

# ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ III

Γ. Παναγόπουλος, Λέκτορας Εφαρμογών  
Δ. Κακαλέτσης, Καθηγητής

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων (μέρος 1)

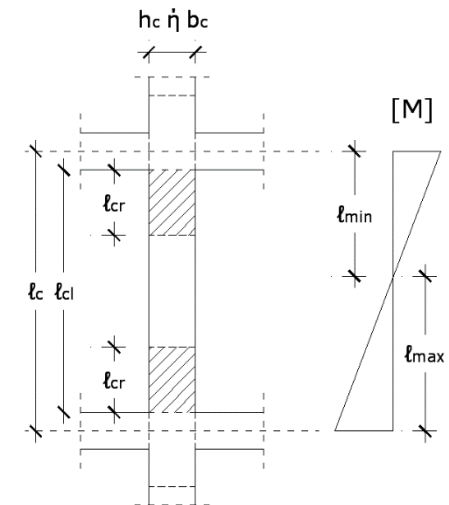
# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## Γεωμετρικές διατάξεις

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

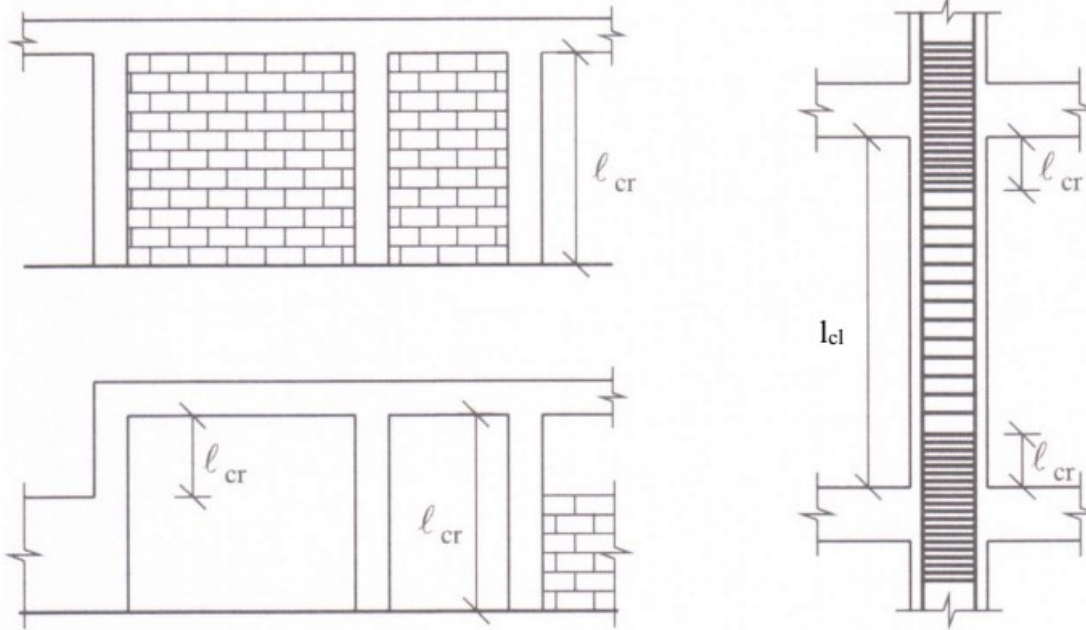
### Γεωμετρικές διατάξεις υποστυλωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4, 5.5)

- Διαστάσεις διατομής (EC8 – 5.4.1.2.2, 5.5.1.2.2):
  - Υποστυλώματα ΚΠΜ, ΚΠΥ με συντελεστή μεταθετότητας ορόφου  $\vartheta > 0.1$ :  $b_c \geq l_{max}/10$
  - 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)
  - $l_{cr} = l_{cl}$  εφόσον  $l_c/h_c < 3$
  - Υποστυλώματα ΚΠΜ :  $l_{cr} = \max(h_c, l_{cl}/6, 450\text{mm})$
  - Υποστυλώματα ΚΠΥ :  $l_{cr} = \max(1.5h_c, l_{cl}/6, 600\text{mm})$



# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## Κρίσιμες περιοχές



- Για κατασκευές DCH στους 2 κατώτερους ορόφους οι συνδετήρες που προδιαγράφονται για τις κρίσιμες περιοχές τοποθετούνται σε μήκος μεγαλύτερο από το κρίσιμο κατά 50%, δηλαδή σε συνολικό μήκος :  $l_{cr} + 0,5 l_{cr}$
- Όταν σε ένα υποστήλωμα ισχύει  $l_c / h_c < 3.0$  (όπου  $l_c$  το συνολικό μήκος του υποστηλώματος) τότε αυτό θεωρείται κρίσιμο σε όλο το μήκος του διότι τότε το υποστήλωμα έχει διατμητική (ψαθυρή) συμπεριφορά.

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## Διαμήκης οπλισμός

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

- Συνολική διατομή διαμήκων ράβδων

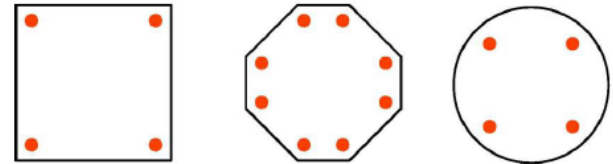
$$A_{s,min} = 0.10 \cdot N_{Ed} / f_{yd} \geq 0.002 \cdot A_c$$

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

- 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  $\rho_{L,πόδα} \geq \rho_{L,κεφαλής}$

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## Διαμήκης οπλισμός

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  $A_{s,req}/A_{s,prv} = 1.0$
  - Εφόσον υπό το σεισμικό συνδυασμό εμφανίζεται εφελκυστική αξονική δύναμη, τα μήκη αγκύρωσης αυξάνονται κατά 50%

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## 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 υπερκάλυψης 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

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## 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  $\varepsilon_{cu2} > 3.5\text{‰}$  (κίνδυνος απώλειας επικάλυψης)
  - Απαιτείται:  $\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\phi,hc} \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot (b_c/b_o) - 0.035$   
όπου
$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος συνδετήρων}}{\text{όγκος περισφιγμένου πυρήνα}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (5.15)$$
  
 $\mu_{\phi,hc}$  = απαιτούμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων στο επίπεδο της πλευράς  $h_c$



# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## 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

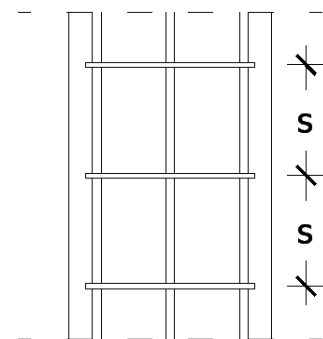
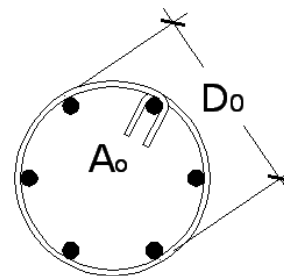
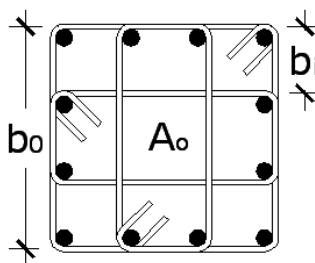
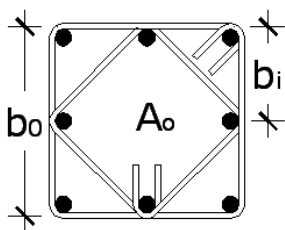
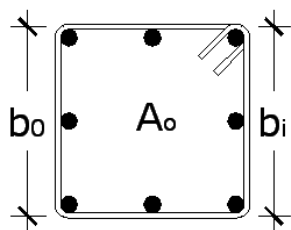
$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o \cdot h_o}$$

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

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 επιτρέπεται να διαστασιολογηθούν σύμφωνα με τις διατάξεις του EC2 εφόσον:

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

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## Εγκάρσιος οπλισμός

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

- Ελάχιστες απαιτήσεις περίσφιξης
  - Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων ή συνδέσμων:
  - Απόσταση συνδετήρων:  $s = \min(b_o/3, 6\phi_{L,min}, 125\text{mm})$
  - 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

# Σχεδιασμός υποστυλωμάτων

## Εγκάρσιος οπλισμός

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

- Απαιτούνται κλειστοί συνδετήρες περίσφιξης όπως στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων
- Εφόσον συμβάλλουν τουλάχιστον 3 δοκοί με  $b_w \geq 0.75(b_c \text{ ή } h_c)$  επιτρέπεται αύξηση της απόστασης μεταξύ των συνδετήρων:

$$S_{j,max} \leq \min(3s_{c,max}, 150\text{mm})$$

- Απαιτείται στο ύψος του κόμβου μία τουλάχιστον διαμήκης ράβδος ανά παρειά μεταξύ των γωνιακών ράβδων του στύλου

### Πρόσθετες διατάξεις για κόμβους ΚΠΥ

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