

17.7.2.2 Μήκος υπερκάλυψης εφελκόμενων ράβδων

Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης λ_0 εφελκόμενων ράβδων (Σχήμα Σ17.4) υπολογίζεται από το αντίστοιχο απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της όπλισης (Πιν. 17.5):

$$\lambda_0 = \alpha_1 \lambda_{b,net} \geq \lambda_{0,min} \dots\dots\dots (17.3)$$

όπου:

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

α_1 συντελεστής κατά τον Πίνακα 17.5,

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

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%	
$a \leq 10\emptyset$ είτε $b \leq 5\emptyset$		1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	1.0
$a > 10\emptyset$ και $b > 5\emptyset$		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	

17.7.2.3 Μήκος υπερκάλυψης θλιβομένων ράβδων

Το μήκος υπερκάλυψης λ_0 πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη:

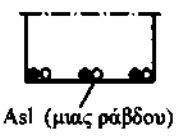
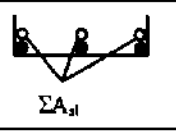
$$\lambda_0 \geq \lambda_{b,net} \dots\dots\dots (17.4)$$

17.7.2.4 Εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης κυρίων οπλισμών

Στις περιοχές υπερκάλυψων 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	Φ ράβδων (mm)	Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων	Απόσταση γειτονικών υπερκαλύψεων κατά την έννοια του μήκους	Εγκάρσιος οπλισμός ΣA_{st}		Σχήμα	
				Ποσότητα	Τοποθέτηση		
 As1 (μιας ράβδου)	< 16	Τυχόν	Τυχούσα	Δεν απαιτείται ειδικότερη φροντίδα			
	≥ 16	≤ 20%		Τυχούσα	ΣA _{st} ≥ A _{s1}		Ευθύγραμμες ράβδοι τοποθετημένες εξωτερικά
		> 20% ≤ 50%	≥ 10Φ			Σε μορφή συνδετήρα	Σ 17.6β
		> 50%	< 10Φ				
 ΣA _{st}	Τυχόντα			ΣA _{st} ≥ ΣA _{s1}	Σε μορφή συνδετήρα	Σ 17.7	
Σημ. Μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ράβδων εγκάρσιου οπλισμού ίση με 150 mm							

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:

$f_{yk}, f_{tk} \cdot A_s$ 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 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_λ της καμπύλης $F_t = (M/z) + N$ (η τιμή του a_λ 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 και είναι ίσο με $\lambda_{b,net}$.

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

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:

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

όπου:

- a_λ 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 $2/3 \cdot \lambda_{b,net}$.

Το μήκος αγκύρωσης για έμμεση στήριξη μετρείται 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 $\lambda_{b,net}$.

- 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 $10\varnothing$

II. Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η αγκύρωση γίνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 18.3.5.

17.9 ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

Οι οπλισμοί διάτμησης μπορούν να αποτελούνται από:

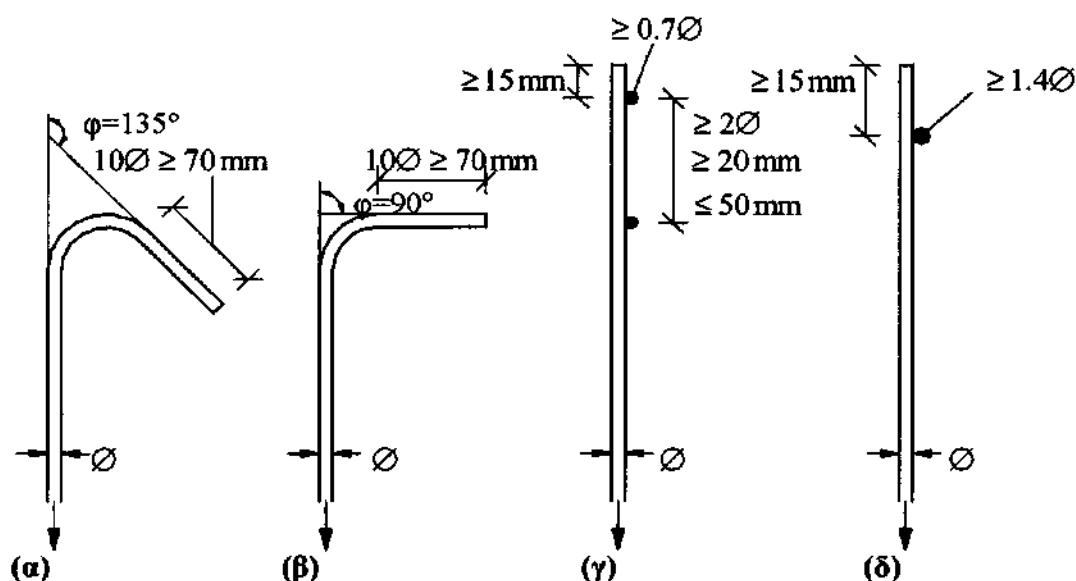
- κάθετους ή κεκλιμένους προς τον άξονα του φορέα συνδετήρες και εγκάρσιους συνδέσμους,
- κεκλιμένες-λοξές ράβδους,
- σπείρες, και
- συνδυασμό των παραπάνω.

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.



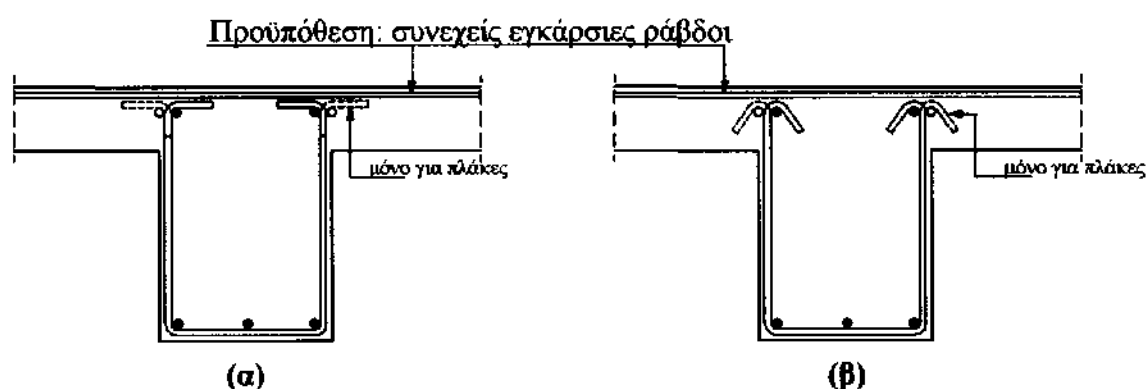
Σχήμα 17.3: Διατάξεις αγκυρώσεων συνδετήρων

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.

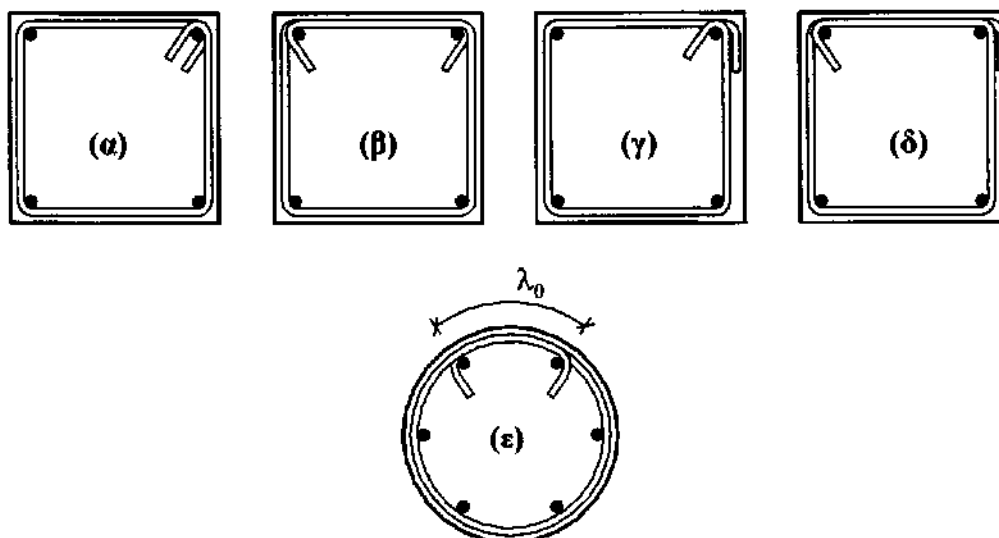


Σχήμα 17.4: Κλείσιμο συνδετήρων σε πλάκες και σε πλακοδοκούς στην περιοχή της πλάκας (βλ. Σχήμα 17.3 για αγκύρωση άκρων)

β) Δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα

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

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 διαμήκεις 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 υποστυλώματα και τοιχώματα (βλ. Σχήμα 17.3 για αγκύρωση άκρων)

Σε κυκλικά υποστυλώματα, 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 λ_0 .

γ) Στοιχεία υπό άμεση στρέψη

Το κλείσιμο των συνδετήρων γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μήκος υπερκάλυψης λ_0 .

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 άγκιστρου, υπό την προϋπόθεση ότι τα ορθογωνικά άγκιστρα θα διατάσσονται σε διαφορετικές διαμήκεις 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 σπλισμού ωπλισμένου 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 κατακορύφως 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 τσιμεντενεμάτων.

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

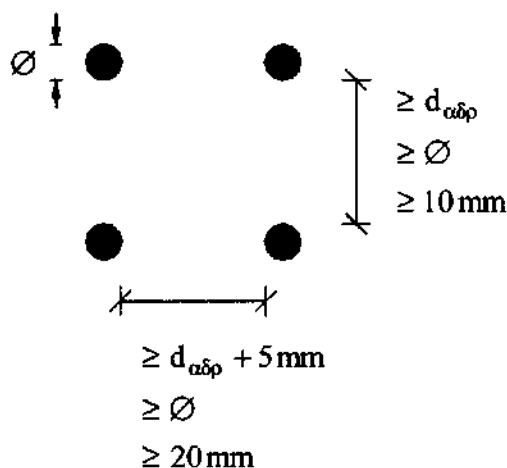
όπου $\varnothing_{\text{σωλ}}$ η διάμετρος του σωλήνα.

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.

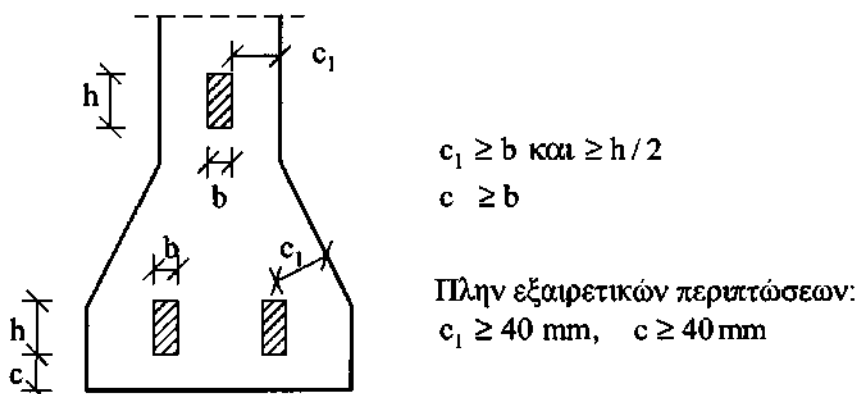


Σχήμα 17.7: Ελάχιστες αποστάσεις τενόντων
(\varnothing = η εξωτερική διάμετρος σωλήνων ράβδων και συρμάτων)

17.10.2.3 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.



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 2ϕ . Όταν χρησιμοποιούνται σύρματα νευροχαλύβων $c_{\min} = 3\phi$.

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.

17.10.3 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 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 σπλισμού 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 εγκαρσίως. 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:

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

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 περιμετρο 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι κανόνες του Κεφαλαίου αυτού ισχύουν για δομικά στοιχεία από ωπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα, με ή χωρίς απαιτήσεις πλαστιμότητας.

Ειδικότερα και μόνο για στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας διακρίνονται κρίσιμες ή μη κρίσιμες περιοχές, για τις οποίες και δίνονται ειδικοί κανόνες κατά περίπτωση.

18.1 ΠΛΑΚΕΣ

18.1.1 Είδη πλακών

Η παράγραφος αυτή ισχύει για συμπαγείς ορθογωνικές πλάκες που διαστρώνονται επιτόπου, οι οποίες ικανοποιούν τις συνθήκες της παρ. 7.2.1.2α και για τις οποίες είναι: $\lambda > 4h$ (λ =μικρότερο άνοιγμα, h =πάχος πλάκας). Οι διατάξεις αυτές μπορούν να εφαρμόζονται ανάλογα για πλάκες μη ορθογωνικής μορφής (π.χ. λοξές ή κυκλικές πλάκες) με γραμμικές εδράσεις.

Οι πλάκες διακρίνονται ανάλογα με τη στατική τους λειτουργία σε διέριστες ή τετραέριστες.

Οι διέριστες πλάκες καταπονούνται κυρίως κατά μία διεύθυνση (διεύθυνση οπλισμού αντοχής). Απαραίτητος θεωρείται ο ελάχιστος δευτερεύων (εγκάρσιος) οπλισμός.

Στις τετραέριστες πλάκες λαμβάνεται υπόψη η στατική λειτουργία και των δύο διευθύνσεων.

18.1.2 Έδραση πλακών

Τα ελάχιστα πλάτη έδρασης πρέπει να είναι:

- | | | |
|----|--|--------|
| α) | για στήριξη πάνω σε δομικά στοιχεία από τοιχοποιία ή σκυρόδεμα | 100 mm |
| β) | για στήριξη πάνω σε δομικά στοιχεία από χάλυβα | 70 mm |

18.1.3 Ελάχιστα πάχη πλακών

Το πάχος της πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον:

- | | | |
|----|---|--------|
| α) | γενικά | 70 mm |
| β) | για πλάκες κυκλοφορίας επιβατικών αυτοκινήτων | 100 mm |
| γ) | για πλάκες κυκλοφορίας φορτηγών αυτοκινήτων | 120 mm |
| δ) | για πλάκες μόνο κατ' εξαίρεση βατές, όπως για εργασίες συντήρησης ή καθαρισμού (π.χ. ορισμένες πλάκες στεγών) | 50 mm |

18.1.4 Οπλισμός κάμψης πλακών

18.1.4.1 Γενικά

Ο οπλισμός κάμψης είναι αυτός που παραλαμβάνει τα μεγέθη ορθής έντασης, M και N . Το εμβαδόν των διατομών του κύριου οπλισμού πρέπει να είναι μεγαλύτερο από:

$$\bullet \min A_s = 0.6 b \cdot d / f_{yk}, f_{yk} \text{ σε MPa, και } \dots\dots\dots (18.1)$$

$$\bullet \min A_s = 0.0015 b \cdot d \dots\dots\dots (18.2)$$

Το εμβαδόν των διατομών του κύριου οπλισμού δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος εκτός των περιοχών ενώσεων με υπερκάλυψη.

Το εμβαδόν του δευτερεύοντος οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο προς το 20% του εμβαδού του κύριου οπλισμού και τουλάχιστον $4\varnothing 6/m$, ανεξαρτήτως της ποιότητας του χάλυβα.

Σε τετραέρειστες πλάκες και όταν δεν ελέγχεται με ακρίβεια η κάλυψη των ροπών, επιτρέπεται ο οπλισμός των ανοιγμάτων να μειώνεται στο μισό στις ακραίες λωρίδες πλάτους $c=0.20 \cdot \min \lambda$.

Η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

250mm για τον δευτερεύοντα οπλισμό

$1.50 \cdot h$ ή 200mm για τον κύριο οπλισμό.

Στις κύριες ακραίες στηρίξεις πλακών στις οποίες δεν ελήφθη υπόψη ενδεχόμενη μερική πάκτωση της πλάκας, πρέπει να προβλεφθεί ένας κύριος άνω οπλισμός ίσος με το 1/4 του οπλισμού ανοίγματος. Ο οπλισμός αυτός πρέπει να εκτείνεται πέρα από την παρειά του στηρίγματος, σε απόσταση τουλάχιστον ίση με 0.2 φορές το μήκος του ανοίγματος.

Ένα ποσοστό ίσο με το 1/2 του οπλισμού ανοίγματος πρέπει να συνεχίζεται και στις στηρίξεις.

Οι οπλισμοί αυτοί πρέπει να αγκυρώνονται κατάλληλα (βλ. παρ. 17.8.4 και 17.8.5).

Ο διαμήκης κύριος οπλισμός που προκύπτει λόγω συγκεντρωμένων ή τμηματικών συνεχών φορτίων πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος (βλ. παρ. 9.1.6) $s_y = 0.5 \cdot b_m \geq t_y$.

Αν δεν γίνεται ακριβέστερος έλεγχος, κάτω από τα προηγούμενα φορτία πρέπει να διατάσσεται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός, ίσος τουλάχιστον με το 60% του οπλισμού που προέκυψε από το υπόψη φορτίο.

Σε προβόλους με συγκεντρωμένα φορτία πρέπει να διατάσσεται στην κάτω πλευρά εγκάρσιος οπλισμός ίσος με το 60% του οπλισμού που απαιτείται για την ανάληψη της ροπής στήριξης, η οποία προκαλείται από το υπόψη φορτίο.

Ο πρόσθετος αυτός οπλισμός πρέπει να κατανέμεται σε πλάτος ίσο με το μισό του πλάτους διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου, αλλά όχι μικρότερο του πλάτους εισαγωγής του συγκεντρωμένου φορτίου στο μέσο επίπεδο της πλάκας κατά τη διεύθυνση του κύριου οπλισμού, t_x . Οι ράβδοι του πρόσθετου εγκάρσιου οπλισμού πρέπει να αγκυρώνονται πέρα από το πλάτος διανομής b_m του συγκεντρωμένου φορτίου.

Όταν ο κύριος οπλισμός είναι παράλληλος σε στήριξη που δεν έχει ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό της πλάκας, οι εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται πάνω σε αυτή τη στήριξη πρέπει να αναλαμβάνονται από αντίστοιχο άνω οπλισμό, ίσο τουλάχιστο με το 60% του κύριου οπλισμού της πλάκας και τουλάχιστον 5Ø8/m, ανεξαρτήτως της ποιότητας του χάλυβα.

Ο οπλισμός αυτός πρέπει να φθάνει σε απόσταση από την παρειά στήριξης ίση με το τέταρτο του ανοίγματος υπολογισμού της πλάκας.

18.1.4.2 Οπλισμοί γωνιών πλακών μη μονολιθικώς συνδεδεμένων με τα στοιχεία εδράσεώς των

Σε περίπτωση που παρεμποδίζεται η ανύψωση της γωνίας μιας πλάκας της οποίας δύο διαδοχικές πλευρές εδράζονται μη ολόσωμα, και εφόσον αυτό δεν έχει ληφθεί υπόψη στον

υπολογισμό, πρέπει γενικά να προβλέπεται ένας οπλισμός τουλάχιστον ίσος με τον οπλισμό του ανοίγματος στην άνω και κάτω επιφάνεια:

α) κατά τις κύριες διευθύνσεις των εφελκυστικών τάσεων, ή

β) με ορθογωνικό πλέγμα παράλληλο στις πλευρές.

Αν στην γωνία η μια πλευρά εδράζεται απλά, ενώ η άλλη είναι πακτωμένη, ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος με το μισό του οπλισμού ανοίγματος.

Οι οπλισμοί αυτοί των γωνιών θα πρέπει να εκτείνονται πέρα από την παρειά της στήριξης σε μήκος τουλάχιστον ίσο με 0.3 φορές το μήκος του μικρότερου ανοίγματος.

18.1.5 Οπλισμός διάτμησης και διάτρησης πλακών

18.1.5.1 Γενικά περί οπλισμού διάτμησης

Οι πλάκες με οπλισμό διατμήσεως θα πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον ίσο με 200mm.

Οι οπλισμοί διάτμησης πλακών, εφόσον απαιτούνται (βλ. παρ. 11.1.1), μπορούν να αποτελούνται από κλειστούς ή ανοικτούς συνδετήρες και/ή λοξές ράβδους. Το ποσοστό οπλισμού διατμήσεως, εφόσον απαιτείται, δεν μπορεί να υπολείπεται του 60% των τιμών που δίνονται στον Πίνακα Σ18.1 για δοκούς.

Οι ράβδοι που κάμπτονται προς τα πάνω πρέπει να προέρχονται από τους οπλισμούς κάμψης. Γενικά, η γωνία κλίσης των ράβδων αυτών ως προς την οριζόντια δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 45°. Εάν, όμως, προβλέπεται μόνο μια σειρά κεκαμμένων ράβδων (για κάθε κατεύθυνση) η γωνία κλίσης μπορεί να μειωθεί μέχρι 30°.

Η απόσταση s μεταξύ των διαφόρων σειρών του οπλισμού διάτμησης, πρέπει να ικανοποιεί την συνθήκη:

$$s \leq 0.6d \cdot (1 + \cot \alpha) \dots\dots\dots (18.3)$$

Η απόσταση μεταξύ της παρειάς μιας στήριξης ή της περιμέτρου μιας φορτιζόμενης επιφάνειας και της πλησιέστερης σειράς του οπλισμού διάτμησης δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη του $d/2$.

Η απόσταση αυτή θα μετριέται:

για συνδετήρες, στο μέσο επίπεδο της πλάκας,

για λοξές ράβδους, στο επίπεδο του "πάνω" οπλισμού κάμψης.

18.1.5.2 Γραμμικές στήριξεις πλακών

Στις γραμμικές στήριξεις των πλακών απαιτείται οπλισμός διάτμησης όταν δεν ικανοποιείται η εξίσωση (11.1). Για αυτόν τον οπλισμό απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό (παρ. 11.1 και παρ. 18.3.4).

Όταν τοποθετούνται συνδεδητές πρέπει να περιβάλλουν τουλάχιστον το μισό των ράβδων του εξωτερικού εφελκυσμένου οπλισμού, ενώ δεν απαιτείται να περιβάλλουν τους οπλισμούς της θλιβόμενης ζώνης.

Η παράλληλη προς την στήριξη απόσταση των σκελών οπλισμού διάτμησης σε μια διατομή δεν πρέπει να υπερβαίνει το $1.0d$ ή τα 800 mm .

Ο οπλισμός διάτμησης μπορεί να αποτελείται μόνο από λοξές ράβδους αν:

$$V_{sd} < V_{Rd2} / 3.$$

Εάν όχι, τότε μόνο συνδεδητές πρέπει να ικανοποιούν την απαίτηση ελάχιστου οπλισμού, με αποστάσεις s_{max} που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγρ. 18.3.4.

18.1.5.3 Οπλισμός διάτμησης πλακών

Το ποσοστό οπλισμού διάτμησης, εφόσον απαιτείται, δεν μπορεί να υπολείπεται του 60% των τιμών που δίνονται για δοκούς.

Ως οπλισμοί διάτμησης (παρ. 13.4.2) μπορούν να ληφθούν υπόψη:

- α) Σε περίπτωση συνδεδητών, εκείνοι οι συνδεδητές που περιλαμβάνονται σε μια ζώνη η οποία εκτείνεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από $1.5d$ ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια. Η συνθήκη (18.3) θα πρέπει να ικανοποιείται για όλες τις διευθύνσεις.

Τα κατακόρυφα μέλη των συνδεδητών θα ξεκινούν από απόσταση το πολύ $0.5d$ από την παρειά του στύλου, θα απέχουν μεταξύ τους το πολύ $0.75d$ και θα περιβάλλουν τουλάχιστον ανά μία στρώση τους άνω και κάτω οπλισμούς κάμψης. Οι συνδεδητές μπορούν να τοποθετηθούν σε κύκλο ή ορθογώνιο γύρω από το υποστύλωμα.

- β) Σε περίπτωση λοξών ράβδων εκείνες μόνο που διατέμνουν την επιφάνεια, η οποία βρίσκεται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από $2d$ ή 800mm από την φορτιζόμενη επιφάνεια.

Για να περιορισθεί η πιθανότητα αλυσωτής κατάρρευσης, που θα μπορούσε να ξεκινήσει από μια τοπική αστοχία σε διάτμηση, συνιστάται να προβλέπεται στην πλάκα κάτω διαμήκης οπλισμός, ο οποίος να διέρχεται από τις διεπιφάνειες πλάκας – υποστυλώματος και να έχει καλή αγκύρωση εκατέρωθεν.

18.1.5.4 Ελεύθερα άκρα πλακών

Κατά μήκος ενός ελεύθερου άκρου, μία πλάκα πρέπει να περιέχει:

Διαμήκη οπλισμό από δύο τουλάχιστον ράβδους, την μία στην «πάνω» ακμή και την άλλη στην «κάτω» ακμή. Το ελάχιστο εμβαδόν αυτού του οπλισμού είναι $0.005 \cdot h^2$ για S220 και $0.0025 \cdot h^2$ για S400 και S500, τουλάχιστον όμως $2\varnothing 8$.

Εγκάρσιο οπλισμό κάθετο προς τον προηγούμενο και του οποίου τα ελεύθερα σκέλη έχουν μήκος τουλάχιστον $2h$. Ο ελάχιστος εγκάρσιος οπλισμός είναι τουλάχιστον $4\varnothing 6/m$, ανεξαρτήτως της ποιότητας του χάλυβα.

18.2 ΠΛΑΚΕΣ ΜΕ ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ (Ή ΜΕ ΣΩΜΑΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ)

18.2.1 Ορισμός και πεδίο εφαρμογής

Οι πλάκες με νευρώσεις (ή με σώματα πλήρωσης) συντίθεται από πλακοδοκούς με ελεύθερη απόσταση νευρώσεων το πολύ 700mm και με πλάτος νευρώσεων τουλάχιστον 70mm.

Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν απαιτείται έλεγχος της πλάκας μεταξύ των νευρώσεων, με την προϋπόθεση ότι το ομοιομόρφως κατανεμημένο μεταβλητό φορτίο δεν είναι μεγαλύτερο από 5kN/m^2 και ότι δεν κυκλοφορούν οχήματα με φορτίο τροχού μεγαλύτερο από 7.5kN.

18.2.2 Διέρειστες πλάκες

18.2.2.1 Πλάκες

Το πάχος της πάνω ή της κάτω πλάκας πρέπει να είναι τουλάχιστον το 1/10 της ελεύθερης απόστασης των νευρώσεων ή 50mm.

Η πάνω πλάκα πρέπει να οπλίζεται με σταυροειδή οπλισμό, με διατομή σε κάθε διεύθυνση τουλάχιστον ίση με το 0.001 της διατομής της πλάκας (S400, S500).

Η κάτω πλάκα, αν υπάρχει, πρέπει να οπλίζεται κι αυτή με σταυροειδή οπλισμό, τουλάχιστον ίσον με το 75% του οπλισμού της πάνω πλάκας (S400, S500).

18.2.2.2 Διαμήκεις νευρώσεις

Οι νευρώσεις πρέπει να έχουν πλάτος τουλάχιστον 70mm. Εφόσον προς τις στηρίξεις διαπλατώνονται οι νευρώσεις, η αύξηση του πλάτους της νευρώσης b επιτρέπεται να τίθεται στον υπολογισμό με κλίση το πολύ 1:3.

Ο διαμήκης οπλισμός πρέπει να διανέμεται στις επιμέρους νευρώσεις όσο το δυνατό ομοιόμορφα.

Στη στήριξη μπορεί να κάμπτεται λοξά κάθε δεύτερη ράβδος οπλισμού, εφόσον σε κάθε νευρώση υπάρχουν 2 ράβδοι τουλάχιστον.

Στις εσωτερικές στηρίξεις συνεχών πλακών επιτρέπεται να λαμβάνεται στον υπολογισμό ως θλιβόμενος οπλισμός μόνο ο οπλισμός του ανοίγματος που είναι μικρότερος από το 0.01 της διατομής του σκυροδέματος (S400, S500). Ο θλιβόμενος οπλισμός πρέπει να εξασφαλίζεται έναντι λυγισμού, π.χ. με συνδετήρες.

Στις νευρώσεις πρέπει να διατάσσονται συνδετήρες όταν το ομοιομόρφως κατανεμημένο μεταβλητό φορτίο είναι μεγαλύτερο από 3kN/m^2 και η διάμετρος του διαμήκους οπλισμού των νευρώσεων είναι μεγαλύτερη από 16mm.

Στην περιοχή των εσωτερικών στηρίξεων συνεχών πλακών και σε πλάκες με ειδικές απαιτήσεις πυρασφάλειας πρέπει να διατάσσονται πάντοτε συνδετήρες.

Σε όλες τις στηρίξεις πλακών με νευρώσεις (ή με σώματα πληρώσεως) συνιστάται να κατασκευάζεται συμπαγής λωρίδα σκυροδέματος, με πλάτος ίσο προς το 5% του αντίστοιχου θεωρητικού ανοίγματος της πλάκας.

18.2.2.3 Εγκάρσιες νευρώσεις

Σε πλάκες με θεωρητικό άνοιγμα μέχρι 6m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μία εγκάρσια νευρώση στο μέσον.

Για θεωρητικά ανοίγματα μεγαλύτερα των 6m πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον μία εγκάρσια νευρώση ανά $10 \cdot h_0$, όπου h_0 είναι το συνολικό πάχος της πλάκας.

Εάν δεν γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός (π.χ. εσχάρα δοκών) ο οπλισμός της εγκάρσιας νευρώσης θα είναι τουλάχιστον ίσος με τον οπλισμό μιας διαμήκουσ νευρώσης. Ο οπλισμός αυτός θα τοποθετείται και στο πάνω και στο κάτω πέλμα της νευρώσης.

Επίσης, θα τοποθετούνται συνδετήρες όπως στις διαμήκεις νευρώσεις.

Το ύψος των εγκάρσιων νευρώσεων πρέπει να είναι ίδιο με το ύψος των διαμήκων.

18.2.3 Τετραέριστες πλάκες

Εφαρμόζονται ανάλογα οι κανόνες για τις διέριστες πλάκες. Ιδιαίτερα πρέπει να τηρούνται και κατά τις δύο διευθύνσεις οι απαιτήσεις για τις μέγιστες αποστάσεις των νευρώσεων και τις ελάχιστες διαστάσεις νευρώσεων και πλακών, κατά τις παρ. 18.2.2.1 έως παρ. 18.2.2.3.

18.3 ΔΟΚΟΙ

Στο Κεφάλαιο αυτό δίδονται διατάξεις για τα γεωμετρικά στοιχεία και τις λεπτομέρειες οπλισής δοκών με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (βλ. παρ. 6.1.3).

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως διαμήκων οπλισμών σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.

18.3.1 Γεωμετρικά στοιχεία

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, πρέπει το πλάτος b_w να ικανοποιεί την συνθήκη $b_w \geq 200\text{mm}$.

Σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας συνιστάται:

α) το πλάτος b_w να ικανοποιεί τις συνθήκες

$$b_w < 2 \cdot b_c$$

$$b_w < b_c + \frac{h_c}{2}$$

όπου b_c και h_c η διάσταση της διατομής του υποστυλώματος κάθετα και παράλληλα προς τον άξονα της δοκού,

- β) ο λόγος ανοίγματος προς ύψος να είναι τουλάχιστον ίσος προς 4, και
- γ) η εκκεντρότητα του άξονα της δοκού να μην υπερβαίνει το 1/3 του πλάτους του υποστυλώματος που τη στηρίζει στη θέση του κόμβου.

18.3.2 Διαμήκεις οπλισμοί

Σε όλες εν γένει τις δοκούς το ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού (ρ_{\min}) πρέπει στο κάτω πέλμα (ή στο άνω πέλμα σε περίπτωση προβόλων) και στις περιοχές στηρίξεων να είναι:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{2} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \dots\dots\dots (18.4)$$

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, η συνολική διατομή του διαμήκους οπλισμού, δεν μπορεί να υπερβαίνει το 4% της διατομής του σκυροδέματος, εκτός περιοχών ενώσεων.

Σε όλες εν γένει τις δοκούς, πρέπει τουλάχιστον το 1/4 της διατομής του οπλισμού του ανοίγματος να συνεχίζεται και να αγκυρώνεται κατάλληλα στις στηρίξεις στο κάτω πέλμα (βλ. παρ. 17.8.4 και παρ. 17.8.5).

Σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και σε θέσεις στις οποίες υπάρχει πιθανότητα σχηματισμού πλαστικών αρθρώσεων (παρ. 18.3.3), το μέγιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκους οπλισμού (ρ_{\max}) πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη συνθήκη:

$$\rho_{\max} = 0.65 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \frac{\rho'}{\rho} + 0.0015 \leq \frac{7}{f_{yd}} \dots\dots\dots (18.5)$$

όπου το f_{yd} εκφράζεται σε MPa, ενώ τα ρ και ρ' είναι τα ποσοστά του εφελκόμενου και θλιβόμενου διαμήκους οπλισμού. Όταν η θλιβόμενη ζώνη περιέχει και πλάκα (πλακοδοκός) τα ποσοστά οπλισμού ανάγονται σε ορθογωνική διατομή με ισοδύναμο πλάτος.

Οι παρακάτω κανόνες α έως δ ισχύουν μόνο για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας:

- α) Στις περιοχές πιθανών πλαστικών αρθρώσεων κοντά στα άκρα (σε μήκος $2 \cdot h_b$ από τις εσωτερικές παρειές στήριξης), το ποσοστό ρ' του θλιβόμενου οπλισμού πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το μισό του εφελκόμενου οπλισμού στην ίδια διατομή.
- β) Σε όλο του μήκος του πάνω πέλματος πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον το 1/4 του μεγαλύτερου από τους οπλισμούς πάνω πέλματος των εκατέρωθεν στηρίξεων.
- γ) Σε όλο το μήκος του πάνω και κάτω πέλματος απαιτούνται τουλάχιστον 2 ράβδοι διαμέτρου 12mm/S400 ή S500.

δ) Σε πλακοδοκούς διατομής T ή Γ μονολιθικά συνδεδεμένες με την πλάκα, μπορεί να συνυπολογιστούν στον οπλισμό στηρίξεων, επιπλέον των διαμήκων ράβδων που βρίσκονται μέσα στο πλάτος της δοκού, και οι ράβδοι που βρίσκονται στα τμήματα της πλάκας εκατέρωθεν της δοκού και εντός πλάτους, από την παρειά του υποστυλώματος ή της δοκού (οποιοδήποτε βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση από τον άξονα της δοκού), ίσου με:

- I σε εσωτερικά υποστυλώματα με εγκάρσιες δοκούς παρόμοιου ύψους: 4 φορές το πάχος της πλάκας,
- II σε εξωτερικά υποστυλώματα χωρίς εγκάρσιες δοκούς ή τοιχώματα: 2.5 φορές το πάχος της πλάκας,
- III σε εξωτερικά υποστυλώματα με εγκάρσιες δοκούς παρόμοιου ύψους και εφόσον ο οπλισμός της δοκού αγκυρώνεται εκεί: 2 φορές το πάχος της πλάκας,
- IV σε εξωτερικά υποστυλώματα ή τοιχώματα χωρίς εγκάρσιες δοκούς: μηδέν.

Το συνολικό πλάτος που καθορίζεται παραπάνω δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το συνεραζόμενο πλάτος της δοκού σύμφωνα με την παρ. 8.4.

Οι οπλισμοί αυτοί δεν περιλαμβάνονται στα ελάχιστα ποσοστά οπλισμών.

Σε όλες τις περιπτώσεις, τουλάχιστον το 75% του οπλισμού που λαμβάνεται υπόψη στον έλεγχο της καμπτικής αντοχής στη στήριξη, πρέπει να περνά μέσα από ή να αγκυρώνεται μέσα στο πλάτος του υποστυλώματος.

18.3.3 Κρίσιμες περιοχές δοκού με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Ως κρίσιμες περιοχές θεωρούνται τα ακραία τμήματα της δοκού με μήκος λ_{cr} από τις παρειές στήριξης σε υποστύλωμα ή τοίχωμα ίσο με 2 φορές του ύψος δοκού ($\lambda_{cr} = 2 \cdot h_b$).

18.3.4 Οπλισμοί διατήσεως

Κάθε δοκός θα πρέπει να έχει σε όλο το μήκος της έναν ελάχιστο αριθμό ανοικτών ή κλειστών συνδετήρων.

Για να εξασφαλιστεί ικανή απομένουσα αντοχή μετά την ρηγμάτωση και πριν από την θραύση, απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό οπλισμού.

Οι συνδετήρες συνιστάται να μην έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 12mm.

Η μέγιστη απόσταση s_{max} μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης καθορίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

- $0.8 \cdot d \leq 300\text{mm}$ για $V_{Sd} < \frac{1}{5} \cdot V_{Rd2}$ (18.6)

- $0.6 \cdot d \leq 300\text{mm}$ για $\frac{1}{5} \cdot V_{Rd2} < V_{Sd} \leq \frac{2}{3} \cdot V_{Rd2}$ (18.7)

- $0.3 \cdot d \leq 200 \text{ mm}$ για $V_{Sd} > \frac{2}{3} \cdot V_{Rd2}$ (18.8)

Η απόσταση μεταξύ των σκελών ενός συνδετήρα πρέπει να μην είναι μεγαλύτερη από d ή από 500mm, εάν $V_{Sd} < \frac{1}{5} \cdot V_{Rd2}$.

Για $V_{Sd} > \frac{1}{5} \cdot V_{Rd2}$, ισχύουν τα όρια των σχέσεων (18.7) και (18.8).

Στις κρίσιμες περιοχές δοκών με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, οι συνδετήρες πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 8mm και αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν την ελάχιστη από τις εξής τιμές:

- το 1/3 του ύψους της δοκού,
- 10 φορές τη διάμετρο της λεπτότερης διαμήκου ράβδου,
- 20 φορές τη διάμετρο των συνδετήρων,
- 200mm.

Ο πρώτος από τη στήριξη συνδετήρας δεν επιτρέπεται να απέχει από την παρειά στήριξης της δοκού περισσότερο από 50mm γενικώς.

Ενώσεις του διαμήκου οπλισμού με υπερκάλυψη των άκρων επιτρέπονται μόνο εκτός των κρίσιμων περιοχών της δοκού (βλ. και παρ. 17.7.2.1). Οι αποστάσεις συνδετήρων στην περιοχή μιας τέτοιας ένωσης δεν μπορούν να υπερβαίνουν τα 150mm, το τέταρτο του ύψους της δοκού και το οκταπλάσιο της μικρότερης διαμέτρου των ράβδων που ενώνονται.

18.3.5 Αγκύρωση διαμήκου οπλισμού

Δοκοί με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας πρέπει να ακολουθούν τις εξής διατάξεις αγκύρωσης του διαμήκου οπλισμού:

- α) Οι ράβδοι του πάνω και κάτω πέλματος που φθάνουν έως μια ενδιάμεση στήριξη σε υποστυλώμα πρέπει να συνεχίζονται, εφόσον είναι κατασκευαστικά δυνατόν, πέρα από τη στήριξη στο επόμενο άνοιγμα και για μήκος τουλάχιστον ίσο με $l_{b,min}$ (βλ. παρ. 17.6.3).
- β) Όταν δεν είναι κατασκευαστικά δυνατή η ευθύγραμμη συνέχιση των οπλισμών πελμάτων μιας δοκού πέρα από τον κόμβο στήριξης, (π.χ. σε ενδιάμεσα υποστυλώματα όπου καταλήγουν ανισούψεις δοκοί, ή σε ακραία υποστυλώματα), τότε οι ράβδοι των πελμάτων της δοκού μπορούν να αγκυρώνονται μέσα στον κόμβο δοκού – υποστυλώματος (ή δοκού - τοιχώματος), ως εξής:
 - Οι ράβδοι πρέπει να επεκτείνονται όσο γίνεται πιο κοντά στην απέναντι πλευρά του κόμβου, όπου και θα κάμπτονται κατά 90° προς το εσωτερικό του κόμβου (δηλ. οι πάνω ράβδοι προς τα κάτω και οι κάτω προς τα πάνω).

- Το μήκος αγκύρωσης μετράται από απόσταση $5\varnothing$ πέρα από το σημείο εισόδου της ράβδου στον κόμβο. Σχετικώς μπορεί να ληφθεί υπόψη η ευνοϊκή επιρροή της εγκάρσιας θλίψης κατά την παρ. 17.5.

18.3.6 Οπλισμός σύνδεσης πελμάτων-κορμού πλακοδοκών και τοιχωμάτων

Απαιτείται ένα ελάχιστο ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού σύνδεσης, ο οποίος εξασφαλίζει τη σύνδεση των πελμάτων με τον κορμό μιας δοκού ή ενός τοιχώματος.

18.3.7 Οπλισμοί στρέψης

Οι διατάξεις των παρ. 18.3.2 και 18.3.4 που αναφέρονται σε δοκούς χωρίς αυξημένη απαίτηση πλαστιμότητας ισχύουν για τον διαμήκη οπλισμό και τους κλειστούς συνδετήρες δοκών οι οποίες καταπονούνται σε στρέψη.

Οι αποστάσεις μεταξύ των κλειστών συνδετήρων δεν πρέπει να υπερβαίνουν την τιμή $u_k / 8$.

Οι διαμήκεις ράβδοι πρέπει να διατάσσονται έτσι ώστε μία τουλάχιστον ράβδος να τοποθετείται σε κάθε γωνία του συνδετήρα, οι δε υπόλοιπες να κατανέμονται ομοιόμορφα στην εσωτερική περίμετρο του συνδετήρα, κατ' αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν τα 350mm.

18.3.8 Φορτία αναρτημένα από τα κάτω

Για φορτία αναρτημένα από τα κάτω οι διατάξεις ανάρτησης, εφόσον τερματίζουν μέσα στο σκυρόδεμα, πρέπει να αγκυρώνονται σαν αναβολείς.

Τα φορτία αυτά μπορούν επίσης να αναρτώνται με προεντεταμένες ράβδους χωρίς σύνδεση, που αγκυρώνονται στην πάνω πλευρά της δοκού.

Οι οπλισμοί ανάρτησης πρέπει να είναι ικανοί να αναλάβουν ολόκληρο το αναρτώμενο φορτίο.

Σε ανεστραμμένες πλακοδοκούς, οι οπλισμοί αναρτήσεως (για τα φορτία των πλακών) πρέπει να αποτελούνται από κλειστούς συνδετήρες.

18.4 ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ

18.4.1 Γενικά

Δεν επιτρέπεται η χρήση λείων χαλύβων ως διαμήκων οπλισμών σε υποστυλώματα.

18.4.2 Γεωμετρικά στοιχεία

Σε όλα εν γένει τα υποστυλώματα, οι διαστάσεις της διατομής πρέπει να ακολουθούν τους εξής κανόνες:

- α) Ελάχιστη πλευρά υποστυλώματος τουλάχιστον 250mm, ελάχιστη διάμετρος υποστυλώματος τουλάχιστον 300mm. Αν δεν απαιτείται οπλισμός περίσφιξης

σύμφωνα με την παρ. 18.4.4.2 επιτρέπεται ελάχιστη πλευρά ή διάμετρος 200mm ή 250mm, αντιστοίχως.

- β) Σε γωνιακά υποστυλώματα με διατομή μορφής Γ, το κάθε σκέλος πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 200mm και μήκος τουλάχιστον 350mm.

Για να εξασφαλίζεται επαρκής πλαστιμότητα σε υποστυλώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, πρέπει η διατομή τους να είναι τέτοια, ώστε να πληρούνται η συνθήκη:

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} \leq 0.65$$

για τους συνδυασμούς δράσεων με σεισμό.

Υδρορροές δεν επιτρέπεται να τοποθετούνται μέσα στα υποστυλώματα.

18.4.3 Διαμήκεις οπλισμοί

Ο ελάχιστος συνολικός αριθμός διαμήκων ράβδων είναι τέσσερις για ορθογωνικά και έξι για κυκλικά υποστυλώματα. Στην περίπτωση πολυγωνικών υποστυλωμάτων, τοποθετείται τουλάχιστον μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία. Η διάμετρος των διαμήκων ράβδων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 14mm.

Το ποσοστό του περιμετρικώς διατεταγμένου διαμήκους οπλισμού πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0.01 (ή 0.008, αν δεν απαιτείται οπλισμός περίσφιξης σύμφωνα με την παρ. 18.4.4.2) και 0.04. Στην περιοχή των ενώσεων με υπερκάλυψη, το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού μπορεί να φθάσει στο 0.08.

Σε υποστυλώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται από συνδετήρες ή και εγκάρσιους συνδέσμους και διατάσσονται κατά μήκος της περιμέτρου της διατομής έτσι ώστε η απόστασή τους να μην ξεπερνά τα 200mm. Εξαιρέση της απαίτησης αυτής επιτρέπεται σε υποστυλώματα με πλευρά 300mm, όπου επιτρέπεται να τοποθετούνται ράβδοι μόνο στις γωνίες αυτής της πλευράς.

Σε υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας επιτρέπεται να διατάσσονται διαμήκεις ράβδοι σε αποστάσεις 300mm.

18.4.4 Εγκάρσιοι οπλισμοί (συνδετήρες και σύνδεσμοι)

18.4.4.1 Γενικά

Οι διαμήκεις οπλισμοί πρέπει να συγκρατούνται από πυκνούς συνδετήρες, με μικρή κατά το δυνατόν διάμετρο.

Για μεγάλα υποστυλώματα η συγκράτηση μπορεί να γίνει με την βοήθεια σιγμοειδούς οπλισμού (εγκάρσιοι σύνδεσμοι), με άγκιστρα σύμφωνα με την παρ. 17.9.3.

Σε κυκλικά υποστυλώματα η σωστή συγκράτηση μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια κυκλικών συνδετήρων (ή σπειροειδούς οπλισμού), οι οποίοι περιβάλλουν τις διαμήκεις ράβδους ή δέσμες ράβδων.

Γενικά, η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 6mm ή από το 1/4 της μέγιστης διαμέτρου των διαμήκων ράβδων. Η μεταξύ τους απόσταση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

- 12 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων,
- τη μικρότερη πλευρά του υποστυλώματος,
- 300 mm.

Ειδικώς στις κρίσιμες περιοχές των υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (παρ. 18.4.5), η διάμετρος του εγκάρσιου οπλισμού δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 8mm ή από 1/3 της μέγιστης διαμέτρου διαμήκους ράβδου. Η μεταξύ τους απόσταση δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από:

- 8 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων,
- 50% της μικρότερης πλευράς του υποστυλώματος,
- 100 mm.

Όταν οι ενώσεις με υπερκάλυψη των διαμήκων ράβδων γίνονται μέσα στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων περιορίζεται σε 4 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων. Σε υποστυλώματα χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας και σε μη κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων στις περιοχές ενώσεων περιορίζεται σε 6 φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων.

18.4.4.2 Οπλισμός περίσφιγξης

Στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (παρ. 18.4.5) θα πρέπει να υπάρχει ικανοποιητικός οπλισμός περίσφιγξης. Η διάταξη αυτή αφορά μόνο υποστυλώματα αμιγών πλαισιακών φορέων και όχι υποστυλώματα σε κτίρια 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 .

α) Ο οπλισμός περίσφιγξης οφείλει να είναι επαρκής:

Για την αντιστάθμιση της απώλειας εμβαδού διατομής σκυροδέματος έξω από τους συνδετήρες, μετά την υπέρβαση της κρίσιμης παραμόρφωσης του μη-περίσφιγμένου σκυροδέματος («αποφλοιώση»), και

Για την πρόσδοση αρκετής ικανότητας πλαστικής στροφής της κρίσιμης περιοχής του υποστυλώματος («πλαστιμότητα»), έτσι ώστε η στροφή αυτή να είναι συμβιβαστή με την προεκτιμηθείσα στάθμη συνολικής απορρόφησης ενέργειας του δομήματος, όπως εκφράζεται από τον δείκτη σεισμικής συμπεριφοράς που έχει προ-επιλεγεί.

β) Εάν δεν διατίθεται αναλυτικότερη αιτιολόγηση στηριγμένη στην διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία, η πρόβλεψη του οπλισμού περίσφιγξης θα γίνεται ως εξής:

(i) Το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού περίσφιγξης

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος κλειστών συνδετήρων} \cdot f_{yd}}{\text{όγκος σκυροδέματος πυρήνα} \cdot f_{cd}}$$

οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.85 \cdot v_d \cdot \left(0.35 \cdot \frac{A_c}{A_o} + 0.15 \right) - 0.035, \text{ με } \omega_{wd} \geq 0.10$$

όπου:

- α συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιγξης εξαρτώμενος από τη διάταξη των συνδετήρων, $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$
- A_c το εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος του υποστυλώματος
- A_o το εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος («πυρήνας»)
- $v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}}$ ανηγμένο αξονικό φορτίο το οποίο σε κάθε περίπτωση οφείλει να πληροί την συνθήκη $v_d \leq 0.65$
- N_{sd} η τιμή σχεδιασμού του μεγίστου θλιπτικού φορτίου υπό τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων.

(ii) Ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιγξης εκτιμάται ως εξής:

-- Αναλόγως της διάταξης των συνδετήρων

$$\alpha_n = 1 - \sum_1^n b_i^2 / 6 \cdot A_o \quad (= 1 - 8/3n, \text{ για } b_i = 4 \cdot b_o / n)$$

όπου:

- n αριθμός «κορυφών» συνδετήρων ή «κόμβων» με εγκάρσιους συνδέσμους που συγκρατούν διαμήκεις ράβδους
- b_i απόσταση μεταξύ διαδοχικών «κορυφών» ή «κόμβων», όχι μικρότερη από 250mm ή από 300mm (βλ. παρ. 18.4.3).

Για κυκλικά υποστυλώματα $\alpha_n = 1$.

-- Αναλόγως της απόστασης των συνδετήρων

$$\alpha_s = \left(1 - s' / 2 \cdot b_o \right)^2$$

όπου:

- s' η καθαρή ελεύθερη απόσταση μεταξύ συνδετήρων ($s' < b_o / 2$).

b_0 το πλάτος της διατομής του πυρήνα ($A_0 = b_0^2$).

Για σπειροειδώς οπλισμένα υποστυλώματα (κυκλική ή τετραγωνική σπείρα), ο συντελεστής α_s είναι μεγαλύτερος, ίσος με $\alpha_s = (1 - s' / 2 \cdot b_0)$.

- (iii) Σε κάθε περίπτωση, η απόσταση ανάμεσα στις διαδοχικές στρώσεις συνδετήρων οφείλει να είναι επαρκής για την άνετη ροή και συμπύκνωση του νεπού σκυροδέματος μέσα και έξω από τον κλωβό του οπλισμού. Επίσης, η διάμετρος και η κατηγορία του χάλυβα περίσφιγξης πρέπει να επιλέγονται με κριτήριο την ικανότητα μόρφωσής του στα ακριβή σχήματα που απαιτεί αυτός εδώ ο Κανονισμός.

Παράλληλως ισχύουν και οι απαιτήσεις της παρ. 18.4.4.1 που καλύπτουν τον κίνδυνο λυγισμού του κυρίου οπλισμού.

- (iv) Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση ορθογωνικών υποστυλωμάτων πρέπει ο πυρήνας τους να περισφιγγεται με περίπου τετραγωνικές ή κυκλικές διατάξεις συνδετήρων και συνδέσμων σύμφωνα με τα προηγούμενα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη περίπου περίσφιγξη ολόκληρου του πυρήνα.

Η αποδοτική περίσφιγξη αντιστοιχεί σε μία αξονοσυμμετρική τριαξονική εντακτική κατάσταση $|\sigma_1| > |\sigma_2 = \sigma_3|$. Για την πραγματοποίησή της απαιτούνται δύο προϋποθέσεις:

- α) Η διάταξη των συνδετήρων οφείλει να είναι όσο γίνεται πλησιέστερη προς τον κύκλο ή το τετράγωνο, έστω και αν η διατομή του φέροντος στοιχείου είναι ορθογωνική.
- β) Εξάλλου, τα προς κάθε κατεύθυνση γεωμετρικά ποσοστά συνδετήρων οφείλουν να είναι ίσα ($\rho_x \cong \rho_y$).

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις υπολογίζεται το ογκομετρικό μηχανικό ποσοστό ω_{wd} της παρ. β.ι:

$$\omega_{wd} = (\rho_x + \rho_y) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx 2 \cdot \rho_x \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx 2 \cdot \rho_y \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Αν $\rho_x \neq \rho_y$, στον υπολογισμό του ω_{wd} θα ληφθεί υπόψη η μικρότερη των δύο αυτών τιμών, δηλ.:

$$\omega_{wd} = 2 \cdot \rho_{\min} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

18.4.4.3 Οπλισμός κόμβων

Οι εγκάρσιοι οπλισμοί των άκρων των υποστυλωμάτων (με ή χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας) πρέπει να συνεχίζουν και στην περιοχή των κόμβων, με την ίδια διάταξη και με τις ίδιες αποστάσεις.