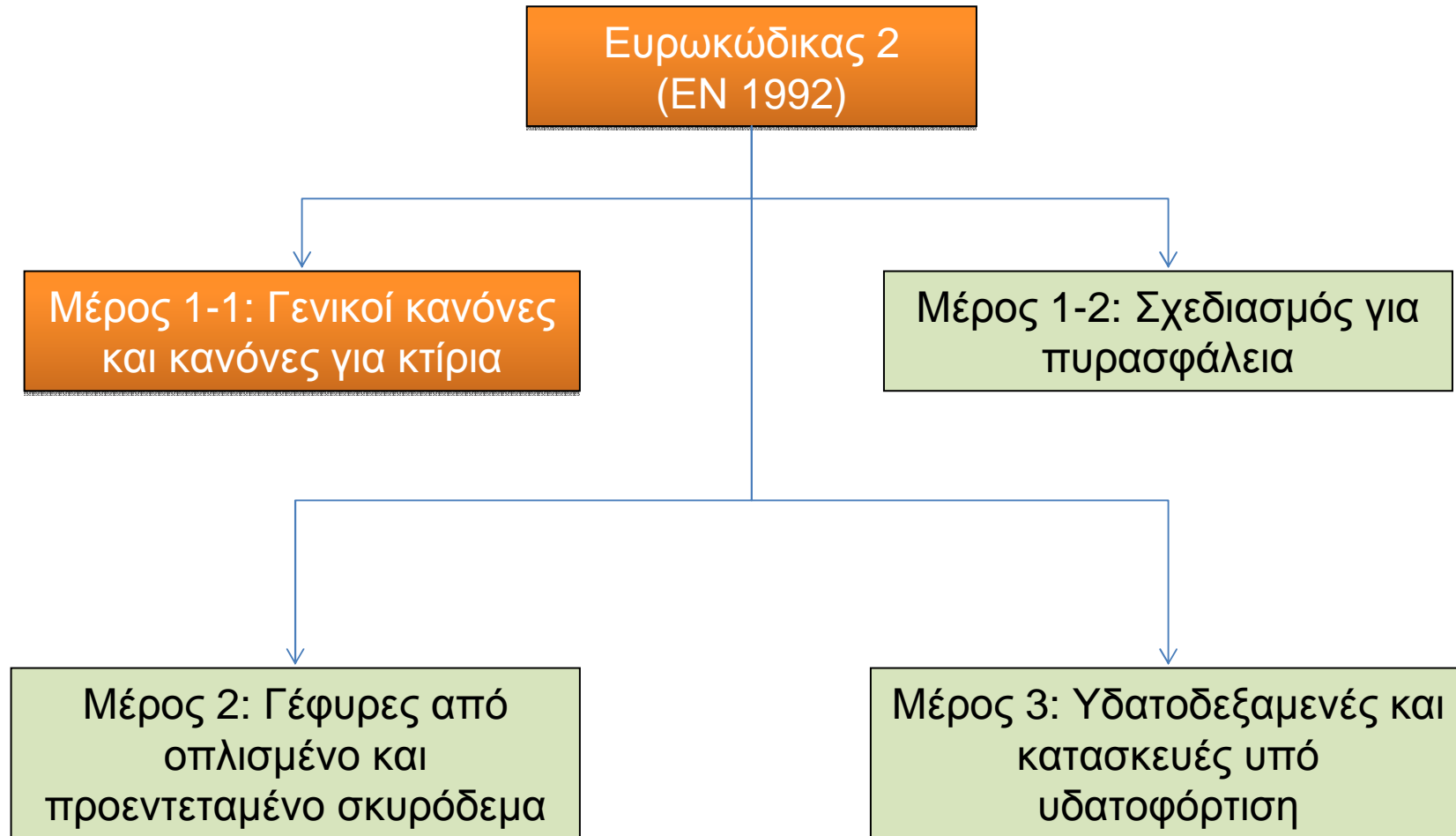


# Διάρθρωση Ευρωκωδίκων

## Ευρωκώδικες

- EN1990: **Ευρωκώδικας 0** - Βάσεις του Σχεδιασμού των Κατασκευών
- EN1991: **Ευρωκώδικας 1** - Δράσεις επί των Κατασκευών
- EN1992: **Ευρωκώδικας 2** - Σχεδιασμός των Κατασκευών από Σκυρόδεμα
- EN1993: **Ευρωκώδικας 3** - Σχεδιασμός των Κατασκευών από Χάλυβα
- EN1994: **Ευρωκώδικας 4** - Σχεδιασμός Σύμμεικτων Κατασκευών από Χάλυβα και Σκυρόδεμα
- EN1995: **Ευρωκώδικας 5** - Σχεδιασμός Ξύλινων Κατασκευών
- EN1996: **Ευρωκώδικας 6** - Σχεδιασμός των Κατασκευών από Φέρουσα Τοιχοποιία
- EN1997: **Ευρωκώδικας 7** - Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
- EN1998: **Ευρωκώδικας 8** - Αντισεισμικός Σχεδιασμός των Κατασκευών
- EN1999: **Ευρωκώδικας 9** - Σχεδιασμός των Κατασκευών από Αλουμίνιο

# Διάρθρωση Ευρωκώδικα 2



# Ευρωκώδικας 2 - Μέρος 1-1

Ευρωκώδικας 2 – 1-

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2: Βάσεις του σχεδιασμού

Κεφάλαιο 3: Υλικά

Κεφάλαιο 4: Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

Κεφάλαιο 5: Ανάλυση του δομικού συστήματος

Κεφάλαιο 6: Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κεφάλαιο 7: Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Κεφάλαιο 8: Κατασκευαστική διαμόρφωση των χαλαρών οπλισμών και των τενόντων προέντασης – Γενικά

Κεφάλαιο 9: Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανόνες

Κεφάλαιο 10: Συμπληρωματικοί κανόνες για προκατασκευασμένα στοιχεία και κατασκευές από σκυρόδεμα

Κεφάλαιο 11: Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα

Κεφάλαιο 12: Άοπλες και ελαφρώς οπλισμένες κατασκευές

## Εισαγωγή

- Οι διατάξεις του Ευρωκώδικα 2 καλύπτουν τις απαιτήσεις του Ευρωκώδικα 8 για κατασκευές χαμηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (ΚΠΧ)
- Επιπρόσθετες (αυστηρότερες) διατάξεις που περιλαμβάνονται στο Μέρος 1-Κεφάλαιο 5 του Ευρωκώδικα 8 (Ειδικοί κανόνες για κτίρια από σκυρόδεμα) και αφορούν κατασκευές μέσης και υψηλής πλαστιμότητας (ΚΠΜ, ΚΠΥ) παρουσιάζονται σε **κόκκινο πλαίσιο**

Στην παρουσίαση αυτή χρησιμοποιήθηκαν μερικά στοιχεία από διαφάνειες αντίστοιχης εργασίας της Ειρήνης Κανιτάκη, Πολ. Μηχανικού MSc, DIC, Επιστημονικής Συνεργάτιδας Ε.Μ.Π. που παρουσιάστηκε στο πλαίσιο ημερίδας στην Καλαμάτα, Μάιος 2009.

## 8.1 Γενικά

- Οι κανόνες που δίνονται σε αυτή την ενότητα ισχύουν για ράβδους νευροχάλυβα, πλέγματα και τένοντες προέντασης που υπόκεινται κυρίως σε στατική φόρτιση και για χρήση τους σε συνήθη κτίρια και γέφυρες.
- Οι κανόνες αυτοί δεν καλύπτουν:
  - Δομικά στοιχεία μέσης και υψηλής κατηγορίας πλαστιμότητας (ΚΠΜ, ΚΠΥ) υπό δυναμική φόρτιση (βλ. Ευρωκώδικας 8 – Μέρος 1 – Κεφάλαιο 5)
  - Δομικά στοιχεία που περιλαμβάνουν ράβδους, επικαλυμμένες με ειδικές βαφές ή εποξειδικά υλικά, ή επιψευδαργυρωμένες
- Οι ράβδοι μπορούν, υπό περιορισμούς, να σχηματίζουν δέσμες
- Περιλαμβάνονται πρόσθετοι κανόνες για ράβδους μεγάλης διαμέτρου

## 8.2 Αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών

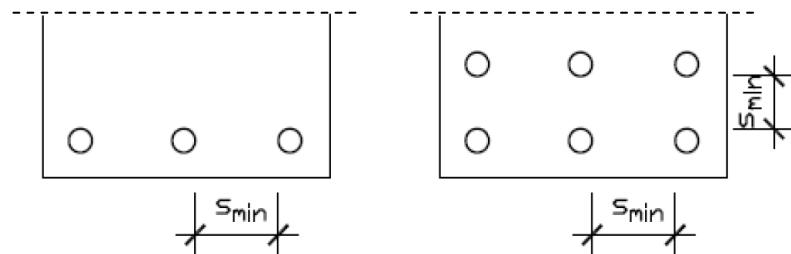
- Απαιτούνται κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων ώστε το σκυρόδεμα να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί ικανοποιητικά. Έτσι εξασφαλίζεται επαρκής συνάφεια μεταξύ σκυροδέματος και οπλισμών.
- Η καθαρή απόσταση (οριζοντίως και καθέτως) μεταξύ μεμονωμένων παράλληλων ράβδων ή οριζόντιων στρώσεων ράβδων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με:

$$S_{min} = \max \{ \emptyset, d_g + 5, 20 \} \text{ (mm)}$$

όπου:

$\emptyset$  η διάμετρος της ράβδου

$d_g$  η μεγαλύτερη διάσταση των αδρανών



- Οι ράβδοι των επάλληλων στρώσεων θα πρέπει να διατάσσονται κατακόρυφα, η μια πάνω από την άλλη
- Ράβδοι που ματίζονται επιτρέπεται να εφάπτονται μεταξύ τους στο μήκος υπερκάλυψης.

## 8.3 Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων (1/4)

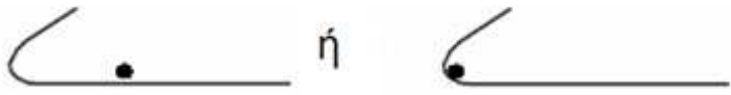
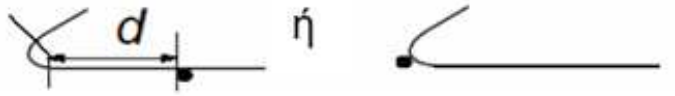
- Επιβάλλεται ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης,  $\emptyset_{m,min}$ , ώστε να αποφεύγονται:
  - Καμπτικές ρωγμές στη ράβδο
  - Αστοχία του σκυροδέματος στο εσωτερικό της καμπύλωσης

### 8.3.1 Αποφυγή βλάβης των ράβδων

Πίνακας 8.1a Ράβδοι και σύρματα

Διάμετρος ράβδου	Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου για καμπυλώσεις, άγκιστρα και βρόχους (βλέπε σχήμα 8.1)
$\emptyset \leq 16 \text{ mm}$	$4\emptyset$
$\emptyset > 16 \text{ mm}$	$7\emptyset$

Πίνακας 8.1b Συγκολλητοί οπλισμοί και συγκολλητά δομικά πλέγματα

Ελάχιστη διάμετρος τυμπάνου	
	
$5\emptyset$	$d \geq 3\emptyset$ : $5\emptyset$ $d < 3\emptyset$ ή συγκόλληση εντός καμπύλου μήκους : $20\emptyset_8$

## 8.3 Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων (2/4)

### 8.3.2 Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα καμπύλωσης

- Η διάμετρος καμπύλωσης  $\emptyset_m$  **ΔΕΝ** χρειάζεται να ελέγχεται έναντι αστοχίας του σκυροδέματος, εάν συντρέχουν όλες οι παρακάτω προϋποθέσεις:
  - Η διάμετρος καμπύλωσης είναι τουλάχιστον ίση με τις τιμές του Πίνακα 8.1
  - Η αγκύρωση της ράβδου δεν απαιτεί μήκος μεγαλύτερο από  $5\emptyset$  μετά το πέρας της καμπύλωσης
  - Το επίπεδο της καμπύλωσης δε βρίσκεται κοντά στην εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος και υπάρχει μία τουλάχιστον εγκάρσια ράβδος ( $\emptyset_{trans} \geq \emptyset$ ) μέσα στο καμπύλο μήκος



## 8.3 Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων (3/4)

### 8.3.2 Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα καμπύλωσης

- Αλλιώς, η ελάχιστη διάμετρος καμπύλωσης  $\emptyset_{m,min}$  πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με την έκφραση:

$$\emptyset_{m,min} \geq \frac{F_{bt} \left[ (1 / a_b) + 1 / (2 \cdot \emptyset) \right]}{f_{cd}} \quad (8.1)$$

όπου:

$F_{bt}$  η εφελκυστική δύναμη της ράβδου υπό τα φορτία αστοχίας στην αρχή της καμπύλωσης

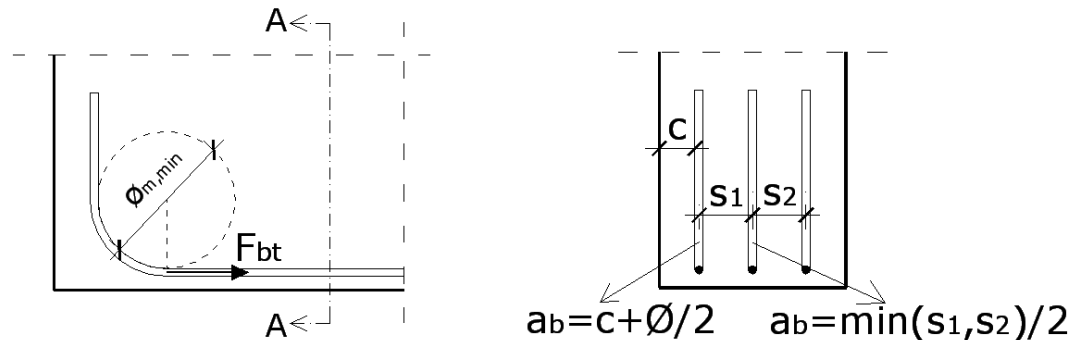
$a_b$  το μισό της απόστασης μεταξύ των κέντρων βάρους γειτονικών ράβδων, κάθετα προς το επίπεδο της καμπύλωσης. Για ράβδο κοντά στην επιφάνεια του μέλους με επικάλυψη  $c$ :  $a_b = c + \emptyset / 2$

$f_{cd}$  η αντοχή σχεδιασμού του σκυροδέματος ( $\leq C55/67$ )

## 8.3 Διάμετροι τυμπάνου καμπύλωσης ράβδων (4/4)

### 8.3.2 Αποφυγή αστοχίας του σκυροδέματος στην άντυγα καμπύλωσης

- Υπολογισμός της  $\varnothing_{m,min}$  σύμφωνα με την εξίσωση (8.1)



Επιτρεπόμενες <sup>(1)</sup> διάμετροι καμπύλωσης $\varnothing_{m,min} = n \cdot \varnothing$									
$a_b$	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	$\geq C55/67$
1 $\varnothing$	n=48	38	31	26	22	19	17	15	14
2 $\varnothing$	32	26	20	17	15	13	11	10	9
3 $\varnothing$	27	21	17	14	12	11	9	9	8
4 $\varnothing$	24	19	15	13	11	10	9	8	7
5 $\varnothing$	22	18	14	12	10	9	8	7	7
10 $\varnothing$	19	15	12	10	9	8	7	6 <sup>(2)</sup>	6 <sup>(2)</sup>

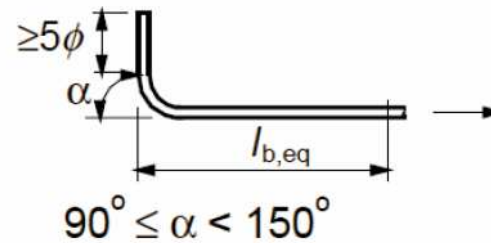
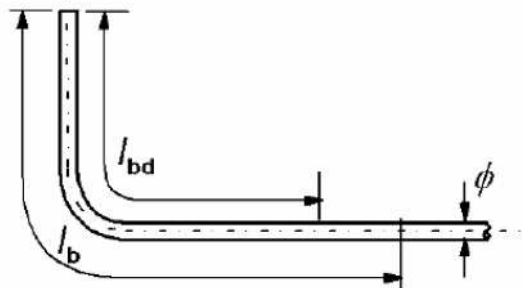
(1) Θεωρήθηκε  $F_{bt} = A_s \cdot f_{yd}$  και  $f_{yd} = (500/1.15) \text{ Mpa}$

(2) Ράβδοι  $\varnothing > 16 \text{ mm}$  :  $\varnothing_{m,min} = 7\varnothing$

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (1/7)

### 8.4.1 Γενικά

- Οπλισμοί, σύρματα ή πλέγματα πρέπει να αγκυρώνονται έτσι ώστε η δύναμη να μεταβιβάζεται ασφαλώς στο σκυρόδεμα μέσω συνάφειας, χωρίς τη δημιουργία διαμήκων ρωγμών ή την εκτίναξη της επικάλυψης
- Οι συνηθέστερες μέθοδοι αγκύρωσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 8.1
- Σε ράβδους οπλισμού που υπόκεινται σε θλίψη, καμπυλώσεις και άγκιστρα στα άκρα τους δε συνεισφέρουν στην αγκύρωσή τους



- a) Βασικό μήκος αγκύρωσης υπό εφελκυσμό,  $l_b$  για οποιοδήποτε σχήμα μετρούμενο κατά μήκος του άξονα της ράβδου.      b) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπική καμπύλωση

Μήκη αγκύρωσης

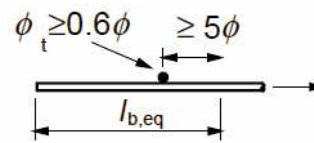
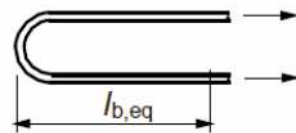
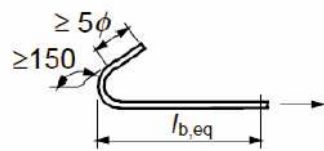
$l_{b,rqd}$ : απαιτούμενο

$l_{bd}$ :

σχεδιασ

μού

Σχήμα 8.1 Συνηθέστερες μέθοδοι αγκύρωσης με σχεδιασμού

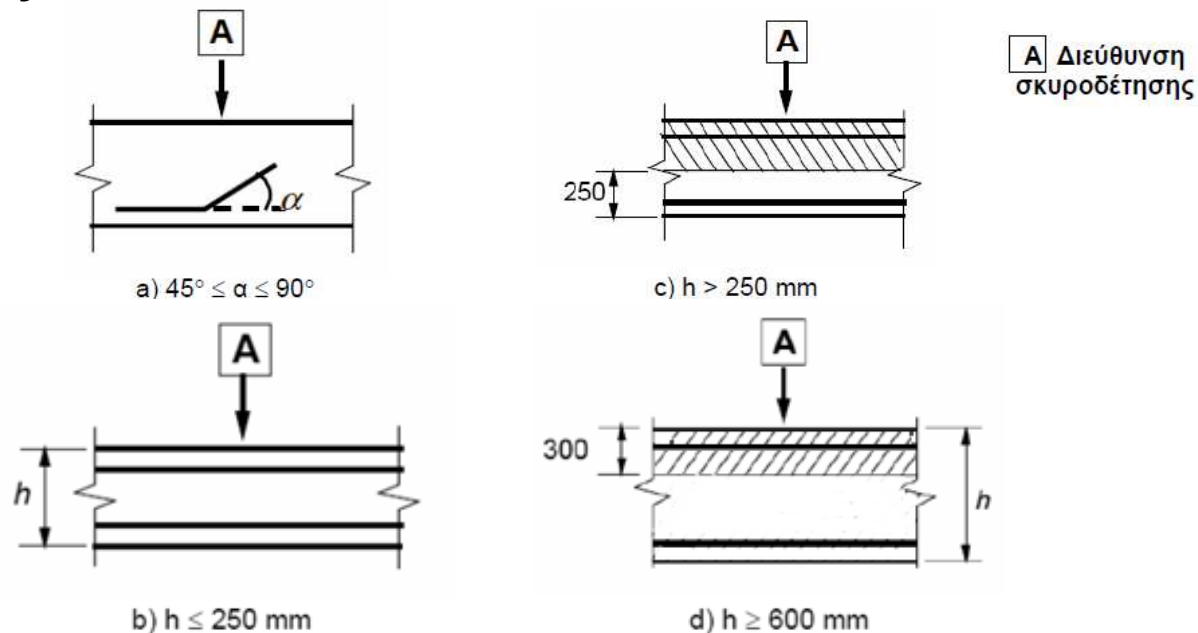


- c) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό άγκιστρο      d) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης για τυπικό βρόχο      e) Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης με συγκολλημένη εγκάρσια ράβδο

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (2/7)

### 8.4.2 Τάση συνάφειας οπλισμού - σκυροδέματος

- Η οριακή αντοχή συνάφειας εξαρτάται κυρίως από την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος ( $f_{ctk,0.05}$ ) και τη θέση της ράβδου στο δομικό στοιχείο
- Ανάλογα με τη θέση, οι συνθήκες συνάφειας διακρίνονται σε “ευνοϊκές” ή “δυσμενείς”



Συνθήκες συνάφειας ευνοϊκές (E) : Λευκές περιοχές  
Συνθήκες συνάφειας δυσμενείς (Δ) : Διαγραμμισμένες περιοχές

Σχήμα 8.2 Διάκριση συνθηκών συνάφειας

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (3/7)

### 8.4.2 Τάση συνάφειας οπλισμού - σκυροδέματος

- Τιμή σχεδιασμού  $f_{bd}$  της οριακής τάσης συνάφειας για νευροχάλυβες

$$f_{bd} = 2.25 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot f_{ctd} \quad (8.2) \quad \text{όπου:}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c \quad \text{όπου } f_{ctk,0.05} \leq 3.1\text{MPa (τιμή για σκυρόδεμα C60/75)}$$

$$n_1 = \begin{cases} 1.0 & \text{για ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας} \\ 0.7 & \text{για δυσμενείς συνθήκες ή χρήση ολισθαίνοντα ξυλοτύπου} \end{cases}$$

$$n_2 = \begin{cases} 1.0 & \text{για } \varnothing \leq 32 \\ (132 - \varnothing) / 100 & \text{για } \varnothing > 32 \end{cases}$$

### 8.4.3 Βασικό απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης $l_{b,rqd}$

$$l_{b,rqd} = (\varnothing / 4) (\sigma_{sd} / f_{bd}) \quad \text{όπου: } \sigma_{sd} = (A_{s,rqd} / A_{s,pvd}) \cdot f_{yd} \quad (8.3)$$

Σκυρόδεμα		C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
$l_{b,rqd}^{(1)}$	E	56∅	48∅	40∅	36∅	33∅	29∅	27∅	25∅	24∅	23∅
	Δ	80∅	69∅	58∅	52∅	47∅	41∅	38∅	36∅	35∅	33∅

(1) Θεωρήθηκε  $\sigma_{sd} = f_{yd} = (500/1.15)\text{MPa}$

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (4/7)

### 8.4.4 Μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού $l_{bd}$

- Το μήκος αγκύρωσης σχεδιασμού  $l_{bd}$  προκύπτει από κατάλληλη μείωση του βασικού απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης  $l_{b,rqd}$  λόγω ευεργετικών παραγόντων, όπως το σχήμα της ράβδου, το πάχος επικάλυψης, η ύπαρξη εγκάρσιου οπλισμού ή εγκάρσιας πίεσης

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

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 λόγω εγκάρσιων συγκολλημένων ράβδων
- $\alpha_5$  συντελεστής επιρροής πίεσης κάθετα στο επίπεδο διάρρηξης

Δεν επιτρέπεται  $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) < 0.7$

$l_{b,min} > \max\{0.3l_{b,rqd}, 10\emptyset, 100mm\}$  αγκύρωση εφελκυσόμενης ράβδου

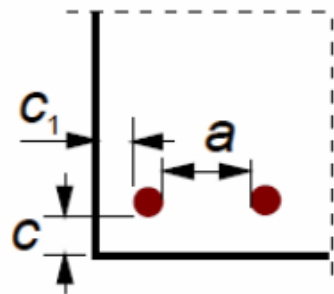
$l_{b,min} > \max\{0.6l_{b,rqd}, 10\emptyset, 100mm\}$  αγκύρωση θλιβόμενης ράβδου

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (5/7)

**Πίνακας 8.2.**  
**Τιμές των**  
**συντελεστών**  
 **$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$**

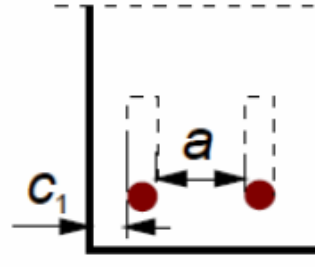
Παράγοντας επιρροής	Τύπος αγκύρωσης	Ράβδοι οπλισμών	
		Υπό εφελκυσμό	Υπό θλίψη
Μορφή ράβδων	Ευθύγραμμη	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα 8.1 (b), (c) και (d))	$\alpha_1 = 0,7$ εάν $c_d > 3\varnothing$ αλλιώς $\alpha_1 = 1,0$ (βλέπε Σχήμα 8.3 για τιμές του $c_d$ )	$\alpha_1 = 1,0$
Επικάλυψη σκυροδέματος	Ευθύγραμμη	$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - \varnothing) / \varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Μη ευθύγραμμη (βλέπε Σχήμα 8.1 (b), (c) και (d))	$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot (c_d - 3\varnothing) / \varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (βλέπε Σχήμα 8.3 για τιμές του $c_d$ )	$\alpha_2 = 1,0$
Περίσφιξη με εγκάρσιο οπλισμό μη συγκολλημένο στον κύριο οπλισμό	Όλοι οι τύποι	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Περίσφιξη με συγκολλημένο εγκάρσιο οπλισμό	Όλοι οι τύποι, η θέση και το μέγεθος όπως καθορίζεται στο Σχήμα 8.1 (e)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Περίσφιξη με εγκάρσια πίεση	Όλοι οι τύποι	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	-
<p>όπου :</p> <p><math>\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s</math></p> <p><math>\Sigma A_{st}</math> εμβαδόν διατομής του εγκάρσιου οπλισμού κατά μήκος του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού <math>l_{bd}</math></p> <p><math>\Sigma A_{st,min}</math> εμβαδόν διατομής του ελάχιστου εγκάρσιου οπλισμού (0,25<math>A_s</math> για δοκούς και μηδενικό για πλάκες)</p> <p><math>A_s</math> εμβαδόν διατομής της αγκυρούμενης ράβδου με τη μέγιστη διάμετρο</p> <p><math>c_d, K</math> τιμές που φαίνονται στα Σχήματα 8.3, 8.4</p> <p><math>p</math> εγκάρσια πίεση [MPa] στη κατάσταση αστοχίας κατά μήκος του <math>l_{bd}</math></p>			

## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (6/7)



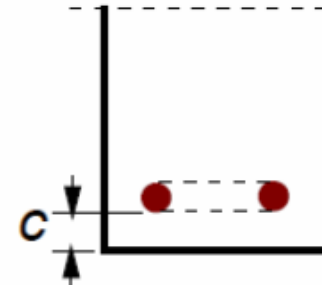
a) Ευθύγραμμες ράβδοι

$$c_d = \min(a/2, c_1, c)$$



b) Καμπτόμενες ράβδοι ή άγκιστρα

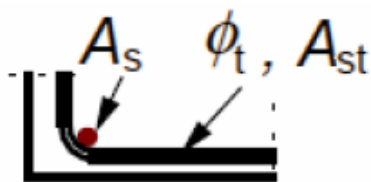
$$c_d = \min(a/2, c_1)$$



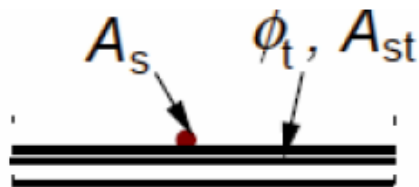
c) Βρόχοι

$$c_d = c$$

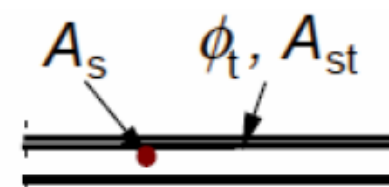
Σχήμα 8.3 : Τιμές του  $c_d$  για δοκούς και πλάκες



$$K = 0,1$$



$$K = 0,05$$



$$K = 0$$

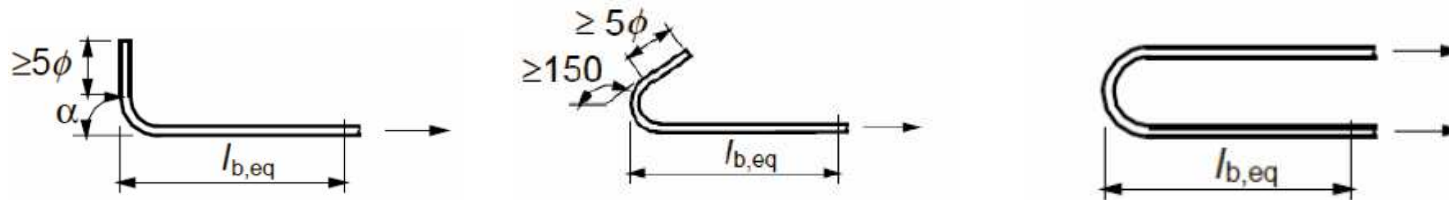
Σχήμα 8.4 : Τιμές του  $K$  για δοκούς και πλάκες



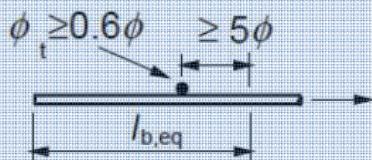
## 8.4 Αγκύρωση διαμήκων ράβδων (7/7)

### 8.4.4 Ισοδύναμο μήκος αγκύρωσης $l_{b,eq}$

- Απλουστευτικά, στις ακόλουθες περιπτώσεις επιτρέπεται να αγνοηθεί η επιρροή των παραγόντων  $\alpha_2$  και  $\alpha_3$  του Πίν. 8.2
  - Καμπύλο άκρο, άγκιστρο ή αναβολέας:  $l_{bd} = l_{b,eq} = \alpha_1 \cdot l_{b,rqd}$



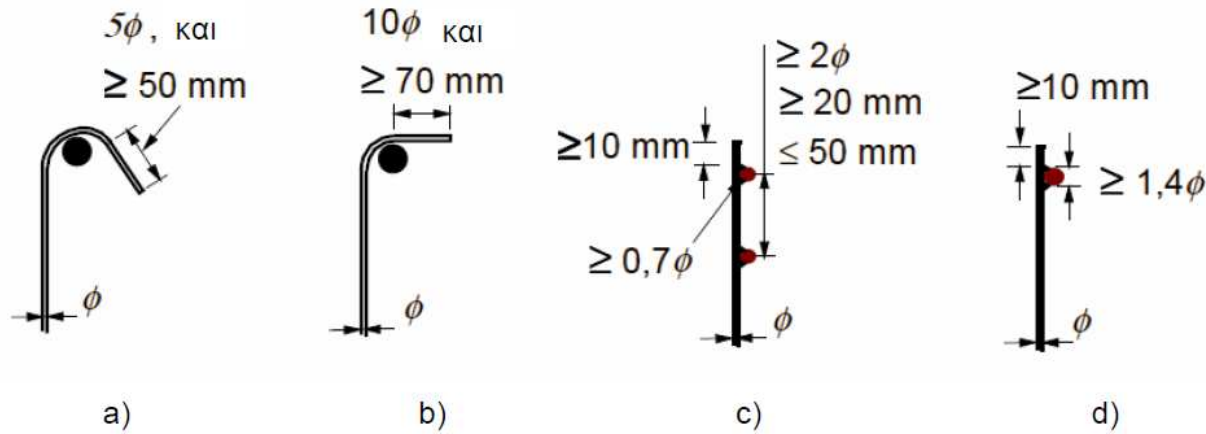
- Εγκάρσια συγκολλημένη ράβδος:  $l_{bd} = l_{b,eq} = \alpha_4 \cdot l_{b,rqd}$



- ✓ Οι τιμές των  $\alpha_1, \alpha_4$  λαμβάνονται πάντα από τον Πίν. 8.2

## 8.5 Αγκύρωση συνδετήρων και οπλισμού διάτμησης

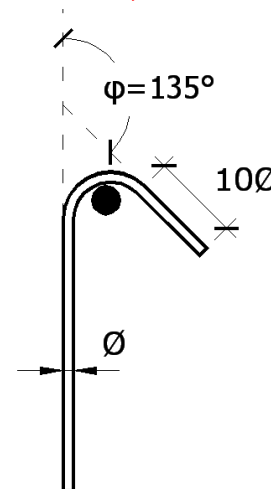
- Η αγκύρωση συνδετήρων και άλλων μορφών οπλισμού διάτμησης γίνεται ως εξής:



Σημείωση : Στις περιπτώσεις c) και d) η επικάλυψη δεν πρέπει να είναι μικρότερη από  $3\phi$  ή 50 mm.

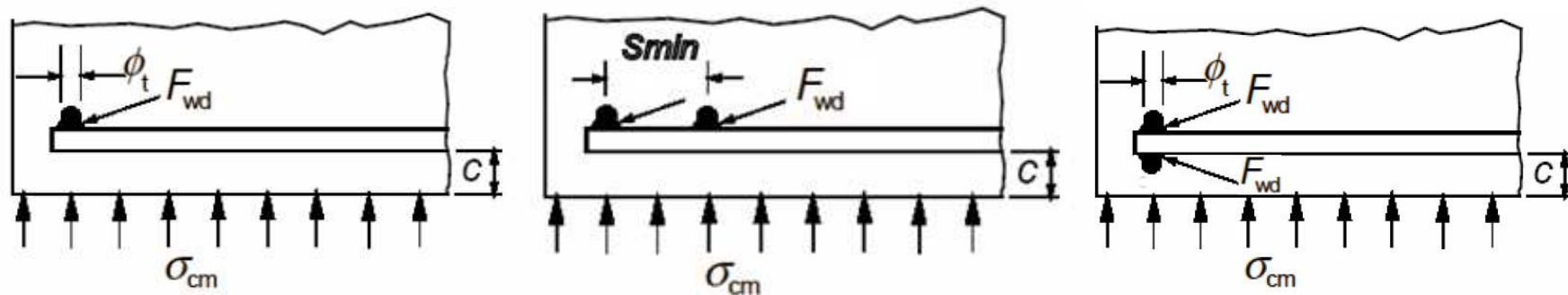
### Αγκύρωση συνδετήρων δομικών στοιχείων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 - 5.6.1):

- Για συνδετήρες σε δοκούς, υποστυλώματα και τοιχώματα με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας



## 8.6 Ακριβής υπολογισμός μήκους αγκύρωσης με εγκάρσιες συγκολλημένες ράβδους

- Σε περίπτωση εγκάρσιων συγκολλημένων ράβδων στο άκρο της υπό αγκύρωση ράβδου, αντί του μειωτικού συντελεστή  $\alpha_4=0.7$  του Πίν. 8.2, επιτρέπεται ριζικός περιορισμός του βασικού απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης  $l_{b,rqd}=(\phi/4)\cdot(\sigma_{sd}/f_{bd})$  μέσω μείωσης της τάσης σχεδιασμού  $\sigma_{sd}$
- Προτείνεται περίπλοκη μέθοδος υπολογισμού της μειωμένης  $\sigma_{sd}$  για τις ακόλουθες περιπτώσεις



## 8.7 Ενώσεις (1/8)

### 8.7.1 Γενικά

- Σκοπός: η μεταφορά των δυνάμεων από τη μια ράβδο στην άλλη
- Επιτυγχάνεται εναλλακτικά με:
  - Υπερκάλυψη (μάτισμα) των ράβδων, με ή χωρίς καμπυλώσεις ή άγκιστρα άκρων
  - Συγκόλληση των ράβδων
  - Μηχανικούς συνδέσμους

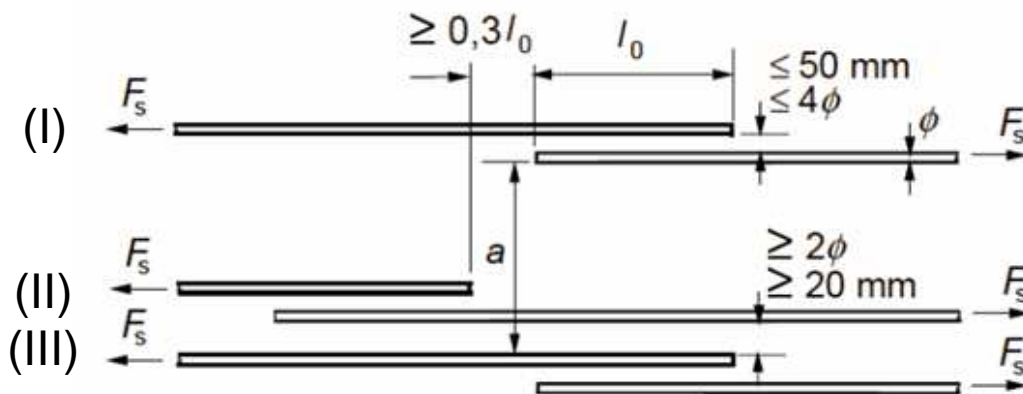
#### Ενώσεις ράβδων σε δομικά στοιχεία ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.6.3)

- Απαγορεύεται η ένωση οπλισμών μέσω συγκόλλησης εντός των κρίσιμων περιοχών δομικών στοιχείων
- Σε υποστυλώματα και τοιχώματα η ένωση διαμήκων ράβδων μέσω μηχανικών συνδέσμων επιτρέπεται μόνο εάν αυτοί καλύπτονται από κατάλληλες δοκιμές υπό συνθήκες συμβατές με την επιλεγμένη κατηγορία πλαστιμότητας

## 8.7 Ενώσεις (2/8)

### 8.7.2 Ενώσεις με υπερκάλυψη

- Διατάσσονται σε κατάλληλες αποστάσεις μεταξύ τους σύμφωνα με το Σχήμα 8.7
- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτησή τους σε περιοχές υψηλής έντασης (π.χ. κρίσιμες περιοχές)
- Διατάσσονται συμμετρικά εντός της διατομής και παράλληλα προς τις παρειές του στοιχείου



– Ενώσεις με απόσταση άκρων  $< 0.3l_0$  θεωρείται ότι βρίσκονται στην “ίδια θέση” (I, III)

– Ενώσεις με απόσταση άκρων  $\geq 0.3l_0$  θεωρείται ότι βρίσκονται σε διαφορετικές “γειτονικές” θέσεις (II)

Σχήμα 8.7 : Ενώσεις με υπερκάλυψη

- Μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό ενώσεων στην ίδια θέση:
  - Εφελκόμενες διατεταγμένες σε μία στρώση: 100%
  - Εφελκόμενες διατεταγμένες σε περισσότερες στρώσεις: 50%
  - Θλιβόμενες ράβδοι και δευτερέων οπλισμός (διανομές): 100%

## 8.7 Ενώσεις (3/8)

### 8.7.3 Μήκος υπερκάλυψης

- Το απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης  $l_0$  προκύπτει από κατάλληλη προσαύξηση του μήκους αγκύρωσης σχεδιασμού  $l_{bd}$  ανάλογα με το ποσοστό των ράβδων που ενώνονται σε μία θέση.

$$l_0 = \alpha_6 \cdot l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad (8.10)$$

όπου:

–  $l_{0,min} > \max \{0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}, 15\emptyset, 200\text{mm}\}$

–Οι τιμές των  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  και  $\alpha_5$  λαμβάνονται από τον Πίν. 8.2

–Κατά τον υπολογισμό του  $\Sigma A_{st,min}$  λαμβάνεται ίσο με  $A_s \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd})$

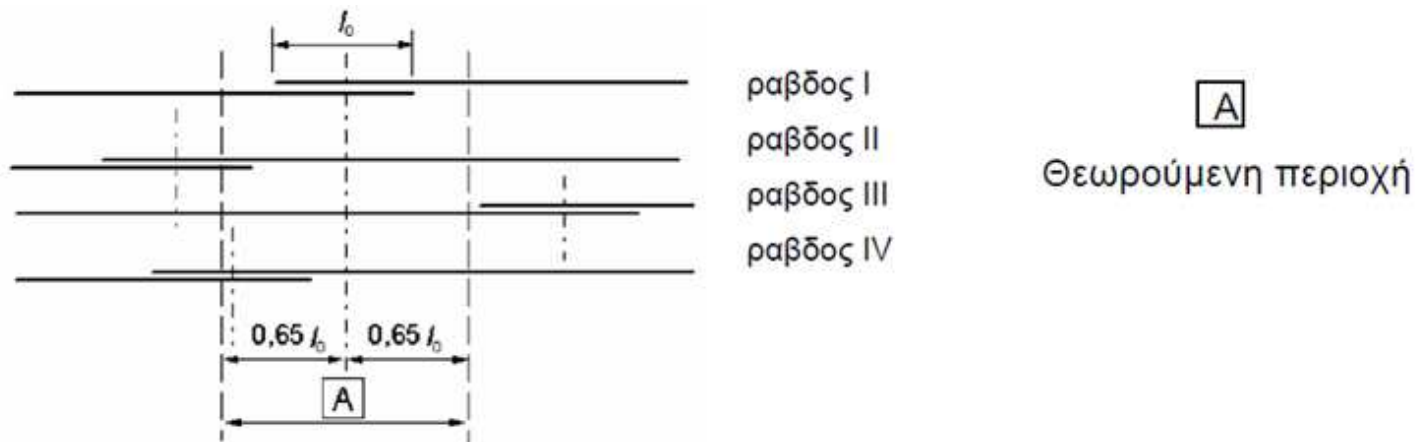
όπου  $A_s$  είναι το εμβαδόν της διατομής μιας υπό ένωση ράβδου

– $\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0.5}$  και  $1.0 \leq \alpha_6 \leq 1.5$ . Όπου  $\rho_1$  είναι το ποσοστό του οπλισμού που ενώνεται με υπερκάλυψη στην ίδια θέση η οποία ορίζεται ως το τμήμα του δομικού στοιχείου με μήκος  $0.65 \cdot l_0$  εκατέρωθεν του μέσου της θεωρούμενης ένωσης (βλ. Σχήμα 8.8). Τιμές του  $\alpha_6$  δίνονται στον Πίν. 8.3

## 8.7 Ενώσεις (4/8)

### 8.7.3 Μήκος υπερκάλυψης

Πίνακας 8.3. Τιμές του συντελεστή $\alpha_6$				
Ποσοστό των υπερκαλυπτόμενων ράβδων ως προς το συνολικό οπλισμό της διατομής	<25%	33%	50%	>50%
$\alpha_6$	1.00	1.15	1.40	1.50
<b>Σημείωση:</b> Ενδιάμεσες τιμές μπορούν να προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή				



Παράδειγμα : Οι ενώσεις των ράβδων II και III είναι εκτός της θεωρούμενης περιοχής :

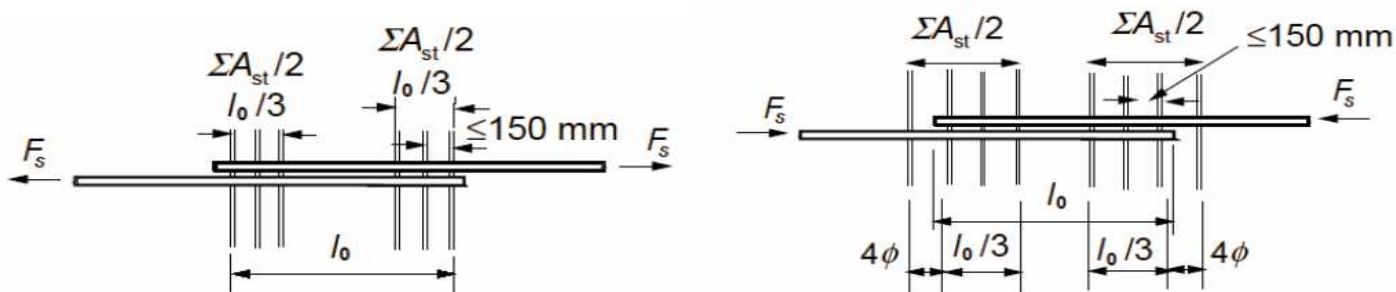
$$\rho_1 = 50\% \text{ και } \alpha_6 = 1,4$$

**Σχήμα 8.8 Ποσοστό υπερκαλυπτόμενων ράβδων στην “ίδια θέση” με τη ράβδο I**

## 8.7 Ενώσεις (5/8)

### 8.7.4 Εγκάρσιος οπλισμός στο μήκος υπερκάλυψης

- Αρκεί ο υπάρχων εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες, διανομές) όταν:
  - Ενώνονται ράβδοι με  $\varnothing < 20\text{mm}$  ανεξάρτητα από το ποσοστό ένωσης  $\rho_1$
  - $\rho_1 < 25\%$  ανεξάρτητα από τη διάμετρο των ράβδων που ενώνονται
- Αλλιώς απαιτείται:  $\Sigma A_{st} \geq A_s$  όπου:
  - $\Sigma A_{st}$  : άθροισμα εμβαδού σκελών εγκάρσιου οπλισμού στο μήκος υπερκάλυψης
  - $A_s$  : εμβαδό διατομής μιας υπό ένωση ράβδου
- Εάν  $\rho_1 > 50\%$  και η απόσταση μεταξύ ενώσεων στην ίδια θέση είναι  $a \leq 10\varnothing$  (βλ. σχήμα 8.7), οι εγκάρσιοι οπλισμοί διαμορφώνονται ως συνδετήρες ή ράβδοι σχήματος U αγκυρωμένες στο σώμα του στοιχείου
- Οι εγκάρσιοι οπλισμοί διατάσσονται όπως φαίνεται στο σχήμα 8.9



a) Ράβδοι υπό εφελκυσμό

b) Ράβδοι υπό θλίψη

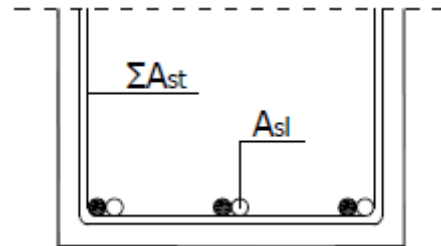
Σχήμα 8.9 Διάταξη εγκάρσιων οπλισμών στο μήκος υπερκάλυψης



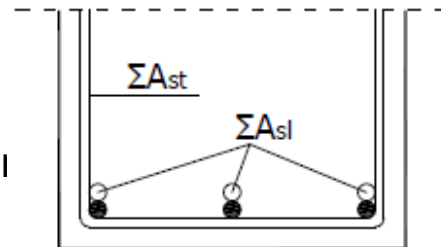
## 8.7 Ενώσεις (6/8)

### Πρόσθετες διατάξεις για στοιχεία με αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8-5.6.3)

- Διάταξη των ζευγών των υπό ένωση ράβδων παράλληλα προς το πέλμα της δοκού:  $\Sigma A_{st} \geq A_{sL,max}$



- Διάταξη των ζευγών των υπό ένωση ράβδων κάθετα προς το πέλμα της δοκού:  $\Sigma A_{st} \geq \Sigma A_{sL}$   
(π.χ.:  $\Sigma A_{sL} : 3\emptyset 20 = 9.43 \text{ cm}^2 \leq \Sigma A_{st} : 6 \text{ δίτημοι } \emptyset 10 \text{ ή } 10 \text{ δίτημι}$ )



- Απόσταση μεταξύ εγκάρσιων ράβδων  $s = \min(h/4, 100 \text{ mm})$  όπου  $h$  η ελάχιστη διάσταση της διατομής
- Σε υποστυλώματα και άκρα τοιχωμάτων το εμβαδό διατομής του σκέλους των εγκάρσιων οπλισμών (συνδετήρες) σε θέση ένωσης είναι:

$$A_{st} \geq s \cdot (\emptyset_L / 50) \cdot (f_{yld} / f_{ywd}) \text{ mm}^2$$

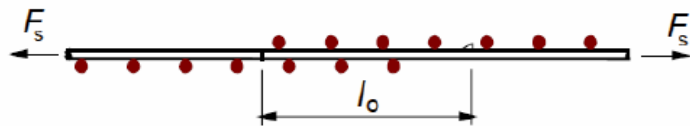
όπου  $\emptyset_L$ : διάμετρος διαμήκους ράβδου που ενώνεται

(π.χ.:  $\emptyset_L = 25$  και  $s = 100 \text{ mm} \rightarrow A_{st} \geq 50 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{συνδετήρες } \emptyset 8$ )

## 8.7 Ενώσεις (7/8)

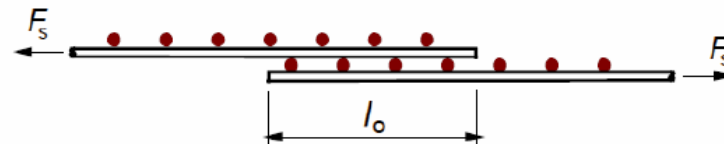
### 8.7.5 Υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων νευροχάλυβα

#### Υπερκάλυψη κύριου οπλισμού πλεγμάτων



a) Ανεστραμμένη επίθεση δομικών πλεγμάτων

- Επιβάλλεται σε στοιχεία υποκειμένα σε καταπονήσεις κόπωσης
- Ισχύουν οι διατάξεις της §8.7.2
- Αγνοείται η ευεργετική επίδραση των εγκάρσιων ράβδων:  $\alpha_3=1.0$
- Ισχύουν οι τιμές του  $\rho_1$  του Πίν. 8.3



b) Απλή επίθεση δομικών πλεγμάτων

- Επιτρέπεται σε περιοχές με 80% της αντοχής σχεδιασμού. Αλλιώς θεωρείται το στατικό ύψος του εσωτερικού πλέγματος και στον έλεγχο ρηγμάτωσης στα άκρα της υπερκάλυψης θεωρείται τάση χάλυβα  $1.25\sigma_{sd}$
- Επιτρεπόμενο ποσοστό υπερκάλυψης σε μία θέση ανάλογα με το ανηγμένο εμβαδό διατομής του πλέγματος ( $A_s/s$ ):  
 $(A_s/s)_{prov} \leq 1200\text{mm}^2/\text{m} \rightarrow 100\%$   
 $(A_s/s)_{prov} > 1200\text{mm}^2/\text{m} \rightarrow 60\%$

Πλέγματα με  $A_s/s \approx 1200\text{mm}^2/\text{m}$   
 $\left( \begin{array}{l} \text{Ø10/65, Ø12/95, Ø14/130, Ø16/165, Ø18/210} \end{array} \right)$

✓ Δεν απαιτείται πρόσθετος εγκάρσιος οπλισμός στην περιοχή της ένωσης

## 8.7 Ενώσεις (8/8)

### 8.7.5 Υπερκάλυψη συγκολλητών πλεγμάτων νευροχάλυβα

#### Υπερκάλυψη δευτερεύοντα οπλισμού πλεγμάτων

- Επιτρέπεται υπερκάλυψη του 100% των ράβδων στην ίδια θέση
- Ελάχιστες τιμές του μήκους υπερκάλυψης  $l_0$ : Πίνακας 8.4

Πίνακας 8.4 : Απαιτούμενο μήκος υπερκάλυψης για δευτερεύοντα σύρματα δομικών πλεγμάτων.

Διάμετρος δευτερευόντων συρμάτων (mm)	Μήκη υπερκάλυψης
$\varnothing \leq 6$	$\geq 150$ mm και τουλάχιστον 1 σημείο συγκόλλησης εγκάρσιας ράβδου εντός του μήκους υπερκάλυψης
$6 < \varnothing \leq 8,5$	$\geq 250$ mm και τουλάχιστον 2 σημεία συγκόλλησης εγκάρσιων ράβδων
$8,5 < \varnothing \leq 12$	$\geq 350$ mm και τουλάχιστον 2 σημεία συγκόλλησης εγκάρσιων ράβδων

## 8.8 Συμπληρωματικές διατάξεις για ράβδους $\varnothing_L > 32\text{mm}$

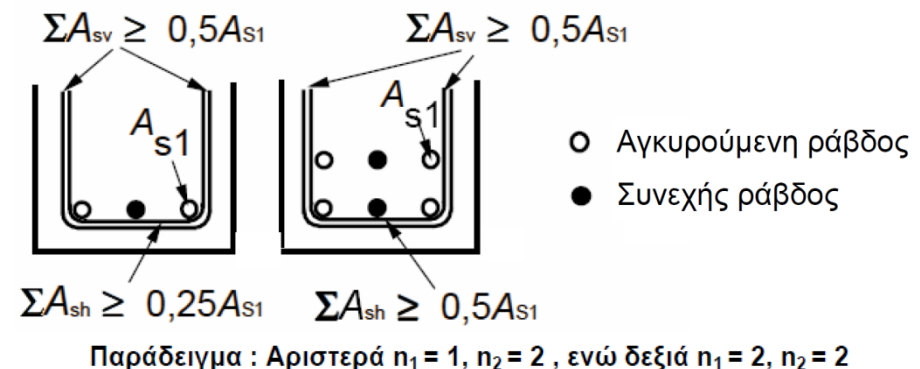
- Συνιστάται η αγκύρωση με μηχανικά μέσα
- Επιτρέπεται η ευθύγραμμη αγκύρωση με **πρόσθετους** συνδετήρες περίσφιξης στο μήκος αγκύρωσης ανά αποστάσεις  $s \leq 5\varnothing_L$  και συνολική διατομή οριζόντιων ( $\Sigma A_{sh}$ ), κατακόρυφων σκελών ( $\Sigma A_{sv}$ ):

$$\Sigma A_{sh} = 0.25 \cdot A_{s1} \cdot n_1, \quad \Sigma A_{sv} = 0.25 \cdot A_{s1} \cdot n_2$$

όπου (βλ. και Σχήμα 8.11)

$n_1$ : αριθμός στρώσεων με αγκυρωμένες ράβδους

$n_2$ : αριθμός ράβδων που αγκυρώνονται σε κάθε στρώση



Σχήμα 8.11 Επιπρόσθετος οπλισμός στη ζώνη αγκύρωσης ράβδων μεγάλης διαμέτρου όπου δεν υπάρχει θλίψη στην εγκάρσια διεύθυνση

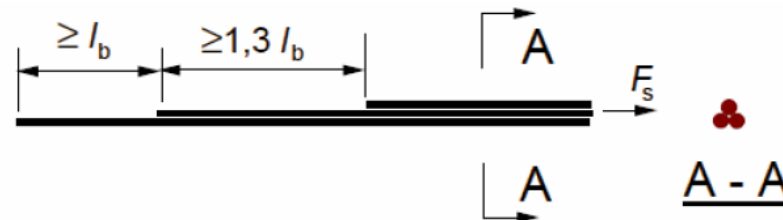
- Δεν επιτρέπεται ένωση με υπερκάλυψη

Εξαιρούνται:

- Στοιχεία με ελάχιστη διάσταση διατομής  $\geq 1.0\text{m}$
- Περιοχές στοιχείων όπου  $\sigma_{sd} \leq 0.80f_{yd}$

## 8.9 Δέσμες ράβδων (1/2)

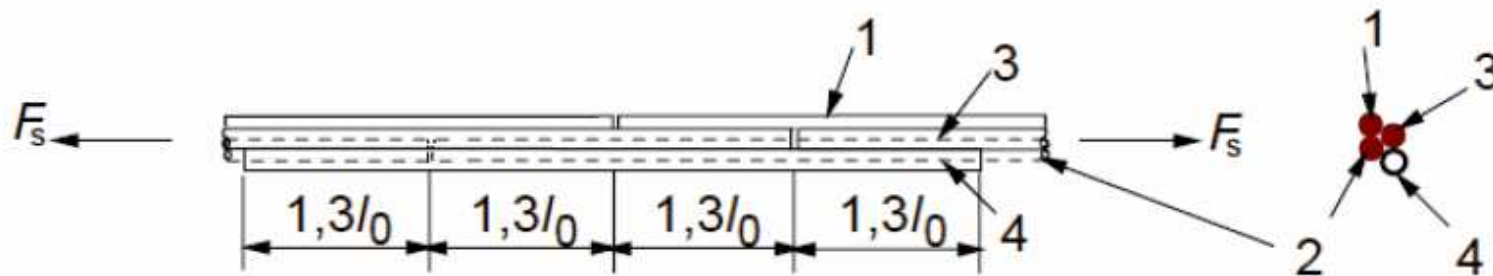
- Ισχύουν γενικά οι κανόνες των μεμονωμένων ράβδων
- Όλες οι ράβδοι πρέπει να έχουν κοινά μηχανικά χαρακτηριστικά και  $\varnothing_{max}/\varnothing_{min} \leq 1.7$
- Στο σχεδιασμό θεωρείται ιδεατή ράβδος ισοδύναμης διαμέτρου  $\varnothing_n \leq 55\text{mm}$  :  
όπου:  $\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n_b}$  ή  $\varnothing_n = 2\sqrt{\Sigma A_s / \pi}$
- Πλήθος ράβδων της δέσμης:  
 $n_b \leq 4$  για κατακόρυφες ράβδους σε θλίψη και ράβδους σε θέση υπερκάλυψης  
 $n_b \leq 3$  για κάθε άλλη περίπτωση
- Αγκύρωση δεσμών ράβδων:
  - Εφελκόμενες δέσμες με  $\varnothing_n < 32\text{mm}$  δε χρειάζεται να αγκυρώνονται κλιμακωτά
  - Εφελκόμενες δέσμες με  $\varnothing_n \geq 32\text{mm}$  που αγκυρώνονται κοντά σε στηρίξεις επιβάλλεται να αγκυρώνονται κλιμακωτά (βλ. Σχήμα 8.12)
  - Θλιβόμενες δέσμες δε χρειάζεται να αγκυρώνονται κλιμακωτά
  - Στο μήκος αγκύρωσης θλιβόμενης δέσμης με  $\varnothing_n \geq 32\text{mm}$  πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 4 συνδετήρες διαμέτρου  $\varnothing \geq 12\text{mm}$  και ακόμη ένας αμέσως μετά το άκρο



Σχήμα 8.12

## 8.9 Δέσμες ράβδων (2/2)

- Ένωση δεσμών ράβδων με υπερκάλυψη
  - Δέσμη δύο ράβδων με  $\varnothing_n < 32\text{mm}$  (π.χ. δύο ράβδοι  $\varnothing \leq 22$ ) μπορεί να ματιστεί χωρίς σταδιακή διακοπή των ράβδων αλλά με μήκος υπερκάλυψης που αντιστοιχεί στη  $\varnothing_n$
  - Δέσμες τριών ράβδων ή δύο ράβδων με  $\varnothing_n \geq 32\text{mm}$  πρέπει να ματίζονται με σταδιακή διακοπή των ράβδων ανά αποστάσεις  $\geq 1.3l_0$ , όπου  $l_0$  το μήκος υπερκάλυψης που αντιστοιχεί στην  $\varnothing_i$  (Σχήμα 8.13: Η ράβδος No 4 είναι η ράβδος υπερκάλυψης). Σε καμία θέση του μήκους υπερκάλυψης δεν επιτρέπονται περισσότερες από τέσσερις ράβδοι
  - Σε δέσμες τεσσάρων ράβδων δεν επιτρέπεται μάτιση με υπερκάλυψη

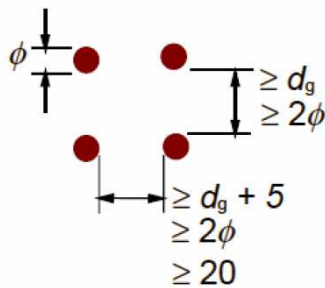


Σχήμα 8.13 Διάταξη διαδοχικής ένωσης με υπερκάλυψη δέσμης τριών ράβδων υπό εφελκυσμό που περιλαμβάνει τέταρτη πρόσθετη ράβδο μόνο στο συνολικό μήκος υπερκάλυψης  $4(1.3l_0) = 5.2l_0$

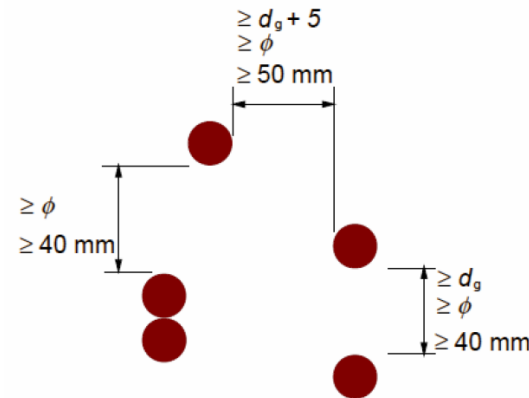
## 8.10 Τένοντες προέντασης

### 8.10.1 Αποστάσεις μεταξύ τενόντων

Οι ελάχιστες καθαρές αποστάσεις μεταξύ τενόντων που τανύονται πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος ή των σωλήνων τενόντων που τανύονται μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος φαίνονται στα σχήματα 8.14 και 8.15 αντίστοιχα, όπου  $d_g$  η μέγιστη διάσταση αδρανούς



Σχήμα 8.14 Τένοντες



Σχήμα 8.15 Σωλήνες

Στις §8.10.2, 3, 4 και 5 παρέχονται οδηγίες για τα ακόλουθα αντικείμενα:

- Αγκύρωση τενόντων που τανύονται πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος
- Αγκύρωση τενόντων που τανύονται μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος
- Συστήματα αγκύρωσης και αρμοκλείδες τενόντων προέντασης
- Εκτροπείς τενόντων προέντασης

## Ευρωκώδικας 2 - Μέρος 1-1

Ευρωκώδικας 2 – 1-

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2: Βάσεις του σχεδιασμού

Κεφάλαιο 3: Υλικά

Κεφάλαιο 4: Ανθεκτικότητα σε διάρκεια και επικάλυψη οπλισμών

Κεφάλαιο 5: Ανάλυση του δομικού συστήματος

Κεφάλαιο 6: Οριακές καταστάσεις αστοχίας

Κεφάλαιο 7: Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Κεφάλαιο 8: Κατασκευαστική διαμόρφωση των χαλαρών οπλισμών και των τενόντων προέντασης – Γενικά

Κεφάλαιο 9: Κατασκευαστική διαμόρφωση δομικών στοιχείων και ειδικοί κανόνες

Κεφάλαιο 10: Συμπληρωματικοί κανόνες για προκατασκευασμένα στοιχεία και κατασκευές από σκυρόδεμα

Κεφάλαιο 11: Κατασκευές από ελαφροσκυρόδεμα

Κεφάλαιο 12: Άοπλες και ελαφρώς οπλισμένες κατασκευές



## 9.1 Γενικά

- Οι κανόνες κατασκευαστικής διαμόρφωσης αφορούν κυρίως δομικά στοιχεία κτιριακών κατασκευών
- Οι κανόνες κατασκευαστικής διαμόρφωσης εξασφαλίζουν την ικανοποίηση των απαιτήσεων ασφάλειας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας σε διάρκεια
- Οι ελάχιστοι προτεινόμενοι οπλισμοί δομικών στοιχείων αποσκοπούν:
  - Στην αποφυγή ψαθυρής αστοχίας κατά τη ρηγμάτωση της εφελκυόμενης ζώνης
  - Στην αποφυγή ρηγμάτων μεγάλου εύρους
  - Στην παραλαβή δυνάμεων από καταναγκασμούς

### Σκυρόδεμα και χάλυβας σε κύρια δομικά στοιχεία κατασκευών ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4.1.1, 5.5.1.1)

- Ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος  
ΚΠΜ: C16/20,            ΚΠΥ: C20/25
- Οπλισμοί κρίσιμων περιοχών  
ΚΠΜ: Χάλυβες κλάσεων Β ή C,            ΚΠΥ: Χάλυβας κλάσης C  
Λείες ράβδοι μόνο για κλειστούς συνδετήρες ή συνδέσμους

## 9.2 Δοκοί (1/17)

- Δοκός:  $l \geq 3h_w$ , Υψίκορμη δοκός:  $l < 3h_w$
- Στον Ε.Σ. 2 δεν υπάρχουν περιορισμοί για τη διαμόρφωση ή τις διαστάσεις διατομής των δοκών εκτός ειδικών περιπτώσεων:

Δοκοί με κίνδυνο πλευρικής στρέβλωσης<sup>(1)</sup> (ΕC2-5.9): Τα φαινόμενα 2<sup>ης</sup> τάξης λόγω στρέβλωσης επιτρέπεται να αγνοούνται εφόσον:

- Μόνιμες καταστάσεις:  $h/b \leq 2.5$  και  $l_{ot}/b \leq 50 / (h/b)^{1/3}$
- Παροδικές καταστάσεις:  $h/b \leq 3.5$  και  $l_{ot}/b \leq 70 / (h/b)^{1/3}$

όπου

$l_{ot}$ : απόσταση μεταξύ σημείων στροφικών παγιώσεων

$h$ : ολικό ύψος δοκού στο μέσο του  $l_{ot}$

$b$ : πλάτος του θλιβόμενου πέλματος

---

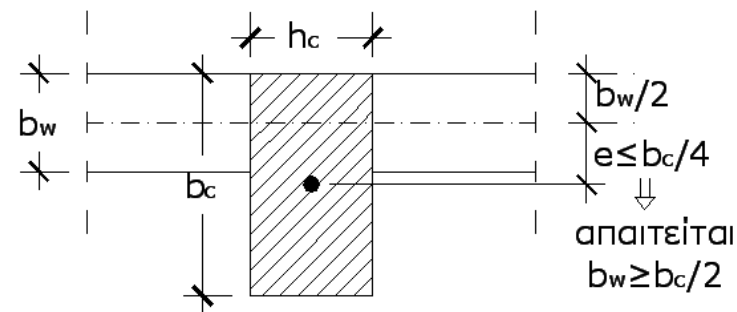
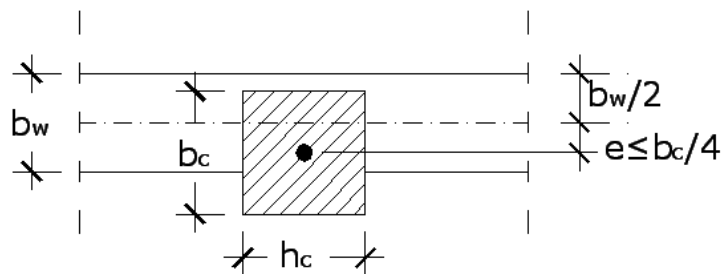
(1) π.χ. προκατασκευασμένες δοκοί κατά τη μεταφορά και συναρμολόγηση ή δοκοί χωρίς επαρκείς συνδέσμους πλευρικής δυσκαμψίας

## 9.2 Δοκοί (2/17)

### Δοκοί: Γεωμετρικοί περιορισμοί (EC8 – 5.4.1.2.1, 5.5.1.2.1)

- Δοκοί μέσης πλαστιμότητας (ΚΠΜ)

- Πλάτος κύριας δοκού:  $b_w \leq \min(b_c + h_w, 2b_c)$
- Εκκεντρότητα αξόνων δοκού – στύλου:  $e \leq b_c/4$



- Πρόσθετες διατάξεις για δοκούς υψηλής πλαστιμότητας (ΚΠΥ)

- Πλάτος κύριας δοκού:  $b_w \geq 200\text{mm}$
- Λόγος ύψος/πλάτος κύριας δοκού  
 $h_w/b_w \leq 3.5$  και  $l_o/b_w \leq 70/(h_w/b_w)^{1/3}$

όπου  $l_o$  το ελεύθερο άνοιγμα της δοκού μεταξύ στύλων

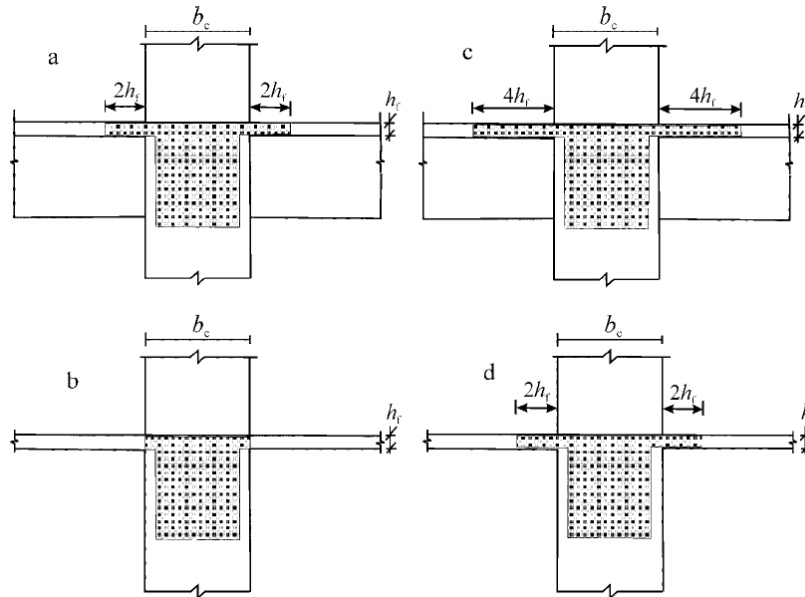
## 9.2 Δοκοί (3/17)

### Δοκοί: Γεωμετρικοί περιορισμοί (EC8 – 5.4.3.1.1 και 2, 5.5.3.1.3)

- Κρίσιμες περιοχές κύριων δοκών

- Δοκοί ΚΠΜ:  $I_{cr} = h_w$
  - Δοκοί ΚΠΥ:  $I_{cr} = 1.5h_w$
  - Εκατέρωθεν των παρειών φυτευτού υποστυλώματος
- Δοκοί ΚΠΜ, ΚΠΥ:  $I_{cr} = 2h_w$

- Συνεργαζόμενο πλάτος πλακών όπου επιτρέπεται η διανομή του εφελκόμενου οπλισμού στήριξης της δοκού (Σχήμα 5.5)



Σχήμα 5.5 Συνεργαζόμενο πλάτος πλακών, σε περιμετρικό (αριστερά) και εσωτερικό (δεξιά) κόμβο

## 9.2 Δοκοί (4/17)

### 9.2.1 Διαμήκεις οπλισμοί

#### 9.2.1.1 Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά οπλισμού

- Ελάχιστος διαμήκης εφελκόμενος οπλισμός:

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d \quad (9.1)$$

όπου:  $b_t$  το μέσο πλάτος στο ύψος της εφελκόμενης περιοχής

Ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού  $\rho_{L,min} = A_{s,min} / (b_t \cdot d)$

Υλικά	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C70	C80	C90
$\rho_{L,min}$ (‰)	1.30	1.30	1.35	1.51	1.66	1.82	1.98	2.13	2.18	2.29	2.39	2.50	2.60

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{MPa}$

- Μέγιστος διαμήκης εφελκόμενος οπλισμός:

$$A_{s,max} = 0.040A_c$$

Σε περιοχές υπερκάλυψης επιτρέπεται, υπό τις προϋποθέσεις της §8.7.2,

$$A_{s,max} \leq 0.080A_c$$

## 9.2 Δοκοί (5/17)

### Δοκοί: Ελάχιστα και μέγιστα ποσοστά διαμήκους οπλισμού (EC8 – 5.4.3.1.2)

- Ελάχιστος εφελκόμενος οπλισμός, γενικά:  $\rho_{L,min} = 0,5 \cdot f_{ctm} / f_{yk}$

Ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού  $\rho_{L,min} = A_{s,min} / (b \cdot d)$

Υλικά	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C70	C80	C90
$\rho_{L,min}$ (‰)	1.90	2.20	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.10	4.20	4.40	4.60	4.80	5.00

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{MPa}$

- Μέγιστος εφελκόμενος οπλισμός κρίσιμων περιοχών

$$\rho_{L,max} = \rho' + \frac{0.0018}{\mu_{\phi} \cdot \epsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

Μέγιστο ποσοστό εφελκόμενου οπλισμού στο  $I_{cr}$ :  $\rho_{L,max} = A_{s,max} / (b \cdot d)$

Υλικά		C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C70	C80	C90
$\rho_{L,max}$ (‰)	ΚΠΜ	5.97	7.47	9.34	11.20	13.07	14.94	16.80	18.67	20.54	22.40	26.14	29.87	33.61
	ΚΠΥ	3.80	4.75	5.93	7.12	8.31	9.49	10.68	11.87	13.05	14.24	16.61	18.98	21.36

Θεωρήθηκαν:  $\rho' = \rho_{L,max} / 2$ ,  $\epsilon_{sy,d} \approx 2.174\%$ ,  $\mu_{\phi} = 6.8$  (ΚΠΜ) ή  $10.7$  (ΚΠΥ) και χάλυβας κλάσης C ( $f_{yd} = 500/1.15\text{MPa}$ )

- ✓ Προσοχή: για χάλυβες κλάσης B επιβάλλεται  $1.5\mu_{\phi}$  με συνέπεια ριζική μείωση του  $\rho_{L,max}$

## 9.2 Δοκοί (6/17)

### 9.2.1.2 Άλλες κατασκευαστικές διατάξεις

- Σε στηρίξεις που θεωρήθηκαν ελεύθερα στρεπτές πρέπει να τοποθετείται οπλισμός άνω ίνας  $A_{st,sup} \geq 0.15 \cdot A_{st,ανοίγματος}$
- Σε ενδιάμεσες στηρίξεις συνεχών πλακοδοκών ο εφελκυσμένος οπλισμός κατανέμεται στο συνεργαζόμενο πλάτος  $b_{eff}$  της πλάκας
- Τυχόν απαιτούμενος θλιβόμενος οπλισμός διαμέτρου  $\emptyset_L$  πρέπει να περιβάλλεται από συνδετήρες ανά αποστάσεις  $s_w \leq 15 \cdot \emptyset_L$

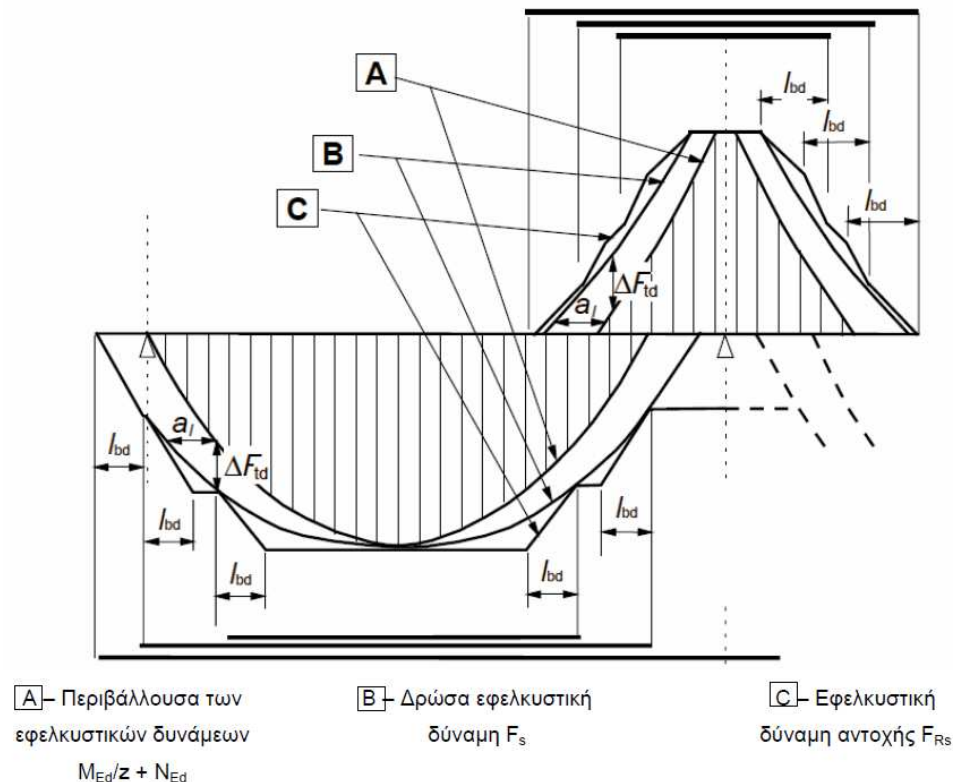
### Δοκοί: Άλλες κατασκευαστικές διατάξεις (EC8 – 5.4.3.1.2, 5.5.3.1.3)

- Στις κρίσιμες περιοχές στηρίξεων δοκών ΚΠΜ, ΚΠΥ απαιτείται θλιβόμενος οπλισμός, επιπλέον του τυχόν απαιτούμενου, ίσος τουλάχιστον με το 50% το εφελκυσμένου
- Σε όλο το μήκος του άνω πέλματος δοκών ΚΠΥ απαιτείται τουλάχιστον το 25% του μέγιστου οπλισμού των εκατέρωθεν στηρίξεων και κατ' ελάχιστο 2 $\emptyset$ 14 στο άνω και στο κάτω πέλμα

## 9.2 Δοκοί (7/17)

### 9.2.1.3 Κλιμάκωση του διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού

- Απαιτείται μετάθεση κατά  $a_l$  του διαγράμματος εφελκυστικών δυνάμεων (ή κατά προσέγγιση μετάθεση κατά  $a_l$  του διαγράμματος ροπών)
  - Δοκοί χωρίς οπλισμό διάτμησης :  $a_l = d$
  - Δοκοί με οπλισμό διάτμησης :  $a_l = z \cdot (\cot\theta - \cot\alpha) / 2$  (βλ. §6.2.3, Σχ. 6.5)



Σχήμα 9.2 Κλιμάκωση του διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού δοκών



## 9.2 Δοκοί (8/17)

### 9.2.1.4 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ακραίες στηρίξεις

- Σε ακραίες στηρίξεις που έχουν θεωρηθεί *ελεύθερα στρεπτές*, τουλάχιστον το 25% του οπλισμού του ανοίγματος θα πρέπει να συνεχίζεται έως τη στήριξη.
- Ο οπλισμός αυτός θα πρέπει να αγκυρώνεται έναντι εφελκυστικής δύναμης ίσης με:

$$F_E = |V_{Ed}| \cdot a_l / z + N_{Ed} \quad \text{όπου:}$$

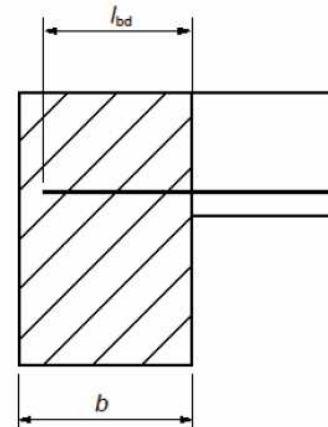
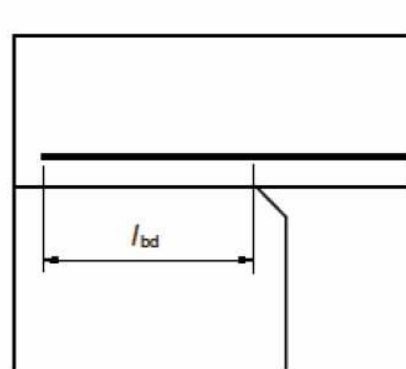
$V_{Ed}$  η διατμητική δύναμη

$a_l$  η μετατόπιση της περιβάλλουσας των ροπών

$N_{Ed}$  η αξονική δύναμη, 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

a) Άμεση στήριξη: Η δοκός στηρίζεται σε τοίχωμα ή υποστύλωμα



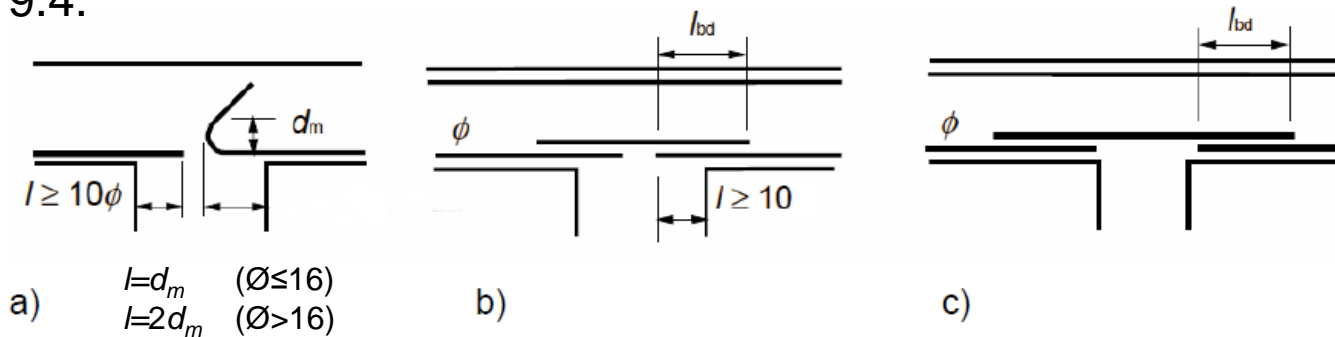
b) Έμμεση στήριξη: Η δοκός διασταυρώνεται με εγκάρσια στηρίζουσα δοκό

Σχήμα 9.3 Αγκύρωση των κάτω ράβδων σε ακραίες στηρίξεις

## 9.2 Δοκοί (9/17)

### 9.2.1.5 Αγκύρωση κάτω οπλισμού σε ενδιάμεσες στηρίξεις

- Στις ενδιάμεσες στηρίξεις, τουλάχιστον το 25% του κάτω οπλισμού του ανοίγματος θα πρέπει να συνεχίζεται μέχρι τη στήριξη. Το μήκος αγκύρωσής του φαίνεται στο σχήμα 9.4.



Σχήμα 9.4 : Αγκυρώσεις σε ενδιάμεσες στηρίξεις

- Συνιστάται να εξασφαλίζεται συνέχεια του οπλισμού (βλ. Σχ. 9.4b ή c) για αντίσταση σε τυχηματικές δράσεις (π.χ. υποχώρηση της στήριξης, έκρηξη κλπ)

### Τερματισμός άνω και κάτω οπλισμού σε ενδιάμεσες στηρίξεις (EC8 – 5.6.2.2)

- Σε δοκούς ΚΠΜ και ΚΠΥ, ευθύγραμμοι άνω ή κάτω οπλισμοί που διέρχονται από ενδιάμεσο κόμβο πρέπει να επεκτείνονται τουλάχιστον στο κρίσιμο μήκος  $l_{cr}$  του απέναντι ανοίγματος

## 9.2 Δοκοί (10/17)

### Δοκοί ΚΠΜ, ΚΠΥ: Αγκύρωση διαμήκων ράβδων δοκών (EC8 – 5.6.2.2)

- Ράβδοι που αγκυρώνονται με καμπύλωση σε περιμετρικό κόμβο πρέπει να βρίσκονται εσωτερικά των συνδετήρων του στύλου
- Σε δοκούς ΚΠΥ το μήκος αγκύρωσης αρχίζει από βάθος  $5\varnothing_L$  εντός του κόμβου
- Προς αποφυγή αστοχίας της συνάφειας, η διάμετρος των ράβδων που διέρχονται από ή αγκυρώνονται στον κόμβο περιορίζεται ως εξής:

Ενδιάμεσος κόμβος (EC8 – 5.50a)    Ακραίος κόμβος (EC8 – 5.50b)

$$\frac{\varnothing_{L,max}}{h_c} = \frac{75 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0.8 \cdot v_d}{1 + 0.75 \cdot k_D \cdot \rho' / \rho_{max}} \qquad \frac{\varnothing_{L,max}}{h_c} = \frac{75 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0.8 \cdot v_d)$$

Μέγιστες διαμέτροι για στύλο πλάτους  $h_c=500\text{mm}$  (βλ. Σχήμα EC8-5.13)

Σκυρόδεμα				C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
$\varnothing_{L,max}$ (mm)	ΚΠΜ	$k_D=2/3$	†	17	20	24	26	29	32	35	37	38	40
		$\gamma_{Rd}=1.0$	‡	22	25	30	33	36	40	43	47	48	50
	ΚΠΥ	$k_D=1.0$	†	13	15	18	20	22	24	26	28	29	30
		$\gamma_{Rd}=1.2$	‡	18	21	25	28	30	33	36	39	40	42

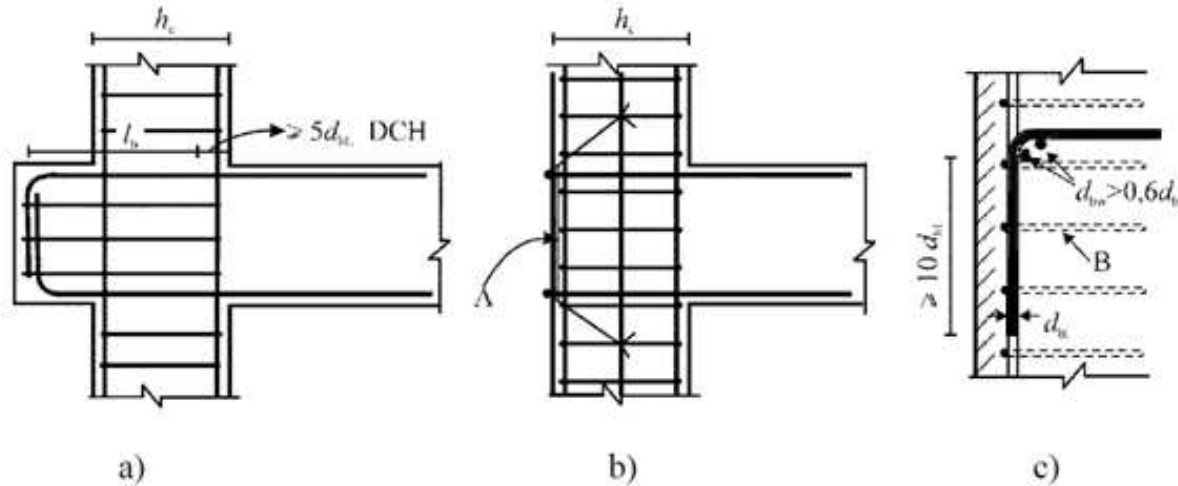
Θεωρήθηκαν:  $f_{yd}=500/1.15\text{MPa}$ ,  $v_d=0.40$ ,  $\rho' / \rho_{max}=0.50$ , στρογγυλοποίηση στο πλησιέστερο mm

## 9.2 Δοκοί (11/17)

### Δοκοί ΚΠΜ, ΚΠΥ: Αγκύρωση διαμήκων ράβδων δοκών (EC8 – 5.6.2.2)

• Εφόσον σε ακραίο κόμβο εισέρχονται ράβδοι  $\varnothing_L > \varnothing_{L,max}$  η επάρκεια της αγκύρωσης μπορεί να εξασφαλισθεί με τις εναλλακτικές διατάξεις του Σχ. EC8-5.13

- Εξωτερικός κοντός πρόβολος κατάλληλου μήκους
- Αγκύρωση με συγκολλητή χαλύβδινη πλάκα
- Καμπύλωση με κατακόρυφο σκέλος  $\geq 10\varnothing$ , και εγκάρσιο οπλισμό



#### Σύμβολα

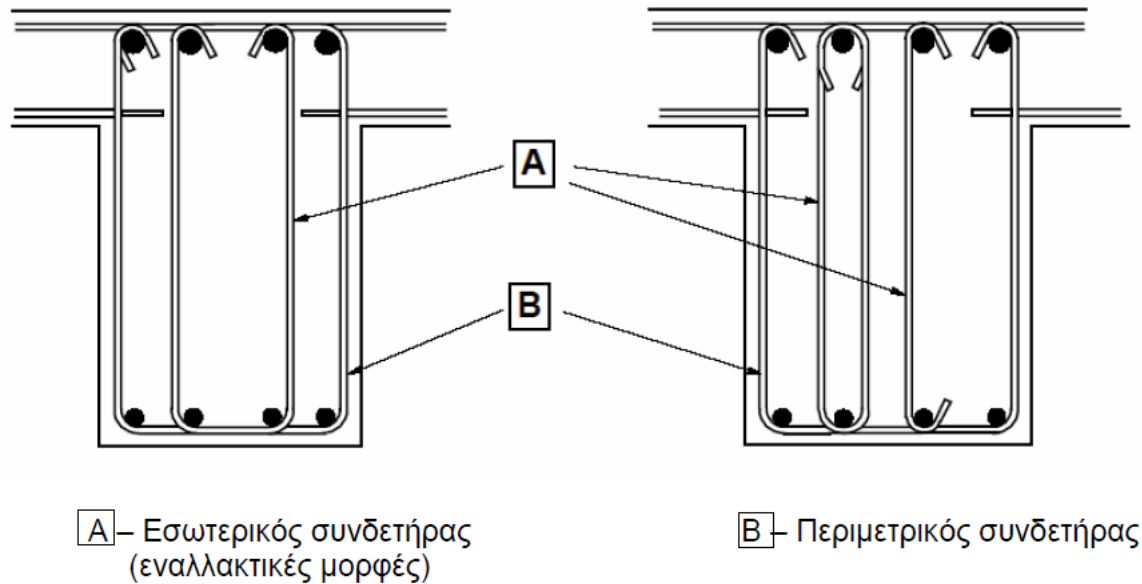
- A πλάκα αγκύρωσης  
B συνδετήρες που περικλείουν τις ράβδους του υποστυλώματος

Σχήμα EC8-5.13 Πρόσθετα μέτρα αγκύρωσης σε ακραίο κόμβο

## 9.2 Δοκοί (12/17)

### 9.2.2 Οπλισμός διάτμησης

- Πρέπει να σχηματίζει γωνία  $45^\circ \leq a \leq 90^\circ$  με το διαμήκη άξονα του μέλους.
- Μπορεί να αποτελείται από συνδυασμό:
  - Συνδετήρων (τουλάχιστον το 50% του απαιτούμενου οπλισμού)
  - Κεκαμμένων ράβδων
  - Κλωβών ή συνδέσμων που δεν περικλείουν το διαμήκη οπλισμό, αλλά αγκυρώνονται στις θλιβόμενες και εφελκυσμένες περιοχές



Σχήμα 9.5 : Παραδείγματα οπλισμών διάτμησης

## 9.2 Δοκοί (13/17)

### 9.2.2 Οπλισμός διάτμησης

- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διάτμησης:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \sin a} \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Σκυρόδεμα	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C70	C80	C90
$\rho_{w,min}$ (‰)	0.64	0.72	0.80	0.88	0.95	1.01	1.07	1.13	1.19	1.24	1.34	1.43	1.52

Θεωρήθηκε  $f_{yk}=500\text{MPa}$

- Απόσταση μεταξύ κεκαμμένων ράβδων:  $s_{b,max}=0.60 \cdot d \cdot (1+cota)$
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων, συνδέσμων κ.τ.λ.:  $s_{l,max}=0.75 \cdot d \cdot (1+cota)$
- Εγκάρσια απόσταση σκελών συνδετήρα:  $s_{t,max}=0.75 \cdot d \leq 600\text{mm}$

## 9.2 Δοκοί (14/17)

Δοκοί ΚΠΜ, ΚΠΥ: Πρόσθετες διατάξεις οπλισμού διάτμησης κρίσιμων περιοχών  
(EC8 – 5.4.3.1.2, 5.5.3.1.3)

- Διάμετρος συνδετήρων:  $\varnothing_{bw} \geq 6\text{mm}$
- Πρώτος συνδετήρας σε απόσταση  $\leq 50\text{mm}$  από την παρειά του υποστυλώματος
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων:

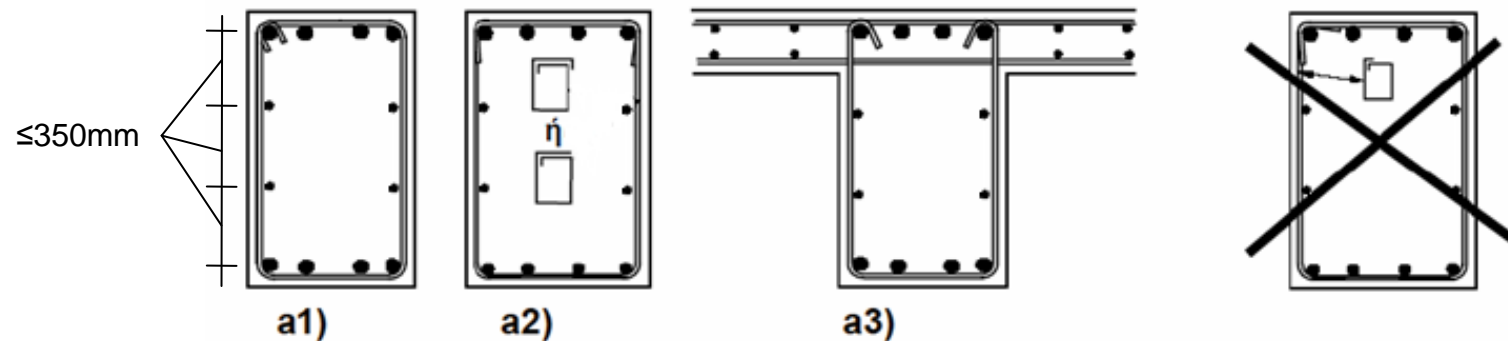
Δοκοί ΚΠΜ:  $s = \min(h/4, 24 \cdot \varnothing_{bw}, 8 \cdot \varnothing_{L,min}, 225\text{mm})$

Δοκοί ΚΠΥ:  $s = \min(h/4, 24 \cdot \varnothing_{bw}, 6 \cdot \varnothing_{L,min}, 175\text{mm})$

## 9.2 Δοκοί (15/17)

### 9.2.3 Οπλισμός έναντι στρέψης

- Ελάχιστο ποσοστό συνδετήρων έναντι στρέψης (βλ. §9.2.2):  $\rho_w \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$
- Μέγιστη απόσταση μεταξύ των συνδετήρων έναντι στρέψης:  
 $s_{l,max} = \min(u/8, 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha), h, b)$  όπου:  
 $u$ : η εξωτερική περίμετρος της διατομής
- Οι συνδετήρες έναντι στρέψης πρέπει να σχηματίζουν 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 μία διαμήκης ράβδος σε κάθε γωνία, ενώ οι υπόλοιπες διατάσσονται ομοιόμορφα στην εσωτερική περίμετρο των συνδετήρων, ανά αποστάσεις  $\leq 350\text{mm}$



a) Κατάλληλες διαμορφώσεις

b) Ακατάλληλη διαμόρφωση

Σχήμα 9.6 : Παραδείγματα διαμόρφωσης συνδετήρων στρέψης



## 9.2 Δοκοί (16/17)

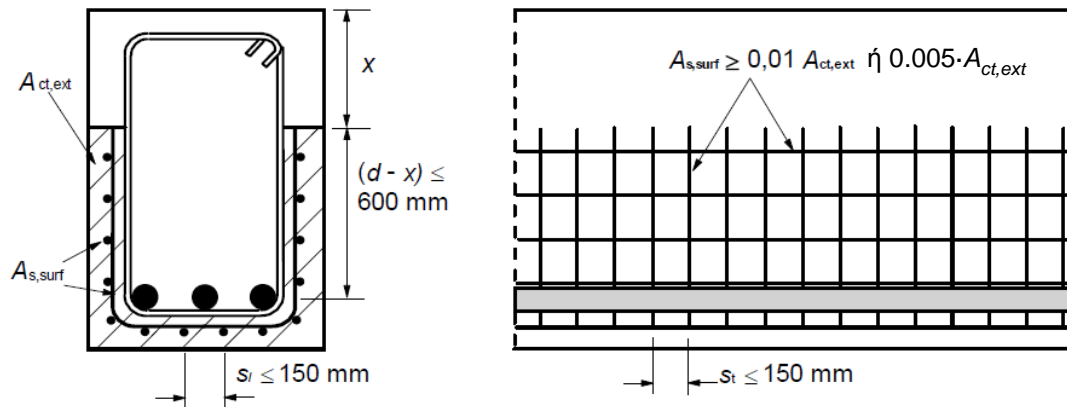
### 9.2.4 Επιφανειακός οπλισμός

- Απαιτείται όταν:

–  $c > 70\text{mm}$  →  $A_{s,surf,min} = 0.005 \cdot A_{ct,ext}$

–  $\varnothing_L$  ή  $\varnothing_{L,n} > 32\text{mm}$  →  $A_{s,surf,min} = 0.010 \cdot A_{ct,ext}$

- Αποτελείται από πλέγμα ή σχάρα ράβδων μικρής διαμέτρου και τοποθετείται εξωτερικά των συνδετήρων



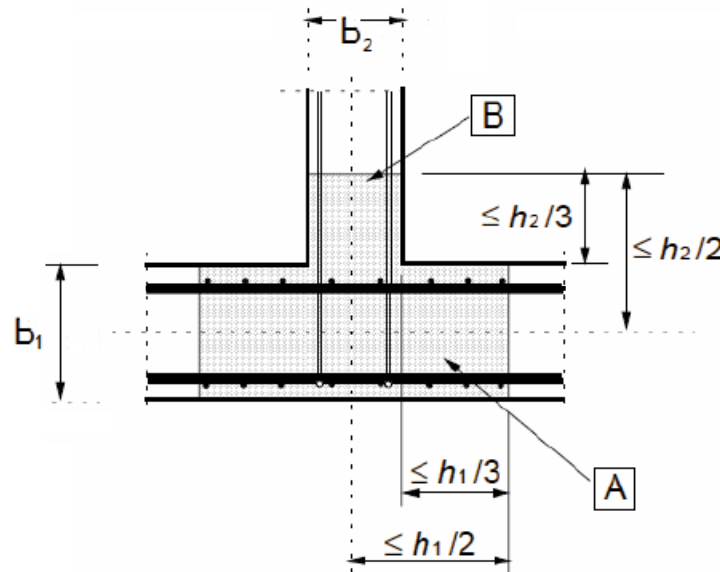
Σχήμα J.1 Διάταξη επιφανειακού οπλισμού

- Πρέπει να διαθέτει το ελάχιστο πάχος επικάλυψης (§4.4.1.2)
- Οι διαμήκεις ράβδοι του επιφανειακού οπλισμού μπορούν να συνυπολογίζονται ως οπλισμός κάμψης και οι εγκάρσιες ως οπλισμός διάτμησης, με την προϋπόθεση ότι πληρούν τους αντίστοιχους κανόνες διάταξης και αγκύρωσης.<sup>50</sup>

## 9.2 Δοκοί (17/17)

### 9.2.5 Έμμεσες στηρίξεις

- Τοποθετείται οπλισμός ανάρτησης, επιπλέον αυτού που απαιτείται για άλλους λόγους, επαρκής για να παραλάβει τη δύναμη έδρασης.
- Ο οπλισμός αυτός αποτελείται από συνδετήρες που περικλείουν τον κύριο οπλισμό της στηρίζουσας δοκού και διανέμονται εκατέρωθεν του σημείου έδρασης (βλ. Σχήμα 9.7), σε συνολικό μήκος  $\leq \min(b_2 + 2h_1/3, h_1)$



**A** – Στηρίζουσα δοκός ύψους  $h_1$

**B** – Στηριζόμενη δοκός ύψους  $h_2$  ( $h_1 \geq h_2$ )

Σχήμα 9.7 Τοποθέτηση οπλισμού ανάρτησης (κάτοψη)

## 9.3 Συμπαγείς πλάκες (1/3)

- Οι διατάξεις αφορούν απλά ή σταυροειδώς οπλισμένες πλάκες
- Γεωμετρικός περιορισμός:  $b_{min} \geq 5h$

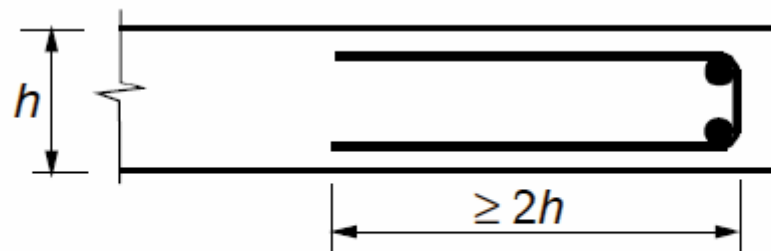
### 9.3.1 Οπλισμός κάμψης

- Κύριος οπλισμός κάμψης
  - Ελάχιστα και μέγιστα όρια του κύριου οπλισμού, όπως στις δοκούς:
$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \geq 0.0013 \cdot b \cdot d, \quad A_{s,max} = 0.040 \cdot A_c$$
  - Αποστάσεις μεταξύ ράβδων κύριου οπλισμού:
    - $s \leq \min(2h, 250\text{mm})$  : θέσεις μέγιστης έντασης ή συγκεντρωμένου φορτίου
    - $s \leq \min(3h, 400\text{mm})$  : εκτός των παραπάνω περιοχών
- Δευτερεύων οπλισμός απλά οπλισμένων πλακών:
  - Ελάχιστο ποσοστό δευτερεύοντος οπλισμού:  $\geq 20\%$  του κύριου
  - Αποστάσεις μεταξύ ράβδων δευτερεύοντα οπλισμού:
    - $s \leq \min(3h, 400\text{mm})$  : θέσεις μέγιστης έντασης ή συγκεντρωμένου φορτίου
    - $s \leq \min(3.5h, 450\text{mm})$  : εκτός των παραπάνω περιοχών

## 9.3 Συμπαγείς πλάκες (2/3)

### 9.3.1 Οπλισμός κάμψης

- Διαμόρφωση των οπλισμών κάμψης:
  - Κλιμάκωση: ισχύουν οι διατάξεις των δοκών με μήκος μετάθεσης  $a_l=d$
  - Σε στηρίξεις που θεωρούνται ελεύθερα στρεπτές το 50% του οπλισμού ανοίγματος συνεχίζεται και αγκυρώνεται στην κάτω παρειά της στήριξης
  - Στην άνω παρειά ακραίας στήριξης που θεωρήθηκε ελεύθερα στρεπτή τοποθετείται και αγκυρώνεται οπλισμός ίσος με το 25% του οπλισμού ανοίγματος και σε μήκος ίσο με το 0.20 του ανοίγματος
  - Στις γωνίες με παρεμπόδιση ανύψωσης διατάσσεται κατάλληλος οπλισμός
  - Κατά μήκος ελεύθερου άκρου τοποθετείται οπλισμός όπως στο Σχήμα 9.8. Ο οπλισμός κάμψης μπορεί να διαμορφωθεί ως οπλισμός άκρου



Σχήμα 9.8 : Οπλισμός ελεύθερου άκρου πλάκας

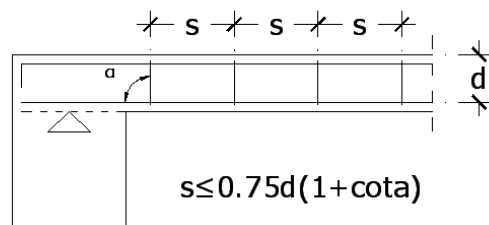
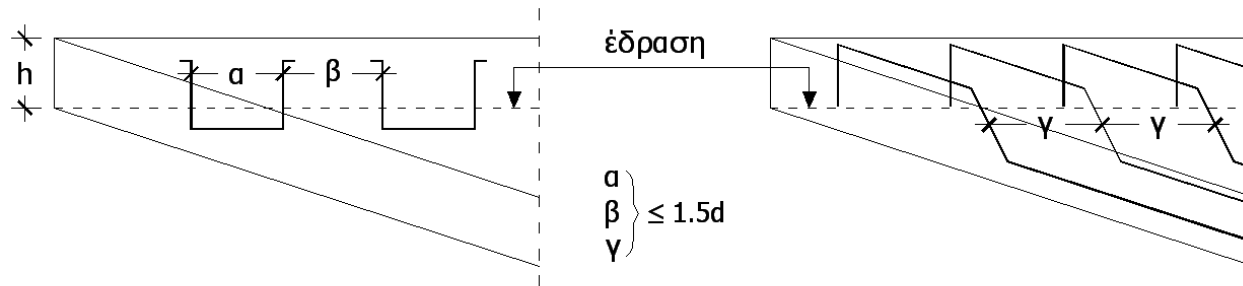
## 9.3 Συμπαγείς πλάκες (3/3)

### 9.3.2 Οπλισμός διάτμησης

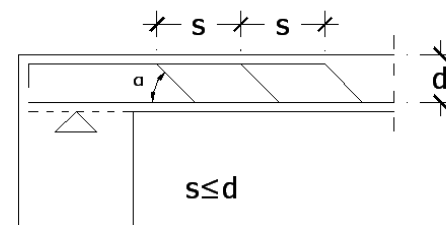
- Πλάκες με οπλισμό διάτμησης πρέπει να έχουν πάχος  $h \geq 200\text{mm}$
- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού διάτμησης όπως στις δοκούς:

$$\rho_w \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

- Εφόσον  $V \leq 1/3 V_{Rd,max}$  επιτρέπεται η διάταξη μόνο κεκαμμένων ράβδων
- Μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των οπλισμών διάτμησης όπως στο σχήμα:



Συνδετήρες

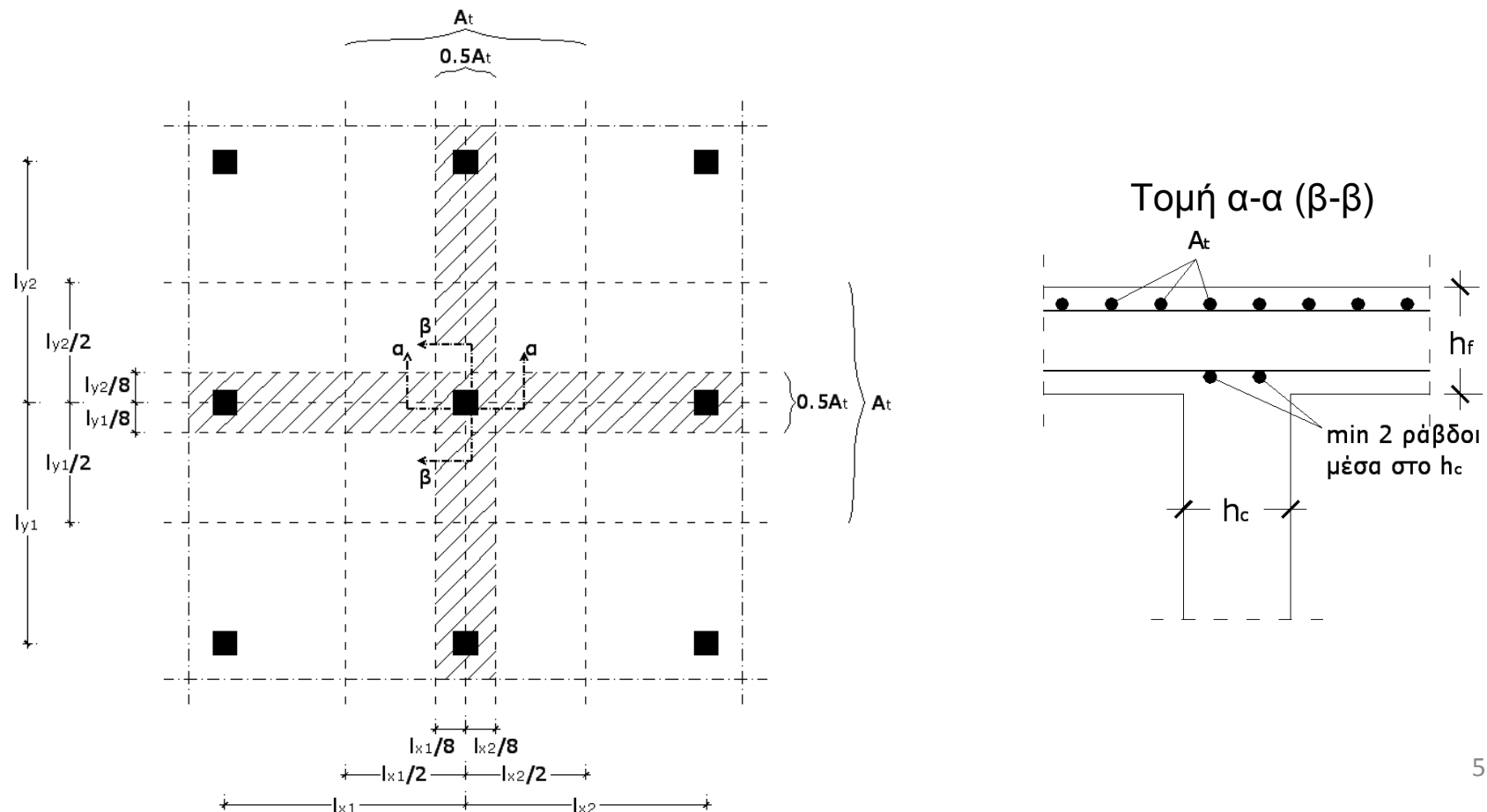


Κεκαμμένες ράβδοι

## 9.4 Μυκητοειδείς πλάκες (1/4)

### 9.4.1 Οπλισμός κάμψης επί εσωτερικών υποστυλωμάτων

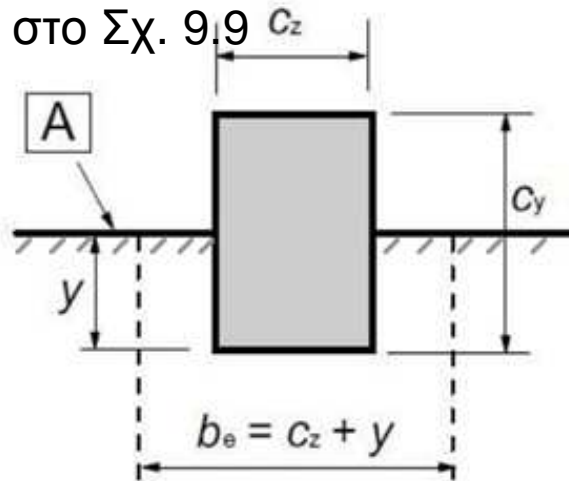
- Εάν δε γίνεται ακριβέστερος υπολογισμός επιτρέπεται πύκνωση του απαιτούμενου άνω οπλισμού κάμψης  $A_t$  πάνω από τα υποστυλώματα, όπως στο σχήμα
- Απαιτούνται οπλισμοί κάτω παρειάς, όπως στην τομή



## 9.4 Μυκητοειδείς πλάκες (2/4)

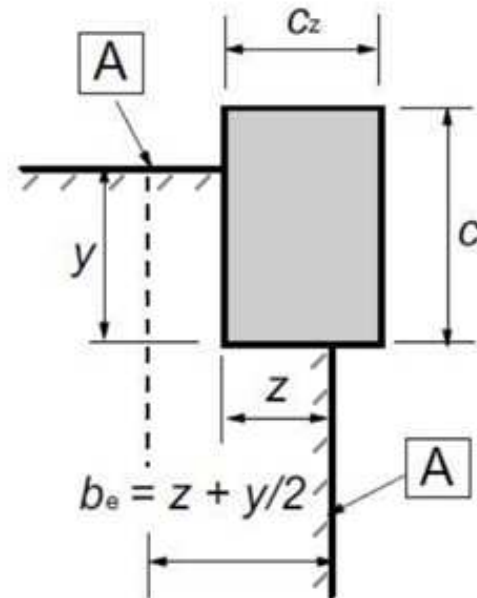
### 9.4.2 Οπλισμός κάμψης επί περιμετρικών υποστυλωμάτων

- Ο οπλισμός κάθετα σε ελεύθερο όριο της πλάκας που απαιτείται για τη μεταβίβαση καμπτικών ροπών από την πλάκα σε περιμετρικό ή γωνιακό υποστύλωμα πρέπει να τοποθετείται εντός του συνεργαζόμενου πλάτους  $b_e$ , όπως φαίνεται στο Σχ. 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**

Σχήμα 9.9 Συνεργαζόμενο πλάτος περιμετρικών υποστυλωμάτων μυκητοειδών πλακών

## 9.4 Μυκητοειδείς πλάκες (3/4)

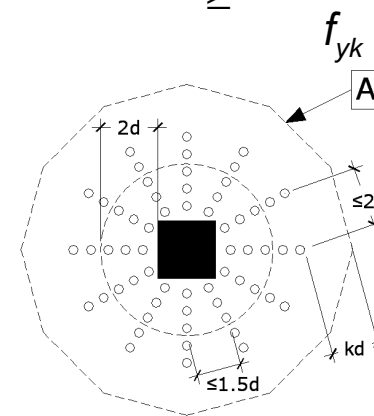
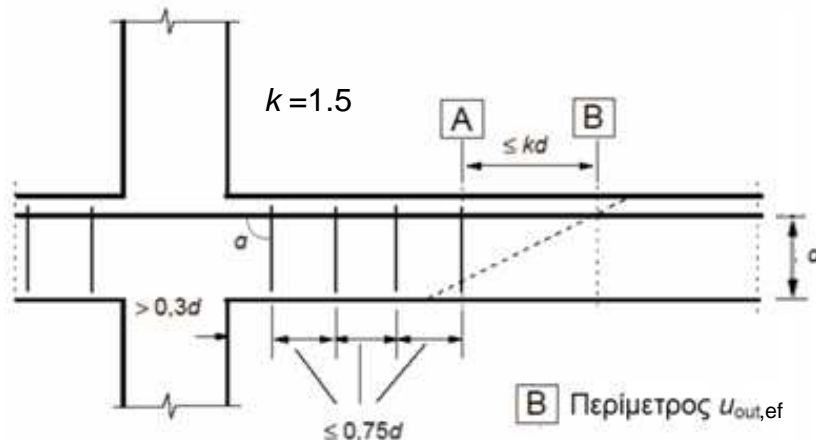
### 9.4.3 Οπλισμός διάτρησης

- Αποτελείται από συνδετήρες, συνδέσμους ή κεκαμμένες ράβδους
- Συνδετήρες ή σύνδεσμοι τοποθετούνται σε δύο τουλάχιστον περιμέτρους, μεταξύ της περιμέτρου του υποστυλώματος και της εξωτερικής περιμέτρου **A** (βλ. Σχήμα 9.10α)

– Απόσταση μεταξύ συνδετήρων διαδοχικών περιμέτρων:  $s_r \leq 0.75d$

– Απόσταση μεταξύ σκελών συνδετήρων κατά μήκος της περιμέτρου  $s_t \leq 1.5d$  σε περιμέτρους που απέχουν  $< 2d$  από το υποστύλωμα  
 $s_t \leq 2.0d$  σε εξώτερες περιμέτρους

– Διατομή σκέλους συνδετήρων:  $\frac{A_{sw,min} \cdot (1.5s_t \sin \alpha + s_r \cos \alpha)}{s_r \cdot s_t} \geq \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$



**A** Περίμετρος  $u_{out}$

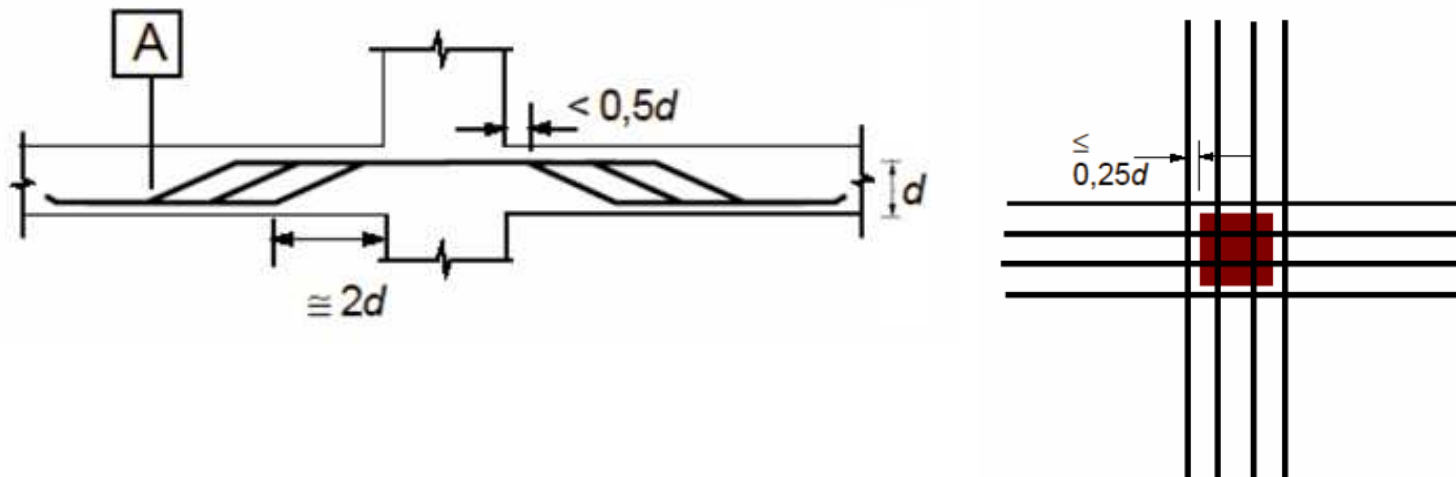
Σχήματα 9.10α, 6.22 Διάταξη συνδετήρων έναντι διάτρησης



## 9.4 Μυκητοειδείς πλάκες (4/4)

### 9.4.3 Οπλισμός διάτρησης

- Κεκαμμένες διαμήκειες ράβδοι λαμβάνονται υπόψη ως οπλισμός διάτρησης εφόσον διέρχονται μέσα από το υποστύλωμα ή απέχουν  $< 0.25d$  από αυτό. Η πρώτη κεκαμμένη ράβδος πρέπει να απέχει από το υποστύλωμα  $< 0.50d$  (βλ. Σχήμα 9.10b)



b) Αποστάσεις μεταξύ καμπτόμενων ράβδων

Σχήματα 9.10b Διάταξη κεκαμμένων ράβδων έναντι διάτρησης

## 9.5 Υποστυλώματα (1/8)

### 9.5.1 Γεωμετρικές διατάξεις

- Υποστύλωμα θεωρείται κατακόρυφο στοιχείο με λόγο διαστάσεων διατομής:  $h_c/b_c \leq 4.0$ , όπου  $h_c \geq b_c$

#### Γεωμετρικές διατάξεις υποστυλωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4, 5.5)

- Διαστάσεις διατομής (EC8 – 5.4.1.2.2, 5.5.1.2.2):

- Υποστυλώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ με συντελεστή μεταθετότητας ορόφου  $\theta > 0.1$ :  $b_c \geq l_{max}/10$
- Υποστυλώματα ΚΠΥ:  $b_c \geq 250\text{mm}$

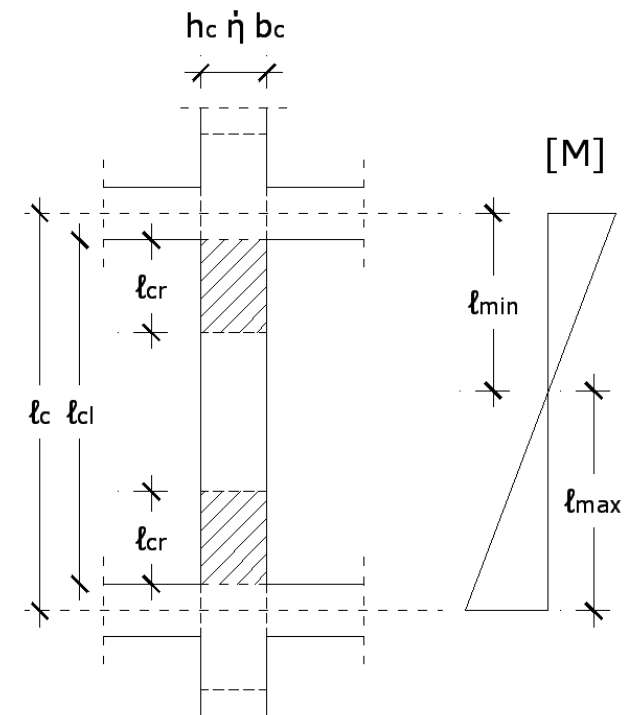
- Εμβαδόν διατομής (EC8 – 5.4.3.2.1, 5.5.3.2.1):

- Υποστυλώματα ΚΠΜ :  $v_d = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd}) \leq 0.65$
- Υποστυλώματα ΚΠΥ :  $v_d = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd}) \leq 0.55$

- Κρίσιμες περιοχές (EC8 – 5.4.3.2.2, 5.5.3.2.2)

$$l_{cr} = l_{cl} \text{ εφόσον } l_c/h_c < 3$$

- Υποστυλώματα ΚΠΜ :  $l_{cr} = \max(h_c, l_c/6, 450\text{mm})$
- Υποστυλώματα ΚΠΥ :  $l_{cr} = \max(1.5h_c, l_c/6, 600\text{mm})$



## 9.5 Υποστυλώματα (2/8)

### 9.5.2 Διαμήκης οπλισμός

- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων:  $\varnothing_{min} \geq 8\text{mm}$
- Συνολική διατομή διαμήκων ράβδων

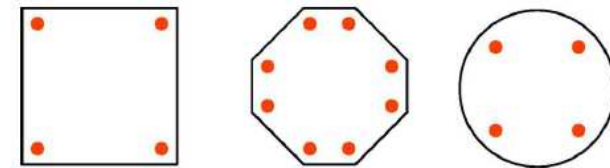
$$A_{s,min} = 0.10 \cdot N_{Ed} / f_{yd} \geq 0.002 \cdot A_c$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c \quad (\text{περιοχή υπερκάλυψης: } A_{s,max} = 0.08 \cdot A_c)$$

- Διάταξη και ελάχιστο πλήθος ράβδων στη διατομή

Πολυγωνικές: μία ράβδος ανά κορυφή

Κυκλικές: τουλάχιστον 4 ράβδοι



### Υποστυλώματα: Ποσοστό και διάταξη διαμήκων ράβδων (EC8 – 5.4.3.2.2, 5.5.3.2.2)

- Υποστυλώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ:
  - Συνολικό ποσοστό διαμήκων ράβδων:  $0.01 \leq \rho_{L,tot} \leq 0.04$
  - Σε συμμετρικές διατομές τοποθετείται συμμετρικός οπλισμός στις απέναντι πλευρές ( $\rho_L = \rho_L'$ )
  - Στο ύψος του κόμβου απαιτείται μία τουλάχιστον ενδιάμεση ράβδος σε κάθε πλευρά του υποστυλώματος
- Υποστυλώματα ΚΠΥ:
  - Στον κατώτατο όροφο απαιτείται  $\rho_{L,πόδα} \geq \rho_{L,κεφαλής}$

## 9.5 Υποστυλώματα (3/8)

### 9.5.2 Διαμήκης σπλισμός

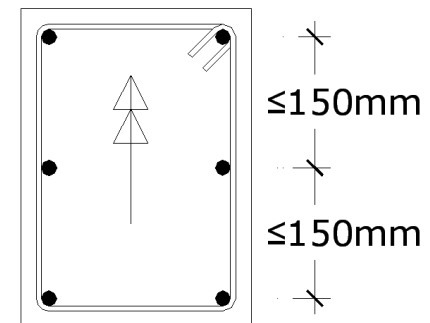
Υποστυλώματα: Αγκύρωση ή υπερκάλυψη διαμήκων ράβδων (EC8 – 5.6.2.1)

- Υποστυλώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ:
  - Κατά τον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης ή υπερκάλυψης ράβδων των κρίσιμων περιοχών λαμβάνεται  $A_{s,req} / A_{s,prov} = 1.0$
  - Εφόσον υπό το σεισμικό συνδυασμό εμφανίζεται εφελκυστική αξονική δύναμη, τα μήκη αγκύρωσης αυξάνονται κατά 50%

## 9.5 Υποστυλώματα (4/8)

### 9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός

- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων:  $\varnothing_{w,min} = \max(6\text{mm}, \varnothing_{L,max}/4)$
- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων συγκολλητών πλεγμάτων:  $\varnothing_{min} = 5\text{mm}$
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων:  $s_{cl,tmax} = \min(20\varnothing_{L,min}, b_c, 400\text{mm})$
- Απαιτείται απόσταση  $0.6 \cdot s_{cl,tmax}$  στις ακόλουθες περιοχές:
  - Στα άκρα (κεφαλή, πόδας) σε μήκος  $h_c$
  - Στο μήκος υπερέκτασης εφόσον  $\varnothing_{L,max} > 14\text{mm}$ , όπου απαιτούνται τουλάχιστον 3 συνδετήρες
- Σε περιοχές εκτροπής των ράβδων με κλίση  $>(1:12)$  (π.χ. θέση μεταβολής της διατομής του υποστυλώματος), οι δυνάμεις εκτροπής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη διάταξη των συνδετήρων
- Ράβδοι σε γωνίες συγκρατούνται από εγκάρσιο οπλισμό
- Διαμήκεις ράβδοι της θλιβόμενης παρειάς δεν επιτρέπεται να απέχουν  $>150\text{mm}$  από συγκρατούμενη ράβδο



## 9.5 Υποστυλώματα (5/8)

### 9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός

#### Υποστυλώματα ΚΠΜ: Εγκάρσιος οπλισμός κρίσιμων περιοχών (EC8 – 5.4.3.2.2)

- Ελάχιστες απαιτήσεις περίσφιξης κρίσιμων περιοχών σε κάθε περίπτωση:
  - Απόσταση συνδετήρων:  $s = \min(b_o/2, 8\phi_{L,min}, 175\text{mm})$ , όπου  $b_o$  η ελάχιστη διάσταση του περισφιγμένου πυρήνα
  - Απόσταση μεταξύ συγκρατούμενων διαμήκων ράβδων  $\leq 200\text{mm}$
- Απαιτείται έλεγχος επάρκειας του οπλισμού περίσφιξης, σύμφωνα με τη διαδικασία που ακολουθεί, μόνο στην κρίσιμη περιοχή του πόδα του κατώτατου ορόφου και εφόσον για την απαιτούμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων  $\mu_{\phi,hc}$  προκύπτει  $\varepsilon_{cu2} > 3.5\%$  (κίνδυνος απώλειας επικάλυψης)
  - Απαιτείται:  $\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\phi,hc} \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot (b_c/b_o) - 0.035$  (5.15)

όπου  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ : συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιξης

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

$\mu_{\phi,hc}$  = απαιτούμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων στο επίπεδο της πλευράς  $h_c$

## 9.5 Υποστυλώματα (6/8)

### 9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός

Υποστυλώματα ΚΠΜ: Εγκάρσιος οπλισμός κρίσιμων περιοχών (EC8 – 5.4.3.2.2)

$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$  συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιξης

ορθογωνικές διατομές

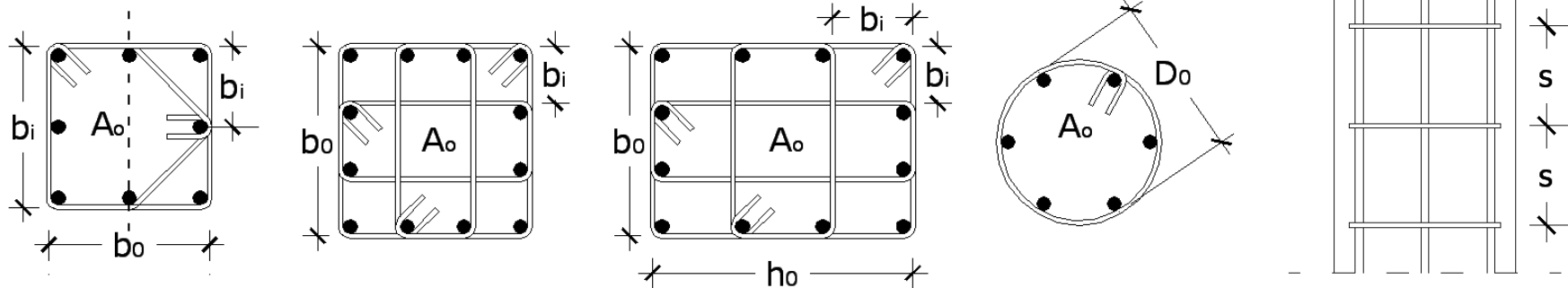
$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o \cdot h_o}$$

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

κυκλικές διατομές

$$\alpha_n = 1, \quad \alpha_s = (1 - s/2D_o)^e$$

συνδετήρες:  $e = 2$ , σπείρα:  $e = 1$



- Στον πόδα του κατώτατου ορόφου απαιτείται μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιξης  $\omega_{wd} \geq 0.08$
- Στον πόδα του κατώτατου ορόφου, αντί των παραπάνω υπολογισμών, οι συνδετήρες υπολογίζονται σύμφωνα με τις διατάξεις του EC2 εφόσον:

$$v_d = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) < 0.2 \quad \text{και} \quad q_{factor} \leq 2.0$$

## 9.5 Υποστυλώματα (7/8)

### 9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός

#### Υποστυλώματα ΚΠΥ: Πρόσθετες απαιτήσεις στις κρίσιμες περιοχές (EC8 – 5.5.3.2.2)

- Ελάχιστες απαιτήσεις περίσφιξης
  - Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων ή συνδέσμων:  $\varnothing_{w,min} \geq (\varnothing_{L,max} / 2.5) \sqrt{f_{ydL} / f_{ydw}}$
  - Απόσταση συνδετήρων:  $s = \min(b_d/3, 6\varnothing_{L,min}, 125\text{mm})$
  - Απόσταση μεταξύ συγκρατούμενων διαμήκων ράβδων:  $\leq 150\text{mm}$
  - Στους δύο κατώτερους ορόφους το ύψος των κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων αυξάνεται σε  $1.5l_{cr}$
- Ελάχιστες τιμές του μηχανικού ογκομετρικού συντελεστή συνδετήρων:
  - Πόδας κατώτατου ορόφου:  $\omega_{wd} \geq 0.12$
  - Σε όλες τις υπόλοιπες θέσεις:  $\omega_{wd} \geq 0.08$
- Απαιτείται έλεγχος επάρκειας του οπλισμού περίσφιξης στις κρίσιμες περιοχές καθύψος του στύλου όπου  $\varepsilon_{cu2} > 3.5\text{‰}$ , με εφαρμογή της μεθόδου που αναφέρθηκε στους στύλους ΚΠΜ. Εφόσον το υποστύλωμα είναι προστατευμένο στην ανωδομή έναντι δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων με τη διαδικασία του ικανοτικού υπολογισμού κόμβου, επιτρέπεται στη σχέση 5.15 αντί  $\mu_{\phi,hc}$  να τεθεί  $(2/3)\mu_{\phi,hc}$  με εξαίρεση τον πόδα του κατώτατου ορόφου



## 9.5 Υποστυλώματα (8/8)

### Κόμβοι Δοκών - Υποστυλωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4.3.3, 5.5.3.3)

- Απαιτούνται κλειστοί συνδετήρες περίσφιξης όπως στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων
- Εφόσον και στις 4 πλευρές του κόμβου δοκοί με  $b_w \geq 0.75(b_c \text{ ή } h_c)$  επιτρέπεται αύξηση της απόστασης μεταξύ των συνδετήρων:  
$$s_{j,max} \leq \min(2s, 150\text{mm})$$
 όπου  $s$  η απόσταση στις κρίσιμες περιοχές
- Απαιτείται στο ύψος του κόμβου μία τουλάχιστον διαμήκης ράβδος ανά παρειά μεταξύ των γωνιακών ράβδων του στύλου

### Πρόσθετες διατάξεις για κόμβους ΚΠΥ (EC8 – 5.5.3.3)

- Παρέχονται εκφράσεις υπολογισμού τόσο των απαιτούμενων συνδετήρων όσο και των διαμήκων ράβδων που διέρχονται από τον κόμβο

## 9.6 Τοιχώματα (1/8)

### 9.6.1 Γενικά - γεωμετρικές διατάξεις

- Τοίχωμα θεωρείται κατακόρυφο στοιχείο με λόγο μήκους προς πάχος κορμού:  
 $l_w/b_{wo} > 4.0$
- Σε τοιχώματα που καταπονούνται σε κάμψη κυρίως εκτός επιπέδου (π.χ. δεξαμενές, τοίχοι αντιστήριξης) εφαρμόζονται οι διατάξεις περί πλακών

#### Τοιχώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ: Γεωμετρικές διατάξεις (EC8 – 5.4, 5.5)

- Πάχος κορμού (EC8 – 5.4.1.2.3):  
 $b_{wo} \geq \max(0.15\text{m}, h_s/20)$  όπου  $h_s$  το καθαρό ύψος του υπόψη ορόφου
- Πάχος περισφιγμένων άκρων (EC8-5.4.3.4.2)  
 $b_w \geq 0.20\text{m}$
- Ελάχιστο εμβαδό διατομής (EC8 – 5.4.3.4.1, 5.5.3.4.1):  
Τοιχώματα ΚΠΜ :  $v_d = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd}) \leq 0.40 \Rightarrow A_c \geq N_{Ed}/(0.40 \cdot f_{cd})$   
Τοιχώματα ΚΠΥ :  $v_d = N_{Ed}/(A_c \cdot f_{cd}) \leq 0.35 \Rightarrow A_c \geq N_{Ed}/(0.35 \cdot f_{cd})$

## 9.6 Τοιχώματα (2/8)

### 9.6.1 Γενικά - γεωμετρικές διατάξεις

#### Τοιχώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ: Γεωμετρικές διατάξεις (EC8 – 5.4, 5.5)

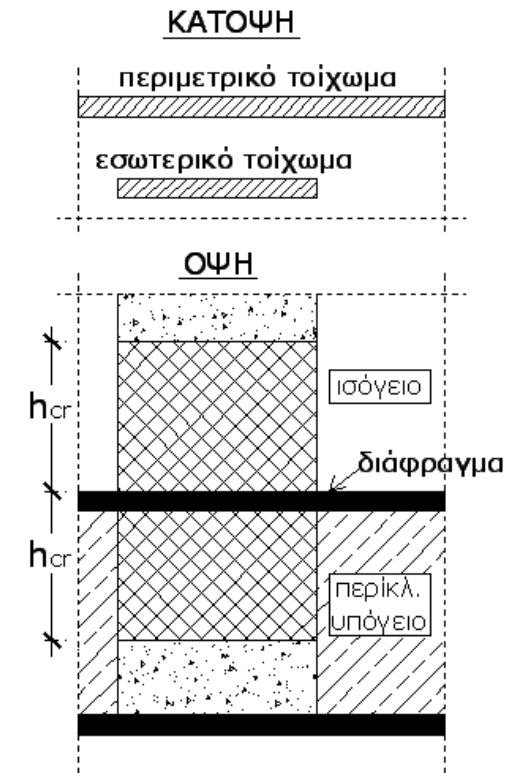
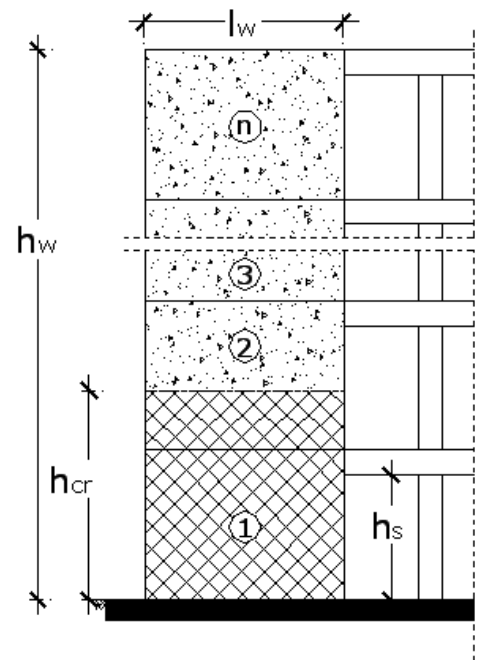
- Κρίσιμο ύψος (EC8 – 5.4.3.4.2):

$$h_{cr} = \max(l_w, h_w/6)$$

αλλά και:

$$h_{cr} \leq \min(2l_w, h_s) \quad \text{για } n \leq 6$$

$$h_{cr} \leq \min(2l_w, 2h_s) \quad \text{για } n \geq 7$$



- Σε τοιχώματα εντός περικλειστού υπογείου, ως κρίσιμο θεωρείται ύψος  $h_{cr}$  τόσο πάνω από το διάφραγμα οροφής υπογείου, όσο και ίσο ύψος κάτω από την οροφή υπογείου (EC8-5.8.1.5)

## 9.6 Τοιχώματα (3/8)

### 9.6.1 Γενικά - γεωμετρικές διατάξεις

#### Τοιχώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ: Γεωμετρικές διατάξεις (EC8 – 5.4, 5.5)

- Περισφιγμένα άκρα τοιχωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)

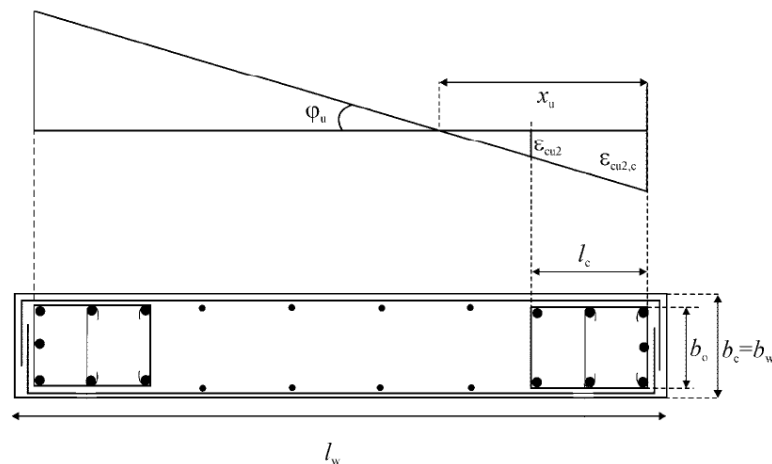
Περιοχές στα άκρα της διατομής με μήκος  $l_c$  και πάχος  $b_w \geq b_{w0}$  που εκτείνονται στο κρίσιμο μήκος  $h_{cr}$ :

$$l_c = x_u (1 - \varepsilon_{cu2} / \varepsilon_{cu2,c}) \quad (\text{βλ. Σχήμα 5.8})$$

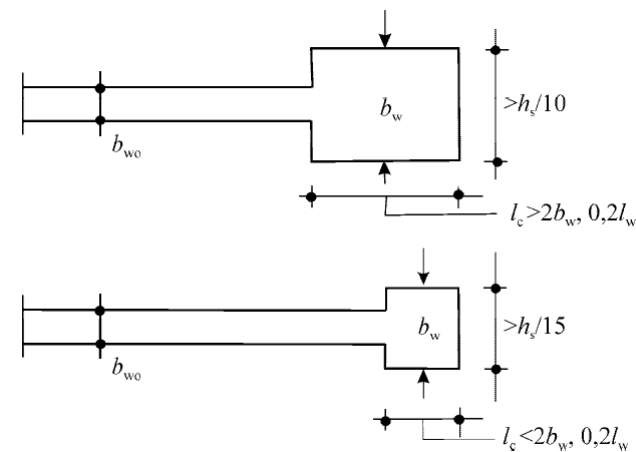
$$l_{c,min} \geq \max(0.15l_w, 1.5b_w) \quad \text{και } b_w \geq 200\text{mm}$$

$$\text{Εάν } l_c \leq \max(0.2l_w, 2b_w) \quad \text{απαιτείται } b_w \geq h_s/15 \quad (\text{βλ. Σχήμα 5.10})$$

$$\text{Εάν } l_c > \max(0.2l_w, 2b_w) \quad \text{απαιτείται } b_w \geq h_s/10$$



Σχήμα 5.8 Περισφιγμένο ελεύθερο άκρο τοιχώματος



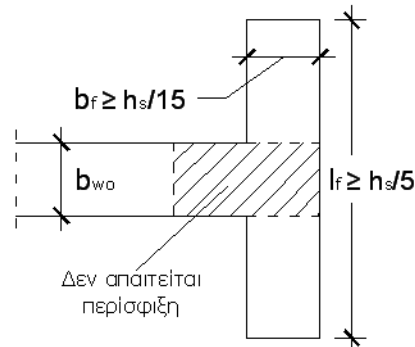
Σχήμα 5.10 Ελάχιστο πάχος περισφιγμένων στοιχείων άκρων

## 9.6 Τοιχώματα (4/8)

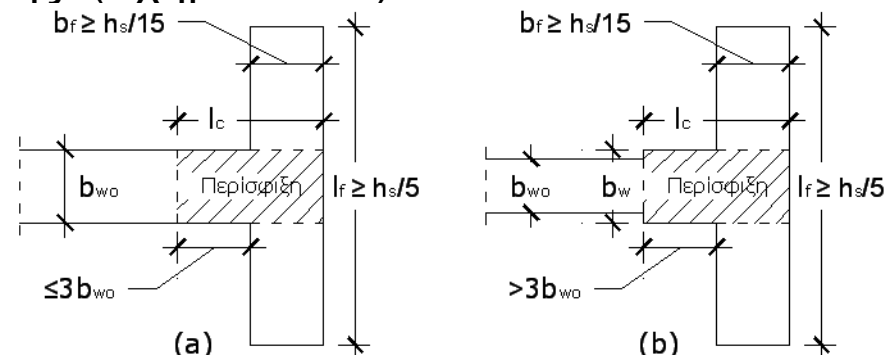
### 9.6.1 Γενικά - γεωμετρικές διατάξεις

#### Τοιχώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ: Γεωμετρικές διατάξεις (EC8 – 5.4, 5.5)

- Περισφιγμένα άκρα τοιχωμάτων με εγκάρσια πέλματα (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)
  - Σε τοίχωμα ΚΠΜ με εγκάρσιο πέλμα (Τ ή L κ.τ.λ.) διαστάσεων  $b_f \geq h_s/15$  και  $l_f \geq h_s/5$  δεν απαιτείται περίσφιξη άκρου (βλ. Σχήμα 5.9), ενδέχεται όμως να απαιτηθεί περίσφιξη των άκρων του πέλματος για κάμψη εκτός επιπέδου. Εάν  $b_f < h_s/15$  ή  $l_f < h_s/5$  απαιτείται διαμόρφωση περισφιγμένου άκρου, όπως στα ορθογωνικά τοιχώματα
  - Σε τοίχωμα ΚΠΥ με εγκάρσιο πέλμα ως άνω απαιτείται πάντα περίσφιξη άκρου, αλλά όχι διαπλάτυνση ( $b_w = b_{wo}$ ) εφόσον  $l_c \leq b_f + 3b_{wo}$  (Σχήμα 5.11α). Εάν  $l_c > b_f + 3b_{wo}$  το πάχος του άκρου ( $b_w \geq b_{wo}$ ) προκύπτει από τις διατάξεις των τοιχωμάτων ορθογωνικής διατομής (Σχήμα 5.11β).



Σχήμα 5.9 Τοίχωμα ΚΠΜ με επαρκές εγκάρσιο πέλμα



Σχήμα 5.11 Τοίχωμα ΚΠΥ με εγκάρσιο πέλμα

## 9.6 Τοιχώματα (5/8)

### 9.6.2 Κατακόρυφος οπλισμός

- Δε γίνεται διάκριση κατακόρυφου οπλισμού άκρων και κορμού
  - $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c$ ,  $A_{sv,max} = 0.04 \cdot A_c$ ,  $s_{v,max} = \min(3b_{wo}, 400\text{mm})$
  - Εφόσον αρκεί ο  $A_{sv,min}$ , ο οπλισμός μοιράζεται στις δύο επιμήκεις παρειές

### 9.6.3 Οριζόντιος οπλισμός

- $A_{sh,min} = \max(0.001 \cdot A_c, 0.25 \cdot A_{sv})$ ,  $s_{h,max} = 400\text{mm}$

### 9.6.4 Εγκάρσιος οπλισμός

- Εφόσον ο κύριος οπλισμός μοιράζεται στις όψεις του τοιχώματος, απαιτούνται εγκάρσιοι σύνδεσμοι: 4 ανά  $\text{m}^2$  όψης
- Σε περιπτώσεις όπου γενικά ή και τοπικά  $A_{sv} > 0.02 \cdot A_c$  απαιτούνται εγκάρσιοι σύνδεσμοι όπως στα υποστυλώματα (βλ. 9.5.3). Η πύκνωση των συνδέσμων σε πόδα και κεφαλή απαιτείται σε ύψος  $4b_{wo}$

## 9.6 Τοιχώματα (6/8)

### Οπλισμός κορμού τοιχωμάτων (EC8 – 5.5.3.4.5)

- Ο κατακόρυφος οπλισμός κορμού συνυπολογίζεται στην καμπτική αντοχή
- Τοιχώματα ΚΠΜ: Δεν υπάρχουν πρόσθετες διατάξεις
- Τοιχώματα ΚΠΥ: Ο οπλισμός κορμού διατάσσεται σε δύο σχάρες, όπου:
  - Ελάχιστα ποσοστά:  $\rho_{v,min} = \rho_{h,min} = 2.0\text{‰}$
  - Διάμετρος ράβδων:  $\emptyset \geq 8\text{mm}$ , αλλά και  $\emptyset \leq b_{wo}/8$
  - Απόσταση ράβδων:  $s_{max} \leq \min(25\emptyset, 250\text{mm})$
  - Εγκάρσιοι σύνδεσμοι συγκράτησης των σχαρών: 4 ανά  $\text{m}^2$  όψης
  - Οπλισμός συρραφής αρμών διακοπής σκυροδέτησης:

$$\rho_{v,min} = \frac{1.3f_{ctd} - (N_{Ed} / A_w)}{f_{yd} (1 + 1.5\sqrt{f_{cd} / f_{yd}})} \geq 2.5\text{‰} \quad \text{όπου:}$$

$A_w$ : Συνολική επιφάνεια διατομής τοιχώματος

$N_{ed}$ : Αξονική δύναμη σχεδιασμού (θετική για θλίψη)

## 9.6 Τοιχώματα (7/8)

### Όπλιση άκρων κρίσιμου ύψους τοιχωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)

- Ελάχιστες απαιτήσεις όπλισης άκρων:
  - Ποσοστό διαμήκους οπλισμού:  $\rho_{min} = 5.0\%$  του άκρου. Πάνω από το κρίσιμο ύψος απαιτείται  $\rho_{min} = 5.0\%$  μόνο στο ακραίο θλιβόμενο τμήμα της διατομής όπου  $\varepsilon_c > 2.0\%$
  - Απόσταση μεταξύ συγκρατούμενων ράβδων:  
ΚΠΜ:  $\leq 200\text{mm}$ , ΚΠΥ:  $\leq 150\text{mm}$
  - Μεταξύ συγκρατούμενων ράβδων επιτρέπεται μόνο μία ελεύθερη ράβδος
  - Διάταξη συνδετήρων ή συνδέσμων:  
ΚΠΜ:  $s_{max} \leq \min(b_d/2, 8\varnothing_{L,min}, 175\text{mm})$   
ΚΠΥ:  $s_{max} \leq \min(b_d/3, 6\varnothing_{L,min}, 125\text{mm})$ ,  $\varnothing_{w,min} \geq (\varnothing_{L,max} / 2.5) \sqrt{f_{ydL} / f_{ydw}}$
  - Σε τοιχώματα ΚΠΥ απαιτείται διαμόρφωση περισφιγμένων άκρων σε έναν ακόμη όροφο πάνω από το  $h_{cr}$  αλλά με το μισό οπλισμό περισφιξης του  $h_{cr}$



## 9.6 Τοιχώματα (8/8)

### Περίσφιξη άκρων κρίσιμου ύψους ορθογωνικών τοιχωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)

– Τοιχώματα ΚΠΜ:  $\omega_{wd} \geq 0.08$ , Τοιχώματα ΚΠΥ:  $\omega_{wd} \geq 0.12$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\varphi} \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot (b_c / b_o) - 0.035 \quad (5.20) \quad (\text{βλ. Σχήμα 5.8})$$

όπου:  $\omega_v = \rho_v (f_{yd,v} / f_{cd})$  το μηχανικό ποσοστό του κατακόρυφου οπλισμού κορμού.  
Οι υπόλοιπες παράμετροι ορίζονται στις διατάξεις περίσφιξης υποστυλωμάτων

### Περίσφιξη άκρων κρίσιμου ύψους τοιχωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ με διαπλάτυνση άκρων ή εγκάρσια πέλματα (EC8 – 5.4.3.4.2, 5.5.3.4.5)

• Διαδικασία ελέγχου επάρκειας περίσφιξης με τη σχέση (5.20)

– Υπολογισμός των παραμέτρων  $v_d$ ,  $\omega_v$  ως εξής:

$$v_d = N_{Ed} / (h_c \cdot b_c \cdot f_{cd}), \quad \omega_v = \rho_v (f_{yd,v} / f_{cd}) = (A_{sv} / h_c \cdot b_c) (f_{yd,v} / f_{cd})$$

όπου αρχικά τίθεται:  $h_c = l_w$ ,  $b_c = b_w$  ή  $l_f$  (βλ. Σχήμα 5.10, 5.11)

– Υπολογισμός του μήκους της θλιβόμενης ζώνης  $x_u$ :

$$x_u = (v_d + \omega_v) (l_w \cdot b_c / b_o) \quad \text{όπου } b_o \text{ το περισφιγμένο πλάτος του } b_w \text{ ή } l_f$$

– Εάν η θλιβόμενη ζώνη δεν υπερβαίνει το μήκος της διαπλάτυνσης  $l_c$  ή το πάχος του πέλματος  $b_f$  ( $x_u \leq l_c$  ή  $b_f$ ), εφαρμόζεται η σχέση 5.20 με τις παραπάνω τιμές των  $v_d$ ,  $\omega_v$ ,  $b_c$  και  $b_o$

– Εάν  $x_u > (l_c$  ή  $b_f)$  εφαρμόζεται η γενική μέθοδος της §5.4.3.4.2(5)b

## 9.7 Υψίκορμες δοκοί

- Δοκός θεωρείται υψίκορμη εφόσον:  $l < 3h$
- Εκτός του κύριου διαμήκου οπλισμού τοποθετείται σχάρα στις δύο όψεις με ελάχιστο ποσοστό οπλισμού ανά διεύθυνση  $\rho_{s,dbmin}$

$$\rho_{s,dbmin,v} = \rho_{s,dbmin,h} = 1.0\text{‰} \text{ αλλά και } \geq 150\text{mm}^2/\text{m} \rightarrow (\approx \text{Ø}8/300)$$

$$\text{Απόσταση μεταξύ των ράβδων: } s_{max} \leq \min(2b_w, 300\text{mm})$$

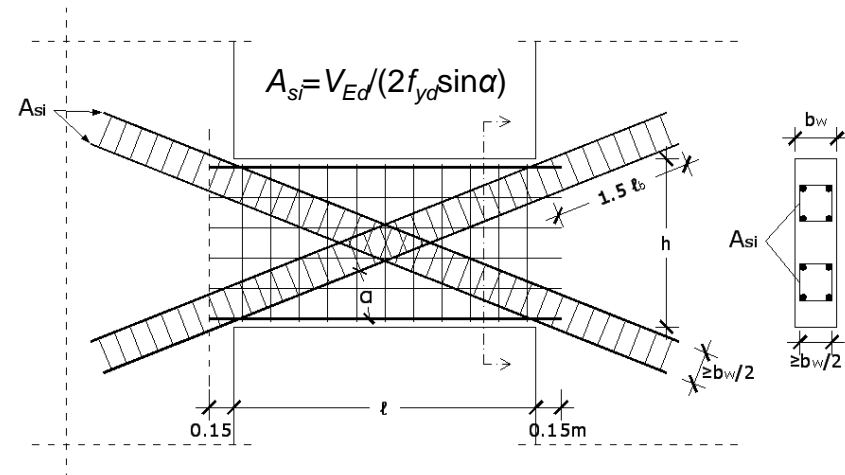
### Δοκοί σύζευξης τοιχωμάτων ΚΠΥ (EC8 – 5.5.3.5)

- Εφαρμόζονται οι διατάξεις δοκών ΚΠΥ εφόσον ισχύει ένα από τα δύο:

$$l \geq 3h \text{ ή } V_{Ed} \leq f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

- Εάν  $l < 3h$  και  $V_{ed} > f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$  τοποθετείτε δισδιαγώνιος οπλισμός  $A_{si}$  με μορφή κλωφί στύλου πλευράς  $\geq b_w/2$

- Διατάσσονται συνδετήρες όπως στην κρίσιμη περιοχή στύλων ΚΠΥ
- Μήκος αγκύρωσης του  $A_{si}$ :  $1.50l_{bd}$
- Τοποθετούνται επιπλέον οι ελάχιστοι διαμήκεις και εγκάρσιοι οπλισμοί υψίκορμων δοκών του EC2

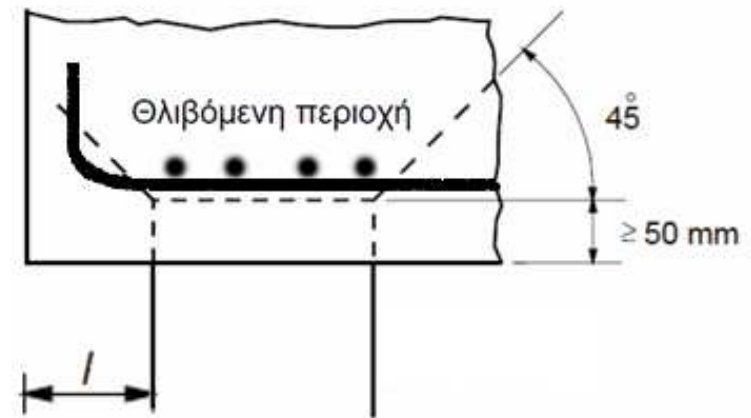


Σχήμα 5.12 Δοκός σύζευξης με δισδιαγώνιο οπλισμό

## 9.8 Θεμελιώσεις (1/5)

### 9.8.1 Κεφαλόδεσμοι

- Οι κύριοι οπλισμοί υπολογίζονται είτε με μοντέλο θλιπτήρα-ελκυστήρα, είτε με την καμπτική μέθοδο
- Οι κύριοι εφελκυόμενοι οπλισμοί  $A_{sL}$  συγκεντρώνονται στις ζώνες μεταξύ των πασσάλων ( $\varnothing_{sL} \geq 8\text{mm}$ )
- Εφόσον  $A_{sL,req} \leq A_{sL,min}$  δεν απαιτείται εγκάρσιος οπλισμός
- Το μήκος  $l$  της προεξοχής του κεφαλόδεσμου πρέπει να επαρκεί για την αγκύρωση των εφελκυόμενων ράβδων
- Περιορισμός του μήκους αγκύρωσης των κύριων εφεκλυόμενων οπλισμών επιτυγχάνεται με:
  - Θεώρηση της εγκάρσιας θλίψης από την αντίδραση του πασσάλου στον υπολογισμό του μήκους αγκύρωσης  $l_{bd}$
  - Θεώρηση των εγκάρσιων κύριων ράβδων ως εγκάρσιου οπλισμού στο μήκος αγκύρωσης των διαμήκων
  - Χρήση εγκάρσιων συγκολλητών ράβδων



Σχήμα 9.11 Πάσσαλος - Κεφαλόδεσμος

## 9.8 Θεμελιώσεις (2/5)

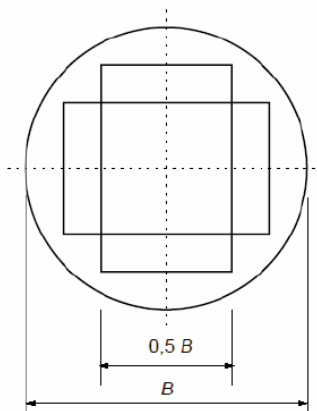
### 9.8.2 Πέδιλα υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων

#### 9.8.2.1 Γενικά

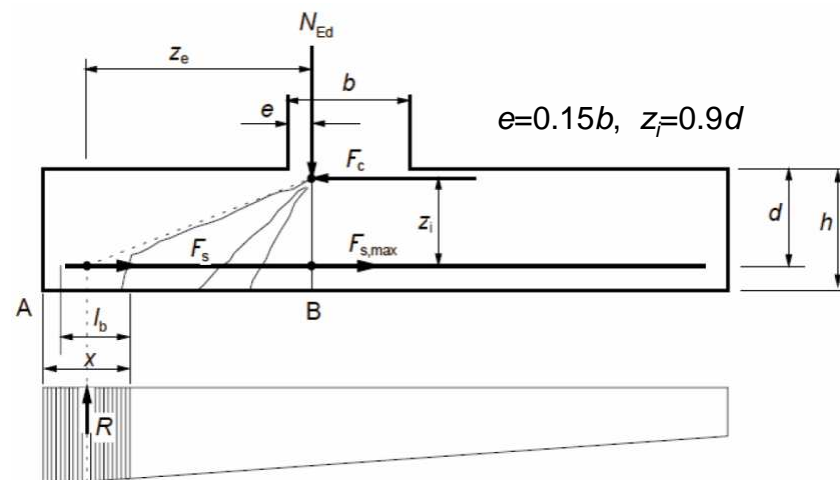
- Ελάχιστη διάμετρος κύριων οπλισμών:  $\emptyset 8$
- Σε κυκλικά πέδιλα ο κύριος οπλισμός κάτω πέλματος διατάσσεται σε σχάρα και μπορεί να συγκεντρωθεί σε κεντρικές ζώνες πλάτους  $(50 \pm 10)\%$  της διαμέτρου

#### 9.8.2.2 Υπολογισμός και αγκύρωση κύριου οπλισμού

- Εφελκυστική δύναμη  $F_s$  για τον υπολογισμό του κύριου οπλισμού στη θέση  $x$  λαμβανομένων υπόψη των λοξών ρηγμάτων:  $F_s = R \cdot z_e / z_i$  (βλ. Σχήμα 9.13)
- Εάν το διαθέσιμο μήκος ευθύγραμμης αγκύρωσης  $l_b$  δεν επαρκεί, οι ράβδοι μπορούν να καμφθούν ή να ληφθούν άλλα κατάλληλα μέτρα



Σχήμα 9.12 Κυκλικό πέδιλο



Σχήμα 9.13 Υπολογισμός και αγκύρωση κύριου οπλισμού

## 9.8 Θεμελιώσεις (3/5)

### 9.8.3 Συνδετήριες δοκοί

- Ελάχιστη διάμετρος διαμήκων ράβδων:  $\emptyset 8$
- Οι συνδετήριες δοκοί πρέπει να σχεδιάζονται και για ελάχιστο κατανεμημένο κινητό φορτίο  $q_1=10\text{kN/m}$  λόγω πιθανής επιφόρτισης από μηχανήματα συμπύκνωσης των επιχώσεων,

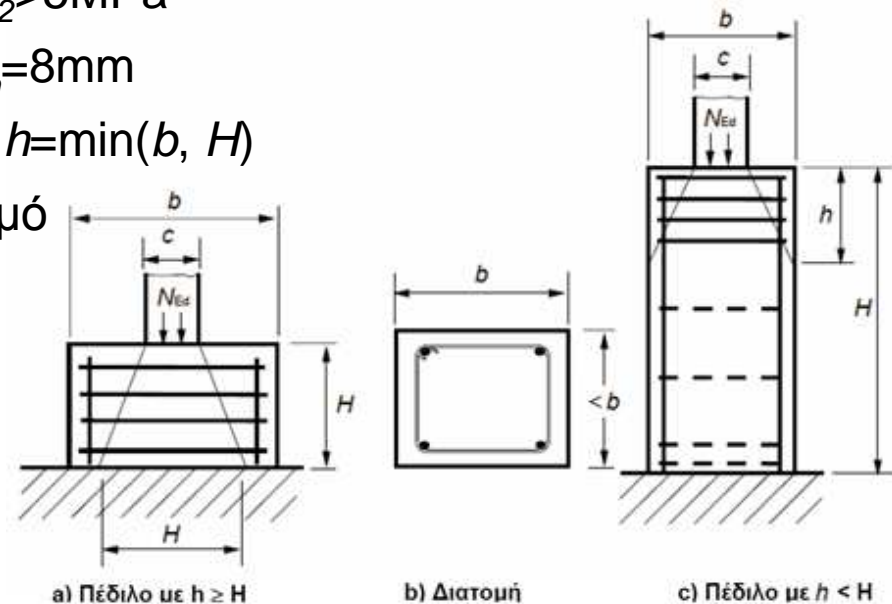
### 9.8.4 Πέδιλα υποστυλωμάτων επί βράχου

- Απαιτούνται επαρκείς συνδετήρες για την παραλαβή της δύναμης διάρρηξης για μέση πίεση στον αρμό εδάφους-πεδίλου  $q_2 > 5\text{MPa}$

- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων:  $\emptyset_{w,min} = 8\text{mm}$
- Ισοκατανομή των συνδετήρων σε ύψος  $h = \min(b, H)$

- Δύναμη διάρρηξης  $F_s$  για τον υπολογισμό των συνδετήρων (βλ. Σχήμα 9.14):

$$F_s = 0.25(1 - c/h)N_{Ed} \quad \text{όπου } h = \min(b, H)$$



## 9.8 Θεμελιώσεις (4/5)

### 9.8.5 Έγχυτοι πάσσαλοι

- Οι πάσης φύσεως οπλισμοί πρέπει να διατάσσονται με γνώμονα τη διευκόλυνση της ροής του σκυροδέματος
- Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός πασσάλων

Εμβαδό διατομής	Διάμετρος πασσάλου	Ελάχιστος διαμήκης οπλισμός
$A_c \leq 0.5\text{m}^2$	$\varnothing_p \leq 0.80\text{m}$	$A_s \geq 0.005A_c$
$0.5 < A_c \leq 1.0\text{m}^2$	$0.80\text{m} < \varnothing_p \leq 1.15\text{m}$	$A_s \geq 25\text{cm}^2$
$A_c > 1.0\text{m}^2$	$\varnothing_p > 1.15\text{m}$	$A_s \geq 0.0025A_c$

- Απαιτούνται τουλάχιστον 6 διαμήκεις ράβδοι  $\varnothing \geq 16\text{mm}$
- Καθαρή απόσταση μεταξύ των ράβδων  $\leq 200\text{mm}$

## 9.8 Θεμελιώσεις (5/5)

### Πεδιλοδοκοί ή Συνδετήριες δοκοί (EC8 – 5.8.2)

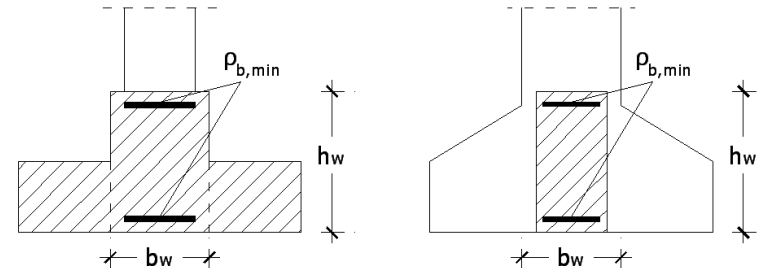
- Διαστάσεις διατομής (n: πλήθος υπέργειων ορόφων)

$$n \leq 3: b_w \geq 0.25\text{m}, h_w \geq 0.40\text{m}$$

$$n \geq 4: b_w \geq 0.25\text{m}, h_w \geq 0.50\text{m}$$

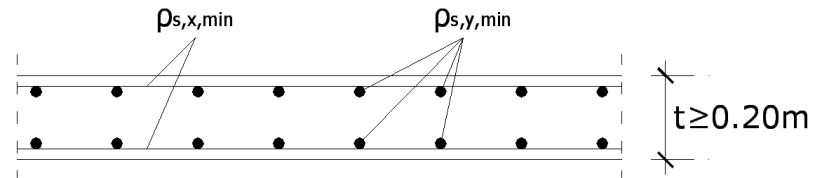
- Διαμήκης οπλισμός άνω και κάτω παρειάς

$$\rho_{b,min} = 4\text{‰}$$



### Συνδετήριες πλάκες στοιχείων θεμελίωσης (EC8 – 5.8.2)

- Ελάχιστο πάχος:  $t_{min} = 0.20\text{m}$
- Οπλισμός:  $\rho_{s,min} = 2\text{‰}$  ανά κατεύθυνση



### Κόμβοι σύνδεσης κατακόρυφων στοιχείων με στοιχεία θεμελίωσης (EC8 – 5.8.3)

- Οι κόμβοι σύνδεσης σχεδιάζονται σύμφωνα με τις διατάξεις κόμβων της ανωδομής (EC8-5.4.3.3, 5.5.3.3)
- Καμπυλώσεις ή άγκιστρα αγκύρωσης των διαμήκων ράβδων κατακόρυφων στοιχείων σε στοιχεία θεμελίωσης πρέπει να ασκούν θλίψη στο σώμα του κόμβου σύνδεσης

