

«ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ – ΠΡΟΣΘΗΚΕΣ – ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ»

Βασικές απαιτήσεις του νέου Κανονισμού Τεχνολογίας

Χαλύβων (ΚΤΧ 2008)

- A. Η εφαρμογή του ΚΤΧ 2008 στα έργα.
- B. Αυτοψίες και έλεγχοι ΧΟΣ υφιστάμενων κατασκευών
- Γ. Δομικοί Χάλυβες (EN 10025)
- Δ. Χάλυβες Προέντασης (prEN 10138)

Σαράντος Θ. Μουγιάκος
Μεταλλουργός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Εργαστήριο Μετάλλων ΚΕΔΕ-ΥΠΕΧΩΔΕ
Πειραιώς 166 – ΑΘΗΝΑ
ΤΗΛ: 210-3463830
e - mail: kede@otenet.gr

A. Η εφαρμογή του ΚΤΧ 2008 στα έργα

1. Έλεγχος αγοράς, απαιτήσεις από τις επιχειρήσεις διάθεσης και διαμόρφωσης.

Ο έλεγχος αγοράς γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΤΧ, και ξεκίνησε από το 2002 από 3μελείς επιτροπές του ΚΕΔΕ-ΥΠΕΧΩΔΕ και των Περιφερειών (ΦΕΚ 332, Τεύχος δεύτερο, 28/3/01). Η λειτουργία τους είναι ακόμη σε αρχικό στάδιο, με αρκετά προβλήματα. Αντίστοιχο θεσμικό πλαίσιο υπάρχει και στο Υπουργείο Ανάπτυξης από το 1995. Ο *επιβλέπων μηχανικός σε Δημόσιο ή Ιδιωτικό έργο πρέπει να έχει αντίστοιχες απαιτήσεις πριν και κατά την παραγγελία, κατά την εκτέλεση της και κατά την παραλαβή.*

α. Δειγματοληψίες – Ελεγχοι και δοκιμές

Λαμβάνονται 3 δείγματα από 3 διαφορετικές ράβδους κάθε ελεγχόμενης παρτίδας (παρτίδα : ποσότητα ΧΟΣ της ίδιας διατομής, από ίδια χύτευση που έχει παραχθεί από την ίδια μονάδα παραγωγής). Το μήκος του δείγματος να είναι 1,5m (έτσι ώστε να περιέχεται και η σήμανση). Αν έστω και ένα δοκίμιο από τα 3 δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις, λαμβάνονται 10 επιπλέον δοκίμια από διαφορετικές ράβδους της παρτίδας.

Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται αφορούν τον προσδιορισμό του ορίου διαρροής, της εφελκυστικής αντοχής, της παραμόρφωσης θραύσης, της χημικής σύστασης – τη μέτρηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών - την συμπεριφορά σε αναδίπλωση καθώς και τη κατάσταση διάβρωσης. *Οι έλεγχοι και οι δοκιμές διεξάγονται στο ΚΕΔΕ ή στα Περιφ. Εργαστήρια. Επίσης, στην ΕΒΕΤΑΜ, στο ΚΔΕΠ και σε ορισμένα ΑΕΙ και ΤΕΙ. Τα ιδιωτικά εργαστήρια είναι πολύ λίγα.*

β. Απαιτήσεις από τις επιχειρήσεις διάθεσης (αποθήκες παραγωγών, εισαγωγέων, προμηθευτών.)

- **Κατάλληλη ταξινόμηση χαλύβων στις αποθήκες κατά :**Κατηγορία, προέλευση (χώρα και μονάδα παραγωγής), διάμετρο, ημερομηνία παραλαβής, μήκος ή βάρος.

- **Σωστές συνθήκες αποθήκευσης :** Κατάλληλα υποστηρίγματα. Σε βιομηχανικές ή παραθαλάσσιες περιοχές, κοντά σε λίμνες κλπ είναι αναγκαίοι στεγασμένοι χώροι αποθήκευσης. Σε αυτούς τους χώρους πρέπει να γίνονται οπτικοί έλεγχοι κάθε δύο (2) ή τρεις (3) μήνες, κατά περίπτωση.
- **Μακροσκοπικός έλεγχος:** Έλεγχος για τυχούσα ύπαρξη προϊόντων διάβρωσης, απολεπίσεων, αλλοιώσεων, αθέλτων παραμορφώσεων και πληγών.
- **Απαραίτητα πιστοποιητικά:**
 - Πιστοποιητικά Ποιότητας ή Πιστοποιητικά Ελέγχου.
 - Πιστοποιητικό ελέγχου παραγωγής από το εργοστάσιο (MILL TEST CERTIFICATE). Περιλαμβάνει : εργοστάσιο παραγωγής, αριθμό χύτευσης, ημερομηνία παραγωγής, κατηγορία ποιότητας, αριθμό Πιστοποιητικού Ποιότητας ή Ελέγχου και μηχανικές και χημικές ιδιότητες της χύτευσης, κατά δήλωση του εργοστασίου παραγωγής.
- **Ύπαρξη πινακίδας** που να είναι σταθερά συνδεδεμένη σε κάθε δέσμη ράβδων. Σ' αυτήν πρέπει να αναφέρονται κατ' ελάχιστον : χώρα και εργοστάσιο παραγωγής, κατηγορία, χρονολογία παραγωγής, αριθμός χύτευσης, περιγραφή προϊόντων (μορφή, ονομαστική διάμετρος), σήμανση (για κατηγορία, χώρα και εργοστάσιο παραγωγής).
- **Ύπαρξη παραστατικών** που αφορούν τις παραγγελθείσες ποσότητες χαλύβων. (**Δελτίο παραγγελίας**, Δελτίο αποστολής, Τεχνικό δελτίο παράδοσης)
- **Δυνατότητα διασταύρωσης στοιχείων (Ιχνηλασιμότητα).** Απαιτείται η **σήμανση** (μέσω των νευρώσεων στην επιφάνεια της ράβδου) να συμφωνεί με τα στοιχεία της συνοδευτικής πινακίδας και να ταυτίζονται οι κοινές πληροφορίες των συνοδευτικών εγγράφων.

γ. Απαιτήσεις για τις επιχειρήσεις διαμόρφωσης (μάντρες, εργοστάσια προκατασκευής ΧΟΣ, εργοτάξια).

Ισχύουν όλα τα προηγούμενα και επιπλέον :

- **Έλεγχος εξοπλισμού και εκτέλεσης εργασιών κοπής**
απαραίτητη η ύπαρξη ψαλιδιού, δίσκου κοπής κλπ (απαγορεύεται η χρήση φλόγας για κοπή π.χ. οξυγονοκοπή).
- **Έλεγχος εξοπλισμού και εκτέλεσης εργασιών κάμψης**
Απαραίτητη για την εκτέλεση κάμψης η ύπαρξη τυμπάνων κατάλληλης διαμέτρου, π.χ. 4D για $\Phi \leq 18\text{mm}$, 7D για $\Phi > 18\text{mm}$, . **Οι σχετικές παραβάσεις με χρήση τυμπάνων πολύ μικρής διαμέτρου είναι δυστυχώς ο κανόνας, με καταστροφικές επιπτώσεις.** Η κάμψη επίσης πρέπει να γίνεται μόνο με μηχανικά μέσα, χωρίς χρήση φλόγας (βλ. §7 του παρόντος). Εάν τηρούνται τα προηγούμενα, τότε και η τυχούσα επανευθυγράμμιση, ιδίως αν είναι μερική, δεν θα επηρεάσει ιδιαίτερα τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα. Θα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία «πληγών» κατά τις εργασίες κάμψης ή ανάκαμψης.

Επισήμανση: απαγορεύεται η κάμψη σε ήδη συγκολλημένους χάλυβες, κοντά στη συγκόλληση (βλ. ΕΚΩΣ § 17.2.3.2). Έχει διαπιστωθεί ότι αυτό παραβλέπεται συστηματικά στις κάμψεις των αναδιπλούμενων πλεγμάτων συνδετήρων, με πρόκληση ρωγμών στη συγκόλληση και τελικά δημιουργία πληγής στον συνδετήρα.

- **Έλεγχος ορθής εκτέλεσης συγκολλήσεων:**
Οι επιτρεπόμενες μέθοδοι συγκόλλησης και λοιπές σχετικές οδηγίες αναφέρονται στο Κεφ.8 του ΚΤΧ 2008. Επίσης, απαγορεύεται η οξυγονοκόλληση.
Παρατήρηση: Αποτελούν πολύ σπουδαία αιτία για διενέργεια «εξαντλητικού» ελέγχου :
 - Η θραύση κατά την κάμψη ή ανάκαμψη.
 - Ο μεγάλος θόρυβος με εκτίναξη τεμαχίου κατά την κοπή με ψαλίδι.

2. Απαίτηση εφαρμογής από πρόσωπα που διαθέτουν τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις και προσόντα (εκπαιδευμένα, έμπειρα και ικανά).

Στα κέντρα διάθεσης του χάλυβα οπλισμού συνιστάται ο υπεύθυνος Τεχνικός να είναι απόφοιτος τουλάχιστον Μέσης τεχνικής σχολής.

Ειδικότερα όμως στις επιχειρήσεις διαμόρφωσης του οπλισμού απαιτείται η στελέχωση από απόφοιτο τουλάχιστον ΤΕΙ, ο οποίος θα μπορεί να κάνει: αναγνώριση, τήρηση αρχείου, εφαρμογή όλων των κατασκευαστικών λεπτομερειών που αναφέρονται στους ξυλότυπους, επίβλεψη στην κοπή, κάμψη, διαμόρφωση, συγκόλληση κτλ όπως και συνεργασία με τον επιβλέποντα Μηχανικό.

3. Απαίτηση ύπαρξης σήμανσης και Πιστοποιητικού Συμμόρφωσης (ΧΟΣ Ελληνικοί ή Ε.Ε.) ή Πιστοποιητικού ελέγχου (ΧΟΣ από Τρίτες Χώρες).

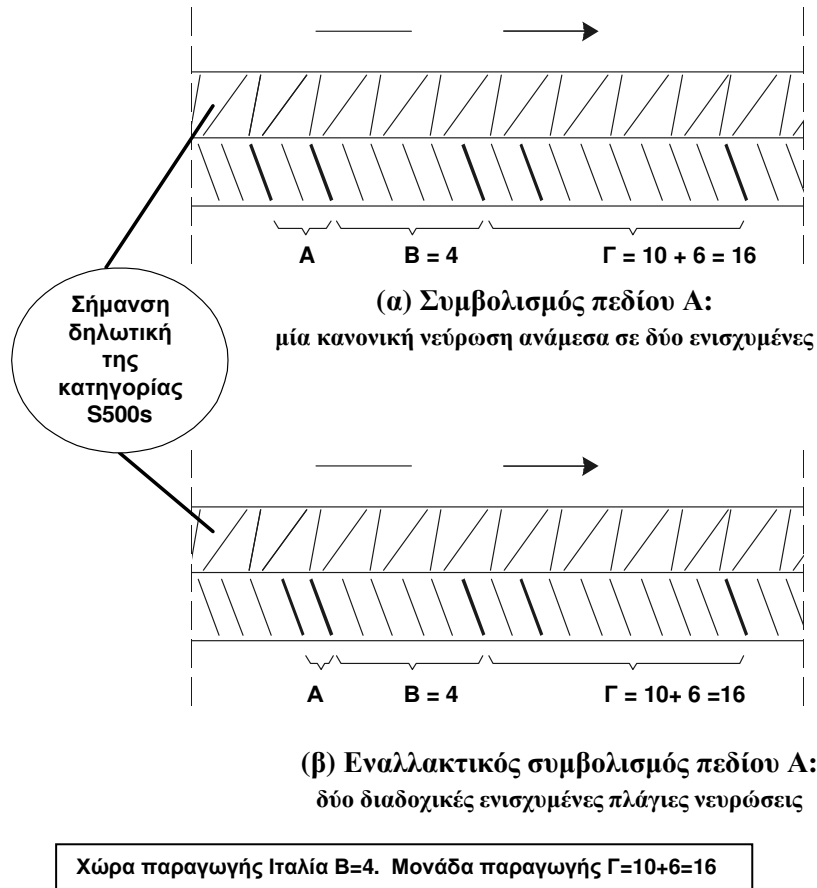
Για οποιαδήποτε αμφιβολία για τη **σήμανση**, θα πρέπει να επικοινωνήσει κανείς με τον ΕΛΟΤ, το ΚΕΔΕ ή το Περιφερειακό Εργαστήριο. Με τη σήμανση δηλώνεται :

- Η **κατηγορία**: με τον διαφορετικό τρόπο διάταξης των νευρώσεων στην επιφάνεια της ράβδου (βλ. σελ 4).
- Η **χώρα και η μονάδα παραγωγής** : με ενισχυμένες νευρώσεις που ανάμεσά τους έχουν κανονικές, πλάγιες νευρώσεις (βλ. Σελ. 4, πεδία Β, Γ αντίστοιχα).

Η απουσία σήμανσης ή και πιστοποιητικών, και ιδίως η μη αντιστοίχιση μεταξύ τους, αποτελεί αιτία μη αποδοχής.



Συμβολισμός πεδίου Β: Το πεδίο Β δηλώνει τη χώρα προέλευσης που είναι:		Ελλάδα	B=8
		Ιταλία	B=4
		Τουρκία	B=9 κλπ.



4. Απαιτήση γεωμετρικών χαρακτηριστικών.

α. Έλεγχος Διαμέτρου Ράβδων σε παλαιές και νέες κατασκευές.

Η χρήση του παχύμετρου οδηγεί κάποιες φορές σε λάθη. Σε παλαιές κατασκευές ο υπολογισμός

της διαμέτρου γίνεται έμμεσα με τον τύπο: $A_s = \frac{127,4 \times M}{l}$, όπου A_s : η πραγματική διατομή σε mm^2 ,

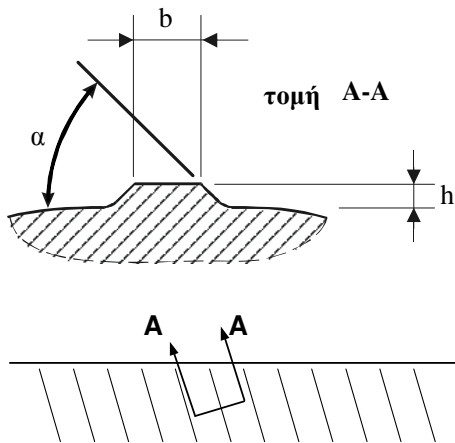
M : η μάζα σε gr, l : το μήκος σε mm. Σε νέες κατασκευές ο έλεγχος γίνεται με μέτρηση μάζας και μήκους συγκεκριμένου τεμαχίου και στη συνέχεια με χρήση του πίνακα 3.1 του KTX 2008.

β. Γεωμετρία νευρώσεων

h = ύψος πλάγιων νευρώσεων 0,05 d έως 0,10 d

b = πλάτος (περίπου) 0,10 d

Διαμήκεις νευρώσεις (ύψος) 0,15 d max



Γωνία κλίσης “α”,
ύψος h και πλάτος b,
πλάγιας πλευράς

5. Απαιτήση μηχανικών χαρακτηριστικών

Η Ελληνική Νομοθεσία έως και τον Ιαν. του 2007 απαιτούσε την κυκλοφορία των χαλύβων που ανήκουν στις κατηγορίες του παρακάτω πίνακα. Η κατηγορία S500s είναι από άποψη ολκιμότητας όπως η κατηγορία B500A, δηλ. με χαμηλά χαρακτηριστικά ολκιμότητας $f_t / f_y \geq 1,05$ κλπ.

Ο χρήστης μπορούσε να ζητήσει χάλυβες αυξημένης ολκιμότητας κατά ΕΚΩΣ 2000, $f_t / f_y \geq 1,10$.

Ο ΟΑΣΠ το 2002 εισηγήθηκε τη καθιέρωση νέας ποιότητας ΧΟΣ ειδικών (υψηλών) απαιτήσεων ολκιμότητας, για κατασκευές πλαστιμότητας μεταξύ μέσης(M) και υψηλής(Y) κατά τον Ευρωκώδικα 8. Έτσι, η επιτροπή ΤΕ49-ΕΛΟΤ διαμόρφωσε το νέο πρότυπο 1421 για κατηγορία που έχει την ονομασία B500C, με χαρακτηριστικά ολκιμότητας, $1,35 \geq f_t / f_y \geq 1,15$, $\epsilon_{u,k} \geq 7,5\%$

Η καθιέρωση στην Ελλάδα χαλύβων τύπου **C** καθυστέρησε επειδή υπήρχε απαγόρευση από την ΕΕ (καθεστώς stand still) οποιασδήποτε αλλαγής εθνικών προτύπων, μέχρι την οριστική αποδοχή - συμφωνία τελικού ευρωπαϊκού προτύπου. Όμως μετά από 20 χρόνια(!) συζητήσεων μεταξύ των χαλυβουργιών, ακόμη δεν έχουν καταλήξει. Η Ελλάδα λοιπόν ζήτησε και πήρε έγκριση για κατ'εξαίρεση έκδοση προτύπων. Έτσι τέθηκαν σε εφαρμογή τον Φεβρουάριο 2005, τα πρότυπα ΕΛΟΤ 1421-1-2-3 και το ΕΛΟΤ EN 10800 αντί του 1421-1. Στη συνέχεια ετοιμάσθηκε η προσαρμογή της ισχύουσας νομοθεσίας του ΥΠ.ΑΝ που εφαρμόζεται πλήρως από τον Ιαν 2007.

Δυστυχώς για πολλά χρόνια χρησιμοποιήθηκαν χάλυβες τύπου A (S500s) ή χάλυβες μεταξύ A – B (S400), που ήταν χαμηλής έως μέτριας ολκιμότητας, για λόγους ποικίλων και προφανών συμφερόντων των εταιριών παραγωγής ή εισαγωγής ΧΟΣ (βλ. Παράρτημα 7 ΚΤΧ 2008).

Μηχανικά χαρακτηριστικά χαλύβων

Μέγεθος	Κατηγορίες από 1993 έως Ιαν.2007					Κατηγορίες μετά Ιαν.2007	
	S220	S400	S500	S400s	S500s	B500A	B500C
Όριο διαρροής, f_y (MPa)	220	400	500	400	500	500	500
Εφελκυστική αντοχή, f_t (MPa)	340	500	550	440	550	-	-
Λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής, f_t/f_y	-	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	$\geq 1,05$	1.05	1,15-1,35
Επιμήκυνση μετά τη θραύση, ϵ_s (%)	24	14	12	14	12	$\epsilon_u \geq 2,50\%$	$\epsilon_u \geq 7,50\%$

Σημείωση: Κατά τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971 οι τιμές των f_y, f_t υπολογίζονται με βάση την πραγματική διατομή.

Ειδικές απαιτήσεις χαλύβων για λόγους αυξημένης πλαστιμότητας

Μέγεθος	ENV 1998: 1994 (Ευρωκώδικας 8)		Ε.Κ.Ω.Σ. 2000 ⁽²⁾	Πρόταση ΟΑΣΠ 2002 ⁽¹⁾ ΕΛΟΤ EN10080 ΕΛΟΤ 1421-3, ΚΤΧ 2008
	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας M (μέση)	Κατασκευές κατηγορίας πλαστιμότητας Y (υψηλή)	Επρόκειτο για σύσταση. Η αγορά διέθετε μόνο S500S	Χάλυβας κατηγορίας C Νέα κατηγορία B500C ⁽⁵⁾ από Ιαν.2007
f_t/f_y	$\geq 1,15$ ⁽³⁾ $\leq 1,35$ ⁽³⁾	$\geq 1,20$ ⁽³⁾ $\leq 1,35$ ⁽³⁾	$\geq 1,10$ ⁽⁴⁾ $\leq 1,35$ ⁽⁴⁾	$\geq 1,15$ ⁽⁴⁾ $\leq 1,35$ ⁽⁴⁾
$\epsilon_{u,k}$ (Agt) (%)	$\geq 6,0$	$\geq 9,0$	$\geq 7,0$ ⁽⁴⁾	$\geq 7,5$ ⁽⁴⁾
$f_{y,act}/f_{y,nom}$	$\leq 1,25$	$\leq 1,20$	$\leq 1,30$ ⁽⁴⁾	$\leq 1,25$ ⁽⁴⁾

(1) Επί των τιμών αυτών υπάρχει συμφωνία με το ΕΛΟΤ EN10080 και με τον Ευρωκώδικα 8, πρόκειται για κατασκευές ενδιάμεσης κατηγορίας πλαστιμότητας μεταξύ της μέσης (M) και της υψηλής(Y).

(2) Οι τιμές αυτές μπορούσαν να θεωρηθούν απαιτητές στη μεταβατική περίοδο, μέχρι τη μετατροπή του ENV 1998 (Ευρωκώδικας 8) ή του EN10080 σε Πρότυπα EN καθώς και κυρίως έως την έκδοση του νέου προτύπου του ΕΛΟΤ.

(3) Μέσες τιμές.

(4) Χαρακτηριστικές τιμές που αντιστοιχούν σε ποσοστημόριο $p=90\%$ εκτιμώμενο με πιθανότητα $\alpha=90\%$

(5) Χαρακτηριστική τιμή που αντιστοιχεί σε ποσοστημόριο $p=95\%$ εκτιμώμενο με πιθανότητα $\alpha=90\%$

Σημείωση: Οι τιμές των $f_y, f_{y,act}, f_t$ υπολογίζονται με βάση την ονομαστική διατομή.

6. Απαιτήσεις Χημικών Χαρακτηριστικών ΧΟΣ.

Για τους συγκολλησίμους χάλυβες S400s-S500s-B500A-B500C, ισχύει ο παρακάτω πίνακας (βλέπε σχετικά την § 3.5.1. του νέου ΚΤΧ 2008).

Μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα (% κ.β.) σε C, S, P, N, Cu καθώς και μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή C_{eq} για συγκολλησίμους χάλυβες κατά ΕΛΟΤ 10080 (ΚΤΧ2008)

	Άνθρακας C% max	Θείο S% max	Φωσφόρος P% max	Άζωτο N% max	Χαλκός Cu% max	Ισοδύναμο άνθρακα C _{eq} % max
Ανάλυση ρευστού χάλυβα κατά τη χύτευση	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Ανάλυση τελικού προϊόντος	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

Τυπικές χημικές συνθέσεις, τρόποι παραγωγής και χρονική περίοδος χρήσης διαφόρων κατηγοριών Χ.Ο.Σ. (παράρτημα 7 του ΚΤΧ2008)

Κατηγορία Χάλυβα	Τυπική χημική σύνθεση				Τρόπος παραγωγής	Περίοδος χρήσης (Δεκαετίες)
	C%	Mn%	Si%	V%		
St I ή S 220 ⁽¹⁾	0,08-0,12	≈0,50	≈0,10	-	Θ.Ε.-Χ.	Έως '70
St III ή S 400 ⁽¹⁾	0,30-0,40	0,80-1,00	0,20-0,30	-	Θ.Ε.-Χ.	'60 έως '90
St III ή S400s	≈0,15	0,60-1,00	0,15-0,30	-	Θ.Ε.-Θ.	αρχές '90
St III ελικ/βας	0,10-0,15	≈0,50	≈0,10	-	Θ.Ε. & Ψ.Κ.	'60 & '70
St IV ή S 500	0,35-0,40	1,00-1,20	0,20-0,30	0,02-0,03	Θ.Ε.-Χ.	αρχές '90
St IV ή S 500	0,40-0,45	≈1,20	0,20-0,30	-	Θ.Ε.-Χ.	αρχές '90
St IV ή S 500s	0,18-0,20	1,00-1,20	0,20-0,30	0,04-0,09	Θ.Ε.-Χ.	αρχές '90
St IV ή S 500s ⁽¹⁾	0,15-0,20	0,60-1,00	0,15-0,30	-	Θ.Ε.-Θ.	αρχές '90 έως 01/2007
B500C-B500A ⁽¹⁾	0,15-0,20	0,60-1,00	0,15-0,30	-	Θ.Ε.-Θ.	από 01/2007 έως σήμερα

Θ.Ε.-Χ. Θερμή έλαση (π.χ. S220,S400), χωρίς θερμική κατεργασία

Θ.Ε.-Θ. Θερμή έλαση με εν σειρά θερμική κατεργασία π.χ. temp core S500s

Ψ.Κ. (Ψ.Κ.-Ο.ή Ψ.Κ.-Σ.) Ψυχρή κατεργασία με ολκή (π.χ. stretching) ή με στρέψη

⁽¹⁾ Αυτές οι ποιότητες συναντώνται, κυρίως, στις υφιστάμενες κατασκευές. Οι υπόλοιπες κυκλοφόρησαν σε πολύ μικρές ποσότητες.

7. Απαίτηση ελέγχου της συγκολλησιμότητας, για τους συγκολλησίμους υπό προϋποθέσεις χάλυβες (S400, S500, S220) σε έργα επισκευών και ενισχύσεων.

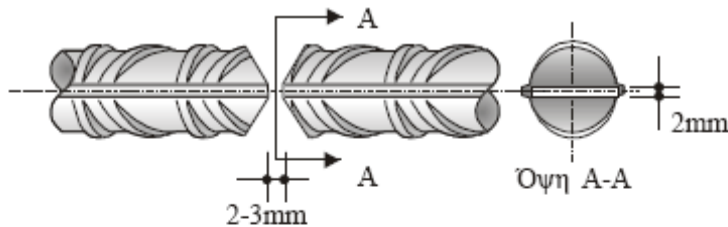
Απαιτείται πιστή εφαρμογή των § Κεφ.8.6 ΚΤΧ2008 (είδος και διάμετρος ηλεκτροδίου) και Κεφ.8.5 ΚΤΧ 2008 (δηλ. μηχανικές δοκιμές συγκολλημένου δοκιμίου * εφελκυσμός * κάμψη κλπ.). Κατά τις επισκευές και ενισχύσεις των κτιρίων (ηλικίας πριν το 1993) και για τον σχεδιασμό των εργασιών συγκόλλησης των χαλύβων (ποιότητας S220,S400), είναι απόλυτα αναγκαίο να πραγματοποιούνται χημικές αναλύσεις, διότι:

A) Αν προκύψει $0.25 < C < 0.45\%$, $C_{eq} > 0.70\%$ ο χάλυβας είναι συγκολλησίμος υπό προϋποθέσεις.

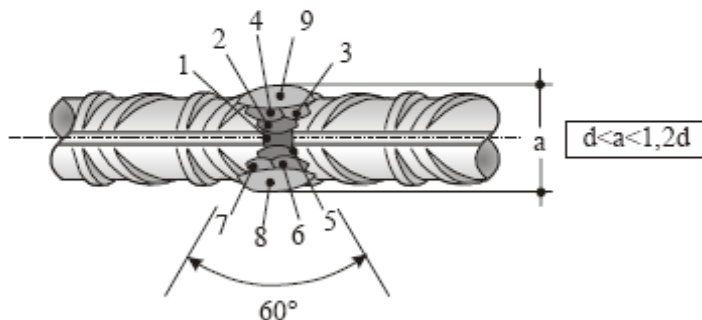
B) Αν προκύψει $C > 0.45\%$ και $C_{eq} > 0.70\%$, ο χάλυβας δεν επιτρέπεται να συγκολληθεί.

- Οι οδηγίες προετοιμασίας (π.χ. προθέρμανση) και εκτέλεσης τέτοιων συγκολλήσεων, περιγράφονται αναλυτικά στον ΚΤΧ 2008. Εξετάζονται επίσης σε βάθος στην διδακτορική διατριβή (2004) - εργαστήριο συγκολλήσεων του ΕΜΠ του κ.Γ. Νικολάου.
- Η χημική ανάλυση, δίνει επίσης κάποια δυνατότητα έμμεσης εκτίμησης ακόμη και των μηχανικών χαρακτηριστικών του ΧΟΣ.

Είναι επιτρεπτή η μετωπική συγκόλληση και η συγκόλληση με λωρίδες (βλέπε Κεφ.8 ΚΤΧ 2008 από όπου ελήφθησαν τα παρακάτω σχήματα).

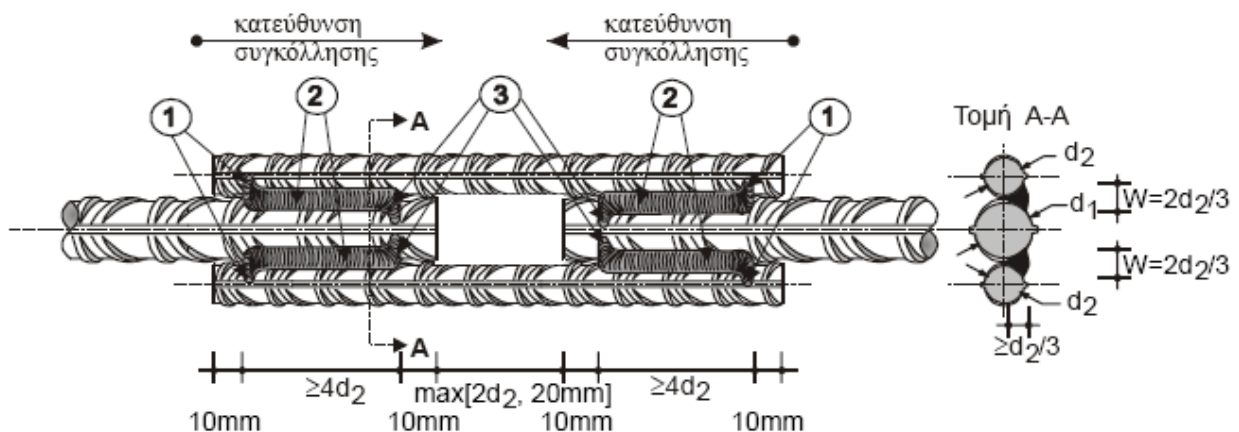


α) προετοιμασία επιφανειών μετώπου



β) διαδοχική εκτέλεση κορδονιών και πάσων

Σχήμα 8-2 Μετωπική σύνδεση με συγκόλληση τόξου (λοξοτομή διπλού-V στις δύο ράβδους σε οριζόντια θέση)



Η σημειούμενη κατεύθυνση συγκόλλησης αφορά οριζόντιες ράβδους. Αν οι ράβδοι είναι κατακόρυφες, η συγκόλληση γίνεται από κάτω προς τα πάνω.

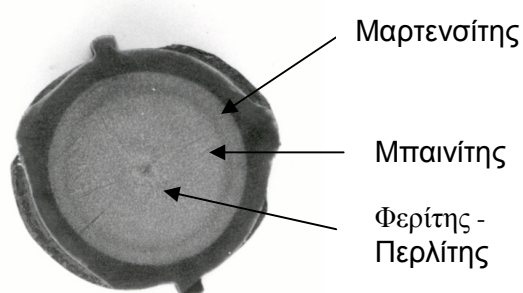
Σχήμα 8-6 Σύνδεση με λωρίδες

8. Συμπεριφορά ΧΟΣ σε ακραίες θερμοκρασίες.

Υπάρχουν απαιτήσεις προσδιορισμού της πιθανής μεταβολής των μηχανικών ιδιοτήτων ΧΟΣ κατά και μετά την έκθεση τόσο σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. θέρμανση από πυρκαγιά ή οξυγονοκοπή), όσο και σε χαμηλές (Κεφ. 3.6 ΚΤΧ 2008).

Δεν νοείται επισκευή ιδίως μετά από πυρκαϊά χωρίς να εκτελούνται δοκιμές για αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης (σκυροδέματος και χάλυβα). Η Πυροσβεστική δυστυχώς δεν ενημερώνει (μή υπάρχοντος θεσμικού πλαισίου) το τμήμα επικινδύνων της Πολεοδομίας και έτσι πολλές σχετικές επισκευές είναι αυθαίρετες και χωρίς οποιαδήποτε μελέτη - έλεγχο των βλαβών.

Πρέπει να λαμβάνονται δείγματα κυρίως από την περιοχή του έργου που εκτιμάται ότι έχει επηρεασθεί καθώς και δείγματα – «μάρτυρες» και θα δοκιμάζονται από άποψη μηχανικών ιδιοτήτων. Επίσης με μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση σε ειδικό εργαστήριο, μπορούν να εξαχθούν άλλα χρήσιμα συμπεράσματα για αλλοίωση της δομής κτλ. των ΧΟΣ.



**Κάθετη στο διαμήκη άξονα
τομή ράβδου χάλυβα μετά
από εμβάπτιση σε Nitral
(μέθοδος παραγωγής χάλυβα:
tempcore, S500S-B500C)**

Χρήσιμα επίσης είναι τα αναφερόμενα στην § 3.6 του νέου ΚΤΧ 2008: «Συμπεριφορά σε ακραίες θερμοκρασίες». Συγκεκριμένα:

- Σε πυρκαγιά οι ΧΟΣ S220, S400, S500 καθώς και οι S500s που περιέχουν βανάδιο (V), δεν παρουσιάζουν τελικά αξιοσημείωτες μεταβολές μηχανικών ιδιοτήτων, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία που απέκτησαν οι ΧΟΣ.
- Για θερμοκρασίες ΧΟΣ μεγαλύτερες από 500°C και χρόνους έκθεσης άνω της 1h, οι κατηγορίες S500s και B500C της μεθόδου tempcore (ΘΕ-Θ), λόγω του μεταλλουργικού μετασχηματισμού που υφίσταται ο μαρτενσίτης, «μαλακώνουν». Παρουσιάζουν **τελικά** μείωση της αντοχής τους έως και 50% (!!!), αναλόγως των μεγεθών θερμοκρασίας ΧΟΣ -χρόνου.

- Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται σχηματικά (και τελείως ενδεικτικά) οι διάφορες μεταβολές του ορίου διαρροής:

Ποιότητα	Αρχική ονομαστική αντοχή (N/mm ²)	Κατα τη διάρκεια της φωτιάς (N/mm ²)	Μετά το σβήσιμο της φωτιάς (N/mm ²)
S220	220	100 (-60%)	220
S400	400	150 (-60%)	400
S500s-B500C	500	100 (-80%)	250 (-50%)

- Χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με ολκή (ΨΚ-Ο) με βαθμό παραμόρφωσης n με $2 < n < 12\%$, που έχουν θερμανθεί στους 550°C, ακόμη και για χρόνους μερικών δευτερολέπτων, θα έχουν πολύ χειρότερες μηχανικές ιδιότητες, δηλ. μειωμένη αντοχή και αυξημένη ψαθυρότητα (η περίπτωση αυτή αφορά και αστοχίες περιπτώσεων ΧΟΣ πλέγματος για προκατασκευασμένους κλωβούς συνδετήρων από χάλυβες ΨΚ-Ο).

9. Ραδιενέργεια

Στον ΚΤΧ2008 αναφέρονται στα σχόλια κάποια όρια. Γενικά μπορεί ο χρήστης να ζητάει σχετικό πιστοποιητικό. Η απαίτηση για την (μη) ύπαρξη ραδιενεργών υλικών αφορά, με βάση την ισχύουσα ελληνική νομοθεσία, μόνο την πρώτη ύλη (δηλ. τα παλιοσίδερα).

Υπάρχουν δηλαδή στις πύλες όλων των Ελληνικών Εργοστασίων και στα περισσότερα τελωνεία ειδικές μετρητικές διατάξεις, που μετρούν τη ραδιενέργεια στα παλιοσίδερα και στις μπιγέτες, και χορηγείται εργοστασιακό πιστοποιητικό (εφόσον ζητηθεί).

Το ζήτημα του ελέγχου του τελικού προϊόντος είναι σε εκκρεμότητα, γιατί δεν έχουν καθιερωθεί όρια από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), και την Ε.Ε. Για εισαγόμενο χάλυβα πρέπει να ζητηθεί από τον εισαγωγέα το σχετικό πιστοποιητικό ραδιενέργειας της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας της χώρας προέλευσης. Όποιος ενδιαφέρεται μπορεί πάντως να στείλει δείγματα για έλεγχο στην ΕΕΑΕ.

10. Απαίτηση λήψης μέτρων για την αποφυγή της διάβρωσης

Οι ΧΟΣ πρέπει να είναι απαλλαγμένοι από εμφανείς απολεπίσεις, αλλοιώσεις, αθέλητες παραμορφώσεις ή πληγές.

Όσον αφορά τις αλλοιώσεις από διάβρωση, απαιτείται έλεγχος – μέτρηση της ποσότητας των οξειδίων σιδήρου ($\max 300 \text{ gr/m}^2$, βλ. § 4.5.9 & §10.2 ΚΤΧ 2008). Ποσότητα οξειδίων έως 300 gr/m^2 , θεωρείται ότι είναι δυνατόν κατά την σκυροδέτηση να αντιδράσει χημικά με το νωπό σκυρόδεμα και τελικά να αφομοιωθεί. Μεγαλύτερη πάντως ποσότητα οξειδίων μειώνει τη συνάφεια κλπ και αποτελεί λόγο απόρριψης εφόσον υπάρχουν και κρατήρες pitting βάθους πέραν ορισμένων ορίων. Για διάβρωση με βελονισμούς (pitting), ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με την § 10.3 του ΚΤΧ2008. Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται το σκυρόδεμα να καταστεί ακόμα μικρότερου πορώδους (άυξηση τσιμέντου κτλ.).

Συνιστάται η αποθήκευση σε στεγασμένους χώρους και μάλιστα κατά τρόπο που να υπάρχει αερισμός μεταξύ των ράβδων. Για συνθήκες περιβάλλοντος κατηγορίας 3 και 4 κατά ΕΚΩΣ επιβάλλεται με τον ΚΤΧ 2008 η αποθήκευση σε στεγασμένους χώρους. Η εμπειρία μας δείχνει ότι:

- Χάλυβας σε «μάντρα» με αρκετή οξειδωση, σημαίνει ότι διατίθεται σιγά – σιγά και ότι υπάρχει «λόγος σοβαρός», ως προς τη ποιότητα του, έτσι «ξέμεινε» και οξειδώθηκε.
- Στα μεγάλα έργα γίνονται πολλές φορές αγορές, για οικονομικούς (κυρίως) λόγους, πολύ μεγάλων ποσοτήτων χάλυβα. Έτσι πιθανές απρόβλεπτες καθυστερήσεις των σκυροδετήσεων, μπορεί να οδηγήσουν σε οξειδωση αυτές τις μεγάλες ποσότητες χάλυβων που βρίσκονται σε «αναμονή», συνήθως εκτός στεγασμένου χώρου. Τα προβλήματα είναι περισσότερα σε (συχνές) περιπτώσεις κοντά σε λίμνες, θάλασσα καθώς και σε ζεστά – υγρά μέρη (κατηγορία περιβάλλοντος III κατά ΕΚΩΣ). Αντίθετα σε μεγάλο υψόμετρο – ψυχρό κλίμα ο ρυθμός οξειδωσης είναι μικρότερος.
- Να σημειωθεί ότι οι χάλυβες S500s και κατόπιν B500C της μεθόδου tempcore, που σχεδόν αποκλειστικά συναντά κανείς από το 1993 περίπου έως σήμερα έχουν μεγάλη τάση προς διάβρωση (σε σύγκριση π.χ. με S220, S400 ή τα S500s με (V) βανάδιο).
- Σε έργα υπό ακραίες συνθήκες (π.χ. σε περιβάλλον με πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ή σε έντονα διαβρωτικό περιβάλλον) χρειάζεται να γίνει ειδική μελέτη, ώστε να ληφθούν υπόψη πρόσθετες ειδικές απαιτήσεις (π.χ. μεγαλύτερο πάχος επικάλυψης) ή επιλογές (π.χ. μερική χρήση ανοξειδωτού χάλυβα με νευρώσεις ή ράβδων τιτανίου με σπείρωμα κ.λ.π.).

11. Έλεγχος και παραλαβή οπλισμού στο έργο.

Ο επιβλέπων μηχανικός ελέγχει εάν οι παραλαμβανόμενοι χάλυβες καλύπτουν τις βασικές απαιτήσεις προέλευσης, ποιότητας και διαμόρφωσης που έχουν τεθεί στο δελτίο παραγγελίας. Σε περίπτωση **ασυμφωνίας απαγορεύεται** η ενσωμάτωση τους στο έργο (βλ § 6.7 και παράρτημα 6 στον ΚΤΧ2008).

12. Διαμόρφωση οπλισμού στο εργοτάξιο.

Ισχύουν οι ίδιες απαιτήσεις για εξοπλισμό- αποθήκευση όπως ακριβώς και στις επιχειρήσεις διαμόρφωσης οπλισμού. Υπεύθυνος για την επάρκεια και καταλληλότητα του εξοπλισμού διαμόρφωσης, καθώς και την ορθότητα του (προς παράδοση) προϊόντος είναι ο αρμόδιος εργολάβος ή υπεργολάβος.

13. Τοποθέτηση οπλισμών.

- **Συναρμολόγηση - ευστάθεια οπλισμού**
Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις όλο και περισσότερο εφαρμόζονται για τη συγκράτηση σε ορισμένη θέση των συνδετήρων κλπ. (με μη φέρουσες ηλεκτροσυγκολλήσεις μεγαλύτερες όμως των 6mm και αποφυγή εκτέλεσης τους σε καμπυλωμένη περιοχή του συνδετήρα)
- **Επικάλυψη οπλισμών**
Απαιτούνται τα προβλεπόμενα στους αντίστοιχους κανονισμούς: ωπλισμένου σκυροδέματος και πυροπροστασίας.
- **Χρήση αποστατήρων (§7.2 και Παράρτημα 5 του νέου ΚΤΧ 2008)**
Η χρήση κατάλληλων αποστατήρων σε σχήμα, και επαρκών σε πλήθος και αντοχή είναι απαραίτητη:
 - για το αναγκαίο πάχος επικάλυψης.
 - για την αποτροπή μετατοπίσεων.
 - για την ακρίβεια της θέσεως της τοποθέτησης των οπλισμών.
 - για την αποφυγή διάβρωσης του οπλισμού στο μέλλον.

14. Συγκολλήσεις-Ένωση υπάρχοντος οπλισμού με νέο.

Οι γενικοί κανόνες της τεχνικής των συγκολλήσεων, (βλ. ΚΤΧ2008) πρέπει να τηρούνται καθώς επίσης και η διαπίστωση της επάρκειας του ηλεκτροσυγκολλητή. Θα ήταν πολύ χρήσιμη η επικοινωνία με το εργαστήριο μετάλλων του ΚΕΔΕ για περισσότερες πληροφορίες.

15. Οι αναμονές.

- **Η προστασία τους από τσακίσματα (§6.5 ΚΤΧ2008)**
Απαιτείται να παραμένουν ευθύγραμμες. Σε περίπτωση που πρέπει να γίνει κάμψη, θα πρέπει να κάμπτονται με τύμπανο της απαιτούμενης από τη μελέτη ακτίνας καμπυλότητας π.χ. τουλάχιστον 7D για $\Phi > 18$ και 4D για $\Phi \leq 18$.
Η επανευθυγράμμιση μιας αναμονής απαγορεύεται γενικά από τον ΚΤΧ2008. Για όλες τις κατηγορίες όμως, όπως έχει παρατηρηθεί σε σειρά δοκιμών, εάν έχει υποστεί κάμψη σε κατάλληλο τύμπανο δεν θα επηρεασθεί το όριο διαρροής και η εφελκυστική αντοχή σε τυχούσα επανευθυγράμμιση, η παραμόρφωση θραύσης θα μειωθεί.
Θα ήταν ιδανικό η κάμψη να έχει γίνει εκ των προτέρων στο εργοτάξιο (όπου η εργασία είναι ευκολότερη και πιο ακριβής), πριν τη τοποθέτηση του οπλισμού.
Να αποφεύγεται γενικά η θέρμανση με φλόγα για επανευθυγράμμιση (απαγορεύεται για τα B500C και τα παλιότερα S500s). Για τα S220 και S400 επιτρέπεται, αρκεί να γίνονται σχετικές δοκιμές για επιβεβαίωση (Κεφ 8.6 του ΚΤΧ2008).
- **Προστασία από διάβρωση § 10.4 Κ.Τ.Χ.2008.**
Αν πρόκειται να παραμείνουν εκτεθειμένες οι αναμονές για διάστημα ικανό να προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις π.χ. για διάστημα περισσότερο από 6 μήνες απαιτείται καθαρισμός και επικάλυψη των ράβδων **με ασφαλτικό γαλάκτωμα**.
Αν έχει δημιουργηθεί μάζα οξειδίων μεγαλύτερη από 300gr/m² προηγείται καθαρισμός όχι με χτυπήματα αλλά π.χ. με συρματόβουρτσα, υδροβολή ή αμμοβολή, δηλαδή κατεργασίες που δεν προκαλούν «πληγές» και που δεν επηρεάζουν τελικά τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα. Ακολουθεί επικάλυψη των ράβδων **με ασφαλτικό γαλάκτωμα** ή και κατάλληλος εγκιβωτισμός σε σκυρόδεμα μειωμένου πορώδους. Υπενθυμίζεται η απαίτηση απουσίας pitting.

- **Κοντές αναμονές (παλιές) S220, S400, S500. (Προέκταση τους με συγκόλληση για αποκατάσταση του αναγκαίου μήκους τους.)**

Μία σύνδεση - προέκταση κοντής (παλιάς) αναμονής με χρήση π.χ. μήκος 1μ από χάλυβα B500C, θα πρέπει να γίνει με συγκόλληση είτε με λωρίδες (βλ. Ευρωκώδικα), είτε μετωπικά. Αμέσως πριν τη συγκόλληση, γίνεται κατάλληλη (προ)θέρμανση της κοντής αναμονής S220,S400,S500, βλ. §7 του παρόντος και νέο ΚΤΧ 2008 κεφ. 8.6
Η προέκταση σε κοντές(νέες) αναμονές που είναι από υλικό ποιότητας S500s-B500C, είναι σχετικά πιο απλή εργασία και περιγράφεται στο κεφάλαιο 8 του νέου ΚΤΧ 2008..

16. Κακοτεχνίες

Έχουμε διαπιστώσει κακοτεχνίες σε ότι αφορά συγκολλήσεις:

1. συγκολλήσεις ελικοειδών συνδετήρων S220 ή S400s σε πασσάλους S400, χωρίς προθέρμανση.
2. συγκολλήσεις σε αναμονές S400, χωρίς προθέρμανση.
3. συγκολλήσεις σε συνδετήρες S400, χωρίς προθέρμανση.
4. πρόχειρες σημειακές συγκολλήσεις για συγκράτηση πασσάλων.
5. πρόχειρες σημειακές συγκολλήσεις για αναδιπλούμενα πλέγματα συνδετήρων.
6. απότομη ψύξη της συγκόλλησης με νερό (!).
7. συγκόλληση με οξυγονοκόλληση.
8. συγκόλληση και από τις δύο πλευρές των ράβδων, σε μήκη πολύ μεγαλύτερα.
9. ελαττωματικά « κορδόνια» από άποψη εκτέλεσης και διαστάσεων.

Άλλες κακοτεχνίες που συχνά διαπιστώνονται είναι:

10. σε αναδιπλούμενα πλέγματα συνδετήρων, η κάμψη πολύ κοντά στη σύνδεση της αυτογενούς συγκόλλησης, έχει αποτέλεσμα τη θραύση – αποκόλληση της σύνδεσης αυτής και τη δημιουργία πληγής τελικά στο συνδετήρα,
11. δημιουργία πληγών σε χάλυβα αναμονών κατά τη καθαίρεση σκυροδέματος προστασίας αναμονών (π.χ. πασσάλους),
12. δημιουργία πληγών και σε γειτονικούς χάλυβες κατά την οξυγονοκοπή (η οποία απαγορεύεται),
13. κατά καιρούς υπήρξε εκτεταμένη χρήση χαλύβων ψυχρής διαμόρφωσης με μεγάλο-άγνωστο βαθμό παραμόρφωσης σε πλέγματα προκατασκευασμένων κλωβών συνδετήρων.
14. στις μάντρες εκτελούνται κάμψεις με χρήση τυμπάνων πολύ μικρότερων διαμέτρων από τις προβλεπόμενες, με επιπτώσεις τη δημιουργία ρωγμών.
15. χρήση συνδέσμων τύπου «μούφας», χωρίς έλεγχο του συστήματος ή και σχετικές δοκιμές.
16. θέρμανση για καμπύλωση ευθυγράμμου ή για ευθυγράμμιση καμπυλωμένου για χάλυβες ΘΕΘ.
17. Χρησιμοποίηση διαφορετικής κατηγορίας χάλυβα π.χ. S500s αντί S400 της μελέτης, την περίοδο 1990-1994, όπου συνυπήρχαν στην αγορά και οι δύο αυτές ποιότητες.

Κλείνοντας την ενότητα αυτή τονίζεται ότι:

Η βασικότερη απαίτηση είναι να μελετήσουμε καταρχήν τον ΚΤΧ και τα πρότυπα του ΕΛΟΤ, όλοι οι εμπλεκόμενοι μηχανικοί, τεχνικοί, κατασκευαστές αλλά και με ένα τρόπο οι σπουδαστές, τεχνίτες κλπ.

Ιδιαίτερα χρήσιμη θα είναι επίσης η μελέτη:

- των Πρακτικών των 13^{ου}, 14^{ου}, 15^{ου} Συνεδρίων Σκυροδέματος.
- καθώς και των σχετικών ημερίδων του ΤΕΕ.

B. Αυτοψίες και έλεγχοι ΧΟΣ υφισταμένων κατασκευών

1. Γενικά

Έχει τεθεί με μεγάλη ένταση το μείζον κοινωνικό και οικονομικό θέμα της βελτιώσεως της σεισμικής συμπεριφοράς των υφισταμένων κτιρίων κυρίως έναντι μελλοντικών σεισμών. Πλευρά του ζητήματος αυτού αποτελεί και ο προσεισμικός έλεγχος για την αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης σ' ότι αφορά τον χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος (ακόμα και αν υπήρχε οικοδομική άδεια).

Η ακριβέστερη δυνατή αποτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης των Χ.Ο.Σ. πρέπει να γίνεται με επιτόπιους ελέγχους – τομές και με τη λήψη δειγμάτων για εργαστηριακές δοκιμές.

Για τις υφιστάμενες κατασκευές απαιτείται η καλή γνώση της γενικότερης «ιστορίας» της μεταλλουργικής παραγωγής των Χ.Ο.Σ., καθώς και της τότε τεχνικής της όπλισης.

2. Έλεγχοι και αποτύπωση λεπτομερειών όπλισης (διαμήκεις οπλισμοί, συνδετήρες δοκών-στύλων κτλ.)

- Αποκαλύψεις με την αφαίρεση της επικάλυψης (τοπικά «χαντρώματα» σε στοιχεία ή σε κόμβους), δηλαδή με τομές...
- Μαγνητομετρήσεις με ειδική, σχετικά απλή και φθηνή συσκευή που η λειτουργία της στηρίζεται **στη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου που παρατηρείται:**
 - α) σε θέσεις πύκνωσης και αραιώσης συνδετήρων
 - β) σε αλλαγή της διαμέτρου του διαμήκους οπλισμού.
 - γ) σε διαφορετικό πάχος της επικάλυψης.
 - δ) **σε κόμβους** (εδώ υπάρχει δυσκολία). Βλέπε το BS1881:Part 204:1988.
- Πολύ καλύτερα αποτελέσματα από την προηγούμενη μέθοδο, μας δίνει ο ραδιογραφικός έλεγχος, που πραγματοποιεί το εργαστήριο Κινητής Ραδιογραφίας του Ινστιτούτου Επιστήμης Υλικών του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος. Επιτυγχάνεται έτσι μέτρηση βάθους επικάλυψης – διαμέτρου οπλισμού με αρκετά ακριβή τρόπο (ακόμη και σε κόμβους).
- Έρευνα για ύπαρξη κακοτεχνιών σε τυχόν υπάρχουσες συγκολλήσεις και σχετική εξέταση μεθόδων και λεπτομερειών εκτέλεσής τους.
- Έλεγχος ύπαρξης και (καταλλήλου) μήκους αναμονών σε υποστυλώματα ενδιάμεσων ορόφων. Αυτό γίνεται επίσης, με τομές ή με μαγνητομετρήσεις, στην περιοχή της βάσης των υποστυλωμάτων.

Η συλλογή πληροφοριών σχετικά με το ιστορικό της κατασκευής (τόσο κατά την περίοδο της ανέγερσης όσο και κατά την περίοδο χρήσης), είναι επίσης πολύ χρήσιμη ιδίως σε περιπτώσεις:

- Εκδήλωσης σεισμού λίγες ώρες μετά το πέρας της σκυροδέτησης (**π.χ. 4 έως 12 ώρες**).
- Κακοτεχνιών που είχαν παρατηρηθεί γενικότερα στις μεθόδους κατασκευής την εποχή της ανέγερσης,
- Πυρκαγιάς (βλ. σχετικό υποκεφάλαιο)
- Βλαβών από σεισμό και τρόπου επισκευής σεισμόπληκτων. Είναι επιβεβλημένη η συλλογή σχετικών πληροφοριών από ΤΑΣ - ΓΑΣ.

3. Επιτόπου έρευνα, μετρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές για ΧΟΣ.

α) **Οπτικός έλεγχος και αναγνώριση των χαλύβων.** Η γεωμετρία και το σχήμα των νευρώσεων δίνουν πληροφορίες για προέλευση, εργοστάσιο, χώρα παραγωγής, για μηχανικά και χημικά χαρακτηριστικά (βλ. Παράρτημα 7 του νέου ΚΤΧ 2000)

β) **Λήψη δειγμάτων για εργαστηριακές δοκιμές** (πλήθος: 3 δείγματα ανά κατηγορία, διάμετρο και εργοστάσιο παραγωγής)

- για έλεγχο μηχανικών ιδιοτήτων, γεωμετρίας κλπ. Το απαιτούμενο μήκος αδιατάρακτου δείγματος είναι 65cm για διαμήκη οπλισμό και 40cm για εγκάρσιο οπλισμό. Η δειγματοληψία του διαμήκη οπλισμού προτείνεται να γίνεται με αποκοπή αρχικά των συνδετήρων (με τομές παράλληλες στον διαμήκη οπλισμό) και αποκοπή του δείγματος εφόσον μπορεί να απεγκλωβιστεί από το σκυρόδεμα, αλλιώς αποκοπή και του σκυροδέματος με τομές παράλληλες στον διαμήκη οπλισμό) και τέλος αποκοπή και απεγκλωβισμός του δείγματος. Ανάγκη φυσικά για άμεση αποκατάσταση με συγκόλληση.
- για έλεγχο χημικής σύστασης. Απαιτούμενο μήκος δείγματος 3 έως 4cm (διαπίστωση μεταξύ των άλλων της συγκόλλησιμότητας αλλά και ενδείξεις για τις τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών).
- για δοκιμές κάμψης (90°) – ανάκαμψης (20°) ή αναδίπλωσης (180°), που πρέπει να γίνουν, εφόσον φυσικά υπάρχει επαρκής αριθμός δειγμάτων.

Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελούνται με βάση το Παρ.7 του ΚΤΧ 2008.

γ) **Διερεύνηση** του φακέλου της κατασκευής για τυχούσα ύπαρξη πιστοποιητικών ελέγχων υλικών.

δ) **Συνήθεις κακοτεχνίες** που έχουν συνήθως εντοπισθεί είναι:

- Την περίοδο 1990-1994 συνυπήρχαν οι ποιότητες S400 και S500s. Συχνά συνέβαινε η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση των δύο αυτών διαφορετικών κατηγοριών στο ίδιο έργο, ή και η τοποθέτηση S500s αντί για S400. Την περίοδο από το 1994 και μετά πολλοί μελετητές μη γνωρίζοντας την αποκλειστική ύπαρξη του S500s στην αγορά και ενώ στις παραδοχές της μελέτης αναγραφόταν S400, στην πράξη όπλιζαν με S500s.
- Οι αυθαίρετες συγκολλήσεις (S400 με S400, S400 με S500s) που ήταν συχνές και καταστροφικές.(προκατασκευασμένοι κλωβοί πασσάλων, κοντές αναμονές στύλων, προκατασκευή μανδύων συνδετήρων κτλ.)
- Κακή εκτέλεση κάμψεων, με τύμπανο αρκετά μικρότερης διαμέτρου από την απαιτούμενη.
- Τοποθέτηση εξ' αρχής οξειδωμένου χάλυβα.

4. Έλεγχος διάβρωσης (ή οι χειρότερες διαβρώσεις είναι αυτές που δεν «βλέπουμε»)

α. Απαιτείται ιδιαίτερος οπτικός έλεγχος σε υποστρώματα, δοκούς ή μπαλκόνια, όπου έχουν τοποθετηθεί στηρίγματα για υδρορροές, καμινάδες, κάγκελα, ζαρντινιέρες, καλώδια (ΔΕΗ, ΟΤΕ), διότι προκαλούνται ρωγμές στο σκυρόδεμα από τον λαθεμένο τρόπο τοποθέτησης (με ισχυρή διάτρηση - κρούση) των στηριγμάτων αυτών. Λόγω των ρωγμών αυτών διευκολύνεται η διείσδυση οξυγόνου – υγρασίας - CO₂ και η δημιουργία οξειδίων του σιδήρου, με αποτέλεσμα την περαιτέρω διάβρωση του χάλυβα. Η διάβρωση παράγει οξείδια σιδήρου που δημιουργούν στις ράβδους διόγκωση, η οποία και προκαλεί ρωγμές στο σκυρόδεμα. Οι ρωγμές αυτές είναι παράλληλες προς τις ράβδους που οξειδώνονται.

Με τομές θα εκτιμηθεί η έκταση της διάβρωσης. Πάχη οξειδίων για (ακραίο) παράδειγμα μεγαλύτερα του 1mm ή απώλεια διατομής >20%, προκαλούν εκτεταμένη μείωση της συνάφειας μεταξύ του οπλισμού και του σκυροδέματος και συχνά λόγω διόγκωσης εκτίναξη της επικάλυψης. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο οπλισμός δεν λειτουργεί... και απαιτείται (π.χ. για

επισκευή με την μέθοδο ίσης διατομής) τοποθέτηση με συγκόλληση νέας ράβδου(σαν νάρθηκα) στην περιοχή της ράβδου που έχει φθαρεί. Στο παράρτημα 7 του ΚΤΧ 2008 γίνεται γενική προσέγγιση του θέματος, με αποφυγή λεπτομερέστερων οδηγιών και συγκεκριμένα: «Ενδεικτικά σημειώνεται ότι η μείωση της διατομής κατά 5% ή της διαμέτρου κατά 0.5mm θα μπορούσε να οδηγήσει ενδεχομένως σε επέμβαση».

β. Έλεγχος της απαιτούμενης επικάλυψης των οπλισμών ιδίως στις πλάκες και στους συνδετήρες των δοκών και των υποστυλωμάτων. Είναι πολύ συνηθισμένη η απουσία αποστατήρων και επικάλυψης, σε συνδυασμό με μεγάλο πάχος σοβάδων ή/και την ισχυρή στεγανοποιητική βαφή τους. Εγκλωβίζεται τότε υγρασία και δημιουργείται μεγάλη (κρυφή) διάβρωση η οποία προκαλεί «διόγκωση» των οπλισμών και αποκόλληση σκυροδέματος, και συχνά πτώση εκτεταμένη σοβάδων ή/και σκυροδέματος.

γ. Η μη εξασφάλιση απομάκρυνσης υδάτων που λιμνάζουν σε κατασκευές που έχουν διακοπεί οι εργασίες στη φάση της σκυροδετήσεως (π.χ. σε πλάκες, προβόλους που δεν έχουν επαρκείς ρήσεις), είναι δυνατόν να προκαλέσει εκτεταμένη διάβρωση.

δ. Έλεγχος των αναμονών από πλευρά διάβρωσης και ιδίως στην τριεπιφάνεια της βάσης τους (αέρας – σκυρόδεμα – χάλυβας), καθώς και στην περίπτωση που έχουν περάσει χρόνια για την ανέγερση από ορόφου σε όροφο. Τονίζεται γενικά ότι 6 μήνες έκθεσης είναι δυνατό να προκαλέσουν μη ανεκτή διάβρωση (βλ. ΚΤΧ 2008)

ε. Να εξετασθεί η περίπτωση να είχε χρησιμοποιηθεί αρχικά, ήδη έντονα οξειδωμένος χάλυβας (σε περιοχές κοντά σε θάλασσα, ποτάμια, λίμνες κλπ.)

στ. Η τάση προς οξείδωση είναι αυξανόμενη κατά την σειρά:

S220, S400, S500s (βανάδιο), S500s (Tempcore), B500C.

ζ. Ζήτημα υπάρχει για το θέμα καθαρισμού από σκουριές, θαασσινό νερό. Συνιστάται η αμμοβολή.

5. Πρακτικές συστάσεις για την εκτίμηση της αντοχής των ΧΟΣ μετά από πυρκαγιά.

Με αφορμή τις πυρκαγιές του καλοκαιριού του 2007, το ΤΕΕ εξέδωσε ένα χρήσιμο οδηγό για την εκτίμηση βλαβών που έγραψαν οι Θ.Τάσιος και Μ.Χρονόπουλος. Δεν προβλέπεται σε κανονισμούς ή προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ διαδικασία ελέγχων σε κτίρια από σκυρόδεμα τα οποία έχουν πληγεί από πυρκαγιά.

A. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι για την αξιολόγηση κατασκευών από σκυρόδεμα που έχουν υποστεί βλάβη από πυρκαγιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές όπως: οπτικοί έλεγχοι-παρατηρήσεις (διαπίστωση ρηγματώσεων, αποφλοιώσεων, παραμορφώσεων κλπ.), δοκιμές με κρουσίμετρο (προκειμένου να διαφοροποιηθούν οι περιοχές όπου το σκυρόδεμα υπέστη την έντονη δράση της φωτιάς από τις περιοχές όπου το σκυρόδεμα δεν εκτέθηκε σε υψηλές θερμοκρασίες), ταχύτητα υπερήχων, εργαστηριακοί έλεγχοι αντοχής σε δείγματα σκυροδέματος και χάλυβα οπλισμού και μεταλλουργικής δομής, πετρογραφικές αναλύσεις στο σκυρόδεμα που υπέστη πυρκαγιά.

Η τεχνική ή ο συνδυασμός τεχνικών που θα ακολουθηθούν εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της φωτιάς, την ηλικία της κατασκευής, τη σπουδαιότητα του στοιχείου που υπέστη βλάβη και πρέπει να αποφασίζεται από έμπειρο σε αυτά τα θέματα Μηχανικό.

B. Όσον αφορά μεμονωμένους ελέγχους, στην ελληνική νομοθεσία αναφέρονται τα εξής:

Σκυρόδεμα

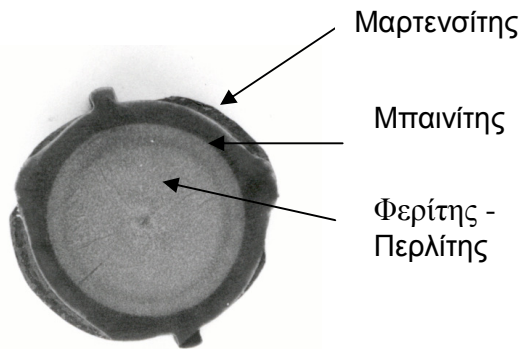
Στην Εγκύκλιο Ε7, παράγραφοι 3.6 & 3.7 του ΥΠΕΧΩΔΕ αναφέρεται η περίπτωση που ζητείται η αντοχή του σκυροδέματος σε μια μικρή περιοχή όπου το σκυρόδεμα παρουσιάζει ελαττώματα από

εξωτερικά αίτια (πχ. πυρκαγιά) οπότε πρέπει να γίνεται λήψη πυρήνων και έλεγχος της αντοχής τους σε θλίψη.

Στον οδηγό Τάσιου-Χρονόπουλου δε συνιστάται (αλλά και δεν απαγορεύεται) να λαμβάνονται πυρήνες.

Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος (ΧΟΣ)

Θα λαμβάνονται δείγματα χάλυβα κυρίως από την περιοχή που εκτιμάται ότι έχει επηρεασθεί από τη φωτιά (για υποστυλώματα να λαμβάνεται δείγμα σε ύψος 2 m και έως τον κόμβο) καθώς και από την «υγιή περιοχή», και θα δοκιμάζονται από άποψη μηχανικών ιδιοτήτων, σε συνδυασμό με μακροσκοπική και μικροσκοπική εξέταση, σε σχέση και με την παρακάτω εικόνα.



Κάθετη στο διαμήκη άξονα τομή ράβδου χάλυβα μετά από εμβάπτιση σε Nitral (μέθοδος παραγωγής χάλυβα: tempcore)

Χρήσιμα επίσης, για τυχόν πιο περίπλοκη περίπτωση, είναι τα αναφερόμενα στην § 3.6 του ΚΤΧ2008: «Συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες». Συγκεκριμένα:

- Σε πυρκαγιά οι ΧΟΣ S220, S400, S500 καθώς και οι S500s που περιέχουν βανάδιο (V), *δεν παρουσιάζουν τελικά αξιοσημείωτες μεταβολές μηχανικών ιδιοτήτων.*
- Για θερμοκρασίες ΧΟΣ μεγαλύτερες από 500°C και χρόνους έκθεσης άνω της 1h, οι κατηγορίες S400s, S500s, B500C της μεθόδου tempcore (ΘΕ-Θ), λόγω του μεταλλουργικού μετασχηματισμού (είδος ανόπτησης) που υφίσταται ο μαρτενσίτης, «μαλακώνουν» και παρουσιάζουν μείωση της αντοχής τους έως και 50% μετά το

σβήσιμο της φωτιάς. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται σχηματικά (και τελείως ενδεικτικά) οι μέγιστες μεταβολές του ορίου διαρροής.

Ποιότητα	Αρχική ονομαστική αντοχή (N/mm ²)	Κατα τη διάρκεια της φωτιάς (N/mm ²)	Μετά το σβήσιμο της φωτιάς (N/mm ²)
S220	220	100 (-60%)	220
S400	400	150 (-60%)	400
S500s/B500C	500	100(-80%)	250 (-50%)

Γ. Δομικοί Χάλυβες (EN 10025)

Έλεγχος σε δομικούς χάλυβες (π.χ. γωνιές, ταύ, διπλά ταύ, λάμες, κοιλοδοκούς κλπ.)

Πριν προχωρήσουμε στην επόμενη ενότητα αναφέρομαι συνοπτικά στους ελέγχους δομικών χαλύβων (οι οποίοι ως γνωστόν) δεν περιλαμβάνονται στο ΚΤΧ αλλά είναι καλό να ελέγχονται. Συγκεκριμένα γίνονται στο εργαστήριο μας, οι παρακάτω έλεγχοι:

- Χημική ανάλυση σε δείγμα 2.0x2.0 cm ανεξαρτήτως πάχους.
- Δοκιμές αντοχής σε δείγμα 4x30cm κομμένο με δίσκο κοπής μετάλλου.

Κατά τη λήψη των δειγμάτων απαγορεύεται η χρήση οξυγόνου.

Τονίζεται ότι για να καταταγεί ένας χάλυβας σε κατηγορία π.χ. St37 (S235), απαιτείται μεταξύ των άλλων η μέτρηση της αντοχής του και της χημικής σύνθεσης.

Οι έλεγχοι και η κατάταξη των δομικών χαλύβων αναφέρονται αναλυτικά στο Πρότυπο EN 10025.

Δ. Χάλυβες Προέντασης (prEN 10138 – Παράρτημα 8 ΚΤΧ2008)

Έλεγχος σε χάλυβες προέντασης (π.χ. 7 – κλωνο Φ15, 2mm, μονόκλωνο Φ8mm ή Φ10mm ή Φ12mm).

Λόγω ιδιαίτερων δυσκολιών που συναντούσαμε με συμβατικό εξοπλισμό και κλασικές μεθόδους, κάναμε ανανέωση του εξοπλισμού μας και πλέον οι δοκιμές πραγματοποιούνται με απόλυτη επιτυχία το 2002. Η Χημική ανάλυση (προαιρετική στους σχετικούς κανονισμούς) είναι επίσης δυνατή.