρότυπο ΕΛΟΤ 971/94: Συγκολλησιμοι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος.
- Κανονισμός τεχνολογίας χαλύβων (Κ.Τ.Χ./2000)
- EN10080: Steel for the reinforcement of concrete – Weldable ribbed reinforcing steel B500 – Technical delivery conditions for bars, coils and welded fabric
- Πρότυπο ΕΛΟΤ 1421/2005: Χάλυβες οπλισμού σκυρ/τος – Συγκολλησιμοι χάλυβες
- ΕΛΟΤ EN 10080 (πρώην 1421-1) Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις
- 1421-2 Μέρος 2: Τεχνική κατηγορία B500A
- 1421-3 Μέρος 3: Τεχνική κατηγορία B500C
- Κανονισμός τεχνολογίας χαλύβων (Κ.Τ.Χ. 2008)

Χάλυβες Οπίσθιου Σκυροδέματος					
Καταργημένες κατηγορίες	S220	λείοι	νευροχάλυβες	συγκολλησιμο υπό προεπιθέσεις	ΕΛΟΤ 989
	S400				
	S500				
	S400s		συγκολλησιμο	ΕΛΟΤ 971	
	S500s				
Νέες κατηγορίες	B500A	νευροχάλυβες	συγκολλησιμο	ΕΛΟΤ 1421-2	
	B500C			ΕΛΟΤ 1421-3	

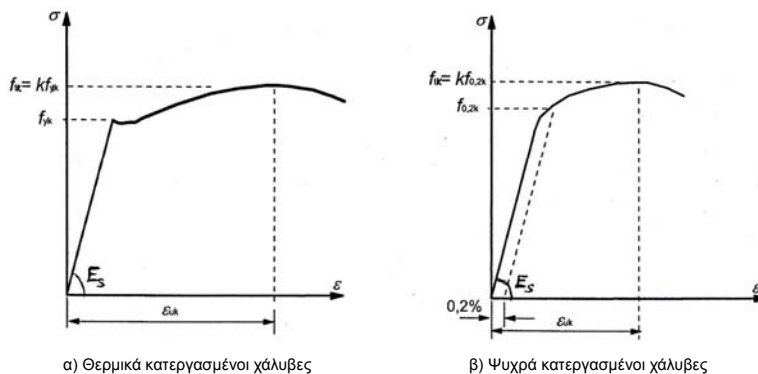
ΕΛΟΤ 1421-2	B500A	ρόλοι	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8										
		ηλεκτροσυγκολλημένα πλέγματα / δικτυώματα	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8										
ΕΛΟΤ 1421-3	B500C	ράβδοι	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	40				
		ρόλοι	6	8	10	12	14	16											
		ηλεκτροσυγκολλημένα πλέγματα / δικτυώματα	6	8	10	12	14	16											

## ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ ΚΑΤΑ ΕΚΩΣ 2000

Μηχανικές ιδιότητες χαλύβων σκυροδέματος που επηρεάζουν την αντοχή και την πλαστιμότητά τους:

- όριο διαρροής [ $f_{yk}$  ή  $f_{0,2k}$ ] (χαρακτ. τιμές με ποσοστημόριο 95 %)
- εφελκυστική αντοχή [ $f_{tk}$ ] “
- πλαστιμότητα [ $\epsilon_{uk}$  &  $(f_t / f_y)_k$ ] (χαρακτ. τιμές με ποσοστημόριο 90 %)

όλες οι τιμές υπολογίζονται με βάση την ονομαστική διατομή



Απαιτήσεις μηχανικών ιδιοτήτων χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος								
	ΕΛΟΤ 959			ΕΛΟΤ 971		EN 10080		
	S220	S400	S500	S400s	S500s	ΕΛΟΤ 1421-3	ΕΛΟΤ 1421-2	-
						B500C	B500A	B500B
	λείοι	νευροχάλυβες συγκολ. υπό προϋποθέσεις		νευροχάλυβες συγκολλησιμοί		νευροχάλυβες συγκολλησιμοί		
όριο διαρροής $f_{yk}$ (MPa)	220	400	500	400	500	500	500	500
εφελκυστική αντοχή $f_{tk}$ (MPa)	340	500	550	440	550	έμμεσος ορισμός μέσω του λόγου $f_t/f_y$		
ανηγ. παραμ. μετά την θραύση $\epsilon_{tot}$ (%)	24	14	12	14	12	-	-	-
$k = (f_t / f_y)_k$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$
$\epsilon_{uk}$ (%)	-	-	-	-	-	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$
$(f_{y,act} / f_{y,nom})_k$	-	-	-	-	-	$\leq 1,25$	-	-
	$f_{yk}$ & $f_{tk}$ υπολογίζονται με βάση την πραγματική διατομή					$f_{yk}$ & $f_{tk}$ υπολογίζονται με βάση την ονομαστική διατομή		

Απαιτήσεις ΕΚΩΣ 2000 για την πλαστιμότητα χαλύβων για λόγους αυξημένης πλαστιμότητας δομικών στοιχείων Ω.Σ.												
	ΕΚΩΣ 2000				ΕΛΟΤ 959			ΕΛΟΤ 971		EN10080		
	με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας		χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας		S220	S400	S500	S400s	S500s	ΕΛΟΤ 1421-3	ΕΛΟΤ 1421-2	
	κρίσιμες περιοχές	λοιπές περιοχές	υποστυλ. τοιχώματα	λοιπά στοιχεία	λείοι	νευροχάλυβες συγκολ. υπό προϋποθέσεις	νευροχάλυβες συγκολλήσιμοι	B500C			B500A	B500B
όριο διαρροής $f_{yk}$ (MPa)	S400, S500			S220 S400 S500	220	400	500	400	500	500	500	500
$k = (f_t / f_y)_k$	$\geq 1,1$ $\leq 1,35$	$\geq 1,08$	$\geq 1,08$	$\geq 1,05$ ή $\geq 1,08$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$
$\epsilon_{uk}$ (%)	$\geq 7,0$	$\geq 5,0$	$\geq 5,0$	$\geq 2,5$ ή $\geq 5,0$	-	-	-	-	-	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$
$(f_{y,act} / f_{y,nom})_k$	$\leq 1,3$	-	-	-	-	-	-	-	-	$\leq 1,25$	-	-

Τα  $m_{ih}$  ( $f_t / f_y)_k$  και  $\epsilon_{uk}$  εξασφαλίζουν υψηλή πλαστιμότητα.

Τα  $\max (f_t / f_y)_k$  και  $(f_{y,act} / f_{y,nom})_k$  εξασφαλίζουν αξιόπιστα άνω όρια μεταστατικών υπεραντοχών.

αντίστοιχο με B500B ή B500A

στην αγορά από αρχές 2005

Υ. Α. 9529/645/ 10.05.2006 & αρχές 2007

## ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ ΚΑΤΑ EC2 & EC8

- Οι κανόνες εφαρμογής για τον σχεδιασμό λεπτομέρειες όπλισης μελών από Ω.Σ. σύμφωνα με τον EC2 ισχύουν για χάλυβες με απαιτούμενες ιδιότητες που δίνονται στο Παράρτημα C του EC2:

Table C.1: Properties of reinforcement

Product form	Bars and de-coiled rods			Wire Fabrics			Requirement or quantile value (%)
	A	B	C	A	B	C	
Class							-
Characteristic yield strength $f_{yk}$ or $f_{0,2k}$ (MPa)	400 to 600						5,0
Minimum value of $k = (f_t / f_y)_k$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10,0
Characteristic strain at maximum force, $\epsilon_{uk}$ (%)	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	10,0
Bendability	Bend/Rebend test			-			
Shear strength	-			0,3 A $f_{yk}$ (A is area of wire)			Minimum
Maximum deviation from nominal mass (individual bar or wire) (%)	Nominal bar size (mm) $\leq 8$ $> 8$			$\pm 6,0$ $\pm 4,5$			5,0

- Οι απαιτούμενες ιδιότητες των χαλύβων θα πιστοποιούνται ακολουθώντας τις διαδικασίες δοκιμών σύμφωνα με τον EN 10080.
- Περιέχονται τεχνικές κατηγορίες A, B, C
- Χαρακτηριστικό όριο διαρροής  $f_{yk}$  ή  $f_{0,2k} = 400-600$  MPa
- Τιμές  $k = (f_t/f_y)_k$  &  $\epsilon_{uk}$  & επιτρ. απόκλιση από την ονομαστική μάζα όπως EN 10080 (ΕΛΟΤ 1421-2 & ΕΛΟΤ 1421-3)
- Το EN 10080 αναφέρεται στο όριο διαρροής  $R_e$ , που σχετίζεται με τις χαρακτηριστικές, ελάχιστες & μέγιστες τιμές που βασίζονται σε επίπεδο ποιότητας μακράς διάρκειας της παραγωγής.  
Σε αντίθεση το  $f_{yk}$  είναι η χαρακτηριστική τάση διαρροής που βασίζεται μόνο σε αυτούς τους σπλισμούς που χρησιμοποιούνται σε μια συγκεκριμένη κατασκευή.

Δεν υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ της  $f_{yk}$  και της χαρακτηριστικής  $R_e$ . Όμως οι μέθοδοι προσδιορισμού και πιστοποίησης της αντοχής διαρροής που δίνονται στο ΕΛΟΤ EN 10080 παρέχουν έναν επαρκή έλεγχο για εξασφάλιση του  $f_{yk}$ .

EN 10080	Μηχανικά χαρακτηριστικά	EC 2
$R_e$	Όριο διαρροής	$f_y$
$R_{p0,2}$	Συμβατικό όριο διαρροής $\epsilon = 0,2\%$	$f_{p0,2}$
$R_m$	Εφελκυστική αντοχή	$f_t$
$R_m/R_e$	Λόγος τάσεως αντοχής / ορίου διαρροής	$f_t / f_y$
$A_{gt}$	Μήκυνση στο μέγιστο φορτίο	$\epsilon_{su}$
d	Ονομαστική διάμετρος	$\Phi$

### **Κατηγορίες Πλαστιμότητας Κτιρίων (EC8 § 5.2.1)**

- DCL (Ductility Class Low - Χαμηλή κατηγορία πλαστιμότητας
- DCM (Ductility Class Medium - Μέση κατηγορία πλαστιμότητας
- DCH (Ductility Class High - Υψηλή κατηγορία πλαστιμότητας

### **Σχεδιασμός Κτιρίων**

DCL → EC2 (EN 1992-1-1:2004)

DCM → EC8 (EN 1992-1-1:2004)

DCH → EC8 (EN 1992-1-1:2004)

### **Σχεδιασμός για DCL - Χαμηλή Κατηγορία Πλαστιμότητας (EC8 § 5.2.1)**

- Συνιστάται μόνο για περιπτώσεις χαμηλής σεισμικότητας (EC8 § 3.2.1 (4)), όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μειωμένες ή απλοποιημένες διαδικασίες σεισμικού σχεδιασμού για ορισμένους τύπους ή κατηγορίες κτιρίων (βλέπε Εθνικό Προσάρτημα). Συνιστάται για περιπτώσεις όπου η σεισμική επιτάχυνση σε έδαφος τύπου A  $a_g \leq 0.08 g$  ή  $a_g S \leq 0.1 g$  ( $S$ =συντ. εδάφους = 1.0 – 1.4)
- Σχεδιασμός κτιρίων βάσει EC2 και απαιτήσεων EC8 § 5.3
  - Στα κύρια σεισμικά στοιχεία χάλυβας κατηγορίας B ή C (Πίν. C.1 του EC2) (Συνεπώς στα δευτερεύοντα (π.χ. πλάκες) χάλυβας κατηγορίας A)
  - Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς  $q \leq 1.5$

### **Σχεδιασμός για DCM - Μέση Κατηγορία Πλαστικότητας (EC8 § 5.4)**

Απαιτήσεις για τα υλικά (EC8 § 5.4.1.1) :

- Στα κύρια σεισμικά στοιχεία τουλάχιστον C16/20
- Στις κρίσιμες περιοχές στοιχείων μόνο νευροχάλυβες κατηγορίας B ή C (Πίν. C.1 του EC2). Εξαιρούνται συνδετήρες. (Συνεπώς στις λοιπές περιοχές νευροχάλυβες κατηγορίας B)
- Επιτρέπεται η χρήση συγκολλητών δομικών πλεγμάτων σύμφωνα με τα παραπάνω
- Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς  $q = 3,0 \alpha_u / \alpha_1 = 3,0 \times 1,15 = 3,45$

### **Σχεδιασμός για DCH - Υψηλή Κατηγορία Πλαστικότητας (EC8 § 5.5)**

Απαιτήσεις για τα υλικά (EC8 § 5.5.1.1) :

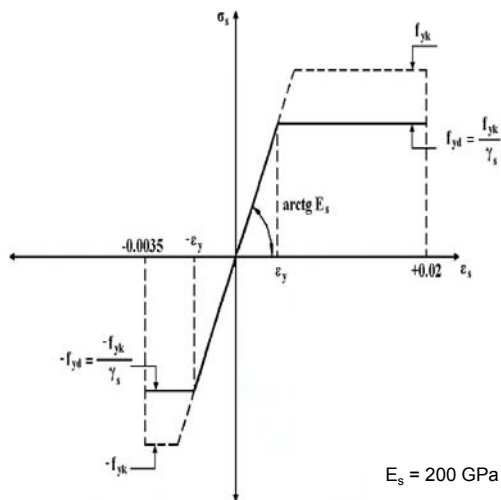
- Στα κύρια σεισμικά στοιχεία τουλάχιστον C20/25
- Στις κρίσιμες περιοχές στοιχείων μόνο νευροχάλυβες κατηγορίας C (Πίν. C.1 του EC2). Εξαιρούνται συνδετήρες. (Συνεπώς στις λοιπές περιοχές νευροχάλυβες κατηγορίας B)
- Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς  $q = 4,5 \alpha_u / \alpha_1 = 4,5 \times 1,15 = 5,18$
- $f_{yk,0.95} / f_{yk,nom} \leq 1,25$

Απαιτήσεις EC2 & EC8 για την πλαστιμότητα χαλύβων για λόγους αυξημένης πλαστιμότητας δομικών στοιχείων Ω.Σ.								
	EN10080			EC2 & EC8				
	ΕΛΟΤ 1421-3	ΕΛΟΤ 1421-2		DCM μέση πλαστιμότητα q = 3,5				
	B500C	B500A	B500B	DCL χαμηλή πλαστιμ. q ≤ 1,5	DCH υψηλή πλαστιμότητα q = 5,2		DCH υψηλή πλαστιμότητα q = 5,2	
	νευροχάλυβες συγκολλησιμοι				κρίσιμες περιοχές	λοιπές περιοχές		κρίσιμες περιοχές
όριο διαρροής $f_{yk}$ (MPa)	500	500	500	B500C, B500B, B500A				
$k = (f_t / f_y)_k$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	στα κύρια B500B ή B500C στα δευτ. B500A	B500B ή B500C	B500B	B500C	B500B
$\epsilon_{uk}$ (%)	$\geq 7,5$	$\geq 2,5$	$\geq 5,0$					
$(f_{y,act} / f_{y,nom})_k$	$\leq 1,25$	-	-					

Τα  $\min (f_t / f_y)_k$  και  $\epsilon_{uk}$  εξασφαλίζουν υψηλή πλαστιμότητα.

Τα  $\max (f_t / f_y)_k$  και  $(f_{y,act} / f_{y,nom})_k$  εξασφαλίζουν αξιόπιστα άνω όρια μετελαστικών υπεραντοχών.

### Απλοποιημένο διάγραμμα σχεδιασμού ( $\sigma - \epsilon$ ) για τον χάλυβα [ΕΚΩΣ § 10.4.4]





**Απλοποιημένο διάγραμμα σχεδιασμού ( $\sigma - \epsilon$ ) για τον χάλυβα [EC2 § 3.2.7]**

Επιτρέπεται διγραμμικό διάγραμμα με :

- Κεκλιμένο άνω τμήμα με
  - όριο παραμόρφωσης  $\epsilon_{ud}$  (συνιστάται  $\epsilon_{ud}=0.9 \epsilon_{uk}=0.9 \times 7.5\%=6.75\%$  ή σύμφωνα με Εθν. Προσάρτημα)
  - $\max \sigma = k f_{yk} / \gamma_s = (f_t / f_y)_k f_{yk} / \gamma_s$  σε  $\epsilon = \epsilon_{uk}$
- Οριζόντιο άνω τμήμα
  - Χωρίς ανάγκη ελέγχου του  $\epsilon_u$

