

Εξέταση στο μάθημα
Ωπλισμένο Σκυρόδεμα II
του 7^{ου} εξ. Δε 10-2-2020

Διάρκεια 3h Απαντήστε σε όλα τα ερωτήματα. Επιτρέπεται μόνο η χρήση του Τυπολογίου. Τα κινητά τηλέφωνα πρέπει να είναι **απενεργοποιημένα** (όχι απλώς σιωπηλά).

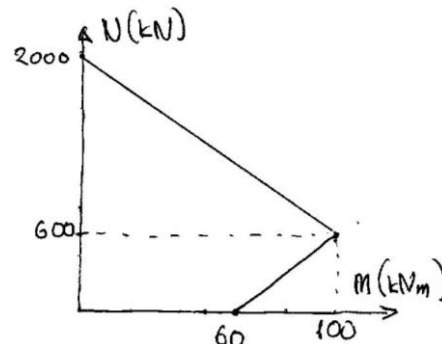
Ζήτημα 1^ο Τετραγωνικό υποστύλωμα πρόβολος, ύψους 3.0m, έχει το εικονιζόμενο διάγραμμα αλληλεπιδράσεως (εννοείται χωρίς κίνδυνο λυγισμού). Το υποστύλωμα καταπονείται, στην κεφαλή του, με αξονική δύναμη σχεδιασμού N_d υπό εκκεντρότητα e (το ί.β. αγνοείται). Ζητείται να βρεθεί η μέγιστη μονοαξονική εκκεντρότητα, e_{max} , της δύναμης την οποία μπορεί να αντέξει το υποστύλωμα λαβαίνοντας υπόψη τα φαινόμενα 2^{ας} τάξεως (Μέθοδος ονομαστικής καμπυλότητας) για τις εξής δύο τιμές της αξονικής δύναμης:

1.α) $N_d=900\text{kN}$

1.β) $N_d=450\text{kN}$.

(Προσοχή: Για την απάντησή σας, να μην χρησιμοποιηθούν τα διαγράμματα αλληλεπιδράσεως λυγισμού, αλλά το εικονιζόμενο διάγραμμα. Δεν δίδεται και δεν ζητείται ο οπλισμός του υποστυλώματος).

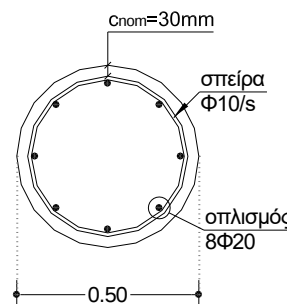
B500C, $d=25.5\text{cm}$, $K_\phi=1$, K_T να υπολογισθεί, ό,τι άλλο δεν δίνεται επιλέγεται ευλόγως υπό του μελετητού (βαθμ. 3.5)



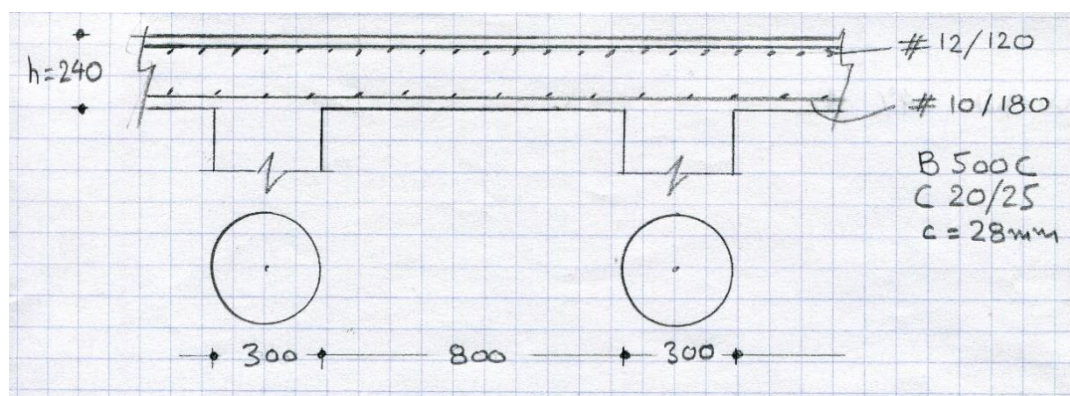
Ζήτημα 2^ο Κυκλικό υποστύλωμα με διάμετρο 0.50m, σκυρόδεμα C30/37, χάλυβα B500C και $c_{nom}=3\text{ cm}$ είναι οπλισμένο με 8Φ20 και σπείρα Φ10/s, σύμφωνα με το παράπλευρο σχήμα.

Σε κατάσταση αστοχίας, υπό τον συνδυασμό φορτίων 1.35G+1.50Q, ο λόγος της παραμόρφωσης της ακρότατης θλιβόμενης ίνας προς αυτήν του ακρότατου εφελκυσμένου χάλυβα είναι -3.50. Για τον σεισμικό συνδυασμό το υποστύλωμα καταπονείται με τη μισή αξονική θλιπτική δύναμη από αυτήν του συνδυασμού 1.35G+1.50Q. Να βρεθεί το απαιτούμενο βήμα, s , της σπείρας ώστε το υποστύλωμα να διαθέτει πλαστιμότητα καμπυλοτήτων 7.

(βαθμ. 3.0)



Ζήτημα 3^ο Δύο στύλοι οροφής υπογείου με κυκλική διατομή, διαμέτρου $D=300\text{mm}$ είναι τοποθετημένοι σε απόσταση $\Delta=1100\text{mm}$ (από κέντρο σε κέντρο). Επί αυτών θα εδρασθεί πλάκα χωρίς δοκούς, με $h=240\text{ mm}$, $c=28\text{ mm}$, άνω οπλισμό πλέγμα #Φ12/120 και κάτω οπλισμό πλέγμα #Φ10/180, η οποία μεταφέρει αξονικό φορτίο σχεδιασμού N_d σε κάθε έναν στύλο ($M_d=0$). Υλικά C20/25, B500C, ($\beta=1$).



3.1 Να βρεθεί το μέγιστο φορτίο, $N_{d,max}$, το οποίο μπορεί να μεταφερθεί σε κάθε έναν στύλο χωρίς οπλισμό διάτρησης.

3.2 Ενώ η πλάκα είναι ήδη καλουπωμένη και έχει σιδερωθεί, και αναμένεται η σκυροδέτηση για την επομένη ημέρα, προκύπτει ανάγκη, της τελευταίας στιγμής, για αύξηση του φορτίου, $N_{d,max}$, κατά 10%. Δώστε συγκεκριμένη λύση, ώστε ούτε και τώρα να μην απαιτείται οπλισμός διάτρησης, χωρίς να αυξηθούν τα γεωμετρικά στοιχεία των μελών (πάχη, επικαλύψεις κτλ) και χωρίς να μετακινηθούν σίδερα που έχουν ήδη τοποθετηθεί στον ξυλότυπο. Να παραθέσετε σχετικό σκαρίφημα που να συνοδεύει τους υπολογισμούς σας.

3.3 Για το αυξημένο φορτίο της περίπτωσης 3.2 ($1.1N_{d,max}$) να γίνει έλεγχος σε διάτρηση της θεμελίωσης, γνωρίζοντας ότι πρόκειται για γενική κοιτόστρωση με $d_m=0.5(d_x+d_y)=400\text{mm}$, με οπλισμό διπλή σχάρα άνω και κάτω με $\rho_{lx}=\rho_{ly}=5\%$. Ο έλεγχος να γίνει σε απόσταση $a=d_m/2$ και χωρίς να ληφθεί υπόψη η ευνοϊκή δράση των τάσεων του εδάφους.

(βαθμ. 3.5)

Πρόταση βαθμολογίας

Ζήτημα 1^ο Υπολογισμός K_r βαθμ. 1.5, ερώτημα 1.α βαθμ. 1.0, ερώτημα 1.β βαθμ. 1.0.

Ζήτημα 2^ο Υπολογισμός N_2 βαθμ. 1.5, υπολογισμός s βαθμ. 1.5

Ζήτημα 3^ο Ερώτημα 3.1 βαθμ. 1.5, ερώτημα 3.2 βαθμ. 1.0, ερώτημα 3.3 βαθμ. 1.0.

Σημεία που αξίζει να προσεχθούν:

Ζήτημα 1^ο Για τον υπολογισμό του K_r δεν χρειάζονται οι διαστάσεις, η ποιότητα του σκυροδέματος, οι οπλισμοί κλπ. Υπολογίζεται απευθείας από το δεδομένο διάγραμμα αλληλεπιδράσεως. Τα διάγραμμα που δίνεται εκφράζει την ροπή αντοχής για κάθε αξονική δύναμη. Αν δεν υπάρχουν φαινόμενα δευτέρας τάξεως η ροπή αυτή είναι και η μέγιστη ροπή 1^{ης} τάξεως που μπορεί να αντέξει. Αν υπάρχει ροπή 2ας τάξεως, τότε αυτή αφαιρείται από την ροπή αντοχής και έτσι προκύπτει η μέγιστη ροπή 1^{ης} τάξεως.

Ζήτημα 2^ο Αφού .. «ο λόγος της παραμόρφωσης της ακρότατης θλιβόμενης ίνας προς αυτήν του ακρότατου εφελκόμενου χάλυβα είναι -3.50», και αφού είμαστε σε κατάσταση αστοχίας, σημαίνει ότι $\epsilon_{c2} = -3.5\%$ και $\epsilon_{s1} = 1.0\%$. Για το δεδομένο ω και τις παραμορφώσεις, από το διάγραμμα αλληλεπίδρασης (σχήμα 2.7) βρίσκουμε την ανηγμένη « ν » κλπ.

Δεκτός και ο αναλυτικός υπολογισμός της N με βάση τις τάσεις της εστραμμένης διατομής.

Ζήτημα 3^ο Επειδή τα υποστυλώματα είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο, πρέπει να εξετασθεί και το ενδεχόμενο να μην είναι κρίσιμες οι δύο κυκλικές περιμέτροι, αλλά το σύνθετο σχήμα από τα δύο ημικύκλια ενωμένα με τα δύο ευθύγραμμα τμήματα. Λόγω της διατύπωσης της άσκησης δεν είναι δυνατή η διαμόρφωση διαπλάτυνσης, ούτε η αύξηση του πάχους της πλάκας. Για την θεμελίωση, επειδή δεν δίνονται οι οπλισμοί, εξετάζεται αν επαρκεί θεωρώντας την v_{min} (λαβαίνοντας βεβαίως υπόψη την αύξηση της τέμνουσας αντοχής λόγω του γεγονότος ότι ο έλεγχος γίνεται σε απόσταση μικρότερη από 2d).

Znmpu 1^o

a) $N_d = 900 \text{ kN}$ $k_r = \frac{2000 - 900}{2000 - 600} = 0.786$

$\frac{1}{\delta} = \frac{2,17\text{‰}}{0,45 \times 0,255} = 18,9\text{‰ m}^{-1} \Rightarrow \frac{1}{\delta} = 0,786 \times 1 \times 18,9\text{‰} = 14,86\text{‰ m}^{-1}$

$e_2 = \frac{1}{\delta} l_0^2 \frac{1}{10} = 14,86\text{‰} \times \frac{(2 \times 3,0)^2}{10} = 53,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 53,5 \text{ mm}$

Γα $N_d = 900 \text{ kN} \xrightarrow{\delta/m} M_R = 78,5 \text{ kNm}$

$M_2 = 900 \times 53,5 \text{ mm} = 48,15 \text{ kNm} \Rightarrow M_1 = M_R - M_2 = 30,35 \text{ kNm}$

$\Rightarrow e_{\max} = \frac{30,35}{900} = 0,034 \text{ m}$

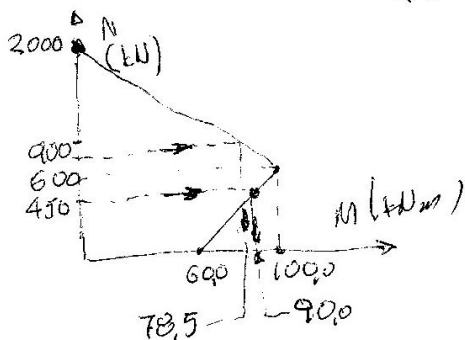
b) $N_d = 450 \text{ kN}$ $k_r = \frac{2000 - 450}{2000 - 600} = 1,11 > 1,00$

$\Rightarrow \frac{1}{\delta} = 18,9\text{‰ m}^{-1} \Rightarrow e_2 = 68,1 \text{ mm}$

$M_2 = 450 \times 68,1 \text{ mm} = 30,7 \text{ kNm}$

Γα $N_d = 450 \text{ kN} \xrightarrow{\delta/m} M_R = 90 \text{ kNm} \Rightarrow M_1 = 90 - 30,7 = 59,3 \text{ kNm}$

$\Rightarrow e_{\max} = \frac{59,3}{450} = 0,132 \text{ m}$



Ζήτημα 2°

$$\omega_{tot} = \frac{8 \cdot 3.14 \cdot \frac{500}{1.15}}{3.14 \cdot \frac{50^2}{4} \cdot \frac{0.85 \cdot 30}{1.5}} = 0.33, \quad \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{s1}} = \frac{-3.50}{1.00},$$

$$d_1 = c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_L}{2} = 0.03 + 0.01 + \frac{0.02}{2} = 0.05 \text{ m}, \quad \frac{d_1}{h} = \frac{0.05}{0.50} = 0.10$$

Από διάγραμμα αλληλεπίδρασης (σχήμα 2.7):

$$v_{Ed,1} = 0.71 \rightarrow N_1 = 0.71 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.50^2}{4} \cdot \frac{0.85 \cdot 30000}{1.5} = 2369 \text{ kN}$$

Για το σεισμικό συνδυασμό:

$$N_2 = \frac{N_1}{2} = 1184 \text{ kN} \text{ και } v_{Ed,2} = \frac{1184}{\frac{3.14 \cdot 0.50^2}{4} \cdot \frac{30000}{1.5}} = 0.302 \quad (\text{βαθ. 1.5})$$

$$R_0 = R - c_{nom} - \frac{\Phi_w}{2} = 0.25 - 0.03 - 0.005 = 0.215 \text{ m} \text{ και } D_0 = 0.43 \text{ m}$$

$$\omega_w = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_0 \cdot A_{sw}}{\pi \cdot R_0^2 \cdot s} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{2 \cdot 0.785 \cdot 10^{-4}}{0.215 \cdot s} \cdot \frac{\frac{500}{1.15}}{\frac{30}{1.5}} = \frac{0.0159}{s}$$

$$\text{Για τη σπείρα: } \alpha = 1 - \frac{s}{2 \cdot D_0} = 1 - \frac{s}{2 \cdot 0.43}$$

$$a \cdot \omega_w = 30 \cdot \mu_\phi \cdot v_{Ed,2} \cdot \varepsilon_{yd} \cdot \frac{D}{D_0} - 0.035 \rightarrow$$

$$\left(1 - \frac{s}{2 \cdot 0.43}\right) \cdot \frac{0.0159}{s} = 30 \cdot 7 \cdot 0.302 \cdot 2.17 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0.50}{0.43} - 0.035 \rightarrow$$

$$\frac{0.0159}{s} - 0.0185 = 0.125 \rightarrow s \approx 0.11 \text{ m} \quad (\text{βαθ. 1.5})$$

Ζήτημα 3°

ΘΕΜΑ 3

$h=240$
 $\# 12/120$
 $\# 10/180$
 $B 500C$
 $C 20/25$
 $c=28mm$

$dx = 240 - 28 - 12/2 = 206$
 $dy = 206 - 12 = 194$
 $d = \frac{dx + dy}{2} = 200$

$V = 0,6 \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$
 $P_x = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 250}{120 \cdot 206} = 4,58\%$
 $P_y = \frac{\pi \cdot 6^2}{120 \cdot 194} = 4,86\%$
 $P = \sqrt{P_x P_y} = 4,72\%$ ($\leq 20\%$)

3.1. $u_1 = \min \left\{ \left[2 \cdot 2 \pi \left(\frac{300}{2} + 2 \cdot 200 \right) \right], \left[2 \cdot \pi \left(\frac{300}{2} + 2 \cdot 200 \right) + 2 \cdot \left(800 + 2 \cdot \frac{300}{2} \right) \right] \right\}$
 $= \min \{ 6911, 5656 \} = 5656$

$K = 1 + \frac{200}{200} = 2 (\leq 2)$

$V_{Rd,C} = 0,12 \cdot 2 \cdot (0,472 \cdot 20)^{1/3} = 0,507$

$V_{min} = 0,035 \cdot 2^{3/2} \cdot 20^{1/2} = 0,442 < 0,507$

$V_{Ed(max)} = V_{Rd,C} = 0,507$

$N_{d(max)} = 0,507 \cdot 5656 \cdot 200 = 573,52 \cdot 10^3 N$

Για τα κάθε υποστυλώμα $573,52 / 2 = 286,76 kN < 300$

3.2.

(α) Περίπτωση: Αλλάζει το ρ σε ρ_{new} . Πρέπει $\left(\frac{\rho_{new}}{\rho}\right)^{1/3} = 1,10$

$$\text{Οπότε } \rho_{new} = (1,10)^3 \rho = 1,33 \rho$$

Το ρ_y όμως πρακτικά δεν μπορεί να αλλάξει, (σιδέρα μπορούν να ζονοθετηθούν μόνο στην άνω στρώση, διότι η κάτω είναι συστησμένη από την άνω).

$$\text{Άρα: } \rho_{new} = 1,33 \cdot 4,72\% = 6,28\% = \sqrt{\rho_{x,new} \cdot 4,86\%}$$

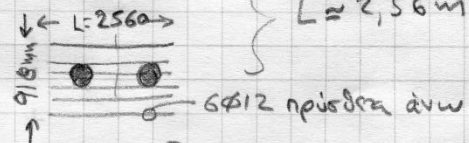
$$\Rightarrow \rho_{x,new} = \frac{6,28^2}{4,86} \% = 8,12\% \text{ (έναντι του } \rho_{x,old} = 4,58\% \text{)}$$

Το ποσοστό "μετρά" σε μια παραχέλιση με $300 + 3dx = 300 + 3 \cdot 206 = 918$ mm

$$\text{Πρέπει να προστεθούν } \frac{(8,12 - 4,58) \cdot 918 \cdot 206}{1000} = 669,4 \text{ mm}^2 \rightarrow \phi 12 \text{ (679 mm}^2\text{)}$$

Αυτά πρέπει να έχουν μήκος $L = 300 + 800 + 300 + 2 \cdot l_{b,reg}$

$$l_{b,reg} (max) = \frac{12}{4} \cdot \frac{434,8}{2,25} \approx 580 \text{ mm}$$



(β) Περίπτωση: Αλλάζει το f_c από $f_c = 20$ σε $f_{c,new}$

$$\text{Πρέπει } f_{c,new} = 20 \cdot (1,10)^3 = 26,6 \text{ MPa. Το C25/30 δεν καλύπτει}$$

Άρα, αλλάζει η παραχέλιση σε C30/37

(γ) Περίπτωση: Σωδασμός των ως άνω

3.3.

Για την θεμελίωση $d = 400$ mm

$$u_1 = \min \left\{ \left[2 \cdot 2n \left(\frac{300}{2} + 0,5 \cdot 400 \right) \right], \left[2 \cdot n \left(\frac{300}{2} + 0,5 \cdot 400 \right) + 2 \left(800 + 2 \cdot \frac{300}{2} \right) \right] \right\}$$

$$= \min \{ 4398, 4399 \} = 4398.$$

$$V_{min} = \frac{2d}{2} = 4 \text{ V}_{min} = 4 + 0,447 = 1,77$$

$$N_{d,max} = 4398 \cdot 400 \cdot 1,77 = 3115 \cdot 10^3 \text{ N} \gg 1,40 \cdot 573,52$$

(Ηδη, καλυπτόμαστε από το V_{min} και δεν μας χρειάζονται τα ποσοστά οπλισμού της πλάκας θεμελίωσης).