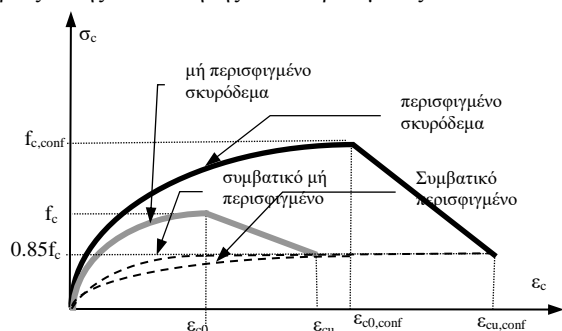


Εισαγωγή

Σε προηγούμενο μάθημα είδαμε ότι η πλαστιμότητα σε όρους καμπυλοτήτων, μ_r , δίνεται **προσεγγιστικά** από την σχέση:

$$\mu_r = 1.2\varepsilon_{cu} \left\{ \frac{0.6}{v + (\rho_1 - \lambda\rho_2) \left(\frac{f_{sy}}{f_c} \right)} - 1 \right\} \frac{E_s}{f_{sy}} \quad (1)$$

Από την σχέση αυτή βλέπουμε ότι η πλαστιμότητα αυξάνεται (γραμμικά) με την αύξηση της παραμόρφωσης αστοχίας του σκυροδέματος, ε_{cu} . Η παραμόρφωση αυτή αυξάνεται μέσω τριαξονικής καταπόνησης του σκυροδέματος.



Σχήμα 1: Δ/τα σ-ε σκυροδέματος (περισφιγμένου και μή συμβατικού και μή.

Η τριαξονικότητα επιτυγχάνεται εμποδίζοντας την παράπλευρη διάγκωση του σκυροδέματος η οποία αναπτύσσεται όταν το σκυρόδεμα βραχύνεται κατά την διαμήκη έννοια (αρνητικός συντελεστής Poisson): η παρεμπόδιση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της περισφίξεως του σκυροδέματος με πυκνούς, καλά κλειστούς και με πολλές γωνιές συνδετήρες (ιδανική η κυκλική συνεχής και με μικρό βήμα σπείρα).

Η αποδοτικότητα της περισφίξεως εξαρτάται από την διάταξη των συνδετήρων εντός της διατομής (συντελεστής α_n) (δηλαδή τί ποσοστό της διατομής βρίσκεται υπό περισφίγξη) και από την καθύψος απόσταση των συνδετήρων (συντελεστής α_s). Είναι:

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n b_i^2}{6b_0h_0} \quad (2)$$

για κυκλικούς συνδετήρες είναι $\alpha_n = 1.0$ και

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_0} \right) \left(1 - \frac{s}{2h_0} \right) \quad (3)$$

για κλειστούς συνδετήρες. Για σπειροειδώς οπλισμένα στοιχεία (συνεχής σπείρα) ο συντελεστής α_s είναι μεγαλύτερος:

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2b_0} \right) \quad (4)$$

Το μηχανικό-ογκομετρικό ποσοστό των συνδετήρων είναι ίσο με:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος συνδετήρων που συμβάλλουν στην περισφίγξη} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}}{\text{όγκος περισφιγμένου σκυροδέματος (πυρήνας)}} \quad (5)$$

Κατά τον Ευρωκώδικα πρέπει να ικανοποιεί την σχέση:

$$\alpha\omega_{wd} \geq 30\mu_r\nu_d\varepsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0.035 \quad (6)$$

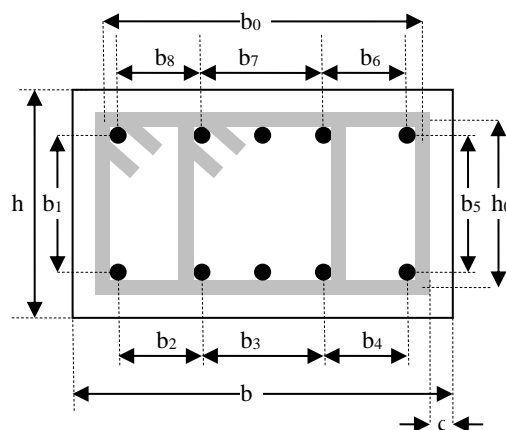
Οπου:

$\nu_d = N_d/[bhf_{cd}]$ είναι η ανηγμένη αξονική δύναμη του **σεισμικού** συνδυασμού¹ (θετική για θλίψη)

¹ Ο σεισμικός συνδυασμός είναι $G_k + \psi_2 Q_k$, ο συνδυασμός αστοχίας είναι $1.35G_k + 1.50Q_k$, ψ_2 είναι συντελεστής

και η ελάχιστη τιμή του ω_{wd} , στην κρίσιμη περιοχή στην βάση των κύριων σεισμικών υποστυλωμάτων, είναι:

- $\min\omega_{wd} = 0.08$ για μέση πλαστιμότητα (DCM)
- $\min\omega_{wd} = 0.12$ για υψηλή πλαστιμότητα (DCH)



Σχήμα 2: Λεπτομέρεια καθορισμού των διαστάσεων:

b, h : Διαστάσεις διατομής

b_0, h_0 : Διαστάσεις πυρήνα διατομής (μέσα συνδετήρων)

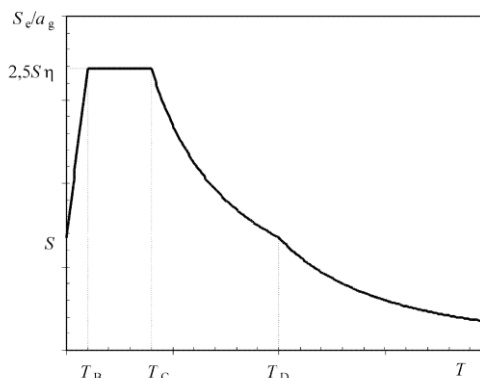
b_i : Αποστάσεις διαδοχικών συγκρατούμενων ράβδων (κέντρα)

Κατά τον Ευρωκώδικα EC8, η απαιτούμενη πλαστιμότητα σε όρους καμπυλοτήτων, μ_r , (στον Ευρωκώδικα συμβολίζεται ως μ_θ) δίνεται, συναρτήσει του δείκτη συμπεριφοράς, q , που έχει ληφθεί υπόψη για τον σχεδιασμό, από την σχέση:

$$\mu_r = 2q - 1 \quad \text{για } T_1 > T_c \text{ και} \quad (7a)$$

$$\mu_r = 1 + 2(q - 1)(T_c/T_1) \quad \text{για } T_1 < T_c. \quad (7b)$$

Οπου T_1 η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου, και T_c είναι η περίοδος που ορίζει το ανώτατο όριο της περιοχής σταθερής επιτάχυνσης του ελαστικού φάσματος απόκρισης (βλ. Σχ 3)



Σχήμα 3: Μορφή του ελαστικού φάσματος απόκρισης

Ετσι λοιπόν ανάλογα με την τιμή του δείκτη συμπεριφοράς, q , που έχουμε επιλέξει (π.χ. για πλασιωτά συστήματα $q=3.9$ για DCM ή $q=5.85$ για DCH) υπολογίζουμε πόση πρέπει να είναι η απαιτούμενη πλαστιμότητα σε όρους καμπυλοτήτων, μ_r , από τις σχέσεις (7) και στην συνέχεια ελέγχουμε αν ικανοποιείται η σχέση (6), αν όχι είτε αυξάνουμε τους συνδετήρες (ω_{wd}) είτε την απόδοση της περισφίξεως, α ($=\alpha_n\alpha_s$).

Για να δούμε πώς η περισφίγξη επηρεάζει την πλαστιμότητα, ας δούμε ποσοτικά πώς αλλάζει το διάγραμμα τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος συναρτήσει της περισφίξεως:

Η περισφίγξη έχει αποτέλεσμα την τροποποίηση του δ/τος σ-ε (βλ. Σχ. 1):

συνδυασμού για την οιονεί μόνιμη τιμή της δράσεως (για κατοικίες είναι $\psi_2=0.3$) .

Στον σεισμικό συνδυασμό είναι $\alpha_{cc}=1$, δηλαδή $f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c$.

- η μέγιστη τάση:
 - $f_{c,conf} = f_c(1.0 + 2.5\alpha_{\omega})$ για $\alpha_{\omega} < 0.1$ και (8α)
 - $f_{c,conf} = f_c(1.125 + 1.25\alpha_{\omega})$ για $\alpha_{\omega} > 0.1$, (8β)
 - η παραμόρφωση πέρατος του παραβολικού τμήματος
 $\epsilon_{c0,conf} = \epsilon_{c0}[f_{c,conf}/f_c]^2$ (9)
 - και τέλος η παραμόρφωση αστοχίας $\epsilon_{cu,conf} = \epsilon_{cu} + 0.1\alpha_{\omega}$.
- Εδώ, για την εφαρμογή του προσεγγιστικού τύπου της πλαστιμότητας καμπυλοτήτων (σχέση (1)), ας αγνοήσουμε όλα τα άλλα οφέλη (αύξηση της θλιπτικής αντοχής) και ας κρατήσουμε μόνον την αύξηση της παραμόρφωσης αστοχίας του σκυροδέματος.

Εφαρμογή

Εστω υποστύλωμα $0.40 \times 0.40 \text{ m}$, C17/22², B500C, $f_{cd} = 17/1.5 = 11.33 \text{ MPa}$, $\epsilon_{c0} = 0.002$, $\epsilon_{cu} = 0.0035$. Εστω αξονική δύναμη για τον συνδυασμό με σεισμό ($N_G + \psi N_Q + N_E$) $N_d = 544 \text{ kN}$, επικάλυψη συντετήρων $c = 3.5 \text{ cm}$, διαμήκεις οπλισμοί $\Phi 20$.

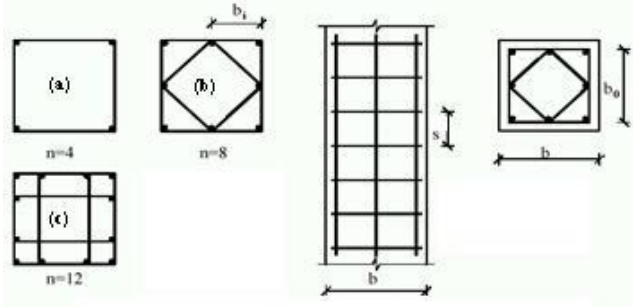
Εξετάζονται τρεις διαμορφώσεις συνδετήρων (βλ. σχήμα):

(α) $n=4$, (β) $n=8$, (γ) $n=12$ (όπου n =το πλήθος των γωνιών του συνδετήρα, ή το πλήθος των συγκρατούμενων ράβδων).

και τέσσερις ποσότητες συνδετήρων:

(1) $\Phi 8/20$, (2) $\Phi 8/10$, (3) $\Phi 10/10$, (4) $\Phi 12/10$.

Ετσι έχουμε $12 (=3 \times 4)$ δυνατούς συνδυασμούς.



Ανηγμένη αξονική δύναμη: $\nu = 544 / (0.4 \times 0.4 \times 11.333) = 0.3$

Συνδυασμός (α1): $n=4$, $\Phi 8/20$

$b_0 = b - 2c - \Phi_w = 0.400 - 2 \times 0.035 - 0.008 = 0.322 \text{ m}$

$b_i = b - 2c - 2\Phi_w - \Phi_L = 0.400 - 2 \times 0.035 - 2 \times 0.008 - 0.020 = 0.294 \text{ m}$

$$\omega_{wd} = \frac{A_{sw}(4b_0)f_{yd}}{b_0^2 s f_{cd}} = \frac{0.5(4 \times 32.2)435}{32.2^2 \times 20 \times 11.333} = 0.119$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n b_i^2}{6b_0 h_0} = 1 - \frac{4 \times 0.294^2}{6 \times 0.322^2} = 0.444$$

$\alpha_s = [1 - 20 / (2 \times 32.2)]^2 = 0.475$ και $\alpha = \alpha_n \alpha_s = 0.444 \times 0.475 = 0.211$,

$\alpha \omega_{wd} = 0.211 \times 0.119 = 0.025$

$f_{c,conf} = (1.000 + 2.5 \times 0.025) \times 11.333 = 1.047 \times 11.333 = 12.06 \text{ MPa}$

$\epsilon_{c0,conf} = 0.0035 + 0.1 \times 0.211 \times 0.119 = 0.006$

$$\mu_r = 1.2 \times 0.006 \left\{ \frac{0.6}{0.3 + 0} - 1 \right\} \frac{200000}{435} = 3.3$$

Η πλαστιμότητα αυτή είναι πολύ μικρή. Πράγματι, έστω ότι είχαμε λάβει $q=3.5$ και ότι $T_I = T_c$, από τις σχέσεις (7) προκύπτει ότι θα απαιτούνταν $\mu_r = 2 \times 3.5 - 1 = 6$.

Δηλαδή η περισφιγξη που προσδίδεται από τους συνδετήρες του συνδυασμού α1 είναι ανεπαρκής. Για την ίδια διάταξη των συνδετήρων, θα έπρεπε να είναι:

$$\omega_{wd,req} \geq \frac{1}{\alpha} \left(30 \mu_r \nu_d \epsilon_{sy,d} \frac{b_c}{b_0} - 0.035 \right) = \frac{1}{0.211} \left(30 \times 6 \times 0.3 \times 0.00217 \frac{40}{32.2} - 0.035 \right) = 0.524 > 0.119 = \omega_{wd,prov}$$

Αυτό σημαίνει ότι, για την διάταξη αυτή των συνδετήρων (α), θα έπρεπε οι αποστάσεις να ήταν μικρότερες. Με δοκιμές βρίσκουμε ότι $s_{req} \approx 7.5 \text{ cm}$ για την οποία προκύπτει ότι το διατιθέμενο $\omega_{wd,prov} = 0.32$ είναι ίσο με το απαιτούμενο $\omega_{wd,req} = 0.32$. Πράγματι, για $s = 7.5 \text{ cm}$ προκύπτει ότι:

$$\omega_{wd,prov} = \frac{0.5 \times (4 \times 32.2) \times 435}{32.2^2 \times 20 \times 11.333} = 0.32$$

$$\alpha_s = [1 - 7.5 / (2 \times 32.2)]^2 = 0.78$$

οπότε $\alpha = 0.444 \times 0.78 = 0.35$ και άρα

$$\omega_{wd,req} = \frac{1}{0.35} \left(30 \times 60.3 \times 0.00217 \frac{40.0}{32.2} - 0.035 \right) = 0.32$$

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι τιμές για τους όλους τους συνδυασμούς (α1 έως α4). Για μερικούς από τους συνδυασμούς (α3 έως α4) δίνονται τα αποτελέσματα και για αυξημένες αξονικές δυνάμεις $\nu = 0.5$ και $\nu = 0.65$.

Παρατηρήσατε πόσο σημαντικά αυξάνει η απόδοση της περισφιγξως στις περιπτώσεις (γ), καθώς και πώς αυξανόμενης της αξονικής δυνάμεως μειώνεται η πλαστιμότητα.

Σημ. Για εξάσκηση-σας, επαληθεύσατε ορισμένες τιμές του πίνακα.

² Η τιμή $f_{ck} = 17 \text{ MPa}$ δεν είναι μια τυποποιημένη αντοχή σκυροδέματος, αλλά ελήφθη εδώ για να μην αλλάξουν τα αριθμητικά δεδομένα της ασκήσεως (θα μπορούσε όμως να Κ. Γ. Τρέζος, Δε 9/12/2019, Υποστυλώματα – Περίσφιγξη

είναι μια «εκτιμώμενη επιτόπου αντοχή» σε έναν έλεγχο υφισταμένης κατασκευής (βλ. π.χ. ΚΑΝονισμό ΕΠΕμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ))

A/A	a1	b1	c1	a2	b2	c2	a3	b3	c3	a4	b4	c4	a3	b3	c3	a4	b4	c4	a3	b3	c3	a4	b4	c4
1n	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
2Φ _w (mm)	8	8	8	8	8	8	10	10	10	12	12	12	10	10	10	12	12	12	10	10	10	12	12	12
3A _{sw}	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.79	0.79	0.79	1.13	1.13	1.13	0.79	0.79	0.79	1.13	1.13	1.13	0.79	0.79	0.79	1.13	1.13	1.13
4s (cm)	20	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5b (cm)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
6b ₀ (cm)	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.0	32.0	32.0	31.8	31.8	31.8	32.0	32.0	32.0	31.8	31.8	31.8	32.0	32.0	32.0	31.8	31.8	31.8
7b _i (cm)	29.4	14.7	9.8	29.4	14.7	9.8	29	14.5	9.67	28.6	14.3	9.53	29	14.5	9.67	28.6	14.3	9.53	29	14.5	9.67	28.6	14.3	9.53
8v	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
9ω _{wd}	0.12	0.20	0.28	0.24	0.41	0.56	0.38	0.64	0.88	0.55	0.93	1.27	0.38	0.64	0.88	0.55	0.93	1.27	0.38	0.64	0.88	0.55	0.93	1.27
10α _n	0.44	0.72	0.81	0.44	0.72	0.81	0.45	0.73	0.82	0.46	0.73	0.82	0.45	0.73	0.82	0.46	0.73	0.82	0.45	0.73	0.82	0.46	0.73	0.82
11α _s	0.48	0.48	0.48	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
12α	0.21	0.34	0.39	0.32	0.52	0.58	0.32	0.52	0.58	0.33	0.52	0.58	0.32	0.52	0.58	0.33	0.52	0.58	0.32	0.52	0.58	0.33	0.52	0.58
f _{c,conf}																								
13f _{c,conf} (MPa)	12.0	13.6	14.1	13.7	15.4	16.9	14.3	17.0	19.3	15.0	18.9	22.2	14.3	17.0	19.3	15.0	18.9	22.2	14.3	17.0	19.3	15.0	18.9	22.2
14f _{cu,conf}	6.0	10.5	14.3	11.1	24.6	36.0	15.6	36.8	54.6	21.4	51.9	77.7	15.6	36.8	54.6	21.4	51.9	77.7	15.6	36.8	54.6	21.4	51.9	77.7
15μ _r	3.3	5.8	7.9	6.1	13.6	19.9	8.6	20.3	30.1	11.8	28.6	42.9	1.7	4.1	6.0	2.4	5.7	8.6	-0.7	-1.6	-2.3	-0.9	-2.2	-3.3
16ω _{wd,req}	0.52	0.32	0.29	0.35	0.21	0.19	0.35	0.22	0.19	0.34	0.22	0.19	0.65	0.40	0.36	0.64	0.41	0.36	0.88	0.55	0.49	0.87	0.55	0.49
17s _{req} (cm)	7.5	15.5	19.8	7.5	15.4	19.8	10.5	19.9	24.6	13.7	23.8	28.4	6.6	13.8	17.9	8.8	17.2	21.6	5.1	11.2	14.9	7.0	14.3	18.5
18ω _{wd,prov}	0.32	0.27	0.28	0.32	0.26	0.28	0.35	0.32	0.36	0.40	0.39	0.45	0.57	0.47	0.49	0.62	0.54	0.59	0.74	0.57	0.59	0.78	0.65	0.69

Σημ.: Για μεγάλες αξονικές δυνάμεις (ν=0.65) δεν ισχύει ο προσεγγιστικός τύπος της πλαστιμότητας και θα πρέπει η πλαστιμότητα να υπολογισθεί από το ακριβές διάγραμμα ροπών καμπυλοτήτων.

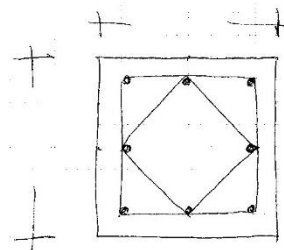
2^η Άσκηση (Diag Jun 16)

Στον πόδα ενός υποστυλώματος (0.40*0.40m), απαιτήθηκαν συνδετήρες από τους εξής ελέγχους:

α) για περίσφιγξη αω=0.21

β) για ικανοτική τέμνουσα V_{Ed}=520kN

Ζητείται να προσδιορίσετε την απόσταση s των συνδετήρων, διαμέτρου 8mm και με την εικονιζόμενη διαμόρφωση, που να καλύπτουν συνολικά και τις δύο αυτές απαιτήσεις. C20/25, B500C. Επικάλυψη συνδετήρων c=3.2cm, διαμήκεις οπλισμοί Φ20.



Ζητούμενο 1^ο

$$d_1 = 3.2 + 0.8 + \frac{2.0}{2} = 5 \text{ cm} \Rightarrow d = 35 \text{ cm}$$

$$V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s_w} \cdot z \cdot f_{yd} = \frac{34.05}{s_w} (0.9 \times 35) 43.5 \Rightarrow$$

$$s = \frac{0.5 \times 3.4 \times (0.9 \times 35) \times 43.5}{520 \text{ kN}} = 4.5 \text{ cm (απο τμήματος)}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0.5^{cm} [4 \times 30 + 4 \times 21.2] 43.5}{32.8^{cm} \times 32.8^{cm} \cdot s \cdot 13.35} \quad \omega_{wd} = \frac{3.11}{s}$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{8 \times 15^2}{6 \times 32.8^2} = 0.72$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \times 32.8}\right)^2$$

$$\alpha_n \alpha_s \omega_{wd} = 0.21 = \frac{3.11}{s} \times 0.72 \times \left(1 - \frac{s}{65.6}\right)^2$$

για s=10cm \Rightarrow = 0.16

s=8cm \Rightarrow = 0.215 ✓

S=8cm (περίσφ)

Αρα 2Φ8/45

3^η Άσκηση (Diag Sept14)

Αμφιάκτο τετραγωνικό υποστύλωμα υπό τον σεισμικό συνδυασμό καταπονείται με αξονική δύναμη $N_{Ed}=1100\text{kN}$, ροπή κάμψεως $M_{Ed}=220\text{kNm}$ και τέμνουσα δύναμη $V_{Ed}=125.7\text{kN}$. Το υποστύλωμα έχει καθαρό ύψος 3.50m , ανήκει σε πλαίσιο σύστημα ΚΠΥ με βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς $q_0=5.0$. Υλικά C30/37, B500C.

Ζητείται ο σχεδιασμός του υποστυλώματος: θα επιλέξετε αιτιολογημένα την μικρότερη επιτρεπτή διάσταση του τετραγωνικού υποστυλώματος b με ακρίβεια 5cm (π.χ. 50cm ή 65cm κλπ) και θα υπολογίσετε τους διαμήκεις και εγκάρσιους οπλισμούς λόγω κάμψης, διάτμησης (με ικανοτικό σχεδιασμό για πλαστικές αρθρώσεις πάνω και κάτω) και περίσφιγξης τους οποίους και θα σχεδιάσετε υπό κλίμακα. Ό,τι δεν δίνεται θα επιλεγεί ευλόγως από τον Μελετητή. (βαθμ. 3.5)

4^η Άσκηση (Diag Febr 15)

4.1 Τι είναι και τι προσφέρει η τοπική πλαστιμότητα στην Α/Σ συμπεριφορά κατασκευών από Ω.Σ.;

4.2 Ο Κανονισμός θεωρεί ότι η τοπική πλαστιμότητα, στις κρίσιμες περιοχές κύριων σεισμικών υποστυλωμάτων, εξασφαλίζεται όταν η πλαστιμότητα καμπυλοτήτων, μ_ϕ , είναι τουλάχιστον ίση με $\mu_\phi=2q_0-1$ και

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

ταυτόχρονα ισχύει ότι:

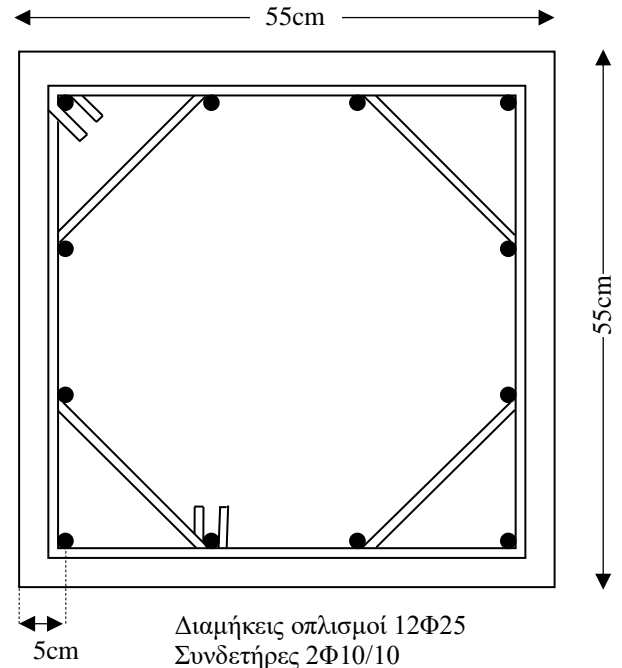
από ποιες προϋποθέσεις η παραπλεύρως διατομή καλύπτει τις απαιτήσεις του αντισεισμικού σχεδιασμού για τοπική πλαστιμότητα; Η διατομή ανήκει σε υποστύλωμα πλαισιωτού συστήματος ΚΠΥ με βασική τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς $q_0=5.0$.

4.3 Καλύπτει η διατομή την απαίτηση για μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό συνδετήρων $\omega_{wd}>0.08$;

4.4 Πόση τέμνουσα αναλαμβάνουν οι συνδετήρες;

Δίνονται: Υλικά: σκυρόδεμα $f_{cd}=20000\text{kPa}$, χάλυβας B500C. $d_1=5\text{cm}$.

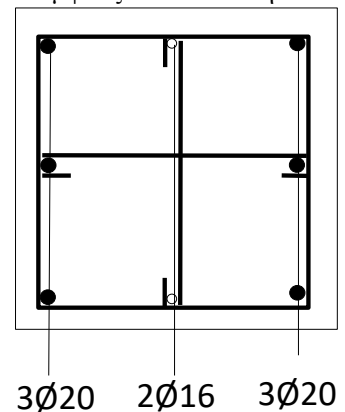
Διαμήκεις οπλισμοί 12Φ25, συνδετήρες: τετραγωνικός Φ10/10, οκταγωνικός Φ10/10



5^η Άσκηση (Diag Febr 17)

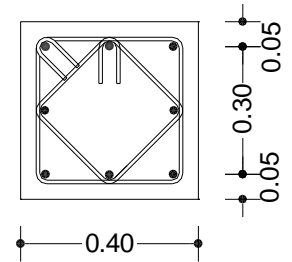
Το υποστύλωμα του σχήματος ανήκει σε πλαίσιο ΚΠΥ κατά την διεύθυνση x και έχει οπλισθεί έναντι κάμψεως. Να τοποθετηθεί ο εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες με την διαμόρφωση που φαίνεται) ο οποίος απαιτείται (α) ως ελάχιστος οπλισμός κρίσιμων περιοχών κατά τον Κανονισμό, (β) για λόγους πλαστιμότητας. Εννοείται ότι θα τοποθετηθεί ο πυκνότερος από τους οπλισμούς (α) και (β). Εν συνεχεία, να ελεγχθεί εάν, με αυτόν τον εγκάρσιο οπλισμό τον οποίο τοποθετήσατε, ικανοποιείται ο ικανοτικός έναντι τέμνουσας για το υποστύλωμα. Αν όχι, τότε, τοποθετήστε τον απαιτούμενο οπλισμό, ώστε να ικανοποιείται ο ικανοτικός έλεγχος.

Δίνονται τα εξής στοιχεία: Υλικά C20/25, B500C, επικάλυψη συνδετήρων 30mm , $v_d=-0.30$, $\mu_\phi=7.0$. Διαστάσεις υποστυλώματος $400*400\text{mm}$, καθαρό ύψος υποστυλώματος 4.0m . Οι δύο ενδιάμεσες διαμήκεις ράβδοι (Φ16) ΔΕΝ λαμβάνονται υπ' όψη στους υπολογισμούς που θα κάνετε (η κάμψη του υποστυλώματος γίνεται περί τον άξονα y).



6^η Άσκηση (Diag Jan 18)

Κύριο, αμφίπακτο τετραγωνικό υποστυλώμα του ισογείου ενός εύκαμπτου ($T_1 \geq T_c$) πλαίσιωτού κτηρίου, με υλικά C30/37 και B500C, έχει καθαρό ύψος $L_{cl}=3.5m$, σταθερή καθύψος όπλιση, κατά το σκαρίφημα, με διαμήκη οπλισμό 8Φ20 και συνδετήρες 2Φ10/100. Το κτήριο σχεδιάζεται για υψηλή κλάση πλαστιμότητας (ΚΠΥ) με $\mu_\varphi=7$, ενώ το υπόψη υποστυλώμα καταπονείται υπό τον σεισμικό συνδυασμό, στην κεφαλή του ισογείου, με θλιπτική δύναμη $N_{g+\psi 2q}=-1275kN$, ροπή $M_{g+\psi 2q}=245kN$, και τέμνουσα δύναμη $V_{g+\psi 2q}=140kN$. Στο πλαίσιο του αντισεισμικού ελέγχου ζητούνται τα εξής:



α) Να ελεγχθεί αν η διατομή και η εγκάρσια όπλιση του υποστυλώματος επαρκούν έναντι του ικανοτικού ελέγχου έναντι τέμνουσας (για $\theta=45^\circ$).

β) Να ελεγχθεί αν η διατιθέμενη περίσφιγξη επαρκεί έναντι της απαιτούμενης τοπικής πλαστιμότητας στην βάση του υποστυλώματος.

γ) Κατά τους προηγούμενους ελέγχους να ελεγχθούν και οι σχετικές διατάξεις μεγίστων/ελαχίστων, οι κατασκευαστικές διατάξεις κλπ.

β) Έλεγχος ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΕΩΣ

$$\mu_\varphi = 7 \quad (\text{για } T_1 \geq T_c : q = (\mu_\varphi + 1)/2 = 4, \text{ σχετικώς μικρή τιμή για ΚΠΥ})$$

$$\text{Διατομή} \quad A_c = b_c^2 = 40^2 \text{ cm}^2$$

$$\text{γυρήνας} \quad A_o = b_o^2 = 33^2 \text{ cm}^2, \quad 33 \text{ cm} = 30 \text{ cm} + 2 \cdot (10 + 0,5) \text{ cm}$$

$$\text{στη βάση πρέπει: } \phi_w \geq \max(6 \text{ mm}, 0,4 \phi_{l, \max}) \geq 8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$s_w \leq \min(6 \phi_{l, \min}, b_o/3, 125 \text{ mm}) \leq 110 \text{ mm}$$

$$\alpha = \alpha_\eta \cdot \alpha_s \quad (\text{ανοδοζικόσητα})$$

$$\alpha_\eta = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 A_o} \quad \eta = 8 \text{ (περίωριακές παραβολές)}$$

$$b_i = 150 \text{ mm}, \quad \text{OK για ΚΠΥ}$$

$$\alpha_\eta = 1 - \frac{8 \cdot 15^2}{6 \cdot 33^2} \approx 1 - 0,275 \approx 0,725$$

$$\alpha_s = \left[1 - \frac{s}{2 \cdot (b_o + h_o)} \right]^2 \approx \left(1 - \frac{10}{2 \cdot 33} \right)^2 \approx (1 - 0,15)^2 \approx 0,72$$

$$\rightarrow \alpha \approx 0,52^+$$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος συνδ.}}{\text{όγκος γυρ.}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \approx \frac{(610 \approx 0,79 \text{ cm}^2) \cdot 4 (33 \text{ cm} + 16,5 \text{ cm} \cdot \sqrt{2})}{10 \cdot 33^2} \cdot \frac{435}{20}$$

$$\approx 0,35^5$$

$$\text{στη βάση πρέπει: } \omega_{wd} \geq 0,12 \quad \text{OK για ΚΠΥ}$$

$$\text{περίσφιγξη } (\alpha_\eta \cdot \alpha_s) \cdot \omega_{wd} \approx 0,18^5 \geq 30 \mu_\varphi \nu \cdot \varepsilon_{syd} \cdot b_c / b_o = 0,035$$

$$0,18^5 \geq 30 \cdot 7 \cdot 0,4 \cdot 2175\% \cdot 40/33 = 0,035$$

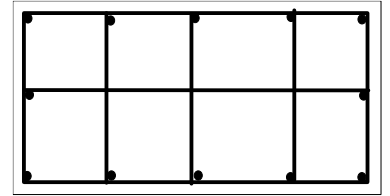
;

$$\geq 0,18^5 \quad \text{ΟΡΙΑΚΩΣ OK}$$

γ) Βλ. στις χρησιμοποιούμενες §§ όρους τους ελέγχους (γερύ $b_c \leq b_i$, $\rho_{l,t}$, ν , $\phi_w \leq s_w$, $\omega_{wd} \leq \alpha \omega_{wd}$).

7^η Άσκησης (Diag8Kat16b1a)

Ένα υποστυλώμα με διατομή 300x800 [mm²] έχει συνδετήρες και συνδέσμους Ø10/100 [mm]. Καθαρή επικάλυψη συνδετήρων 25mm. Είναι γνωστό ότι για να έχουμε ικανοποιητική περίσφιγξη θα πρέπει οι οριζόντιες τάσεις περίσφιγξης και στις δύο διευθύνσεις να είναι περίπου ίσες.



- α) Ισχύει η απαίτηση αυτή για την διατομή αυτή του υποστυλώματος;
β) Αν όχι, ποια στοιχεία του οπλισμού περίσφιγξης θα μεταβάλατε και πώς;

Απάντηση

α) Για να είναι ίσες οι περισφίξεις θα πρέπει τα γεωμετρικά ποσοστά των συνδετήρων κατά τις δύο διευθύνσεις να είναι ίσα (και ομοιόμορφα κατανομημένα στην περίμετρο). Εδώ, προφανώς στην διεύθυνση x έχουμε περισσότερους συνδετήρες από ότι στην διεύθυνση y: πράγματι

$$\rho_x = 3 \cdot 0.785 / [24 \cdot 100] = 0.98\%$$

$$\rho_y = 5 \cdot 0.785 / [74 \cdot 100] = 0.53\%$$

Αρα δεν είναι ίσες οι τάσεις περίσφιγξης

Σημείωση: Η αναγωγή έγινε στην διάσταση του πυρήνα αφαιρώντας $2 \cdot [25 + 10/2] = 60\text{mm}$ από κάθε πλευρά.

β) Προκειμένου να πετύχουμε ισότητα των περισφίξεων θα πρέπει ή να μειώσουμε το ρ_x ή/και να αυξήσουμε το ρ_y . Είναι προφανές ότι υπάρχει απειρία λύσεων με την οποία μπορούμε να πετύχουμε $\rho_x = \rho_y$.

Π.χ.

- Μπορούμε, κρατώντας σταθερή την διάμετρο, να αυξήσουμε τους συνδέσμους της διεύθυνσης y έτσι ώστε: $3/24 = n/74$ δηλαδή να θέσουμε $n = 9.25 \sim 9$ σκέλη όποτε θα είναι

$$\rho_x = 3 \cdot 0.785 / [24 \cdot 100] = 0.98\%$$

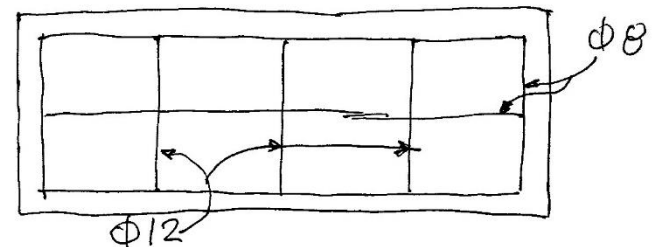
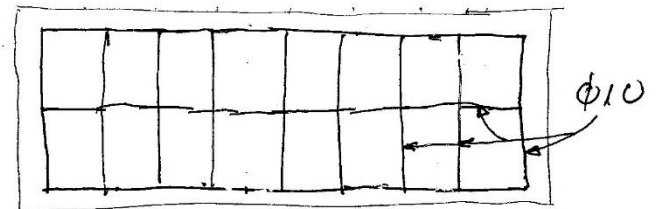
$$\rho_y = 9 \cdot 0.785 / [74 \cdot 100] = 0.95\%$$

- Εναλλακτικά, αν θέλουμε να κρατήσουμε την γεωμετρία των συνδετήρων και συνδέσμων, μπορούμε να τοποθετήσουμε περιμετρικό συνδετήρα Φ8, σύνδεσμο κατά x Φ8 και συνδέσμους κατά y 3Φ12 οπότε είναι

$$\rho_x = 3 \cdot 0.5 / [24.2 \cdot 100] = 0.62\%$$

$$\rho_y = [2 \cdot 0.5 + 3 \cdot 1.13] / [74.2 \cdot 100] = 0.59\%$$

Σημείωση: Η αναγωγή έγινε στην διάσταση του πυρήνα αφαιρώντας $2 \cdot [25 + 8/2] = 58\text{mm}$ από κάθε πλευρά.



Δεκτές όλες οι λύσεις που ακολουθούν αυτή την λογική.