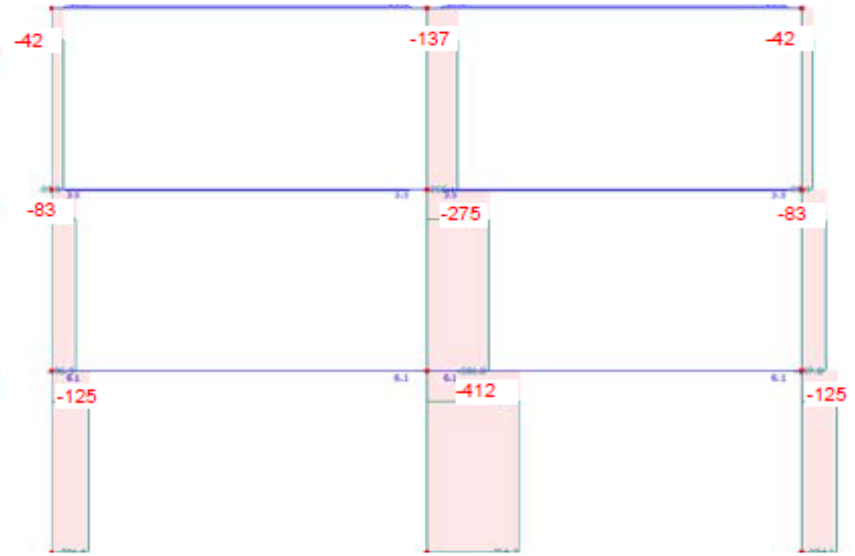
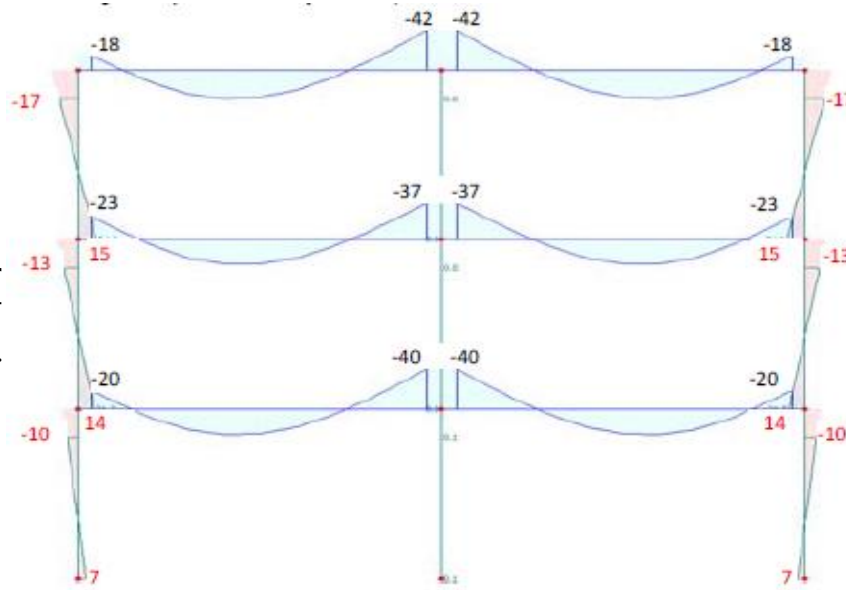


Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Εκφώνηση

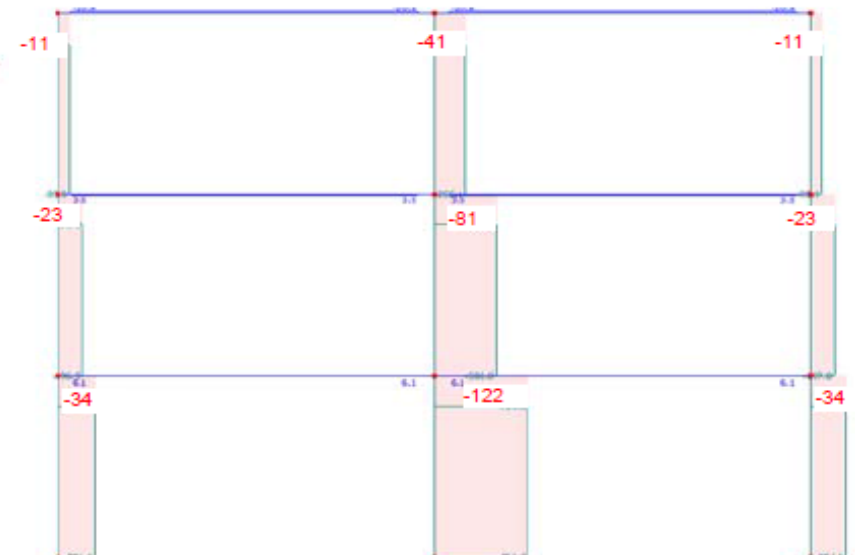
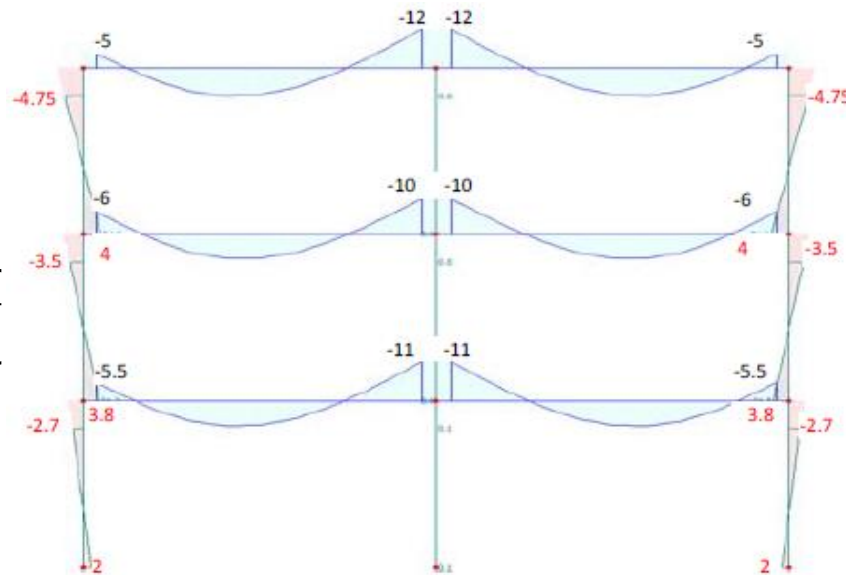
Ροπές [KNm]

Αξονικές δυνάμεις [KN]

Μονιμα φορτία, G



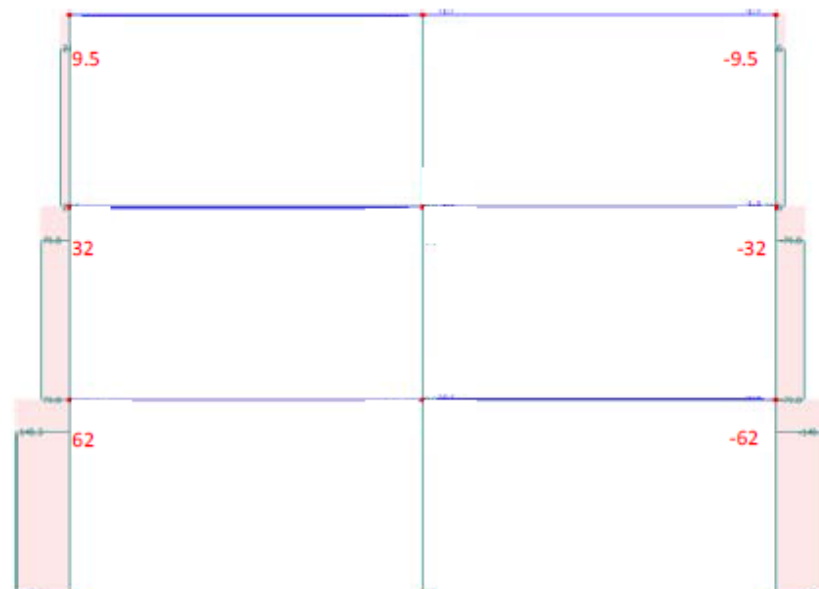
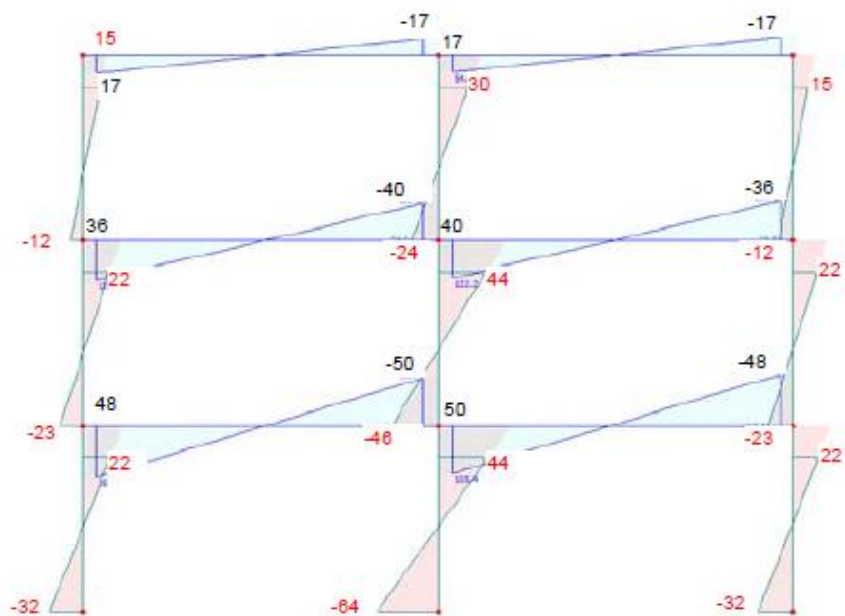
Κινητα φορτία, Q



Ροπές [KNm]

Αξονικές δυνάμεις [KN]

Σεισμός +E

**Ζητούνται:**

- Οι οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις ορόφων και ο οριζόντιος σεισμικός συντελεστής βάσης για τα οποία επιλύεται η κατασκευή.
- Ο διαμήκης οπλισμός των δοκών στις στηρίξεις.
- Ο διαμήκης οπλισμός των υποστυλωμάτων (σταθερός καθ' ύψος).
- Η Ικανοτική τέμνουσα σχεδιασμού του μεσαίου υποστυλώματος στο ισόγειο.

Δεδομένα / Θεωρήσεις:

- Τα εντατικά μεγέθη που δίδονται είναι στο καθαρό μήκος των μελών του πλαισίου.
- Να ληφθούν υπόψη οι φορτίσεις: $1.35G+1.5Q$ και $G+0.3Q\pm E$.
- Ύψος ορόφου 3m (καθαρό ύψος 2.5m), Ανοίγματα (από άξονα σε άξονα) 4m.
- Ακραία υποστυλώματα 0.3m x 0.3m, μεσαίο 0.35m x 0.35m, δοκοί b x h = 0.3m x 0.5m.
- Σκυρόδεμα C20/25, χάλυβας B500C, επικάλυψη οπλισμών: c=35mm, ΚΠΜ κατά ΕΚ8-1.

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

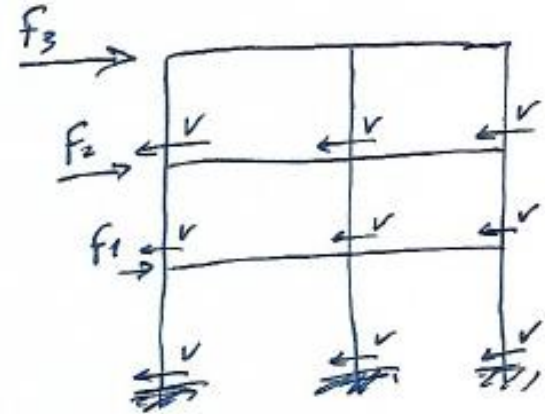
Λύση:

Οι τήκοντες λόγω βελβού ανά όροφο προκύπτουν απ' τη διαφορά των ροών βελβών κορυφή ή τη βάση καθε υπ/μυτος:

$$V_3 = \frac{15 - (-12)}{2,5} \cdot 2 + \frac{30 - (-24)}{2,5} = 43,2 \text{ kN}$$

$$V_2 = \frac{22 - (-23)}{2,5} \cdot 2 + \frac{44 - (-46)}{2,5} = 72 \text{ kN}$$

$$V_1 = \frac{22 - (-32)}{2,5} \cdot 2 + \frac{44 - (-64)}{2,5} = 86,4 \text{ kN}$$



Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

$$F_3 = V_3 \Rightarrow \boxed{F_3 = 43.2 \text{ κΝ}}$$

$$F_3 + F_2 = V_2 \Rightarrow F_2 = 72 - 43.2 \Rightarrow \boxed{F_2 = 28.8 \text{ κΝ}}$$

$$F_1 + F_2 + F_3 = V_1 \Rightarrow F_1 = 86.4 - 43.2 - 28.8 \Rightarrow \boxed{F_1 = 14.4 \text{ κΝ}}$$

Έξοδος γων. βάθους: $\varepsilon = \frac{V_{\text{αξον.}}}{W} = \frac{V_1}{W}$

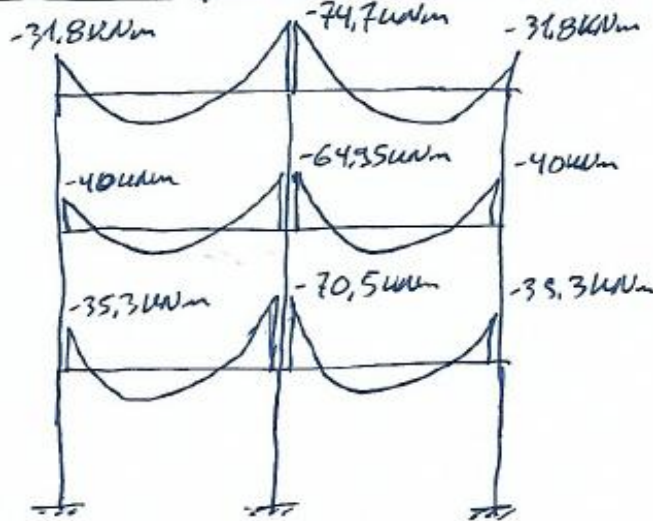
W: ολικό βάρος για $G + 0.3Q \leadsto$ αξονική για $G + 0.3Q$

$$W = 2 \cdot 125 + 412 + 0.3 \cdot (2 \cdot 34 + 122) \Rightarrow W = 719 \text{ κΝ (θεωρείται για σεισμό)}$$

άρα $\varepsilon = \frac{V_1}{W} = \frac{86.4}{719} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 0.12}$

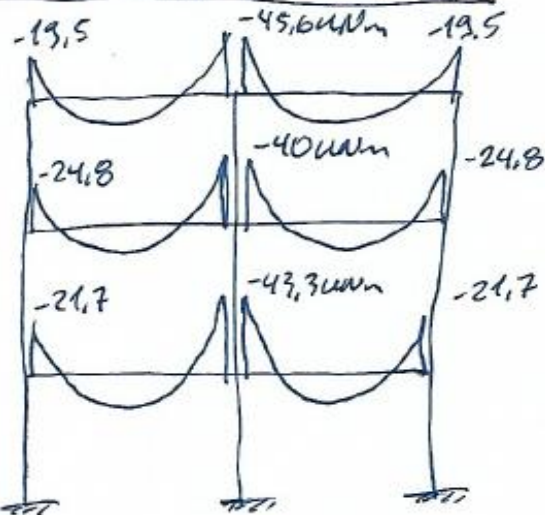
Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Ροπές δοκών λόγω $1.35G + 1.5Q$



π.χ. $1.35 \cdot (-42) + 1.5 \cdot (-12) = -74.7 \text{ kNm}$

Ροπές δοκών λόγω $G + 0.3Q$

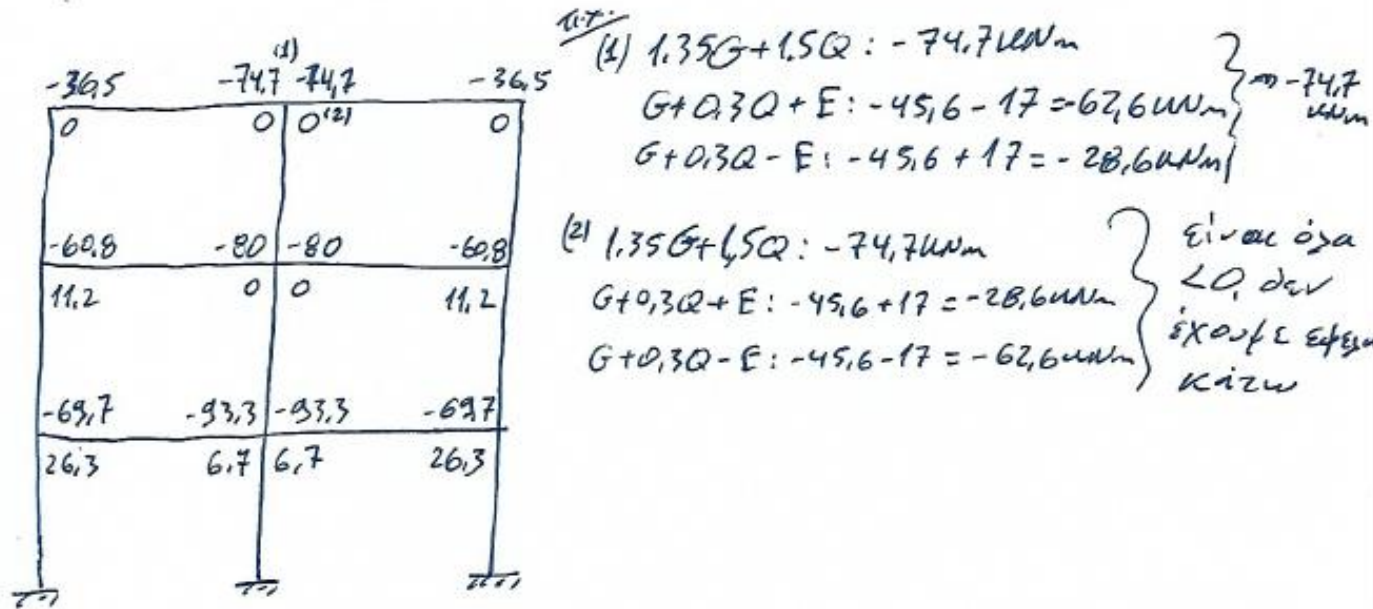


π.χ. $-42 + 0.3 \cdot (-12) = -45.6 \text{ kNm}$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Ροπές σχεδιασμού δοκών στις βάσεις

Περιβάλλοντα των φορτίσεων: $1,35G+1,5Q$, $G+0,3Q+E$, $G+0,3Q-E$



Υπολογισμοί στις βάσεις των δομών (προεξοφτούμενα):

$$A_s = \frac{M_{ed}}{Z_{fvd}}, \quad z \approx d - d_t, \quad d_t = c_{nom} + \phi_h + \frac{\phi_e}{2} \approx 5 \text{ cm} \rightarrow d = 0,45 \text{ m} \rightarrow z = 0,4 \text{ m}$$

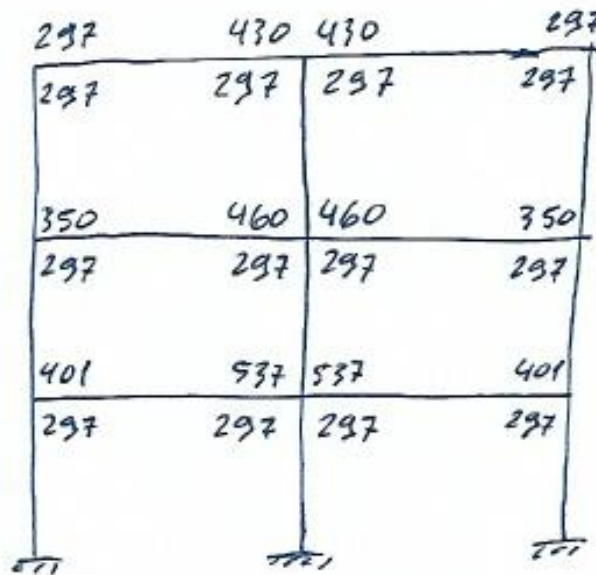
$$\text{άρα: } A_s = \frac{M_{ed}}{0,4 \cdot 500 / 1,15 \cdot 10^3} \Rightarrow A_s = 5,75 M_{ed}$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

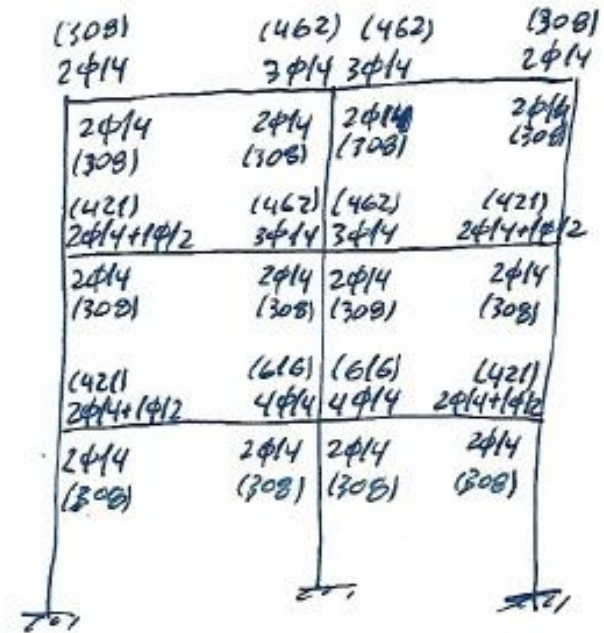
Ελάχιστος οπλισμός: $\rho_{min} = 0,5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,5 \cdot \frac{2,2}{500} = 2,2 \cdot 10^{-3}$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = 2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 460 = 297 \text{ mm}^2$$

πρέπει επίσης να ικανοποιείται $A_{s,κατω} \geq \frac{A_{s,πάνω}}{2}$
 στις βεράτσες.



A_s απαιτούμενα (mm^2)



Τοποθετούνται (A_s σε mm^2)

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Ροπές αντοχής δοκών στις οριζόντιες (προεγκριτικά):

$$M_{Rb} = A_s \cdot f_{yd} \cdot Z = A_s / s.75$$

| | | | |
|------|-------|-------|------|
| 53,6 | 80,3 | 80,3 | 53,6 |
| 53,6 | 53,6 | 53,6 | 53,6 |
| 73,2 | 80,3 | 80,3 | 73,2 |
| 53,6 | 53,6 | 53,6 | 53,6 |
| 73,2 | 107,1 | 107,1 | 73,2 |
| 53,6 | 53,6 | 53,6 | 53,6 |

Συνιστώσες δυνάμεις υπ/κάζων για $G+0,3Q \pm E$:

| | | |
|-------------|-----------|------------------------------|
| 7 | 8 | 9 |
| -45,3 ± 9,5 | $K_{H,3}$ | -149,3 $K_{A,3}$ -45,3 ± 9,5 |
| 4 | 5 | 6 |
| -89,9 ± 32 | $K_{H,2}$ | -299,3 $K_{A,2}$ -89,9 ± 32 |
| 1 | 2 | 3 |
| -135,2 ± 62 | $K_{H,1}$ | -448,6 $K_{A,1}$ -135 ± 62 |

$$\pi_X: -125 + 0,3 \cdot (-34) \pm 62 = -135,2 \pm 62$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Αιραία υπ/κατα:

Βάση υπ/κατος: Λειτουργία πλαστικής άρθρωσης \rightarrow όχι ικανοποιός
 σε κάμψη \rightarrow Διαστασιολόγηση βάσει διαγραμμάτων \rightarrow
 μικρή ροπή σχεδιασμού, θα προεκταθούν προς τα πάνω οι
 οπλισμοί των ανώτερων ορόφων

Κόμβος 1: Για $G+0.3Q+E$ έχουμε:

$$M_{CD} = \frac{1,3 \sum M_{RB}}{2} = \frac{1,3 \cdot 53,6}{2} \stackrel{\downarrow \text{εφεξ. κάτω}}{=} 34,8 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{κάτω}} = -135,2 + 62 = -73,2 \text{ kN}, N_{\text{πάνω}} = -89,9 + 32 = -57,9, N_d = \frac{73,2 + 57,9}{2} = 65,6 \text{ kN}$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

$$\left. \begin{aligned} v_d &= \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{65,6}{0,3 \cdot 0,3 \cdot 20000 / 1,5} = 0,055 \\ \mu_d &= \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{34,8}{0,3 \cdot 0,3^2 \cdot 20000 / 1,5} = 0,097 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} d_1/h &\approx 0,15 \\ \omega_{tot} &= 0,2 \end{aligned}$$

- Για $G+0,3Q-E$ έχουμε:

$$M_{cd} = \frac{1,3 \cdot \overset{\text{εφεξ. πάνω}}{SM_{ab}}}{2} = \frac{1,3 \cdot 73,2}{2} = 47,6 \text{ kNm}$$

$$N_{1, \text{κατω}} = -135,2 - 62 = -197,2 \text{ kN}, N_{1, \text{πάνω}} = -89,9 - 32 = -121,9 \text{ kN}$$

$$N_d = \frac{197,2 + 121,9}{2} = 159,5 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{aligned} v_d &= \frac{159,5}{65,6} \cdot 0,055 = 0,134 \\ \mu_d &= \frac{47,6}{34,8} \cdot 0,097 = 0,133 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} d_1/h &= 0,15 \\ \omega_{tot} &= 0,22 \end{aligned}$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Τα $G+0,3Q+E$ ή $G+0,3Q-E$ έβγαλαν σχεδόν την ίδια απαιτούμενη οριακή τε ελαφρώς ξεχασμένο το $\boxed{W_{tot} = 0,22}$

κρίβος 4: Για $G+0,3Q+E$ έχουμε:

$$M_{ed} = \frac{1,3 \cdot \sum M_{Rb}}{2} = \frac{1,3 \cdot 53,6}{2} = 34,8 \text{ kNm}$$

← εφ. κέντρο

$$N_{\text{κέντρο}} = -89,9 + 32 = -57,9 \text{ kN}, N_{\text{πάνω}} = -45,3 + 9,5 = -35,8 \text{ kN}, N_d = \frac{57,9 + 35,8}{2} = 46,9 \text{ kN}$$

$$\nu_d = \frac{46,9}{65,6} \cdot 0,055 = 0,039, \mu_d = \frac{34,8}{34,8} \cdot 0,037 = 0,037, \frac{d_l}{h} = 0,15 \leadsto W_{tot} = 0,22$$

- Για $G+0,3Q-E$ έχουμε:

$$M_{ed} = \frac{1,3 \cdot 73,2}{2} = 47,6 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{κέντρο}} = -89,9 - 32 = -121,9 \text{ kN}, N_{\text{πάνω}} = -45,3 - 9,5 = -54,8 \text{ kN}$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

$$N_d = \frac{121,9 + 35,8}{2} = 78,9 \text{ kN}$$

$$V_d = \frac{78,9}{65,6} \cdot 0,055 = 0,066, \mu_d = \frac{47,6}{34,8} \cdot 0,037 = 0,133 \xrightarrow{\frac{d_t}{h} \approx 0,15} W_{tot} = 0,29$$

Η ελάχιστη απαίτηση σπιντορού απ' τον κόμβο (4) είναι $\boxed{W_{tot} = 0,29}$

- Στον τελευταίο όροφο δεν είναι υποχρεωτικός ο κανονισμός σε κάψη \rightarrow Θεωρείς Διαστασιολογικά βάσει Διαγραφμάτων \rightarrow η μικρή ροπή σχεδιασμού, θα προεταθούν οι σπιντοροί των κατώτερων ορόφων προς τα πάνω.

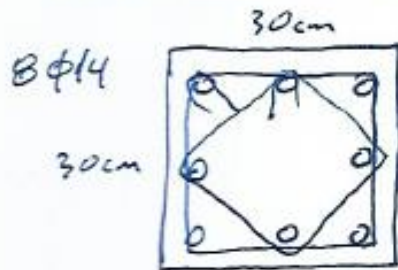
Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

- Τέλος, για τα αυθαία υπ/κάτα και με δεδομένο ότι ο οπλισμός των υπ/κάτων θα είναι σταθερός καθ' ύψος, η διαστασιολόγηση δίνεται για $w_{tot} = 0,29$ που είναι το μεγαλύτερο.

$$A_{s,tot} = w_{tot} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,29 \cdot 300 \cdot 300 \cdot \frac{20/1,5}{500/1,15} \Rightarrow \boxed{A_{s,tot} = 800 \text{ mm}^2}$$

Ελάχιστος οπλισμός: $\rho_{min} = 0,01 \Rightarrow A_{s,min} = 0,01 \cdot b \cdot h = 0,01 \cdot 300 \cdot 300 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \boxed{A_{s,min} = 900 \text{ mm}^2} > A_{s,tot} = 800 \text{ mm}^2$

Τοποθετούνται τα ελάχιστα: $\boxed{8\phi 14}$ ($1232 \text{ mm}^2 > 900 \text{ mm}^2$)



≥ 3 ράβδοι ανά πλευρά

Γενικά καλύπτει τις κατασκευαστικές διατάξεις για ΚΤΜ

Μεγαίο υπογύψα:

- Στα βάθι του υπογυψάτος μ βρον τετραταίο όροφο δεν χρειάζεται ικανοτικό σε κάρψη η Διαταγ. βάθει διαφρ. \rightarrow μ κάρψις ροπής (δεν είναι κρίσεις ^{του σχεδιασμού})
- Οι αξονικές δυνάμεις είναι ίδες στο μεγαίο υπογύψα για $G+0,3Q \pm E$. Εφόσον ο οπλισμός θα είναι σταθερός καθ' ύψος, θα εξετάζουμε τους κόμβους ② μ ③ για να δούμε ποιος είναι καθοριστικός του σχεδιασμού (μεταβολή μ της ικανοτικής ροπής μ της αξονικής δύναμης)

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

$$\text{κόμβος 2: } M_{cd} = \frac{1,3 \cdot \Sigma M_{Rd}}{2} = \frac{1,3 \cdot (107,1 + 53,6)}{2} = 104,5 \text{ kNm}$$

$$N_d = \frac{448,6 + 299,3}{2} = 374 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} v_d &= \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{374}{0,35 \cdot 0,35 \cdot \frac{20000}{1,5}} = 0,229 \\ \mu_d &= \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{104,5}{0,35 \cdot 0,35^2 \cdot \frac{20000}{1,5}} = 0,183 \end{aligned} \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \frac{d_r}{h} \approx 0,15 \rightarrow w_{tot} = 0,27$$

$$\text{κόμβος 5: } M_{cd} = \frac{1,3 \cdot (80,3 + 53,6)}{2} = 87 \text{ kNm}$$

$$N_d = \frac{299,3 + 149,3}{2} = 224,3 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} v_d &= \frac{224,3}{374} \cdot 0,229 = 0,137 \\ \mu_d &= \frac{87}{104,5} \cdot 0,183 = 0,152 \end{aligned} \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \frac{d_r}{h} \approx 0,15 \rightarrow w_{tot} = 0,27$$

Προέκυψε ίδια απαίτηση οπλισμών στους κόμβους 2 & 5

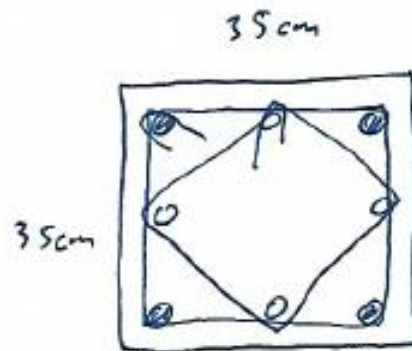
$$\boxed{w_{tot} = 0,27}$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,27 \cdot 350 \cdot 350 \cdot \frac{20/1,5}{500/1,15} = 1014 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,01 \cdot 350 \cdot 350 \Rightarrow \boxed{A_{s,min} = 1225 \text{ mm}^2} > A_{s,tot} = 1014 \text{ mm}^2$$

Τοποθετούνται τα ελάχιστα: $\boxed{4\phi 16} + \boxed{4\phi 14}$ ($1420 \text{ mm}^2 > 1225 \text{ mm}^2$)



4φ16 + 4φ14



Καλύπτονται οι καταβ. διατάξεις για ΚΤΜ

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Κανονική τήνωση σχεδιασμού (μεγαίο υποβελτα, 16 όγειο)

Ροπή αντοχής μεγαίου υποβελτατος 620 16 όγειο

$$4\phi 16 + 4\phi 14: A_s = 1420 \text{ mm}^2 \leadsto \omega_{tot} = \frac{A_s}{b \cdot h} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{1420}{350 \cdot 350} \cdot \frac{500/1.15}{20/1.5}$$

$$\Rightarrow \omega_{tot} = 0,38$$

$$\text{Αξονική φορτία υπ/τατος: } N = -448,6 \text{ kN} \leadsto v_d = \frac{448,6}{374} \cdot 0,229 = 0,275$$

$$\omega_{tot} = 0,38, v_d = 0,275, d/h = 0,15 \leadsto \mu_{rd} = 0,2$$

$$M_{rd} = \mu_{rd} \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 0,35 \cdot 0,35^2 \cdot \frac{20000}{1,5} \Rightarrow \boxed{M_{rd} = 114,3 \text{ kNm}}$$

Ισχύει η ίδια για βάση κ' την κορυφή του υποβελτατος
(ίδια αξονική κ' σχετικός σταθερός καθ' ύψος)

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

Ικανοζική τιμολογία: Στη βάση έχουμε πιασμένη άρθρωση
620 υποστ/τα η' στην κορυφή (κόμβος 2) έχουμε 6215 δομολ.

$$V_{CD} = \gamma_{RD} \cdot \frac{M_{RAC}^K \cdot (\sum M_{Rdb} / \sum M_{Rdc}) + M_{Rdc}^0}{h_n}$$

①

$$\text{ΚΙΤΜ} \Rightarrow \gamma_{RD} = 1.0$$

$$h_n = 2.5 \text{ m}$$

(καθαρό ύψος υπ/φαιτος)

Χρειαζόμαστε την ροπή αντοχής του τεταίου υποστ/τατος
πάνω απ' τον κόμβο 2 για να υπολογίσουμε την $\sum M_{Rd}$.

Ο οπλισμός είναι σταθερός καθ' ύψος, άρα:

$$\omega_{tot} = 0.38$$

Αντισεισμικός Σχεδιασμός: Άσκηση 3 – Επίλυση

$$\text{Αξονική: } N = 299,3 \text{ kN} \leadsto V_d = \frac{299,3}{448,6} \cdot 0,275 = 0,183 \quad \left. \vphantom{\frac{299,3}{448,6} \cdot 0,275} \right\} d_s/h \approx 0,13$$

$$\leadsto \mu_{Rd} = 0,18 \leadsto M_{Rd} = \frac{0,18}{0,2} \cdot 114,3 \Rightarrow \boxed{M_{Rd} = 102,9 \text{ kNm}}$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow V_{cd} = 1,0 \cdot \frac{114,3 \cdot \frac{107,1 + 53,6}{114,3 + 102,9} + 114,3}{2,5} \Rightarrow \boxed{V_{cd} = 79,55 \text{ kN}}$$