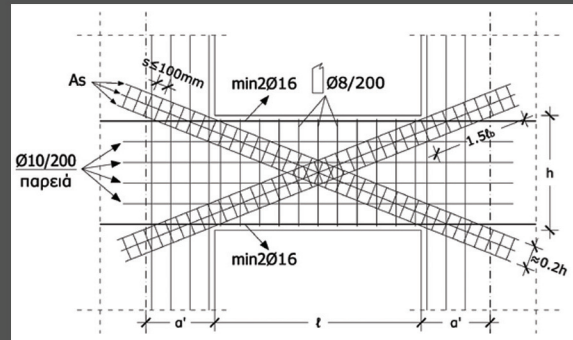


ΙΓΝΑΤΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Π.Θ.

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ
ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ
ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ MSc

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2006

**ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ
ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

ΙΓΝΑΤΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Π.Θ.

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ
ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ MSc

Επικοινωνία:

- ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑΣ
ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ
Θεσσαλονίκη – 54124, Τ.Θ.:482, Τηλ.: (2310) 995817, Fax: (2310) 995614,
email: panagor@civil.auth.gr
- ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΑΣΕΕ – ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΑΕ
Όθωνος 86^Α & Κόκκοτα, 14561 Κηφισιά, Τ.Θ.: 51020
Τηλ.: 210 6283400, Fax: 210 8015614,
email: info@halyvourgia.gr

Χορηγοί:



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στόχος του παρόντος εγχειριδίου είναι η κωδικοποίηση και η υποδειγματική εφαρμογή των διατάξεων διαμόρφωσης και τοποθέτησης των οπλισμών σε δομικά στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος σύμφωνα με τον ΕΚΟΣ2000. Οι διατάξεις αυτές περιλαμβάνονται κυρίως στα κεφάλαια 5, 17 και 18 του Κανονισμού.

Αποτελεί κοινή διαπίστωση όλων των εμπλεκομένων στην μελέτη και κατασκευή έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα ότι, εξαιτίας της πολυπλοκότητας και της σημαντικής διόγκωσης των σύγχρονων κανονιστικών κειμένων, τα θέματα της διαμόρφωσης των οπλισμών και της κατασκευαστικής διαμόρφωσης των δομικών στοιχείων αποτελούν μόνιμη πηγή προβληματισμού αλλά και προστριβών μεταξύ των μελετητών μηχανικών και ελεγκτικών μηχανισμών από τη μία πλευρά και των κατασκευαστών και επιβλεπόντων από την άλλη.

Η παρούσα προσπάθεια κωδικοποίησης και υποδειγματικής (έως και σχολαστικής) εφαρμογής των διατάξεων αυτών ελπίζεται ότι θα βοηθήσει στο ξεκαθάρισμα του τοπίου και θα αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για όλους τους εμπλεκόμενους στο ευρύτερο σύστημα παραγωγής έργων οπλισμένου σκυροδέματος. Τονίζεται ότι η πλήρης κατανόηση του “γράμματος” του Κανονισμού είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τον τελικό στόχο που δεν είναι άλλος από **το σχεδιασμό ασφαλών και οικονομικών έργων σύμφωνα με το “πνεύμα” του Κανονισμού.**

Ο συντάκτης του εγχειριδίου συγχαίρει τους χορηγούς για την πρωτοβουλία προώθησης της προσπάθειας αυτής και τους ευχαριστεί για την οικονομική τους στήριξη.

Θεσσαλονίκη
Ιανουάριος 2006

Ιγνατάκης Χρήστος
Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κεφάλαια του παρόντος εγχειριδίου περιλαμβάνουν μια στοιχειώδη θεωρητική εισαγωγή στο κάθε αντικείμενο, παράθεση των αντίστοιχων διατάξεων του ΕΚΟΣ2000, σχολιασμό τυχόν προβλημάτων και υποδειγματική εφαρμογή των διατάξεων με σχήματα και πίνακες.

Η αρίθμηση των κεφαλαίων δε συναρτάται με αυτή του ΕΚΟΣ2000, αλλά σε κάθε θέμα σημειώνονται σε αγκύλες οι αντίστοιχες παράγραφοι του Κανονισμού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii
1 ΧΑΛΥΒΕΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 3.1]	1
1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ	1
1.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ	2
2 ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΗΣ [ΕΚΟΣ 5, 17]	3
2.1 ΚΑΜΠΥΛΩΣΕΙΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.2.3]	3
2.2 ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 5.1]	4
2.2.1 Εισαγωγή.....	4
2.2.2 Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος (Κ.Π.).....	4
2.2.3 Ελάχιστο πάχος επικάλυψης (c_{min}).....	5
2.2.4 Ονομαστικό πάχος επικάλυψης (c_{nom})	5
2.2.5 Επιδερμικός οπλισμός δομικών στοιχείων [ΕΚΟΣ 15.6]	6
2.3 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.4]	7
2.4 ΣΥΝΑΦΕΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.5]	9
2.4.1 Ορισμοί	9
2.4.2 Κατανομή τάσεων συνάφειας στο μήκος αγκύρωσης	9
2.4.3 Επιρροή της θέσης της ράβδου στην τάση συνάφειας.....	10
2.4.4 Συνθήκες συνάφειας.....	11
2.4.5 Τάση συνάφειας σχεδιασμού	11
2.5 ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ [ΕΚΟΣ 17.6]	12
2.5.1 Τύποι αγκυρώσεων [ΕΚΟΣ 17.6.1].....	12
2.5.2 Βασικό μήκος αγκύρωσης (l_b) [17.6.2]	13
2.5.3 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης ($l_{b,net}$) [ΕΚΟΣ 17.6.3]	14
2.5.4 Διατάξεις αγκύρωσης διαμήκων ράβδων δοκών και στύλων [ΕΚΟΣ 18.3.5, 18.4.6]	15
2.6 ΕΝΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.7]	26
2.6.1 Είδη ενώσεων	26

2.6.2	Ενώσεις με υπερκάλυψη	26
2.6.3	Αναμονές υποστυλωμάτων [ΕΚΟΣ 18.4.7].....	29
2.6.4	Ένωση οπλισμών με συγκόλληση	30
2.7	ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΙΑΜΗΚΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ [ΕΚΟΣ 11.2.4, 17.8].....	32
2.7.1	Κανόνας μετατόπισης περιβάλλουσας ροπών.....	32
2.7.2	Αγκύρωση διαμήκων ράβδων εκτός στηρίξεων [ΕΚΟΣ 17.8.3]	33
2.7.3	Αγκυρώσεις σε ακραίες στηρίξεις [ΕΚΟΣ 17.8.4]	34
2.7.4	Αγκυρώσεις σε ενδιάμεσες στηρίξεις [ΕΚΟΣ 17.8.5]	35
2.8	ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ [εκοσ 17.9].....	36
2.8.1	Αγκύρωση άκρων των συνδετήρων [ΕΚΟΣ 17.9.1]	36
2.8.2	Διαμόρφωση συνδετήρων [ΕΚΟΣ 17.9.2, 3, 4].....	36
2.9	ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΣΥΡΡΑΦΗΣ ΑΡΜΩΝ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ [ΕΚΟΣ 17,11].....	37
2.10	ΔΕΣΜΕΣ ΡΑΒΔΩΝ [ΕΚΟΣ 17.12]	39
3	ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	40
3.1	ΑΝΟΧΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ [ΕΚΟΣ 5.2].....	40
3.2	ΠΛΑΚΕΣ [ΕΚΟΣ 18.1, 18.2]	41
3.2.1	Πάχος πλακών	41
3.2.2	Συμπαγείς πλάκες.....	42
3.2.3	Πλάκες με νευρώσεις ή σώματα πλήρωσης [ΕΚΟΣ 18.2]	45
3.3	ΔΟΚΟΙ.....	46
3.3.1	Ορισμοί-Γεωμετρικά στοιχεία [ΕΚΟΣ 18.3.1, 3]	46
3.3.2	Διαμήκεις οπλισμοί [ΕΚΟΣ 18.3.2]	47
3.3.3	Οπλισμός διάτμησης (συνδετήρες) [ΕΚΟΣ 18.3.4]	49
3.3.4	Οπλισμοί στρέψης [ΕΚΟΣ 18.3.7]	50
3.3.5	Αγκυρώσεις διαμήκων ράβδων και συνδετήρων.....	50
3.3.6	Έλεγχος (περιορισμός) εύρους ρωγμών [ΕΚΟΣ 15.3]	50
3.3.7	Οπλισμός παρειών σε υψίκορμες δοκούς	51
3.4	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	53
3.4.1	Γεωμετρικά στοιχεία [ΕΚΟΣ 18.4.2, 5].....	53
3.4.2	Διαμήκεις οπλισμοί [ΕΚΟΣ 18.4.3]	54

3.4.3	Εγκάρσιοι οπλισμοί (συνδετήρες, σύνδεσμοι) [ΕΚΟΣ 18.4.4] ..	55
3.4.4	Οπλισμός περίσφιξης κρίσιμων περιοχών [ΕΚΟΣ 18.4.4.2]	55
3.4.5	Υποστυλώματα με σπειροειδή οπλισμό [ΕΚΟΣ 18.4.8]	57
3.4.6	Κοντά υποστυλώματα [ΕΚΟΣ 18.4.9].....	57
3.4.7	Αγκυρώσεις διαμήκων οπλισμών [ΕΚΟΣ 18.4.6].....	58
3.4.8	Αναμονές υποστυλωμάτων [ΕΚΟΣ 18.4.7].....	58
3.5	ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	59
3.5.1	Ορισμοί – Γεωμετρικά στοιχεία [ΕΚΟΣ 18.5.1, 2 και ΕΑΚ Παρ/μα Β.1.4]	59
3.5.2	Οπλισμός τοιχωμάτων [ΕΚΟΣ 18.5.3, 5, 6, 7].....	60
3.5.3	Διασταυρώσεις τοιχωμάτων [ΕΚΟΣ 18.5.4].....	61
3.5.4	Ανοίγματα σε τοιχώματα [ΕΚΟΣ 18.5.8].....	62
3.5.5	Συζευγμένα τοιχώματα – Δοκοί σύζευξης [ΕΚΟΣ 18.5.8]	62
3.6	ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ	64
3.6.1	Περιμετρικά τοιχώματα υπογείων [ΕΚΟΣ 18.6.1]	64
3.6.2	Μεμονωμένα πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων [ΕΚΟΣ 18.6.2].....	65
3.6.3	Συνδετήριες δοκοί [ΕΚΟΣ 18.6.3, ΕΑΚ 5.2.4.2].....	65
3.6.4	Πεδιλοδοκοί [ΕΚΟΣ 18.6.4].....	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		67

1 ΧΑΛΥΒΕΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 3.1]

1.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ

- Προτιμώμενες ονομαστικές διαμέτροι ευθύγραμμων ράβδων (ΕΛΟΤ 1421-1)
 \varnothing (mm): 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 40, 50
 - Λείες ράβδοι: Ονομαστική \varnothing = Μετρούμενη \varnothing
 - Νευροχάλυβες: Ονομαστική \varnothing $\begin{cases} \neq \text{Μετρούμενη } \varnothing \text{ (μεταβλητή)} \\ = \text{Ισοδύναμη } \varnothing \text{ (κατά βάρος)} \end{cases}$Μέση πυκνότητα υλικού: 7.85gr/cm³
- Διάκριση ράβδων με κριτήριο την εξωτερική επιφάνεια
 - S220: Λείες ράβδοι θερμής εξέλασης
 - S400/500, S400s/500s, B500C: Νευροχάλυβες
- Διάκριση υλικού με κριτήριο τη συγκολλησιμότητα
 - S220, S400/500: Συγκολλησιμοι υπό προϋποθέσεις (ΕΛΟΤ 959)
 - S400s/500s, B500C: Συγκολλησιμοι (ΕΛΟΤ 971, ΕΛΟΤ 1421-3)
- Διάκριση υλικού με κριτήριο την ολκιμότητα
 - N: Χάλυβες συνήθους ολκιμότητας. Επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο σε πλάκες και δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (ΧΑΑΠ)
 - H: Χάλυβες υψηλής ολκιμότητας. Χρησιμοποιούνται σε όλα τα δομικά στοιχεία. Χρησιμοποιούνται και εντός των κρίσιμων περιοχών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (ΜΑΑΠ) εφόσον ικανοποιούνται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις του Πίνακα 1.1.
 - B500C: Νέος βελτιωμένος τύπος χάλυβα πολύ υψηλής ολκιμότητας σύμφωνα με τα νέα πρότυπα ΕΛΟΤ 1421-3 και EN10080 κατάλληλος για κάθε δομικό στοιχείο.

1.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ

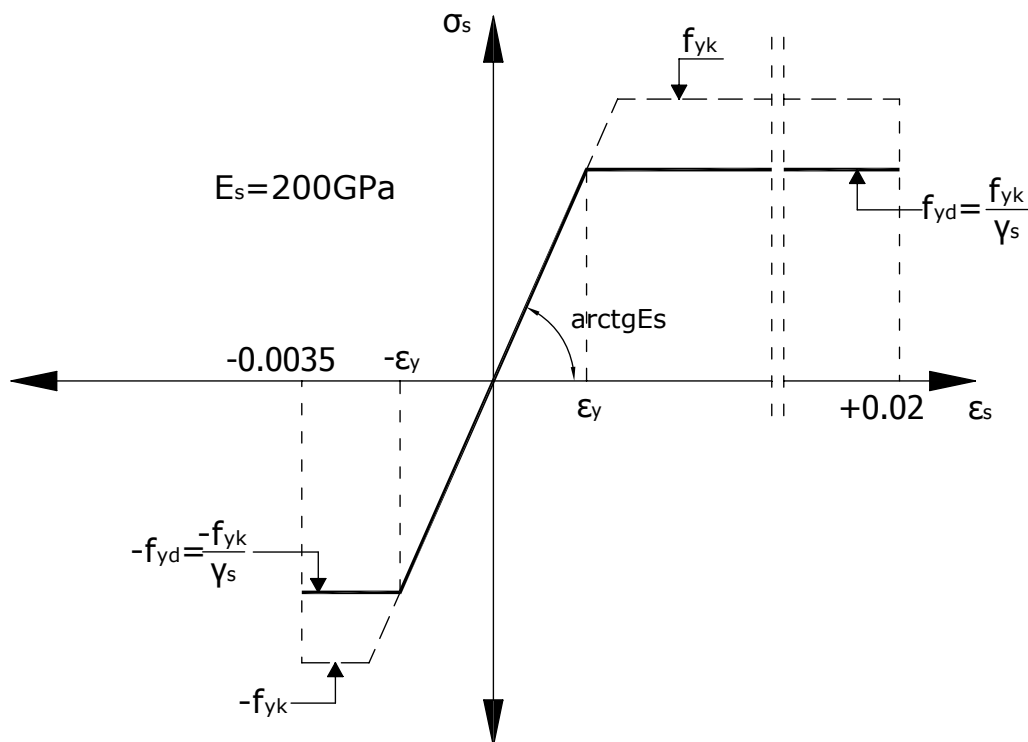
Πίνακας 1.1 Ιδιότητες χαλύβων οπλισμένου σκυροδέματος [ΕΚΟΣ Πιν.Σ3.1]

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ		ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			
		ΜΕ αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (Μ.Α.Α.Π.)		ΧΩΡΙΣ αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (Χ.Α.Α.Π.)	
Χαρακτηριστικές τιμές με ποσοστημόριο συμμόρφωσης 90%		Κρίσιμες περιοχές	Λοιπές περιοχές	Στύλοι Τοιχώματα	Πλάκες Δοκοί
I	Ομοιόμορφη ϵ_{uk}	$\geq 7.00\%$	$> 5.00\%$	$> 5.00\%$	$> 2.50\%$
II	$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.10	> 1.08	> 1.08	> 1.05
III		≤ 1.35	-	-	-
IV	$(f_{y,act}/f_{y,nom})_k$	≤ 1.30	-	-	-
Συμβολισμός		B500C	H	H	H ή N

Απαιτήσεις I, II : Εξασφαλίζουν υψηλή πλαστιμότητα

Απαιτήσεις III, IV : Εξασφαλίζουν αξιόπιστα άνω όρια μετελαστικών υπεραντοχών

- Απλοποιημένο διάγραμμα σχεδιασμού (σ - ϵ) [ΕΚΟΣ 10.4.4]



Σχήμα 1.1 Διάγραμμα (σ - ϵ) χάλυβα

2 ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΗΣ [ΕΚΟΣ 5, 17]

2.1 ΚΑΜΠΥΛΩΣΕΙΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.2.3]

- Αναγκαιότητα περιορισμού διαμέτρου καμπύλωσης
 - Χάλυβας: Αποφυγή ρηγματώσης ή σπασίματος (Πιν. 2.1: Σειρές Α)
 - Σκυρόδεμα: Αποτροπή ρηγματώσης ή διάρρηξης (Πιν. 2.1: Σειρές Β)
- Επιτρεπόμενες διάμετροι (D) τυμπάνου καμπύλωσης

Πίνακας 2.1 Ελάχιστες διάμετροι καμπύλωσης D [ΕΚΟΣ Πίν. 17.1]

α/α	Χάλυβας		S220	S400, S500	
	Ράβδος \emptyset (mm)		Άγκιστρα πέρατος ράβδων, αναβολείς		
A1	<20		2.5 \emptyset	4.0 \emptyset	
A2	≥ 20		5.0 \emptyset	7.0 \emptyset	
α/α	Επικάλυψη κάθετα στο επίπεδο καμπύλωσης		Αξονική απόσταση ράβδων	Καμπυλώσεις ράβδων Καμπύλες αγκυρώσεις	
				S220	S400, S500
B1	>100mm	και	>7.0 \emptyset	10 \emptyset	10 \emptyset
B2 ⁽¹⁾	>50mm	και	>3.0 \emptyset	10 \emptyset	15 \emptyset
B3 ⁽¹⁾	≤ 50 mm	ή	$\leq 3.0\emptyset$	15 \emptyset	20 \emptyset

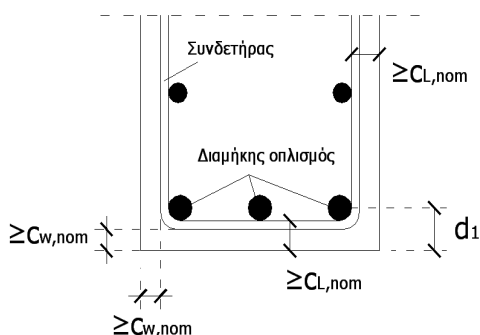
- Καμπύλωση συγκολλητών ράβδων ή δομικών πλεγμάτων
 - Εάν η αρχή καμπύλωσης απέχει από το σημείο συγκόλλησης >4 \emptyset : Ισχύει ο πίνακας 2.1
 - Σε διαφορετική περίπτωση $D \geq 20\emptyset$ (ακόμα και για καμπύλωση στο σημείο συγκόλλησης)

⁽¹⁾ Εφόσον κάμπτονται στην ίδια θέση ράβδοι από περισσότερες στρώσεις αυξάνεται η D κατά 50% για τις ράβδους των εσωτερικών στρώσεων

2.2 ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 5.1]

2.2.1 Εισαγωγή

- Αναγκαιότητα εισαγωγής περιορισμών
 - Εξασφάλιση επαρκούς συνάφειας
 - Επιβράδυνση διάβρωσης οπλισμών
 - Αύξηση ανθεκτικότητας σε πυρκαγιά
- } Αύξηση ανθεκτικότητας σε διάρκεια
- Ελάχιστο πάχος επικάλυψης: c_{min}
 - Ονομαστική επικάλυψη (σχεδιασμού): $c_{nom} = c_{min} + (5 \div 10)mm$



Προσοχή: Η εξασφάλιση του απαιτούμενου πάχους επικάλυψης αφορά σε κάθε μορφής οπλισμούς (διαμήκεις ή συνδετήρες).

Σχήμα 2.1 Πάχος επικάλυψης

2.2.2 Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος (Κ.Π.)

Πίνακας 2.2 Κατηγορίες Συνθηκών περιβάλλοντος

Κατηγορία		Χαρακτηριστικά
1	Ελάχιστα διαβρωτικό	<ul style="list-style-type: none"> - Εσωτερικοί χώροι κτιρίων κατοικιών ή γραφείων - Χώροι με μικρά διαστήματα υψηλής σχετικής υγρασίας
2	Μετρίως διαβρωτικό	<ul style="list-style-type: none"> - Εσωτερικοί χώροι με υψηλή σχετική υγρασία - Εξωτερικοί χώροι χωρίς διαβρωτική ατμόσφαιρα - Φυσικό νερό χωρίς διαβρωτικές ουσίες
3	Παραθαλάσσιο	<ul style="list-style-type: none"> - Παραθαλάσσιες περιοχές (απόσταση από την ακτή $\leq 1km$).
4	Πολύ διαβρωτικό	<ul style="list-style-type: none"> - Βιομηχανικές ζώνες - χώροι με υψηλή συγκέντρωση διαβρωτικών ουσιών

Δομικά στοιχεία με όψεις που εμπίπτουν σε διαφορετικές κατηγορίες σχεδιάζονται με τη δυσμενέστερη

2.2.3 Ελάχιστο πάχος επικάλυψης (c_{min})

Πίνακας 2.3 Ελάχιστες επικαλύψεις c_{min} (σε mm) [ΕΚΟΣ Πίν. 5.1]

Βασικές τιμές c_{min}				Πλάκες ή κελύφη	Προτανυόμενοι τένοντες	Προεντεταμένοι τένοντες
Κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος						
1	2	3	4 ⁽¹⁾	-5	+5	+10
20	25	30	30÷45			

- Κατώτερη τελική τιμή $c_{min} \geq 15\text{mm}$ ή $\begin{cases} \varnothing + 10\text{mm} \text{ (Κ.Π. 1, 2)} \\ \varnothing + 20\text{mm} \text{ (Κ.Π. 3, 4)} \end{cases}$
(Δέσμες ράβδων: τίθεται $\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n}$)
- Αδρανή μέγιστου κόκκου $> 32\text{mm}$ και εφόσον $c_{min} \leq 30\text{mm}$: $c'_{min} = c_{min} + 5\text{mm}$
- Σκυροδέτηση επί αδιαμόρφωτου εδάφους: $c_{min} = 75\text{mm}$
- Σκυροδέτηση επί σκυροδέματος καθαριότητας: $c_{min} = 40\text{mm}$
- Έργα υποθαλάσσια ή διαβρεχόμενα από θαλασσινό νερό: $c_{min} = 40\text{mm}$
- Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων ή θειοϊόντων: Ειδική μελέτη

2.2.4 Ονομαστικό πάχος επικάλυψης (c_{nom})

Πίνακας 2.4 Ονομαστική επικάλυψη c_{nom} (mm) σε στοιχεία ανωδομής

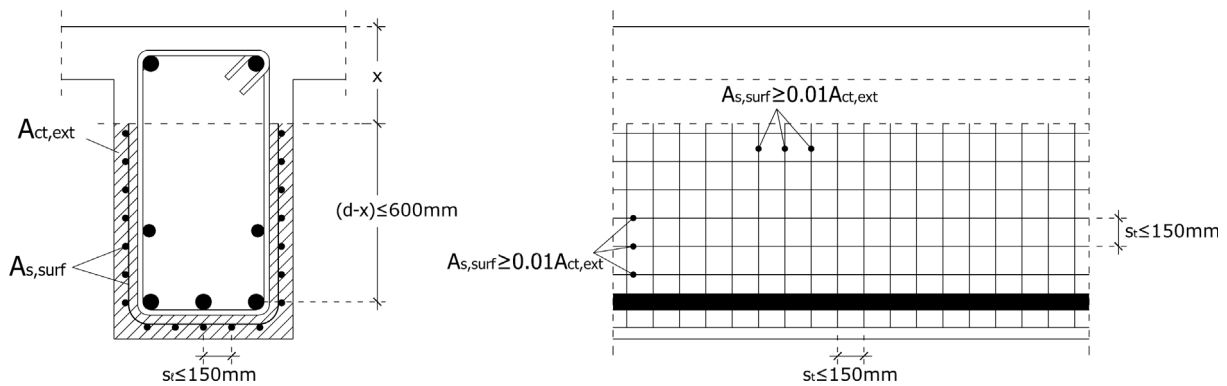
Δομικό στοιχείο	Κατηγορία περιβάλλοντος (Κ.Π.)			
	1	2	3	4
Πλάκες, κελύφη	20	25	30	30÷45
Λοιπά στοιχεία	25	30	35	35÷50

Προσοχή: Η εξασφάλιση του απαιτούμενου c_{nom} αφορά κάθε μορφής οπλισμούς (διαμήκεις ή συνδετήρες).

⁽¹⁾ Ανάλογα με το βαθμό προσβολής: 30,35,40 ή 45mm.

2.2.5 Επιδερμικός οπλισμός δομικών στοιχείων [ΕΚΟΣ 15.6]

- Τοποθετείται εφόσον $c_{min} > 50\text{mm}$ ($c_{nom} > 55$ ή 60mm)
- Στόχος: Περιορισμός ρηγματώσης ή απολέπισης της επικάλυψης
- Θέση: Στην περίμετρο της εφελκυσμένης ζώνης
- Μορφή: Πλέγματα λεπτών ράβδων υψηλής συνάφειας
- Διατομή: $A_{s,surf} \geq 0.01A_{ct,ext}$



Σχήμα 2.2 Επιδερμικός οπλισμός

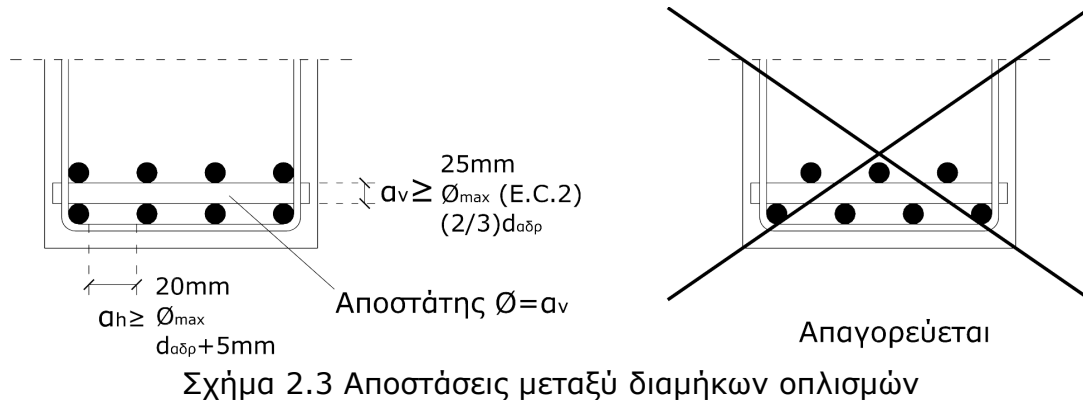
Εφαρμογή: Έστω $c_{min} = 50\text{mm} \rightarrow c_{nom} = 55\text{mm}$

$$A_{s,surf} \geq 5.5\text{cm}^2/\text{m} \rightarrow \begin{cases} > \# \text{Ø}10 / 150 \\ \quad \text{ή} \quad \text{!!!} \\ > \# \text{Ø}8 / 100 \end{cases}$$

- Διατάξεις του Ε.Σ.2 για τον επιδερμικό οπλισμό
 - Απαιτείται $A_{s,surf} \geq 0.01A_{ct,ext}$, ανεξάρτητα από το πάχος της επικάλυψης, σε δομικά στοιχεία με διαμήκεις ράβδους $\text{Ø}_L > \text{Ø}32$ ή δέσμες με $\text{Ø}_n > 32\text{mm}$
 - Απαιτείται $A_{s,surf} \geq 0.005A_{ct,ext}$, ανεξάρτητα από τη διάμετρο των διαμήκων ράβδων, εφόσον $c_{nom} > 70\text{mm}$
 - Απαιτείται επικάλυψη του $A_{s,surf}$ σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις
 - Ο $A_{s,surf}$ επιτρέπεται να συνυπολογισθεί ως διαμήκης ή εγκάρσιος οπλισμός του στοιχείου, εφόσον διαμορφωθεί και αγκυρωθεί κατάλληλα.

2.3 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.4]

- Αναγκαιότητα εισαγωγής περιορισμών
 - Επιτυχής διάστρωση και συμπύκνωση σκυροδέματος
 - Εξασφάλιση επαρκούς συνάφειας
- Περιορισμοί



- Εξαιρέσεις

Οι περιορισμοί δεν ισχύουν:

- Σε περιοχές ένωσης ράβδων [ΕΚΟΣ 17.7, 2.6 παρόντος]
- Σε δέσμες ράβδων [ΕΚΟΣ 17.12, 2.10 παρόντος]
- Στα πλέγματα διπλών ράβδων

όπου οι ράβδοι επιτρέπεται έως και να εφάπτονται

Πίνακας 2.5 Μέγιστο επιτρεπόμενο πλήθος διαμήκων ράβδων (\emptyset_L) σε μία στρώση

\emptyset_L (mm)	Κ.Π.	Πλάτος δομικού στοιχείου (mm)								$C_{L,nom}$ (mm)	$C_{w,nom} + \emptyset_w$ (mm)
		150	200	250	300	350	400	450	500		
12	1	3	(5)	6	8	(10)	11	(13)	(15)	27	33
	2	(3)	4	6	(8)	9	(11)	(13)	(14)	27	38
	3	2	4	(6)	7	(9)	(11)	12	(14)	37	43
14	1	3	4	6	7	(9)	(11)	(12)	(14)	29	33
	2	2	4	(6)	7	(9)	10	(12)	13	29	38
	3	2	(4)	5	7	8	(10)	11	(13)	39	43
16	1	(3)	4	5	7	8	(10)	11	(13)	31	33
	2	2	4	5	(7)	8	(10)	(11)	(13)	31	38
	3	2	3	5	6	(8)	9	(11)	12	41	43
18	1	2	4	5	(7)	8	9	(11)	(12)	33	33
	2	2	3	5	6	(8)	9	10	(12)	33	38
	3	2	3	(5)	6	7	(9)	10	(12)	43	43
20	1	2	3	5	6	7	(9)	10	11	35	33
	2	2	3	(5)	6	7	(9)	(10)	11	35	38
	3	2	3	4	(6)	7	8	9	(11)	45	43
22	1	2	3	4	5	(7)	(8)	9	10	37	33
	2	2	3	4	5	(7)	(8)	9	10	37	38
	3	-	(3)	4	5	6	7	8	(10)	47	43
25	1	-	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	40	33
	2	-	(3)	(4)	(5)	(5)	(7)	(8)	(9)	40	38
	3	-	2	3	4	5	6	7	8	50	43
28	1	-	2	3	4	5	6	7	(8)	43	33
	2	-	2	3	4	5	6	7	(8)	43	38
	3	-	2	3	(4)	(5)	(6)	6	7	53	43
32	1	-	2	(3)	3	4	5	6	(7)	47	33
	2	-	2	(3)	3	4	5	6	(7)	47	38
	3	-	-	2	3	4	(5)	(6)	6	57	43

- Εφαρμόστηκαν οι διατάξεις των §5.1 και 17.4 του ΕΚΟΣ
- Θεωρήθηκαν συνδετήρες διαμέτρου $\emptyset_w=8\text{mm}$
- Οι αριθμοί σε παρένθεση υποδηλώνουν μικρό έλλειμμα πλάτους (απόσταση μεταξύ ράβδων: $0.9a_h \leq a_h' \leq a_h$)
- Κατηγορίες περιβάλλοντος (Κ.Π.):
(1) Ελάχιστα διαβρωτικό, (2) Μέτρια διαβρωτικό, (3) Παραθαλάσσιο
- Τελική τιμή επικάλυψης σχεδιασμού διαμήκων ράβδων ($C_{L,max}$):

$$C_{L,max} = \max \begin{cases} C_{w,nom} + \emptyset_w \\ C_{L,nom} = \emptyset_L + (10 \text{ ή } 20\text{mm}) + 5\text{mm} \end{cases}$$

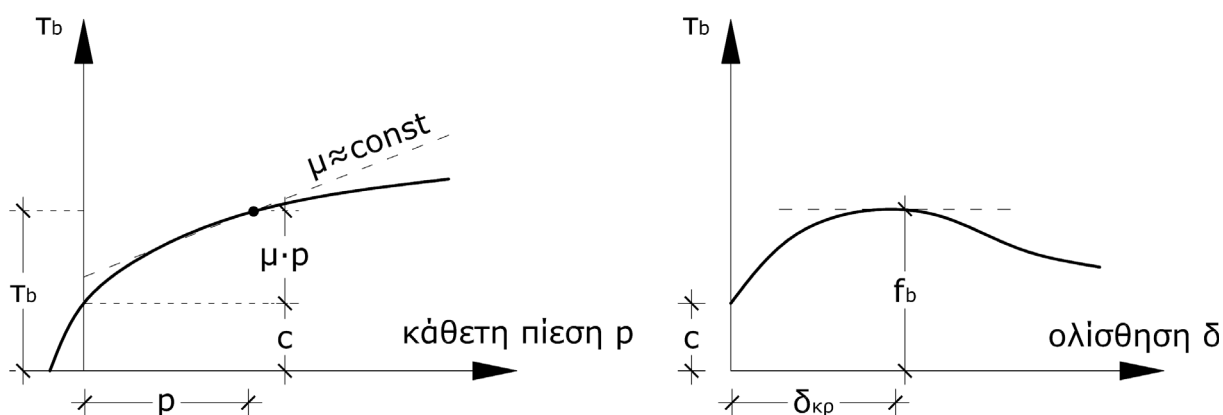
(Τονισμένες οι κρίσιμες τιμές επικάλυψης)

- Αποστάσεις μεταξύ ράβδων της ίδιας στρώσης $\geq \emptyset_L$ ή 20mm
- Οι τιμές του πίνακα προκύπτουν από τις σχέσεις:
 $\emptyset_L \leq 20$: $n = (b_w + 20 - 2C_{L,max}) / (\emptyset_L + 20)$
 $\emptyset_L > 20$: $n = (b_w + \emptyset_L - 2C_{L,max}) / (2\emptyset_L)$

2.4 ΣΥΝΑΦΕΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – ΟΠΛΙΣΜΩΝ [ΕΚΟΣ 17.5]

2.4.1 Ορισμοί

- Συναφεία: Διατμητική αντίσταση έναντι ολίσθησης μεταξύ σκυροδέματος και ράβδων οπλισμού
- Συναφεία = Πρόσφυση + Τριβή + Εμπλοκή
 - Πρόσφυση: Προσκόλληση χάλυβα – σκυροδέματος (μοριακής υφής)
 - Τριβή: (συντελεστής τριβής)*(κάθετη πίεση) : $\mu \cdot \rho$
 - Εμπλοκή: Μόνο για νευροχάλυβες
- Τάση συναφείας λείων ράβδων: $\tau_b = c + \mu \cdot \rho$

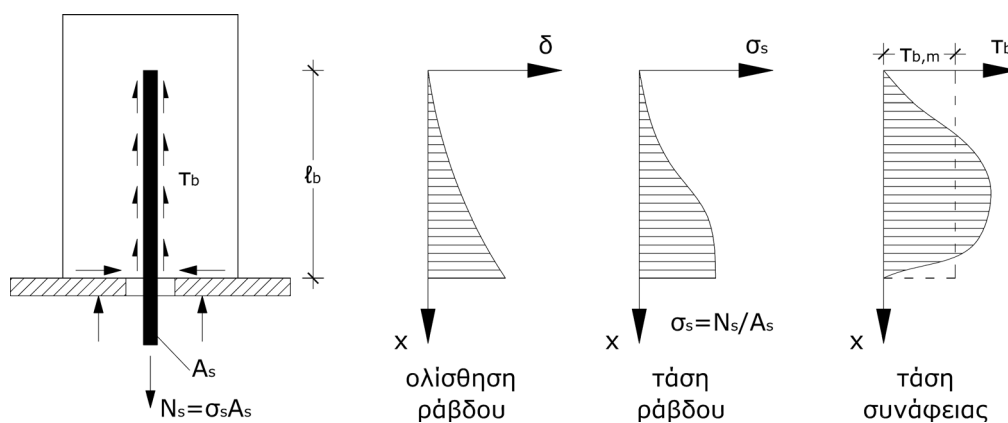


Σχήμα 2.4 Αντοχή συναφείας (f_b): Η μέγιστη τιμή της τάσης συναφείας για την κρίσιμη τιμή της ολίσθησης (δ_{kp})

2.4.2 Κατανομή τάσεων συναφείας στο μήκος αγκύρωσης

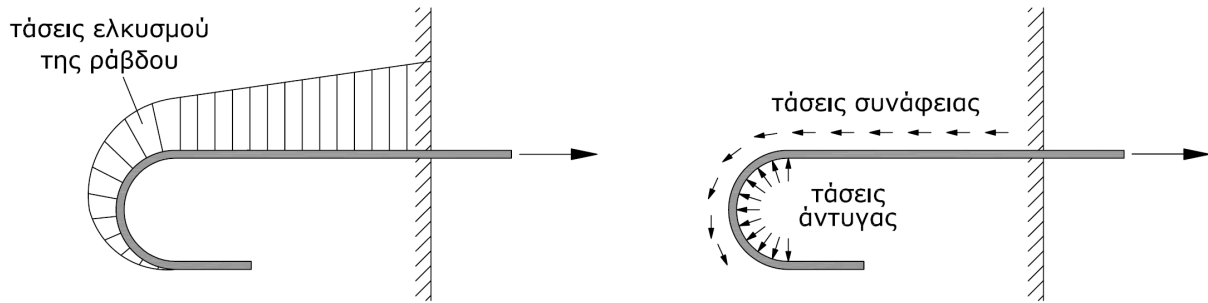
- Ευθύγραμμη αγκύρωση

$$\text{Μέση τάση συναφείας: } \tau_{b,m} = \frac{N_s}{\pi \cdot \varnothing \cdot l_b} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_s}{l_b}$$



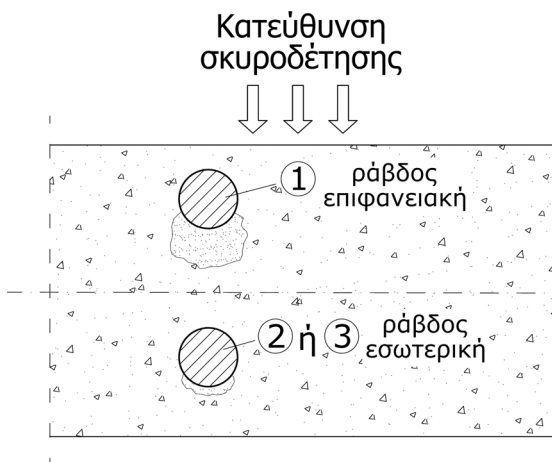
Σχήμα 2.5 Κατανομή μεγεθών στο μήκος αγκύρωσης

- Αγκύρωση με άγκιστρο πέρατος



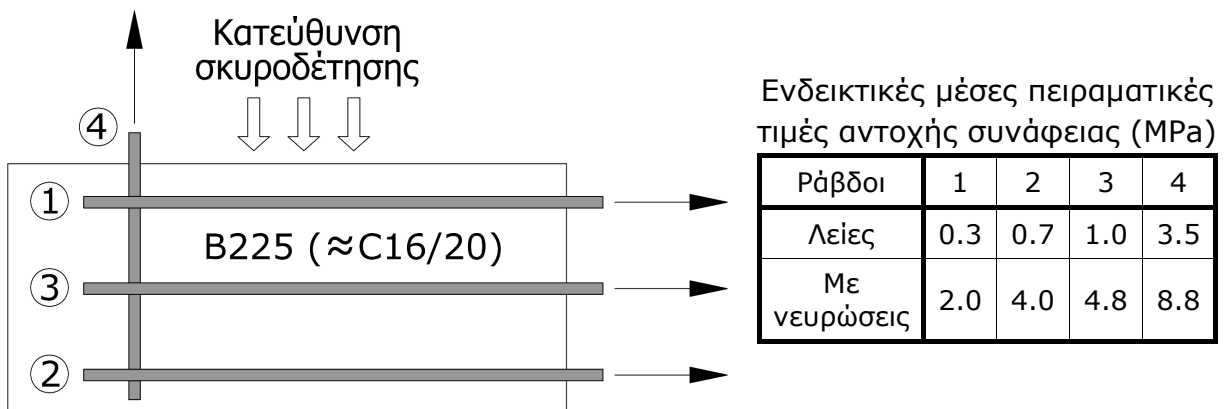
Σχήμα 2.6 Μεταβολή τάσης ράβδου κατά μήκος αγκύρωσης καμπύλου άκρου

2.4.3 Επιρροή της θέσης της ράβδου στην τάση συνάφειας



- Κάτω από τις οριζόντιες ράβδους σχηματίζεται υδαρής θύλακας τσιμεντοπολτού που με την σκλήρυνση γίνεται πορώδης στρώση
- Ο θύλακας αυξάνεται όσο ψηλότερα βρίσκεται η ράβδος και όσο παχύτερο είναι το στοιχείο (εξίδρωση)

Σχήμα 2.7 Επιρροή της θέσης της ράβδου στην πρόσφυση με το σκυρόδεμα

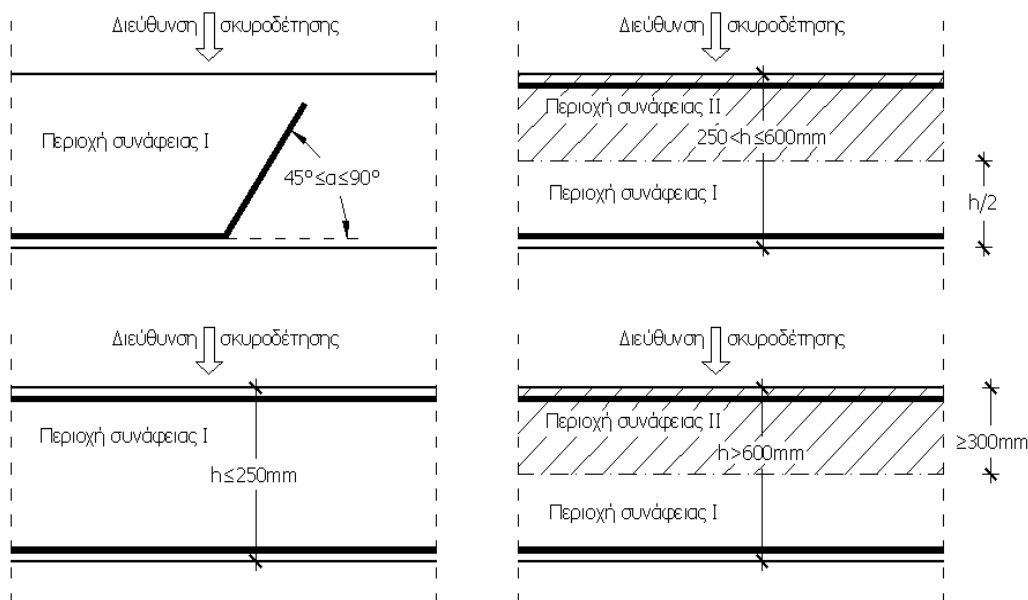


Σχήμα 2.8 Επιρροή της θέσης της ράβδου στην τάση συνάφειας

2.4.4 Συνθήκες συνάφειας

Ευνοϊκές: Περιοχές συνάφειας I (Π.Σ. I)

Μειονεκτικές: Περιοχές συνάφειας II (Π.Σ. II)



Σχήμα 2.9 Διάκριση συνθηκών συνάφειας σύμφωνα με τον ΕΚΟΣ2000

2.4.5 Τάση συνάφειας σχεδιασμού

Πίνακας 2.6 Βασικές τιμές τάσης συνάφειας σχεδιασμού f_{bd} (MPa)

Π.Σ	Σκυρόδεμα	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
I	Λείες ράβδοι	0.83	0.96	1.07	1.20	1.31	1.42	1.52	1.61	1.70
	Με νευρώσεις	1.65	1.95	2.25	2.70	3.00	3.30	3.75	4.05	4.35
II	Λείες ράβδοι	0.58	0.67	0.75	0.84	0.92	0.99	1.06	1.13	1.19
	Με νευρώσεις	1.16	1.37	1.58	1.89	2.10	2.31	2.63	2.84	3.05

Οι τιμές του παραπάνω πίνακα υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις εξής σχέσεις:

- Περιοχές συνάφειας I: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Λείες ράβδοι: } f_{bd} = 0.36\sqrt{f_{ck}} / \gamma_c \\ \text{Νευροχάλυβες: } f_{bd} = 2.25f_{ctk,0.05} / \gamma_c \end{array} \right.$
- Περιοχές συνάφειας II: Το 70% των Π.Σ. I

- Μείωση της f_{bd} σε ράβδους $\varnothing > 32\text{mm}$: $f_{bd,(\varnothing > 32)} = n_{\varnothing} \cdot f_{bd}$ όπου $n_{\varnothing} = (132 - \varnothing) / 100$
- Αύξηση της f_{bd} για πίεση p (MPa) κάθετα στο επίπεδο διάρρηξης
 $f_{bd,p} = n_p \cdot f_{bd}$ όπου $n_p = 1 / (1 - 0.04p) \geq 1.4$
- Περιοχές με επαρκή εγκάρσια πίεση (Ε.Ε.Π.) : $n_p = 1.4$
 - i. Κόμβοι όπου συντρέχουν τουλάχιστον 3 δοκοί
 - ii. Περισιφιγμένες περιοχές δομικών στοιχείων [ΕΚΟΣ 18.4.4.2]