

**Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ - ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ**  
**Ακαδ. έτος 2014-15      ΜΑΘΗΜΑ: ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ (7<sup>ο</sup> Εξάμηνο)**  
**Διδάσκοντες : Μ. Καββαδάς & Β. Γεωργιάννου**

**Λύσεις Συμπληρωματικής Ασκήσης 2**

**Φέρουσα Ικανότητα πεδίων / κεντρική φόρτιση**

**Επιμέλεια: Δρ Α.Τζιρίτα**

Για συνεκτικά εδάφη (Αργίλοι ) οι Βραχυχρόνιες Συνθήκες είναι αστράγγιστες συνθήκες, όπου γενικώς ισχύει:  $c_u \neq 0$ , " $\phi$ " = 0 και Μακροχρόνιες οι συνθήκες στράγγισης.

**(α) Λωριδωτό θεμέλιο – αστράγγιστες συνθήκες (βραχυχρόνιες),  $c_u \neq 0$ , " $\phi$ " = 0**

**- DIN 4017**

$$p_u = (\pi+2) c_u b_c s_c i_c + (q+ \gamma_1 D) N_q b_q s_q i_q + 0 \quad (1)$$

$$\Phi=0: N_q=1,0 \text{ και } N_\gamma=0$$

$q$  = επιφόρτιση στην επιφάνεια του εδάφους

$\gamma_1$  = ειδικό βάρος του εδάφους πάνω από την στάθμη θεμελίωσης (εδώ  $\gamma_1=19\text{kN/m}^3$ )

$D$  = βάθος θεμελίωσης (εδώ  $D = 1,5 \text{ m}$ )

**Συντελεστές  $b$ ,  $s$ ,  $i$**  ( $b$ : κλίσης βάσης πεδίου,  $s$ : σχήματος επιφάνειας,  $i$ : λοξότητας  $b_c$  φορτίου)

$b_c$  ,  $b_q = 1,0$  (οριζόντια βάση πεδίου  $\alpha=0$ )

$s_c$  ,  $s_q = 1,0$  (λωριδωτό θεμέλιο)

$i_c$  ,  $i_q = 1,0$  (κεντρική φόρτιση)

Αντικαθιστώντας στην σχέση (1) προκύπτει  $p_u = 234,1 \text{ kPa}$  και  $P_u = 702,3 \text{ kN/m}$

**- Μέθοδος Terzaghi (ισχύει για κεντρική φόρτιση)**

$$p_u = c_u N_c + q N_q + 0 \quad (2)$$

Για  $\phi = 0$ : ο συντελεστής  $N_c$  έχει την τιμή 5,7 και  $N_q = 1,0$

$q = q_{\text{επιφ}} + \gamma_1 D$ , όπου  $q_{\text{επιφ}}$  = επιφόρτιση στην επιφάνεια του εδάφους

Αντικαθιστώντας στην σχέση (1) προκύπτει  $p_u = 256,5 \text{ kPa}$  και  $P_u = 769,5 \text{ kN/m}$

Για μαλακές αργίλους και χαλαρές άμμους, ο Terzaghi εισάγει την έννοια της τοπικής αστοχίας για την οποίαν παραδέχεται απλοποιητικά τον ίδιο μηχανισμό αστοχίας αλλά με μειωμένες τιμές των παραμέτρων διατμητικής αντοχής

$$c' = 2/3 c \text{ και } \phi' = \arctan(2/3 \tan \phi)$$

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα προκύπτουν:  $c' = 26,7 \text{ kPa}$  και  $\phi' = 19,52^\circ$

Για τοπική αστοχία:  $c' = 2/3 c = 26,7 \text{ kPa}$  και  $p_u' = 180,70 \text{ kPa}$  και  $P_u = 769,5 \text{ kN/m}$

**(α)ii Λωριδωτό θεμέλιο – συνθήκες στράγγισης ( μακροχρόνιες),  $c = 0$ ,  $\phi = 28^\circ$**

**- DIN 4017**

$$p_u = 0 + (q + \gamma_1 D) N_q b_q s_q i_q + 1/2 B \gamma_2 N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma \quad (3)$$

Οι συντελεστές  $b$ ,  $s$ ,  $i$  υπάρχουν και στον 3<sup>ο</sup> όρο της σχέσης που εκφράζει την οριακή τάση  $p_u$ .

Με χρήση των πινάκων ή με εφαρμογή των σχέσεων που δίνονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο των σημειώσεων και στην σχετική βιβλιογραφία προκύπτουν οι παρακάτω τιμές:

$$\text{Για } \phi = 28^\circ : N_q = 14,71$$

$$N_\gamma = 14,57$$

Οι συντελεστές  $b$ ,  $s$ ,  $i = 1,0$  για οριζόντια έδραση πεδίλου, λωριδωτό θεμέλιο, κεντρική φόρτιση

$\gamma_1$  = ειδικό βάρος εδάφους πάνω από την στάθμη θεμελίωσης =  $19 \text{ kN/m}^3$  (δίδεται)

$\gamma_2$  = ειδικό βάρος εδάφους κάτω από την στάθμη θεμελίωσης και μέχρι βάθους  $B+D$  κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, θεωρώντας ότι ο μηχανισμός αστοχίας συμβαίνει μέσα σε βάθος κάτω από την στάθμη έδρασης του πεδίλου, αν και διαφοροποιείται σε σχέση με την γωνία  $\phi$  (μεγάλο  $\phi$  επιφάνεια αστοχίας εκτείνεται βαθύτερα σε σχέση με μικρές τιμές της γωνίας  $\phi$  όπως φαίνεται στα Σχήματα στο αντίστοιχο κεφάλαιο των Σημειώσεων).

Ως  $\gamma_2$  λαμβάνεται η μεσοσταθμική τιμή

.....

$$\text{Εδώ: } \gamma_2 = [19 \times (2,5 - 1,5) + (20 - 10) \times ((1,5+3,0) - 2,5)] / 3,0 = 13 \text{ kN/m}^3$$

Αντικαθιστώντας στην σχέση (3) προκύπτει:  $p_u = 704,0 \text{ kPa}$  και  $P_u = 704 \times 3,0 = 2112 \text{ kN/m}$

#### - Μέθοδος Terzaghi (ισχύει για κεντρική φόρτιση)

$$p_u = 0 + q N_q + 1/2 B \gamma_2 N_\gamma \quad (4)$$

όπου,  $q = \gamma_1 D = 19 \times 1,5 = 28,5 \text{ kN/m}^2$  και  $\gamma_2 = 13 \text{ kN/m}^3$  (όπως και παραπάνω)

Οι συντελεστές  $N_q$ ,  $N_\gamma$  λαμβάνονται από τους πίνακες / Διαγράμματα Terzaghi και είναι:

$$N_q = 17,81 \text{ και } N_\gamma = 15,15$$

Αντικαθιστώντας στην σχέση (4) προκύπτει  $p_u = 803,0 \text{ kPa}$  και  $P_u = 803 \times 3,0 = 2409 \text{ kN/m}$

Για μαλακές αργίλους και χαλαρές άμμους, ο Terzaghi εισάγει την έννοια της τοπικής αστοχίας για την οποία παραδέχεται απλοποιητικά τον ίδιο μηχανισμό αστοχίας αλλά με μειωμένες τιμές των παραμέτρων διατμητικής αντοχής

$$c' = 2/3 c \text{ και } \phi' = \arctan(2/3 \tan \phi)$$

Στο συγκεκριμένο πρόβλημα προκύπτουν:  $c' = 19,5 \text{ kPa}$  και  $\phi' = 19,52^\circ$

Για την μειωμένη τιμή  $\phi'$  προκύπτουν:  $N_q \sim 7,2$  και  $N_\gamma \sim 4,7$

Αντικαθιστώντας στην σχέση (4) προκύπτει για τοπική αστοχία:  $p_u = 296,85 \sim 290 \text{ kPa}$

#### (β)<sub>i</sub> Τετραγωνικό θεμέλιο – αστράγγιστες συνθήκες (βραχυχρόνιες), $c_u \neq 0$ , “ $\phi$ ”= 0

##### - DIN 4017

$$p_u = (\pi + 2) c_u b_c s_c i_c + (q + \gamma_1 D) N_q b_q s_q i_q + 0$$

Όπως και στην περίπτωση λωριδωτού, αλλάζουν μόνον οι συντελεστές σχήματος.

$$\text{Εδώ: } s_c = 1 + 0,2B/L = 1,2$$

$$s_q = 1,0$$

$$p_u = 275,3 \text{ kPa και } P_u = 2477,7 \text{ kN}$$

##### - Μέθοδος Terzaghi

$$p_u = c_u N_c s_c + q N_q s_q + 0, \quad s_c = 1 + 0,2B/L = 1,2 \text{ και } s_q = 1,0$$

$$p_u = 273,6 + 28,5 = 302,1 \text{ kPa} \quad \text{και} \quad P_u = 2477,7 \text{ kN}$$

Για τοπική αστοχία ( $c' = 26,7 \text{ kPa}$ )  $p_u = 210,9 \text{ kPa}$  και  $P_u = 1898 \text{ kN}$

**(β)<sub>ii</sub> Τετραγωνικό θεμέλιο – συνθήκες στράγγισης (μακροχρόνιες),  $c = 0$ ,  $\phi = 28^\circ$**

**- DIN 4017**

$$p_u = 0 + (q + \gamma_1 D) N_q b_q s_q i_q + 1/2 B \gamma_2 N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Όπως και στην περίπτωση λωριδωτού, αλλάζουν μόνον οι συντελεστές σχήματος.

$$s_q = 1 + 0,2(B/L) \sin \phi = 1,47 \quad \text{και} \quad s_\gamma = 1 - 0,3B/L = 0,7$$

Αντικαθιστώντας στην παραπάνω σχέση προκύπτει:  $p_u = 809 \text{ kPa}$  και  $P_u = 7281 \text{ kN}$

$$p_u = 0 + q N_q + 1/2 B \gamma_2 N_\gamma \quad \text{όπου} \quad N_q = 17,81 \quad \text{και} \quad N_\gamma = 15,15$$

$$s_q = 1 \quad \text{και} \quad s_\gamma = 0,8$$

$$p_u = 744 \text{ kPa} \quad \text{και} \quad 6696 \text{ kN}$$

Για τοπική αστοχία:  $\phi' = 19,5^\circ \rightarrow N_q = 7,0$  και  $N_\gamma = 4,5$

$$p'_u = 287 \text{ kPa} \quad \text{και} \quad P_u = 2556 \text{ kN}$$

Μέθοδος	Φέρουσα Ικανότητα (Φ.Ι) ή Οριακή Τάση θεμελίωσης) KPa			
	Λωριδωτό Θεμέλιο		Τετραγωνικό Θεμέλιο	
	Αστράγγιστες συνθήκες	Στραγγιζόμενες συνθήκες	Αστράγγιστες συνθήκες	Στραγγιζόμενες συνθήκες
<b>DIN 4017</b>	234	704	275	809
<b>Terzaghi ( γεν. )</b>	256,5	803	302	744
<b>( τοπ. )</b>	181	297	211	287

**Παρατηρήσεις:**

1. Υπό αστράγγιστες συνθήκες η Φ.Ι. είναι μικρότερη σε σχέση με τις συνθήκες υπό στράγγιση (αύξηση της διατμητικής αντοχής με τον χρόνο) και γι αυτό κρισιμότερη.
2. Υπό αστράγγιστες συνθήκες η Φ.Ι. του τετραγωνικού πεδίου είναι μεγαλύτερη από αυτήν της λωρίδας ιδίου πλάτους, Δεν συμβαίνει το ίδιο υπό συνθήκες στράγγισης

3. Η τοπική αστοχία στην μέθοδο Terzaghi μειώνει δραματικά την Φ.Ι υπό συνθήκες στράγγισης και θα πρέπει να εφαρμόζεται αποκλειστικά στις χαλαρές άμμους και όχι σε σργίλους υπό συνθήκες στράγγισης.