

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ II

Γ. Παναγόπουλος, Λέκτορας Εφαρμογών
Δ. Κακαλέτσης, Καθηγητής

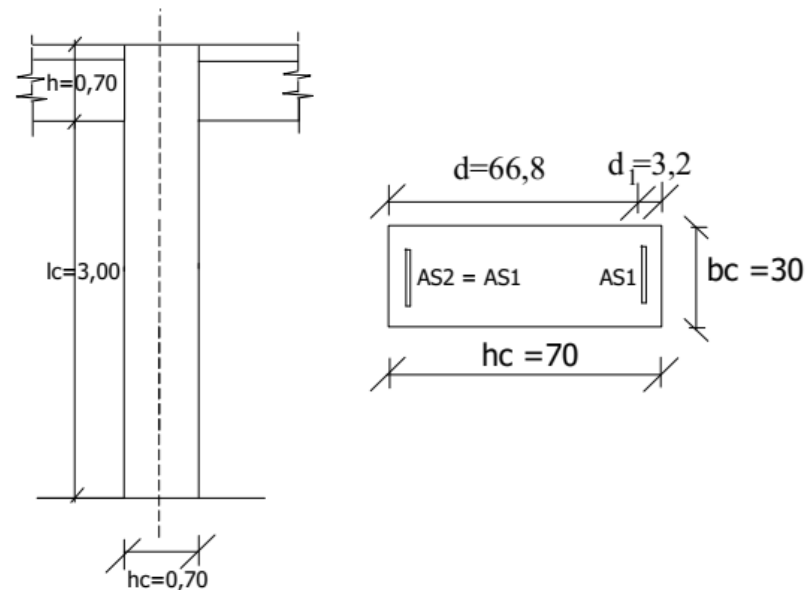


Σχεδιασμός υποστυλωμάτων (μέρος 2)

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Εφαρμογή – Σχεδιασμός υποστυλώματος

Ζητείται ο σχεδιασμός του υποστυλώματος ορθογωνικής διατομής με πλευρά $b=30\text{cm}$ και ύψος $h=70\text{cm}$ (σχ. 5.1) το οποίο αποτελεί μέρος ενός μονώροφου πλαισίου από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Δίδεται καθαρό ύψος ορόφου $3,0\text{ m}$.



Σχ. 5.1 Γεωμετρικά στοιχεία υποστηλώματος

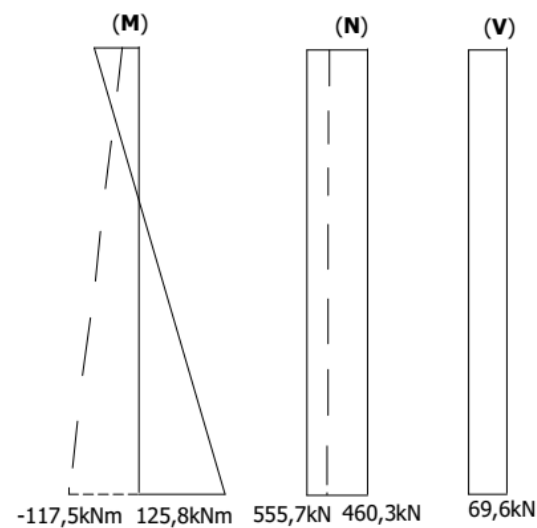
Ο σχεδιασμός θα γίνει σύμφωνα με τις διατάξεις των EC2 και EC8 για κατασκευή με μέσο επίπεδο πλαστιμότητας (κατασκευή DCM).

Υλικά: Σκυρόδεμα C30, Χάλυβας διαμήκων οπλισμών και συνδετήρων B500C (S500)

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή



Σχ. 5.2 Εντατικά μεγέθη για κατακόρυφα φορτία (Συνήθεις δράσεις)



Σχ. 5.3 Εντατικά μεγέθη για οριζόντια ισοδύναμη φόρτιση (Σεισμικές δράσεις)

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε κάμψη

1. Υπολογισμός διαμήκων οπλισμών (κύριου οπλισμού)

1.1. Μεγέθη σχεδιασμού

Συνδυασμοί δράσεων:

- χωρίς σεισμό $S_d = S (1.35G + 1.50Q)$ (1ος συνδυασμός)
- με σεισμό $S_d = S (G + 0.3Q \pm E)$ (2ος και 3ος συνδυασμός)

Πίνακα 1. Κρίσιμος συνδυασμός τιμών M_{sd} και N_{sd}

Διατομή	Συνδυασμός δράσεων χωρίς σεισμό (1ος συνδυασμός) $S_d = S (1.35G + 1.50Q)$ min/max		Συνδυασμοί δράσεων με σεισμό (2ος και 3ος συνδυασμός) $S_d = S (G + 0.3Q \pm E)$ min/max	
	Ακραία My	Ταυτόχρονη N	Ακραία My	Ταυτόχρονη N
Κάτω	- -	- -	-117,5 125,8	-460,3 -555,7
Ανω	-106,0 -43,9	-756,9 -460,3	- -	- -

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε κάμψη

Επικάλυψη οπλισμών

Στους υπολογισμούς λαμβάνεται επικάλυση 1.5cm. Άρα θεωρώντας συνδετήρες Ø8 και διαμήκεις οπλισμούς Ø18 η συνολική απόσταση του κέντρου βάρους του οπλισμού από την άκρη της διατομής θα είναι

$$d_1 = d_2 = 15 + \varnothing_{\sigma} + \varnothing_L/2 = 15 + 8 + 18/2 = 32 \text{ mm}$$

Επειδή ο οπλισμός είναι συμμετρικός $d_1 = d_2$.

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε κάμψη

Διαγράμματα αλληλεπίδρασης

- Άνω

1ος συνδυασμός - min My

$$M_{sd} = 106,00 \rightarrow \mu_d = \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} = \frac{106 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70^2 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,036$$

$$N_{sd} = 756,90 \rightarrow \nu_d = \frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{756,9 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,18$$

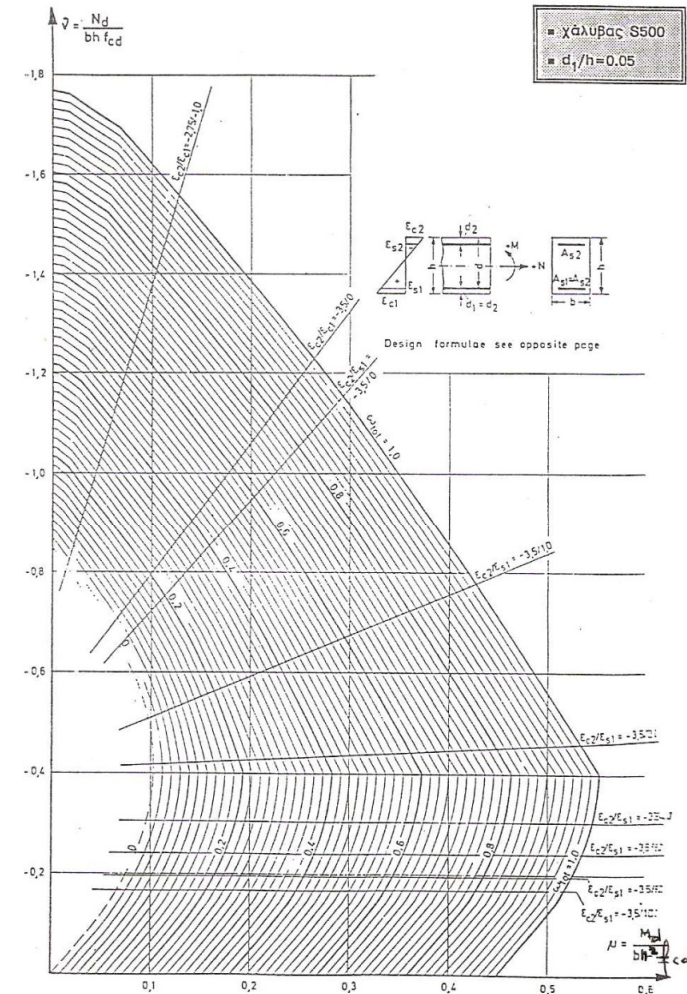
$$\omega_{tot} = 0$$

1ος συνδυασμός - max My

$$M_{sd} = 43,9 \rightarrow \mu_d = \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} = \frac{43,9 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70^2 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,015$$

$$N_{sd} = 460,3 \rightarrow \nu_d = \frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{460,3 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,109$$

$$\omega_{tot} = 0,02$$



χ. 4 Διάγραμμα αλληλεπίδρασης ροπών - αξονικών δυνάμεων σε ορθογωνική διατομή συμμετρικά οπλισμένη (S500, $d_1/h=0.05$).

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε κάμψη

Διαγράμματα αλληλεπίδρασης

- Κάτω

2ος και 3ος συνδυασμός- min My

$$M_{sd} = 117,5 \rightarrow \mu_d = \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} = \frac{117,5 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70^2 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,04$$

$$N_{sd} = 460,3 \rightarrow \nu_d = \frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{460,3 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,109$$

$\omega_{tot} = 0$

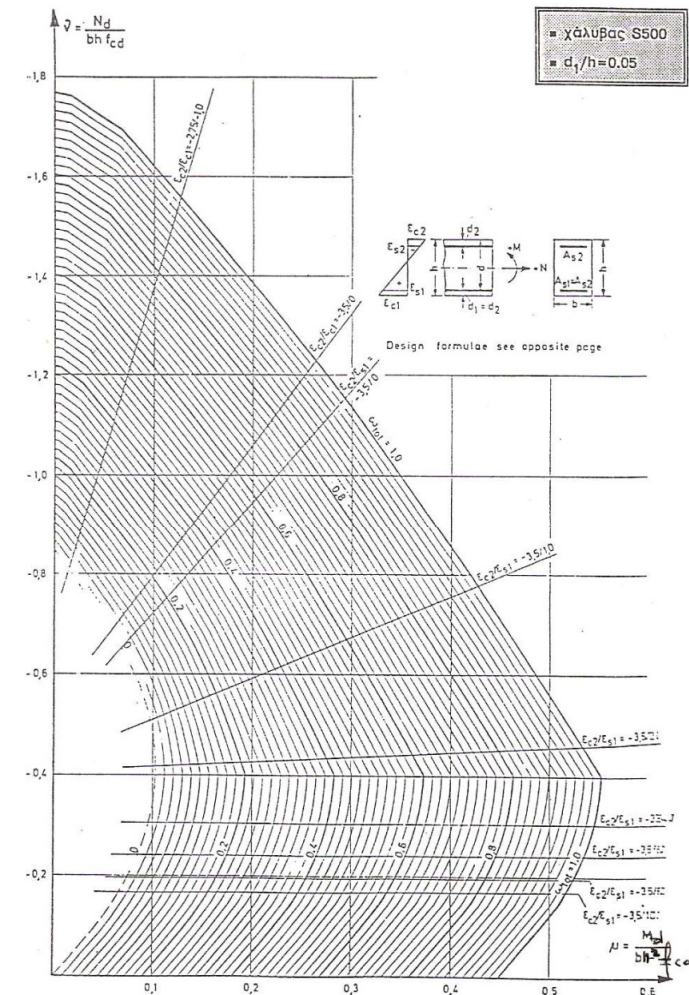
2ος και 3ος συνδυασμός- max My

$$M_{sd} = 125,8 \rightarrow \mu_d = \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} = \frac{125,8 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70^2 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,043$$

$$N_{sd} = 555,7 \rightarrow \nu_d = \frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{555,7 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70 \cdot \frac{30}{1,5}} = 0,132$$

$\omega_{tot} = 0$

- Στους συνδυασμούς δράσεων με σεισμό ισχύει παντού η απαίτηση για πλαστιμότητα: $\nu_d \leq 0,65$



χ. 4 Διάγραμμα αλληλεπίδρασης ροπών - αξονικών δυνάμεων σε ορθογωνική διατομή συμμετρικά οπλισμένη (S500, $d_1/h=0,05$).

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε κάμψη

Επιλογή οπλισμού

- Ο 1ος συνδυασμός φορτίσεων στην άνω διατομή απαιτεί τον περισσότερο συνολικό οπλισμό (το μεγαλύτερο $\omega_{tot} = 0,02$). Με βάση το αποτέλεσμα αυτό υπολογίζονται οι απαιτούμενοι οπλισμοί:

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \frac{bh}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,02 \frac{30\text{cm} \cdot 70\text{cm}}{\frac{500}{1,15} / \frac{30}{1,5}} = 1,93 \text{ cm}^2$$

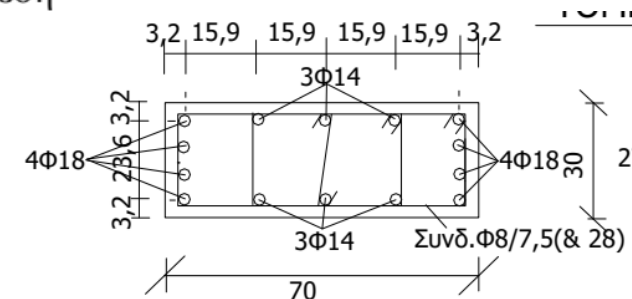
Ο ελάχιστος απαιτούμενος οπλισμός είναι 1% και προκύπτει από την σχέση

$$A_{s,tot} = 0,01 bh = 0,01 \cdot 30 \cdot 70 = 21 \text{ cm}^2 > 1,93 \text{ cm}^2$$

Τελικά τοποθετούνται 8Ø18 ($20,36 \text{ cm}^2 \approx 21 \text{ cm}^2$) συνολικός οπλισμός (Σχ. 5.6).

Δηλαδή τοποθετούνται 4Ø18 ανά πλευρά κατά τη διεύθυνση της καταπόνησης.

Στις άλλες δύο πλευρές τοποθετούνται ανα $(70-2 \cdot 3,2)/4 = 15,9 \text{ cm}$ 3 Ø14 με τους αντίστοιχους κατά y πολλαπλούς συνδετήρες, σύμφωνα με τον περιορισμό ότι σε κάθε πλευρά θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 3 ράβδοι ανα αποστάσεις $b_i < 20 \text{ cm}$. Κατά x δεν απαιτείται ενδιάμεσος συνδετήρας, αφού $30-2 \cdot 3,2 = 23,6 \approx 20 \text{ cm} = b_i$



Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

2.1. Κρίσιμες περιοχές

Το μήκος των ακραίων κρισίμων περιοχών του υποστυλώματος δίδεται από τη σχέση :

$$l_{cr} = \max \left\{ \begin{array}{l} h_c \\ l_{cl}/6 \\ 0,45 \text{ m} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} h_c = 0,70 \\ l_{cl}/6 = 3/6 = 0,50 \\ 0,45 \text{ m} \end{array} \right\} = 0,70$$

2.2 Συνδυασμοί φορτίσεων - Τέμνουσες σχεδιασμού εντός κρισίμων περιοχών

2.2.1 Τέμνουσες από συνδυασμούς φορτίσεων (Σχ. 5.2, 5.3)

Συνδυασμοί δράσεων :

-χωρίς σεισμό $S_d = S (1.35G + 1.50Q)$ (1ος συνδυασμός)

- με σεισμό $S_d = S (G + 0.3Q) \pm E$ (2ος και 3ος συνδυασμός)

οπότε

1ος συνδυασμός

$$V_{sd} = (1,35V_g + 1,5V_q) = 37,4 \text{ kN}$$

2ος και 3ος συνδυασμός

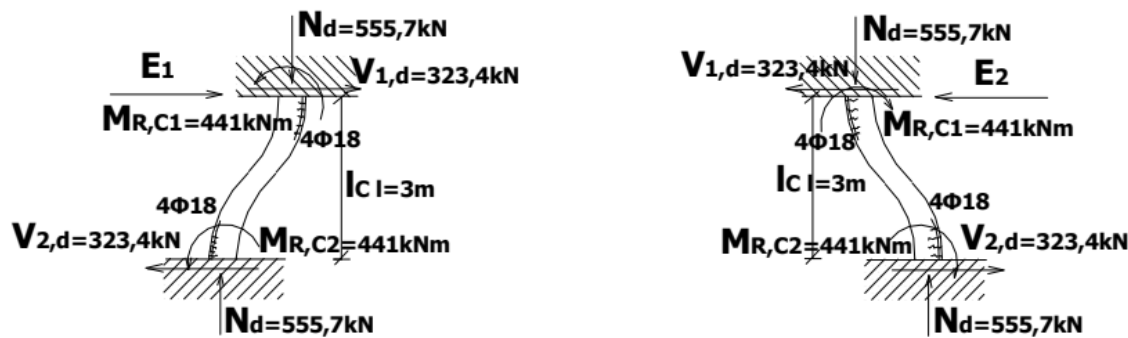
$$V_{sd} = (V_g + 0.3 V_q + V_E) = 69,6 \text{ kN}$$

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

2.2.2. Τέμνουσες από Ικανοτικό σχεδιασμό

Επί πλέον, σύμφωνα με τον αντισεισμικό κανονισμό (EC8) για αποφυγή ψαθυρών μορφών αστοχίας (διατμητική αστοχία) θα πρέπει η τέμνουσα σχεδιασμού των υποστυλωμάτων να προσδιορίζεται και από τις ροπές αντοχής στα άκρα τους.



Σχ. 5.4 Υπολογισμός ικανοτικής τέμνουσας υποστηλώματος

Για ενιαίο συμμετρικό οπλισμό $8\Phi 18$ ($20,36 \text{ cm}^2$) σε όλο το μήκος του υποστηλώματος προσδιορίζονται οι σχεδιαστικές τιμές των ροπών αντοχής $M_{Rd,c1}$ και $M_{Rd,c2}$. Κατά τον υπολογισμό των $M_{Rd,c1}$ και $M_{Rd,c2}$ χρησιμοποιείται η μέγιστη τιμή N_d του συνδυασμού με σεισμό διότι αυτή δίνει τις μεγαλύτερες ροπές αντοχής. **Γιατί;**

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

$$\left. \begin{aligned} \omega_{\text{tot}} &= \frac{A_{s,\text{tot}}}{bh} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{20,36}{30 \cdot 70} \frac{500/1.15}{30/1.5} = 0,21 \\ N_{sd} &= 555,7 \rightarrow v_d = \frac{N_d}{bh f_{cd}} = \frac{555,7 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70 \cdot \frac{30}{1.5}} = 0,132 \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu_d = 0,15 \rightarrow$$

$$M_{Rd,c1} = M_{Rd,c2} = \mu_{Rd} b h^2 f_{cd} = 0,15 \cdot 0,30 \cdot 0,70^2 \cdot 30 \cdot 10^3 / 1.50 = 441,00 \text{ kNm}$$

Θεωρούμε επί το δυσμενέστερο ότι $\Sigma M_{Rb} \geq \Sigma M_{Rc}$ οπότε ισχύει ότι

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \quad \text{όπου } \gamma_{Rd} = 1,1$$

άρα

$$V_{Rd,\text{max},i} = 1,1(M_{Rc,1} + M_{Rc,2})/l_c = 1,1(441 + 441)/3.0 = 323,4 \text{ kN}$$

Δηλαδή $V_{Rd,\text{max},i} = 323,4$ και $V_{Rd,\text{min},i} = -323,4$ και παρατηρείται τελικά ότι η ικανοτική τέμνουσα είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες δρώσες τέμνουσες σχεδιασμού που προκύπτουν από τους συνδυασμούς φορτίσεων και άρα οι υπολογισμοί για συνδετήρες θα γίνουν με βάση την τέμνουσα αυτή: $V_{Ed} = \max(37.4, 69.6, 323.4) = 323,4 \text{ kN}$

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

1^{ος} έλεγχος

- Αντοχή σχεδιασμού σε τέμνουσα χωρίς οπλισμό διάτμησης

Η αντοχή δίδεται από τη σχέση

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

όπου

$C_{Rd,c}$ = συντελεστής από δοκιμές, $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$

$k_1 = 0,15$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{668}} = 1,547 \leq 2,0 \quad (d \text{ σε mm})$$

ρ_1 : ποσοστό εφελκυσμένου χάλυβα, $A_{sl} = 4\varnothing 18$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{10,18}{30 \cdot 66,8} = 0,005$$

f_{ck} : χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος = 30 MPa

b_w : μικρότερο πλάτος κορμού στην εφελκυσόμενη περιοχή = 0,30m

d : ενεργό ύψος διατομής = 0,668m

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0,20 f_{cd} = 0,2 \cdot 30 / 1,5 = 4 \text{ MPa}$ όπου N_{Ed} είναι το αξονικό φορτίο διατομής λόγω φόρτισης ή προέντασης

$$\sigma_{cp} = \frac{460,3 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,70} = 2,19 \text{ MPa} \leq 0,20 f_{cd} = 4 \text{ MPa}$$

Με βάση τις παραπάνω τιμές η αντοχή $V_{Rd,c}$ υπολογίζεται ως εξής

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,547 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 2,19] 0,30 \cdot 0,668 \cdot 10^3 = 157,72 \text{ kN}$$

Ο έλεγχος $V_{Ed} < V_{Rd,c}$ γίνεται στις παρειές για τέμνουσα με και χωρίς σεισμό και για την

τέμνουσα από ικανοτικό έλεγχο η οποία συνήθως είναι η δυσμενέστερη. Σε κάθε περίπτωση

ισχύει $V_{Rd,c} = 157,72 \text{ kN} < V_{Ed} = 323,4 \text{ kN}$ και άρα απαιτείται οπλισμός διάτμησης.

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

2^{ος} έλεγχος

Οι διαστάσεις του κορμού πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ικανοποιείται σε όλο το μήκος της δοκού η σχέση $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$

Τέμνουσες V_{Ed}

$$V_{Ed} = \max(37.4, 69.6, 323.4) = 323,4 \text{ kN}$$

Αντοχή σχεδιασμού λοξού θλιπτήρα $V_{Rd,max}$

Η αντοχή $V_{Rd,max}$ δίδεται από τη σχέση

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

όπου

$\alpha_{cw} = 1,0$ (για μη προεντεταμένη κατασκευή)

$v_1 = 0,60$ για $f_{ck} \leq 60 \text{ MPa}$

$z = 0,9d = 0,9 \cdot 66,8 = 60,12 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$

και

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1,0 \cdot 0,30 \cdot 0,60 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{30}{1,5}\right) \cdot 10^3}{2,5 + 0,40} = 744,83 \text{ kN}$$

$V_{Rd,max} = 744,38 \text{ kN} > V_{Ed} = 323,4 \text{ kN}$ και άρα ο έλεγχος ικανοποιείται.

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

3^{ος} έλεγχος – Υπολογισμός συνδετήρων

Ο οπλισμός (συνδετήρες) εξάγεται από τη σχέση $V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$

όπου $V_{Rd,s}$ η αντοχή για υποστυλώματα με οπλισμό διάτμησης η οποία προκύπτει από τη σχέση

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

και άρα οι συνδετήρες προκύπτουν από τη σχέση

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \rightarrow V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta \geq V_{Ed} \rightarrow \frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd} \cot \theta}$$

όπου

$z = 0.9 d$ κατά EC2

f_{ywd} θα πρέπει να μειώνεται σε $f_{ywd} = 0.8 f_{yk}$ σύμφωνα με EC2

• $f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s}$ η τιμή σχεδιασμού της αντοχής του οπλισμού διάτμησης
Αν η τάση σχεδιασμού του οπλισμού διάτμησης είναι μικρότερη του 80% της χαρακτηριστικής τιμής της τάσης διαρροής (βλ. εξ. 6.25) τότε $f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk}$

Στην εφαρμογή αυτή επιλέγεται η γωνία $\theta = 45^\circ \rightarrow \cot \theta = 1,0$

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Διαστασιολόγηση σε διάτμηση

3^{ος} έλεγχος – Υπολογισμός συνδετήρων

Η δυσμενέστερη τιμή τέμνουσας σχεδιασμού είναι η ικανοτική τέμνουσα:

$$V_{Ed}=323,4 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd} \cot \theta} = \frac{323,4 \cdot 10^{-3}}{0,90 \cdot 0,668 \cdot 0,80 \cdot 500 \cdot 1,00} = 0,00134 \text{ m} = 0,134 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \frac{A_{sw}}{s} \geq 0,134 \text{ cm. Έστω } \varnothing 8 \text{ δίτμητοι } (A_{sw} = 2 \times 0,505 = 1,01 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Άρα } s \leq \frac{A_{sw}}{0,134} = \frac{1,01}{0,134} \rightarrow s \leq 7,54 \text{ cm}$$

Επομένως απαιτούνται $\varnothing 8/7,5$ τουλάχιστον

2.5 Ελάχιστοι συνδετήρες κρίσιμων περιοχών

-Μέγιστη απόσταση

$$s_{\max} \leq \begin{cases} b_0/2 = [300-2(15+8/2)]/2 = 131 \text{ mm} \\ 8d_{bL,\min} = 8 \cdot 14 = 112 \text{ mm} \\ 175 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow s_{\max} = 11 \text{ cm}$$

όπου

$d_{bL,\min}$ η μικρότερη διάμετρος των διαμήκων ράβδων

b_0 η μικρότερη πλευρά του πυρήνα σκυροδέματος υποστυλώματος έως τον άξονα των συνδετήρων (πυρήνας υπό περίσφιξη)

- Διάμετρος

$$d_{bw} \geq \begin{cases} 6 \text{ mm} \\ 1/4 d_{bL,\max} = 18 \text{ mm}/4 = 4,5 \text{ mm} \end{cases}$$

όπου

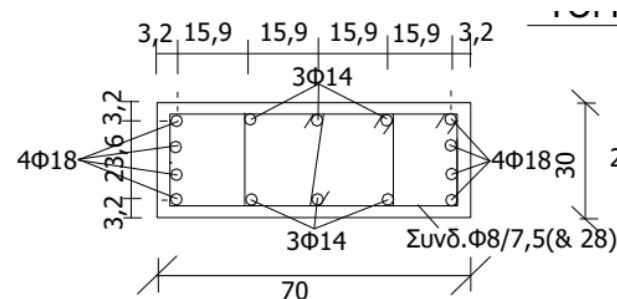
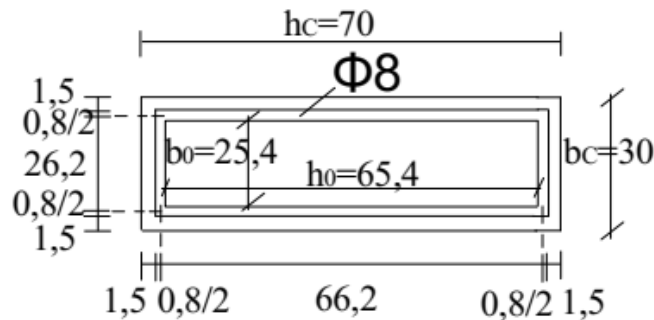
d_{bw} η διάμετρος των συνδετήρων

$d_{bL,\max}$ η μεγαλύτερη διάμετρος των διαμήκων ράβδων.

Τοποθετούνται 2τμητοι $\varnothing 8/75 \text{ mm}$

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Οπλισμός περίσφιξης



- Υπάρχον Μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό σχεδιασμού ω_{wd} των συνδετήρων $\varnothing 8/7,5$

Μήκος σκέλους περιμετρικού συνδετήρα κατά x: $70,0 - 1,5 - 1,5 - 0,8/2 - 0,8/2 = 66,2 \text{ cm}$

Μήκος σκέλους περιμετρικού συνδετήρα κατά y: $30,0 - 1,5 - 1,5 - 0,8/2 - 0,8/2 = 26,2 \text{ cm}$

Μήκος σκέλους εσωτερικού συνδετήρα κατά x: $15,9 \cdot 2 = 31,8 \text{ cm}$

Μήκος σκέλους εσωτερικού συνδετήρα κατά y: $26,2 \text{ cm}$

Επειδή $\Sigma l_x = (66,2 + 31,8) \cdot 2 = 196 \text{ cm} > \Sigma l_y = (26,2 + 26,2) \cdot 2 = 104,8 \text{ cm} \rightarrow \rho_x > \rho_y =$

$\rho_{min} \rightarrow$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος κλειστών συνδετήρων}}{\text{όγκος περισφιγμένου πυρήνα}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{(26,2 + \cancel{66,2}) \cdot 2 \cdot 0,5 + (26,2 + 31,8) \cdot 2 \cdot 0,5}{(66,2 - 0,8) \cdot (26,2 - 0,8) \cdot 7,5} \cdot \frac{\frac{500}{1,15}}{\frac{30}{1,5}} = 0,185$$

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Οπλισμός περίσφιξης

- Απαιτούμενο Μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό σχεδιασμού ω_{wd} των συνδετήρων

Πρέπει οι κλειστοί συνδετήρες στη κρίσιμη περιοχή στη βάση του υποστυλώματος να ικανοποιούν την σχέση:

$$a\omega_{wd} \geq 30\mu_{\phi}v_d\varepsilon_{sy,d} (b_c/b_o)-0.035$$

και ελάχιστη απαίτηση στη βάση $\omega_{wd} \geq 0.08$

όπου

μ_{ϕ} η απαιτούμενη τιμή του συντελεστή πλαστιμότητας καμπυλοτήτων, δίδεται από τις σχέσεις:

$$\mu_{\phi} = 2q_o - 1 \quad \text{εάν } T_1 \geq T_c \quad \text{και}$$

$$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_o - 1)T_c/T_1 \quad \text{εάν } T_1 < T_c$$

όπου

q_o η βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς

T_1 η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου

T_c η μεγαλύτερη περίοδος στο ανώτατο σημείο της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης του φάσματος

Με βάση τα παραπάνω

- για μονώροφο λαμβάνεται περίπου $T \approx 0,1$ άρα $T < T_c$
- για Κατηγορία εδάφους A, $T_c = 0,2 \text{ sec}$
- για μονώροφο πολύστυλο DCM από Πίνακα προσδιορίζεται: $q = 3,3$ άρα

$$\mu_{\phi} = 1 + 2(q_o - 1)T_c/T_1 = 1 + 2(3,3 - 1)0,2/0,1 = 10,2$$

Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Οπλισμός περίσφιξης

- **Απαιτούμενο Μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό σχεδιασμού ω_{wd} των συνδετήρων**

Πρέπει οι κλειστοί συνδετήρες στη κρίσιμη περιοχή στη βάση του υποστυλώματος να ικανοποιούν την σχέση:

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_{\phi}v_d\varepsilon_{sy,d} (b_c/b_o)-0.035$$

v_d η ανηγμένη αξονική δύναμη, δίδεται από τη σχέση $v_d = N_{Ed} / (A_c f_{cd})$

$$v_d = N_{Ed} / (A_c f_{cd}) = 555,1 \cdot 10^{-3} / (0,3 \cdot 0,7 \cdot 30/1,5) = 0,132$$

A_c εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος

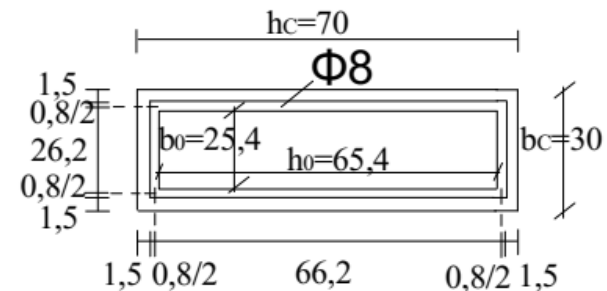
N_{Ed} η τιμή σχεδιασμού του θλιπτικού φορτίου κατά τη σεισμική δράση σχεδιασμού

$\varepsilon_{sy,d}$ η τιμή σχεδιασμού της ανηγμένης εφελκυστικής παραμόρφωσης διαρροής του χάλυβα

b_c η διάσταση της διατομής κάθετα προς την οριζόντια διεύθυνση προς την οποία υπολογίζεται

η τιμή του μ_{ϕ} που λαμβάνεται υπόψη

b_o η αντίστοιχη της b_c διάσταση του υπό περίσφιξη πυρήνα (Σχ. 5.5)



Σχεδιασμός υποστυλωμάτων - Εφαρμογή

Οπλισμός περίσφιξης

Για ορθογωνικές διατομές:

$$\alpha_n = 1 - \sum b_i^2 / 6b_o h_o, \quad a_s = (1-s/2b_o) (1-s/2h_o)$$

n είναι το συνολικό πλήθος διαμήκων ράβδων που συγκρατούνται από κλειστούς συνδετήρες ή μονοσκελείς συνδετήρες, και

b_i είναι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών ράβδων που συγκρατούνται με συνδετήρες

Επομένως

$$\alpha_n = 1 - \sum_n b_i^2 / 6b_o h_o = 1 - \frac{15,9^2 \cdot 8 + 23,6^2 \cdot 2}{6 \cdot 65,4 \cdot 25,4} = 1 - \frac{2022,48 + 1113,92}{9966,96} = 0,685$$

$$\alpha_s = (1 - s/2b_o) (1 - s/2h_o) = [1 - 7,5/(2 \cdot 25,4)] [1 - 7,5/(2 \cdot 65,4)] = 0,851 \cdot 0,943 = 0,802$$

$$\alpha = \alpha_n \alpha_s = 0,685 \cdot 0,802 = 0,549$$

Άρα πρέπει

$$\alpha \omega_{wd} \geq 30 \mu_{\phi} v_d \varepsilon_{sy,d} (b_c/b_o) - 0,035 \rightarrow \omega_{wd} \geq (1/\alpha) [30 \mu_{\phi} v_d \varepsilon_{sy,d} (b_c/b_o) - 0,035]$$

$$\rightarrow \omega_{wd} \geq \frac{1}{0,549} \left(30 \cdot 10,2 \cdot 0,132 \frac{500}{1,15 \cdot 200000} \left(\frac{30}{25,4} \right) - 0,035 \right) = 0,125$$

και επειδή οι συνδετήρες $\varnothing 8/7,5$ που έχουν τοποθετηθεί ως συνδετήρες των κρίσιμων περιοχών έχουν μηχανικό οπλισμό $\omega_{wd} = 0,185$ προκύπτει ότι $\omega_{wd} = 0,185 \geq 0,125$

Ο έλεγχος ικανοποιείται και άρα οι συνδετήρες $\varnothing 8/7,5$ είναι ικανοποιητικοί και στην κρίσιμη περιοχή στη βάση του υποστυλώματος

