

**ΚΑΝΟΝΕΣ
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ
ΟΠΛΙΣΗΣ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

17.2.2 Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

Πρέπει να είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ

- των λείων ράβδων διαφόρων ποιοτήτων,
- των ράβδων από χάλυβα θερμής ή ψυχρής κατεργασίας,
- των ράβδων που μπορούν να συγκολληθούν και αυτών που δεν μπορούν.

17.2.3.1 Επιτρεπόμενες διάμετροι καμπύλωσης

Η ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης αναβολέων χρησιμοποιούμενων ως ελκυστήρων προσδιορίζεται στην παρ. 17.6.1.

Η ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης εκλέγεται έτσι ώστε να αποφεύγεται η ρηγμάτωση ή η διάρρηξη του σκυροδέματος λόγω της πίεσης που αναπτύσσεται στην εσωτερική άντυγα της ράβδου (σειρές B, 1 έως B, 3) και να αποφεύγεται η ρηγμάτωση της ράβδου (σειρές A, 1 και A, 2).

17.1 ΠΕΔΙΟ ΟΡΙΣΜΟΥ

Οι Κανόνες του παρόντος Κεφαλαίου ισχύουν για κατασκευές οπλισμένου ή προεντεταμένου σκυροδέματος με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Σε στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας δεν επιτρέπεται η χρήση λείων ράβδων παρά μόνον για κλειστούς συνδετήρες και συνδέσμους. Επίσης δεν επιτρέπεται η χρήση συγκολλητών δομικών πλεγμάτων παρά μόνον αν ικανοποιούν τις πρόσθετες απαιτήσεις πλαστιμότητας κατά την παρ. 3.1.3.

17.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

17.2.1 Ονομαστικές διαμέτροι

Πρέπει να χρησιμοποιούνται οι τυποποιημένες ονομαστικές διαμέτροι ράβδων κατά τα ισχύοντα πρότυπα.

17.2.2 Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

Η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων επιτρέπεται μόνο αν αυτό λαμβάνεται υπόψη κατά την διαστασιολόγηση και εφόσον αποκλείεται κάθε σύγχυση κατά την κατασκευή.

17.2.3 Καμπυλώσεις οπλισμών

17.2.3.1 Επιτρεπόμενες διαμέτροι καμπύλωσης

Η επιτρεπόμενη ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης ράβδων, αγκίστρων (ημικυκλικών ή ορθογωνικών), αναβολέων κλπ. δίνεται από τον Πίνακα 17.1.

Πίνακας 17.1: Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης

A	Διάμετρος ράβδου \varnothing (mm)	Αγκίστρα	
		S220	S400, S500
1	$\varnothing < 20$	2.5 \varnothing	4.0 \varnothing
2	$\varnothing \geq 20$	5.0 \varnothing	7.0 \varnothing
B	Επικάλυψη σκυροδέματος κάθετη στην επιφάνεια καμπύλωσης και απόσταση αξόνων ράβδων οπλισμού	Κάμψεις και άλλες καμπυλώσεις (π.χ. σε γωνίες πλαισίων)	
		S220	S400, S500
1	> 100mm και >7 \varnothing	10 \varnothing	10 \varnothing
2 (*)	> 50mm και > 3 \varnothing	10 \varnothing	15 \varnothing
3 (*)	≤ 50 mm ή $\leq 3\varnothing$	15 \varnothing	20 \varnothing
(*) Αν κάμπτονται στην ίδια θέση ράβδοι περισσότερων στρώσεων τότε οι τιμές διαμέτρων D για ράβδους εσωτερικών στρώσεων θα αυξάνονται κατά 50%.			

17.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Οι αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος και η ανάπτυξη επαρκούς συνάφειας. Προς τούτο πρέπει και η μέγιστη διάμετρος των αδρανών να εκλέγεται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλή διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος.

Η ελεύθερη απόσταση μεταξύ σειρών ράβδων θα είναι $\geq 2/3 d_{\alpha\delta\rho}$ αλλά και όχι μικρότερη των 25mm.

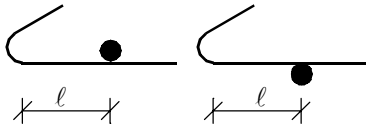

17.5 ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Η διάταξη για ελάχιστη επικάλυψη \varnothing (ή $\varnothing \sqrt{n}$) + 10mm ή 20mm κατά την παράγραφο 5.1 θεωρείται ότι ικανοποιεί αυτή την απαίτηση.

17.2.3.2 Κάμψεις σε συγκολλητούς οπλισμούς

Για συγκολλητούς οπλισμούς και συγκολλητά δομικά πλέγματα που κάμπτονται μετά την συγκόλληση ισχύουν οι τιμές του Πίνακα 17.2.

Πίνακας 17.2: Ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης για συγκολλητούς οπλισμούς

Συγκολλήσεις εκτός καμπύλου τμήματος	Συγκολλήσεις εντός καμπύλου τμήματος
	
$l < 4 \varnothing : 20 \varnothing$ $l \geq 4 \varnothing : \text{Ισχύουν οι τιμές του Πιν. 17.1}$	$20 \varnothing$

17.3 ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ισχύουν οι διατάξεις των παρ. 5.1 και 17.5 που αφορούν την ελάχιστη και την ονομαστική επικάλυψη.

17.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Η καθαρή απόσταση παραλλήλων οπλισμών εκτός των περιοχών ενώσεων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με:

- τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων,
- 20 mm,
- $d_{\alpha\delta\rho} + 5 \text{ mm}$, όπου $d_{\alpha\delta\rho}$ = διάσταση μεγίστου κόκκου αδρανών

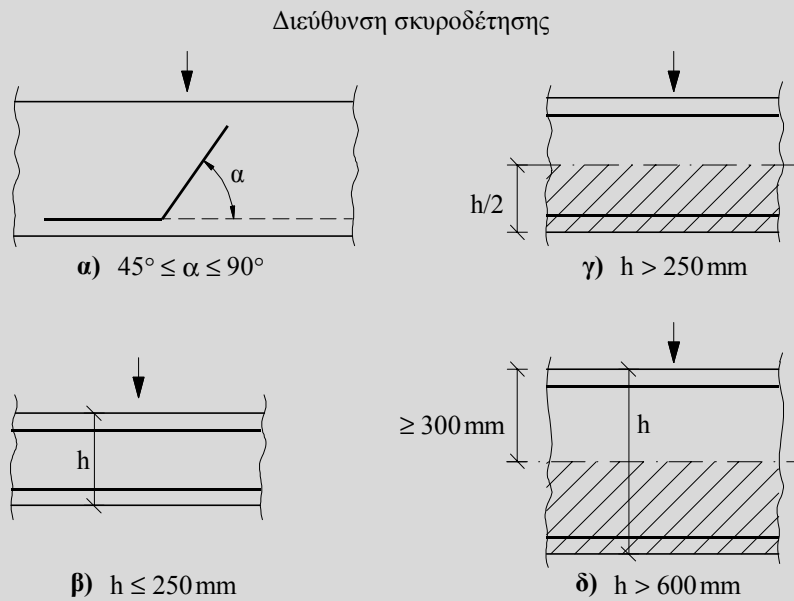
Όταν οι ράβδοι τοποθετούνται σε περισσότερες από μία σειρές, τότε πρέπει να τοποθετούνται η μία επάνω ή πίσω από την άλλη. Εξαιρέση των καθαρών αυτών αποστάσεων γίνεται στις ράβδους με υπερκάλυψη στην περιοχή της ενώσεως όπου μπορεί η μία να εφάπτεται της άλλης.

17.5 ΤΑΣΗ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Η ποιότητα της συνάφειας εξαρτάται από την μορφή της επιφάνειας της ράβδου, την διάσταση του δομικού στοιχείου και από την θέση και κλίση του οπλισμού κατά την σκυροδέτηση.

Η ελάχιστη επικάλυψη των οπλισμών πρέπει να εξασφαλίζει την ανάπτυξη και μεταβίβαση των τάσεων συνάφειας.

Οι τάσεις συνάφειας θεωρούνται σταθερές κατά μήκος των ράβδων. Ο προσδιορισμός των μηκών αγκυρώσεως και των υπερκαλύψεων βασίζεται στην



α,β) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας

γ,δ) ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας μόνο για ράβδους στις διαγραμμισμένες περιοχές

Σχήμα Σ 17.1: Τυπικές συνθήκες συνάφειας

Οι τιμές του Πίνακα 17.4 προκύπτουν προσεγγιστικά από τους παρακάτω τύπους, με $\gamma_c = 1.5$:

- λείες ράβδοι:

$$f_{bd} = f_{ctk0.05} / \gamma_c \dots\dots\dots (\Sigma 17.1)$$

- ράβδοι υψηλής συνάφειας:

$$f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c \dots\dots\dots (\Sigma 17.2)$$

Για ράβδους υψηλής συνάφειας με $\varnothing > 32 \text{ mm}$ οι τιμές f_{bd} του Πίνακα 17.4 πρέπει να μειώνονται, πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή $\eta = (132 - \varnothing) / 100$, όπου \varnothing σε mm.

Γενικώς οι ράβδοι με εγκοπή (ή εγκοπές) δεν θεωρούνται υψηλής συνάφειας.

τιμή σχεδιασμού της τάσεως συνάφειας f_{bd} .

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 όλες οι παρακάτω συνθήκες (βλ. και Πίνακα 17.3):

- έχουν κλίση ως προς την οριζόντια 0-45° για κατακόρυφη σκυροδέτηση,
- βρίσκονται σε στοιχεία με πάχος κατά τη διεύθυνση σκυροδετήσεως μεγαλύτερο από 250 mm,
- είναι τοποθετημένες στο πάνω μισό πάχος του στοιχείου,
- το πάχος του σκυροδέματος που τις καλύπτει είναι μικρότερο από 300 mm.

Στην περιοχή συνάφειας I (ευνοϊκές συνθήκες) ανήκουν όλες οι άλλες ράβδοι.

Πίνακας 17.3: Καθορισμός των περιοχών συνάφειας

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

Οι βασικές τιμές του f_{bd} δίνονται στον Πίνακα 17.4.

Πίνακας 17.4: Βασικές τιμές του f_{bd} (MPa)

Περιοχή συνάφειας I	f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
	Λείες ράβδοι	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
	Ράβδοι $\varnothing \leq 32$ υψηλής συνάφειας	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.3
Περιοχή συνάφειας II	70% των τιμών της περιοχής συνάφειας I									

Περιοχές όπου μπορεί να θεωρηθεί ότι ασκείται εγκάρσια πίεση τέτοια ώστε ο συντελεστής αύξησης των τιμών f_{bd} να είναι ίσος με 1.4 είναι α) κόμβοι γραμμικών στοιχείων στους οποίους συντρέχουν τουλάχιστον 3 δοκοί, και β) περισφιγμένες περιοχές δομικών στοιχείων (βλέπε παρ. 18.4.4.2).

17.6.1 Τύποι αγκυρώσεων

Αγκυρώσεις τύπου 1 και άγκιστρα ορθογωνικά τύπου 2 επιτρέπονται μόνο για ράβδους υψηλής συνάφειας, αλλά και για λείες ράβδους με διάμετρο $\varnothing \leq 10\text{mm}$.

Βλ. παρ. 17.6.5.

Η ελάχιστη διάμετρος D καμπύλωσης αναβολών οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ελκυστήρες, προσδιορίζεται, σε απόκλιση από τον Πίνακα 17.1, από την σχέση:

$$\frac{D}{\varnothing} = \left(0.5 + \frac{\varnothing}{e} \right) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \dots\dots\dots (\Sigma 17.3)$$

όπου:

- \varnothing η διάμετρος της ράβδου, και
- e η απόσταση των διαφόρων στρώσεων των αναβολών μεταξύ τους ή η εγκάρσια επικάλυψη σκυροδέματος των εξωτερικών στρώσεων.

Για την παραλαβή του εγκάρσιου εφελκυσμού απαιτείται η τοποθέτηση εγκάρσιων οπλισμών, ικανών να παραλάβουν το μισό της εφελκυστικής δύναμης του αναβολέα, τουλάχιστον όμως 2 \varnothing 6(S400 ή S500), εκτός εάν ο εγκάρσιος εφελκυσμός παραλαμβάνεται με άλλο τρόπο, π.χ. με εγκάρσια θλίψη.

Στην περίπτωση όπου ασκείται εγκάρσια μέση πίεση p (MPa), εγκάρσια προς το αναμενόμενο επίπεδο αποσχίσεως, οι τιμές f_{bd} του Πίνακα 17.4 μπορούν να αυξάνονται, πολλαπλασιαζόμενες με τον συντελεστή $[1 : (1 - 0.04 \cdot p)] \leq 1.4$.

17.6 ΑΓΚΥΡΩΣΕΙΣ

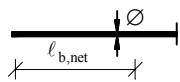
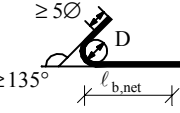
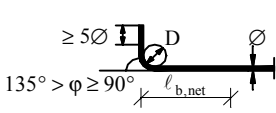
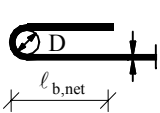
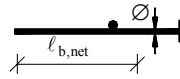
17.6.1 Τύποι αγκυρώσεων

Σε σχέση με την αποδοτικότητά τους οι αγκυρώσεις διακρίνονται σε 4 τύπους (Σχήμα 17.1):

1. Ευθύγραμμες αγκυρώσεις.
2. Καμπύλες αγκυρώσεις (άγκιστρα ημικυκλικά, ορθογωνικά, αναβολείς), με ελάχιστη διάμετρο καμπύλωσης D ίση με αυτή των σειρών $A, 1$ και $A, 2$ του Πίνακα 17.1.
3. Ευθύγραμμες αγκυρώσεις με τουλάχιστον μια συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο στο μήκος αγκύρωσης.

Η εγκάρσια συγκολλημένη ράβδος πρέπει να απέχει το πολύ 5ϕ από τη θέση ενάρξεως του μήκους αγκύρωσης, η δε διάμετρός της πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 0.6ϕ .

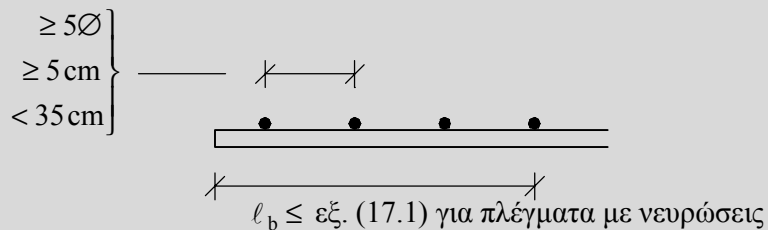
4. Αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία (σώματα αγκυρώσεως).

Τύποι Αγκύρωσης	Συντελεστής α	
	Ράβδοι υπό:	
	Εφέλω σμό	Θλίψη
1 	1.0	1.0
2 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>άγκιστρα ημικυκλικά</p>  <p>$\phi \geq 135^\circ$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>άγκιστρα ορθογωνικά</p>  <p>$135^\circ > \phi \geq 90^\circ$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>αναβολείς</p>  </div> </div>	0.7	1.0
3 	0.7	0.7

Σχήμα 17.1: Τύποι αγκυρώσεων και τιμές του συντελεστή α της εξίσωσης 17.2 (για το $l_{b,net}$ και το συντελεστή α , βλ. παρ. 17.6.3)

17.6.2 Βασικό μήκος αγκύρωσης

Σε συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μια συγκολλημένη εγκάρσια ράβδος στο μήκος αγκύρωσης.



Σχήμα Σ 17.2: Αποστάσεις εγκαρσίων ράβδων σε συγκολλητά δομικά πλέγματα με ράβδους λείες (ή με εγκοπές) στο τμήμα αγκύρωσης

17.6.3 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $\ell_{b,net}$ είναι εν γένει ευθύγραμμο. Στην περίπτωση καμπύλων αγκυρώσεων με διάμετρο τυμπάνου D κατά τις απαιτήσεις των σειρών Β.1 έως και Β.3 του Πίνακα 17.1, επιτρέπεται στο απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης να συνυπολογίζεται το καμπύλο και το πέραν αυτού τμήμα της ράβδου. Στην περίπτωση αυτή θα λαμβάνεται συντελεστής $\alpha=1$ και δεν θα ισχύει η αύξηση της τιμής f_{bd} λόγω εγκάρσιας πίεσης (βλ. παράγραφο 17.5).

Για τις περιπτώσεις αυτές, στο ελάχιστο ευθύγραμμο μήκος $\ell_{b,min}$ επιτρέπεται να συνυπολογίζεται και η προβολή της καμπύλης (βλ. και Σχήμα Σ 17.3).

17.6.2 Βασικό μήκος αγκύρωσης

Το βασικό μήκος αγκύρωσης ℓ_b είναι το μήκος αγκύρωσης τύπου 1 με πλήρη εκμετάλλευση της αντοχής της ράβδου.

Για μεμονωμένες ράβδους και συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις, το ℓ_b προσδιορίζεται από τη σχέση (17.1):

$$\ell_b = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \dots\dots\dots (17.1)$$

όπου:

\varnothing η διάμετρος της ράβδου, η οποία για δομικά πλέγματα διπλών ράβδων αντικαθίσταται από την ισοδύναμη διάμετρο $\varnothing\sqrt{2}$,

f_{bd} η τιμή σχεδιασμού της τάσης συνάφειας σύμφωνα με την παρ. 17.5, και

f_{yd} η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του χάλυβα.

Για συγκολλητά δομικά πλέγματα με ράβδους λείες, το μήκος ℓ_b είναι το μήκος που αντιστοιχεί σε 4 συγκολλημένες εγκάρσιες ράβδους, αλλά όχι μεγαλύτερο από το μήκος που προκύπτει από την εξ. (17.1) για πλέγματα με ράβδους με νευρώσεις.

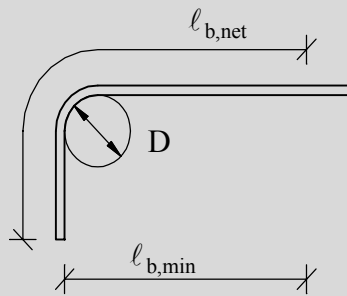
17.6.3 Απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης

Το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης κατά προέκταση της ράβδου $\ell_{b,net}$ εξαρτάται από τον τύπο της αγκύρωσης και την υπάρχουσα τάση στο χάλυβα, και υπολογίζεται για μεμονωμένες ράβδους και συγκολλητά δομικά πλέγματα ράβδων με νευρώσεις από την εξ. (17.2):

$$\ell_{b,net} = \alpha \cdot \ell_b \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq \ell_{b,min} \dots\dots\dots (17.2)$$

όπου:

$A_{s,req}$ η κατά τους υπολογισμούς θεωρητικά απαιτούμενη διατομή οπλισμού,



Σχήμα Σ 17.3: Μήκος αγκύρωσης για καμπύλες ράβδους με διάμετρο τυμπάνου D σύμφωνα με τις σειρές Β.1 έως Β.3 του Πίνακα 17.1.

Ειδικές απαιτήσεις για αγκυρώσεις διαμήκους οπλισμού δοκών και υποστυλωμάτων / τοιχωμάτων παρουσιάζονται στις παρ. 18.3.5 και 18.4.6/18.5.5 αντίστοιχα.

Για τις ελάχιστες αποστάσεις των εγκάρσιων ράβδων βλ. Σχήμα Σ17.2 για συγκολλητά δομικά πλέγματα.

17.6.4 Εγκάρσιος οπλισμός στις περιοχές αγκυρώσεων

Σκοπός του εγκάρσιου οπλισμού είναι να αποφεύγεται:

- διαμήκης ρηγμάτωση, η οποία οφείλεται στις τάσεις διαρρήξεως που δημιουργούνται στις ζώνες αγκύρωσης,
- εκτίναξη του σκυροδέματος, η οποία οφείλεται στην πίεση που ασκείται στο σκυρόδεμα από το άκρο θλιβόμενης ράβδου.

Συνήθως επαρκεί ο εγκάρσιος οπλισμός που υπάρχει και εξυπηρετεί άλλο σκοπό (π.χ. οπλισμός διάτμησης).

$A_{s,prov}$	η υπάρχουσα διατομή οπλισμού,
α	συντελεστής εξαρτώμενος από τον τύπο αγκύρωσης κατά το Σχήμα 17.1 (≥ 0.5),
$\ell_{b,min}$	το ελάχιστο ευθύγραμμο μήκος αγκύρωσης, $= 0.3 \ell_b$ ($\geq 10\varnothing$) για ράβδους υπό εφελκυσμό, $= 0.6 \ell_b$ ($\geq 10\varnothing$) για ράβδους υπό θλίψη,
ℓ_b	κατά την εξίσωση (17.1).

Για ράβδους οι οποίες συμβάλλουν στην καμπτική αντοχή κρίσιμων περιοχών δομικών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (βλ. παρ. 6.1.3), και αγκυρώνονται μέσα στην κρίσιμη περιοχή, πρέπει να λαμβάνεται $A_{s,req} / A_{s,prov} = 1.0$. Από αυτήν την απαίτηση απαλλάσσονται δοκοί και υποστυλώματα (όχι τοιχώματα) φορέων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας αλλά με κατάλληλα διαμορφωμένο μικτό σύστημα σύμφωνα με την παρ. 4.1.4.2β του ΕΑΚ με την προϋπόθεση όμως ότι ο λόγος η_v της σχέσης 4.8 του ΕΑΚ είναι >0.75 .

Για συγκολλητά δομικά πλέγματα με λείες ράβδους, το μήκος $\ell_{b,net}$ προσδιορίζεται από την εξίσωση (17.2) εάν υπάρχουν εντός του μήκους αγκύρωσης εγκάρσιες ράβδοι τουλάχιστον ίσες με:

$$n = 4 \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}}$$

17.6.4 Εγκάρσιος οπλισμός στις περιοχές αγκυρώσεων

Στις περιοχές αγκυρώσεων πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός. Εξαιρέση αποτελούν οι εφελκόμενες ράβδοι όταν αναπτύσσεται εγκάρσια θλίψη λόγω αντιδράσεων στηρίζεως.

Το ελάχιστο εμβαδόν του εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να είναι το 25% του εμβαδού της μέγιστης από τις αγκυρούμενες ράβδους.

Ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να είναι ομοιομόρφως κατανεμημένος μέσα στο μήκος αγκυρώσεως. Σε περίπτωση καμπύλων αγκυρώσεων, πρέπει να τοποθετείται στην περιοχή των αγκίστρων ή των αναβολών τουλάχιστον μία ράβδος εγκάρσιου οπλισμού.

\varnothing_n είναι η ισοδύναμη διάμετρος οπλισμού για δέσμες ράβδων.

17.6.5 Αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία

Οι αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία χρησιμοποιούνται συνήθως μόνο στις προεντεταμένες κατασκευές.

17.7.2.1 Διάταξη των ενώσεων με υπερκάλυψη

Οι κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας θεωρούνται περιοχές υψηλής εντάσεως.

Στις συνήθεις περιπτώσεις πλακών, πλακών με νευρώσεις, ή με σώματα πλήρωσης, πλακοδοκών και δοκών, υποστρωμάτων και τοιχωμάτων, αρκούν οι εγκάρσιοι οπλισμοί που δίνονται στο Κεφάλαιο 18.

Σε αγκυρούμενες ράβδους υπό θλίψη, ο εγκάρσιος οπλισμός πρέπει να τις περιβάλλει, να είναι συγκεντρωμένος περί το τέλος της αγκυρώσεως και να επεκτείνεται πέραν αυτού σε μία απόσταση τουλάχιστον ίση με $5 \varnothing$ ή $5 \varnothing_n$

17.6.5 Αγκυρώσεις με πρόσθετα στοιχεία

Η χρήση αγκυρώσεων με πρόσθετα στοιχεία (σώματα αγκύρωσης) επιτρέπεται μόνο αν υπάρχουν σχετικές εγκριτικές αποφάσεις.

17.7 ΕΝΩΣΕΙΣ

17.7.1 Είδη ενώσεων

Ενώσεις οπλισμών μπορούν να γίνουν με

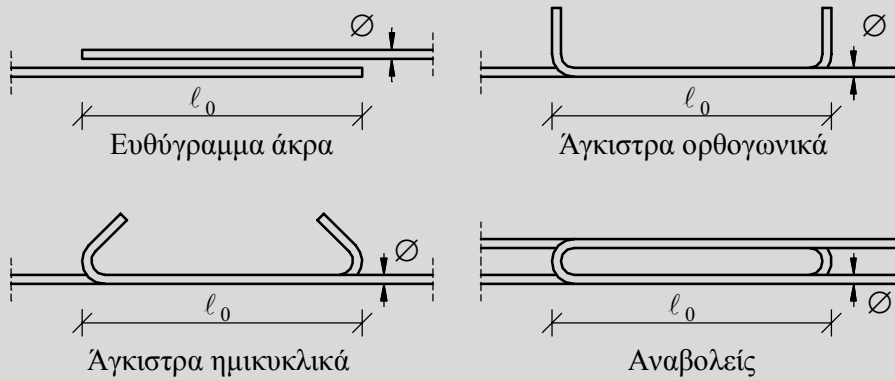
- υπερκάλυψη των ράβδων με ευθύγραμμα άκρα, με άγκιστρα ημικυκλικά ή ορθογωνικά, με αναβολείς, με ευθύγραμμα άκρα με συγκολλητούς εγκάρσιους οπλισμούς (π.χ. σε συγκολλητά δομικά πλέγματα),
- συγκόλληση,
- μηχανικά μέσα (αρμοκλείδες, ενώσεις με τήγμα μετάλλου κ.α.).

17.7.2 Ενώσεις με υπερκάλυψη

17.7.2.1 Διάταξη των ενώσεων με υπερκάλυψη

Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει, κατά το δυνατόν, να διατάσσονται κατά αποστάσεις μεταξύ τους και να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους στις περιοχές υψηλής εντάσεως.

Για οπλισμούς υψηλής συνάφειας σε μια στρώση επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη μέχρι και όλων των ράβδων (100%) σε μια διατομή του δομικού στοιχείου. Αν όμως οι οπλισμοί που υπερκαλύπτονται βρίσκονται σε περισσότερες στρώσεις τότε επιτρέπεται η υπερκάλυψη μόνο του μισού (50%) της συνολικής διατομής οπλισμού σε μια θέση.

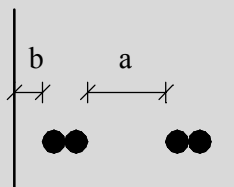


Σχήμα Σ 17.4: Ενώσεις με υπερκάλυψη

Αν δεν μπορεί να τηρηθεί η διάταξη για απόσταση αξόνων υπερκαλυπτόμενων ράβδων $\leq 4 \Delta$, πρέπει το μήκος υπερκαλύψεως να αυξάνεται κατά $(\kappa-4)\Delta$, όπου $\kappa > 4$, και $\kappa \Delta$ είναι η πραγματική απόσταση μεταξύ ράβδων.

17.7.2.2 Μήκος υπερκάλυψης εφελκόμενων ράβδων

Για το μήκος υπερκάλυψης εφελκόμενων ράβδων υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων βλ. επίσης τις παρ. 18.4.6 και 18.5.5.

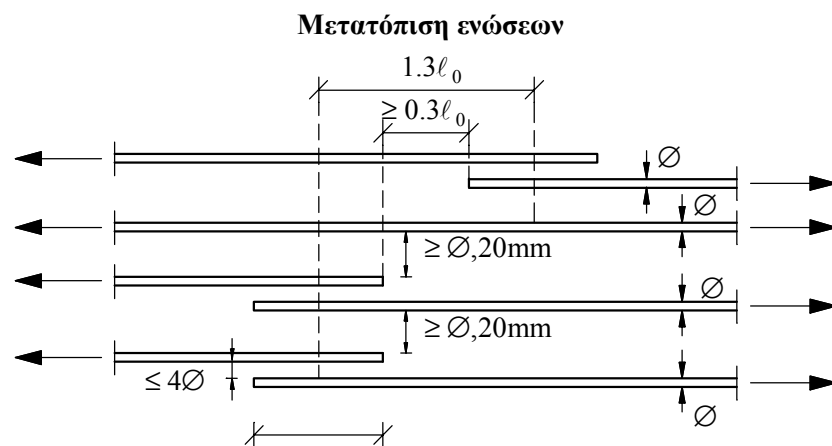


Σχήμα Σ 17.5: Συμβολισμοί του Πίνακα 17.5

Οι ενώσεις με υπερκάλυψη πρέπει να διατάσσονται συμμετρικώς και παραλλήλως προς τις παρειές του στοιχείου.

Για λείες ράβδους, επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη του 1/3 της διατομής οπλισμού κάθε στρώσης σε μια διατομή του δομικού στοιχείου. Οι δευτερεύοντες οπλισμοί διέρειστων πλακών επιτρέπεται να υπερκαλύπτονται στο σύνολό τους (100%) σε μία διατομή.

Ενώσεις με υπερκάλυψη θεωρούνται μετατοπισμένες, όταν η απόσταση των μέσων δύο γειτονικών ενώσεων είναι μεγαλύτερη από $1.3 \cdot \ell_0$, όπου ℓ_0 το μήκος της υπερκάλυψης σύμφωνα με την εξίσωση (17.3). Οι εγκάρσιες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων φαίνονται στο Σχήμα 17.2.



Σχήμα 17.2: Απόσταση των ράβδων οπλισμού στην περιοχή ένωσης

17.7.2.2 Μήκος υπερκάλυψης εφελκόμενων ράβδων

Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης ℓ_0 εφελκόμενων ράβδων (Σχήμα Σ17.4) υπολογίζεται από το αντίστοιχο απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της όπλισης (Πιν. 17.5):

$$\ell_0 = \alpha_1 \ell_{b,net} \geq \ell_{0,min} \dots\dots\dots (17.3)$$

όπου:

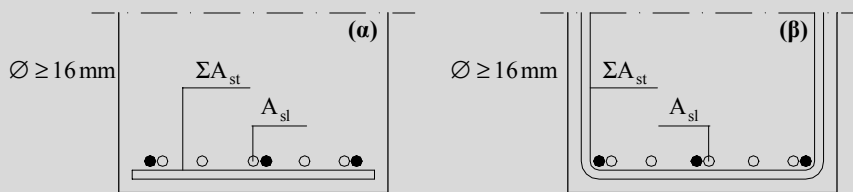
$\ell_{b,net}$ μήκος αγκύρωσης κατά την εξίσωση (17.2),

α_1 συντελεστής κατά τον Πίνακα 17.5,

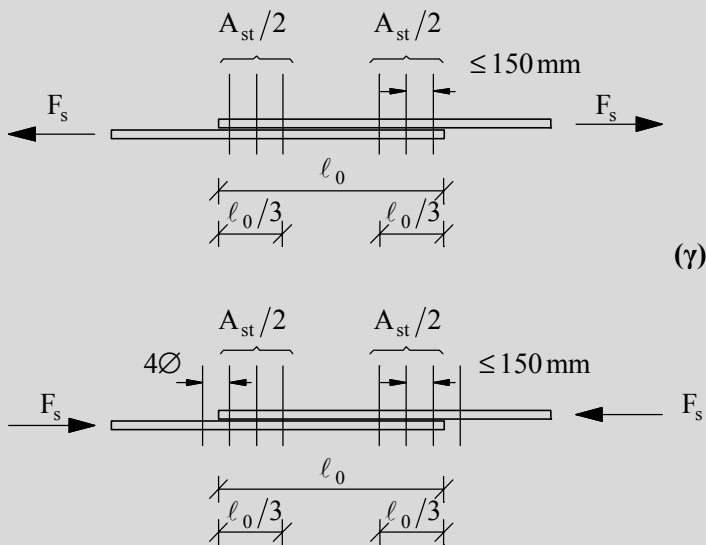
$\ell_{0,min}$ ελάχιστο μήκος υπερκάλυψης, το οποίο είναι ίσο με $\max(0.3 \cdot \alpha \cdot \alpha_1 \cdot \ell_b, 15\emptyset, 200\text{mm})$.

Για τα επιτρεπόμενα ποσοστά υπερκάλυψης βλ. παρ. 17.7.2.1.

17.7.2.4 Εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών



Σχήμα Σ17.6, α και β: Διατάξεις του Πίνακα 17.6



Σχήμα Σ17.6, γ: Διατάξεις του Πίνακα 17.6

Πίνακας 17.5: Συντελεστές α_1

Απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ενώσεων (a)	Απόσταση από την πλησιέστερη επιφάνεια (b)	Για υπερκαλυπτόμενες ράβδους (ποσοστό σε σχέση με την ολική διατομή χάλυβα)					Για εγκάρσιους οπλισμούς διανομής
		20%	25%	33%	50%	>50%	
$a \leq 10\varnothing$ είτε $b \leq 5\varnothing$		1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0
$a > 10\varnothing$ και $b > 5\varnothing$		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	

17.7.2.3 Μήκος υπερκάλυψης θλιβομένων ράβδων

Το μήκος υπερκάλυψης ℓ_0 πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη:

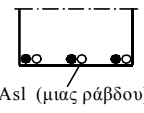
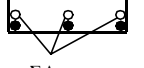
$$\ell_0 \geq \ell_{b,net} \dots\dots\dots (17.4)$$

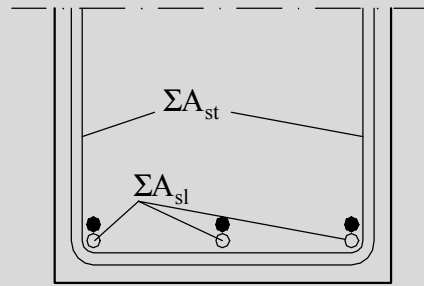
17.7.2.4 Εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

Στις περιοχές υπερκαλύψεων κυρίων οπλισμών πρέπει να τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός, ο οποίος παραλαμβάνει τις εγκάρσιες εφελκυστικές δυνάμεις. Ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός που προβλέπεται για άλλους λόγους (π.χ. οπλισμός διάτμησης, οπλισμός διανομής) συνυπολογίζεται στον εγκάρσιο οπλισμό.

Ο απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός δίνεται στον Πίνακα 17.6.

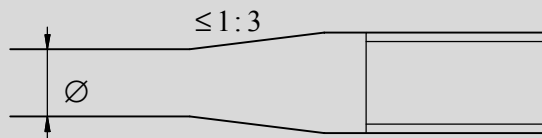
Πίνακας 17.6: Απαιτούμενος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

1	2	3	4	5		6		
Θέση υπερκαλυπτόμενων ράβδων	\varnothing ράβδων (mm)	Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων	Απόσταση γειτονικών υπερκαλύψεων κατά την έννοια του μήκους	Εγκάρσιος οπλισμός ΣA_{st}		Σχήμα		
				Ποσότητα	Τοποθέτηση			
 A_{sl} (μιας ράβδου)	< 16	Τυχόν	Τυχούσα	Δεν απαιτείται ειδικότερη φροντίδα				
	≥ 16	≤ 20%	Τυχούσα	$\Sigma A_{st} \geq A_{sl}$	Ευθύγραμμες ράβδοι τοποθετημένες εξωτερικά		Σ 17.6α	
		≤ 50%	≥ 10 \varnothing			Σε μορφή συνδετήρα		Σ 17.6β
		> 50%	< 10 \varnothing					
 ΣA_{sl}	Τυχόντα		$\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sl}$	Σε μορφή συνδετήρα	Σ 17.7			
Σημ. Μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ράβδου εγκάρσιου οπλισμού ίση με 150 mm								



Σχήμα Σ17.7: Διατάξεις του Πίνακα 17.6

17.7.3 Κοχλιωτές ενώσεις



Σχήμα Σ 17.8: Διογκωμένο άκρο ράβδου με σπείρωμα

Επιτρέπονται διογκώσεις των υπό ένωση ράβδων για αύξηση της διατομής πυρήνα, με κλίση συναρμογής 1:3 (Σχήμα Σ 17.8).

Η ολίσθηση στα άκρα της αρμοκλείδας υπό το φορτίο λειτουργίας επιτρέπεται να είναι το πολύ 0.1 mm.

Η διατομή του πυρήνα λαμβάνεται στον υπολογισμό κατά 100% για σπειρώματα με εξέλαση, ενώ για σπειρώματα με κοπή μόνο κατά 80%.

17.7.3 Κοχλιωτές ενώσεις

Με κοχλίωση επιτρέπεται να ενωθούν όλες οι ράβδοι σε μια διατομή.

Τα μέσα σύνδεσης (αρμοκλείδες) πρέπει να καλύπτονται με εγκριτικές αποφάσεις (πιστοποιητικά) αρμοδίων αρχών και να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις:

- δύναμη διαρροής αντίστοιχη του $1.0 \cdot f_{yk} \cdot A_s$, και
- δύναμη αντοχής αντίστοιχη του $1.2 \cdot f_{tk} \cdot A_s$,

όπου:

f_{yk}, f_{tk}, A_s το όριο διαρροής, η εφελκυστική αντοχή και η διατομή της προς σύνδεση ράβδου, αντιστοίχως.

Για την επικάλυψη σκυροδέματος και την απόσταση των μέσων σύνδεσης στην περιοχή της ένωσης ισχύουν οι παρ. 17.3 και παρ. 17.4, αντιστοίχως, όπου καθοριστική είναι η διάμετρος της προς ένωση ράβδου.

Για επαναλαμβανόμενη ή ανακυκλιζόμενη φόρτιση απαιτείται πειραματική απόδειξη της αποτελεσματικότητας της σύνδεσης.

17.7.4 Συγκολλητές ενώσεις

Με συγκόλληση επιτρέπεται να ενωθούν όλες οι ράβδοι σε μια διατομή του δομικού στοιχείου.

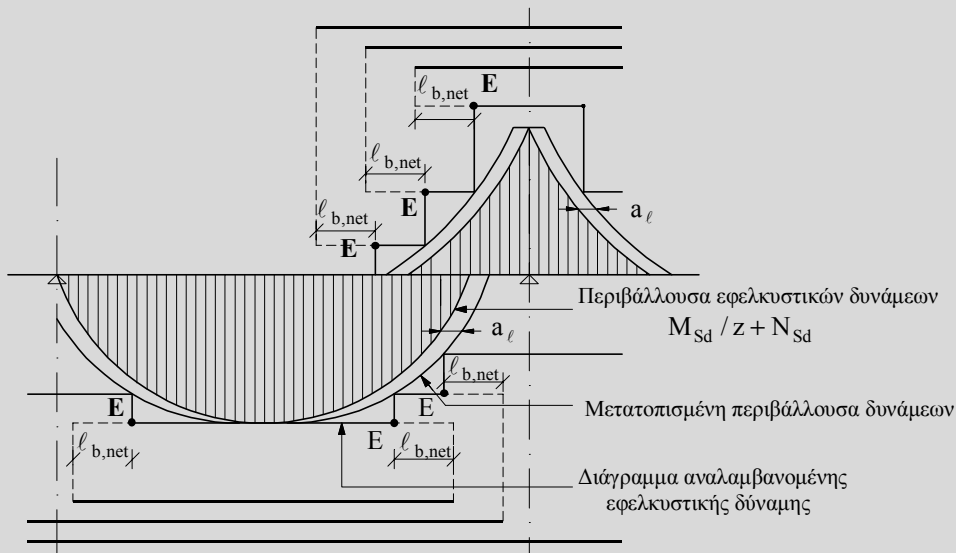
Οι συγκολλητές ενώσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους κανονισμούς συγκολλήσεων και τα τεύχη έγκρισης των χαλύβων.

17.8.1 Γενικά

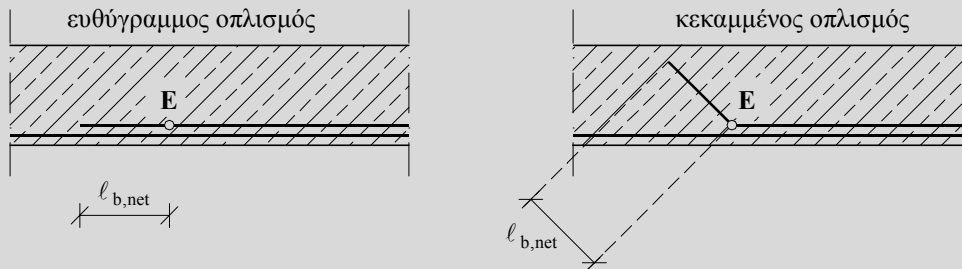
Σε πλακοδοκούς και κοίλες διατομές οι οπλισμοί μπορούν να τοποθετούνται μέσα στην πλάκα σε ένα πλάτος το πολύ ίσο με το μισό συνεργαζόμενο πλάτος (παρ. 8.4). Πρέπει να μένει αρκετό ποσοστό οπλισμού στον κορμό για περιορισμό της ρηγμάτωσης.

17.8.2 Κανόνες μετατόπισης

17.8.3 Αγκυρώσεις εκτός στηρίξεων



Σχήμα Σ 17.9: Παράδειγμα κλιμακούμενου οπλισμού (κανόνες μετατόπισης – μήκη αγκύρωσης)



Σχήμα Σ 17.10: Παράδειγμα αγκύρωσης κλιμακούμενων οπλισμών, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται ως οπλισμοί διάτμησης

17.8 ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΚΑΜΠΤΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

17.8.1 Γενικά

Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να τοποθετούνται έτσι, ώστε σε κάθε διατομή να καλύπτεται το μετατοπισμένο διάγραμμα των εφελκυστικών δυνάμεων (παρ. 17.8.2).

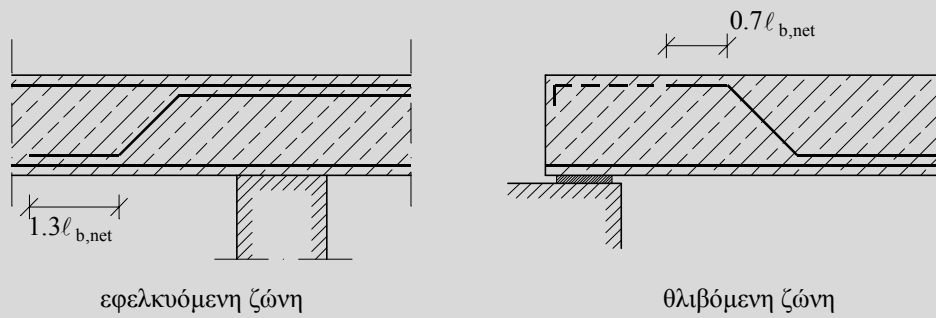
17.8.2 Κανόνας μετατόπισης

Η περιβάλλουσα των εφελκυστικών δυνάμεων προκύπτει από οριζόντια μετατόπιση κατά a_ℓ της καμπύλης $F_t = (M/z) + N$ (η τιμή του a_ℓ ορίζεται στην παρ. 11.2.4).

17.8.3 Αγκυρώσεις εκτός στηρίξεων

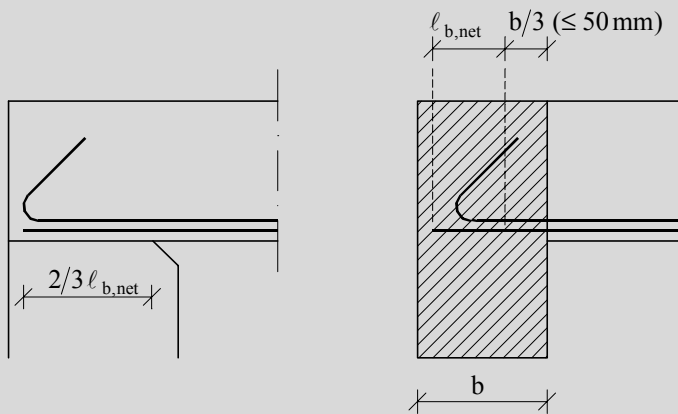
Το μήκος αγκύρωσης οπλισμού ευθύγραμμου ή κεκαμμένου που δεν χρησιμοποιείται ως οπλισμός διάτμησης, μετριέται από το θεωρητικό άκρο E και είναι ίσο με $\ell_{b,net}$.

Τα μήκη αγκύρωσης ράβδων που κάμπτονται για να παραλάβουν και τέμνουσες, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσα με $1.3 \cdot \ell_{b,net}$ στις εφελκυσόμενες ζώνες και $0.7 \ell_{b,net}$ στις θλιβόμενες ζώνες ($\ell_{b,net}$ = μήκος αγκύρωσης σύμφωνα με την παρ. 17.6.3).



Σχήμα Σ 17.11: Παράδειγμα αγκύρωσης οπλισμών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως οπλισμοί διάτμησης

17.8.4 Αγκύρωση σε ακραίες στηρίξεις



Σχήμα Σ 17.12: Αγκυρώσεις στις ακραίες στηρίξεις

17.8.5 Αγκύρωση σε ενδιάμεσες στηρίξεις

Σε περίπτωση αγκίστρων είναι σκόπιμο να μειώνεται ο κίνδυνος απώλειας συνάφειας διατάσσοντας το επίπεδο αγκύρωσης κάθετα προς την πιθανή διεύθυνση ρηγμάτωσης, ειδικά στην περίπτωση εμμέσων στηρίξεων.

17.8.4 Αγκύρωση σε ακραίες στηρίξεις

- i) Για δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και για πλάκες:
- α) Η αγκύρωση των οπλισμών στις ακραίες στηρίξεις πρέπει να μπορεί να αναλάβει εφελκυστική δύναμη ίση με:

$$F_t = V_{Sd} \cdot a_\ell / z \dots\dots\dots (17.5)$$

όπου:

a_ℓ σύμφωνα με την εξ.(11.27β).

- β) Το μήκος αγκύρωσης για άμεση στήριξη μετριέται από τη γραμμή επαφής με τη στήριξη και είναι ίσο με $2/3 \cdot \ell_{b,net}$.

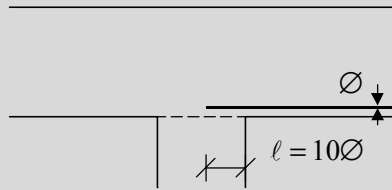
Το μήκος αγκύρωσης για έμμεση στήριξη μετριέται από ένα επίπεδο μέσα στην στήριξη το οποίο απέχει από το σημείο τομής των δύο στοιχείων απόσταση ίση με το 1/3 του πλάτους στήριξης ($\leq 50\text{mm}$) και είναι ίσο με $\ell_{b,net}$.

- ii) Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η αγκύρωση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.

17.8.5 Αγκύρωση σε ενδιάμεσες στηρίξεις

Όταν σύμφωνα με τις διατάξεις του Κεφ. 18 ορισμένοι οπλισμοί προεκτείνονται σε ενδιάμεσες στηρίξεις ή σε ακραίες στηρίξεις που συνεχίζονται σε πρόβολο, η διαμόρφωση της αγκύρωσης γίνεται ως εξής:

- i) Για δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και για πλάκες, οι παραπάνω οπλισμοί προεκτείνονται μέσα στη στήριξη τουλάχιστον κατά $10\emptyset$.
- ii) Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η αγκύρωση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.



Σχήμα Σ 17.13: Αγκύρωση σε ενδιάμεση στήριξη για πλάκες και δοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Επιπλέον συνιστάται η χρησιμοποίηση συνεχούς οπλισμού, με εύκολη μόρφωση και τοποθέτηση και με δυνατότητα παραλαβής μιας τυχηματικής θετικής ροπής (υποχώρηση στήριξης, έκρηξη, πυρκαγιά κλπ.).

17.9 ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Κανόνες και ελάχιστα ποσοστά οπλισμών διάτμησης ανά δομικό στοιχείο δίνονται στο Κεφάλαιο 18.

Γενικώς οι κεκλιμένοι συνδετήρες, και κυρίως σε κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, πρέπει να εξασφαλίζονται έναντι μεταθέσεως (π.χ. με ηλεκτροσυγκολλήσεις πάνω στις διαμήκεις ράβδους).

Για τις σπείρες δεν απαιτείται έλεγχος αγκυρώσεων, πλην των άκρων τους.

Ένωση με υπερέκλυψη των σκελών συνδετήρων (ή συνδέσμων) δεν επιτρέπεται.

17.9.1 Αγκύρωση συνδετήρων

17.9 ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Οι οπλισμοί διάτμησης μπορούν να αποτελούνται από:

- κάθετους ή κεκλιμένους προς τον άξονα του φορέα συνδετήρες και εγκάρσιους συνδέσμους,
- κεκλιμένες-λοξές ράβδους,
- σπείρες, και
- συνδυασμό των παραπάνω.

17.9.1 Αγκύρωση συνδετήρων

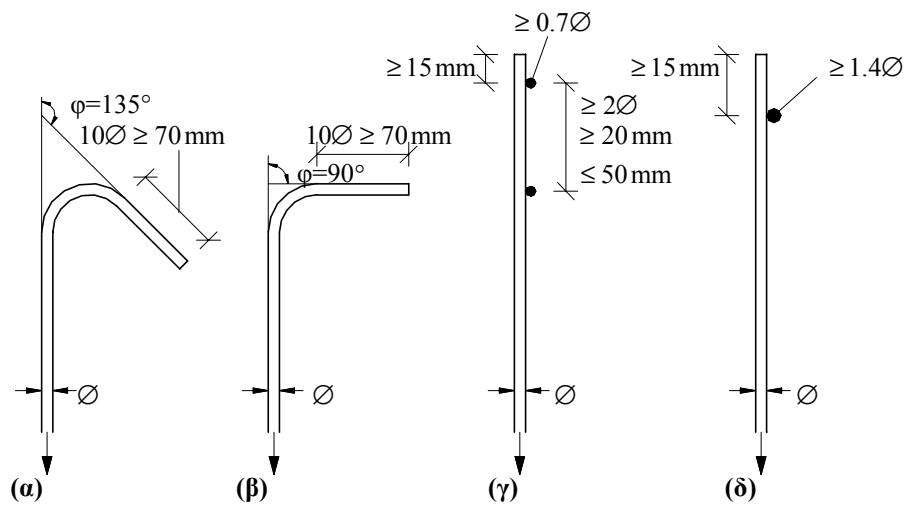
Η αγκύρωση των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.3.

Ορθογωνικά άγκιστρα κατά το Σχήμα 17.3.β) επιτρέπονται μόνο σε νευροχάλυβες.

Διατάξεις κατά τα Σχήματα 17.3.γ) και δ) επιτρέπονται μόνο όταν δεν προκαλείται διάρρηξη ή αποκόλληση του σκυροδέματος επικάλυψης, δηλ. όταν η επικάλυψη στην περιοχή αγκύρωσης είναι τουλάχιστον 50mm.

Οι εγκάρσιες ράβδοι (Σχήματα 17.3.γ και δ) είναι συγκολλημένες στους συνδετήρες. Τέτοιες διατάξεις επιτρέπονται μόνο για έτοιμους, βιομηχανικής παραγωγής, συνδετήρες και εφαρμόζονται μόνο σε πλάκες ή πλακοδοκούς χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

**17.9.2 Εξωτερικοί συνδετήρες
(συνδετήρες κατά την περίμετρο του δομικού στοιχείου)**



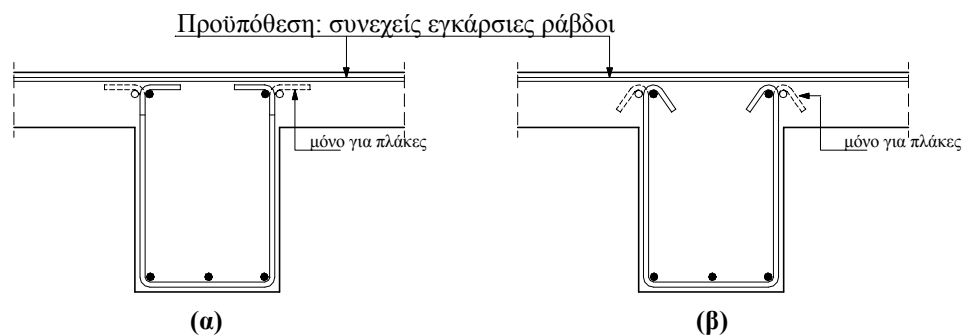
Σχήμα 17.3: Διατάξεις αγκυρώσεων συνδετήρων

17.9.2 Εξωτερικοί συνδετήρες (συνδετήρες κατά την περίμετρο του δομικού στοιχείου)

α) Πλακοδοκοί (και πλάκες)

Το κλείσιμο των συνδετήρων στην περιοχή της πλάκας γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.4.

Το κλείσιμο των συνδετήρων στον κορμό γίνεται σύμφωνα με το επόμενο εδάφιο, περί δοκών.

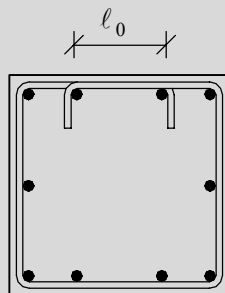


Σχήμα 17.4: Κλείσιμο συνδετήρων σε πλάκες και σε πλακοδοκούς στην περιοχή της πλάκας (βλ. Σχήμα 17.3 για αγκύρωση άκρων)

β) Δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα

Γενικώς, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.5.

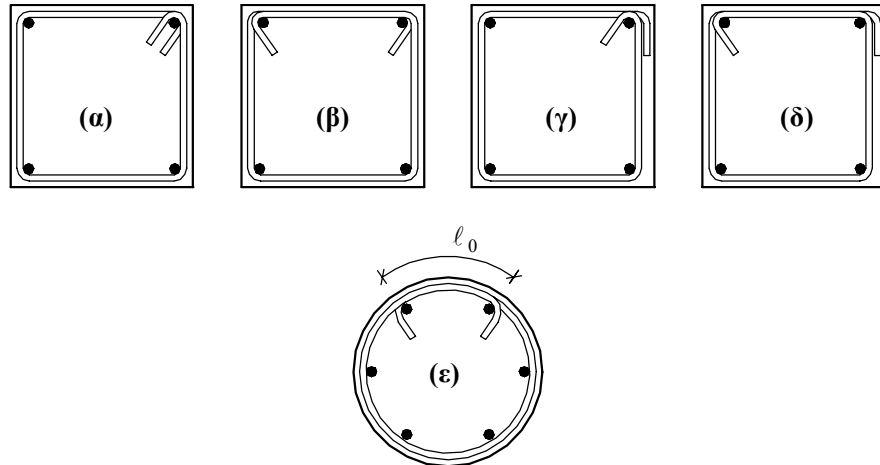
Στις κρίσιμες περιοχές κυκλικών υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνίσταται όπως το κλείσιμο των συνδετήρων, σύμφωνα με το Σχήμα 17.5.ε), γίνεται κατ' εναλλαγήν.



Σχήμα Σ 17.14: Παράδειγμα μόρφωσης συνδετήρα στρέψεως.

Σε στοιχεία υπό υψηλή άμεση στρέψη (π.χ. αν $T_{sd} \geq 0.5 T_{Rd1}$) συνίσταται όπως το κλείσιμο των συνδετήρων (π.χ. κατά το Σχήμα Σ17.14) γίνεται κατ' εναλλαγήν,

Ειδικώς στις κρίσιμες περιοχές δομικών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιβάλλονται οι διατάξεις α) και β), ενώ κατ' εξαίρεση επιτρέπονται οι διατάξεις γ) και δ) εφόσον το κλείσιμο διατάσσεται κατ' εναλλαγήν, δηλ. σε διαφορετικές διαμήκειες ράβδους. Επίσης επιτρέπεται και το κλείσιμο σύμφωνα με τα ισχύοντα για την άμεση στρέψη.



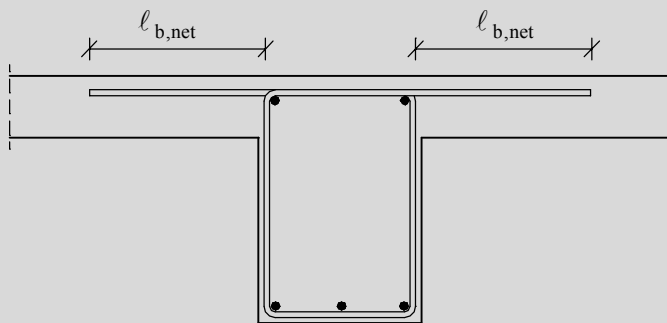
Σχήμα 17.5: Κλείσιμο συνδετήρων σε κορμούς πλακοδοκών, σε δοκούς, σε υποστρώματα και τοιχώματα (βλ. Σχήμα 17.3 για αγκύρωση άκρων)

Σε κυκλικά υποστρώματα, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.5(ε), με ορθογωνικά (ή ημικυκλικά) άγκιστρα έτσι ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι τουλάχιστον ίση με το μήκος υπερκάλυψης l_0 .

γ) Στοιχεία υπό άμεση στρέψη

Το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μήκος υπερκάλυψης l_0 .

ή σύμφωνα με το Σχήμα Σ17.15.

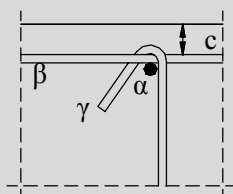


Σχήμα Σ 17.15: Παράδειγμα μόρφωσης συνδετήρα στρέψεως

17.9.3 Εσωτερικοί συνδετήρες

Σε δομικά στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιτρέπεται κατ' εξαίρεση το κλείσιμο των συνδετήρων σύμφωνα με το Σχήμα 17.4 εφόσον διατάσσονται κατ' εναλλαγήν.

17.9.4 Εγκάρσιοι σύνδεσμοι (μορφής S)



- α : Διαμήκης ράβδος
- β : Εγκάρσια ράβδος
- γ : Άγκιστρο συνδέσμου, ημικυκλικό ή ορθογωνικό, που συγκρατεί τον «κόμβο» διαμήκους και εγκάρσιας ράβδου

Σχήμα Σ17.16: Διάταξη εγκάρσιων συνδέσμων (μορφής S)

Σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ή εκτός κρίσιμων περιοχών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιτρέπεται τα άγκιστρα των συνδέσμων να συγκρατούν μόνο τις εξωτερικές ράβδους (τις εγκάρσιες), πάντοτε δίπλα στον «κόμβο».

Επίσης σε στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ή εκτός κρίσιμων περιοχών στοιχείων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, επιτρέπεται μόρφωση και των δύο άκρων ως ορθογωνικών άγκιστρων.

17.9.3 Εσωτερικοί συνδετήρες

Γενικώς, το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται σύμφωνα με το Σχήμα 17.4 σε πλάκες και σε πλακοδοκούς, καθώς και σε δομικά στοιχεία χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, και σύμφωνα με το Σχήμα 17.5 σε δομικά στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

17.9.4 Εγκάρσιοι σύνδεσμοι (μορφής S)

Επιτρέπεται μόρφωση του ενός άκρου ως ημικυκλικού και του άλλου άκρου ως ορθογωνικού αγκίστρου, υπό την προϋπόθεση ότι τα ορθογωνικά άγκιστρα θα διατάσσονται σε διαφορετικές διαμήκειες ράβδους.

17.9.5 Αγκυρώσεις κεκλιμένων-λοξών ράβδων

Για την αγκύρωση αυτών των ράβδων ισχύει το τελευταίο εδάφιο της παρ. 17.8.3. Επίσης, οι ράβδοι αυτές πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα στην εγκάρσια διεύθυνση.

17.10 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΕΝΟΝΤΕΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗΣ

17.10.1 Ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διαφόρων ειδών χαλύβων

Η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση συνήθων χαλύβων και χαλύβων προέντασης επιτρέπεται σύμφωνα με την παρ. 17.2.2.

17.10.2 Διάταξη τενόντων προέντασης

17.10.2.1 Ελάχιστος αριθμός τενόντων προέντασης

- α) Ο ελάχιστος επιτρεπόμενος αριθμός των μεμονωμένων ράβδων ή συρμάτων στην προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη προεντεταμένων στοιχείων είναι τρεις (3).

Όταν χρησιμοποιούνται καλώδια αποτελούμενα από δέσμες ράβδων, συρμάτων ή συρματόσχοινων, μπορεί να υπάρχει μόνον ένα καλώδιο στην προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη, υπό τον όρο ότι το καλώδιο αποτελείται από επτά (7) τουλάχιστον στοιχεία.

Πίνακας 17.7: Ελάχιστο πλήθος ράβδων, συρμάτων και καλωδίων στην προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη μεμονωμένου δομικού στοιχείου

Μεμονωμένες ράβδοι και σύρματα	: 3
Ράβδοι, σύρματα και συρματόσχοινα που αποτελούν καλώδιο	: 7

Οι τιμές αυτές ισχύουν όταν οι διάμετροι των ράβδων ή συρμάτων είναι ίδιες. Όταν οι διάμετροι είναι διαφορετικές ο έλεγχος γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

- β) Αν ο αριθμός των τενόντων ή ο συνολικός αριθμός των ράβδων, συρμάτων ή συρματόσχοινων της δέσμης είναι μικρότερος του 3 ή 7, αντιστοίχως, τότε πρέπει να ελέγχεται (λαμβάνοντας $\gamma_f=1.0$ και $\gamma_m=1.0$) ότι η ασφάλεια έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας εξασφαλίζεται ακόμη και όταν ένας τένοντας ή τρεις ράβδοι, σύρματα ή συρματόσχοινα μίας δέσμης αστοχήσουν. Για τον έλεγχο αυτόν, μπορεί να ληφθεί υπόψη ανακατανομή, λόγω μεταβολής του στατικού συστήματος εξαιτίας εγκάρσιας μεταβίβασης σε συνεργαζόμενα γειτονικά στοιχεία, ή εξαιτίας του υπάρχοντος οπλισμού οπλισμένου σκυροδέματος. Για τένοντες ή σύρματα διαφορετικής διαμέτρου πρέπει να θεωρείται ότι αστοχούν εκείνα με την μεγαλύτερη διατομή.

17.10.2.2 Οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ τενόντων

17.10.2.2α Προένταση μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Ο σχηματισμός ομάδων (δέσμης) σωλήνων πρέπει γενικώς να αποφεύγεται.

Ζεύγος σωλήνων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι κατακόρυφως ο ένας πάνω από τον άλλον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό τον όρο ότι λαμβάνονται τα αναγκαία μέτρα κατά την τάνυση και κατά την εφαρμογή των τιμεντενεμάτων.

Οι ελάχιστες οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ μεμονωμένων τενόντων δίνονται ως εξής:

- οριζόντια: $\geq \varnothing_{\text{σωλ}}$ ή 40mm
- κατακόρυφα: $\geq \varnothing_{\text{σωλ}}$ ή 50mm

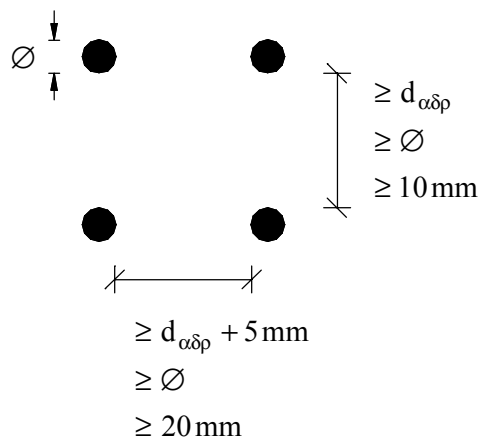
όπου $\varnothing_{\text{σωλ}}$ η διάμετρος του σωλήνα.

Ο πιο πάνω περιορισμός για την οριζόντια απόσταση ισχύει και για ζεύγη τενόντων.

17.10.2.2β Προένταση πριν από την διάστρωση του σκυροδέματος

Σε αυτή την περίπτωση, ο σχηματισμός ομάδων τενόντων απαγορεύεται.

Οι ελάχιστες οριζόντιες και κατακόρυφες ελεύθερες αποστάσεις μεταξύ μεμονωμένων τενόντων δίδονται στο Σχήμα 17.7.



Σχήμα 17.7: Ελάχιστες αποστάσεις τενόντων
(\varnothing = η εξωτερική διάμετρος σωλήνων ράβδων και συρμάτων)

17.10.2.3α Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Οι απαιτήσεις επικάλυψης υπαγορεύονται, κατά κανόνα, από την αντοχή σε διάρκεια.

Οι ελάχιστες τιμές επικάλυψης που αναφέρονται είναι κατάλληλες για μέτρια διαβρωτικές συνθήκες. Για διαβρωτικές συνθήκες ή για την ικανοποίηση απαιτήσεων αντοχής σε πυρκαγιά, οι τιμές αυτές θα πρέπει να αυξηθούν σημαντικά.

Σε στοιχεία που προεντείνονται μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος με εξωτερικούς τένοντες των οποίων η επικάλυψη επιτυγχάνεται με μη προεντεταμένο σκυρόδεμα, χρειάζεται ιδιαίτερη φροντίδα ώστε η επικάλυψη αυτή να εξασφαλίζει προστασία όση και η ελάχιστη απαιτούμενη επικάλυψη από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Για στοιχεία που προεντείνονται μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος και στα οποία απαιτείται επιφανειακός οπλισμός, θα πρέπει η επικάλυψη αυτού του οπλισμού να συμφωνεί με την παρ. 5.1 και 17.5.

Η συνολική διατομή επιφανειακού οπλισμού κατά την διαμήκη διεύθυνση πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με $0.015 \cdot A_{ct,ext}$, όπου $A_{ct,ext}$ η διατομή του σκυροδέματος επικάλυψης.

17.10.2.4 Επιτρεπόμενες ακτίνες καμπυλότητας

Οι διατάξεις εκτροπής των καλωδίων σε προεντεταμένη κλίση πρέπει να έχουν κατάλληλη μορφή ώστε να μη βλάπτονται οι τένοντες. Για έναν μεμονωμένο τένοντα, σε περίπτωση έλλειψης πειραματικών δεδομένων, μπορεί να θεωρηθεί ότι η απαίτηση αυτή ικανοποιείται αν πληρούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- διάμετρος διατάξεων εκτροπής
 - $\geq 5\varnothing$ για σύρματα
 - $\geq 10\varnothing$ για συρματόσχοινα
- γωνία εκτροπής $\leq 15^\circ$.

17.10.3 Αγκύρωση τενόντων προέντασης και διάταξη αρμοκλειδών

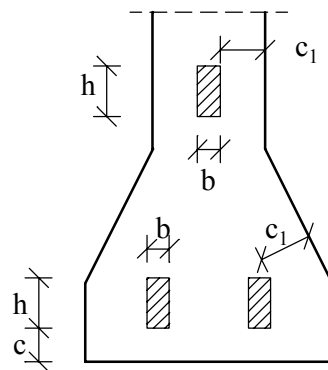
Βλέπε παρ. 3.2.5 και 4.5.1.

Για περιπτώσεις μη ήρεμης φόρτισης απαιτούνται ειδικοί κανόνες αγκύρωσης.

17.10.2.3 Επικάλυψη

17.10.2.3α Προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

Το ελάχιστο πάχος σκυροδέματος μεταξύ μιας εξωτερικής παρειάς και ενός σωλήνα ή μιας δέσμης σωλήνων θα πρέπει αφενός μεν να είναι τουλάχιστον ίσο με τις ονομαστικές τιμές που δίνονται στην παρ. 5.1 και στην παρ. 17.5, αφετέρου δε να μην είναι μικρότερο από τις τιμές του Σχήματος 17.8.



$$c_1 \geq b \text{ και } \geq h/2$$

$$c \geq b$$

Πλην εξαιρετικών περιπτώσεων:

$$c_1 \geq 40 \text{ mm}, \quad c \geq 40 \text{ mm}$$

Σχήμα 17.8: Επικαλύψεις στην περίπτωση προέντασης μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος

17.10.2.3β Προένταση πριν από την διάστρωση του σκυροδέματος

Η ελάχιστη επικάλυψη πρέπει να συμφωνεί με την παρ. 5.1 και 17.5, αλλά δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 20mm ή $2\emptyset$. Όταν χρησιμοποιούνται σύρματα νευροχαλύβων $c_{\min} = 3\emptyset$.

17.10.2.4 Επιτρεπόμενες ακτίνες καμπυλότητας

Οι καμπυλότητες θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε οι αναπτυσσόμενες κατά την προένταση δυνάμεις εκτροπής να μην προκαλούν θραύση λόγω τοπικής σύνθλιψης ή διάρρηξη του σκυροδέματος .

17

17.10.3 Αγκύρωση τενόντων προέντασης και διάταξη αρμοκλειδών

Οι διατάξεις αγκύρωσης, σε περίπτωση τενόντων που προεντείνονται μετά από την σκλήρυνση του σκυροδέματος, ή το μήκος αγκύρωσης, σε περίπτωση που

17.11 ΚΑΝΟΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥΣ ΣΥΡΡΑΦΗΣ ΣΕ ΑΡΜΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

Π.χ.

- αρμοί διακοπής σκυροδετήσεως (εργασίας)
- η κοινή επιφάνεια μεταξύ δύο τμημάτων του αυτού στοιχείου.

Σε περίπτωση που η υπόψη επιφάνεια θλίβεται, η εξ. (17.6) μπορεί να γενικευθεί και ο απαιτούμενος οπλισμός συρραφής να μειωθεί καταλλήλως, κατά την ποσότητα:

$$\mu \cdot \frac{N_{Sd}}{\ell} \dots\dots\dots (\Sigma. 17.4)$$

όπου:

μ συντελεστής τριβής μεταξύ επιφανειών σκυροδέματος ($\mu \cong 0.7$).

ℓ μήκος αρμού

N_{Sd} η ελάχιστη θλιπτική δύναμη (θετική για θλίψη).

προεντείνονται πριν από την έγχυση του σκυροδέματος, πρέπει να εξασφαλίζουν την ανάπτυξη ολόκληρης της αντοχής σχεδιασμού των τενόντων.

Ο έλεγχος των τοπικών θλιπτικών φαινομένων στο σκυρόδεμα και ο υπολογισμός του αντίστοιχου κατάλληλου οπλισμού πρέπει να γίνονται με βάση κατάλληλες μεθόδους των οποίων η αξιοπιστία πρέπει να αποδεικνύεται με αναφορά σε πειραματικά αποτελέσματα.

Αν χρησιμοποιούνται αρμοκλείδες πρέπει να τοποθετούνται έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες αντοχές σε όλες τις διατομές και να μπορούν να πραγματοποιούνται επιτυχώς οι αγκυρώσεις που καθορίζονται πιο πάνω.

Γενικώς, οι αρμοκλείδες πρέπει να τοποθετούνται μακράν ενδιαμέσων στηρίξεων. Επίσης, πρέπει να αποφεύγεται η επέκταση μέσω αρμοκλειδών περισσότερων από το 50% των τενόντων σε μία διατομή.

17.11 ΚΑΝΟΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥΣ ΣΥΡΡΑΦΗΣ ΣΕ ΑΡΜΟΥΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

Οι εσωτερικές επίπεδες επιφάνειες του σκυροδέματος που καταπονούνται από διατμητικές δυνάμεις και για τις οποίες δεν προβλέπονται ειδικοί έλεγχοι, πρέπει να διασχίζονται από κατάλληλους οπλισμούς οι οποίοι να αγκυρώνονται και στις δύο πλευρές αυτών των επιφανειών και να κατανέμονται ομοιόμορφα εγκάρσιως. Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να σχηματίζουν με τις επιφάνειες αυτές γωνία 45°-90°.

Στις επιφάνειες αυτές η τιμή της δύναμης ολίσθησης σχεδιασμού ανά μονάδα μήκους αρμού πρέπει να επαληθεύει την σχέση:

$$v_{Sd} \leq \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \quad \dots \dots \dots (17.6)$$

όπου:

- | | |
|----------|---|
| A_s | το άθροισμα των διατομών των οπλισμών που σχηματίζουν στρώση οπλισμού συρραφής, |
| s | η απόσταση μεταξύ των οπλισμών συρραφής, μετρούμενη παράλληλα προς την υπόψη επιφάνεια, |
| f_{yd} | η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής του οπλισμού συρραφής, και |
| α | η γωνία του οπλισμού με την υπόψη επίπεδη επιφάνεια. |

17.12 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΔΕΣΜΕΣ ΡΑΒΔΩΝ

17.12.1 Ισοδύναμη διάμετρος, επικάλυψη, αποστάσεις ράβδων

Δέσμες ράβδων επιτρέπονται για ράβδους με $\varnothing \leq 28\text{mm}$ και μόνο για ράβδους υψηλής συνάφειας. Οι ράβδοι μιας δέσμης πρέπει να έχουν ίδια διάμετρο και χαρακτηριστικά.

Για τη μελέτη, οι δέσμες αντικαθίστανται από μια ιδεατή ράβδο, η οποία έχει την ίδια διατομή με τη δέσμη, το ίδιο κέντρο βάρους και μια ισοδύναμη διάμετρο \varnothing_n που ορίζεται από τη σχέση:

$$\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n} \leq 55 \text{ mm} \dots\dots\dots (17.7)$$

Ο αριθμός των ράβδων μιας δέσμης περιορίζεται σε:

- $n \leq 4$ για κατακόρυφες θλιβόμενες ράβδους και για ράβδους μιας ένωσης με υπερκάλυψη,
- $n \leq 3$ για όλες τις άλλες περιπτώσεις.

Δεν επιτρέπονται διατάξεις τριών ή περισσότερων ράβδων εν σειρά.

Για τον υπολογισμό της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος και των αποστάσεων των ράβδων λαμβάνεται υπόψη η ισοδύναμη διάμετρος \varnothing_n . Η επικάλυψη και οι αποστάσεις πρέπει να μετρηθούν από την πραγματική εξωτερική περίμετρο της δέσμης των ράβδων.

17.12.2 Αγκυρώσεις και ενώσεις

Αγκυρώσεις και ενώσεις με υπερκάλυψη δεσμών πραγματοποιούνται με την αγκύρωση και υπερκάλυψη των μεμονωμένων ράβδων.

Οι αγκυρώσεις των ράβδων μιας δέσμης δεν μπορούν να είναι παρά μόνο ευθύγραμμες και οι μεμονωμένες ράβδοι πρέπει να τελειώνουν κατά αποστάσεις. Για δέσμες 2, 3 ή 4 ράβδων οι αποστάσεις αυτές θα πρέπει να είναι αντίστοιχα 1.2, 1.3 και 1.4 φορές το μήκος αγκύρωσης των μεμονωμένων ράβδων. Οι ράβδοι μιας δέσμης πρέπει να υπερκαλύπτονται μία προς μία. Οι μεμονωμένες υπερκαλύψεις των ράβδων μιας δέσμης πρέπει να απέχουν μεταξύ τους. Οι ελάχιστες αποστάσεις δίνονται από την προηγούμενη παράγραφο. Σε καμία διατομή η δέσμη δεν μπορεί να αποτελείται από περισσότερες από 4 ράβδους.

