

## ΈΛΕΓΧΟΣ ΧΑΛΥΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ - ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΠΑΛΑΙΩΝ - ΝΕΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

➤ Στέφανος Δρίτσος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Ημερίδα ΚΤΧ 2008

ΕΜΠ, Απρίλιος 2009

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Π7: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Πότε γίνονται οι Έλεγχοι;

- Για Ενίσχυση Υφιστάμενης Κατασκευής
- Για Επισκευή κατασκευής που υπέστη βλάβες ή φθορές από:
  - Σεισμό
  - Πυρκαγιά
  - Περιβαλλοντικές Δράσεις
- Για Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας της κατασκευής ή επιμέρους στοιχείων αυτής

Γιατί γίνονται οι Έλεγχοι;

- Για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών του χάλυβα (π.χ. όριο διαρροής, εφελκυστική αντοχή κ.λπ.)
- Για τον προσδιορισμό της συγκολλησιμότητας των υφισταμένων ράβδων χάλυβα με νέες
- Για τον προσδιορισμό της κατάστασης του χάλυβα από πλευράς διάβρωσης
- Για της αποτύπωση της θέσης, της διάταξης και άλλων λεπτομερειών όπλισης

## Μορφές Ελέγχων

- α) Αυτοψίες - επιθεωρήσεις (μακροσκοπικοί έλεγχοι χωρίς όργανα)
- β) Ενόργανοι έλεγχοι επί τόπου του έργου
- γ) Ενόργανοι έλεγχοι στο εργαστήριο

α/α	Έλεγχος	Προσδιοριζόμενες ιδιότητες
α	Οπτικός έλεγχος (μετά και από χανδρόματα)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Γεωμετρία νευρώσεων (κατηγορία, εργοστάσιο και χώρα παραγωγής)</li> <li>• Κατάσταση διάβρωσης (επιφανειακή οξείδωση, βελονισμοί)</li> <li>• Λεπτομέρειες όπλισης, διάταξη ράβδων, άγκιστρα κ.λπ.</li> <li>• Βαθμολόγηση των οργάνων για τους επιτόπου ελέγχους</li> </ul>
β	Μαγνητική σύρωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προσδιορισμός θέσης οπλισμού</li> <li>• Προσεγγιστικός προσδιορισμός διαμέτρου ράβδων</li> <li>• Εκτίμηση επικάλυψης οπλισμού</li> </ul>
β	Μέτρηση βάθους ενανθράκωσης του σκυροδέματος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παθητική προστασία του χάλυβα έναντι διάβρωσης</li> </ul>
β	Μέτρηση χλωριόντων (βάθος και συγκέντρωση)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ενδοχόμενο διάβρωσης</li> </ul>
β	Μέτρηση δυναμικού χάλυβα ή/και ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης σκυροδέματος	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εκτίμηση πιθανότητας διάβρωσης</li> </ul>
β	Ραδιογραφία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προσδιορισμός θέσης και εκτίμηση διαμέτρου οπλισμού</li> </ul>
β ή γ	Σκληρομέτρηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εφελκυστική αντοχή, όριο διαρροής</li> </ul>
γ	Χημική ανάλυση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συγκολλησιμότητα και διάκριση ή αναγνώριση κατηγορίας μικροκρυστατωμένων χάλυβων</li> </ul>
γ	Δοκιμή εφελκυσμού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Όριο διαρροής</li> <li>• Εφελκυστική αντοχή</li> <li>• Παραμόρφωση θραύσης</li> </ul>
γ	Έλεγχος μικρογραφικής μορφής	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατάταξη σε κατηγορία ποιότητας (προσεγγιστική εκτίμηση της εφελκυστικής αντοχής και παραμόρφωσης θραύσης)</li> </ul>

## Αυτοψία

➤ **Προ της αυτοψίας**, επιβάλλεται να αναζητηθούν τυχόν υπάρχοντα στοιχεία της κατασκευής, όπως (ενδεικτικά):

- Σχέδια και υπολογισμοί που συνοδεύουν την Οικοδομική Άδεια
- Κατασκευαστικά σχέδια εφαρμογής, επιμετρικά σχέδια, σχέδια "όπως κατασκευάσθηκε", επιμετρήσεις, πρωτόκολλα παραλαβής κ.λπ.
- Ιστορικό εκτέλεσης του έργου, περίοδος κατασκευής
- Πληροφορίες για τυχόν φθορές ή βλάβες που έγιναν στο παρελθόν από οποιαδήποτε αιτία (σεισμό, πυρκαγιά, κακή χρήση, τυχηματικές δράσεις, περιβαλλοντικές προσβολές κ.λπ.) και για τις ενδεχόμενες προηγούμενες επεμβάσεις (επισκευές ή ενισχύσεις).
- Πληροφορίες και παρατηρήσεις από τους χρήστες του έργου (ρωγμές, παραμορφώσεις και βέλη, διάβρωση, αποκολλήσεις κ.λπ., καθώς και στοιχεία για τη χρονική τους εξέλιξη κ.λπ.)
- Πληροφορίες για την τυχόν κατασκευή σημαντικών έργων στην περιοχή και τον τρόπο εκτέλεσης αυτών (βαθείς εκσκαφές, υποσκαφές, δονήσεις, εκρήξεις, σημαντικά φορτία σε άμεση γειτνίαση, κ.λπ.).

➤ **Κατά την αυτοψία** εκτελούνται επί τόπου μετρήσεις διαστάσεων, διατομών, διαμέτρων  
ράβδων σπλισμού, εύρους ρωγμών, υποχωρήσεων, αποκλίσεων από την κατακόρυφο κ.λπ.

➤ Απαραίτητη η χρήση φωτογραφικής μηχανής

**Ανάλογα με το Στόχο**

## Λήψη Δοκιμίων

- Η δειγματοληψία πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική
- Να προκαλείται η μικρότερη δυνατή βλάβη στην κατασκευή.
- Ως καταλληλότερες θέσεις δειγματοληψίας αναφέρονται οι εξής:
  - Οι αναμονές των υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων
  - Οι περιοχές όπου η ένταση είναι μικρή (λ.χ. πλάκες και τοιχεία)
  - Οι περιοχές οι οποίες προβλέπεται να ενισχυθούν ή να επισκευασθούν.
- Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται η πλήρης αποκατάσταση των κάθε είδους τομών

## Έλεγχοι για τον Προσδιορισμό των Μηχανικών Χαρακτηριστικών

• **Οπτικός Έλεγχος:** Εκτίμηση της τεχνικής κατηγορίας του χάλυβα.

Με λείανση του άκρου της αναμονής και προσβολή με Nitral, μπορεί να διαπιστωθεί αν ο χάλυβας είναι ΘΕ-Θ.

**Πίνακας Π7-5** Ενδεικτικές χημικές συνθέσεις, τρόποι παραγωγής και κύριες περιόδοι χρήσης διάφορων κατηγοριών Χ.Ο.Σ.

Κατηγορία χάλυβα	Τυπική χημική σύνθεση (% κ.β.)					P	V	Τρόπος Παραγωγής	Κύρια Περίοδος Χρήσης (δεκαετίες)
	C	Mn	Si	S					
St I και S220	0,08-0,12	≈0,50	≈0,10	0,03-0,06			-	Θ.Ε.-Χ.	έως '70
St IIIα και S400	0,30-0,40	0,80-1,00	0,20-0,30	0,03-0,06			-	Θ.Ε.-Χ.	'60 έως '95
St IIIβ ελασ/βαρ	0,10-0,15	≈0,50	≈0,10				-	Ψ.Κ.-Σ	'60 έως '70
S500	0,35-0,40	1,00-1,20	0,20-0,30	0,03-0,06	0,0		0,02-0,03	Θ.Ε.-Χ.	'90-'95
S400s	≈0,15	0,60-1,00	0,15-0,30	0,03-0,05	1-		-	Θ.Ε.-Θ.	'90-'95
S500s	0,18-0,20	1,00-1,20	0,20-0,30	0,03-0,05	0,0		0,04-0,09	Θ.Ε.-Χ.	'90-'95
S500s	0,15-0,20	0,60-1,00	0,15-0,30	0,03-0,05	5		-	Θ.Ε.-Θ.	'92 έως 2007
B500A	0,20-0,22	0,90-1,20	0,15-0,30	0,03-0,05			-	Θ.Ε.-Θ. ή Ψ.Κ.-Ο	από 2006
B500C	0,20-0,22	0,90-1,20	0,15-0,30	0,03-0,05			-	Θ.Ε.-Θ.	από 2006

### Παρατηρήσεις

- Θ.Ε.-Χ. = Θερμή έλαση χωρίς άλλη περαιτέρω κατεργασία, Θ.Ε.-Θ. = Θερμή έλαση με εν σειρά θερμική κατεργασία, Ψ.Κ.-Ο. = Ψυχρή κατεργασία με ολκή ή έλαση, Ψ.Κ.-Σ. = Ψυχρή κατεργασία με στρέψη
- Οι χάλυβες κατηγορίας St I χρησιμοποιήθηκαν έως την δεκαετία του '60

➤ **1995-2005:** Χρήση Χάλυβα S500, αντί για S400 μελέτης

**Πίνακας Π7-2:** Κατηγορίες Χ.Ο.Σ. σύμφωνα με διατάξεις του ΦΕΚ 160Α - 1954

Κατηγορία	Μορφή επιφάνειας	Τρόπος παραγωγής	min $f_y$ (MPa)	$f_t$ (MPa)	min $\epsilon_{10}$ %
I	Λ	Θ.Ε.-Χ.	220	340-500	18
IIIα	Λ ή Ν	Θ.Ε.-Χ.	420 ( $d \leq 18mm$ ) 400 ( $d > 18mm$ )	min 500	18
IIIβ	N	Ψ.Κ.	420 ( $d \leq 18mm$ ) 400 ( $d > 18mm$ )	min 500	8
IVα	Λ ή Ν	Θ.Ε.-Χ.	500	-	16
IVβ	N	Ψ.Κ.	500	-	8

Σημείωση: Λ = Λείες ράβδοι, Ν = Ράβδοι με νευρώσεις, Θ.Ε.-Χ. = Θερμή έλαση, Ψ.Κ. (Ψ.Κ.-Ο. ή Ψ.Κ.-Σ.) = Ψυχρή κατεργασία. (Χωρίς Σήμανση Αναγνώρισης)

**Πίνακας Π7-4:** Μηχανικές ιδιότητες Χ.Ο.Σ. κατά ΕΛΟΤ 959 και ΕΛΟΤ 971 (1987).

Ιδιότητα	Κατηγορία Χ.Ο.Σ.				
	ΕΛΟΤ 959			ΕΛΟΤ 971	
	S220	S400	S500	S400s	S500s
Όριο διαρροής, $f_y$ (MPa)	220	400	500	400	500
Εφελκυστική αντοχή, $f_t$ (MPa)	340	500	550	440	550
Ανηγμένη επιμήκυνση μετά την θραύση, $\epsilon_5$ (%)	24	14	12	14	12

(Με Σήμανση Αναγνώρισης)

## Έλεγχοι για τον Προσδιορισμό των Μηχανικών Χαρακτηριστικών

- **Δοκιμή Εφελκυσμού:** Προϋποθέτει την αποκοπή τμήματος ράβδου μήκους περίπου 40 cm. Μπορεί να γίνει και σε δοκίμιο μικρότερου μήκους, κατόπιν συνεννόησης, αλλά στην περίπτωση αυτή μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια το όριο διαρροής και εφελκυστική αντοχή, όμως η παραμόρφωση θραύσης ενδέχεται να μην εκτιμηθεί σωστά.
- **Σκληρομέτρηση:** Διεξάγεται είτε στο εργαστήριο, με αποκοπή μικρού τεμαχίου χάλυβα, είτε επιτόπου του έργου με τη χρήση φορητών σκληρομέτρων. Για χάλυβες ΘΕ-Χ, ΨΚ-Ο και ΨΚ-Σ, ισχύει:  
ft (MPa)  $\approx$  3,40 έως 3,46 HV (σκληρότητα Vickers)  
fy (MPa)  $\approx$  3,27 HV (ακρίβεια εν γένει άνω του 90%)  
Για ΘΕ-Θ, οι σχέσεις είναι λιγότερο ακριβείς.

## Έλεγχοι για τον Προσδιορισμό των Μηχανικών Χαρακτηριστικών

- **Έλεγχος Μικρογραφικής Μορφής (Δομής):** Έμμεση μέθοδος μεγαλύτερης ακρίβειας, αλλά και δυσκολίας από τη σκληρομέτρηση και γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο μεταλλογραφικό εργαστήριο. Προσδιορίζεται με μεγάλη ακρίβεια η εφελκυστική αντοχή και η παραμόρφωση θραύσης. Απαιτείται δοκίμιο μικρού μήκους ( $\approx$  2 cm)

## Έλεγχος Συγκολλησιμότητας

- Αρχικά γίνεται Οπτικός Έλεγχος  $\rightarrow$  Προσδιορισμός τεχνικής κατηγορίας συγκολλησίμου χάλυβα
- Προσδιορισμός χημικής σύστασης με φασματοσκοπική ανάλυση σε μικρό τμήμα ράβδου (αρκεί μήκος 2 cm)

## Έλεγχος Χάλυβα από πλευράς διάβρωσης και ανθεκτικότητας

- **Αρχικά γίνεται Οπτικός Έλεγχος:**
  - Κηλίδες σκουριάς
  - Χαρακτηριστικές ρωγμές από τη διόγκωση
- **Διερεύνηση της έκτασης του φαινομένου:**
  - Αποκάλυψη τοπικά της ράβδου
  - Εκτίμηση βαθμού προσβολής κατ' αρχην οπτικώς ή και με μέτρηση απώλειας διατομής
  - Μείωση της διατομής κατά 5% ή της διαμέτρου κατά 0,5mm  $\rightarrow$  Επέμβαση
- Για σπλισμούς χωρίς νευρώσεις μετράται η διάμετρος της ράβδου σε θέση διαβρώσεως και σε θέση υγιούς ράβδου. Λαμβάνεται υπόψη η ανοχή αποκλίσεως από την ονομαστική διάμετρο.
- Για σπλισμούς με νευρώσεις γίνεται απότμηση τμήματος αν είναι εφικτό, αλλιώς γίνεται μέτρηση της απομένουσας διατομής λαμβάνοντας υπόψη ότι η διάμετρος του «κορμού» της ράβδου (χωρίς νευρώσεις) είναι μικρότερη από την ονομαστική διάμετρο της ράβδου.

## Έλεγχος Χάλυβα από πλευράς διάβρωσης και ανθεκτικότητας

- **Μέτρηση ενανθράκωσης του σκυροδέματος:**
  - Ψεκασμό διαλύματος φαινολοφθαλείνης στην παράπλευρη επιφάνεια πυρήνα σκυροδέματος που έχει αποκοπεί από την υπό εξέταση περιοχή. Μπορεί και με διατρήματα 20 mm Υγιές σκυροδέμα (pH > 9)  $\rightarrow$  Χρώμα Κόκκινο
  - Διάνοξη μικρής οπής, με βαθμιδωτά αυξανόμενο βάθος διάτρησης, στο στοιχείο με ηλεκτρικό δράπανο Συλλογή σκόνης σε κάθε βήμα διάτρησης. Αλλαγή του χρώματός της είναι δείγμα ενανθράκωσης
- **Μέτρηση περιεκτικότητας χλωριόντων:**
  - Αποκοπή τεμαχίων σκυροδέματος ή χρήση δοκιμίων πυρηνοληψίας
  - Αποδεκτή περιεκτικότητα < 1 % κ.β. τσιμέντου  $\approx$  7 % κ.β. σκυροδέματος
- **Έμμεσες ηλεκτροχημικές μέθοδοι:**  
Κατά το ASTM C 876-87, ανάλογα με τη διαφορά δυναμικού E χάλυβα - σκυροδέματος:
  - Όταν E > -200 mV<sub>cse</sub>, κατά πιθανότητα 90% δεν συμβαίνει διάβρωση
  - Όταν E < -350 mV<sub>cse</sub>, κατά πιθανότητα 90% συμβαίνει διάβρωση
  - Όταν -200 mV<sub>cse</sub> > E > -350 mV<sub>cse</sub>, δεν είναι βέβαιο αν συμβαίνει ή όχι διάβρωση

## Γεωμετρική Αποτύπωση των Οπλισμών (Θέση, διάμετρος, διάταξη)

### ■ Μαγνητική σάρωση:

Με χρήση μαγνητόμετρων εκτιμώνται τα εξής:

- Πλήθος και Θέση των επιφανειακών ράβδων
- Πάχος της επικάλυψης
- Διάμετρος της ράβδου με μικρότερη ακρίβεια

### ■ Ραδιογραφίες:

- Εκτελούνται από εξειδικευμένο προσωπικό, κατάλληλο εξοπλισμό και με αδειοδότηση από την ΕΕΑΕ
- Η τυπική διάταξη αποτελείται από ραδιενεργό πηγή στη μια και κατάλληλο ραδιογραφικό φιλμ στην άλλη πλευρά του αντικειμένου
- Για πάχη έως 30 cm    Ακτίνες Χ  
Για πάχη έως 35 cm    Ιρίδιο  
Για πάχη έως 60 cm    Κοβάλτιο  
Για πάχη έως 2,00 m    Γραμμικοί επιταχυντές (LINA)



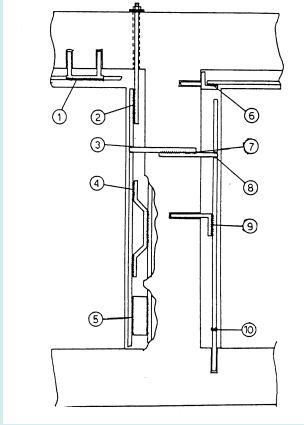
## ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ ΠΑΛΑΙΩΝ - ΝΕΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

### Σε ποιες περιπτώσεις χρειάζονται;

- 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



## Συγκολλήσεις Ράβδων Οπλισμού



Είδη συγκολλήσεων:

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

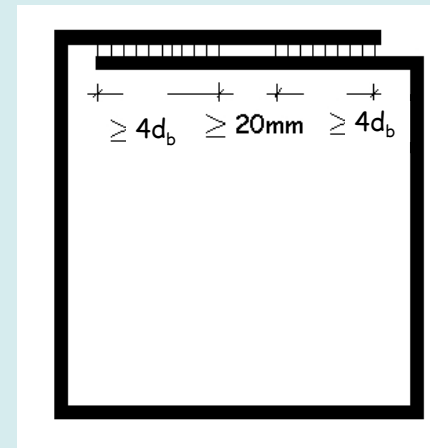


Χρήση Ηλεκτροσυγκολλημένων Συνδέσμων





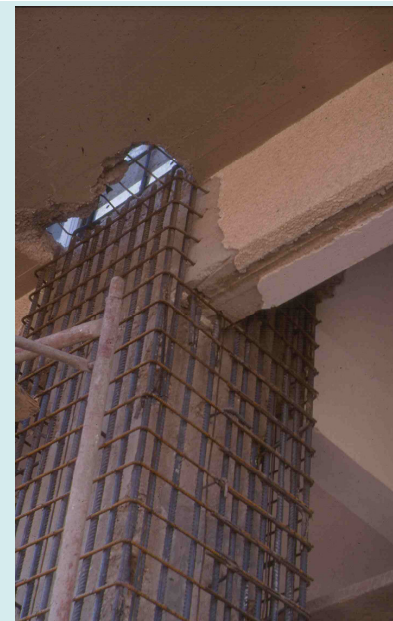
**Άνοιγμα Συνδετήρων**



**Μορφή συνδετήρα με ηλεκτροσυγκολλημένα άκρα**



**Ηλεκτροσυγκόλληση Άκρων Συνδετήρων Μανδύα**

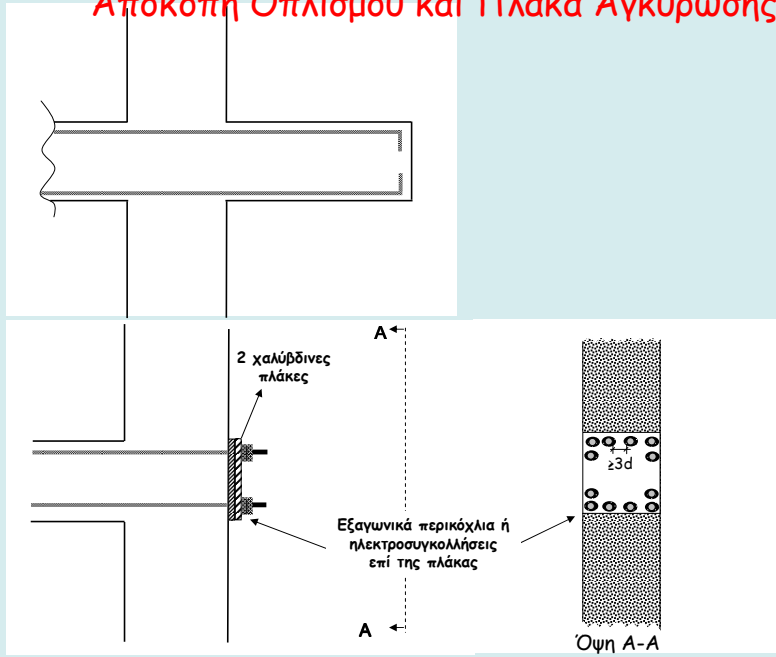


**Συνδετήρες εκτός του κόμβου**

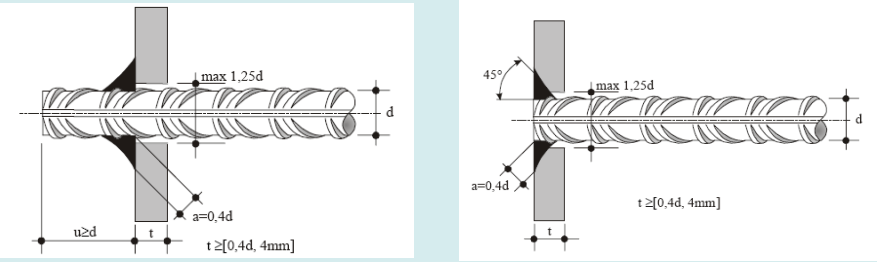


**Ορθογωνικοί συνδετήρες με συγκόλληση 2 τμημάτων Π**

## Αποκοπή Οπλισμού και Πλάκα Αγκύρωσης



## Συγκολλήσεις επί Εγκάρσιου Χαλύβδινου Στοιχείου (Κ.Τ.Χ. 2008)

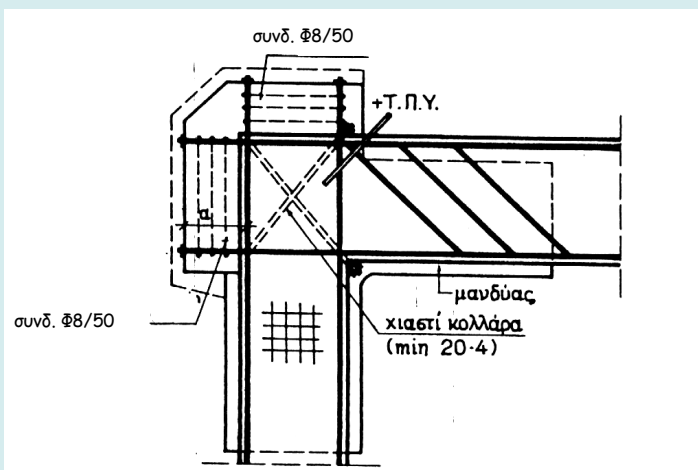


Ράβδος διερχόμενη από χαλύβδινο στοιχείο

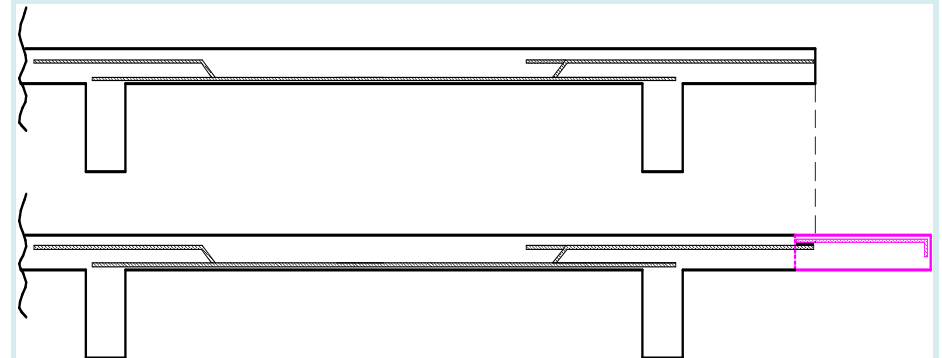
Ράβδος αγκυρούμενη εντός του πάχους του χαλύβδινου στοιχείου

- Για περισσότερες από μία ράβδους  $s \geq 3d$
- Στις περιπτώσεις αγκυρώσεων ο ΕΚΩΣ απαιτεί δοκιμές και "εγκριτικές αποφάσεις"

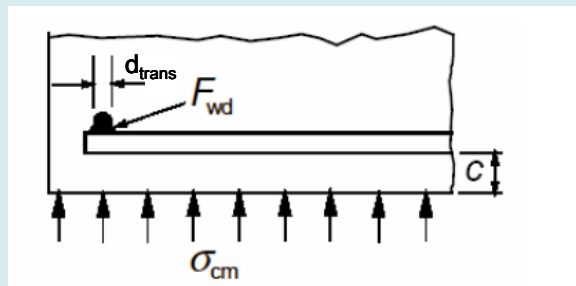
## Προσθήκη μήκους αγκύρωσης - τεχνική "καμπούρας"



## Επέκταση Οπλισμού Προβόλων



## Συγκολλημένη Εγκάρσια Ράβδος Εκτός της Μάζας του Σκυροδέματος ως Σύστημα Αγκύρωσης

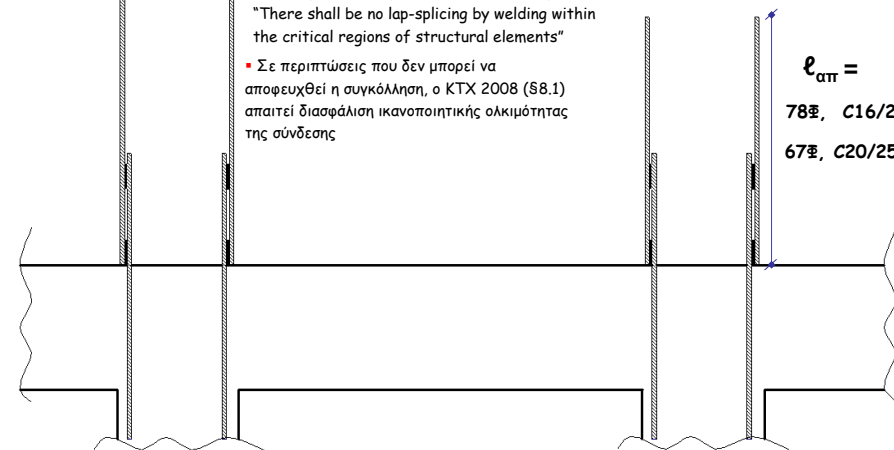


Μείωση απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης κατά 30% (ΕΚΩΣ § 17.6.1)

## Κοντές Αναμονές:

Στις κρίσιμες περιοχές των δομικών στοιχείων

- Ο Ευρωκώδικας 8, prEN 1998-1, (§ 5.6.3) δεν επιτρέπει ηλεκτροσυγκολλήσεις με υπερκάλυψη. "There shall be no lap-splicing by welding within the critical regions of structural elements"
- Σε περιπτώσεις που δεν μπορεί να αποφευχθεί η συγκόλληση, ο ΚΤΧ 2008 (§8.1) απαιτεί διασφάλιση ικανοποιητικής ολκιμότητας της σύνδεσης



$$l_{\alpha\pi} = 78\Phi, C16/20$$

$$67\Phi, C20/25$$

Συγκόλληση ράβδων ορόφου

Συγκόλληση αναμονών

## Συγκόλληση κατά Παράθεση

### Μειονεκτήματα

Εκτροπή άκρων συγκολλημένων ράβδων

➔ Πιθανή αποδιοργάνωση περιβάλλοντος σκυροδέματος

Διπλασιασμός διατομής σπλισμού

➔ Ελαστική συμπεριφορά Σύνδεσης

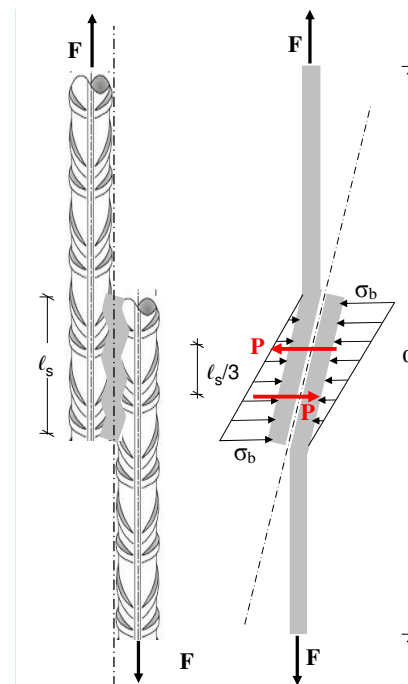
➔ Όχι πλαστική άρθρωση

### Πλεονεκτήματα

Συνήθης δεξιότητα του συγκολλητή είναι επαρκής

Μικρά ελαττώματα στη συγκόλληση είναι ανεκτά

για την επάρκεια της σύνδεσης



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

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

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

Έστω  $\Phi 20$

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

Έστω  $l_s = 12\Phi$

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

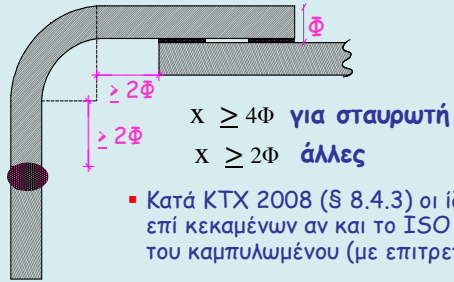
$$\frac{\sigma_b}{2} = \frac{16,3}{2} = 8,15 \text{ MPa}$$



## Κάμψεις Συγκολλημένων Οπλισμών

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

Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης για συγκολλημένους σταυρωτούς οπλισμούς  
 Κάμψη οπλισμού μακριά από θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης  
 ΚΤΧ2008 → ΕΚΩΣ (§ 17.2.3.2)



- Κατά ΚΤΧ 2008 (§ 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  $C_{eq} < 0.70\%$

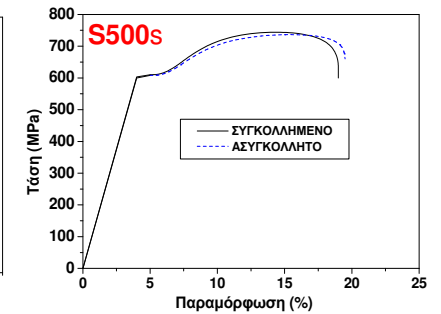
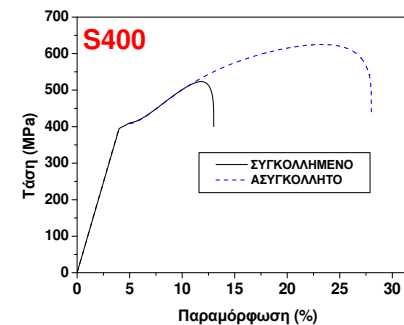
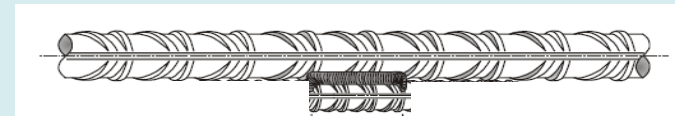
→ Συγκολλησιμος υπό προϋποθέσεις (Κ.Τ.Χ.2008)  
 STIII, S400 :

$C \geq 0.45\%$  ή/και  $C_{eq} \geq 0.70\%$

→ Μη Συγκολλησιμος (Κ.Τ.Χ.2008)

(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



## Συγκόλληση Χαλύβων "Συγκολλησίμων υπό προϋποθέσεις"

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

### Βήματα Εργασίας

#### Βήμα 1ο: Καθαρισμός παλαιού οπλισμού

- Σκουριά
- Οργανικές και λιπαρές ουσίες

#### Βήμα 2ο: Προθέρμανση

- $T=200^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$  σε όλο το μήκος της σύνδεσης + 50mm εκατέρωθεν
- Μέτρηση T με φορητό θερμοστοιχείο  
Εναλλακτικά με θερμοευαίσθητους χρωματοδείκτες (κιμωλίες)

## Βήμα 3ο: 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-CO<sub>2</sub> (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  
( $f_y=460\text{MPa}$ ,  $f_t=570\text{MPa}$ ,  $\epsilon_s=22\%$ )

### ▪ Μετωπική Συγκόλληση

Μέθοδος: Ημιαυτόματη συγκόλληση σε ατμόσφαιρα Ar-CO<sub>2</sub>  
(GMAW ή MAG)

Δεν επιτρέπεται η χειρονακτική (SMAW)

- κίνδυνος παρουσίας μη μεταλλικών εγκλεισμάτων
- διασπορά στα μηχανικά χαρακτηριστικά

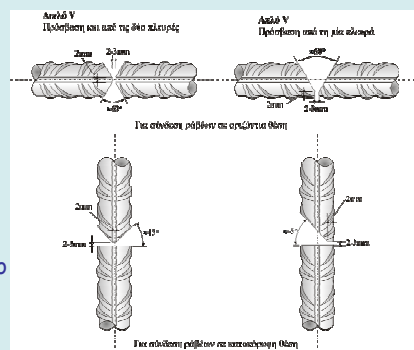
Ηλεκτρόδια όπως και στην κατά παράθεση

ER-70S6 για S400  
ER-80S-G για S500

- Λοξοτομές όπως και για τους νέους οπλισμούς  
(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 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 χειρωνακτικές ή ημιαυτόματες διαδικασίες στο εργοτάξιο  
Ελέγχεται η ικανότητα του ηλεκτροσυγκολλητή