



“Συγκολλήσεις Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος”

καθ. Στέφανος Η. Δρίτσος

Πάτρα, 2015

1

Σε ποιες περιπτώσεις χρειάζεται;

Κυρίως σε επεμβάσεις σε υφιστάμενες κατασκευές

- Για αποκαταστάσεις μετά από βλάβες
- Για ενισχύσεις
- Για αλλαγή χρήσης

Όμως και σε νέες κατασκευές

- Νέα μορφοποιημένα υλικά
- Συστήματα αγκυρώσεων
- Συγκράτηση Ράβδων

2



3

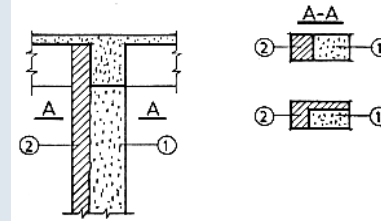


4

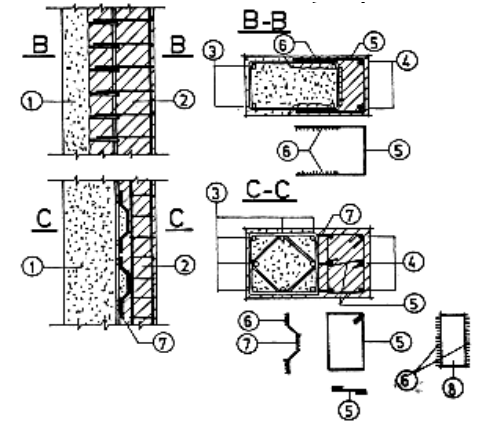


5

- Προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος
(ιδιαίτερα απαραίτητη σε μονόπλευρη επέκταση ή "ανοιχτό" μανδύα υποστυλωμάτων)

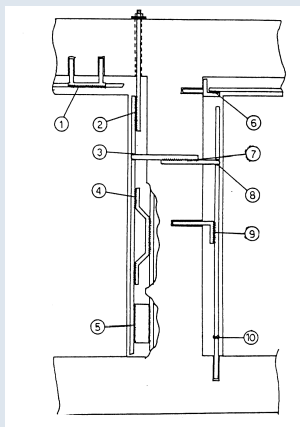


1. υπάρχον υποστύλιωμα,
2. επέκταση υποστυλώματος



1. παλιό υποστύλιωμα, 2. ενίσχυση, 3. παλιοί οπλισμοί, 4. πρόσθετοι οπλισμοί, 5. πρόσθετοι συνδετήρες, 6. συγκολλήσεις, 7. αναρτήρες "πάπιες".

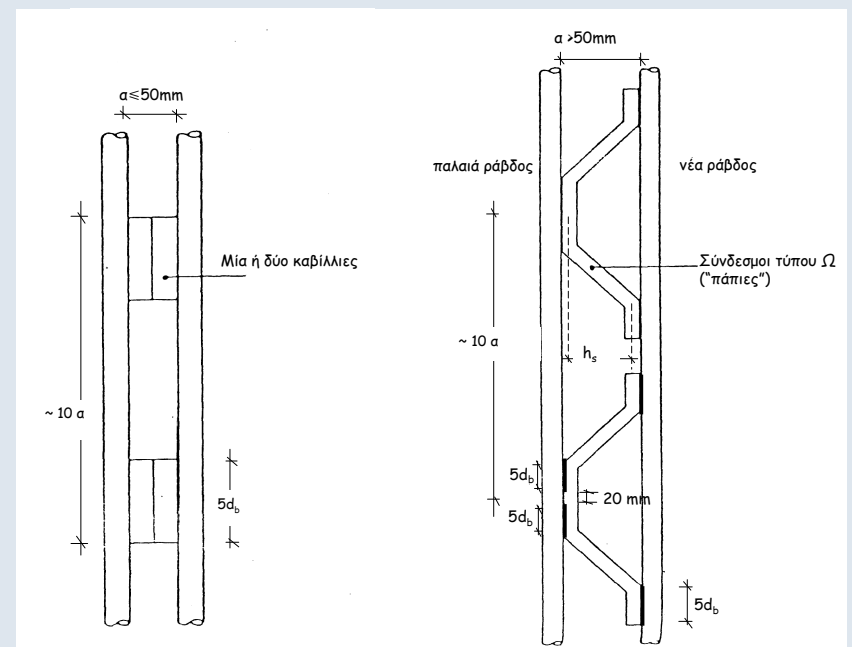
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ



Είδη συγκολλήσεων:

(1,8) "Ουρανός", (2,4,5,9) "Ανεβατό" (ή "Κατεβατό"), (3) "Πλάκα",
(6,7) "Οριζόντιο", (10) "Μετωπική"

7



ΔΥΣΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

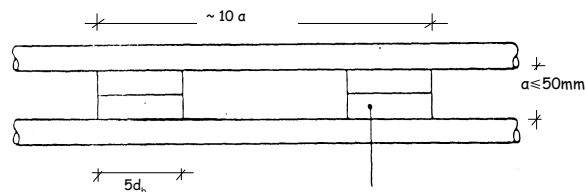
ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ



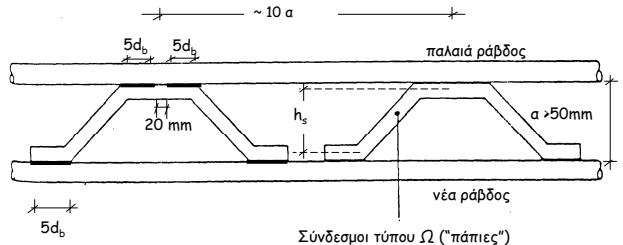
Χρήση Ηλεκτροσυγκολλημένων Συνδέσμων



Σύνδεσμοι Παλαιών-Νέων Ράβδων Οπλισμού



ΔΥΣΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

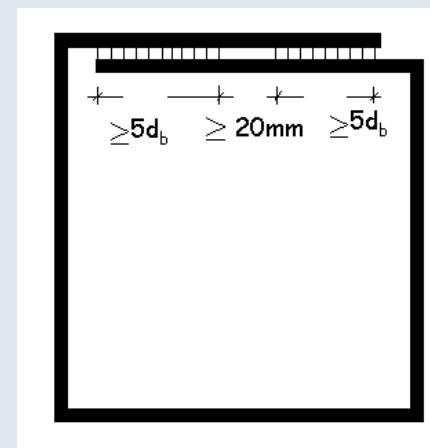


ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ





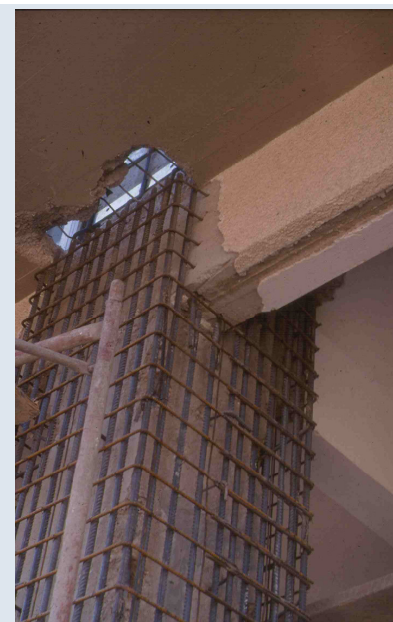
Άνοιγμα Συνδετήρων



Μορφή συνδετήρα με ηλεκτροσυγκολλημένα άκρα



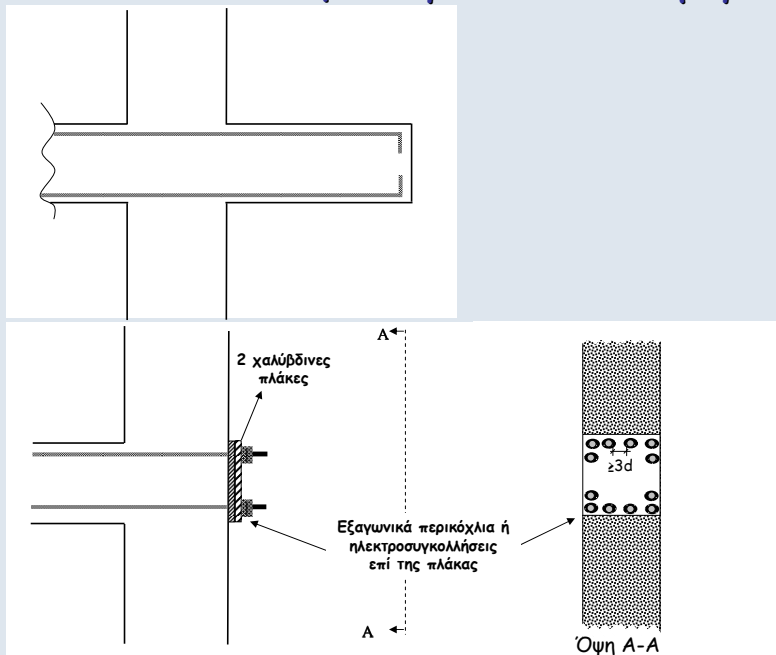
Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα



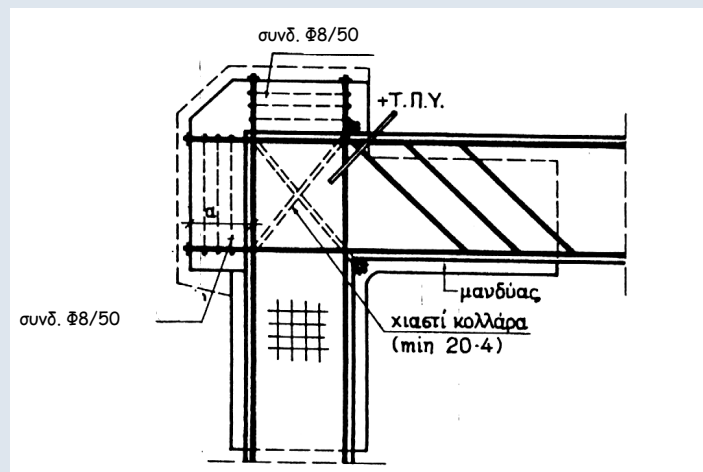
Ορθογωνικοί συνδετήρες με συγκόλληση 2 τμημάτων Π

Συνδετήρες εκτός του κόμβου

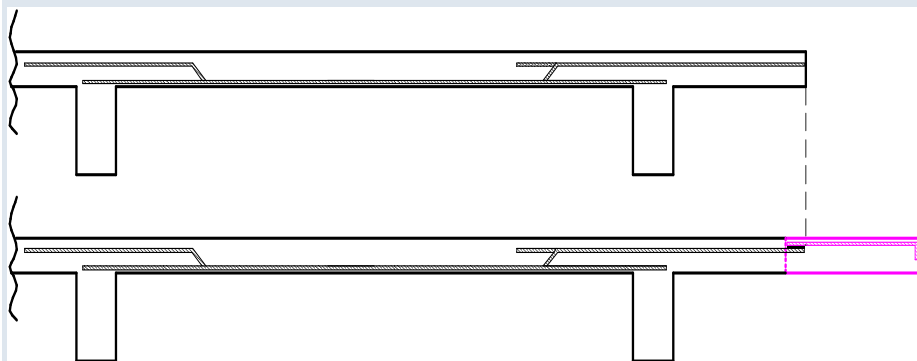
Αποκοπή Οπλισμού και Πλάκα Αγκύρωσης



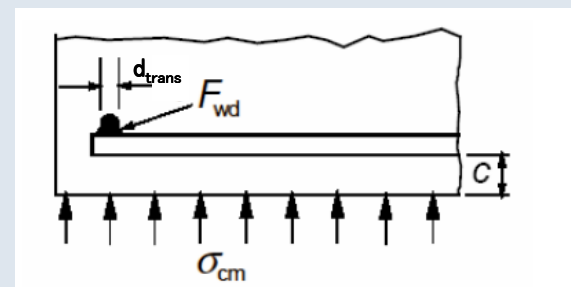
Προσθήκη μήκους αγκύρωσης - τεχνική "καμπούρας"



Επέκταση Οπλισμού Προβόλων

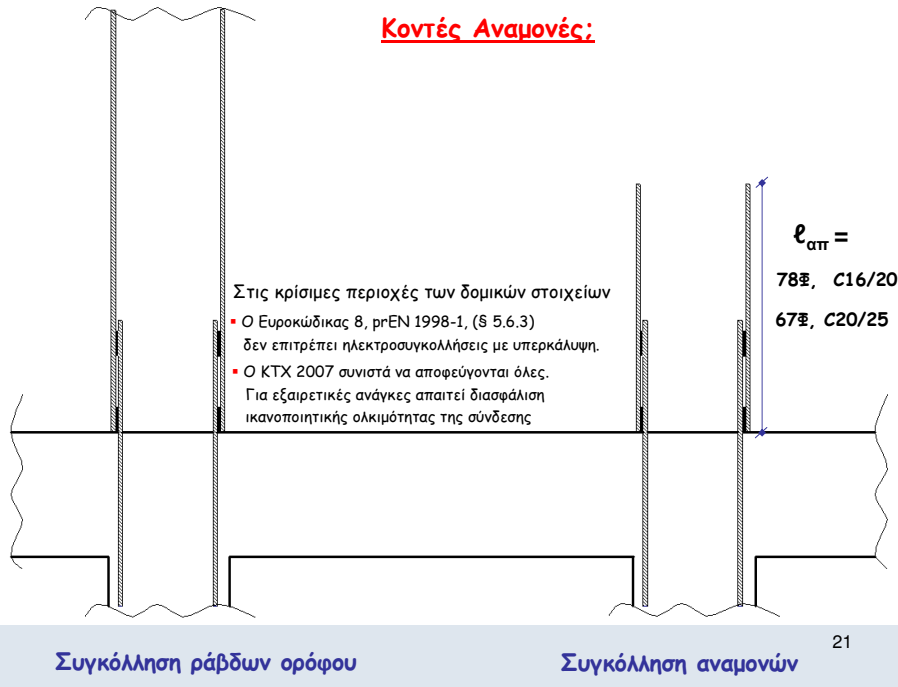


Συγκολλημένη Εγκάρσια Ράβδος Εκτός της Μάζας του Σκυροδέματος ως Σύστημα Αγκύρωσης



Μείωση απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης κατά 30% (ΕΚΩΣ § 17.6.1)

Κοντές Αναμονές:



$$P \frac{l_s}{3} = F_s \alpha \rightarrow P = \frac{3F_s \alpha}{l_s}$$

$$\frac{1}{2} \sigma_b l_s \Phi = P \rightarrow$$

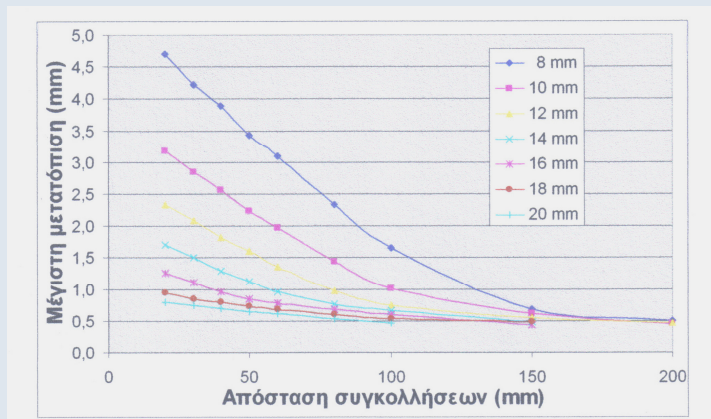
$$\sigma_{b,max} = \frac{2P}{l_s} = \frac{6F_s}{l_s} = \frac{6F_s \alpha}{\Phi l_s^2} = \frac{6F_s}{l_s^2}$$

Έστω Φ20

$$F_s = f_y A_s \rightarrow F_s = 500 \times 3,14 \times 10^{-3} = 157 \text{ KN}$$

Έστω $l_s = 12\Phi$

$$\sigma_{b,max} \rightarrow \frac{6 \times 157 \times 10^{-3}}{12^2 \times 20^2} = 16,3 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{16,3}{2} = 8,15 \text{ MPa}$$


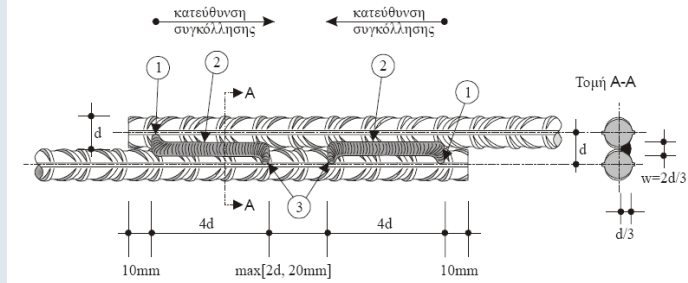
Η μέγιστη εγκάρσια μετατόπιση των συγκολλημένων ράβδων σαν συνάρτηση της απόστασης συγκόλλησης για τις διάφορες τιμές της διαμέτρου d για μήκος σύγκλησης 4d (Αποστολόπουλος, 2007)

Πεδίο Εφαρμογής Μεθόδων Συγκόλλησης για Συγκολλησίμους Χάλυβες

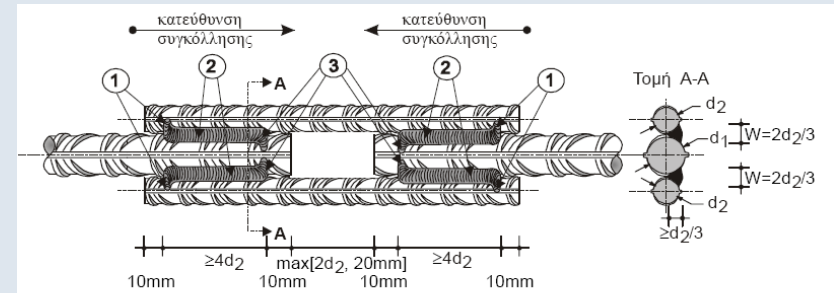
Μέθοδος συγκόλλησης	Τύπος σύνδεσης	Περιοχή ονομαστικών διαμέτρων σε mm	
		Κ.Τ.Χ.2007	Άλλού
Συγκολλήσεις τόξου	Μετωπική χωρίς υποστήριξη της ρίζας	≥16	≥Φ20 EC2
	Μετωπική με μόνιμη υποστήριξη της ρίζας	≥12	
	Κατά παράθεση	6-32	
	Με λωρίδες	6-40	
	Σταυροτή	6-40	≤Φ16 EC2
Συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση	Κατά παράθεση	-	
	Σταυροτή	5-20	≤Φ16 EC2
	Μετωπική	6-25	
Συγκόλληση με προεξοχή (project welding)	Κατά παράθεση	-	
	Σταυροτή	5-20	
Αυτογενής συγκόλληση με συμπίεση και θέρμανση με αέριο	Μετωπική	6-40	
Αυτογενής συγκόλληση με σπινθηρισμούς	Μετωπική	6-40	
Συγκόλληση με τριβή	Μετωπική	6-40	
	Με άλλα χαλύβδινα στοιχεία	6-40	

Κανονιστικό Πλαίσιο

1	International standard ISO 17660 (2006)	Welding of reinforcing steel Part 1: Load-bearing welded joints Part 2: Non load-bearing welded joints
2	American National Standard ANSI/AWS D1.4-92	Structural welding code-reinforcing steel
3	BS 7123 (1989)	Metal arc welding of steel for concrete reinforcement
4	DIN 241 (1997)	Welding of reinforcing steel for concrete quality requirements
5	DIN 4099 (1978)	Welding of reinforcing steel Execution of welding work and testing
6	ΠΤΕΤΕΠ 14-01-10 (www.iok.gr)	Προσθήκη οπλισμού με ηλεκτροσυγκόλληση
7	Κ.Τ.Χ. (2007) Σχέδιο	Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων

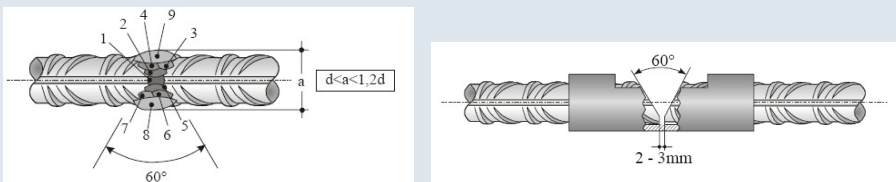


Σύνδεση κατά παράθεση με τεχνικές τόξου (Κ.Τ.Χ. 2007)



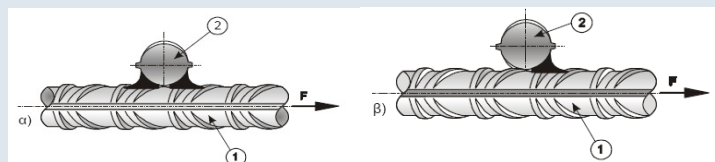
Σύνδεση με λωρίδες - strip joint (Κ.Τ.Χ. 2007)

Μετωπική Συγκόλληση - butt joint (Κ.Τ.Χ. 2007)



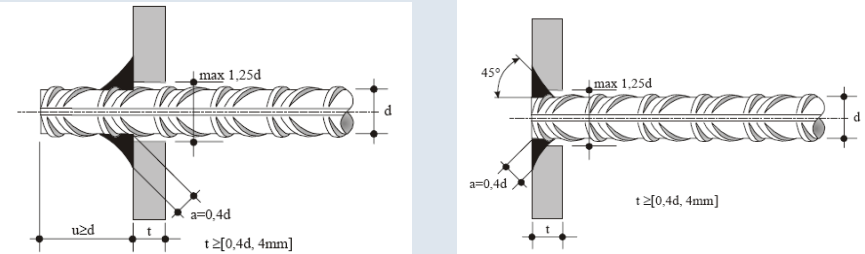
Διαδοχική εκτέλεση κορδονιών και πάσων Μετωπική σύνδεση με υποστήριγμα της ρίζας της συγκόλλησης

Σταυρωτή Συγκόλληση - cross joint (Κ.Τ.Χ. 2007)



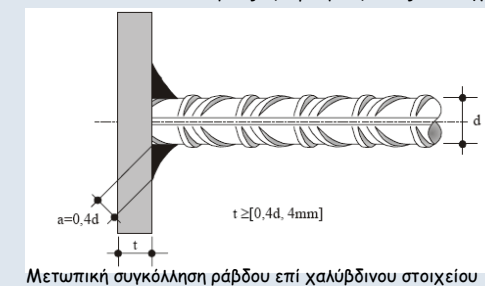
1 : διαμήκης ράβδος
2 : εγκάρσια ράβδος
F : η δύναμη προς αγκύρωση

Συγκολλήσεις επί Εγκάρσιου Χαλύβδινου Στοιχείου (Σχέδιο Κ.Τ.Χ. 2007)



Ράβδος διερχόμενη από χαλύβδινο στοιχείο

Ράβδος αγκυρούμενη εντός του πάχους του χαλύβδινου στοιχείου



Μετωπική συγκόλληση ράβδου επί χαλύβδινου στοιχείου

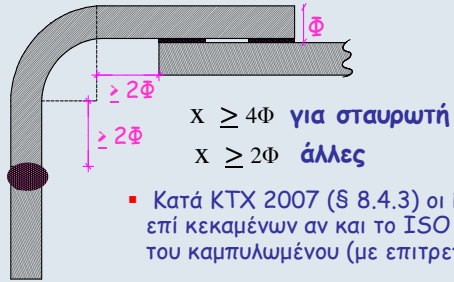
- Για περισσότερες από μία ράβδους $s \geq 3d$

- Στις περιπτώσεις αγκυρώσεων ο ΕΚΩΣ απαιτεί δοκιμές και "εγκριτικές αποφάσεις"

ΚΑΜΨΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΗΜΕΝΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Συγκολλήσεις εκτός καμπύλου τμήματος	Συγκολλήσεις εντός καμπύλου τμήματος
$\ell < 4\phi : 20\phi$ $\ell \geq 4\phi : (EC2 \quad \ell \geq 3\phi)$	20ϕ

Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης για συγκολλημένους σταυρωτούς οπλισμούς
 Κάμψη οπλισμού μακριά από θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης
 ΚΤΧ2007→ΕΚΩΣ (§ 17.2.3.2)



- Κατά ΚΤΧ 2007 (§ 8.4.3) οι ίδιοι περιορισμοί πρέπει να ισχύουν και επί κεκαμμένων αν και το ISO 17660-1 επιτρέπει συγκολλήσεις επί του καμπυλωμένου (με επιτρεπόμενες καμπυλότητες) τμήματος
- Προτιμότερο η κάμψη να προηγείται της συγκόλλησης

Αναγνώριση Υλικού

Απαιτείται: Χημική Ανάλυση

- Δοκίμιο μικρών διαστάσεων (2-3εκ.) - Φασματοσκοπική μέθοδος
- Δείγμα σε μορφή ρινομάτων - Τεχνική ατομικής αναρρόφησης

Συνιστάται (για επιβεβαίωση):

Μέτρηση σκληρότητας και μεταλλογραφικός έλεγχος

Συνιστάται (αν δεν γίνεται ζημιά λόγω του απαιτούμενου μήκους δοκιμίου):

Δοκιμή εφελκυσμού

Πότε Επιτρέπεται η Συγκόλληση;

Αν

$C < 0.24\%$ και $C_{eq} < 0.52\%$

➔ Συγκολλησιμος (ΕΛΟΤ 10080)

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Όλοι οι νέοι χάλυβες B500A και B500c
 Παλαιοί χάλυβες S500s, S400s
 S220, S+I

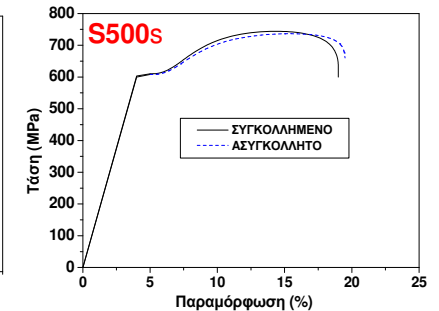
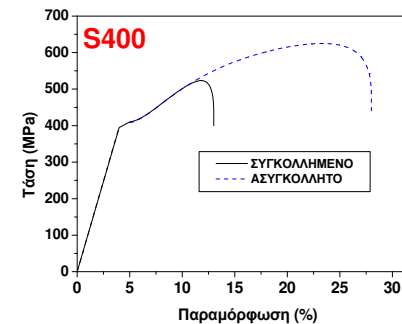
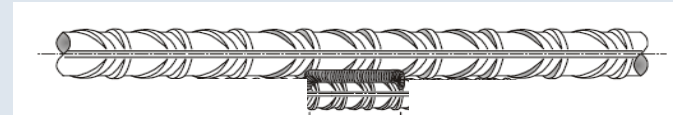
$0.25\% \leq C < 0.45\%$ και $C_{eq} < 0.70\%$ ➔ Συγκολλησιμος υπό προϋποθέσεις (ΣΧΕΔΙΟ Κ.Τ.Χ.2007)

STIII, S400 ;

$C \geq 0.45\%$ ή/και $C_{eq} \geq 0.70\%$ ➔ Μη Συγκολλησιμος (ΣΧΕΔΙΟ Κ.Τ.Χ.2007)

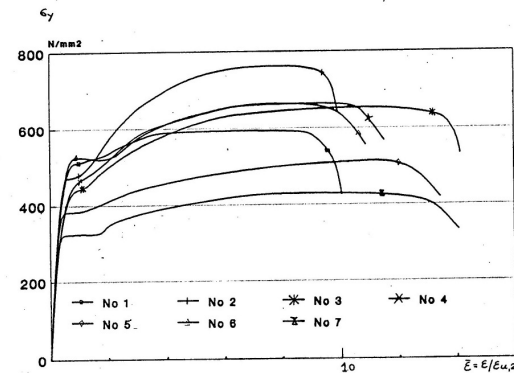
(Για εξαιρετικές ανάγκες - Συγκόλληση μετά από ειδική μελέτη - Σύνταξη ειδικής προδιαγραφής - Επίβλεψη ειδικών)

Ενδεικτικές αναλογίες χημικής σύστασης χάλυβα S400 και S500s (%)										
	C	Mn	Si	N	Ni	Cu	Cr	S	P	Ceq
S400	0.37	1.28	0.29	0.007	0.066	0.194	0.09	0.03	0.02	0.62
S500s	0.23	1.06	0.21	0.009	0.114	0.435	0.08	0.07	0.03	0.46

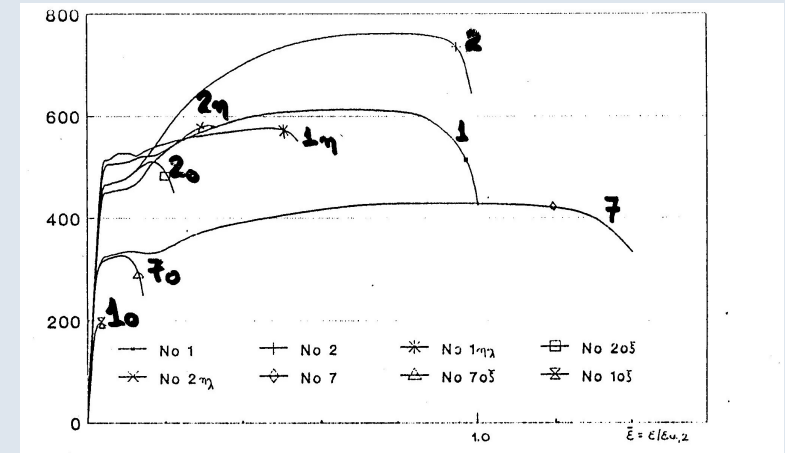


Τυπική εικόνα της επίδρασης της προθέρμανσης στο διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης των χάλυβων

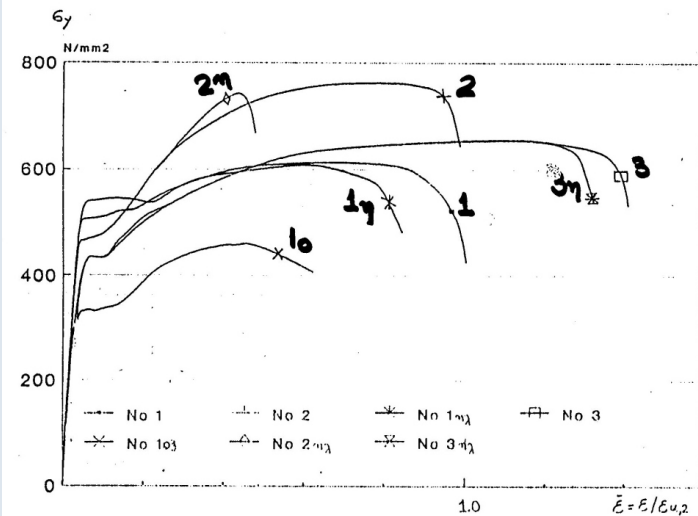
- χάλυβας No 1	C : 0.14%, Mn = 0.86%, S = 0.036%, Si = 0.28%
	P : 0.010%, Ni = 0.10%, Cr = 0.12%, Cu = 0.25%
- χάλυβας No 2	C : 0.42%, Mn = 1.02%, S = 0.025%, Si = 0.26%
	P : 0.015%, Ni = 0.06%, Cr = 0.09%, Cu = 0.20%
- χάλυβας No 3	C : 0.30%, Mn = 1.03%, S = 0.045%, Si = 0.36%
	P : 0.020%, Ni = 0.09%, Cr = 0.13%, Cu = 0.18%
- χάλυβας No 4	C : 0.35%, Mn = 0.97%, Cr = 0.15%
- χάλυβας No 5	C : 0.26%, Mn = 0.78%, S = 0.021%, Si = 0.18%
	P : 0.013%, Ni = 0.07%, Cr = 0.14%, Cu = 0.033%



Διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων δοκιμασθέντων χαλύβων” (Τζωρτζάκης κ.α., 1990) 33



Σύγκριση διαγραμμάτων πριν και μετά την συγκόλληση “μετωπική” (Τζωρτζάκης κ.α., 1990)



Σύγκριση διαγραμμάτων τάσεων παραμορφώσεων πριν και μετά την συγκόλληση με διπλή παράθεση (Τζωρτζάκης κ.α., 1990)

Συγκόλληση Χαλύβων “Συγκολλησιμων υπό προϋποθέσεις”

Τύποι Σύνδεσης

- Κατά παράθεση
- Με λωρίδες
- Μετωπική
- Με άλλα στοιχεία

Βήματα Εργασίας

Βήμα 1^ο: Καθαρισμός παλαιού σπλισμού

- Σκουριά
- Οργανικές και λιπαρές ουσίες

Βήμα 2^ο: Προθέρμανση

- T=200°C -250°C σε όλο το μήκος της σύνδεσης + 50mm εκατέρωθεν
- Μέτρηση T με φορητό θερμοστοιχείο
Εναλλακτικά με θερμοευαίσθητους χρωματοδείκτες (κιμωλίες)

Βήμα 3^ο: Εργασία Συγκόλλησης

■ **Κατά παράθεση ή με λωρίδες**

Μέθοδος: Συγκόλληση τόξου

(α) Χειρονακτική με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW)

Συνιστώνται:

- Ηλεκτρόδια ρουτιλίου E6013

($f_y=340-380\text{MPa}$, $f_t=430-460\text{MPa}$, $\epsilon_s=17-22\%$)

- Ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου E9018

($f_y=530-620\text{MPa}$, $f_t \sim 620\text{MPa}$, $\epsilon_s=14-24\%$)

(β) Ημιαυτόματη σε ατμόσφαιρα Ar-CO₂ (GMAW ή MAG)

- Να προτιμηθεί εφόσον υπάρχει δυνατότητα
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερη επιδεξιότητα συγκολλητή

Συνιστώνται:

- Ηλεκτρόδιο-σύρμα ER-70S6

($f_y=420\text{MPa}$, $f_t=540\text{MPa}$, $\epsilon_s=25\%$)

ή υψηλότερης αντοχής ER-805-G

($f_y=460\text{MPa}$, $f_t=570\text{MPa}$, $\epsilon_s=22\%$)

■ **Μετωπική Συγκόλληση**

Μέθοδος: Ημιαυτόματη συγκόλληση σε ατμόσφαιρα Ar-CO₂ (GMAW ή MAG)

Δεν επιτρέπεται η χειρονακτική (SMAW)

- κίνδυνος παρουσίας μη μεταλλικών εγκλεισμάτων
- διασπορά στα μηχανικά χαρακτηριστικά

Ηλεκτρόδια όπως και στην κατά παράθεση

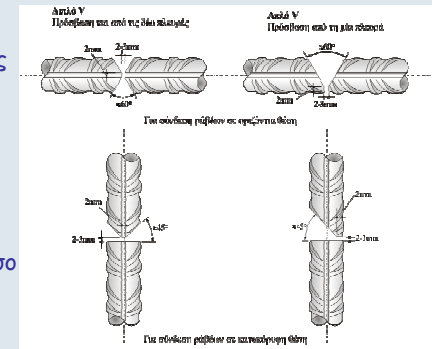
ER-70S6 για S400

ER-805-G για S500

- Λοξοτομές όπως και για τους νέους σπλισμούς (καλλίτερη το κατακόρυφο διπλό V)

- Προσεκτική αφαίρεση σκουριάς μεταξύ διαδοχικών πάσων

- Έλεγχος θερμοκρασίας μετάλλου σε κάθε πάσο στα όρια των (200-250) °C



■ **Οδηγίες Τεχνικής Αριότητας**

Επιλέγεται:

- Καλός καιρός και ξηρός
- Δεν επιτρέπεται σε περίπτωση βροχής, υγρό περιβάλλον, άνεμο
- Θερμοκρασίες κάτω του μηδενός (Σε περίπτωση ανάγκης: λήψη ειδικών μέτρων)
- Εκτελείται αργά
- Ήρεμη ψύξη στον αέρα (Απαγορεύεται η επιτάχυνση της απόψυξης π.χ. με νερό)

■ **Έλεγχος Ποιότητας**

- Ίδιες δοκιμές που προβλέπονται για τις νέες ράβδους
- Έλεγχος σκληρότητας στην συγκόλληση + ΘΕΖ (~Φ/2)

< 350 HV (300HV)

■ **Πιστοποίηση και Έλεγχος**

Απαιτούνται:

- Πιστοποιημένες διαδικασίες (μονάδες διαμόρφωσης)
- Πιστοποιημένοι συγκολλητές
- Μη πιστοποιημένοι συγκολλητές: Επιτρέπεται για συγκεκριμένη μέθοδο και τύπο συγκόλλησης, από διπλωματούχο συγκολλητή Α' τάξης (Επαγγ. Άδεια από τις Υπηρεσίες Βιομηχανίας του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας), εφόσον προηγουμένως κατασκευάσει δοκίμια και ελεγχθούν επιτυχώς.
- Σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες συγκόλλησης στο εργοστάσιο ή μονάδα διαμόρφωσης Ελέγχεται το τελικό προϊόν
- Σε χειρωνακτικές ή ημιαυτόματες διαδικασίες στο εργοτάξιο Ελέγχεται η ικανότητα του ηλεκτροσυγκολλητή

Πεδίο Εφαρμογής και Πλήθος Δοκιμών για Έλεγχο Ποιότητας Συγκόλλησης
(ΣΧΕΔΙΟ Κ.Τ.Χ.2007)

Μέθοδος συγκόλλησης	Τύπος σύνδεσης	Πλήθος δοκιμών		
		Δοκιμή εφελκυσμού	Δοκιμή κάμψης	Δοκιμή διάτμησης
Συγκόλληση τόξου	Μετωπική	3	3	-
	Κατά παράθεση/ Με λωρίδες	3	-	-
	Σταυρωτή	3	3*	3*
	Με άλλα μεταλλικά στοιχεία	3	-	-

* Δοκιμή διάτμησης στην ράβδο που ενδιαφέρει

Αν αστοχήσει ένα δοκίμιο κατασκευάζονται 2 πρόσθετα

Αν αστοχήσει ένα από τα πρόσθετα ➡ απόρριψη

Έλεγχοι Συγκολλήσεων

- **Οπτικός έλεγχος**
(ρωγμές, ατελής διείσδυση)
- **Μηχανικές Δοκιμές**
 - Εφελκυσμού
 - Κάμψης

Διάμετρος ράβδου (mm)	Διάμετρος στη δοκιμή κάμψης (mm)
d ≤ 8	5d
8 < d ≤ 12	6d
12 < d ≤ 20	8d
20 < d ≤ 32	10d
32 < d	12d

Έλεγχος: όχι ρωγμές στην ράβδο

- Διάτμησης

$$F \geq S_F A_b f_{yk}$$

S_F = Συντελεστής Διάτμησης

≥ 0,3 για φέρουσες συνδέσεις

Επιπλέον

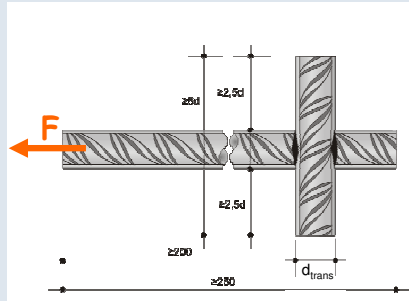
$$d_{min} \geq 0,5d_{max} \text{ εν γένει } (\geq 0,57E2)$$

$$d_{min} \geq 0,6d_{max} \text{ για δομικά πλέγματα}$$

$$\text{πάχος ραφής} \geq \max(0,3d_{min}, 4\text{mm})$$

$$\text{πάχος ραφής} \geq \max(0,5d_{min}, 6\text{mm})$$

$$\text{Για περισσότερες εγκάρσιες ράβδους } S \geq 3d_{trans}$$



Σχέδιο Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων
Οπλισμένου Σκυροδέματος (ΚΤΧ 2007)

www.ggde.gr

www.episkeves.civil.upatras.gr