

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΧΑΛΥΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

➤ Στέφανος Δρίτσος
Αναπλ. Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

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



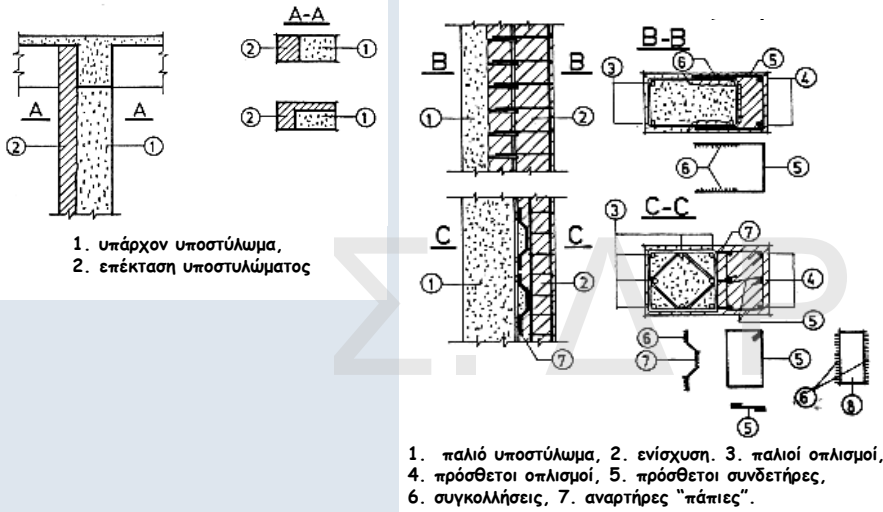
3



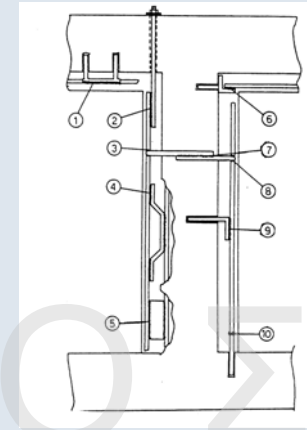
4

- Προσθήκη νέων στρώσεων σκυροδέματος

(ιδιαίτερα απαραίτητη σε μονόπλευρη επέκταση ή "ανοιχτό" μανδύα υποστυλωμάτων)

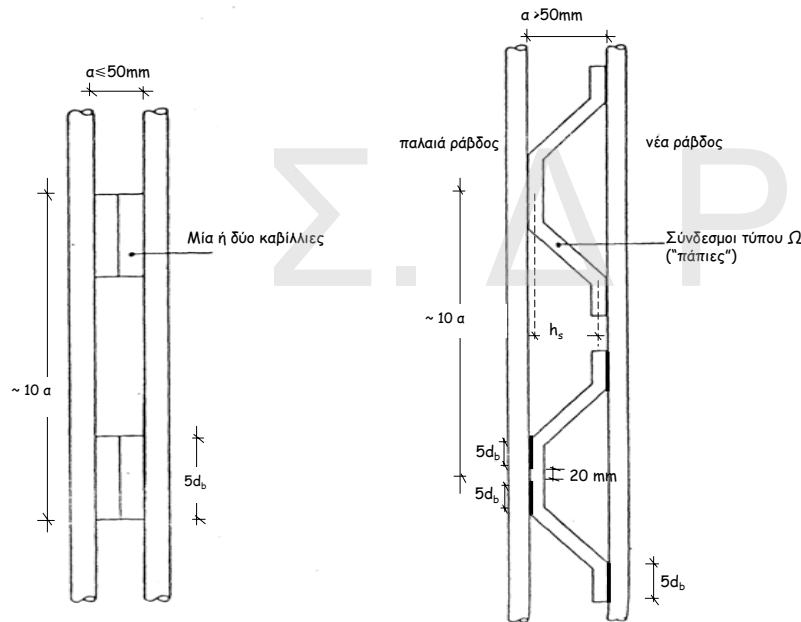


ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ



Είδη συγκολλήσεων:

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



ΔΥΣΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

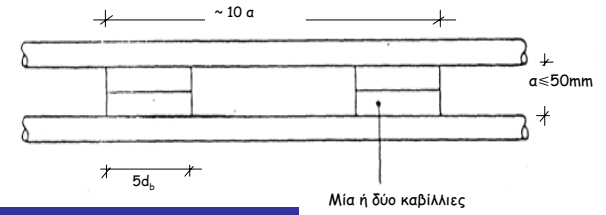


Χρήση Ηλεκτροσυγκολλημένων Συνδέσμων

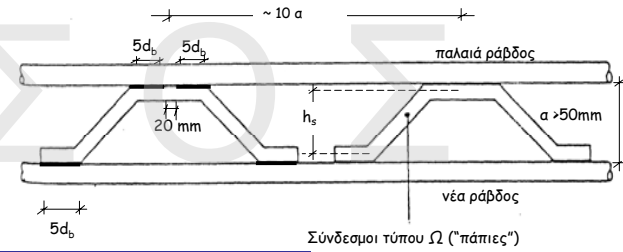


9

Σύνδεσμοι Παλαιών-Νέων Ράβδων Οπλισμού

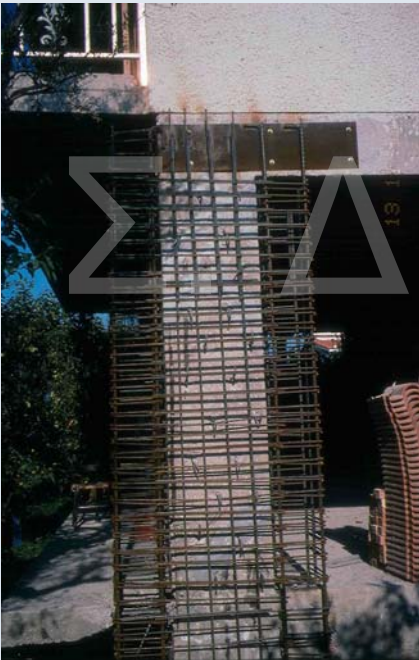


ΔΥΣΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ



ΕΥΚΑΜΠΤΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

10

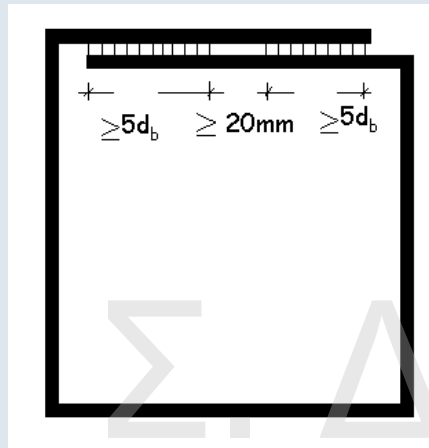


11



Άνοιγμα Συνδετήρων

12



Μορφή συνδετήρα με ηλεκτροσυγκολλημένα άκρα



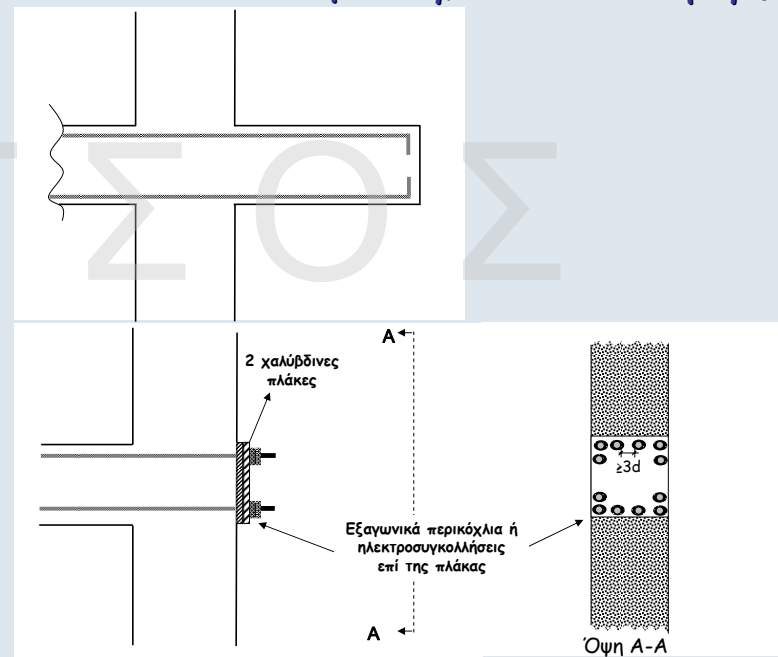
Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα



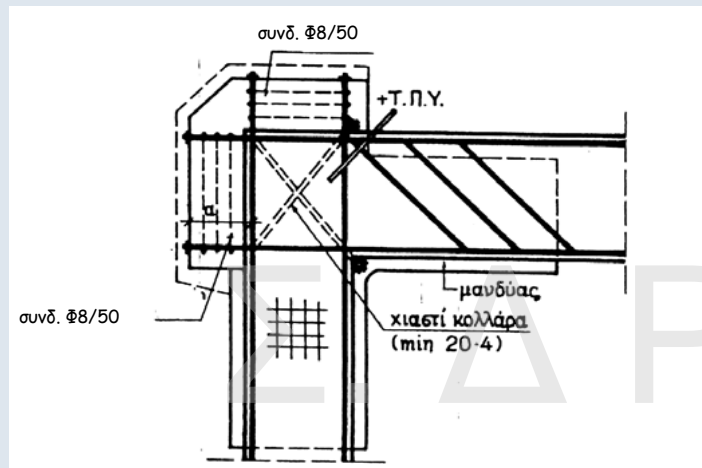
Ορθογωνικοί συνδετήρες με συγκόλληση 2 τμημάτων Π

Συνδετήρες εκτός του κόμβου

Αποκοπή Οπλισμού και Πλάκα Αγκύρωσης

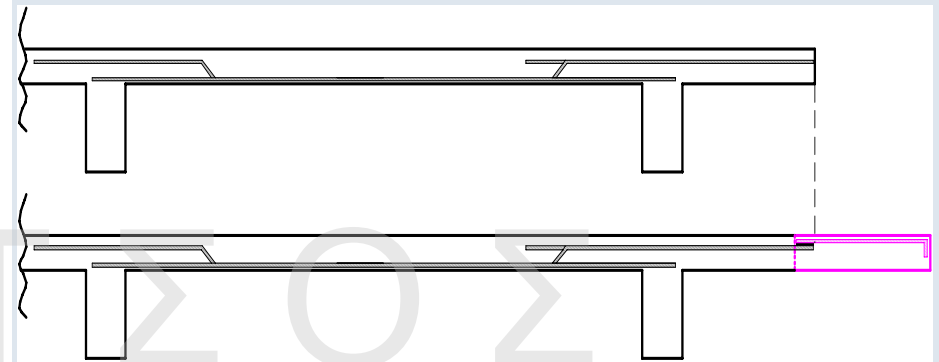


Προσθήκη μήκους αγκύρωσης - τεχνική "καμπούρας"



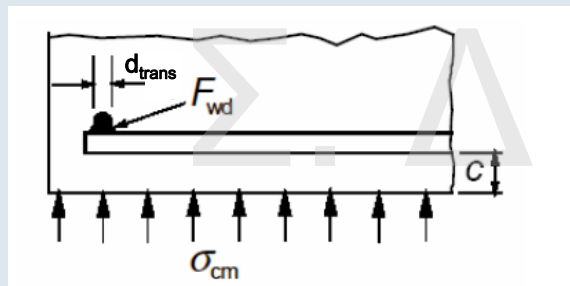
17

Επέκταση Οπλισμού Προβόλων



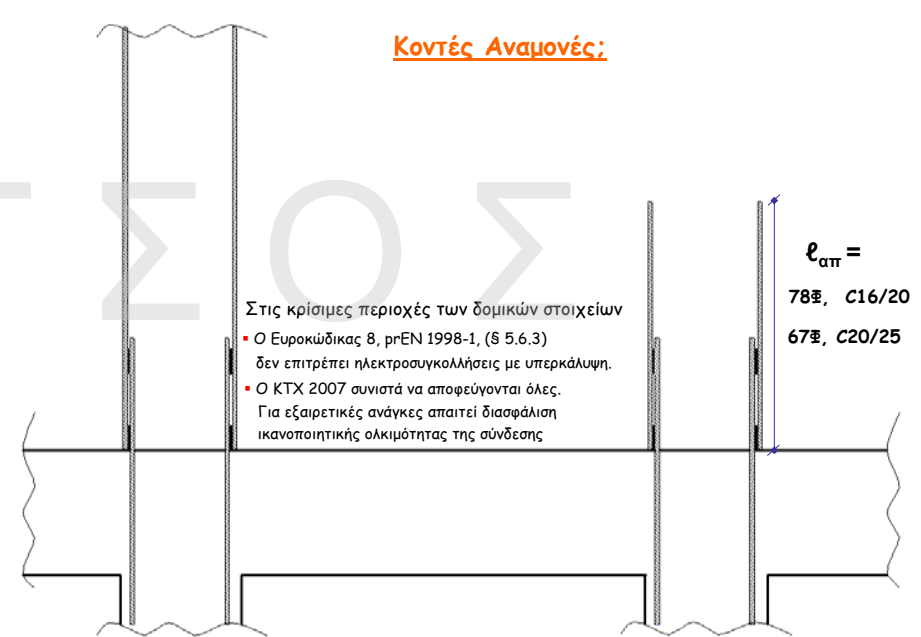
18

Συγκολλημένη Εγκάρσια Ράβδος Εκτός της Μάζας του Σκυροδέματος ως Σύστημα Αγκύρωσης



19

Κοντές Αναμονές:



- Στις κρίσιμες περιοχές των δομικών στοιχείων
- Ο Ευροκώδικας 8, prEN 1998-1, (§ 5.6.3) δεν επιτρέπει ηλεκτροσυγκολλήσεις με υπερκάλυψη.
 - Ο ΚΤΧ 2007 συνιστά να αποφεύγονται όλες. Για εξαιρετικές ανάγκες απαιτεί διασφάλιση ικανοποιητικής ολκιμότητας της σύνδεσης

Συγκόλληση ράβδων ορόφου

Συγκόλληση αναμονών

20

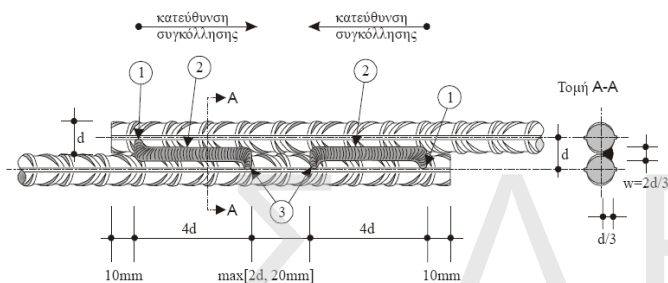
Πεδίο Εφαρμογής Μεθόδων Συγκόλλησης για Συγκολλησίμους Χάλυβες

Μέθοδος συγκόλλησης	Τύπος σύνδεσης	Περιοχή ονομαστικών διαμέτρων σε mm	
		Κ.Τ.Χ.2007	Άλλού
Συγκολλήσεις τόξου ▪ Χειρωνακτική συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW) ▪ Ημιαυτόματη συγκόλληση τόξου σε προστατευτική ατμόσφαιρα Ar-CO ₂ (GMAW, MAG) ▪ Ημιαυτόματη συγκόλληση τόξου σε προστατευτική ατμόσφαιρα Ar-CO ₂ με σωληνωτά ηλεκτρόδια (FCAW) ▪ Ημιαυτόματη αυτοπροστατευόμενη συγκόλληση τόξου με σωληνωτά ηλεκτρόδια (FCAW)	Μετωπική χωρίς υποστήριξη της ρίζας	≥16	≥Φ20 EC2
	Μετωπική με μόνιμη υποστήριξη της ρίζας	≥12	
	Κατά παράθεση	6-32	
	Με λωρίδες	6-40	
	Σταυρωτή	6-40	≤Φ16 EC2
Συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση	Κατά παράθεση	-	
	Σταυρωτή	5-20	≤Φ16 EC2
	Μετωπική	6-25	
Συγκόλληση με προεξοχή (project welding)	Κατά παράθεση	-	
	Σταυρωτή	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	

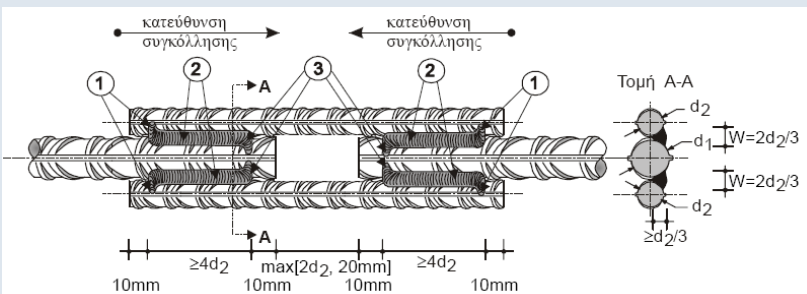
Κανονιστικό Πλαίσιο

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	ΠΤΕΠ 14-01-10 (www.ioek.gr)	Προσθήκη οπλισμού με ηλεκτροσυγκόλληση
7	Κ.Τ.Χ. (2007) Σχέδιο	Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων

22



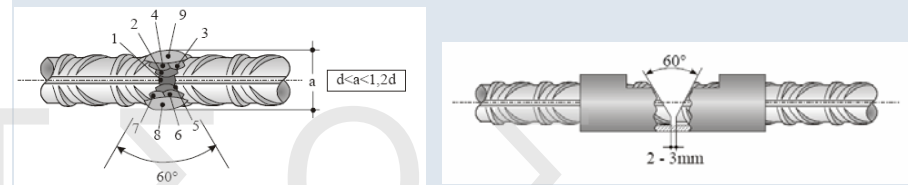
Σύνδεση κατά παράθεση με τεχνικές τόξου (Κ.Τ.Χ. 2007)



Σύνδεση με λωρίδες (Κ.Τ.Χ. 2007)

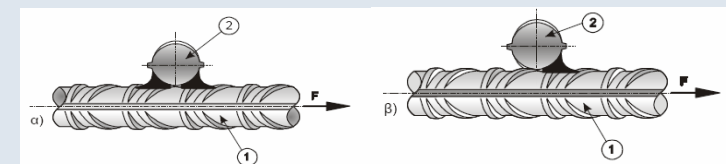
23

Μετωπική Συγκόλληση (Κ.Τ.Χ. 2007)



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

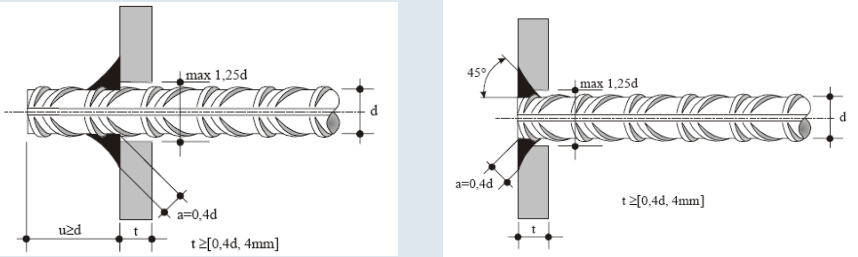
Σταυρωτή Συγκόλληση (Κ.Τ.Χ. 2007)



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

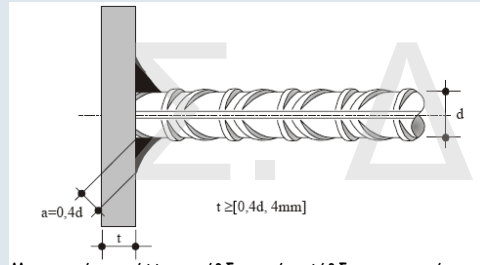
24

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"

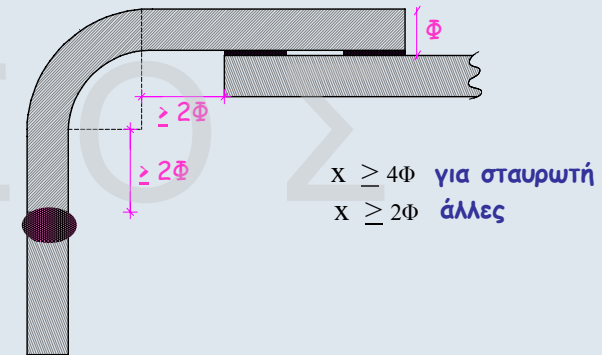
25

ΚΑΜΨΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΜΕΝΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

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

Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης για συγκολλημένους σταυρωτούς οπλισμούς

- Κάμψη οπλισμού μακριά από θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης



$X \geq 4\phi$ για σταυρωτή
 $X \geq 2\phi$ άλλες

26

Αναγνώριση Υλικού

Απαιτείται: Χημική Ανάλυση

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

Συνιστάται (για επιβεβαίωση):

Μέτρηση σκληρότητας και μεταλλογραφικός έλεγχος

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

Δοκιμή εφελκυσμού

27

Πότε Επιτρέπεται η Συγκόλληση;

Αν

$C < 0.24\%$ και $C_{eq} < 0.52\%$

➔ Συγκολλησίμος (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, StI

$0.25\% \leq C < 0.45\%$ και $C_{eq} < 0.70\%$ ➔ Συγκολλησίμος υπό προϋποθέσεις

(ΣΧΕΔΙΟ Κ.Τ.Χ. 2007)

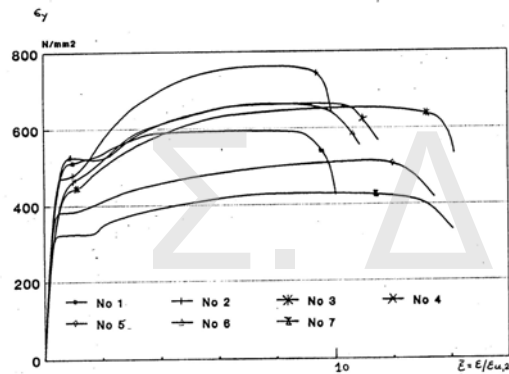
STIII, S400 ;

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

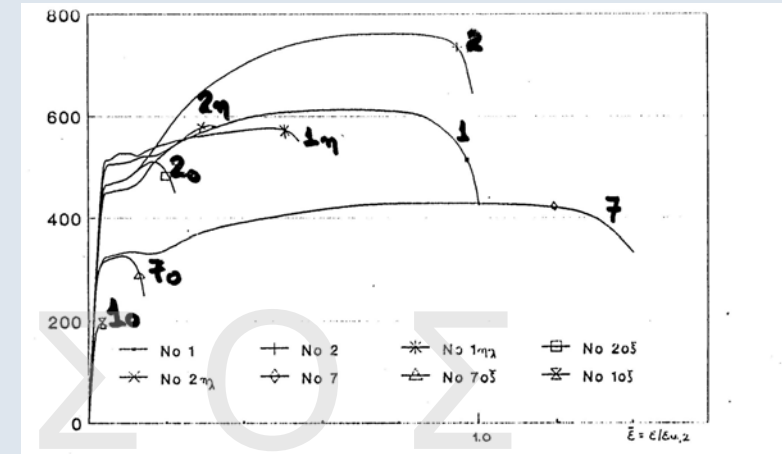
(Για εξαιρετικές ανάγκες - Συγκόλληση μετά από ειδική μελέτη - Σύνταξη ειδικής προδιαγραφής - Επίβλεψη ειδικών)

28

- χαλύβας 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%
- χαλύβας 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%
- χαλύβας 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%
- χαλύβας No 4	C : 0.35%, Mn = 0.97%, Cr = 0.15%
- χαλύβας 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%

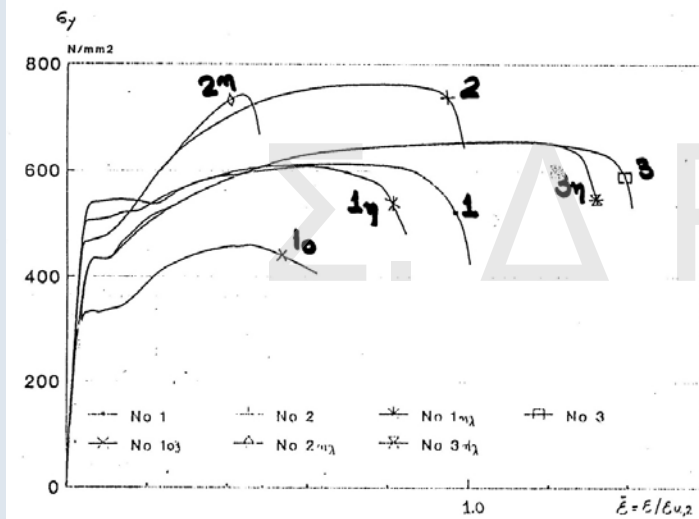


Διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων δοκιμασθέντων χαλύβων” 29
(Τζωρτζάκης κ.α., 1990)



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

30



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

31

Συγκόλληση Χαλύβων “Συγκολλησίμων 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)

32

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-80S-G
($f_y=460\text{MPa}$, $f_t=570\text{MPa}$, $\epsilon_s=22\%$)

33

■ 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

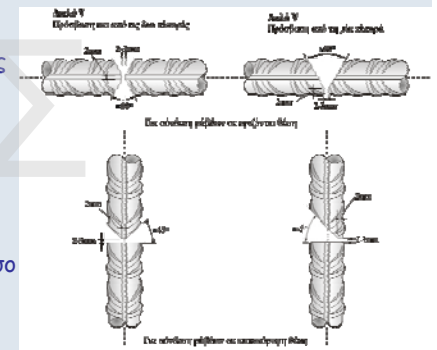
Ηλεκτρόδια όπως και στην κατά παράθεση

ER-70S6 για S400
ER-80S-G για S500

- Λοξοτομές όπως και για τους νέους σπλισμούς
(καλύτερη 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)

35

■ Πιστοποίηση και Έλεγχος

Απαιτούνται:

- Πιστοποιημένες διαδικασίες (μονάδες διαμόρφωσης)

- Πιστοποιημένοι συγκολλητές

- Μη πιστοποιημένος συγκολλητής:

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 χειρονακτικές ή ημιαυτόματες διαδικασίες στο εργοτάξιο
Ελέγχεται η ικανότητα του ηλεκτροσυγκολλητή

36

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

37

Έλεγχοι Συγκολλήσεων

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

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

Έλεγχος: όχι ρωγμές στην ράβδο

38

- Διάτμησης

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

S_F = Συντελεστής Διάτμησης

$\geq 0,3$ για φέρουσες συνδέσεις

Επιπλέον

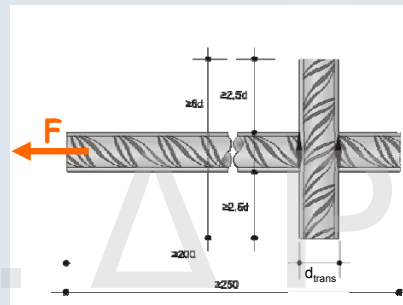
$$d_{\min} \geq 0,5d_{\max} \text{ εν γένει } (\geq 0,57E C2)$$

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

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

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

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



39