

**ΤΡΙΠΟΛΗ, 12 Δεκεμβρίου 2009**

## **Λεπτομέρειες Οπλίσεως και Κατασκευαστικές Λεπτομέρειες Δομικών Στοιχείων**

**ΕΙΡΗΝΗ ΚΑΝΙΤΑΚΗ**

Διπλ. Πολ. Μηχανικός, MSc, DIC  
Επιστημονικός Συνεργάτης Ε.Μ.Π.  
Πρόεδρος Ελληνικού Τμήματος  
Σκυροδέματος

**EN 1992-1-1 :2004**

**Eurocode 2 :Design of concrete structures**

**Part 1-1 : General rules and rules for buildings**

Chapter 8 : Detailing of reinforcement

Chapter 9 : Detailing of members and particular rules

**EN 1998-1 : 2004**

**Eurocode 8 :Design of structures for earthquake resistance**

**Part 1 : General rules, seismic actions and rules for buildings**

Chapter 5 : Specific rules for concrete buildings

Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΥΤΗ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ κ.ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΤΟΓΙΑ

ΠΟΥ ΕΚΠΟΝΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΕΜΠ ΤΟΝ ΑΠΡΙΛΙΟ 2008

ΜΕ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΤΟΝ κ.ΠΛΟΥΤΑΡΧΟ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟ

# Ορισμός Κατηγοριών Πλαστιμότητας

<b>ΚΠΧ</b>	- Κατηγορία Πλαστιμότητας Χαμηλή	→	ΕΚ2
<b>ΚΠΜ</b>	- Κατηγορία Πλαστιμότητας Μέση	→	ΕΚ8
<b>ΚΠΥ</b>	- Κατηγορία Πλαστιμότητας Υψηλή	→	ΕΚ8

Αντιστοιχούν σε:

διαφορετικό  $q$

διαφορετικούς γεωμετρικούς περιορισμούς και υλικά

διαφορετικά εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

διαφορετικούς ελέγχους ΟΚΑ και διαμόρφωσης λεπτομερειών

## Γεωγραφικοί περιορισμοί στη χρήση κατηγοριών πλαστιμότητας για κτίρια από σκυρόδεμα

- Στην Ελλάδα δεν επιτρέπεται ΚΠ Χ (Χαμηλή).
- Σε Κτίρια Σπουδαιότητας III ή IV (άνω της συνήθους) σε Σεισμική Ζώνη Ζ2 ή Ζ3 (με εξαίρεση φορείς από προκατασκευασμένα τοιχώματα ή κυψελωτούς φορείς): Μόνον ΚΠ Υ (Υψηλή).

## Συντελεστής συμπεριφοράς κτιρίων σκυροδέματος

$$q = q_0 \cdot K_w \geq 1.5$$

όπου

$q_0$  = βασική τιμή

$k_w$  = συντελεστής προέχουσας μορφής αστοχίας σε στατικά συστήματα με τοιχώματα

Πλαισιωτά συστήματα και ισοδύναμα με πλαισιωτά διπλά συστήματα  $k_w = 1,0$

Συστήματα τοιχωμάτων και ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα

$$0,5 \leq k_w = (1+\alpha_0)/3 \leq 1$$

και  $\alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi}$  (κυριαρχούσα τιμή του λόγου όψεως των τοιχωμάτων )

## ● Βασική τιμή, $q_0$ , για Κανονικά καθύψος κτίρια

ΤΥΠΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	Μέση	Υψηλή
Σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς	1.5	2
Στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα $r$ (ακτίνα δυστρεψίας φορέα) $< I_s$ (ακτ. αδρανείας μάζας σε κάτοψη)	2	3
Σύστημα ασύζευκτων τοιχωμάτων ( $>65\%$ τέμνουσας βάσης αναλαμβάνεται από τοιχώματα - $>50\%$ τέμνουσας τοιχωμάτων: ασύζευκτα τοιχώματα)	3	$4\alpha_u/\alpha_1$
Πλαισιωτό σύστημα, διπλό σύστημα, σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων	$3\alpha_u/\alpha_1$ (3.9)	$4.5\alpha_u/\alpha_1$ (5.9)

➤  $\alpha_u/\alpha_1 \leq 1.5$ : Λόγος σεισμικής δράσης που μετατρέπει φορέα σε μηχανισμό προς σεισμική δράση στην 1<sup>η</sup> καμπτική διαρροή στο φορέα.

■ Μη-κανονικά καθύψος κτίρια:  $q_0$  Μειωμένο κατά 20%

### $\alpha_u/\alpha_1$ στο συντελεστή συμπεριφοράς λόγω υπερστατικότητας

Θεωρητικά:

$\alpha_u$  &  $\alpha_1$  από καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετάθεσης κορυφής από ανελαστική στατική ανάλυση.

- $\alpha_u$ : τέμνουσα όπου η καμπύλη οριζοντιώνεται
- $\alpha_1$ : τέμνουσα στη 1η διαρροή στο φορέα.
- $\alpha_u/\alpha_1 \leq 1.5$ ;

α) Πλαισιωτά συστήματα ή ισοδύναμα προς πλαισιωτά διπλά συστήματα

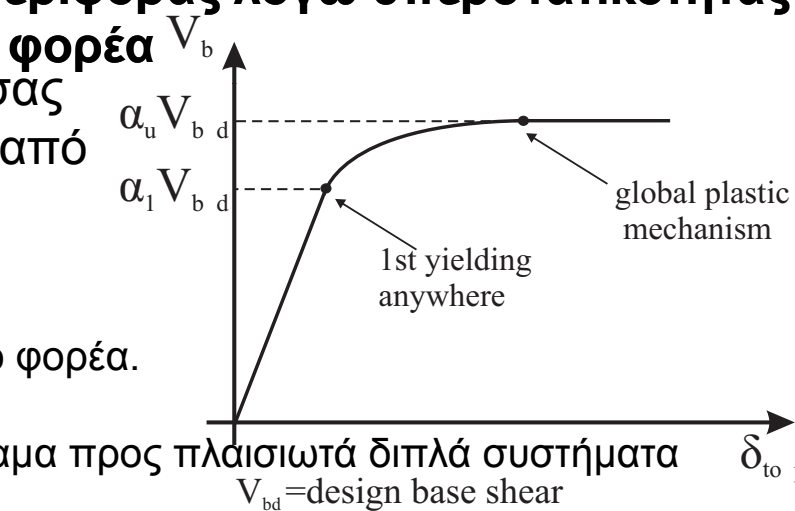
- μονώροφα κτίρια :  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- πολυώροφα δίστυλα πλαισιωτά κτίρια :  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- πολυώροφα πολύστυλα πλαισιωτά κτίρια ή ισοδύναμα προς αυτά διπλά συστήματα :  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$

α) Συστήματα τοιχωμάτων ή ισοδύναμα προς αυτά διπλά συστήματα

- Συστήματα τοιχωμάτων με μόνο δυο ασύζευκτα τοιχώματα σε κάθε οριζόντιο διεύθυνση :  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$
- Άλλα συστήματα ασύζευκτων τοιχωμάτων :  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα ή συστήματα συζευγμένων τοιχωμάτων:  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$

Για μη-κανονικά σε κάτοψη κτίρια:

Μπορεί να χρησιμοποιείται ο μέσος όρος των ανωτέρω τιμών και του 1.0



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

## Κανόνες λεπτομερειών όπλισης

### 8.1 Γενικά

Οι κανόνες που δίνονται σε αυτή την ενότητα ισχύουν για ράβδους νευροχάλυβα, πλέγματα και προεντεταμένους τένοντες που υπόκεινται κυρίως σε στατική φόρτιση, και για χρήση τους σε συνήθη κτίρια και γέφυρες. Ίσως να μην είναι επαρκείς για :

- στοιχεία υποκείμενα σε δυναμική φόρτιση προκαλούμενη από σεισμικά φορτία ή δονήσεις μηχανημάτων, ή υποκείμενα σε κρουστικά φορτία
- στοιχεία που ενσωματώνουν ειδικά βαμμένες, επικαλυμμένες με έποξυ ή επιψευδαργυρωμένες ράβδους

Οι ράβδοι του οπλισμού μπορούν, υπό κάποιους περιορισμούς, να χρησιμοποιούνται σε δέσμες.

Επίσης υπάρχουν πρόσθετοι κανόνες για ράβδους μεγάλης διαμέτρου.

## 8.2 Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών

Πρέπει να γίνεται με τρόπο ώστε το σκυρόδεμα να εγχέεται και να συμπυκνώνεται ικανοποιητικά, έτσι ώστε να αναπτύσσεται επαρκής συνάφεια μεταξύ αυτού και του οπλισμού.

Η καθαρή απόσταση (οριζοντίως και καθέτως) μεταξύ μεμονωμένων παράλληλων ράβδων ή οριζόντιων στρώσεων παράλληλων ράβδων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με :

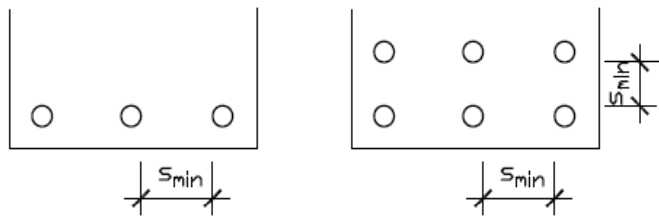
$$S_{min} = \max \{k_1 \cdot \varphi ; d_g + k_2; 20\} \text{ (mm)}$$

ΕΚΩΣ - ομοίως

όπου :

$d_g$  η μεγαλύτερη διάσταση των χρησιμοποιούμενων αδρανών  
 $\varphi$  η διάμετρος της ράβδου

Συνιστώμενες τιμές  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = 5 \text{ mm}$  ή Εθνικό Προσάρτημα (ΕΠ)



Όταν υπάρχουν πολλαπλές στρώσεις οπλισμού, οι ράβδοι των διαφόρων στρώσεων θα πρέπει να διατάσσονται κατακόρυφα, η μια πάνω από την άλλη.

Σε υπερκαλυπτόμενες ράβδους μπορεί να επιτρέπεται η μεταξύ τους επαφή εντός του μήκους υπερκάλυψης.

## 8.3 Επιτρεπόμενες διαμέτροι καμπύλωσης

Επιβάλλεται ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης,  $\varphi_{m,min}$ , ώστε να αποφεύγονται:

- Καμπτικές ρωγμές στον οπλισμό λόγω της καμπύλωσης
- η αστοχία του σκυροδέματος στο εσωτερικό της καμπύλωσης

Έναντι ρηγμάτωσης του οπλισμού (συνιστώμενες τιμές ή ΕΠ)

### Πίνακας 8.1N

α) για ράβδους και καλώδια

Διάμετρος ράβδου	Ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης για κάμψεις, άγκιστρα και αναβολείς (βλ Σχήμα 8.1)
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 $\varphi$
$\varphi > 16 \text{ mm}$	7 $\varphi$

ΕΚΩΣ – 20 mm

β) για καμπύλωση συγκολλητού οπλισμού και συγκολλητά δομικά πλέγματα που κάμπτονται μετά τη συγκόλληση

ΕΚΩΣ – διαφορετικά

Ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης	
ή	ή
5 $\varphi$	$d \geq 3\varphi : 5\varphi$ $d < 3\varphi$ ή συγκόλληση εντός της καμπής : 20 $\varphi$

**Σημείωση:** Η διάμετρος της καμπύλωσης για συγκόλληση εντός της ζώνης καμπής μπορεί να μειώνεται σε 5 $\varphi$  εάν η συγκόλληση έχει γίνει σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 17660 Παράρτημα Β.

## Έναντι αστοχίας του σκυροδέματος στο εσωτερικό της καμπύλης

Η διάμετρος καμπύλωσης  $\varphi_m$  **ΔΕΝ** χρειάζεται να ελέγχεται έναντι αστοχίας του σκυροδέματος στο εσωτερικό της καμπύλης εάν ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

□ Η διάμετρος καμπύλωσης είναι τουλάχιστον ίση με τις προτεινόμενες τιμές του **Πίνακα 8.1N**

□ Η αγκύρωση της ράβδου δεν απαιτεί μήκος μεγαλύτερο από  $5\varphi$  μετά το πέρας της καμπύλωσης.

□ Η ράβδος δεν είναι τοποθετημένη σε άκρο (δηλαδή, η εξωτερική άντυγα του καμπύλου τμήματος της ράβδου δε βρίσκεται κοντά στην εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος) και υπάρχει κάθετα ως προς αυτήν, τοποθετημένη εντός της καμπύλωσης, ράβδος με διάμετρο  $\geq \varphi$ .

Αλλιώς η ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης,  $\varphi_{m,min}$ , πρέπει να αυξάνεται σύμφωνα με την έκφραση:

$$\varphi_{m,min} \geq F_{bt} \left( \frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varphi} \right) / f_{cd} \quad (8.1)$$

**ΕΚΩΣ** – η τιμή  $\varphi_{m,min}$  δεν εξαρτάται από την ποιότητα του σκυροδέματος

όπου:

$F_{bt}$  η εφελκυστική δύναμη που ασκείται στη ράβδο ή στη δέσμη ράβδων στην αρχή της καμπύλης λόγω των φορτίων αστοχίας

$a_b$  το μισό της απόστασης μεταξύ των κέντρων βάρους γειτονικών ράβδων (ή ομάδας ράβδων) καθέτως προς το επίπεδο της καμπύλωσης. Για ράβδους (ή ομάδες ράβδων) παρακείμενες στην επιφάνεια του μέλους, ο συντελεστής πρέπει να λαμβάνεται ως = επικάλυψη +  $\varphi/2$ .

$f_{cd}$  η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

όπου:

$\alpha_{cc} = 1.0$  (εκλαμβανόμενη ως τοπική φέρουσα τάση)

$f_{ck}$  η χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου σκυροδέματος, πάντως όχι μεγαλύτερη από 50 MPa.

Στον παρακάτω Πίνακα δίνονται οι ελάχιστες διαμέτροι καμπύλωσης ράβδων χάλυβα ποιότητας S500, για διάφορες κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος και αποστάσεις μεταξύ γειτονικών ράβδων.

Ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης ράβδου, ως πολλαπλάσιο της διαμέτρου αυτής

$a_b$	Κατηγορία σκυροδέματος (Mpa)							
	20	25	30	35	40	45	50	$\geq 55$
20φ	25,6	20,5	17,1	14,6	12,8	11,4	10,2	9,3
15φ	21,3	17,0	14,2	12,1	10,6	9,5	8,5	7,7
10φ	19,2	15,4	12,8	11,0	9,6	8,6	7,7	7,0
5φ	18,0	14,4	12,0	10,2	9,0	8,0	7,0	6,5
10φ	15,4	12,3	10,3	8,8	7,7	6,8	6,1	5,6

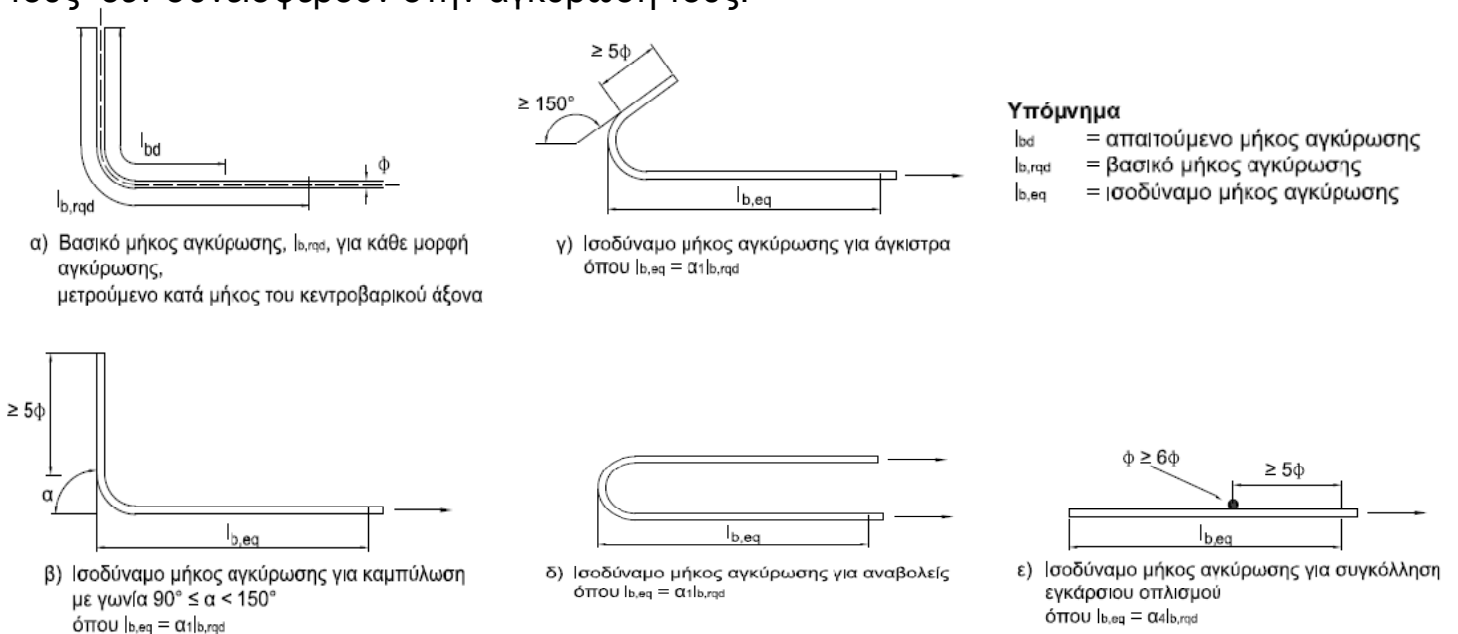
**Σημείωση:**  
Οι τιμές του πίνακα, προκύπτουν θεωρώντας ότι η τάση της ράβδου είναι ίση με  $f_{yk}/\gamma_s$ , εδώ 500/1,15 Mpa. Οι τιμές του πίνακα μπορούν να πολλαπλασιάζονται με το λόγο  $A_{s, reqd}/A_{s, provided}$

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκους οπλισμού

Οπλισμοί, καλώδια ή πλέγματα πρέπει να αγκυρώνονται έτσι ώστε να μεταφέρουν τις δυνάμεις αγκύρωσης ασφαλώς στο σκυρόδεμα χωρίς την δημιουργία διαμήκων ρωγμών ή την εκτίναξη της επικάλυψης.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι αγκύρωσης, πέραν αυτής της ευθύγραμμης ράβδου, παρουσιάζονται παρακάτω.

Σε ράβδους οπλισμού που υπόκεινται σε θλίψη, καμπυλώσεις και άγκιστρα στα άκρα τους δεν συνεισφέρουν στην αγκύρωσή τους.



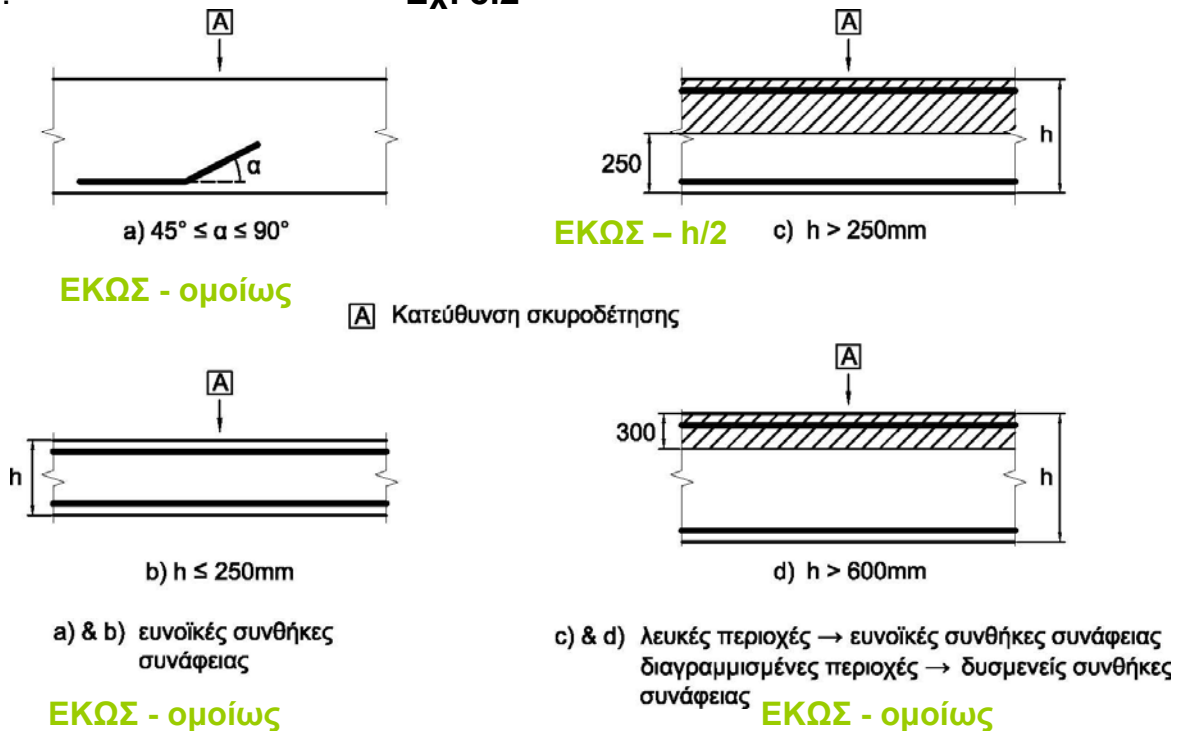
Σχ. 8.1 Μορφές αγκύρωσης διαφορετικές της ευθύγραμμης

## 8.4.2 Οριακή τάση συνάφειας

Η οριακή αντοχή συνάφειας μεταξύ του σκυροδέματος και του οπλισμού θα πρέπει να είναι επαρκής ώστε να αποφευχθεί αστοχία της συνάφειας και ολίσθηση του οπλισμού εντός του σκυροδέματος.

Η μέγιστη τάση συνάφειας μεταξύ του οπλισμού και του σκυροδέματος εξαρτάται κυρίως από την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος ( $f_{ctk}$ ) και τη θέση της ράβδου εντός αυτού. Ανάλογα με τη θέση της ράβδου θεωρούμε και τις αντίστοιχες «συνθήκες συνάφειας».

Σχ. 8.2



Η τιμή σχεδιασμού της οριακής τάσης συνάφειας για νευροχάλυβες προκύπτει από τη σχέση:

$$f_{bd} = 2.25 n_1 n_2 f_{ctd} \quad (8.2)$$

ΕΚΩΣ – ομοίως  
αλλά οι τιμές  
δίδονται σε  
πίνακα

όπου:

$f_{ctd} = f_{ctk,0.05}/\gamma_c$ . Η τιμή σχεδιασμού της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος. Η τιμή της  $f_{ctk,0.05}$ , πρέπει να περιορίζεται στην τιμή για σκυροδέμα κατηγορίας C60/75, εκτός αν μπορεί να επιβεβαιωθεί ότι η μέση αντοχή συνάφειας αυξάνει πάνω από αυτό το όριο.

$n_1$  συντελεστής εξαρτώμενος από τις συνθήκες συνάφειας και τη θέση της ράβδου κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης:

$n_1 = 1.0$ , για «ευνοϊκές» συνθήκες συνάφειας και

$n_1 = 0.7$ , για κάθε άλλη περίπτωση και για ράβδους σε δομικά στοιχεία

κατασκευασμένα με ολισθαίνοντες ξυλότυπους, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι ισχύουν «ευνοϊκές» συνθήκες συνάφειας.

$n_2$  συντελεστής εξαρτώμενος από τη διάμετρο της ράβδου:

$n_2 = 1.0$  για  $\varphi \leq 32\text{mm}$

$n_2 = (132 - \varphi)/100$  για  $\varphi > 32\text{mm}$ .



### 8.4.3 Βασικό μήκος αγκύρωσης

Το βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης,  $l_{b,rqd}$ , είναι το μήκος αγκύρωσης για πλήρη εκμετάλλευση της αντοχής της ράβδου.

Μετράται κατά μήκος του κεντροβαρικού άξονα της ράβδου.

$$l_{b,rqd} = (\varphi/4) (\sigma_{sd} / f_{bd}) \quad (8.3) \quad \text{ΕΚΩΣ} - l_{b,rqd} = (\varphi/4) (f_{yd} / f_{bd})$$

Όπου

$\varphi$  η διάμετρος της ράβδου

$\sigma_{sd}$  τιμή σχεδιασμού τάσεως της ράβδου στην οριακή κατάσταση αστοχίας

$$\sigma_{sd} = (A_{s,req} / A_{s,prov}) \cdot f_{yd}$$

$f_{bd}$  οριακή τάση συνάφειας

### 8.4.4 (1) Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού

Το βασικό μήκος αγκύρωσης μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να ληφθούν υπόψη ευεργετικοί παράγοντες όπως το σχήμα της ράβδου, το πάχος της επικάλυψης σκυροδέματος, η ύπαρξη εγκάρσιου οπλισμού ή εγκάρσια πίεσης.

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (8.4) \quad \text{ΕΚΩΣ} - l_{bd} = \alpha_1 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

όπου

$\alpha_1$  συντελεστής επίδρασης του σχήματος των ράβδων

$\alpha_2$  συντελεστής επίδρασης της ελάχιστης επικάλυψης σκυροδέματος

$\alpha_3$  συντελεστής επίδρασης της περίσφιγξης λόγω του εγκάρσιου οπλισμού

$\alpha_4$  συντελεστής επίδρασης της ύπαρξης μιας ή περισσότερων εγκάρσιων ράβδων ( $\varphi_t > 0.6\varphi$ ) συγκολλημένων εντός του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης  $l_{bd}$

$\alpha_5$  συντελεστής εξαρτώμενος από την εγκάρσια πίεση στο επίπεδο του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης

Πρέπει το γινόμενο ( $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$ )  $\geq 0,7$  (8.5)

$l_{b,rqd}$  είναι το βασικό μήκος αγκύρωσης ( από εξ. 8.3 )

$l_{b,min}$  είναι το ελάχιστο μήκος αγκύρωσης. Αν δεν υπάρχουν άλλοι περιορισμοί:

Για αγκυρώσεις ράβδων σε εφελκυσμό:  $l_{b,min} > \max \{0,3 l_{b,rqd}; 10\varphi; 100 \text{ mm}\}$  (8.6)

Για αγκυρώσεις ράβδων σε θλίψη:  $l_{b,min} > \max \{0,6 l_{b,rqd}; 10\varphi; 100 \text{ mm}\}$  (8.7)

Για αγκυρώσεις ράβδων σε εφελκυσμό:  $l_{b,min} > \max \{0,3 l_{b,rqd}; 10\varphi\}$  - ΕΚΩΣ

Για αγκυρώσεις ράβδων σε θλίψη:  $l_{b,min} > \max \{0,6 l_{b,rqd}; 10\varphi\}$  - ΕΚΩΣ

**Πίνακας 8.2: Τιμές των συντελεστών  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  και  $\alpha_5$**

Παράγοντας επηρεασμού	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδος οπλισμού	
		σε εφελκισμό	σε θλίψη
Σχήμα ράβδου	ευθύγραμμη	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Όλες εκτός της ευθύγραμμης (βλέπε Σχήμα 8.1b, c, d)	$\alpha_1 = 0,7$ εάν $c_d > 3\phi$ αλλιώς $\alpha_1 = 1,0$ (βλέπε Σχήμα 8.5 για τις τιμές του $c_d$ )	$\alpha_1 = 1,0$
Επικάλυψη σκυροδέματος	ευθύγραμμη	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Όλες εκτός της ευθύγραμμης (βλέπε Σχήμα 8.1b, c, d)	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα 8.5 για τις τιμές του $c_d$ )	$\alpha_2 = 1,0$
Περίσφιξη λόγω εγκάρσιου οπλισμού μη συγκολλημένου στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_3 = 1 - K \lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Περίσφιξη λόγω συγκολλημένου εγκάρσιου οπλισμού*	Όλοι οι τύποι, θέση και μέγεθος όπως ορίζεται στο Σχήμα 8.1e	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Περίσφιξη λόγω εγκάρσιας πίεσης	Όλοι οι τύποι	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	-

όπου:

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

$\Sigma A_{st}$  το εμβαδόν του εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης  $l_{bd}$

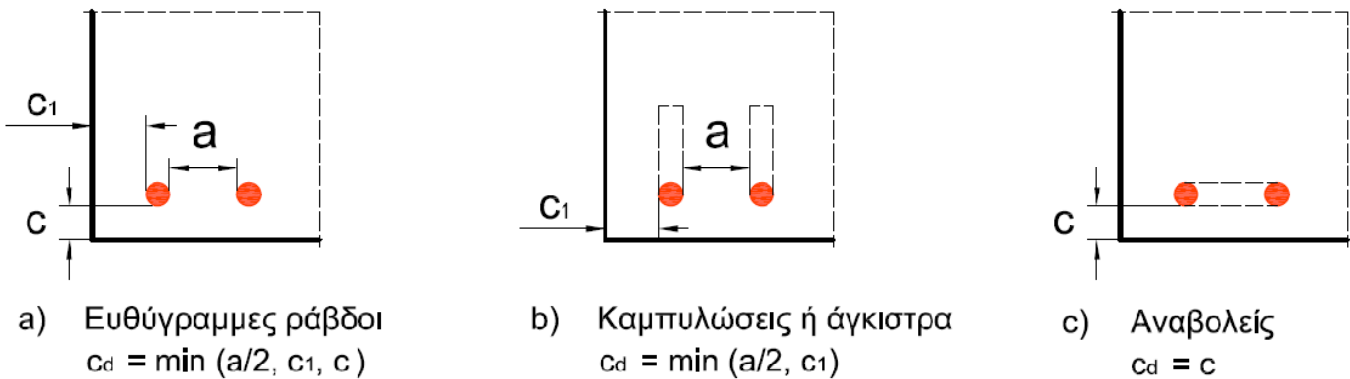
$\Sigma A_{st,min}$  το εμβαδόν του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού  
= 0,25  $A_s$  για δοκούς και 0 για πλάκες

$A_s$  το εμβαδόν της διατομής της ράβδου με τη μεγαλύτερη διάμετρο

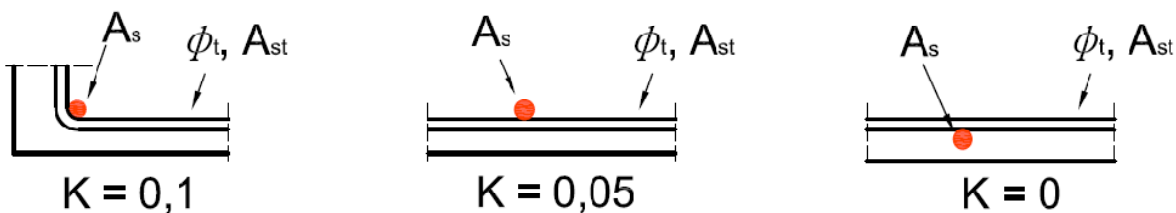
$K$  τιμές που δίνονται στο Σχήμα 8.4

$p$  η εγκάρσια πίεση [MPa] στην οριακή κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του  $l_{bd}$

\* Βλέπε επίσης 8.6: Για άμεσες στηρίξεις το  $l_{bd}$  μπορεί να λαμβάνεται μικρότερο από το  $l_{b,min}$  υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει τουλάχιστον μια εγκάρσια ράβδος συγκολλημένη εντός της στήριξης. Αυτή θα πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση τουλάχιστον 15 mm από την αρχή της στήριξης.



**Σχήμα 8.3 : Τιμές του  $c_d$  για δοκούς και πλάκες**

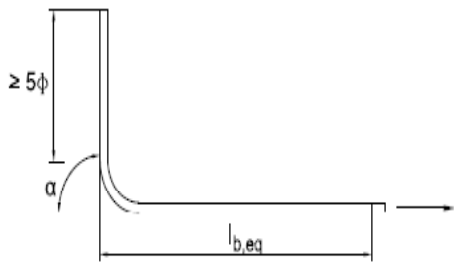


**Σχήμα 8.4 : Τιμές του  $K$  για δοκούς και πλάκες**

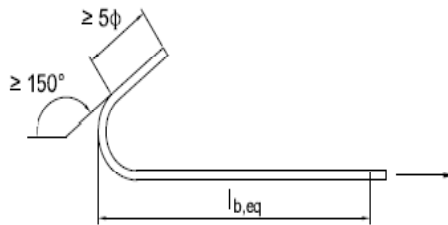
### 8.4.4 (2) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης

Μια απλοποιημένη εναλλακτική στην παραπάνω μέθοδο υπολογισμού του μήκους αγκύρωσης συγκεκριμένων σχημάτων ράβδων, που φαίνονται στο Σχήμα 8.1, σε εφελκυσμό, μπορεί να δίνεται ως ένα ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης,  $l_{b,eq}$ , όπως ορίζεται στο συγκεκριμένο σχήμα, και μπορεί να λαμβάνεται ως:

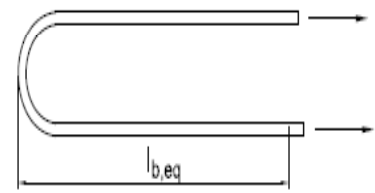
➤  $l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$  για τα σχήματα ράβδων : ( οι τιμές  $\alpha_1$  από τον Πίνακα 8.2 )



β) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για καμπύλωση με γωνία  $90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$  όπου  $l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$



γ) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για άγκιστρα όπου  $l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$

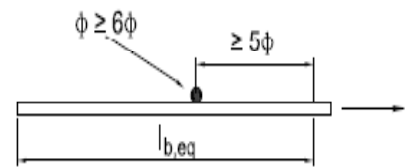


δ) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για αναβολείς όπου  $l_{b,eq} = \alpha_1 l_{b,rqd}$

➤  $l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd}$  για σχήμα ράβδων

:

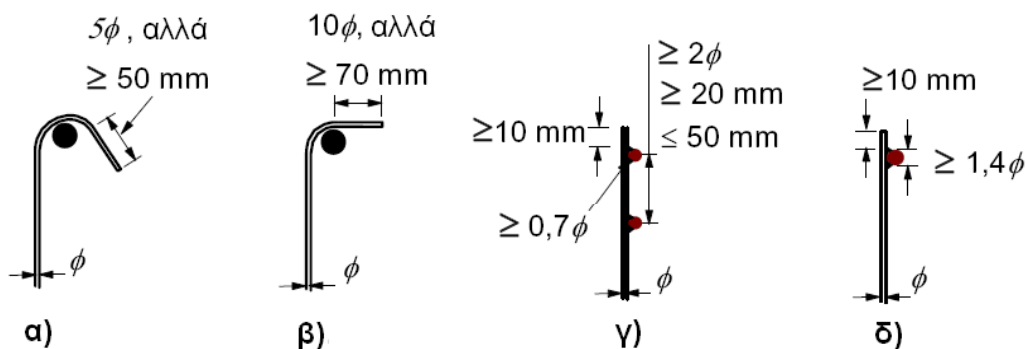
( οι τιμές  $\alpha_4$  από τον Πίνακα 8.2 )



ε) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για συγκόλληση εγκάρσιου σπλισμού όπου  $l_{b,eq} = \alpha_4 l_{b,rqd}$

### 8.5 Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης

Η αγκύρωση των συνδετήρων και του οπλισμού διάτμησης γίνεται:

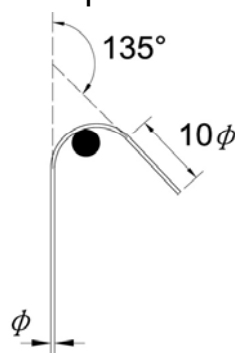


Για τα γ) και δ) η επικάλυψη δε θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $3\phi$  ή  $50\text{ mm}$ .

Σχήμα 8.5 : Αγκύρωση συνδετήρων

**ΕΚΩΣ – παρόμοια σχήματα αλλά με άλλα ελάχιστα και άλλα  $\phi$**

Για συνδετήρες σε δοκούς, υποστυλώματα και τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (EC8 – 5.6.1):

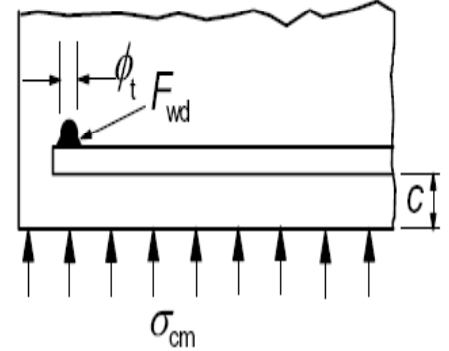


**ΕΚΩΣ-** επιτρέπονται και τα παραπάνω σχήματα β, γ και δ

## 8.6 Αγκύρωση με συγκόλληση ράβδων

Όταν γίνεται χρήση εγκάρσιου οπλισμού για την αγκύρωση μιας ράβδου, η τιμή της τάσης σχεδιασμού  $\sigma_{sd}$  που υπεισέρχεται στον υπολογισμό του βασικού μήκους αγκύρωσης ( εξ. 8.3 ) μπορεί να μειώνεται κατά  $F_{btd} / A_s$ , όπου  $A_s$  η διατομή της ράβδου  
 Η ικανότητα αγκύρωσης μιας εγκάρσια συγκολλημένης ράβδου (διαμέτρου 14mm – 32mm)  $F_{btd}$ :

Σχήμα 8.6



$$F_{btd} = l_{td} \varphi_t \sigma_{td}, \text{ αλλά όχι μεγαλύτερη από } F_{wd} \text{ ( 8.8N ή ΕΠ )}$$

όπου:

$F_{wd}$  είναι η αντοχή σχεδιασμού σε διάτμηση της συγκόλλησης

$l_{td}$  είναι το μήκος σχεδιασμού της εγκάρσιας ράβδου :  $l_{td} = 1.16 \varphi_t (f_{yd} / \sigma_{td})^{0.5} \leq l_t$

$l_t$  είναι το μήκος της εγκάρσιας ράβδου, αλλά όχι μεγαλύτερο από την εγκάρσια απόσταση μεταξύ των προς αγκύρωση ράβδων

$\varphi_t$  είναι η διάμετρος της εγκάρσιας ράβδου

$\sigma_{td}$  είναι η τάση του σκυροδέματος :  $\sigma_{td} = (f_{ctd} + \sigma_{cm}) / y \leq 3 f_{ctd}$

$\sigma_{cm}$  είναι η θλίψη στο σκυρόδεμα, καθέτως και προς τις δυο ράβδους (μέση τιμή, θετική για θλίψη)

$y$  είναι μια συνάρτηση:  $y = 0.015 + 0.14 e^{(-0.18x)}$

$x$  είναι μια συνάρτηση που εισάγει τη γεωμετρία της περιοχής:  $x = 2 (c / \varphi_l) + 1$

$c$  είναι η επικάλυψη του σκυροδέματος καθέτως προς τις δυο ράβδους.

Εάν δυο ράβδοι ίδιας διαμέτρου συγκολλούνται αντικριστά σε αντικριστές παρειές της προς αγκύρωση ράβδου, η ικανότητα αγκύρωσης που υπολογίζεται από την **Εξισ. 8.8N** μπορεί να διπλασιάζεται, υπό την προϋπόθεση ότι η επικάλυψη σκυροδέματος της ράβδου που βρίσκεται στην εξωτερική παρειά είναι επαρκής.

Αντίστοιχα, αν δυο ράβδοι συγκολλούνται στην ίδια παρειά της προς αγκύρωση ράβδου, με ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση  $3\varphi$ , η ικανότητα αγκύρωσης πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί 1.41.

Για ράβδους διαμέτρου 12mm και λιγότερο, η ικανότητα αγκύρωσης μιας εγκάρσια συγκολλημένης ράβδου εξαρτάται κυρίως από την αντοχή σχεδιασμού της συγκόλλησης. Μπορεί να υπολογίζεται ως :

$$F_{btd} = F_{wd} \leq 16 A_s f_{cd} \varphi_t / \varphi_l \text{ ( 8.9 )}$$

όπου:

$F_{wd}$  είναι η αντοχή σχεδιασμού της συγκόλλησης σε διάτμηση

$\varphi_t$  είναι η ονομαστική διάμετρος της εγκάρσιας ράβδου:  $\varphi_t \leq 12mm$

$\varphi_l$  είναι η ονομαστική διάμετρος της προς αγκύρωση ράβδου:  $\varphi_l \leq 12mm$

Εάν χρησιμοποιούνται δύο συγκολλητές εγκάρσια ράβδοι με ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση  $\varphi_t$ , το μήκος αγκύρωσης που δίνεται από την Εξισ. 8.9 πρέπει να πολλαπλασιάζεται επί 1,41.

## 8.7 Ενώσεις

### 8.7.1 Γενικά

**Σκοπός:** η μεταφορά των δυνάμεων από τη μια ράβδο στην άλλη.

Αυτό επιτυγχάνεται μέσω:

- της υπερκάλυψης (μάτισμα) των ράβδων, με ή χωρίς καμπυλώσεις ή άγκιστρα στα άκρα τους
- της συγκόλλησης των ράβδων
- της χρήσης μηχανικών συνδέσμων που διασφαλίζουν τη μεταφορά των φορτίων σε εφελκυσμό και θλίψη ή μόνο σε θλίψη.

Σε δομικά στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας **απαγορεύεται** η ένωση οπλισμών μέσω συγκόλλησης εντός των κρίσιμων περιοχών τους. ( **EC8 – 5.6.3** )

Σε υποστυλώματα και τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας η ένωση του διαμήκους οπλισμού τους με τη βοήθεια μηχανικών συνδέσμων **επιτρέπεται μόνο εάν αυτοί καλύπτονται από κατάλληλες δοκιμές** υπό συνθήκες συμβατές με την επιλεγμένη κατηγορία πλαστιμότητας. ( **EC8 – 5.6.3** )

### 8.7.2. Υπερκαλύψεις

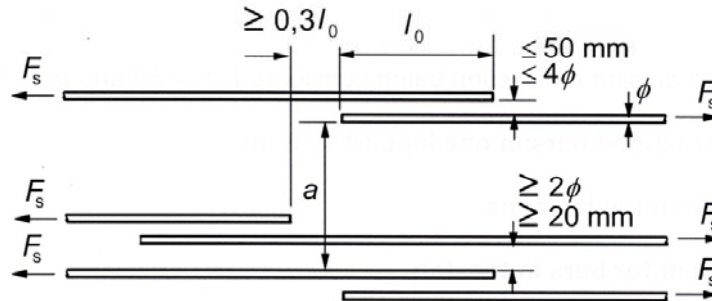
**Πρέπει:**

- να εξασφαλίζεται η μεταφορά των δυνάμεων από τη μια ράβδο στην άλλη
- να μην προκληθεί αποφλοιώση του σκυροδέματος στην περιοχή της σύνδεσης
- να αποφεύγεται η δημιουργία μεγάλων ρωγμών που θα επηρεάσουν τη συμπεριφορά της κατασκευής.

## Επιβάλλεται οι ενώσεις με υπερκάλυψη :

- να διατάσσονται κατά αποστάσεις μεταξύ τους
- να αποφεύγεται η τοποθέτησή τους σε περιοχές υψηλής έντασης
- να διατάσσονται συμμετρικά εντός της διατομής και παράλληλα προς τις παρειές του στοιχείου.

Θα πρέπει να τηρούνται οι προϋποθέσεις που ορίζονται στο σχήμα:



**ΕΚΩΣ** – παρόμοιο σχήμα με κάποιες διαφορετικές τιμές

Σχήμα 8.7

Όταν ικανοποιούνται οι παραπάνω κανόνες, το επιτρεπόμενο ποσοστό εφελκόμενων υπερκαλυπτόμενων ράβδων σε μια διατομή, τοποθετημένες σε μια στρώση, είναι 100%. Αντίστοιχα, όταν διατάσσονται σε παραπάνω της μιας στρώση, το ποσοστό πρέπει να μειώνεται στο 50%. Ράβδοι υποκείμενες σε θλίψη και δευτερεύων οπλισμός (διανομής) μπορούν να ενώνονται με υπερκάλυψη στο σύνολο τους εντός της ίδιας διατομής.

### 8.7.3 Μήκος υπερκάλυψης

Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης,  $l_0$ , προκύπτει μετατρέποντας τη σχέση υπολογισμού του βασικού μήκους αγκύρωσης:

όπου:  $l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$  (8.10) **ΕΚΩΣ** -  $l_0 = \alpha_1 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$

$l_{b,rqd}$  είναι το βασικό μήκος αγκύρωσης (από εξ. 8.3 )

$$l_{0,min} > \max\{0.3 \alpha_6 l_{b,rqd} ; 15\phi ; 200 \text{ mm}\}$$

$$l_{0,min} > \max\{0.3 \alpha_1 \alpha_6 l_{b,rqd} ; 15\phi ; 200 \text{ mm}\} - \text{ΕΚΩΣ}$$

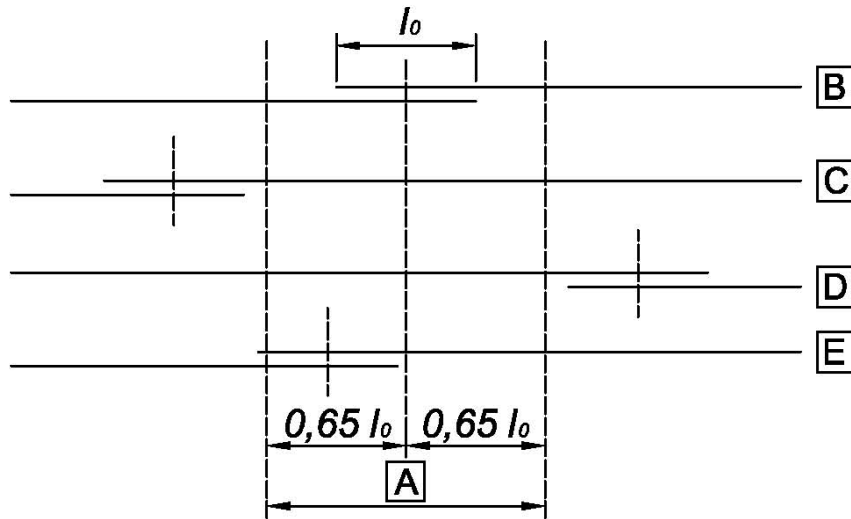
Οι τιμές των  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  και  $\alpha_5$  μπορούν να λαμβάνονται από τον Πίνακα 8.2 Όμως για τον υπολογισμό του  $\alpha_3$ , το  $\Sigma A_{st,min}$  πρέπει να λαμβάνεται ίσο με  $1.0A_s(\sigma_{sd}/f_{yd})$ , όπου  $A_s$  είναι το εμβαδόν της διατομής μιας υπερκαλυπτόμενης ράβδου.

$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0.5}$  αλλά όχι μεγαλύτερο από 1,5 ή μικρότερο από 1,0, όπου  $\rho_1$  είναι το ποσοστό του οπλισμού που ενώνεται με υπερκάλυψη εντός μήκους  $0,65 l_0$  από το μέσο του θεωρούμενου μήκους υπερκάλυψης (βλέπε Σχήμα 8.8). Τιμές του  $\alpha_6$  δίνονται στον Πίνακα 8.3.

Πίνακας 8.3: Τιμές του συντελεστή  $\alpha_6$  **ΕΚΩΣ** – πιο συντηρητικές τιμές

Ποσοστό των υπερκαλυπτόμενων ράβδων προς το συνολικό οπλισμό της διατομής	<25%	33%	50%	>50%
$\alpha_6$	1	1.15	1.4	1.5

**Σημείωση:** Ενδιάμεσες τιμές μπορούν να προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή



Α Εξεταζόμενο τμήμα Β Ράβδος Ι Γ Ράβδος ΙΙ Δ Ράβδος ΙΙΙ Ε Ράβδος ΙV

Παράδειγμα: Οι ενώσεις των ράβδων ΙΙ και ΙΙΙ βρίσκονται εκτός του εξεταζόμενου τμήματος: % = 50 και  $\alpha_6 = 1,4$

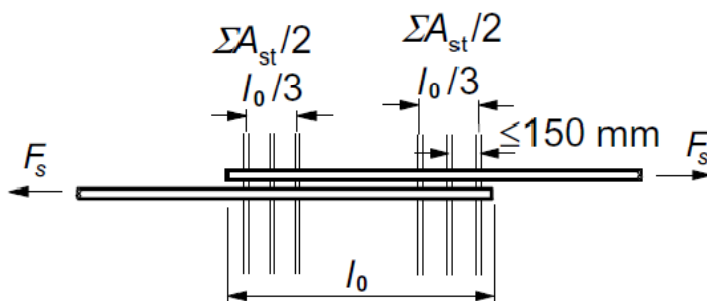
Σχήμα 8.8: Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων σε ένα εξεταζόμενο τμήμα

### 8.7.4.1 Εγκάρσιος οπλισμός στη περιοχή υπερκάλυψης εφελκυσόμενων ράβδων

- Για  $\phi < 20$  (16)mm ή το ποσοστό των υπερκαλυπτόμενων ράβδων στη διατομή <25% :  
Αρκεί ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός 20%
- Για  $\phi \geq 20$  (16)mm :  
Απαιτείται εγκάρσιος οπλισμός συνολικού εμβαδού  $\Sigma A_{st}$  (το άθροισμα του εμβαδού των διατομών των ράβδων που βρίσκονται σε επίπεδο παράλληλο των οπλισμού που υπερκαλύπτεται), όχι μικρότερο από το εμβαδόν,  $A_s$ , μιας υπερκαλυπτόμενης ράβδου ( $\Sigma A_{st} \geq 1,0 A_s$ ).

Εάν σε κάποιο σημείο υπερκαλύπτεται περισσότερο από το 50% του οπλισμού και η απόσταση,  $a$ , μεταξύ γειτονικών ενώσεων σε ένα τμήμα είναι  $\leq 10\phi$  (σχ.8.7), ο εγκάρσιος οπλισμός θα πρέπει να διαμορφώνεται από συνδετήρες ή ράβδους σχήματος U αγκυρωμένες μέσα στο σώμα του τμήματος.

Οι εγκάρσιες ράβδοι πρέπει να τοποθετούνται στα εξωτερικά τμήματα των ενώσεων, καθέτως στη διεύθυνση του υπερκαλυπτόμενου οπλισμού και μεταξύ αυτού και της εξωτερικής επιφάνειας του σκυροδέματος.

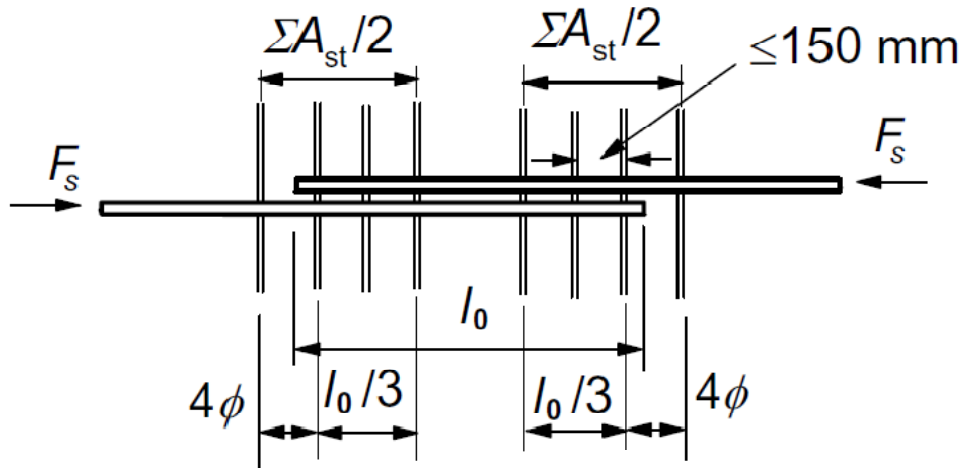


Σχήμα 8.9 (a) ΕΚΩΣ - ομοίως

### 8.7.4.2 Εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή υπερκάλυψης μονίμως θλιβόμενων ράβδων

Ισχύουν όλοι οι παραπάνω κανόνες για ράβδους σε εφελκυσμό.

Θα πρέπει όμως, επιπροσθέτως, να τοποθετείται από μια εγκάρσια ράβδος, εξωτερικά, και εντός απόστασης  $4\phi$  από κάθε άκρο του μήκους υπερκάλυψης.



Σχήμα 8.9 ( b ) ΕΚΩΣ - ομοίως

Σε μέλη με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, πέραν των παραπάνω απαιτήσεων, πρέπει να ικανοποιούνται και οι παρακάτω απαιτήσεις: ( EC8 – 5.6.3 )

a) Εάν οι υπερκαλυπτόμενες ράβδοι διατάσσονται σε επίπεδο κάθετο προς αυτό του εγκάρσιου οπλισμού, το εμβαδόν του απαιτούμενου εγκάρσιου οπλισμού θα πρέπει να υπολογίζεται στη βάση του εμβαδού της μεγαλύτερης από τις υπερκαλυπτόμενες διαμήκεις ράβδους,  $A_{sL}$

b) Εάν οι υπερκαλυπτόμενες ράβδοι διατάσσονται σε επίπεδο παράλληλο προς αυτό του εγκάρσιου οπλισμού, τότε στον υπολογισμό του απαιτούμενου εγκάρσιου οπλισμού λαμβάνεται υπόψη το άθροισμα του εμβαδού όλων των υπερκαλυπτόμενων ράβδων,  $\Sigma A_{sL}$ .

c) Η απόσταση,  $s$ , μεταξύ των ράβδων του εγκάρσιου οπλισμού στη ζώνη υπερκάλυψης (σε χιλιοστά) δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

$$s = \min \{h/4 ; 100\}$$

$$\text{ΕΚΩΣ} - s_{max} = 150\text{mm}$$

όπου  $h$  είναι η ελάχιστη διάσταση της διατομής (σε χιλιοστά).



Ειδικότερα, για υποστυλώματα ή τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας, το απαιτούμενο εμβαδόν του εγκάρσιου οπλισμού,  $A_{st}$ , εντός της ζώνης υπερκάλυψης του διαμήκου οπλισμού που ενώνεται στην ίδια περιοχή (όπως ορίζεται στον EC2), υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A_{st} = s (d_{bL}/50) (f_{yld} / f_{ywd}) \quad (\text{EC8} - 5.52)$$

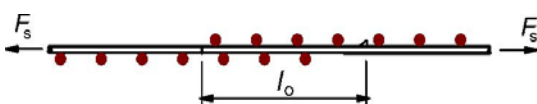
όπου

$A_{st}$  είναι το εμβαδόν της διατομής ενός σκέλους του εγκάρσιου οπλισμού  
 $d_{bL}$  είναι η διάμετρος της ράβδου που ενώνεται  
 $s$  είναι η απόσταση μεταξύ των ράβδων του εγκάρσιου οπλισμού  
 $f_{yld}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής διαρροής του διαμήκου οπλισμού  
 $f_{ywd}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της αντοχής διαρροής του εγκάρσιου οπλισμού.

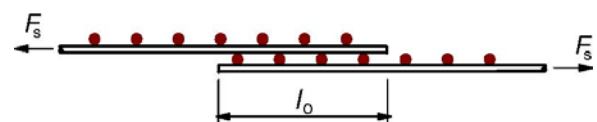
### 8.7.5.1 Υπερκάλυψη κύριου οπλισμού συγκολλητών πλεγμάτων νευροχάλυβα

Πραγματοποιείται με: ( Σχήμα 8.10 )

α) Σύμπλεξη



β) παράθεση σε στρώσεις



- Για μέλη υποκείμενα σε φορτία που προκαλούν κόπωση.
- Διάταξη κύριων ράβδων σύμφωνα με §8.7.2.
- Ευεργετική επίδραση εγκάρσιων ράβδων αγνοείται  $\rightarrow \alpha_3 = 1,0$ .
- Ισχύουν οι τιμές του Πίνακα 8.3

- Πραγματοποιείται σε περιοχές όπου η ένταση στην ULS είναι  $\leq 80\%$  της αντοχής σχεδιασμού. Αλλιώς θα πρέπει να απομειώνεται η υπολογιζόμενη καμπτική αντοχή της διατομής.
- Προσοχή στον έλεγχο έναντι ρηγμάτωσης στα άκρα της ένωσης λόγω ασυνέχειας.
- Επιτρεπόμενο ποσοστό υπερκάλυψης σε κάθε διατομή:
  - $(A_s/s)_{prov} \leq 1200 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow 100\%$
  - $(A_s/s)_{prov} > 1200 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow 60\%$

- Για ενώσεις σε περισσότερες της μιας στρώσης η ελάχιστη μετατόπιση της παράθεσης είναι  $1,3 l_0$ .
- Επιπρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή της ένωσης δεν είναι απαραίτητος.

### 8.7.5.2 Υπερκάλυψη δευτερεύοντα οπλισμού νευροχάλυβα ή οπλισμού διανομής συγκολλητών πλεγμάτων

Μπορεί το 100% αυτού να υπερκαλύπτεται στην ίδια περιοχή.

Οι ελάχιστες τιμές του μήκους υπερκάλυψης,  $l_0$ , δίνονται στον Πίνακα 8.4.

Πίνακας 8.4 : Απαιτούμενα μήκη υπερκάλυψης του δευτερεύοντα οπλισμού (καλώδια ή πλέγματα)

Διάμετρος ράβδων δευτερεύοντα οπλισμού	Μήκος υπερκάλυψης
$\varphi \leq 6$	$\geq 150$ mm και τουλάχιστον μια εγκάρσια ράβδος εντός του μήκους υπερκάλυψης
$6 < \varphi \leq 8,5$	$\geq 250$ mm και τουλάχιστον δύο εγκάρσιες ράβδοι
$8,5 < \varphi \leq 12$	$\geq 350$ mm και τουλάχιστον δύο εγκάρσιες ράβδοι

## 8.8 Συμπληρωματικές διατάξεις για ράβδους μεγάλης διαμέτρου ( $\varphi > 32$ mm ή ΕΠ)

Ισχύουν οι κανόνες των §8.4 και §8.7, επιπροσθέτως όμως:

Η ρηγμάτωση του σκυροδέματος ελέγχεται είτε με τη χρήση επιφανειακού οπλισμού είτε με υπολογισμούς.

Πρέπει να αγκυρώνονται με μηχανικούς συνδέσμους. Εναλλακτικά μπορούν να αγκυρώνονται ως ευθύγραμμες ράβδοι, με την προσθήκη συνδετήρων για περίσφιξη επιπρόσθετα του υπάρχοντος οπλισμού διάτμησης, ομοιόμορφα κατανεμημένων στο μήκος αγκύρωσης και σε μεταξύ τους αποστάσεις  $\leq 5\varphi_{\text{long}}$ , με εμβαδό μεγαλύτερο από :

▪ Παράλληλα με την εφελκυσόμενη επιφάνεια:

$$A_{sh} = 0,25 A_s n_1 \quad (8.12)$$

▪ Κάθετα προς αυτή:

$$A_{sv} = 0,25 A_s n_2 \quad (8.13)$$

όπου:

$A_s$  είναι το εμβαδόν της διατομής μιας προς αγκύρωση ράβδου

$n_1$  είναι ο αριθμός των στρώσεων ράβδων που αγκυρώνονται στο ίδιο τμήμα

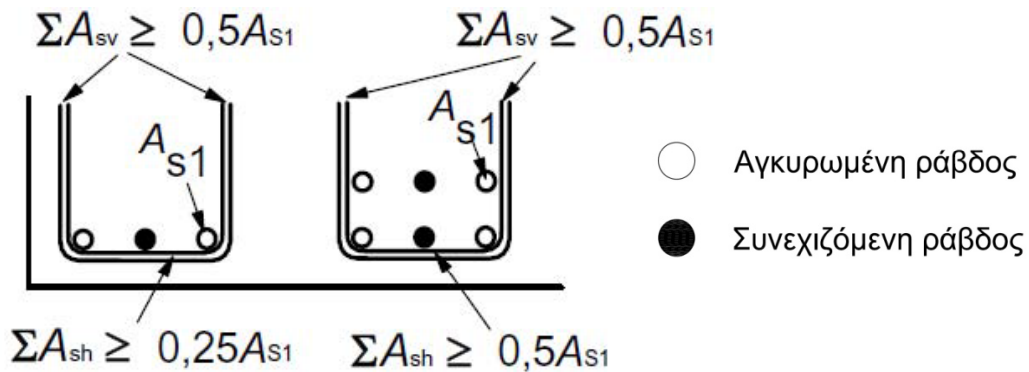
$n_2$  είναι ο αριθμός των ράβδων που αγκυρώνονται σε κάθε στρώση.

Δεν επιτρέπεται η ένωση με υπερκάλυψη, εκτός εάν:

▪ Min διάσταση της διατομής = 1,0 m.

▪ Η ένταση είναι  $\leq 80\%$  της έντασης στη οριακή κατάσταση αστοχίας.

**Παράδειγμα:** Στην αριστερή περίπτωση  $n_1=1, n_2=2$   
και στη δεξιά περίπτωση  $n_1=2, n_2=2$ .



Σχήμα 8.11

## 8.9 Δέσμες ράβδων

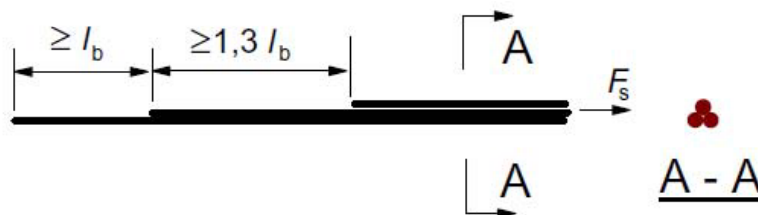
- Ισχύουν οι κανόνες των μεμονωμένων ράβδων.
- Όλες οι ράβδοι πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και  $\varphi_{max}/\varphi_{min} \leq 1,7$ .
- Στο σχεδιασμό λαμβάνουμε ιδεατή ράβδο με ισοδύναμη διάμετρο διατομής:  
 $\varphi_n = \varphi \sqrt{n_b} \leq 55\text{mm}$       ( 8.14 )

όπου:

$n_b$  είναι ο αριθμός των ράβδων της δέσμης, ο οποίος περιορίζεται στις:

$n_b \leq 4$  για κατακόρυφες ράβδους σε θλίψη και ράβδους σε αρμό με υπερκάλυψη,  
 $n_b \leq 3$  για κάθε άλλη περίπτωση.

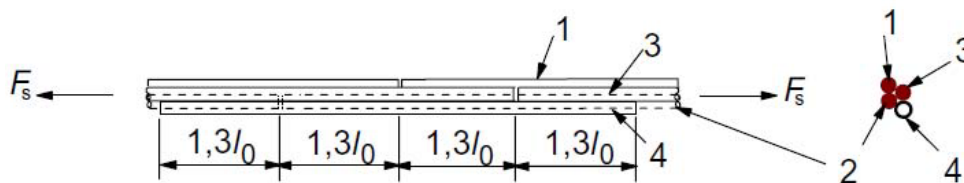
- Εφελκόμενες δέσμες με  $\varphi_n < 32\text{mm}$  δε χρειάζεται να κλιμακώνονται σταδιακά.
- Εφελκόμενες δέσμες με  $\varphi_n \geq 32\text{mm}$  που αγκυρώνονται κοντά σε στηρίξεις επιβάλλεται να κλιμακώνονται σταδιακά.



Σχήμα 8.12

- Θλιβόμενες δέσμες δε χρειάζεται να κλιμακώνονται σταδιακά.
- Σε θλιβόμενες δέσμες με  $\varphi_n \geq 32\text{mm}$ , θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον τέσσερις συνδετήρες με ελάχιστη διάμετρο διατομής 12mm στα άκρα αυτών. Ένας ακόμα συνδετήρας πρέπει να τοποθετείται αμέσως μετά το τέλος της κλιμακούμενης ράβδου.

- ❑ Το μήκος υπερκάλυψης υπολογίζεται όπως και για μεμονωμένες ράβδους , χρησιμοποιώντας την  $\varphi_n$  στον υπολογισμό αυτού.
  - ❑ Για δέσμες που αποτελούνται από μόλις δύο ράβδους και με  $\varphi_n < 32\text{mm}$ , οι ράβδοι μπορούν να ενώνονται με υπερκάλυψη χωρίς τη σταδιακή διακοπή της κάθε ράβδου ξεχωριστά.
  - ❑ Για δέσμες που αποτελούνται από δύο ράβδους και με  $\varphi_n \geq 32\text{ mm}$  ή αποτελούνται από τρεις ράβδους, η απόσταση μεταξύ των σημείων έναρξης του μήκους υπερκάλυψης για κάθε μια ράβδο ξεχωριστά δε θα πρέπει να είναι μικρότερη του  $1,3l_0$  όπως φαίνεται και στο Σχήμα 8.13, όπου το  $l_0$  υπολογίζεται βάσει μιας μεμονωμένης ράβδου. Σε αυτήν την περίπτωση η ράβδος No.4 χρησιμοποιείται ως η ράβδος υπερκάλυψης.
- Προσοχή** θα πρέπει να δίνεται στην εξασφάλιση της μη ύπαρξης περισσότερων των τεσσάρων ράβδων σε κάθε διατομή εντός του μήκους υπερκάλυψης. Δέσμες αποτελούμενες από περισσότερες από τρεις ράβδους δε θα πρέπει να ενώνονται με υπερκάλυψη.



Σχήμα 8.13

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### Κανόνες διαμόρφωσης και κατασκευαστικές λεπτομέρειες δομικών στοιχείων

## 9.2 Δοκοί

### Γεωμετρικά στοιχεία ( EC8 – 5.4.1.2.1, 5.5.1.2.1 )

Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (μέσης και υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας, DCM και DCH αντίστοιχα) ισχύουν οι παρακάτω διατάξεις:

Η εκκεντρότητα του διαμήκου άξονα μιας δοκού και του υποστυλώματος στο οποίο στηρίζεται θα πρέπει να είναι μικρότερη από  $b_c/4$  (ΕΚΩΣ -  $b_c/3$ ). ( όπου,  $b_c$  είναι η μέγιστη πλευρά του υποστυλώματος κάθετη προς τον διαμήκη άξονα της δοκού )

Το πλάτος των κύριων σεισμικά δοκών :  $b_w \leq \min \{ b_c + h_w ; 2b_c \}$  ( EC8 – 5.6 )

$$b_w \leq \min \{ b_c + h_c/2 ; 2b_c \} - \text{ΕΚΩΣ}$$

Επιπλέον ,για δοκούς υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH) πρέπει να διασφαλίζεται ότι:

- το πλάτος τους είναι μεγαλύτερο από 200mm ( ΕΚΩΣ – ομοίως )
- ο λόγος πλάτος προς ύψος της δοκού ικανοποιεί τη σχέση:

$$\frac{l_{ot}}{b} \leq \frac{70}{(h/b)^{1/3}} \quad \text{και} \quad h/b \leq 3,5 \quad ( 5.40b )$$

όπου

$l_{ot}$  είναι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών περιορισμένων σε στρέψη διατομών της δοκού.

### Κρίσιμες περιοχές ( EC8 – 5.4.3.2.1, 5.5.3.1.3 )

$l_{cr} = h_w$  ( $h_w$  = ύψος δοκού) εκατέρωθεν των παρειών του κόμβου δοκού-υποστυλώματος, καθώς και σε κάθε περιοχή που είναι πιθανός ο σχηματισμός πλαστικής άρθρωσης κατά τη διάρκεια σεισμικής φόρτισης. ( για δοκούς μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας DCM )

Για δοκούς υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH) το μήκος των κρίσιμων περιοχών αυξάνεται σε  $1,5h_w$

$$\text{ΕΚΩΣ} - l_{cr} = 2h_w$$

Όταν η δοκός υποστηρίζει στοιχεία που δε συνεχίζουν κάτωθεν αυτής (φυτευτά υποστυλώματα, τοιχώματα), οι κρίσιμες περιοχές τις δοκού εκατέρωθεν των παρειών του διακοπτόμενου αυτού στοιχείου θα πρέπει να αυξάνονται σε  $l_{cr} = 2h_w$

## 9.2.1 Διαμήκης οπλισμός

### 9.2.1.1 Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά οπλισμών

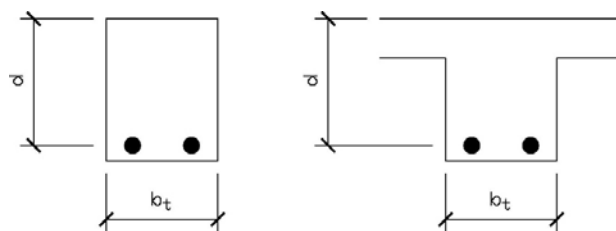
Ελάχιστος διαμήκης εφελκόμενος οπλισμός:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \geq 0,0013 b_t d \quad (9.1N \text{ ή } EP) \quad \text{ΕΚΩΣ} - \rho_{min} = 0,5 (f_{ctm} / f_{yk})$$

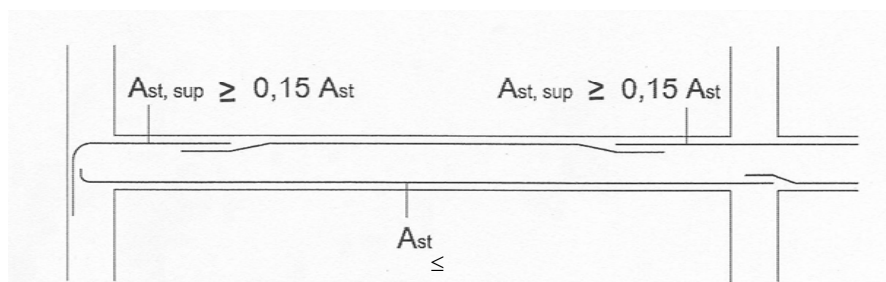
όπου:

$b_t$  υποδηλώνει το μέσο πλάτος της εφελκόμενης περιοχής. Για πλακοδοκό όπου το πέλμα (πλάκα) είναι σε θλίψη, στον υπολογισμό του  $b_t$  λαμβάνεται υπόψη μόνο το πλάτος του κορμού.

Κατηγορία αντοχής	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C28/35	C32/40
$A_{s,min}$ ως ποσοστό του $b_t d$	0,13	0,13	0,13	0,135	0,151	0,166	0,182	0,198	0,213	0,145	0,156



Στις στηρίξεις μονολιθικών κατασκευών όπου κατά το σχεδιασμό έχουν εκληφθεί ως απλές στηρίξεις, πρέπει να τοποθετείται ένας ελάχιστος οπλισμός  $A_{st,sup}$  ίσος με το **15%** ή **EP** του οπλισμού που τοποθετείται στο άνοιγμα, για την αντιμετώπιση της μερικής ακαμψίας.



Μέγιστος συνολικός διαμήκης οπλισμός (εκτός των περιοχών των υπερκαλύψεων):

$$A_{s,max} = 0,04 A_c \quad \text{ή } EP \quad \text{ΕΚΩΣ} - \text{ομοίως}$$

Για δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας: (EC8 – 5.4.3.1.2)

$$\rho_{min} = 0,5 (f_{ctm} / f_{yk}) \quad (EC8 – 5.12) \quad \text{ΕΚΩΣ} - \text{ομοίως}$$

$$\rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018 \cdot f_{cd}}{\mu_\phi \epsilon_{sy,d} \cdot f_{yd}} \quad (EC8 – 5.11) \quad \text{ΕΚΩΣ} - \rho_{max} = 0,65 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \frac{\rho'}{\rho} + 0,0015 \leq \frac{7}{f_{yd}}$$

Αν η εφελκόμενη περιοχή περιλαμβάνει και την πλάκα, ο οπλισμός αυτής που είναι τοποθετημένος παράλληλα στο διαμήκη άξονα της δοκού και εντός του συνεργαζόμενου πλάτους του πέλματος της δοκού προσμετράται στο  $\rho$ .

Ο θλιβόμενος οπλισμός δοκών με **αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας** δε θα πρέπει να είναι λιγότερος από το 50% του εφελκόμενου οπλισμού που προκύπτει στην οριακή κατάσταση αστοχίας της ανάλυσης υπό σεισμικά φορτία:

$$A_{s,comp} \geq A_{s,tension} / 2$$

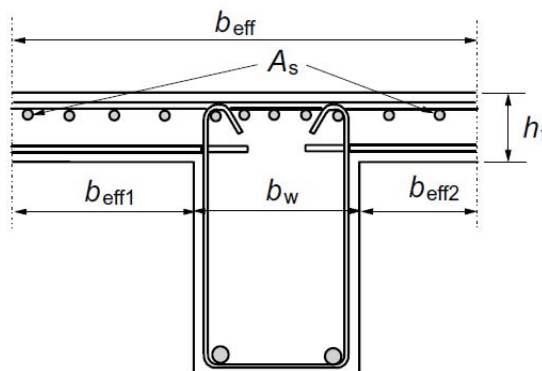
**ΕΚΩΣ** - ομοίως

Επιπλέον, σε δοκούς υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH) θα πρέπει:  
( **EC8 – 5.5.3.1.3** )

- να τοποθετούνται τουλάχιστον από δυο ράβδοι οπλισμού υψηλής συνάφειας με διάμετρο  $d_b = 14mm$  (**ΕΚΩΣ-12mm**) -στο πάνω και στο κάτω μέρος της, που θα τη διατρέχουν καθ' όλο το μήκος της.
- το 25% του μέγιστου άνω οπλισμού των στηρίξεων θα πρέπει να διατρέχει ολόκληρο το μήκος της δοκού. (**ΕΚΩΣ – ομοίως**)

### 9.2.1.2 Άλλες διατάξεις λεπτομερειών

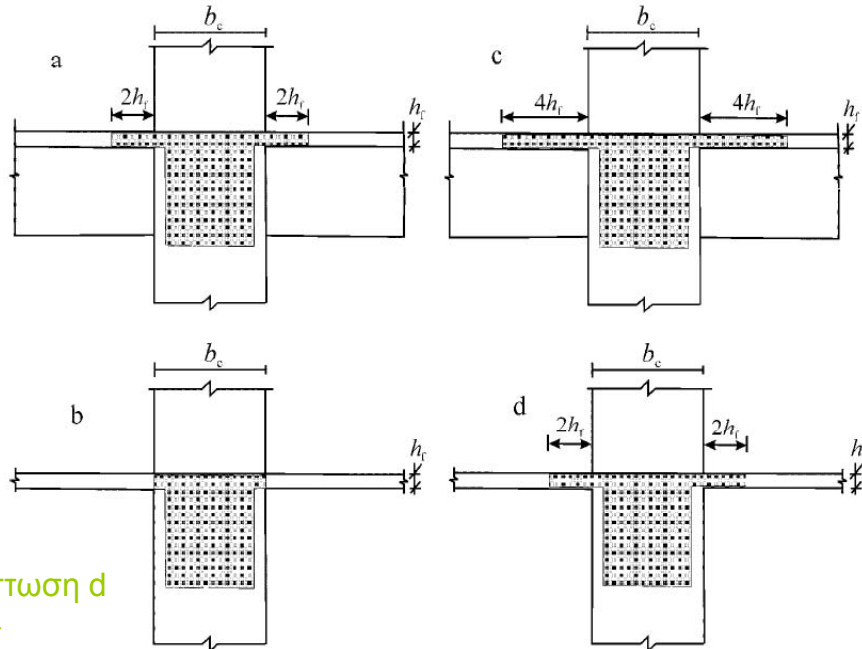
- ❑ Ο οποιοσδήποτε θλιβόμενος διαμήκης οπλισμός (διαμέτρου  $\varphi$ ) ο οποίος περιλαμβάνεται στον υπολογισμό της αντοχής της διατομής θα πρέπει να συγκρατείται από εγκάρσιο οπλισμό τοποθετημένο ανά απόσταση όχι μεγαλύτερη του  $15\varphi$ .
- ❑ Στις ενδιάμεσες στηρίξεις των συνεχών δοκών, ο συνολικός εφελκόμενος οπλισμός  $A_s$  σε μια διατομή πλακοδοκού θα πρέπει να τοποθετείται κυρίως εντός του πλάτους του κορμού της δοκού. Μόνο μέρος του μπορεί να κατανέμεται εκτός του πλάτους του κορμού, αλλά εντός του συνεργαζόμενου πλάτους,  $b_{eff}$  της δοκού.



Σχήμα 9.1

□ Το συνεργαζόμενο πλάτος,  $b_{eff}$  των δοκών με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας λαμβάνεται: ( EC8 – 5.4.3.1.1 )

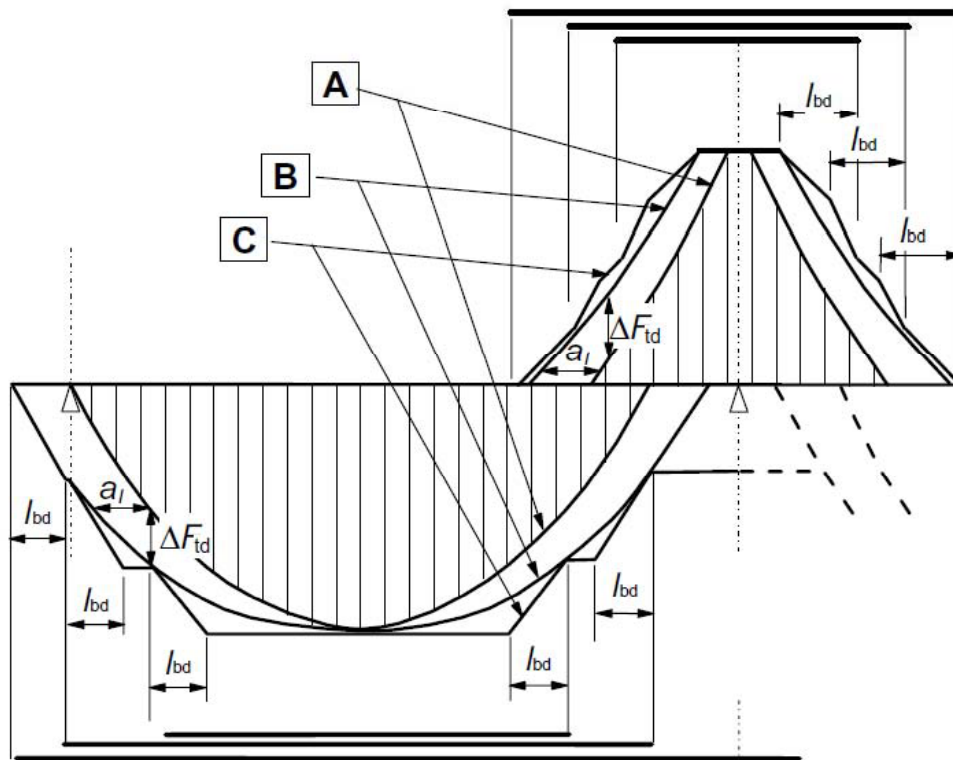
- a) Στις ακραίες στηρίξεις κύριων σεισμικά δοκών όπου στο υποστυλώμα δεν συντρέχει καθέτως προς αυτές άλλη δοκός, το  $b_{eff}$  λαμβάνεται ίσο με το πλάτος του υποστυλώματος,  $b_c$  (βλέπε Σχήμα 5.5b). Αν συντρέχει καθέτως προς αυτή και άλλη δοκός, ίσου με αυτή ύψους, το συνεργαζόμενο πλάτος της δοκού αυξάνεται κατά  $2h_f$  εκατέρωθεν του κορμού της (βλέπε Σχήμα 5.5a).
- b) Στις ενδιάμεσες στηρίξεις τα παραπάνω πλάτη αυξάνονται έκαστο κατά  $2h_f$  εκατέρωθεν του κορμού της δοκού (βλέπε Σχήμα 5.5c και 5.5d αντίστοιχα).



Σχήμα EC8 – 5.5

ΕΚΩΣ – ομοίως εκτός από την περίπτωση d όπου  $b_{eff} = b_c + 2,5h_f$

### 9.2.1.3 Κλιμακούμενος διαμήκης εφελκόμενος οπλισμός



Α Περιβάλλουσα του  $M_{Ed}/z + N_{Ed}$

Β Δρώσα εφελκυστική δύναμη  $F_s$

Γ Εφελκυστική δύναμη αντοχής  $F_{Rs}$

Σχήμα 9.2



- Για μέλη χωρίς οπλισμό διάτμησης:

$$a_l = d$$

- Για μέλη με οπλισμό διάτμησης:

$$a_l = z (\cot \theta - \cot \alpha) / 2 \quad \text{ΕΚΩΣ - ομοίως}$$

όπου:

$\alpha$  είναι η γωνία που σχηματίζει ο οπλισμός διάτμησης με τον άξονα της δοκού καθέτως στη διατμητική δύναμη  
 $\theta$  είναι η γωνία που σχηματίζει το θλιβόμενο μέλος του δικτυώματος του σκυροδέματος με τον άξονα της δοκού καθέτως στη διατμητική δύναμη

$z$  είναι ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων, για μέλος με σταθερό ύψος, Ελλείψει αξονικής φόρτισης, μπορεί να χρησιμοποιείται η προσεγγιστική τιμή

$$z = 0,9d.$$

Για κάθε άλλη περίπτωση, πλην αυτών που η τιμή της διατμητικής δύναμης είναι πολύ υψηλή, μπορούν να λαμβάνεται η τιμή  $a_l = 1,25z$ .

Από το σημείο και έπειτα που ο οπλισμός κρίνεται περιττός, μπορεί να κλιμακώνεται, εξασφαλίζοντας ότι θα αγκυρώνεται επαρκώς.

Για κεκαμμένες ράβδους που συμμετέχουν στην παραλαβή των διατμητικών δυνάμεων, το μήκος αγκύρωσης δε θα πρέπει να είναι μικρότερο από  $1,3 l_{bd}$  στις περιοχές εφελκυσμού, και  $0,7 l_{bd}$  στις περιοχές θλίψης. Αυτό μετράται από το σημείο της τομής των αξόνων της κεκαμμένης ράβδου και του διαμήκους οπλισμού.

Στον υπολογισμό της αντοχής της δοκού μπορεί να λαμβάνεται υπόψη και η συμμετοχή του μήκους αγκύρωσης των ράβδων, θεωρώντας μια γραμμική μεταβολή της δύναμης. Συντηρητικά, η συμμετοχή αυτή μπορεί να αγνοείται.

### 9.2.1.4 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ακραίες στηρίξεις

Για ακραίες στηρίξεις που έχουν θεωρηθεί ως απλές στηρίξεις, τουλάχιστον το 25% (ή ΕΠ) (ΕΚΩΣ – ομοίως) του οπλισμού του ανοίγματος θα πρέπει να συνεχίζεται έως τη στήριξη. Ο οπλισμός θα πρέπει να αγκυρώνεται έναντι εφελκυστικής δύναμης ίσης με :

$$F_E = |V_{Ed}| a_l / z + N_{Ed} \quad \text{ΕΚΩΣ} - F_E = |V_{Ed}| a_l / z$$

όπου:

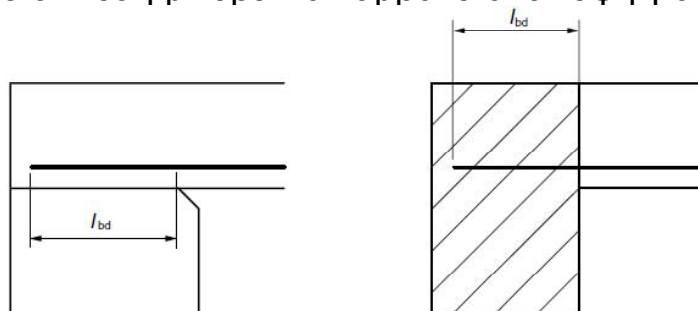
$|V_{Ed}|$  είναι η απόλυτη τιμή της διατμητικής δύναμης

$a_l$  είναι η μετατόπιση της περιβάλλουσας των ροπών

$N_{Ed}$  είναι η αλγεβρική τιμή της αξονικής δύναμης, εάν υπάρχει, που προστίθεται ή αφαιρείται από την εφελκυστική δύναμη.

Το μήκος αγκύρωσης  $l_{bd}$  μετράται από το σημείο επαφής μεταξύ της δοκού και της στήριξης. Η εγκάρσια πίεση μπορεί να λαμβάνεται υπόψη για άμεσες στηρίξεις.

Σχήμα 9.3



a) Άμεση στήριξη: Δοκός στηριζόμενη σε τοίχωμα ή υποστύλωμα

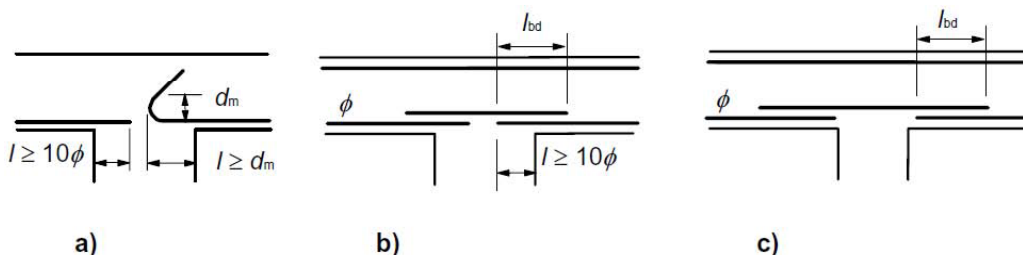
b) Έμμεση στήριξη: Δοκός στηριζόμενη σε άλλη δοκό

### 9.2.1.5 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδιάμεσες στηρίξεις

Στις ενδιάμεσες στηρίξεις, ποσοστό μεγαλύτερο του **25% (ή ΕΠ)** του κάτω οπλισμού του ανοίγματος θα πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τη στήριξη. **(ΕΚΩΣ – ομοίως)**

Το ελάχιστο μήκος αγκύρωσης αυτού, μετρούμενο από την παρειά της στήριξης, είναι:

- $10\phi$ , για ευθύγραμμες ράβδους
- ίσο με τη διάμετρο της καμπύλωσης, για ράβδους διαμέτρου  $\phi \geq 16$  mm, με άγκιστρα ή καμπυλώσεις στα άκρα τους
- ίσο με το διπλάσιο της διαμέτρου καμπύλωσης, για κάθε άλλη περίπτωση.



**Σχήμα 9.4**

Παρ' όλα αυτά, δεν είναι απαραίτητο οι ενδιάμεσες στηρίξεις να έχουν πλάτος μεγαλύτερο του  $20\phi$ , μιας και οι ράβδοι που εισέρχονται σε αυτή εκατέρωθεν, μπορούν να αγκυρώνονται μέσω υπερκάλυψης (βλέπε (b) ή (c)).

Συνιστάται να παρέχεται συνεχόμενος οπλισμός για την αντίσταση σε τυχηματικές δράσεις (π.χ. υποχώρηση της στήριξης, έκρηξη κλπ).

Σε δοκούς με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ευθύγραμμοι άνω ή κάτω οπλισμοί που διέρχονται από τον κόμβο πρέπει να διακόπτονται σε απόσταση όχι μικρότερη από  $l_{cr}$  **(ΕΚΩΣ –  $l_{b,min}$ )** από την απέναντι παρειά. ( EC8 – 5.6.2.2 )

### Αγκύρωση διαμήκους οπλισμού δοκών σε κόμβους με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

- ❑ Ο διαμήκης οπλισμός των δοκών που αγκυρώνεται με καμπύλη εντός ακραίων κόμβων δοκού - υποστυλώματος, πρέπει να τοποθετείται πάντα εσωτερικά των συνδετήρων του υποστυλώματος. **(EC8 – 5.6.2.2 )**
- ❑ Σε κατασκευές υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH) το μήκος αγκύρωσης των ράβδων του διαμήκους οπλισμού, που αγκυρώνονται εντός του κόμβου μετράται από σημείο εντός του κόμβου, σε απόσταση  $5d_{bL}$  από την παρειά αυτού. **(ΕΚΩΣ – ομοίως)**
- ❑ Για την αποφυγή αστοχίας της συνάφειας, η διάμετρος,  $d_{bL}$ , του διαμήκους οπλισμού των δοκών (όχι όμως και του διαγώνιου) που διέρχεται διαμέσου κόμβων πρέπει να πληροί την σχέση:

a) Σε ενδιάμεσους κόμβους:

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8 \cdot v_d}{1 + 0,75k_d \cdot \rho' / \rho_{max}}$$

**( EC8 – 5.50a )**

b) Σε ακραίους κόμβους:

$$\frac{d_{bL}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8 \cdot v_d)$$

**( EC8 – 5.50b )**

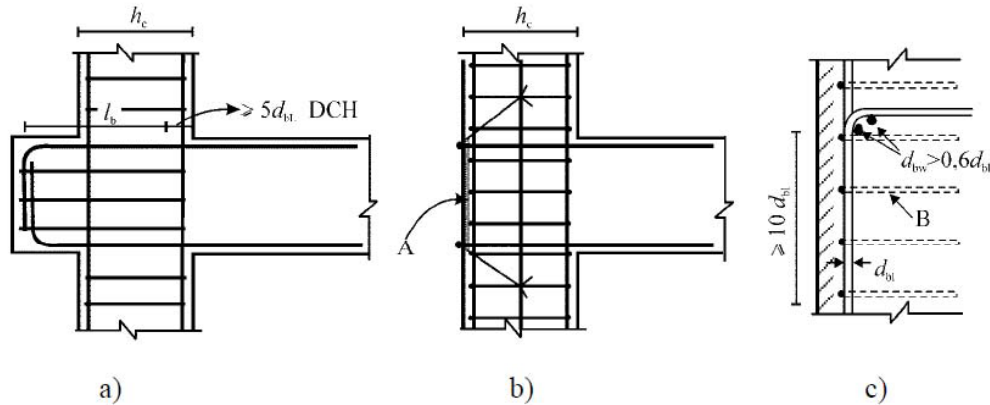
όπου

$v_d$  είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη στο υποστυλωμα, λαμβάνοντας την ελάχιστη τιμή της για το σεισμικό συνδυασμό φόρτισης ( $v_d = N_{Ed} / f_{cd} \cdot A_c$ )

$k_d$  συντελεστής που εξαρτάται από την κατηγορία πλαστιμότητας, λαμβάνει την τιμή 1 για DCH και 2/3 για DCM

$\gamma_{Rd}$  συντελεστής αβεβαιότητας της υπεραντοχής του χάλυβα: 1,2 για DCH και 1,0 για DCM.

- Εάν η παραπάνω απαίτηση δεν ικανοποιείται σε ακραίους κόμβους δοκού – υποστυλώματος λόγω μικρού πλάτους,  $h_c$ , του υποστυλώματος παράλληλα προς τις ράβδους του διαμήκους οπλισμού της ράβδου, για να εξασφαλιστεί η επαρκής αγκύρωση των τελευταίων πρέπει να λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:
- Η δοκός ή πλάκα μπορεί να επιμηκύνεται οριζοντίως με τη μορφή εξωτερικού βραχέως προβόλου (βλέπε Σχήμα 5.13a).
  - Επί κεφαλής ράβδοι ή μεταλλική πλάκα αγκύρωσης συγκολλημένες στο άκρο των διαμήκων ράβδων μπορούν να χρησιμοποιούνται (βλέπε Σχήμα 5.13b).
  - Καμπυλώσεις ελάχιστου μήκους  $10d_{bl}$  και εγκάρσιος οπλισμός τοποθετημένος εντός αυτών μπορεί να προστίθεται (βλέπε Σχήμα 5.13c).



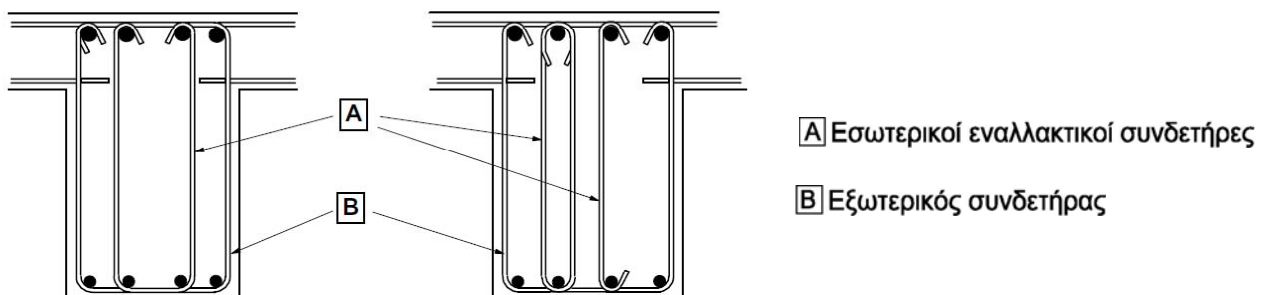
- A μεταλλική πλάκα αγκύρωσης  
 B κλειστοί συνδετήρες γύρω από τις ράβδους του υποστυλώματος
- Σχήμα EC8 - 5.13: Επιπρόσθετα μέτρα αγκύρωσης σε ακραίου κόμβους δοκού - υποστυλώματος**

## 9.2.2 Οπλισμός διάτμησης

Ο οπλισμός διάτμησης πρέπει να σχηματίζει γωνία  $\alpha$  μεταξύ  $45^\circ$  και  $90^\circ$  με το διαμήκη άξονα του μέλους. Μπορεί να αποτελείται από έναν συνδυασμό από:

- συνδετήρες
- κεκκαμένες ράβδους
- συστήματα οπλισμού διάτμησης από κλωβούς κλπ. , τα οποία τοποθετούνται χωρίς να περικλείουν το διαμήκη οπλισμό, αλλά αγκυρώνονται κανονικά στις θλιβόμενες και εφελκυστικές περιοχές.

Τουλάχιστον όμως το **50%** (ή **ΕΠ**) του απαιτούμενου οπλισμού διάτμησης θα πρέπει να έχει τη μορφή συνδετήρων.



**Σχήμα 9.5**

Το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης δίνεται από τη σχέση:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) \quad (9.4) \quad (\text{ΕΚΩΣ} - \text{ομοίως})$$

όπου:

$\rho_w$  είναι το ποσοστό του οπλισμού διάτμησης  
το  $\rho_w$  δε θα πρέπει να είναι μικρότερο από :

$$\rho_{w,min} = (0,08 \sqrt{f_{ctk}}) / f_{yk} \quad (9.5N \text{ ή } \text{ΕΠ})$$

$A_{sw}$  είναι το εμβαδόν του οπλισμού διάτμησης εντός μήκους  $s$

$s$  είναι η απόσταση μεταξύ των οπλισμών διάτμησης, μετρούμενο κατά μήκος του διαμήκη άξονα του μέλους

$b_w$  είναι το πλάτος του κορμού του μέλους

$\alpha$  είναι η γωνία μεταξύ του οπλισμού διάτμησης και του διαμήκη άξονα.

Η απόσταση μεταξύ συστημάτων οπλισμού διάτμησης δε θα πρέπει να ξεπερνά την τιμή:

$$s_{l,max} = 0,75d (1 + \cot \alpha) \quad (9.6N \text{ ή } \text{ΕΠ})$$

Η απόσταση μεταξύ κεκκαμένων ράβδων δε θα πρέπει να ξεπερνά την τιμή:

$$s_{b,max} = 0,6d (1 + \cot \alpha) \quad (9.7N \text{ ή } \text{ΕΠ})$$

Η εγκάρσια απόσταση μεταξύ των σκελών των συνδετήρων δε θα πρέπει να ξεπερνά την τιμή:

$$s_{t,max} = 0,75d \leq 600 \text{ mm} \quad (9.8N \text{ ή } \text{ΕΠ})$$

Στον ΕΚΩΣ η απόσταση  $s$  συνδέεται με την σχέση μεταξύ  $V_{sd}$  και  $V_{Rd2}$

Εντός των **κρισίμων περιοχών** πρέπει να τοποθετούνται κλειστοί συνδετήρες που να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις: (EC8 – 5.4.3.2.1)

a) Η διάμετρος των συνδετήρων  $d_{bw}$  δε θα πρέπει να είναι μικρότερη από 6mm (ΕΚΩΣ-8mm)

b) Η απόσταση,  $s$ , μεταξύ των συνδετήρων (σε χιλιοστά) δε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από:

• Για δοκούς μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας (DCM):

$$s = \min \{h_w/4; 24d_{bw}; 225; 8d_{bl}\} \quad (\text{EC8} - 5.4.3.2.1)$$

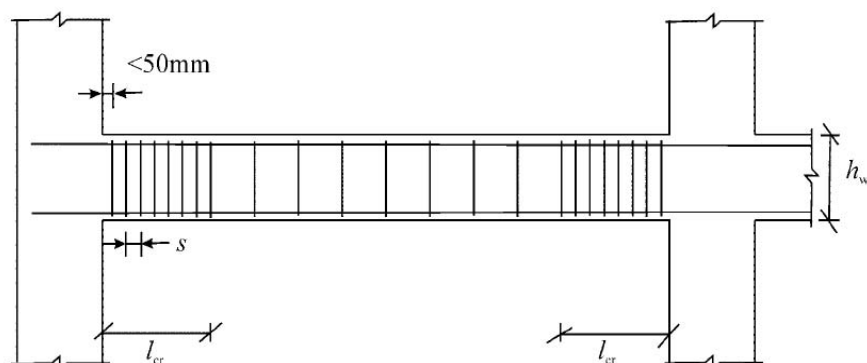
$$s = \min \{h_w/3; 20d_{bw}; 200; 10d_{bl}\} \quad \text{ΕΚΩΣ}$$

Για δοκούς υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH):

$$s = \min \{h_w/4; 24d_{bw}; 175; 6d_{bl}\} \quad (\text{EC8} - 5.5.3.1.3)$$

c) Ο πρώτος συνδετήρας θα πρέπει να τοποθετείται σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 50mm από την παρειά του υποστυλώματος.

Σχήμα EC8 – 5.6



### 9.2.3 Οπλισμός έναντι στρέψης

Το απαιτούμενο πλήθος συνδετήρων έναντι διάτμησης είναι γενικά επαρκές για τον ελάχιστο απαιτούμενο οπλισμό έναντι στρέψης.

Η μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων έναντι στρέψης είναι:

$$s_{l,max} = \min \{ u/8 ; 0,75d ( 1 + \cot \alpha ) ; h ; b \}$$

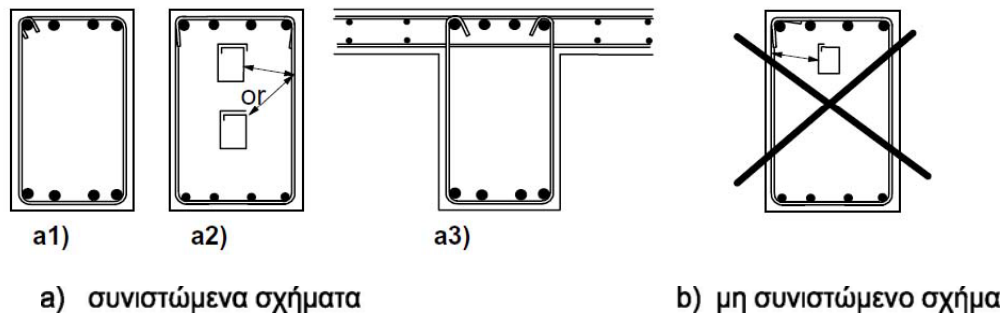
(ΕΚΩΣ –  $s_{l,max} = u/8$ )

όπου:

- $u$  είναι η περίμετρος της διατομής
- $d$  είναι το στατικό ύψος της δοκού
- $h$  είναι το ύψος της δοκού
- $b$  είναι το πλάτος της δοκού

Οι συνδετήρες έναντι στρέψης θα πρέπει να τοποθετούνται σχηματίζοντας γωνία 90° με το διαμήκη άξονα του μέλους, να κλείνουν και να αγκυρώνονται μέσω υπερκάλυψης ή με άγκιστρα στα άκρα τους. Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μια ράβδος διαμήκους οπλισμού σε κάθε γωνία, ενώ οι υπόλοιπες θα πρέπει να διατάσσονται ομοιόμορφα γύρω από την εσωτερική περιφέρεια των συνδετήρων, σε αποστάσεις όχι μεγαλύτερες των 350mm.

Σχήμα 9.6



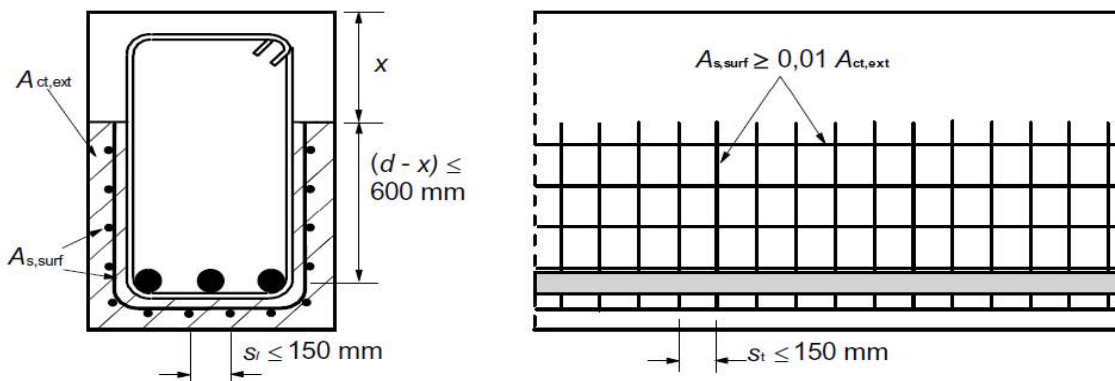
### 9.2.4 Επιφανειακός οπλισμός

Χρησιμοποιείται όταν:

▪  $c > 70$  mm και τότε  $A_{s,surf,min} = 0,005 A_{ct,ext}$  , σε κάθε κατεύθυνση

▪  $\varphi$  ή  $\varphi_n > 32$  mm και τότε  $A_{s,surf,min} = 0,01 A_{ct,ext}$  (ή ΕΠ) , σε κάθε κατεύθυνση

Αποτελείται από πλέγμα ή ράβδους μικρής διαμέτρου και τοποθετείται εξωτερικά των συνδετήρων.

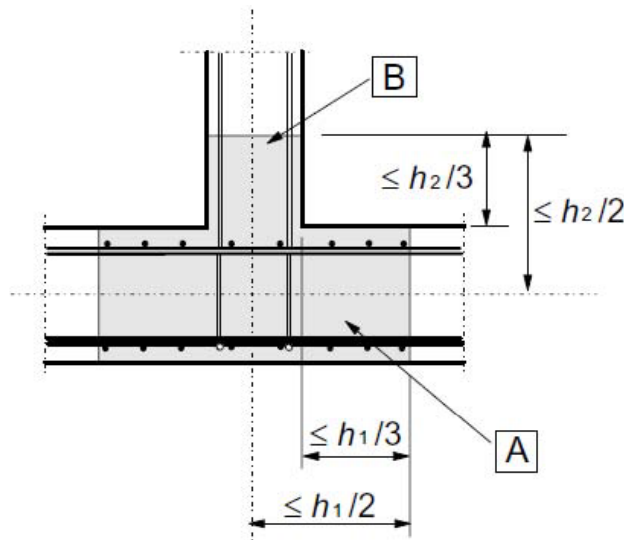


Η ελάχιστη επικάλυψη του επιφανειακού οπλισμού ακολουθεί τις διατάξεις της §4.4

Οι διαμήκεις ράβδοι του επιφανειακού οπλισμού μπορούν να συνυπολογίζονται ως διαμήκης καμπτόμενος οπλισμός και οι εγκάρσιες ράβδοι ως οπλισμός διάτμησης, με την προϋπόθεση ότι θα πληρούν τους κανόνες διάταξης και αγκύρωσης αυτών των τύπων του οπλισμού.

## 9.2.5 Έμμεσες στηρίξεις

Τοποθετείται οπλισμός, επιπλέον αυτού που απαιτείται για άλλους λόγους, επαρκής για να παραλάβει την κοινή αντίδραση. Ο οπλισμός αυτός μεταξύ των δύο δοκών θα πρέπει να αποτελείται από συνδετήρες που θα περικλείουν τον κύριο οπλισμό της υποστηρίζουσας δοκού. Κάποιοι από τους συνδετήρες μπορούν να διατάσσονται εκτός του κοινού τμήματος των δύο δοκών



Α Υποστηρίζουσα δοκός ύψους  $h_1$  Β Υποστηριζόμενη δοκός ύψους  $h_2$  ( $h_1 \geq h_2$ )

Σχήμα 9.7 (Κάτοψη)

## 9.3 Ολόσωμες πλάκες

### 9.3.1 Οπλισμός κάμψης

Το ελάχιστο και μέγιστο εμβαδόν του οπλισμού κατά την **κύρια διεύθυνση** όπλισης της πλάκας είναι τα ίδια με τα αντίστοιχα του διαμήκους οπλισμού των δοκών (στον ΕΚΩΣ ισχύουν διαφορετικά min και max για τις πλάκες).

Ενώ η μέγιστη απόσταση μεταξύ των ράβδων του κύριου οπλισμού:

$$s_{max,slabs} = \min\{3h ; 400mm\} \quad (\text{ή ΕΠ})$$

Και σε περιοχές μέγιστης έντασης ή ύπαρξης συγκεντρωμένου φορτίου:

$$s_{max,slabs} = \min\{2h ; 250mm\} \quad (\text{ή ΕΠ}) \quad \text{ΕΚΩΣ} - s_{max,slabs} = \min\{1,5h ; 200mm\}$$

Ο **δευτερεύων** διαμήκους οπλισμός είναι τουλάχιστον ίσος με το 20% του κύριου (ΕΚΩΣ-ομοίως)

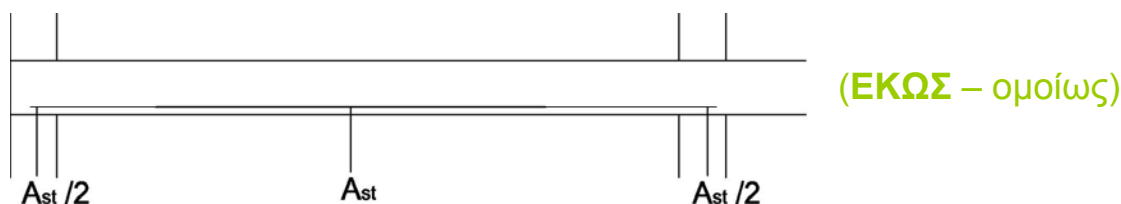
Ενώ η μέγιστη απόσταση μεταξύ των ράβδων του δευτερεύοντα οπλισμού:

$$s_{max,slabs} = \min\{3,5h ; 450mm\} \quad (\text{ή ΕΠ})$$

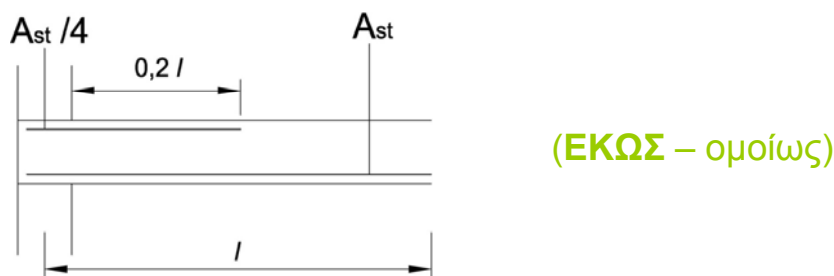
Και σε περιοχές μέγιστης έντασης ή ύπαρξης συγκεντρωμένου φορτίου:

$$s_{max,slabs} = \min\{3h ; 400mm\} \quad (\text{ή ΕΠ}) \quad \text{ΕΚΩΣ} - s_{max,slabs} = 250mm$$

Στις απλά στηριζόμενες πλάκες, ο μισός οπλισμός του ανοίγματος πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τις στηρίξεις και να αγκυρώνεται εκεί.



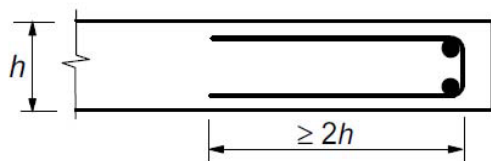
Στις στηρίξεις όπου, αν και η πλάκα είναι μερικώς πακτωμένη, στη στατική ανάλυση έχουν ληφθεί ως απλές στηρίξεις, θα πρέπει να τοποθετείται άνω οπλισμός ικανός να παραλάβει το 25% της μέγιστης ροπής του παρακείμενου ανοίγματος. Ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον 0,2 φορές το μήκος του ανοίγματος από την παρειά της στήριξης. Στις εσωτερικές στηρίξεις θα πρέπει να είναι συνεχής και στις ακραίες στηρίξεις να αγκυρώνεται καταλλήλως.



Για την κλιμάκωση του διαμήκους οπλισμού στις ολόσωμες πλάκες ισχύουν οι κανόνες που δίνονται στην §9.2.1.3 για τις δοκούς, με αντικατάσταση του  $a_1$  με  $d$ .

### 9.3.1.4 Οπλισμός ελεύθερων άκρων (ΕΚΩΣ – ομοίως)

Κατά μήκος ενός ελεύθερου (μη στηριζόμενου) άκρου μιας πλάκας, θα πρέπει να τοποθετούνται διαμήκεις και εγκάρσιοι οπλισμοί, με διάταξη της μορφής του Σχήματος 9.8. Ο ήδη υπάρχων, οπλισμός της πλάκας μπορεί με κατάλληλη διαμόρφωση να λειτουργεί και ως οπλισμός ελεύθερου άκρου.



Σχήμα 9.8

### 9.3.2 Οπλισμός διάτμησης

Για να απαιτείται οπλισμός διάτμησης πρέπει η πλάκα να έχει πάχος  $h \geq 200mm$ . (ΕΚΩΣ – ομοίως)

Ισχύει ό,τι και στις δοκούς με τις παρακάτω τροποποιήσεις:

□ Όπου  $IV_{Ed} \leq 1/3 V_{Rd,max}$ : ο οπλισμός διάτμησης μπορεί να αποτελείται εξ' ολοκλήρου από κεκκαμένες ράβδους ή συστήματα οπλισμού διάτμησης (π.χ. κλωβοί).

□ Μέγιστη απόσταση μεταξύ συνδετήρων:

$$s_{max} = 0,75d (1 + \cot \alpha) \quad (9.9)$$

□ Μέγιστη απόσταση μεταξύ κεκκαμένων ράβδων που λειτουργούν ως οπλισμός διάτμησης:

$$s_{max} = d \quad (9.10)$$

□ Η μέγιστη εγκάρσια απόσταση του οπλισμού διάτμησης είναι  $1,5d$ .

ΕΚΩΣ -  $s_{max} = 0.6d (1 + \cot \alpha)$

## 9.4 Μυκητοειδείς πλάκες

### 9.4.1 Περιοχή εσωτερικών υποστυλωμάτων

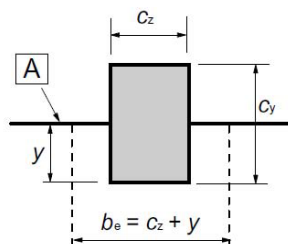
Τοποθετείται άνω οπλισμός εμβαδού  $0,5 A_t$  εντός πλάτους ίσου με το άθροισμα του  $0,125$  του πλάτους των φατνωμάτων εκατέρωθεν του υποστυλώματος. Όπου  $A_t$  είναι το εμβαδόν του οπλισμού που απαιτείται για να παραλάβει τη συνολική αρνητική ροπή του αθροίσματος του ημίσεως των δυο φατνωμάτων εκατέρωθεν του υποστυλώματος

Τοποθετούνται επίσης τουλάχιστον δύο ράβδοι κάτω οπλισμού που διαπερνούν την περιοχή του υποστυλώματος κατά τις δυο διευθύνσεις  $\chi$  και  $\psi$ .

### 9.4.2 Περιοχή ακραίων και γωνιακών υποστυλωμάτων

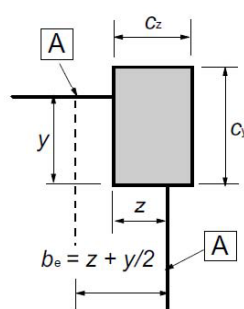
Τοποθετείται οπλισμός καθέτως προς το ελεύθερο άκρο της πλάκας και εντός πλάτους,  $b_e$ , ώστε να μεταφέρονται οι καμπτικές ροπές από την πλάκα σε ένα ακραίο ή γωνιακό υποστύλωμα.

Σχήμα 9.9



Το  $y$  μπορεί να είναι  $> c_y$

a) Ακραίο υποστύλωμα



Το  $z$  μπορεί να είναι  $> c_z$  και το  $y$  μπορεί να είναι  $> c_y$

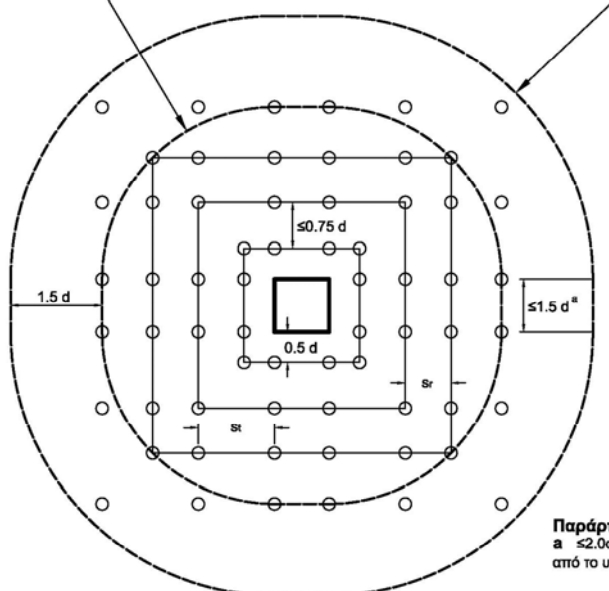
b) Γωνιακό υποστύλωμα

### 9.4.3 Οπλισμός διάτρησης

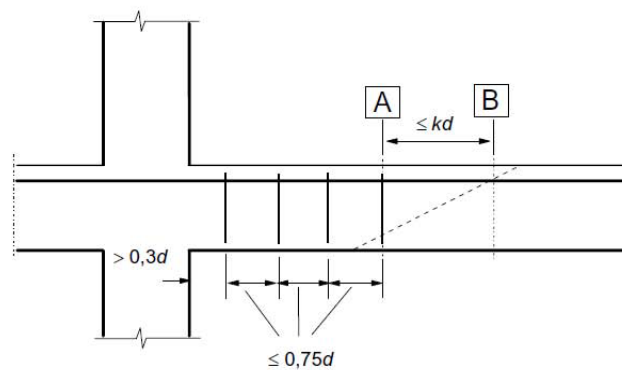
Τοποθετείται μεταξύ της φορτιζόμενης επιφάνειας και σε απόσταση  $1,5d$  (ή ΕΠ) εσωτερικά της εξωτερικής περιμέτρου ελέγχου,  $u_{out}$ , πέρα από την οποία δε χρειάζεται οπλισμός, και πρέπει να αποτελείται τουλάχιστον από δύο περιμέτρους με μεταξύ τους απόσταση όχι μεγαλύτερη του  $0,75d$ .

Εξωτερική περίμετρος οπλισμού διάτρησης

Εξωτερική περίμετρος ελέγχου  $u_{out}$



Παράρτημα  
a  $\le 2,0d$  εάν η απόσταση από το υποστύλωμα είναι  $> 2d$



- A Εξωτερική περίμετρος ελέγχου που απαιτείται οπλισμός διάτρησης
- B Πρώτη περίμετρος ελέγχου που δεν απαιτείται οπλισμός διάτρησης

Σχήμα 9.10a



Το απαιτούμενο εμβαδόν ενός σκέλους συνδετήρα (ή ισοδύναμου οπλισμού) έναντι διάτρησης  $A_{sw,min}$ , δίνεται από την σχέση:

$$A_{sw,min} \cdot (1,5 \sin \alpha + \cos \alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0,08 \sqrt{f_{ct}} / f_{yk} \quad (9.11)$$

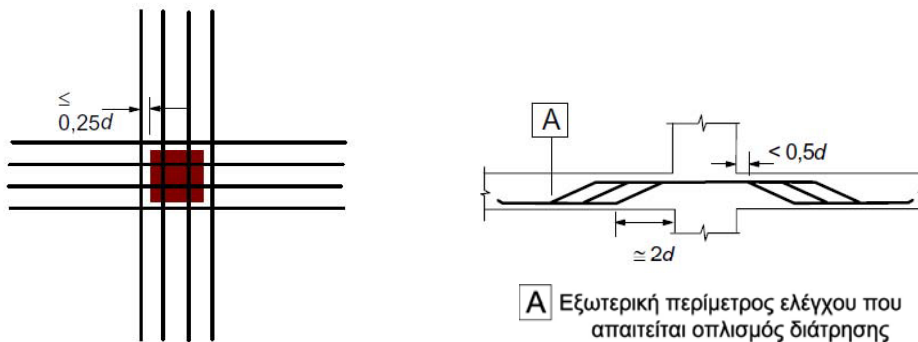
Όπου

$\alpha$  γωνία μεταξύ οπλισμού διατρήσεως και κυρίως οπλισμού

$s_r$  απόσταση των συνδετήρων διάτρησης κατά την ακτινική διεύθυνση

$s_t$  απόσταση των συνδετήρων διάτρησης κατά την εφαπτομενική διεύθυνση

Επίσης ως οπλισμός διάτρησης μπορούν να χρησιμοποιούνται και κεκκαμμένες ράβδοι που διέρχονται διαμέσου της φορτιζόμενης επιφάνειας ή σε απόσταση όχι μεγαλύτερη του  $0,25d$  από αυτήν. **(ΕΚΩΣ – ομοίως)**



Σχήμα 9.10b

## 9.5 Υποστυλώματα

### 9.5.1 Γεωμετρικά στοιχεία

max διάσταση  $h \leq 4 \cdot \min$  διάσταση  $b$  **(ΕΚΩΣ – ομοίως)**

Για υποστυλώματα μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας (DCM) οι διαστάσεις της διατομής τους δε θα πρέπει να είναι μικρότερες από το  $1/10$  της μεγαλύτερης απόστασης μεταξύ του σημείου μηδενισμού των ροπών και των άκρων του υποστυλώματος, για κάμψη εντός επιπέδου παράλληλου προς την εξεταζόμενη διεύθυνση, παρά μόνον αν ο συντελεστής ευαισθησίας πλευρικής παραμόρφωσης είναι  $\theta \leq 0,1$ . **(EC8 – 5.4.1.2.2)**

Επιπλέον, για υποστυλώματα υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH), ισχύει ότι η ελάχιστη διάσταση της διατομής τους δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη των 250 mm. **(EC8 – 5.5.1.2.2)**

### Κρίσιμες περιοχές

- Για υποστυλώματα μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας (DCM):

$$l_{cr} = \max \{h_c ; l_{cl} / 6 ; 0,45\} (m) \quad (EC8 – 5.14) \quad h_c = \text{μέγιστη διάσταση υποστυλώματος}$$

$$\text{ΕΚΩΣ} - l_{cr} = \max \{h_c ; l_{cl} / 5 ; 0,60\} (m) \quad l_{cl} = \text{καθαρό ύψος υποστυλώματος}$$

- Για υποστυλώματα υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH):

$$l_{cr} = \max \{1,5h_c ; l_{cl} / 6 ; 0,6\} (m) \quad (EC8 – 5.30)$$

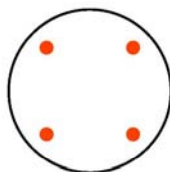
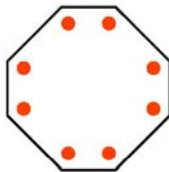
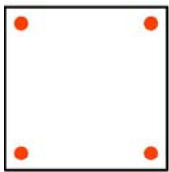
Εάν ισχύει  $l_c / h_c < 3$ , ολόκληρο το ύψος του υποστυλώματος θα πρέπει να θεωρείται ως κρίσιμη περιοχή και θα πρέπει να οπλίζεται αναλόγως. **(EC8 – 5.4.3.2.2)**

## 9.5.2 Διαμήκης οπλισμός

Ελάχιστη διάμετρος των ράβδων:  $\Phi_{min} = 8mm$  (ή ΕΠ) **ΕΚΩΣ** -  $\Phi_{min} = 14mm$

Ελάχιστο εμβαδόν του οπλισμού:  $A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} \geq 0,002 A_c$  (9.12N) (ή ΕΠ)

Μέγ. εμβαδόν του οπλισμού (εκτός των περιοχών υπερκάλυψης):  $A_{s,max} = 0,04 A_c$  (ή ΕΠ)  
εντός των περιοχών υπερκάλυψης :  $A_{s,max} = 0,08 A_c$  (ή ΕΠ)



Πολυγωνικές διατομές:  
μια ράβδος σε κάθε γωνία

Κυκλικές διατομές:  
τουλάχιστον τέσσερις ράβδοι (**ΕΚΩΣ** – έξι ράβδοι)

Για υποστυλώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας:

□ Το ποσοστό του διαμήκους οπλισμού:  $0,01 \leq \rho_l \leq 0,04$  (**ΕΚΩΣ** – ομοίως)

Σε συμμετρικές διατομές πρέπει  $\rho = \rho'$  (**EC8 – 5.4.3.2.2**)

□ Κατά τον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης ή του μήκους παράθεσης των ράβδων του διαμήκους οπλισμού των υποστυλωμάτων που συμμετέχουν στην καμπτική αντοχή των κρίσιμων περιοχών, ο λόγος του εμβαδού του απαιτούμενου οπλισμού προς το παρεχόμενο εμβαδό του οπλισμού,  $A_{s,req} / A_{s,prov}$ , πρέπει να λαμβάνεται ίσος με 1.

(**EC8 – 5.6.2.1**)

□ Εάν, από το συνδυασμό σεισμικής φόρτισης, σε κάποιο υποστύλωμα προκύπτει εφελκυστική αξονική δύναμη, τα μήκη αγκύρωσης πρέπει να αυξάνονται κατά 50% από αυτά που υπολογίζονται από τον Ευρωκώδικα 2. (**EC8 – 5.6.2.1**)

## 9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός

Ελάχιστη διάμετρος των συνδετήρων:  $\Phi_{min} = \max \{6mm ; \frac{1}{4} \phi_{l,max}\}$  (**ΕΚΩΣ** – ομοίως)

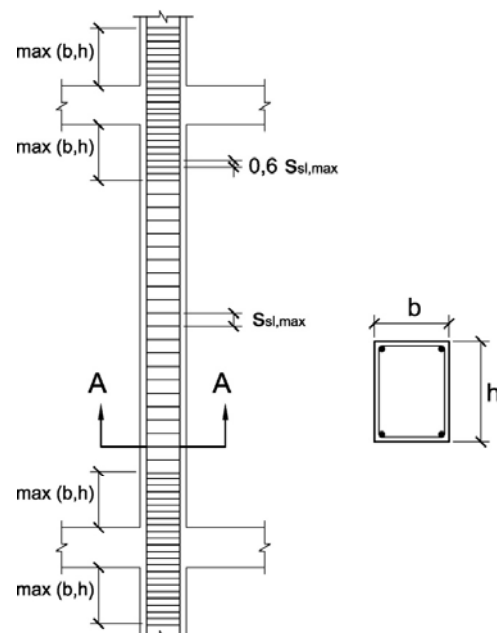
Σε περίπτωση χρήσης συγκολλητού πλέγματος:  $\Phi_{min} = 5mm$

Εγκάρσια απόσταση μεταξύ τους:  $s_{cl,tmax} = \min \{20 \phi_{l,min} ; \min\{b;h\} ; 400mm\}$  (ή ΕΠ)

**ΕΚΩΣ** -  $s_{cl,tmax} = \min \{12 \phi_{l,min} ; \min\{b;h\} ; 300mm\}$

$0,6 s_{cl,tmax}$  σε περιοχές:

- I. εντός απόστασης ίσης με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής του υποστυλώματος άνωθεν ή κάτωθεν μιας δοκού ή πλάκας
- II. κοντά σε ενώσεις με υπερκάλυψη του διαμήκους οπλισμού, εάν η μέγιστη διάμετρος των ράβδων αυτού είναι μεγαλύτερη από 14 mm. Μια ελάχιστη ποσότητα τριών συνδετήρων, ή ισοδύναμου εγκάρσιου οπλισμού άλλης μορφής, απαιτείται να τοποθετείται ομοιόμορφα εντός του μήκους υπερκάλυψης.



Αν οι ράβδοι εκτρέπονται από την κατακόρυφο με κλίση μεγαλύτερη από 1 προς 12, η διάταξη του εγκάρσιου οπλισμού θα πρέπει να υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις εγκάρσιες συνιστώσες των δυνάμεων που αναπτύσσονται λόγω των λοξών τμημάτων των ράβδων του διαμήκους οπλισμού

**2ης κρίσιμες περιοχές υποστυλμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας**, το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του οπλισμού περίσφιξης: **(EC8 – 5.4.3.2.2 )**

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

οφείλει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση:

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_{\varphi} v_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

όπου:  $\mu_{\varphi}$  είναι η απαιτούμενη τιμή του συντελεστή πλαστιμότητας καμπυλοτήτων

$v_d$  είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη σχεδιασμού ( $v_d = N_{Ed} / A_c f_{cd}$ )

$\varepsilon_{sy,d}$  είναι η τιμή σχεδιασμού της ανηγμένης παραμόρφωσης του χάλυβα κατά τη διαρροή

$h_c$  είναι το συνολικό ύψος της διατομής (παράλληλα στην οριζόντια διεύθυνση στην οποία αναφέρεται ο συντελεστής  $\mu_{\varphi}$ )

$h_o$  είναι το ύψος του περισφιγμένου πυρήνα (μετρημένο μέχρι τον κεντροβαρικό άξονα των συνδετήρων)

$b_c$  είναι το συνολικό πλάτος της διατομής

$b_o$  είναι το πλάτος του περισφιγμένου πυρήνα (μετρημένο μέχρι τον κεντροβαρικό άξονα των συνδετήρων)

$\alpha$  είναι ο συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιξης, ίσος με  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ , όπου

I. Διατομή ορθογωνική:

$$\sum_n \frac{b_i^2}{6b_o h_o}$$

$$\alpha_n = 1 -$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2b_o) (1 - s / 2h_o)$$

II. Διατομή κυκλική (κυκλικοί κλειστοί συνδετήρες):

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2D_o)^2$$

III. Διατομή κυκλική

(σπειροειδείς συνδετήρες):

$$\alpha_n = 1$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2D_o)$$

**( EC8 – 5.4.3.2.2 , 5.5.3.2.2 )**

• Για DCM:  $\omega_{wd} \geq 0,08$ , στη βάση του υποστυλώματος.

• Για DCH:  $\omega_{wd} \geq 0,12$ , στη βάση του υποστυλώματος

$\omega_{wd} \geq 0,08$ , σε κάθε άλλη κρίσιμη περιοχή.

□ Η διάμετρος  $d_{bw}$  των συνδετήρων:

• Για DCM:  $d_{bw} \geq 6 \text{ mm}$

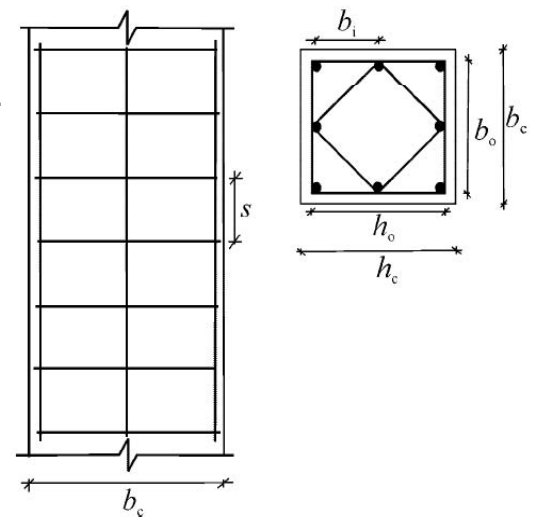
• Για DCH:  $d_{bw} \geq 0,4 \cdot d_{bl,max} \cdot \sqrt{f_{ydL} / f_{ydw}}$  **( 5.31 )**

□ Η απόσταση μεταξύ των συνδετήρων, δεν υπερβαίνει την τιμή:

• Για DCM:  $s = \min \{ b_o / 2 ; 175 ; 8d_{bL} \}$  **( 5.18 )**

• Για DCH:  $s = \min \{ b_o / 3 ; 125 ; 6d_{bL} \}$  **( 5.32 )**

• **ΕΚΩΣ -**  $s = \min \{ b_o / 2 ; 100 ; 8d_{bL} \}$



**Σχήμα EC8-5.7**

□ Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών ράβδων του διαμήκους οπλισμού που δεσμεύονται από κλειστούς συνδετήρες ή εγκάρσιους συνδέσμους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα:

• Για DCM:  $200 \text{ mm}$ ,

(λαμβάνοντας όμως υπόψη την απαίτηση του EN 1992-1-1 για τις ράβδους του διαμήκους οπλισμού εντός των περιοχών θλίψης της διατομής, όπου δε θα πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των  $150 \text{ mm}$  από δεσμευμένες από τον οπλισμό περίσφιξης ράβδους). **(9.5.3(6) )**

• Για DCH:  $150 \text{ mm}$

• **ΕΚΩΣ -**  $200 \text{ mm}$

## 9.6 Τοιχώματα

### 9.6.1 Γεωμετρικά στοιχεία

$$\square l_w / b_{w0} > 4 \quad (\text{ΕΚΩΣ} - \text{ομοίως})$$

□ Για τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας το πάχος του κορμού,  $b_{w0}$ , (σε μέτρα) πρέπει να ικανοποιεί την παρακάτω σχέση: (EC8 – 5.4.1.2.3)

$$b_{w0} \geq \max \{0,15 ; h_s / 20\} \quad (\text{EC8} - 5.7) \quad \text{ΕΚΩΣ} - b_{w0} \geq \max \{0,25 ; h_s / 20\}$$

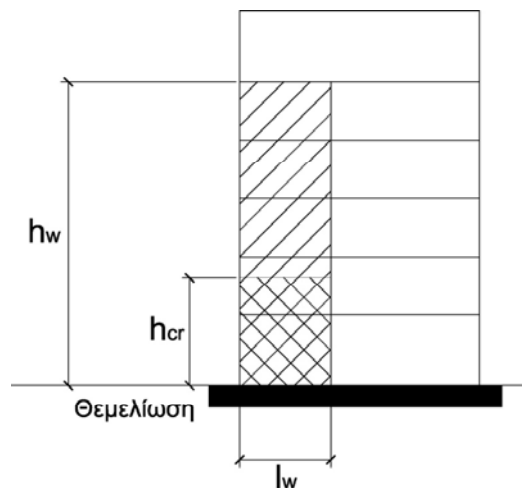
Κρίσιμες περιοχές (EC8 – 5.4.3.4.2)

$$h_{cr} = \max \{ l_w ; h_w / 6 \} \quad (\text{EC8} - 5.19a) \quad (\text{ΕΚΩΣ-ομοίως})$$

Αλλά

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot l_w \\ h_s \\ 2 \cdot h_s \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{για } n \leq 6 \text{ ορόφους} \\ \text{για } n \geq 7 \text{ ορόφους} \end{array} \quad (\text{EC8} - 5.19b)$$

όπου  $h_s$  είναι το καθαρό ύψος του ορόφου και που ως βάση του τοιχώματος ορίζεται η άνω στάθμη της θεμελίωσης ή η άνω στάθμη των υπόγειων ορόφων που έχουν πλάκα οροφής με διαφραγματική λειτουργία και περιμετρικά τοιχώματα.



## Οπλισμός κορμού τοιχωμάτων χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

### 9.6.2 Κατακόρυφος οπλισμός

$$A_{s,vmin} \leq A_{s,v} \leq A_{s,vmax}$$

- $A_{s,vmin} = 0,002 A_c$  (ή ΕΠ)      ΕΚΩΣ -  $A_{s,vmin} = 0,0015 A_c$
- $A_{s,vmax} = 0,04 A_c$  (ή ΕΠ)

Ο ελάχιστος οπλισμός πρέπει να τοποθετείται κατά το ήμισυ σε κάθε παρειά του τοιχώματος, όπου η απόσταση μεταξύ γειτονικών ράβδων:

$$s_{max} = \min \{ 3b_w ; 400mm \} \quad \text{ΕΚΩΣ} - s_{max} = 300 \text{ mm}$$

### 9.6.3 Οριζόντιος οπλισμός

$$A_{s,h} = \max \{ 0,25 A_{s,v} ; 0,001 A_c \} \quad (\text{ή ΕΠ})$$

$$s_{max} = 400mm \quad \text{ΕΚΩΣ} - s_{max} = 300 \text{ mm}$$

### 9.6.4 Εγκάρσιος οπλισμός

Όταν:

- $\Sigma A_{s,v} > 0,02 A_c \rightarrow$  Τοποθετούνται συνδετήρες όπως ορίζεται στην §9.5.3 για τα υποστρώματα
- όπου ο κατακόρυφος οπλισμός σχηματίζει την έξω στρώση, τοποθετούνται 4 συνδετήρες /  $m^2$  επιφάνειας τοιχώματος

## Οπλισμός κορμού τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας

Για τοιχώματα DCH τοποθετείται οπλισμός με τη μορφή πλέγματος σε κάθε μια από τις δύο κύριες παρειές : **(EC8 – 5.5.3.4.5)**

$$\rho_{h,min} = \rho_{v,min} = 0,002$$

$$\text{ΕΚΩΣ} - \rho_{h,min} = \rho_{v,min} = 0,0025$$

Με:

$$8\text{mm} \leq \varphi \leq b_{w0} / 8$$

$$\text{ΕΚΩΣ} - 10\text{mm} \leq \varphi \leq b_{w0} / 10$$

$$s_{max} = \min \{ 25\varphi ; 250\text{mm} \}$$

$$\text{ΕΚΩΣ} - s_{max} = 200\text{mm}$$

Για να αντισταθμιστούν οι δυσμενείς επιπτώσεις των ρηγματώσεων στους αρμούς διακοπής εργασίας και οι σχετικές αβεβαιότητες, θα πρέπει να παρέχεται μια ελάχιστη ποσότητα πλήρως αγκυρωμένου κατακόρυφου οπλισμού κατά μήκος αυτών. Το ελάχιστο ποσοστό που είναι απαραίτητο για την επαναφορά της αντοχής του αρηγματώτου σκυροδέματος έναντι διάτμησης είναι:

$$\rho_{min} \geq \begin{cases} (1,3 \cdot f_{ctd} - (N_{Ed} / A_w)) / (f_{yd} \cdot (1 + 1,5 \sqrt{f_{ctd} / f_{yd}})) \\ 0,0025 \end{cases} \quad (\text{EC8} - 5.47)$$

## Άκρα τοιχωμάτων με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)

### Διαστάσεις περισφιγμένων άκρων

Τα άκρα των τοιχωμάτων θα πρέπει να διαμορφώνονται και να οπλίζονται σαν υποστυλώματα:

➤ Κατά την κατακόρυφη διεύθυνση:

• Για τοιχώματα μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας (DCM):

για ύψος ίσο με αυτό της κρίσιμης περιοχής,  $h_{cr}$ .

• Για τοιχώματα υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH):

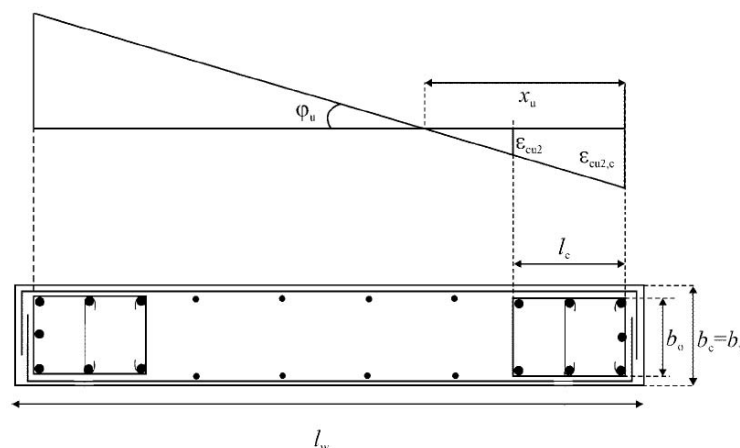
για ύψος ίσο με αυτό της κρίσιμης περιοχής,  $h_{cr}$ , συν έναν ακόμα όροφο πάνω από αυτή, όπου τοποθετείται τουλάχιστον ο μισός από τον οπλισμό περισφιγξης που απαιτείται στην κρίσιμη περιοχή.

➤ Κατά την οριζόντια διεύθυνση:

Το μήκος,  $l_c$ , προκύπτει από το διάγραμμα παραμορφώσεων της διατομής, όπου κατ'ελάχιστον  $l_c > (0.15l_w, 1.50b_w)$

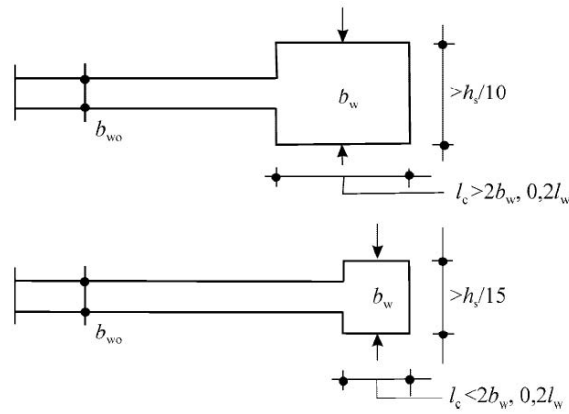
( ΕΚΩΣ – ομοίως )

Σχήμα EC8 – 5.8

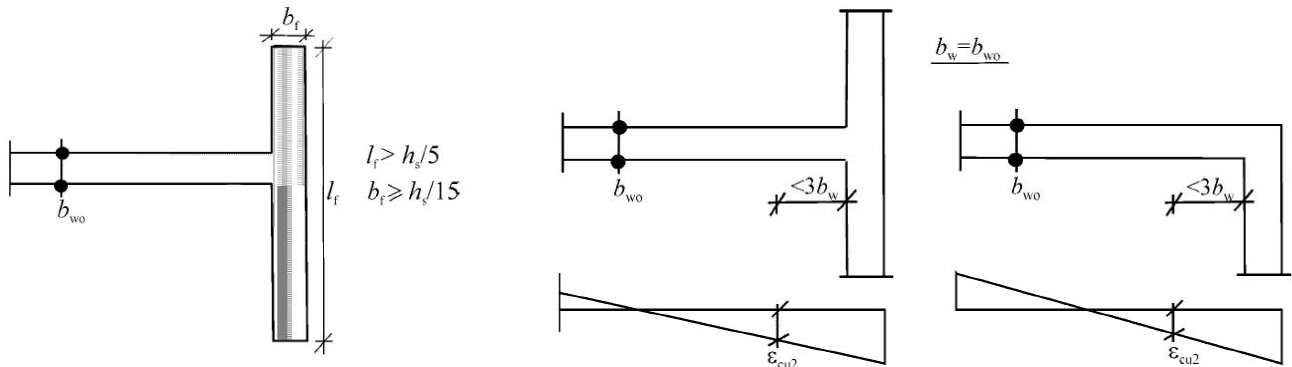


Ενώ το πάχος,  $b_w (\geq 200\text{mm})$ :

**Σχήμα EC8 – 5.10**



Σε τοιχώματα που ενώνονται εγκάρσια με πέλματα μεγάλου μεγέθους:



**Σχήμα EC8 – 5.9 (DCM)**

$$b_{w0} \geq \max\{0.15, h_s/20\} \quad (5.7)$$

**Σχήμα EC8 – 5.11 (DCH)**

### Οπλισμός περίσφιγξης (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)

Για τοιχώματα με ορθογωνική διατομή το μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό του απαιτούμενου οπλισμού περίσφιγξης  $\omega_{wd}$ :

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_\phi (v_d + \omega_v) \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035 \quad (EC8 - 5.20)$$

Όπου:

- Για τοιχώματα μέσης κατηγορίας πλαστιμότητας (DCM):  $\omega_{wd} \geq 0,08$
- Για τοιχώματα υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (DCH):  $\omega_{wd} \geq 0,12$

Η διάμετρος  $d_{bw}$  των κλειστών συνδετήρων και των εγκάρσιων συνδέσμων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με:

- DCM:  $d_{bw} \geq 6 \text{ mm}$
- DCH:  $d_{bw} \geq 0,4 \cdot d_{bl,max} \cdot \sqrt{f_{ydL} / f_{ydw}}$

Η απόσταση,  $s$ , μεταξύ των συνδετήρων δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή:

- DCM:  $s = \min \{b_0/2 ; 175 ; 8d_{bL}\} \quad (\text{mm})$
- DCH:  $s = \min \{b_0/3 ; 125 ; 6d_{bL}\} \quad (\text{mm})$

Η απόσταση μεταξύ διαδοχικών ράβδων του διαμήκους οπλισμού που δεσμεύονται από κλειστούς συνδετήρες ή εγκάρσιους συνδέσμους δεν υπερβαίνει τα:

- DCM:  $200\text{mm}$ ,
- DCH:  $150\text{mm}$

### Κατακόρυφος οπλισμός

$$\rho_{v,min} = 0,005 \quad \text{όπου } \varepsilon_c > 0,002 \quad (EC8 - 5.4.3.4.2(11))$$

## 9.7 Υψίκορμες δοκοί

Δοκοί με :  $l/h < 3$  ( **ΕΚΩΣ** – ομοίως )

Εκτός του κύριου οπλισμού τοποθετείται ορθογωνική εσχάρα οπλισμού με:

- Κατακόρυφη διεύθυνση:

$$A_{s,dbmin,v} = 0,001 b \cdot l \geq 150 \text{mm}^2/\text{m} \quad (\text{ή ΕΠ})$$

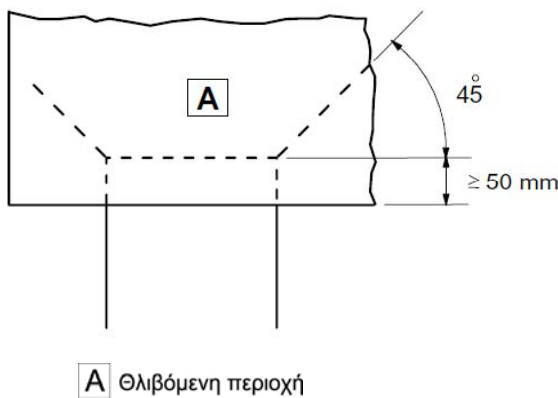
- Οριζόντια διεύθυνση:

$$A_{s,dbmin,h} = 0,001 b \cdot h \geq 150 \text{mm}^2/\text{m} \quad (\text{ή ΕΠ})$$

$$s_{max} = \min \{ 2b ; 300 \text{mm} \}$$

## 9.8 Θεμελιώσεις

### 9.8.1 Κεφαλές των πασσάλων



Σχήμα 9.11

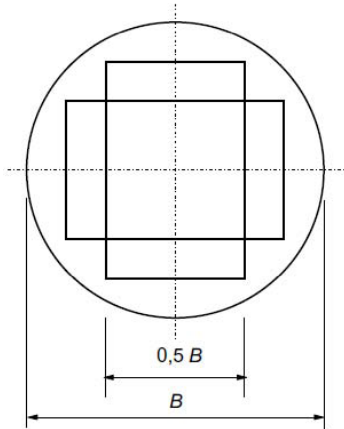
Η απόσταση από το άκρο του πασσάλου έως το άκρο της κεφαλής αυτού πρέπει να είναι επαρκής για τη ικανή αγκύρωση των εφελκυστικών δυνάμεων που αναπτύσσονται εντός της κεφαλής.

Ο κύριος εφελκυσμένος οπλισμός πρέπει να συγκεντρώνεται στις περιοχές έντασης μεταξύ των κορυφών των πασσάλων, με ελάχιστη διάμετρο ράβδων **8mm** (ή ΕΠ)

Για την αγκύρωση του εφελκυσμένου οπλισμού μπορούν να χρησιμοποιούνται εγκάρσια συγκολλητές ράβδοι.

Η θλιπτική ένταση που προκαλείται από την αντίδραση της στήριξης του πασσάλου, μπορεί να θεωρηθεί ότι εξαπλώνεται από την κορυφή του πασσάλου και εντός της κεφαλής αυτού, υπό γωνία  $45^\circ$ . Η θλιπτική αυτή τάση μπορεί να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης των οπλισμών.

## 9.8.2 Θεμέλια υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων



Σχήμα 9.12

### 9.8.2.1 Γενικά

Τοποθετούνται ράβδοι ελάχιστης διαμέτρου **8mm (ή ΕΠ)**, αγκυρωμένες σύμφωνα με τις απαιτήσεις που περιγράφονται στις §8.4 και §8.5.

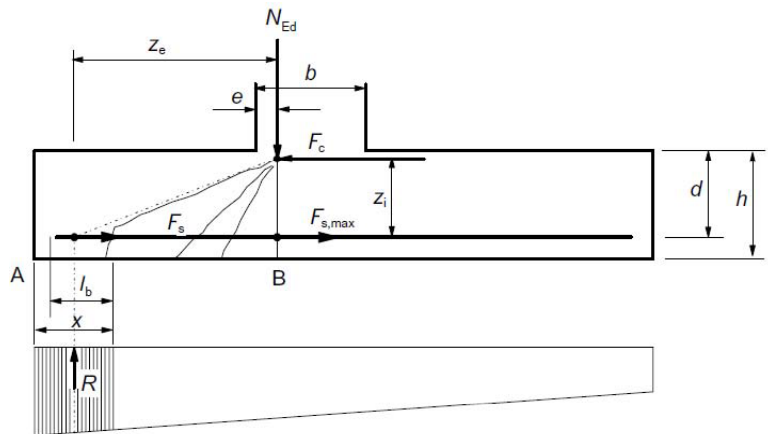
Σε πέλματα κυκλικής διατομής, ο κύριος οπλισμός μπορεί να είναι ορθογωνικός και να συγκεντρώνεται στο μέσο του πέλματος για ένα πλάτος της τάξης του 50%, με απόκλιση  $\pm 10\%$ , της διαμέτρου αυτού.

### 9.8.2.2 Αγκύρωση οπλισμού

Η εφελκυστική δύναμη που καλείται να παραλάβει ο οπλισμός προσδιορίζεται από τη συνθήκη ισορροπίας, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση των λοξών ρωγμών. Η εφελκυστική δύναμη που πρέπει να αγκυρωθεί ισούται με :

$$F_s = R \cdot z_e / z_i \quad (9.13)$$

$$e = 0.15b, \quad z_i = 0.9d, \quad x_{\min} = h/2$$



Σχήμα 9.13

### 9.8.3 Συνδετήριες δοκοί

Ελάχιστες διαστάσεις:  $b_{w,\min} = 0,25m$

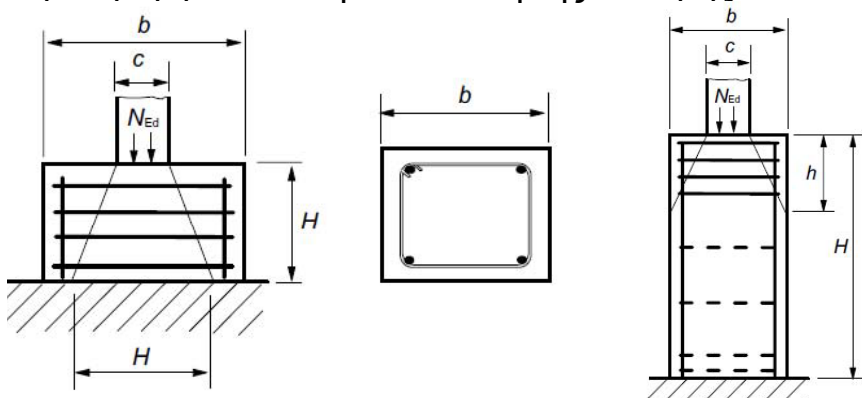
$h_{w,\min} = 0,4m$ , για  $n \leq 3$  όροφοι

$h_{w,\min} = 0,5m$ , για  $n \geq 4$  όροφοι

Ο οπλισμός έναντι κάμψης αποτελείται από ράβδους ελάχιστης διαμέτρου **8 mm (ή ΕΠ)**. Καθ' όλο το μήκος, τοποθετείται άνω και κάτω διαμήκης οπλισμός με  $\rho_{b,\min} = 0,4\%$ .

### 9.8.4 Πέσμα υποστυλώματος εδραζόμενο σε βράχο

Τοποθετείται εγκάρσιος οπλισμός όταν η πίεση του εδάφους στην οριακή κατάσταση ξεπερνά τα **5 MPa (ή ΕΠ)**, με ελάχιστη διάμετρο **8 mm (ή ΕΠ)**, διατεταγμένος ομοιόμορφα κατά τη διεύθυνση της δύναμης διάσπασης, εντός ύψους  $h$



Η δύναμη διάσπασης,  $F_s$  :

$$F_s = 0,25 (1 - c/h) N_{Ed} \quad (9.14)$$

$$h = \min \{ b, H \}$$

Σχήμα 9.14

a) Πέσμα με  $h \geq H$     b) Διατομή πέλματος    c) Πέσμα με  $h < H$



### 9.8.5 Εμπηγνυόμενοι πάσσαλοι

Στους εμπηγνυόμενους πασσάλους με διάμετρο που δεν ξεπερνά τα **600 mm (ή ΕΠ)** τοποθετείται ελάχιστος διαμήκης οπλισμός, ομοιόμορφα κατανεμημένος κατά μήκος της περιφέρειας του πασσάλου, με εμβαδόν,  $A_{s,bpmin}$ : **(ή ΕΠ)**

Πίνακας **9.6N**: Συνιστώμενο ελάχιστο εμβαδόν του διαμήκους οπλισμού για εγχεόμενους επιτόπου εμπηγνυόμενους πάσσαλους

Εμβαδόν διατομής πασσάλου: $A_c$	Ελάχιστος απαιτούμενος διαμήκης οπλισμός: $A_{s,bpmin}$
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,005 A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 25 \text{ cm}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 A_c$

Ο διαμήκης οπλισμός θα πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον 6 ράβδους, ελάχιστης διαμέτρου 16 mm και η καθαρή απόσταση μεταξύ τους, μετρούμενη κατά μήκος της περιφέρειας του πασσάλου δε θα πρέπει να ξεπερνά τα **200 mm (ή ΕΠ)**.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΘΕΡΜΑ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ !**

