Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

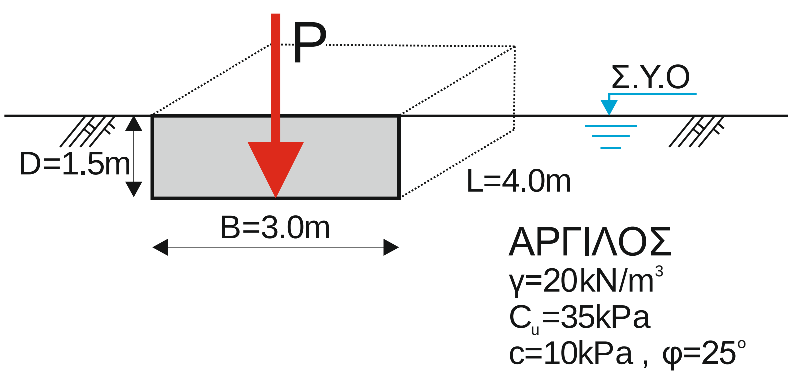
ΜΑΘΗΜΑ: ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ **6^{Ο} ΕΞΑΜΗΝΟ**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Α. Βαλσαμής

ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ

<u>ΑΣΚΗΣΗ 1</u>

Για το ορθογωνικό θεμέλιο B x L (3m x 4m) του Σχήματος 1, που εδράζεται σε αργιλικό σχηματισμό, να υπολογιστεί το συνολικό κατακόρυφο φορτίο P - συμπεριλαμβανομένου του ίδιου βάρους του πεδίλου ($G_{θεμ}$) – ώστε ο συντελεστής ασφαλείας έναντι θραύσης θεμελίωσης να είναι SF=2.0 με τη μέθοδο του DIN. Να ληφθεί υπόψη φόρτιση τόσο υπό αστράγγιστες (α) όσο και υπό στραγγισμένες συνθήκες (β).



Σχήμα 1.

(α) Φέρουσα ικανότητα υπό αστράγγιστες συνθήκες (c_u=35kPa, $φ_u$=0°)

<u>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ</u>

$$N_q = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}\cdot e^{(\pi\cdot\tan\varphi)} = \frac{1+\sin 0^\circ}{1-\sin 0^\circ}\cdot e^{(\pi\cdot\tan 0^\circ)} = 1{,}000$$

$$N_c \overset{\varphi=0^\circ}{=} 5{,}142$$

$$N_\gamma = 2\cdot\left(N_q - 1\right)\cdot\tan\varphi = 2\cdot(1-1)\cdot\tan 0^\circ = 0{,}000$$

<u>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ</u>

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'}\cdot\sin\varphi = 1 + \frac{3{,}0}{4{,}0}\cdot\sin 0^\circ = 1{,}000$$

$$s_c \overset{\varphi=0^\circ}{=} 1 + 0{,}2\cdot\frac{B'}{L'} = 1 + 0{,}2\cdot\frac{3{,}0}{4{,}0} = 1{,}150$$

$$s_\gamma = 1 - 0{,}3\cdot\frac{B'}{L'} = 1 - 0{,}3\cdot\frac{3{,}0}{4{,}0} = 0{,}775$$

Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι λόγω μηδενισμού του συντελεστή N_γ, μηδενίζεται αυτομάτως ο τρίτος όρος του τριωνύμου φέρουσας ικανότητας (όρος πλάτους), συνεπώς δε χρειάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή s_γ.

Υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας p_u:

$$p_u = s_c\cdot c\cdot N_c + s_q\cdot\left(q + \gamma\cdot D\right)\cdot N_q + s_\gamma\cdot\frac{1}{2}\cdot B'\cdot\gamma\cdot N_\gamma$$

$$p_u = 1{,}150\cdot 35\cdot 5{,}142 + 1{,}000\cdot\left(0 + 20\cdot 1{,}5\right)\cdot 1{,}000 + \cancel{0{,}775\cdot\frac{1}{2}\cdot 3{,}0\cdot 20\cdot 0} = 237\,kPa$$

Ο συντελεστής ασφαλείας ορίζεται ως εξής:

$$S.F. = \frac{p_u\cdot\left(B\cdot L\right)}{\mathrm{P}_{\varepsilon\pi}} \Rightarrow \mathrm{P}_{\varepsilon\pi} = \frac{p_u\cdot\left(B\cdot L\right)}{S.F.} = \frac{237kPa\cdot\left(3{,}0m\cdot 4{,}0m\right)}{2{,}0} = 1422\,kN$$

Συνεπώς προκύπτει: $\mathrm{P}_{\varepsilon\pi(a)} = 1422\,kN$

(β) Φέρουσα ικανότητα υπό στραγγισμένες συνθήκες (c=10kPa, φ=25°)

<u>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ</u>

$$N_q = \frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}\cdot e^{\left(\pi\cdot\tan\varphi\right)} = \frac{1+\sin 25^\circ}{1-\sin 25^\circ}\cdot e^{\left(\pi\cdot\tan 25^\circ\right)} = 10{,}662$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right)\cdot\frac{1}{\tan 25^\circ} = 20,721$$

$$N_\gamma = 2\cdot\left(N_q - 1\right)\cdot\tan\varphi = 2\cdot\left(10,662 - 1\right)\cdot\tan 25^\circ = 9,011$$

<u>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ</u>

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'}\cdot\sin\varphi = 1 + \frac{3,0}{4,0}\cdot\sin 25^\circ = 1,317$$

$$s_c = \frac{s_q\cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,317\cdot 10,662 - 1}{10,662 - 1} = 1,350$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3\cdot\frac{B'}{L'} = 1 - 0,3\cdot\frac{3,0}{4,0} = 0,775$$

Υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας p_u:

$$p_u = s_c\cdot c\cdot N_c + s_q\cdot\left(q + \gamma\cdot D\right)\cdot N_q + s_\gamma\cdot\frac{1}{2}\cdot B'\cdot\gamma\cdot N_\gamma$$

$$p_u = 1,350\cdot 10\cdot 20,721 + 1,317\cdot\left[0 + \left(20 - 10\right)\cdot 1,5\right]\cdot 10,662$$
$$+ 0,775\cdot\frac{1}{2}\cdot 3,0\cdot\left(20 - 10\right)\cdot 9,011 = 595\,kPa$$

Ο συντελεστής ασφαλείας ορίζεται ως εξής:

$$S.F. = \frac{p_u\cdot\left(B\cdot L\right)}{\mathrm{P}_{\varepsilon\pi}} \Rightarrow \mathrm{P}_{\varepsilon\pi} = \frac{p_u\cdot\left(B\cdot L\right)}{S.F.} = \frac{595kPa\cdot\left(3,0m\cdot 4,0m\right)}{2,0} = 3570\,kN$$

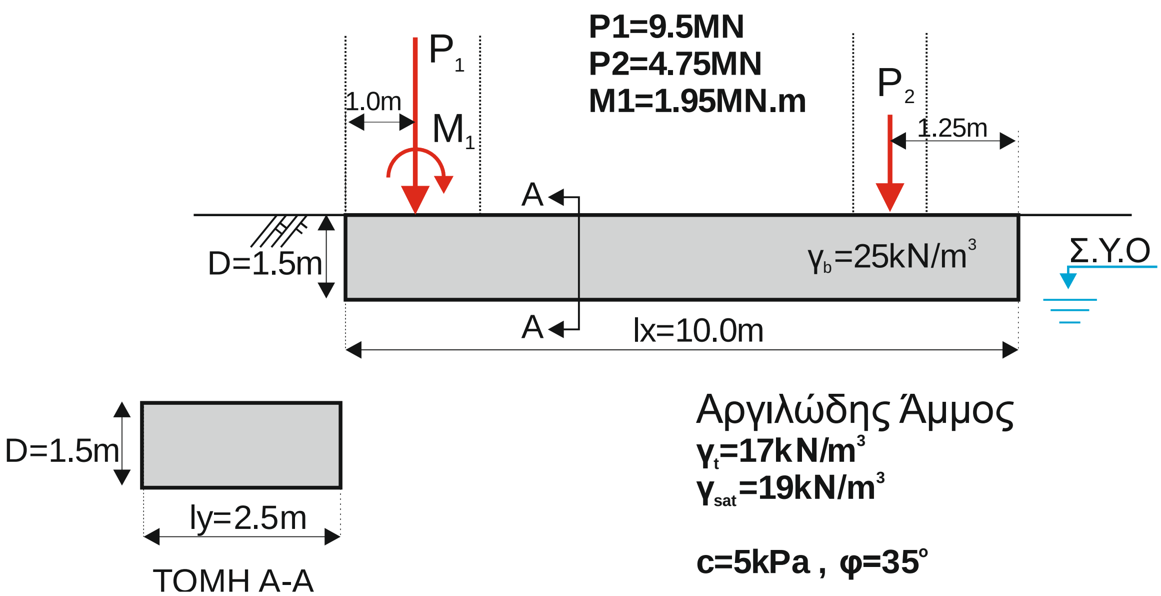
Συνεπώς προκύπτει: $\mathrm{P}_{\varepsilon\pi(\beta)} = 3570\,kN$

Άρα η τελική τιμή του επιτρεπόμενου φορτίου $P_{\varepsilon\pi}$ ώστε ο συντελεστής ασφαλείας F.S.=2.0 είναι:

$$\mathrm{P}_{\varepsilon\pi} = \min\left[\mathrm{P}_{\varepsilon\pi(a)}, \mathrm{P}_{\varepsilon\pi(\beta)}\right] = \min\left[1422, 3570\right] = 1422\,kN$$

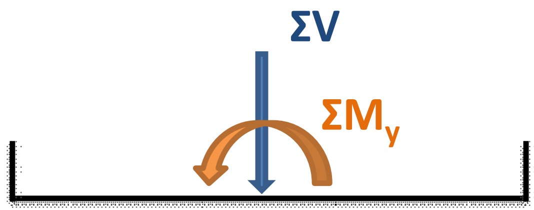
ΑΣΚΗΣΗ 2

Για την πεδιλοδοκό διαστάσεων l_x x l_y (10m x 2.5m), η οποία φέρει φορτία από την ανωδομή όπως δίνονται στο Σχήμα 2 και εδράζεται σε αργιλώδη άμμο με συνοχή c=5kPa και γωνία εσωτερικής τριβής $\varphi=35^o$, να υπολογιστεί ο συντελεστής ασφαλείας έναντι θραύσης SF της θεμελίωσης με τη μέθοδο του DIN.



Σχήμα 2.

Αρχικά υπολογίζουμε την εκκεντρότητα e της πεδιλοδοκού υπό τη δεδομένη φόρτιση, κατά x και κατά y. Η συνισταμένη των ροπών κατά y είναι $\Sigma M_x=0$, άρα και η αντίστοιχη εκκεντρότητα $e_y=0$. Άρα υπολογίζουμε τη συνισταμένη των κατακόρυφων δυνάμεων ΣV (συμπεριλαμβανομένου του ίδιου βάρους του θεμελίου $G_{\theta\varepsilon\mu}$) και των καμπτικών ροπών ΣM_y (θεωρώντας θετικές τις αριστερόστροφες ροπές):



$$\Sigma V = \mathrm{P1} + \mathrm{P2} + G_{\theta\varepsilon\mu} = 9,5MN + 4,75MN + \frac{(10 \cdot 2,5 \cdot 1,5) \cdot 25}{1000} MN = 15,19MN$$

$$\Sigma \mathrm{M}_y = -\mathrm{M1} + \mathrm{P1} \cdot \left(\frac{l_x}{2} - 1 \right) - \mathrm{P2} \cdot \left(\frac{l_x}{2} - 1,25 \right) <=>$$

$$\Sigma \mathrm{M}_y = -1,95MN + 9,5MN \cdot \left(\frac{10}{2} - 1 \right) m - 4,75MN \cdot \left(\frac{10}{2} - 1,25 \right) m = 18,24MNm$$

$$e_x = \frac{\Sigma \mathrm{M}_y}{\Sigma V} = \frac{18,24MNm}{15,19MN} = 1,20m \ , \ e_y = 0$$

$$\left.\begin{aligned} l_x' &= l_x - 2 \cdot e_x = 10m - 2 \cdot 1,2m = 7,60m \\ l_y' &= l_y - 2 \cdot e_y = 2,5m - 2 \cdot 0m = 2,50m \end{aligned}\right\}$$

B' < L' => B'=2,50m, L'=7,60m

<u>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ</u>

$$N_q = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \cdot e^{(\pi \cdot \tan\varphi)} = \frac{1 + \sin 35^\circ}{1 - \sin 35^\circ} \cdot e^{(\pi \cdot \tan 35^\circ)} = 33,296$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \frac{1}{\tan 35^\circ} = 46,124$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan\varphi = 2 \cdot (33,296 - 1) \cdot \tan 35^\circ = 45,228$$

<u>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ</u>

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin\varphi = 1 + \frac{2,5}{7,6} \cdot \sin 35^\circ = 1,190$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,190 \cdot 33,296 - 1}{33,296 - 1} = 1,200$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{2,5}{7,6} = 0,900$$

Υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας p_u (υπό στραγγισμένες συνθήκες καθότι άμμος):

$$p_u = s_c \cdot c \cdot N_c + s_q \cdot (q + \gamma \cdot D) \cdot N_q + s_\gamma \cdot \frac{1}{2} \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$p_u = 1,200 \cdot 5 \cdot 46,124 + 1,190 \cdot 17 \cdot 1,5 \cdot 33,296 +$$
$$+ 0,900 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot (19 - 10) \cdot 45,228 = 1745\,kPa = 1,745\,MPa$$

Ο συντελεστής ασφαλείας ορίζεται ως εξής:

$$S.F. = \frac{p_u \cdot (B' \cdot L')}{\Sigma V} = \frac{1,745 \frac{MN}{m^2} \cdot (2,50 \cdot 7,60) m^2}{15,19 MN} = 2,2 > 2,0$$ **=> OK**