

.....
Έκτακτη εξέταση στο μάθημα
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ Ω.Σ.
του 8^{ου} εξ. Τε 31-1-2018

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

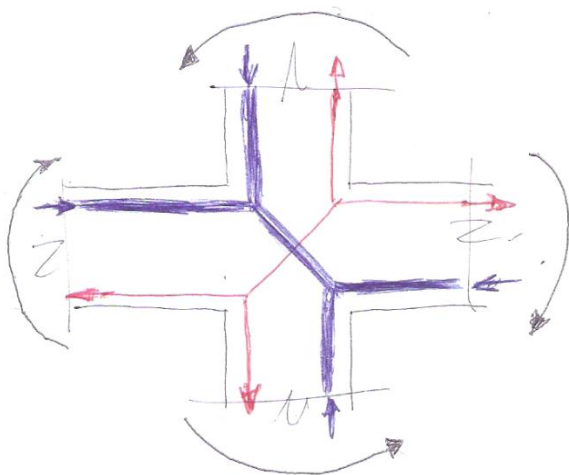
Ζήτημα 1^ο Στο πλαίσιο του αντισεισμικού ελέγχου (δεν ζητούνται ακριβείς αριθμητικές τιμές):

- α)** Τι είδους γεωμετρικοί περιορισμοί επιβάλλονται στις διαστάσεις κόμβων (δοκών-υποστυλωμάτων) και για ποιο λόγο;
β) Σε έναν εσωτερικό κόμβο δοκού-υποστυλώματος, μορφής σταυρού, γιατί υπάρχει περιορισμός ως προς την διάμετρο των διαμήκων ράβδων των δοκών οι οποίες διέρχονται από τον κόμβο; Ποιες παράμετροι επηρεάζουν τις οριακές τιμές; Υπάρχει αντίστοιχος περιορισμός για τους εξωτερικούς κόμβους;
γ) Σε έναν εσωτερικό κόμβο δοκού-υποστυλώματος, μορφής σταυρού, έχουν αναπτυχθεί, στα άκρα των συντρεχόντων μελών, ροπές κατά τον ικανοτικό έλεγχο. Δείξατε στο εσωτερικό του κόμβου τους αναπτυσσόμενους θλιπτήρες και ελκυστήρες (δεν χρειάζεται να εξετασθεί η ανακύκλιση). (**Βαθμ. 2.0**)

Απάντηση:

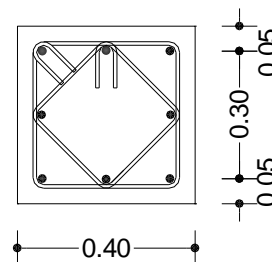
- α)** Δεν πρέπει: **1)** να υπάρχει μεγάλη εκκεντρότητα μεταξύ του άξονα της δοκού και του άξονα του υποστυλώματος ώστε να είναι εφικτή η ικανοποιητική μεταφορά των ροπών από το ένα μέλος στο άλλο και **2)** δεν πρέπει το πλάτος της δοκού να είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με το πλάτος του υποστυλώματος ώστε να υπάρχει ικανοποιητική (κάθετη) πίεση στις διαμήκεις ράβδους των δοκών από την αξονική δύναμη του υποστυλώματος (ευνοϊκή επίδραση στην συνάφεια των οριζοντίων ράβδων).
β) Η διάμετρος του οπλισμού δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη (σε σχέση με πλάτος του υποστυλώματος παράλληλα με τις ράβδους) για την αποφυγή αστοχίας συνάφειας. Η μέγιστη διάμετρος επηρεάζεται από την διάσταση του υποστυλώματος, από την εφελκυστική αντοχή ή την τάση συνάφειας του σκυροδέματος, από την αξονική δύναμη του υποστυλώματος και από την τάση διαρροής του χάλυβα. Οποιος γράψει ότι εξαρτάται και από τον λόγο ρ'/ρ_{\max} και την κατηγορία πλαστιμότητας ας πριμοδοτηθεί επιπλέον. Ναι, ισχύει ανάλογος περιορισμός και για τους εξωτερικούς κόμβους.

γ)



Ζήτημα 2^ο Κύριο, αμφίπακτο τετραγωνικό υποστυλώμα του ισογείου ενός εύκαμπτου ($T_1 \geq T_c$) πλαισιωτού 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 $\mu_\phi=7$, 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. (**Βαθμ. 3.0**)



Απάντηση:

α) Έλεγχοι V_{CD} $V_{CD} = \gamma_{RD} \cdot 2M_{Rd}/L_{cd}$, $\gamma_{RD} = 1,3$ & $L_{cd} = 3,5$ m

α.1) M_{Rd} $(d_1=d_2)/h = 50/400 = 0,125$, $d = 0,35$ m

$f_{cd} = 20$ MPa (χωρίς 0,85) $f_{yd} \approx 435$ MPa

$\eta = 1275/0,4^2 \cdot 20 \cdot 10^3 \approx 0,4 < 0,55$ για ΚΓΥ

$b_c (< h_c) = 0,40$ m $> 0,25$ m & $h_v/10$

$\rho_{lt} = (8\phi 20 \approx 25,15 \text{ cm}^2)/40^2 \text{ cm}^2 \approx 1,57\% > 1\% < 4\%$

- Διαγράμματα $M-N$ /ΕΦΣ, ΕΜΓ

Για $\omega_t = (2A_{s1} = 2A_{s2} = 8\phi 20 \approx 18,85 \text{ cm}^2) \cdot f_{yd}/b h f_{cd}$
 $= 18,85 \cdot 435/40^2 \cdot 20 \approx 0,25^5$

$\rightarrow d_1/h = 0,10$ $\mu \approx 0,22^-$ & $d_1/h = 0,15$ $\mu \approx 0,21^-$

- Διαγράμματα Schneider

Για $\omega_t = (8\phi 20 \approx 25,15 \text{ cm}^2) \cdot 435/40^2 \cdot 20$
 $\approx 0,34$

$\rightarrow d_1/h = 0,10$ $\mu \approx 0,22^-$ & $d_1/h = 0,20$ $\mu \approx 0,18$

$\mu \approx 0,22^-$ (δυσμενώς, για την V_{CD}) \rightarrow

$M_{Rd} \approx \mu \cdot b h^2 \cdot f_{cd} \approx 281,5 \text{ κNm} > M_{Ed}$

α.2) $V_{CD} = 1,3 \cdot 2M_{Rd}/3,5 \approx 209,1 \text{ κN} > V_{Ed}$

α.3) Για $\vartheta = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, $z \approx 0,9d \approx 0,315$ m

• $V_{Rd,max} = 0,6(1 - f_{tk}/250) \cdot b_w \cdot z \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \approx 665,3 \text{ κN} > V_{CD}$

• $V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot (z/s) \cdot f_{yd}$, με $A_{sw} = 2\phi 10 + 2\phi 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 27 \text{ cm}^2$
 $\approx 370,0 \text{ κN} > V_{CD}$

Για τα περί συνδ/ρωδ κτλ βλ στην ενόμεινη
γραφάγραφο

β) Ελέγχοι ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΕΩΣ

$\mu_f = 7$ (για $T_1 \geq T_c: q = (\mu_f + 1)/2 = 4$, σχετικώς μικρή τιμή για κηγ)

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

υψηλός $A_o = b_o^2 = 33^2 \text{ cm}^2$, $33 \text{ cm} = 30 \text{ cm} + 2 \cdot (1,0 + 0,5) \text{ cm}$

στη βάση πρέπει: $\phi_w \geq \max(6 \text{ mm}, 0,4 \phi_{l, \max}) \geq 8 \text{ mm}$ OK
 $S_w \leq \min(\phi_{l, \min}, b_o/3, 125 \text{ mm}) \leq 110 \text{ mm}$

$\alpha = \alpha_\eta \cdot \alpha_s$ (αηοδοζικόσησα)

$\alpha_\eta = 1 - \frac{\sum b_i^2}{\eta A_o}$ $\eta = 8$ (περιθωριακές παραβολές)

$b_i = 150 \text{ mm}$, OK για κηγ

$\alpha_\eta = 1 - \frac{8 \cdot 15^2}{6 \cdot 33^2} \approx 1 - 0,27^5 \approx 0,72^5$

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

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

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

$\approx 0,35^5$

στη βάση πρέπει: $w_{wd} \geq 0,12$ OK για κηγ

ηερίεφίγγ $(\alpha_\eta \cdot \alpha_s) \cdot w_{wd} \approx 0,18^5 \geq 30 \mu_f \cdot \nu \cdot \epsilon_{syd} \cdot \frac{b_c}{b_o} = 0,035$

$0,18^5 \geq 30 \cdot 7 \cdot 0,4 \cdot 2,175\% \cdot \frac{40}{33} = 0,035$

;

$\geq 0,18^5$

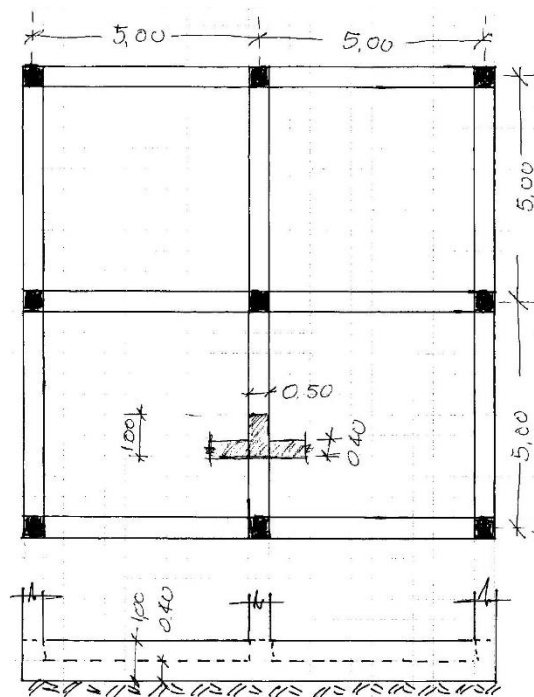
ΟΡΙΑΚΩΣ OK

γ) Βλ. εως χρησιμοποιούμενες εξ όλους τους ελέγχους (ηερί b_c & b_i , $\rho_{l,t}$, ν , ϕ_w & S_w , w_{wd} & αw_{wd}).

Ζήτημα 3^ο Τα εννέα υποστυλώματα του κτηρίου θεμελιώνονται, με την παρεμβολή δοκών 50/100cm, πάνω σε μια πλάκα γενικής κοιτόστρωσης πάχους 0.40m. Οι τάσεις κάτω από την πλάκα υπό τα φορτία της ανωδομής (δεν συμπεριλαμβάνεται το ι.β. της πλάκας) και υπό τον συνδυασμό αστοχίας (εμπεριέχονται οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας) είναι $\sigma_d=200\text{kN/m}^2$, σταθερές σε όλη την έκταση της θεμελίωσης (έστω). Ζητούνται: να οπλισθεί η πλάκα της κοιτόστρωσης και η κεντρική δοκός και να σχεδιασθούν τα αντίστοιχα σχέδια. Υλικά C30/37, B500C. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις αντισεισμικότητας. Κάθε άλλο στοιχείο θα επιλεγεί αιτιολογημένα από τον μελετητή. **(Βαθμ. 3.0)**

Απάντηση:

Εκκρεμεί



Ζήτημα 4^ο α) Αμφιέρειστη πλάκα θεωρητικού μήκους 3.80m πάχους 0.20m φορτίζεται, εκτός από το ι.β., και με φορτίο επικάλυψης $g_k' = 2 \text{ kPa}$ και ωφέλιμο φορτίο $q_k = 5.00 \text{ kPa}$, $\psi_2 = 0.4$ είναι οπλισμένη με $\Phi 16/100 \text{ mm}$, $c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm}$, υλικά C30/37, B500C. Είναι ασφαλής η πλάκα έναντι αστοχίας από κάμψη; Ικανοποιείται η απαίτηση εύρους ρωγμής $w_k = 0.2 \text{ mm}$ (έλεγχος μέσω των απαλλακτικών διατάξεων, όχι λογιστικός υπολογισμός του εύρους ρωγμής)?

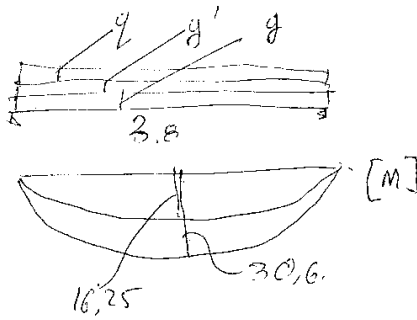
β) Κατά τον λογιστικό έλεγχο της ρηγμάτωσης το εύρος ρωγμής υπολογίζεται από την σχέση: $w_k = s_{r,\text{max}} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$. Ο όρος μέσα στην παρένθεση υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση (1):

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,\text{eff}}}{\rho_{p,\text{eff}}} (1 + \alpha_e \rho_{p,\text{eff}})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (1)$$

Δώσατε ποιοτική ερμηνεία της σχέσεως (1). Γιατί απαιτείται το κλάσμα να είναι μεγαλύτερο από $0.6 \sigma_s / E_s$? (**Βαθμ. 2.0**)

Απάντηση:

α)



$$\begin{aligned} g_k &= 0.2 \times 25 = 5.0 \text{ kN/m}^2 \\ g_k' &= 2.0 \\ q_k &= 5.0 \end{aligned}$$

Αστοχία $\rho_d = 1.35 (5.0 + 2.0) + 1.5 \times 5.0 = 16.95 \text{ kN/m}^2$

Λειτουργία $\rho_{d,\text{ser}} = 5.0 + 2.0 + 0.4 \times 5.0 = 9.0 \text{ kN/m}^2$

$$M_{ud} = \frac{1}{8} 16.95 \times 3.8^2 = 30.6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{ser},d} = \frac{1}{8} 9.0 \times 3.8^2 = 16.25 \text{ kNm/m}$$

$$\mu = \frac{M}{b d^2 f_{cd}} = \frac{30.6}{1.0 \times 0.16^2 \times 16000}$$

$$d_1 = 2.5 + \frac{1.6}{2} = 3.3 \text{ cm} \Rightarrow d = 16.7 \text{ cm}$$

$$= 0.065 \Rightarrow \omega = 0.068$$

$$\Rightarrow A_{s,\text{req}} = 0.068 \times 16.7 \times 100 \times \frac{17}{435} = 4.44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\Phi 16/100 \Rightarrow A_{s,\text{πρωτ}} = \frac{2.0 \omega^2}{0.10 \text{ m}} = 20.0 \text{ cm}^2/\text{m} > 4.44 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ ασφαλής}$$

Στην φάση λειτουργίας: $M = 16.25 \text{ kNm/m}$

Αφαίρεση καλύβα $\sigma_c = 435 \times \frac{16.25}{30.6} \times \frac{4.44}{20.0} = 51.3 \text{ MPa}$

$$\Rightarrow \text{Είτε από πίεση 9.2 του Τυροβλήτου } \phi_{\text{max}} > 75 \mu\text{m}$$

$$\text{ή από } 9.3 \text{ } s_{\text{max}} > 200 \mu\text{m}$$

Άρα με $\Phi 16/100$ εμψύσε ο.κ. ✓

β) Ο όρος σ_s / E_s (ο πρώτος όρος του κλάσματος) είναι η παραμόρφωση του «γυμνού» χάλυβα (σαν να μην υπήρχε καθόλου σκυρόδεμα γύρω από τον χάλυβα). Ωστόσο, το σκυρόδεμα που βρίσκεται ανάμεσα από τις διαδοχικές ρωγμές, κατά μήκος του χάλυβα, συμβάλλει στην μείωση της μέσης παραμόρφωσης του χάλυβα. Το φαινόμενο αυτό λέγεται «εφελκυστική συμβολή στην δυσκαμψία» (Tension stiffening effect). Αυτή η συμβολή του εφελκυσμένου σκυροδέματος λαβαίνεται υπόψη με τον δεύτερο όρο του κλάσματος. Βέβαια, αν αυτή η συμβολή είναι πολύ μεγάλη, δεν την αποδεχόμαστε (συντηρητική εκτίμηση του εύρους ρωγμής) και έτσι δεν επιτρέπουμε μείωση μεγαλύτερη από $0.4 \sigma_s / E_s$.