

3.1

* Όμοιο βάρος θεμελίου $G_g = (l_x \cdot l_y \cdot d) \cdot \gamma_b = (2.0 \times 3.0 \times 1.0) \times 25 = 150 \text{ kN}$

* Συνολικό κατακόρυφο φορτίο $\Sigma V = P + G_g = 1200 + 150 = 1350 \text{ kN}$

"Ελεγχος φέρουσας ικανότητας κατά DIN 4017 (σελ. 24, 25, 26)

$$p_u = \frac{c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c}{s_c \cdot i_c} + (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

* ΑΜΜΟΙ $\rightarrow c = 0$

* Επίσης: $q = 0$, $\gamma_1 = \gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_2 = \gamma_{\text{av}} = \gamma_{\text{top}} - \gamma_w = 20 - 10 = 10 \text{ kN/m}^3$

* Όριζόντιο θεμέλιο ($\alpha = 0^\circ$) $\rightarrow b_q = b_\gamma = 1^2 = 1$

* Συντελεστές σχήματος πεδίου

$$\left. \begin{aligned} S_q &= 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \phi \\ S_\gamma &= 1 - 0.3 \cdot \frac{B'}{L'} \end{aligned} \right\} \text{ όπου } \frac{B'}{L'} < 1 \text{ δηλαδή } B' = \min(l'_x, l'_y) \rightarrow \text{υπείσχεται} \\ L' = \max(l'_x, l'_y) \text{ και σεν } \gamma' \text{ ύψος}$$

* Για $\phi = 35^\circ \xrightarrow{\text{σελ. 24}} N_q = 33.296, N_\gamma = 45.228$

(i) Όρθη έμφαντη φόρτιση $P = 1200 \text{ kN}$, $M_x = 500 \text{ kN}\cdot\text{m}$, $H_x = 0$

* Έμφαντικότητα $e_{x(x)} = \frac{M_x}{\Sigma V} = \frac{500}{1350} = 0.37 \text{ m} \left(< \frac{l_x}{3} = \frac{3.0}{3} = 1.0 \text{ m} \right)$

$$l'_x = l_x - 2e_{x(x)} = 3.0 - 2 \times 0.37 = 2.26 \text{ m}$$

$$l'_y = l_y = 2.0 \text{ m}$$

οπότε: $B' = \min\{2.26, 2.0\} = 2.0 \text{ m}$ και $L' = 2.26 \text{ m}$

* Συντελεστές σχήματος πεδίου

$$S_q = 1 + \frac{2.0}{2.26} \cdot \sin 35^\circ = 1.508$$

$$S_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{2.0}{2.26} = 0.735$$

* Όρθη φόρτιση $\rightarrow H = 0 \rightarrow \theta = 0^\circ$ άρα συντελεστές απόκλιση φορτίου από κατακόρυφο:

$$i_q = [1]^m = 1, i_\gamma = [1]^{m+1} = 1$$

άρα από σχέση (1):

$$p_u = (18 \times 1.0) \times 33.296 \times 1 \times 1.508 \times 1 + 0.5 \times 10 \times 2.0 \times 45.228 \times 1 \times 0.735 \times 1 = 1236.21 \text{ kPa}$$

και $\underline{\underline{F.S. = \frac{p_u \times (B' \times L')}{\Sigma V} = \frac{1236.21 \times (2.0 \times 2.26)}{1350} = 4.14}}$

(ii) Λοξή Έμμενη γόρτια $P = 1200 \text{ kN}$, $M_x = 500 \text{ kN}\cdot\text{m}$, $H_x = 200 \text{ kN}$

* Έμμεντροτητα. $e_{k(x)} = \frac{M_x + H_x \cdot d}{\Sigma V} = \frac{500 + 200 \times 1}{1350} = \frac{700}{1350} = 0.52 \text{ m}$ ($< \frac{l_x}{3} = \frac{3.0}{3} = 1.0$)

$$l'_x = l_x - 2e_{k(x)} = 3.0 - 2 \times 0.52 = 1.96 \text{ m}$$

$$l'_y = l_y = 2.0 \text{ m}$$

οπότε: $B' = \min\{1.96 \text{ m}, 2.0 \text{ m}\} = 1.96 \text{ m}$, $L' = 2.0 \text{ m}$

* Συντελεστής σχήματος πεδίου

$$S_y = 1 + \frac{1.96}{2.0} \times \sin 35^\circ = 1.562$$

$$S_x = 1 - 0.3 \times \frac{1.96}{2.0} = 0.706$$

* Λοξή γόρτια $\rightarrow H = 200 \text{ kN} \rightarrow \theta = \tan^{-1}\left(\frac{H}{\Sigma V}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{200}{1350}\right) = 8.42^\circ$

(ορίζοντο γορτίο παράλληλο προς την μικρότερη πλευρά της έντασης διατομής)

από οι συντελεστές απόκλισης γορτίου από κατακόρυφο:

$$\rightarrow m_B = \frac{2 + \frac{l'_x}{l'_y}}{1 + \frac{l'_x}{l'_y}} = \frac{2 + \frac{2.26}{2}}{1 + \frac{2.26}{2}} = \frac{3.13}{2.13} = 1.469$$

\rightarrow Γωνία β με διεύθυνση μήκους L : $\beta = 90^\circ \rightarrow \cos \beta = 0$, $\sin \beta = 1$

$$\text{άρα } m = m_L \cdot \cos^2 \beta + m_B \cdot \sin^2 \beta = m_B = 1.469$$

οπότε:

$$i_g = \left[1 - 0.7 \frac{\tan \theta}{1 + \frac{B' \cdot L' \cdot e}{V_u \tan \theta}} \right]^m = \left[1 - \frac{0.148}{1} \right]^{1.469} = \frac{0.618}{0.72} \checkmark$$

$$\left\{ \text{Παράβαλε με: } k_d = (1 - 0.7 \times \phi \delta_s)^3 = (1 - 0.7 \times 0.148)^3 = 0.72 \right\}$$

$$\text{και } i_y = \left[1 - \frac{\tan \theta}{1 + \frac{B' \cdot L' \cdot e}{V_u \tan \theta}} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{0.148}{1} \right]^{2.469} = 0.673 \checkmark$$

$$\left\{ \text{Παράβαλε με: } k_b = (1 - \epsilon \phi \delta_s)^3 = (1 - 0.148)^3 = 0.618 \checkmark \right\}$$

και η όριακή πίεση δράσεως προκύπτει (από σχήμα [1])

$$p_u = (18 \times 1) \times 33.296 \times 1 \times 1.562 \times \frac{0.72}{0.79} + 0.5 \times 10 \times 1.96 \times 45.228 \times 1 \times 0.706 \times \frac{0.618}{0.73} = 950.16 \text{ kPa}$$

$$\text{και } \underline{\underline{F.S.}} = \frac{p_u \times (B' \times L')}{\Sigma V} = \frac{950.16 \times (1.96 \times 2.0)}{1350} = \underline{\underline{2.76}}$$

- α) Αναμίχωση ελαχίστου πλάτους ώστε να προκύπτει η μέγιστη επιτρεπόμενη εκκεντρότητα ($b_{min} \rightarrow e_{max} = \frac{b_{min}}{3}$)

$$e = \frac{M + H \times D}{P_{ανωδ} + G_{δεμ}} = \frac{68 + 4.5 \times 2}{30 + 0.75b}$$

όπου $G_{δεμ} = (b \cdot a \cdot D) \cdot \gamma_{beton} = b \times 15 \times 2 \times (25 \times 10^{-3}) \frac{MN}{m^3} = 0.75b \text{ (MN)}$

Άλλα $e_{max} = \frac{b_{min}}{3} = \frac{68 + 4.5 \times 2}{30 + 0.75 \cdot b_{min}} \rightarrow 0.75 \cdot b_{min}^2 + 30 \cdot b_{min} - 231 = 0 \rightarrow$
 $\Rightarrow \underline{b_{min} = 6.60m}$

- β) Έλεγχος φέρουσας ικανότητας για λοζύι εκκεντρή γόρτια κατά DIN 4017
 θεμελίου διαστάσεων $b \times a = 6.60m \times 15.0m$

$$p_u = c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + (q + \gamma_1 \cdot D) \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

$q = 20 \xrightarrow{\text{(σελ. 24)}} N_c = 14.835, N_q = 6.399, N_\gamma = 3.93$

$\gamma_1 = \gamma_2 = 20 \frac{kN}{m^3}, D = 2m$

$B' = B - 2e = B - 2 \times \left(\frac{B}{3}\right) = \frac{B}{3} = \frac{6.60}{3} = 2.20m$

$L' = L = 15m$

- * Συντελεστές σχήματος

$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \phi = 1 + \frac{2.20}{15} \times \sin 20^\circ = 1.05$

$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1.05 \times 6.399 - 1}{5.399} = 1.059$

$S_\gamma = 1 - 0.3 \times \frac{B'}{L'} = 1 - 0.3 \times \frac{2.20}{15} = 0.956$

- * Όριζόντιο θεμέλιο ($\alpha = 0$) $\rightarrow b_q = b_\gamma = 1^2 = 1, b_c = b_q = 1$

- * Για τον προσδιορισμό των αντελεστών απόκλισης του φορέα από την κατακόρυφο

$\tan \theta = \frac{H}{P_{ανωδ} + G_\theta} = \frac{4.5}{30 + 0.75 \times 6.60} = 0.129$

Τωρία β μεταβλ διαθύνσεως φορέων Η και μήκους L: $\beta = 90^\circ \rightarrow \begin{cases} \sin \beta = 1 \\ \cos \beta = 0 \end{cases}$
 τότε $m = m_1 \cdot \cos^2 \beta + m_2 \cdot \sin^2 \beta = m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)} = \frac{2 + \left(\frac{2.20}{15}\right)}{1 + \left(\frac{2.20}{15}\right)} = \frac{2.147}{1.147} = 1.872$
 (σελ. 26)

Επομένως:
 $i_q = \left[1 - \frac{\tan \theta}{1 + \frac{B' \cdot L' \cdot c}{V_u \cdot \tan \phi}} \right]^m = \left[1 - \frac{0.129}{1 + \frac{2.2 \times 15 \times 0.20}{43.688 \cdot \tan 20^\circ}} \right]^{1.872} = 0.836$

όπου $V_u = (F \cdot S) \times (P_{ανωδ} + G_{δεμ}) = 1.25 \times (30 + 0.75 \times 6.60) = 1.25 \times (30 + 4.95) = 43.688$

Παράβαλε $k_d = \left(1 - 0.7 \times \frac{1.25 \times 4.5}{43.688 + 2.2 \times 15 \times 0.2 \times \cot 20^\circ} \right)^3 = (1 - 0.7 \times 0.09)^3 = 0.822$

$$i_c = i_g - \frac{1 - i_g}{N_g - 1} = 0.836 - \frac{1 - 0.836}{6.399 - 1} = 0.836 - 0.0304 = 0.8056$$

$$\left\{ \text{Παράβαση } k_c = k_d - \frac{1 - k_d}{N_d - 1} = 0.822 - \frac{1 - 0.822}{6.5 - 1} = 0.822 - 0.032 = 0.79 \right\}$$

$$i_g = \left[1 - \frac{\tan \theta}{1 + \frac{B' \cdot L' \cdot c}{V_u \cdot \tan \theta}} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{0.129}{1 + \frac{2.2 \times 15 \times 0.20}{43.688 \times \tan 20^\circ}} \right]^{2.872} = 0.76$$

$$\left\{ \text{Παράβαση } k_b = \left(1 - \frac{1.25 \times}{43.688 + 2.2 \times 15 \times 0.2 \times \cot 20^\circ} \right)^3 = (1 - 0.09)^3 = 0.754 \right\}$$

Τελικώς θα είναι:

$$p_u = 0.20 \times 14.835 \times 1 \times 1.059 \times 0.8056 + (20 \times 10^{-3} \frac{\text{MN}}{\text{m}^3} \times 2\text{m}) \times 6.399 \times 1 \times 1.05 + 0.5 \times (20 \times 10^{-3} \frac{\text{MN}}{\text{m}^3}) \times 2.20 \times 3.93 \times 1 \times 0.956 \times 0.76 = 2.863 \text{ MPa}$$

$$\text{και } \underline{(F.S.)} = \frac{2.863 \times (2.20 \times 15)}{34.95} = \underline{2.70} > 1.25 \text{ Άρα } \boxed{B = 6.60\text{m}}$$

\uparrow
 $2V_k = 30 + 0.75 \times 6.60$

3.3

$$\ast G_{\text{καρνοδόχου}} = 30 \times 2 \times [2.50 \times 0.40 + \overset{1.70}{(2.50 - 0.80)} \times 0.40] \times \underset{\uparrow}{25} = 2520 \text{ KN}$$

$$\ast G_{\text{σπειρίδιου}} = (B \times B \times D) \times \gamma_{\text{beton}} = B^2 \times 1 \times 25 = 25 B^2$$

$$\rightarrow 2V_k = 2520 + 25 B^2$$

$$\ast \text{Συνολική δύναμη ανέμου } W = w \times \overset{\uparrow}{\text{άνεμοποιότητα}} \times \overset{\uparrow}{\text{προσβαλλόμενα επιφάνεια}} = 1.50 \times 75 = 112.5 \text{ KN}$$

* Άσκείται σε ύψος $h^* = \frac{H}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{m}$ πάνω από το φυσικό έδαφος, Άρα μοχλοβραχίονας ως προς στάθμη θεμελίωσης: $l = h^* + D = 15 + 1 = 16\text{m}$

$$\rightarrow 2M_k = 112.5 \times 16 = 1800 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$\rightarrow e_k = \frac{2M_k}{2V_k} = \frac{1800}{2520 + 25 B^2}$$

α) Αναζήτηση B_{\min} ώστε να προκύπτει η μέγιστη επιτρεπόμενη εκκεντρότητα

$$e_{\max} = \frac{B_{\min}}{3}$$

$$e_k^{\max} = \frac{1800}{2520 + 25 B_{\min}^2} = \frac{B_{\min}}{3} \Rightarrow 25(B_{\min})^3 + 2520(B_{\min}) - 5400 = 0 \Rightarrow B_{\min} = 2.05 < 2.5$$

→ αποκλείεται η πλευρά θεμελίων < διαστάσεως καρνοδόχου (αυτό προέκυψε επειδή η ροπή $2M_k$ είναι πολύ μικρή σε σχέση με το συνολικό $2V_k$)

Έλεγχος φέρουσας ικανότητας για λοξή συμπίεση γόρτιον κατά DIN 4017
 Για λοξή συμπίεση γόρτιον υπό αστραγγιστές ανθήρες (σελ. 22)

$$p_u = (\pi + 2) \cdot c_u \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + (q + \gamma \cdot D)$$

όπου * για όριζόντιο δεμέγλιο ($\alpha = 0$) $\rightarrow b_c = 1$
 * $q = 0$, $\gamma = \gamma_{\text{μερ}} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ (για $\gamma = 100\%$ πάνω από Σ.Υ.Ο.)
 * Συντελεστής σχήματος πετρώδους

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B'}{L'}$$

όπου $B' = B - 2e_k$, $L' = L$ (μηνύ συμπίεση)

* Συντελεστής απόκλισης γόρτιου από κατακόρυφο

$$i_c = \frac{1}{2} \times \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H_u}{B' \cdot L' \cdot c_u}} \right) \quad \text{όπου } H_u = (F.S.) \times H = 2 \times 112.5 = 225 \text{ kN}$$

γ) Αναζητήσαι B_{\min} με δοσμένες

* Έστω $B_{\min} = 4 \text{ m} \rightarrow e_k = \frac{1800}{2520 + 25 \times 4^2} = \frac{1800}{2920} = 0.616 \text{ m} \left(< \frac{4}{3} = 1.33 \text{ m} \right)$

$$B' = B - 2e_k = 4 - 2 \times 0.616 = 2.767 \text{ m}$$

$$L' = L = 4 \text{ m}$$

όρα

$$s_c = 1 + 0.2 \times \frac{2.767}{4} = 1.138$$

$$i_c = 0.5 \times \left(1 + \sqrt{1 - \frac{225}{2.767 \times 4 \times 100}} \right) = 0.946$$

οπότε:

$$p_u = 5.14 \times 100 \times 1 \times 1.138 \times 0.946 + 20 \times 1.0 = 573.35 \text{ kPa}$$

$$\text{και } (F.S.) = \frac{p_u \times B' \times L'}{\Sigma V_k} = \frac{573.35 \times (2.767 \times 4)}{2920} = 2.17 > 2$$

* Έστω $B_{\min} = 3.90 \text{ m}$

$$e_k = \frac{1800}{2520 + 25 \times 3.90^2} = \frac{1800}{2900.25} = 0.621 \text{ m} < \frac{3.90}{3} = 1.30 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_k = 3.90 - 2 \times 0.621 = 2.658 \text{ m}$$

$$L' = L = 3.90 \text{ m}$$

όρα

$$s_c = 1 + 0.2 \times \frac{2.658}{3.90} = 1.136$$

$$i_c = 0.5 \times \left(1 + \sqrt{1 - \frac{225}{2.658 \times 3.90 \times 100}} \right) = 0.942$$

$$p_u = 5.14 \times 100 \times 1 \times 1.136 \times 0.942 + 20 \times 1.0 = 570.04 \text{ kPa}$$

$$(F.S.) = \frac{570.04 \times 2.658 \times 3.90}{2900.25} = 2.04 \approx 2 \implies \boxed{B_{\min} = 3.90 \text{ m}}$$