

Το κείμενο που ακολουθεί συμπληρώνει το Κεφάλαιο 14 του βιβλίου (το οποίο βασίζεται στον ΕΚΩΣ) προσαρμόζοντάς-το στον Ευρωκώδικα 2 (EC2). Παραμένει η ανάγκη να διαβάσετε το θεωρητικό μέρος από το βιβλίο. Σε ότι αφορά την δράση του σεισμού θα αναφερθούμε στο επόμενο εξάμηνο.

1. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα μιας ράβδου να αγκυρωθεί στο σκυρόδεμα:

1. Το μήκος αγκύρωσης
2. Η γεωμετρία της επιφάνειας της ράβδου (λεία ή με νευρώσεις)
3. Το μέγεθος της σχετικής ολισθήσεως της ράβδου ως προς το περιβάλλον σκυρόδεμα
4. Η διεύθυνση και η θέση της ράβδου σε σχέση με την διεύθυνση σκυροδετήσεως
5. Το είδος της φορτίσεως: μονοτονική-ανακυκλιζόμενη, στατική-δυναμική, εφελκυσμός-θλίψη
6. Η δύναμη που μεταφέρει η ράβδος ($\pi\Phi^2\sigma_s/4$), ή η δύναμη που **επιτρέπεται να** μεταφέρει η ράβδος ($\pi\Phi^2f_{yd}/4$)
7. Η ποιότητα του σκυροδέματος: τόσο η κατηγορία του σκυροδέματος (f_{ck}) όσο και οι επιτόπου συνθήκες (ευνοϊκές ή δυσμενείς συνθήκες συνάφειας)
8. Η απόσταση των ράβδων μεταξύ τους. Πρέπει να υπάρχει επαρκής απόσταση ώστε να είναι δυνατή η διάστρωση και συμπίκνωση του σκυροδέματος: η καθαρή απόσταση μεταξύ ράβδων (οριζοντίως και κατακορύφως) πρέπει να είναι τουλάχιστον: $s_{clear}=\max(\Phi, d_g+5\text{mm}, 20\text{mm})$ (όπου d_g είναι η διάμετρος του μέγιστου κόκκου των αδρανών).
Σημ.: Πάντως για ενώσεις/ματίσματα καθώς και για δέσμες ράβδων οι ράβδοι επιτρέπεται να εφάπτονται).
9. Η επικάλυψη του οπλισμού (εννοείται ότι οι απαιτήσεις για την **ελάχιστη** επικάλυψη ικανοποιούνται) (βλ. απαιτήσεις ανθεκτικότητας και συνάφειας)
10. Η διαμόρφωση της ράβδου (ευθύγραμμη, καμπύλη, με ηλεκτροσυγκολλητή εγκαρσίως ράβδο κλπ)
11. Η παρουσία εγκάρσιου οπλισμού
12. Η πίεση εγκάρσια στο επίπεδο διάρρηξης κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης
13. Σε περίπτωση καμπύλης ράβδου: η διάμετρος του τυμπάνου καμπύλωσης της ράβδου.

Ειδικότερα όσον αφορά την διάμετρο καμπύλωσης της ράβδου οπλισμού σκυροδέματος υπάρχουν δύο περιορισμοί: **α)** η ράβδος δεν πρέπει να αστοχήσει καθώς καμπυλώνεται καμπτόμενη γύρω από ένα στέλεχος πολύ μικρής διαμέτρου και **β)** το σκυρόδεμα δεν πρέπει να αστοχήσει (σε θλίψη) υφιστάμενο τις πιέσεις άντυνας (ως γνωστόν οι πιέσεις άντυνας είναι αντιστρόφως ανάλογες της διαμέτρου καμπύλωσης). Ετσι, ο Κανονισμός δίνει τις παρακάτω ελάχιστες τιμές, $\Phi_{m,min}$, για τις διαμέτρους περίξ των οποίων καμπυλώνεται η ράβδος (άξονας ή πίσος¹, mandrel diameter) για τους παραπάνω δύο περιορισμούς αντιστοίχως (για τις σχετικές αποδείξεις βλ. Κεφάλαιο 14 του βιβλίου)

- ❖ Για να μην αστοχήσει η ράβδος: $\Phi_{m,min}=4\Phi$ για $\Phi\leq 16\text{mm}$ και $\Phi_{m,min}=7\Phi$ για $\Phi>16\text{mm}$
- ❖ Για να μην αστοχήσει το σκυρόδεμα (πίεση άντυνας). Απαιτούνται μεγαλύτερες διαμέτροι $\Phi_{m,min}$, αναλόγως

της ποιότητας του σκυροδέματος αλλά και της αποστάσεως των καμπυλωμένων ράβδων μεταξύ-τους (επειδή, αν βρίσκονται κοντά δύο ράβδοι, «εξαντλούν» ταυτόχρονα και οι δύο την ίδια περιοχή σκυροδέματος με τις πιέσεις άντυνας που αναπτύσσονται). Ετσι είναι:

$$\Phi_{m,min} \geq \frac{F_{bt} \left[\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\Phi} \right]}{f_{cd}} \quad \text{όπου}$$

- F_{bt} η δύναμη της ράβδου στην κατάσταση αστοχίας στην αρχή της καμπύλης ($A_s\sigma_s$),
- a_b το ήμισυ της απόστασης των ΚΒ των ράβδων (κάθετα στο επίπεδο καμπύλωσης. Για ακραία ράβδο (την γειτονική στην παρειά του σκυροδέματος) $a_b=c+\Phi/2$ όπου c η επικάλυψη της ράβδου

π.χ. Για C20/25 ($f_{cd}=a_{cc}f_{ck}/\gamma_c$), $a_{cc}=1.0$, B500C με $\sigma_s<f_{yd}$ 435MPa απόσταση ράβδων μεταξύ-τους 6Φ δηλαδή $a_b=3\Phi$, προκύπτει:

$$\Phi_{m,min} \geq \frac{F_{bt} \left[\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\Phi} \right]}{f_{cd}} = \frac{\pi\Phi^2f_{yd} * 1.5}{4 * f_{ck}} * \frac{2\Phi + a_b}{2\Phi a_b} = 21\Phi$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές του λόγου $\Phi_{m,min}/\Phi$ για χάλυβα B500C και συντελεστή a_{cc} : $a_{cc}=1.00$.

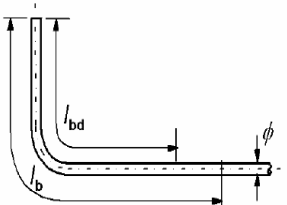
Πίνακας 1 Ελάχιστες τιμές του λόγου $\Phi_{m,min}/\Phi$, για την αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος από πιέσεις άντυνας, συναρτήσει της ημιαπόστασης a_b και της αντοχής του σκυροδέματος f_{ck} για $a_{cc}=1.00$ και $\sigma_s=f_{yd}$.

a_b/Φ	f_{ck} (MPa)						
	20	25	30	35	40	45	50
1	38	31	26	22	19	17	15
2	26	20	17	15	13	11	10
3	21	17	14	12	11	9	9
4	19	15	13	11	10	9	8
5	18	14	12	10	9	8	7
10	15	12	10	9	8	7	6

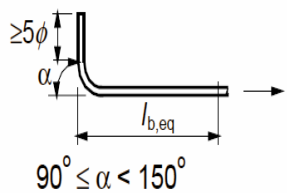
Παρατηρήσατε ότι για μειωμένη τάση χάλυβα ($\sigma_s<f_{yd}$) οι τιμές του Πίνακα μειώνονται αναλογικά (πολλαπλασιάζονται επί $\sigma_s/f_{yd}<1$)

¹ Η γραφή «πίρος» (με -ει) οφείλεται στην σύνδεση εσφαλμένα (παρετυμολογικά) με το αρχ. πείρω «διαπερνά, διατρύπω». Κατά Μπαμπινιώτη όμως πρόκειται για αντιδάνειο: από το ιταλ. *piero* < λατ. *epiūrus* < αρχ. επίουρος «φρουρός, φύλακας – ξύλινο πόμα». Παρόλο που μπορεί να υπάρχουν αμφιβολίες για τα στάδια που ακολούθησε η λέξη είναι προτιμότερη η αλλογράφηση: **πίρος**.
Κ. Τρέζος, 18/12/2014, 10^ο μάθημα

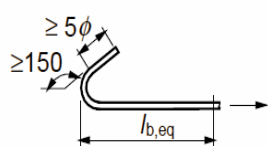
2. Οι συνηθέστεροι τρόποι αγκύρωσης μη ευθύγραμμων εφελκόμενων ράβδων



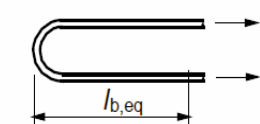
Βασικό μήκος αγκύρωσης, l_b , μετρούμενο στον άξονα της ράβδου (ράβδος υπό εφελκυσμό).



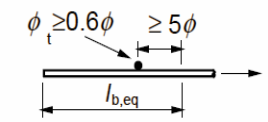
Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπική καμπύλωση («ορθογωνικό» άγκιστρο, bend)



Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό ημικυκλικό άγκιστρο (hook)



Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό βρόχο (loop)



Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης με συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο

Σχήμα 1: Τρόποι αγκύρωσης μη ευθύγραμμων ράβδων

Προσοχή: Οι καμπύλες και τα άγκιστρα δεν συμβάλλουν στην περίπτωση θλιβομένων ράβδων.!!!

3. Οριακή τάση συνάφειας.

Η τιμή σχεδιασμού για την οριακή τάση συνάφειας, f_{bd} , για ράβδους με νευρώσεις μπορεί να ληφθεί ως:

$$f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \cdot 2.25 f_{ctd}$$

όπου:

$f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ είναι η τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος.

Πίνακας 2: Τιμές της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος και της τιμής $2.25 f_{ctd}$ ($= f_{bd}$ για $\eta_1 = \eta_2 = 1$)

f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
$2.25 f_{ctd}$ ($= f_{bd}$ για $\eta_1 = \eta_2 = 1$) (MPa)	1,65	1,95	2,25	2,70	3,00	3,30	3,75	4,05	4,35

η_1 είναι ένας συντελεστής που έχει σχέση με τη ποιότητα των συνθηκών συνάφειας και τη θέση της ράβδου κατά τη σκυροδέτηση (βλ. επόμενο Σχήμα). Διακρίνονται δύο περιοχές συνάφειας:

Περιοχή συνάφειας I: όπου οι συνθήκες συνάφειας θεωρούνται «ευνοϊκές»

Περιοχή συνάφειας II: όπου οι συνθήκες συνάφειας δεν θεωρούνται ευνοϊκές

Στην περιοχή συνάφειας II (δυσμενείς συνθήκες) ανήκουν ράβδοι για τις οποίες ισχύουν ταυτόχρονα όλες οι παρακάτω συνθήκες (βλ. Πίνακα 2α και Σχήμα 2):

- σχηματίζουν γωνία ως προς την διεύθυνση σκυροδετήσεως μεγαλύτερη από 45° (έως 90°)
- βρίσκονται σε στοιχεία με πάχος κατά την διεύθυνση σκυροδετήσεως μεγαλύτερο από 250mm
- είναι τοποθετημένες στο πάνω μισό πάχος του στοιχείου
- το πάχος σκυροδέματος που τις καλύπτει είναι μικρότερο από 300mm

Ανάλογα με την περιοχή συνάφειας ο συντελεστής η_1 είναι:

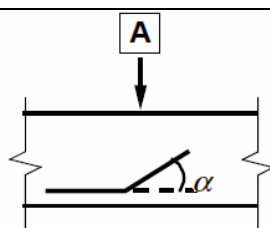
$\eta_1 = 1,0$ όταν εξασφαλίζονται «ευνοϊκές» συνθήκες και

$\eta_1 = 0,7$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις και για ράβδους σε δομικά στοιχεία κατασκευασμένα με ολισθαίνοντες ξυλοτύπους, εκτός αν μπορεί να τεκμηριωθεί η ύπαρξη «ευνοϊκών» συνθηκών συνάφειας.

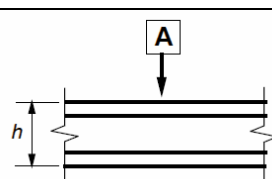
η_2 σχετίζεται με τη διάμετρο των ράβδων (φαινόμενο κλίμακας):

$$\eta_2 = 1,0 \text{ για } \varnothing \leq 32 \text{ mm}$$

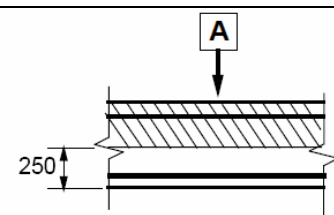
$$\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100 \text{ για } \varnothing > 32 \text{ mm}$$



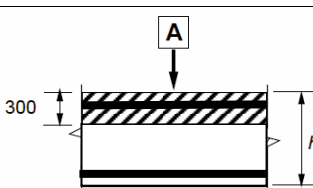
$45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ (παράλληλα προς την διεύθυνση σκυροδέτησης. Συνήθως τα κατακόρυφα σίδερα)



$h \leq 250 \text{ mm}$ (πρακτικώς οι πλάκες)



$h > 250 \text{ mm}$ (πρακτικώς οι δοκοί ή οι «πολύ μεγάλου πάχους πλάκες»)



$h > 600 \text{ mm}$ (πρακτικώς τα πάνω σίδερα των δοκών)

Σχήμα 2: Ορισμός ευνοϊκών και μη ευνοϊκών συνθηκών συνάφειας: στις διαγραμμισμένες περιοχές επικρατούν μη ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας (προσοχή στο επίσημο ελληνικό κείμενο του Ευρωκώδικα η διαγράμμιση του κάτω δεξιού σχήματος είναι λάθος). Με **A** δηλώνεται η διεύθυνση σκυροδετήσεως. **Πρακτικός:** σε μη ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας βρίσκονται τα πάνω σίδερα των δοκών.

Πίνακας 2^α: Καθορισμός των περιοχών συνάφειας

	Κλίση ως προς την οριζόντια	Πάχος στοιχείου			
		Μικρότερο ή ίσο από 250mm	Μεγαλύτερο από 250mm		
			Η ράβδος βρίσκεται στο:		
			Κάτω ήμισυ	Ανω ήμισυ	
				Η ράβδος καλύπτεται από σκυρόδεμα πάχους	
				<300mm	≥300mm
	0-45°	I	I	II	I
	45-90°	I	I	I	I

4. Το βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, $l_{b,rqd}$

Το βασικό απαιτούμενο (ευθύγραμμο) μήκος αγκύρωσης προκύπτει από την παραδοχή ότι η προς αγκύρωση δύναμη της ράβδου η οποία βρίσκεται υπό τάση σ_{sd} ($[\pi\Phi^2/4]\sigma_s$) παραλαμβάνεται από τις ομοιόμορφες τάσεις συνάφειας, f_{bd} , στην παράπλευρη επιφάνεια της ράβδου ($\pi\Phi \cdot l_{b,rqd}$) (σταθερές τάσεις κατά μήκος της παράπλευρης επιφάνειας) (μήκους $l_{b,rqd}$):

$$l_{b,rqd} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd})$$

5. Το μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού, $l_{b,d}$

Το μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού προκύπτει από το βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης πολλαπλασιασμένο επί μια σειρά διορθωτικών συντελεστών, α_i , και δεν μπορεί να είναι μικρότερο από μια ελάχιστη τιμή $l_{b,min}$:

$$l_{b,d} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

Οι συντελεστές αυτοί λαμβάνουν υπόψη τα εξής:

- α_1 : την επιρροή της μορφής των ράβδων με την παραδοχή επαρκούς επικάλυψης (βλέπε Σχήμα 1).
- α_2 : την επιρροή της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος (εγκιβωτισμός) (βλέπε Σχήμα 3).
- α_3 : την επιρροή της παθητικής περίσφιξης μέσω εγκάρσιου οπλισμού.
- α_4 : την επίδραση μίας ή περισσότερων συγκολλημένων εγκάρσιων ράβδων με διάμετρο Φ_i μεγαλύτερη από 0.6Φ κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού $l_{b,d}$ (Φ η διάμετρος της αγκυρούμενης ράβδου)
- α_5 : την επιρροή της πίεσης εγκάρσια στο επίπεδο της διάρρηξης κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού.

Οι τιμές των συντελεστών α_i δίνονται στον επόμενο Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Τιμές των συντελεστών α_i .

Παράγοντας επιρροής	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών υπό:	
		εφελκυσμό	θλίψη
Μορφή ράβδων	Ευθύγραμμη	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη*	$\alpha_1 = 0,7$ εάν $c_d > 3\Phi$ αλλιώς $\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
Επικάλυψη σκυρ/τος	Ευθύγραμμη	$0,7 \leq \alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - \Phi) / \Phi \leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη*	$0,7 \leq \alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - 3\Phi) / \Phi \leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
Περίσφιξη ⁽¹⁾	Όλοι οι τύποι	$0,7 \leq \alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda \leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Περίσφιξη ⁽²⁾	Όλοι οι τύποι**	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Περίσφιξη ⁽³⁾	Όλοι οι τύποι	$0,7 \leq \alpha_5 = 1 - 0,04p \leq 1,0$	-

*Βλέπε Σχήμα 1 (b), (c) και (d). Βλέπε Σχήμα 3 για τιμές του c_d

(1) Με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό

(2) Με εγκάρσιο οπλισμό συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό

(3) με εγκάρσια πίεση

** Η θέση και το μέγεθος όπως καθορίζεται στο Σχήμα 1 (e)

όπου:

$$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$$

ΣA_{st} εμβαδόν διατομής του εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού $l_{b,d}$

$\Sigma A_{st,min}$ εμβαδόν διατομής του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού

($0,25A_s$ για δοκούς και μηδενικό για πλάκες)

A_s εμβαδόν διατομής της αγκυρούμενης ράβδου με τη μέγιστη διάμετρο

K συντελεστής απόδοσης του εγκάρσιου οπλισμού με τιμές που φαίνονται στο Σχήμα 4

p εγκάρσια πίεση [MPa] στη κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του $l_{b,d}$

Απαιτείται όπως το γινόμενο ($\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$) $\geq 0,7$.

a) Ευθύγραμμες ράβδοι $c_d = \min(a/2, c_1, c)$	b) Καμπτόμενες ράβδοι $c_d = \min(a/2, c_1)$	c) Βρόχοι $c_d = c$

Σχήμα 3: Τιμές του c_d για τον υπολογισμό των α_1 , α_2 , και α_3 .

$K = 0,1$	$K = 0,05$	$K = 0$

Σχήμα 4: Τιμές του K για τον υπολογισμό του α_3 για πλάκες και δοκούς. (A_s η η αγκυρούμενη ράβδος, A_{st} ο εγκάρσιος οπλισμός)

Το ελάχιστο μήκος αγκύρωσης, εάν δεν υπάρχει άλλος περιορισμός, ορίζεται ως εξής:

❖ για αγκυρώσεις υπό εφελκυσμό:

$$l_{b,min} > \max\{0,3l_{b,rqd}, 10\Phi, 100 \text{ mm}\}$$

❖ για αγκυρώσεις υπό θλίψη:

$$l_{b,min} > \max\{0,6l_{b,rqd}, 10\Phi, 100 \text{ mm}\}$$

Πίνακας 4: Τιμές του συντελεστή α_6

Ποσοστό των υπό ένωση ράβδων ως προς το συνολικό εμβαδόν ράβδων της διατομής	< 25%	33%	50%	> 50%
α_6	1	1,15	1,4	1,5

Σημείωση: Ενδιάμεσες τιμές καθορίζονται με γραμμική παρεμβολή

6. Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης

Η αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμών διάτμησης πρέπει κανονικά να εξασφαλίζεται με διαμόρφωση άγκιστρου όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, ή μέσω συγκολλημένων εγκάρσιων οπλισμών. Μέσα στο άγκιστρο άκρο πρέπει να υπάρχει διαμήκης ράβδος.

a) «Ορθογώνικό» άγκιστρο (βλ. Σχ. 1)	b) ημικυκλικό άγκιστρο (βλ. Σχ. 1)	c) δύο συγκολλημένες ράβδοι	d) μία συγκολλημένη ράβδος

Σχήμα 5: Αγκυρώσεις συνδετήρων. **Σημείωση 1:** Στις περιπτώσεις c) και d) η επικάλυψη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 3Φ ή 50mm.

7. Ενώσεις με υπερκάλυψη και μηχανικά μέσα.

Οι ενώσεις μπορούν να γίνουν με:

- Υπερκάλυψη των ράβδων, με ή χωρίς άγκιστρα (ματίσματα)
- Συγκόλληση (όπου και όπως επιτρέπεται)
- Μηχανικά μέσα που εξασφαλίζουν μεταφορά δυνάμεων υπό εφελκυσμό-θλίψη ή μόνο θλίψη ή μόνο εφελκυσμό.

7.1 Ενώσεις με υπερκάλυψη

Η διαμόρφωση των υπερκαλύψεων μεταξύ ράβδων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

- Να εξασφαλίζεται η μεταβίβαση των δυνάμεων από την μία στην άλλη ράβδο (μέσω του σκυροδέματος που τις περιβάλλει).
- Να αποφευχθούν έντονες ρηγματώσεις που επηρεάζουν την συμπεριφορά της κατασκευής.
- Να αποφευχθεί αποφλοιώση του σκυροδέματος στην περιοχή της ένωσης.

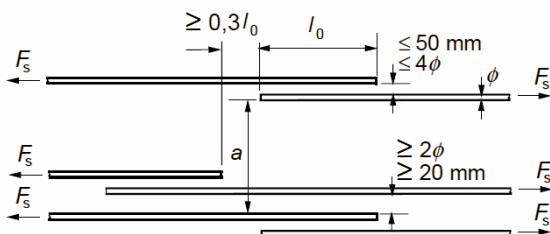
Οι υπερκαλύψεις:

- γειτονικών ράβδων κανονικά πρέπει να είναι μετατοπισμένες και να μην διατάσσονται σε περιοχές υψηλών ροπών / δυνάμεων (π.χ. πλαστικών αρθρώσεων). Αν η παράθεση γίνεται σύμφωνα με όσα αναφέρονται παρακάτω και στο Σχ.6, τότε το επιτρεπόμενο ποσοστό ένωσης ράβδων υπό εφελκυσμό μπορεί να φτάσει το 100% όταν όλες οι ράβδοι βρίσκονται σε μία στρώση. Όταν οι ράβδοι βρίσκονται σε περισσότερες από μία στρώσεις, το ποσοστό πρέπει να μειωθεί στο 50%. Όλες οι ράβδοι υπό θλίψη και οι δευτερεύοντες οπλισμοί (διανομής) επιτρέπεται να ενώνονται σε μία μόνο θέση.

- πρέπει να διατάσσονται συμμετρικά σε κάθε διατομή.

Οι ενώσεις ράβδων με υπερκάλυψη πρέπει να διατάσσονται σύμφωνα με το σχήμα 6:

- η καθαρή απόσταση μεταξύ ζεύγους υπερκαλυπτόμενων ράβδων πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από 4Φ ή 50mm, αλλιώς το μήκος υπερκάλυψης θα πρέπει να αυξηθεί κατά απόσταση ίση με το καθαρό διάστημα πέραν των 4Φ ή 50mm (σημειώνεται ότι επιτρέπεται να εφάπτονται).
- η διαμήκης απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ενώσεων πρέπει να μην είναι μικρότερη από $0,3l_0$, όπου l_0 το μήκος υπερκάλυψης (δηλαδή τα κέντρα-τους να απέχουν $\geq 1,3l_0$).
- σε περίπτωση γειτονικών ενώσεων, η καθαρή απόσταση μεταξύ γειτονικών ράβδων δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 2Φ ή 20mm



Σχήμα 6: Γειτονικές ενώσεις με υπερκάλυψη: το πάνω και κάτω ζεύγος ράβδων ενώνονται στην «ίδια θέση», το ζεύγος των μεσαίων ράβδων δεν ενώνονται στην ίδια θέση. Αρα γειτονικές ενώσεις είναι οι δύο ακραίες, η απόστασή-τους είναι a , η απόσταση αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της μορφής του εγκάρσιου οπλισμού (βλ παρακάτω).

7.2 Μήκος υπερκάλυψης

Το μήκος υπερκάλυψης σχεδιασμού είναι:

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

όπου:

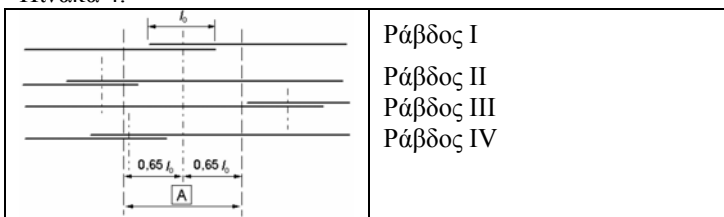
$l_{b,rqd}$ υπολογίζεται από τη Σχέση (8.3)

$$l_{0,min} > \max \{0,3\alpha_6 l_{b,rqd}, 15\Phi, 200\text{mm}\}$$

Οι τιμές των α_1 , α_2 , α_3 και α_5 μπορούν να ληφθούν από τον Πίνακα 3 (**Σημ.** Δεν επιτρέπεται συγκόλληση ράβδου για περιορισμό του μήκους υπερκάλυψης). Κατά τον υπολογισμό του α_3 , το $\Sigma A_{st,min}$ λαμβάνεται ίσο προς $1,0A_s(\sigma_{sd}/f_{yd})$ με A_s το εμβαδόν διατομής της μίας υπό ένωση ράβδου.

$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0,5}$ αλλά όχι μεγαλύτερο από 1,5 ούτε μικρότερο από 1,0, όπου ρ_1 είναι το ποσοστό των υπό ένωση ράβδων σε

αποστάσεις $0,65l_0$ εκατέρωθεν του θεωρούμενου μέσου του μήκους υπερκάλυψης (βλέπε Σχήμα 7). Τιμές του α_6 δίνονται στο Πίνακα 4.



Σχήμα 7: Παράδειγμα ποσοστού των υπό ένωση ράβδων που αντιστοιχεί σε μια θέση υπερκάλυψης: Οι ενώσεις των ράβδων II και III είναι εκτός της θεωρούμενης περιοχής, άρα ενώνεται το 50% των ράβδων άρα $\alpha_6 = 1,4$

7.3 Εγκάρσιοι οπλισμοί εντός του μήκους υπερκάλυψης

7.3.1 Ράβδοι υπό εφελκυσμό

Στη ζώνη υπερκάλυψης χρειάζεται εγκάρσιος οπλισμός για την παραλαβή των εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων που αναπτύσσονται.

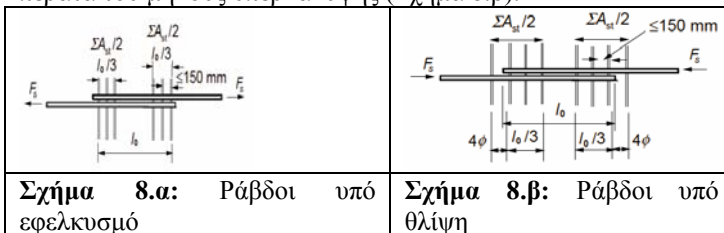
Όταν η διάμετρος Φ των ράβδων με υπερκάλυψη είναι μικρότερη από 20mm, ή το ποσοστό των ράβδων με υπερκάλυψη σε οποιαδήποτε θέση είναι μικρότερο από το 25%, τότε οι τοποθετούμενοι για άλλους λόγους εγκάρσιοι οπλισμοί ή συνδετήρες, μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς για τις εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις, χωρίς περαιτέρω διερεύνηση.

Όταν η διάμετρος Φ των ράβδων με υπερκάλυψη είναι ίση ή μεγαλύτερη των 20mm, ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να έχει συνολική επιφάνεια ΣA_{st} (άθροισμα όλων των σκελών κατά μήκος της ζώνης υπερκάλυψης) όχι μικρότερη από την επιφάνεια A_s μίας υπό ένωση ράβδου ($\Sigma A_{st} \geq 1,0A_s$). Οι εγκάρσιες ράβδοι πρέπει να τοποθετηθούν κάθετα στη διεύθυνση του υπό ένωση οπλισμού και μεταξύ αυτού και της επιφάνειας του σκυροδέματος.

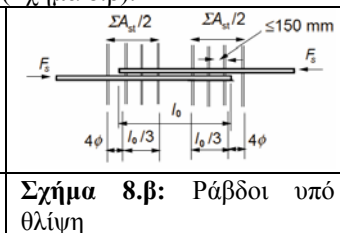
Εάν περισσότερο του 50% των ράβδων ενώνεται σε μια περιοχή και η απόσταση a μεταξύ γειτονικών υπερκαλύψεων είναι $\leq 10F$ (βλέπε Σχήμα 6), οι εγκάρσιοι οπλισμοί θα πρέπει να έχουν τη μορφή συνδετήρων ή ράβδων σχήματος U αγκυρωμένων μέσα στο σώμα της διατομής. Ο εγκάρσιος αυτός οπλισμός θα πρέπει να τοποθετηθεί στα άκρα του μήκους υπερκάλυψης όπως φαίνεται στο Σχήμα 8.α).

7.3.2 Ράβδοι υπό θλίψη

Πέραν των διατάξεων της παραγράφου 7.3.1, οι ακραίες ράβδοι εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να τοποθετούνται έξω από τα άκρα του μήκους υπερκάλυψης και σε αποστάσεις έως 4Φ από τα πέρατα του μήκους υπερκάλυψης (Σχήμα 8.β).



Σχήμα 8.α: Ράβδοι υπό εφελκυσμό



Σχήμα 8.β: Ράβδοι υπό θλίψη