

<b>Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών</b> <b>Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών</b> <b>Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων</b> Χειμερινό Εξάμηνο 2010-2011	Εξέταση Θεωρίας: <b>ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ</b> Διδάσκων: Κίρτας Εμμανουήλ Εξεταστική περίοδος Ιανουαρίου
---	--

**A**

Διάρκεια εξέτασης: 2 ώρες

Όνοματεπώνυμο φοιτητή: ..... ΑΕΜ:.....

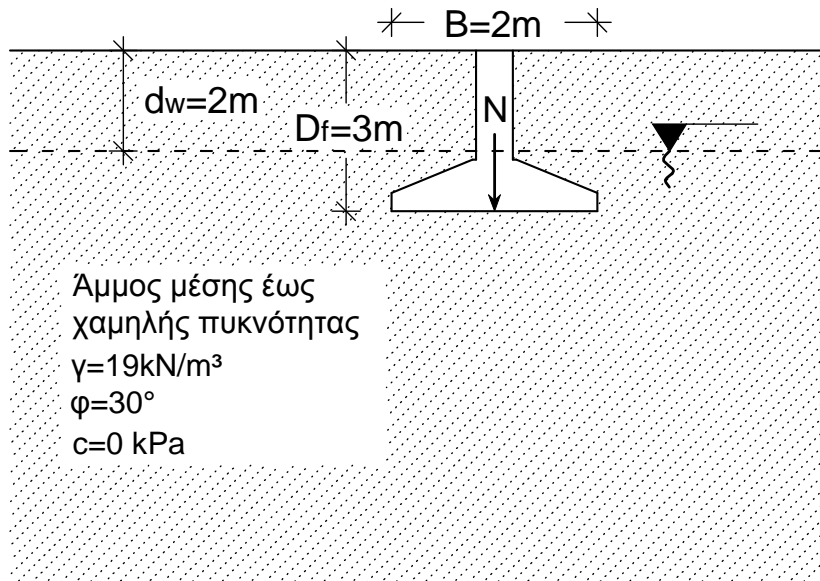
**Ζήτημα 1 (3.5 βαθμοί)**

Για το θεμέλιο του σχήματος ζητούνται:

- (α) Να βρεθεί ο τύπος αστοχίας του εδάφους
- (β) Να γίνει ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας κατά Terzaghi (να χρησιμοποιηθεί απλοποιητικά η σχέση για τετραγωνικό πέδιλο)
- (γ) Να βρεθεί η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή κατακόρυφου φορτίου N που μπορεί να φέρει το θεμέλιο με ενιαίο συντελεστή ασφαλείας FS=3

Δίνονται:

- B=2m και L=3m
- Όπου απαιτηθεί να ληφθεί  $\gamma_{κορ}=\gamma$ ,  $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$



**Λύση**

(α) Ο τύπος αστοχίας για άμμος μέσης έως χαμηλής πυκνότητας είναι τοπική αστοχία σύμφωνα και με τις σημειώσεις θεωρίας (σελ. 5.10). Συνεπώς στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν συντελεστές αστοχίας προκύπτει  $N_c, N_q, N_\gamma$  που αναφέρονται σε τοπική αστοχία.

(β) Η σχέση του Terzaghi για τετραγωνικό πέδιλο είναι:  $q_u = 1.3 \cdot c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma$

Οι συντελεστές κατά Terzaghi για τοπική αστοχία και γωνία τριβής του εδάφους θεμελίωσης  $\varphi=30^\circ$  δίνονται από τον σχετικό πίνακα (σελ. 5.19 δεξιά) όπου:

$$N_c = 18.99, N_q = 8.31, N_\gamma = 4.39$$

Υπενθυμίζεται ότι για τους παραπάνω συντελεστές λαμβάνεται υπόψη η γωνία τριβής του εδάφους που βρίσκεται κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης, καθώς εκεί αναπτύσσεται η επιφάνεια αστοχίας.

Ακόμη θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ύπαρξη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Σύμφωνα με τη θεωρία (σελ. 5.29-5.30) βρισκόμαστε στην περίπτωση όπου  $d_w = 2\text{m} < D_f = 3\text{m}$ .

Συνεπώς λαμβάνονται:

$$p_o = \gamma_1 \cdot d_w + (\gamma_{1\text{κορ}} - \gamma_w)(D_f - d_w) + q \Leftrightarrow p_o = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2\text{m} + (19 - 10) \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} (3 - 2)\text{m} + 0 = 47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\gamma'_2 = \gamma_{2\text{κορ}} - \gamma_w = \gamma_2 - \gamma_w = (19 - 10) \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Σημείωση: στην παρούσα άσκηση, καθώς το έδαφος πάνω και κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης είναι το ίδιο, ισχύει  $\gamma_1 = \gamma_2 = 19\text{kN/m}^2$ . Επίσης, σύμφωνα με την εκφώνηση, λήφθηκε απλοποιητικά  $\gamma_{\text{κορ}} = \gamma = 19\text{kN/m}^2$ .

Τελικά η σχέση του Terzaghi για τετραγωνικό πέδιλο δίνει μέγιστη οριακή τάση εδάφους:

$$q_u = 1.3 \cdot c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0.4 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \Rightarrow$$

$$q_u = 1.3 \cdot 0 \cdot 18.99 + 47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.31 + 0.4 \cdot 9.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2\text{m} \cdot 4.39 = 422.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ ή } 422.18\text{kPa}$$

Σημείωση: Αν η τιμή της συνοχής  $c$  ήταν διαφορετική από μηδέν, θα έπρεπε να ληφθεί  $c^* = 0.67c$  σύμφωνα με τη θεωρία (σελ. 5.19 κάτω από τον πίνακα για τοπική αστοχία).

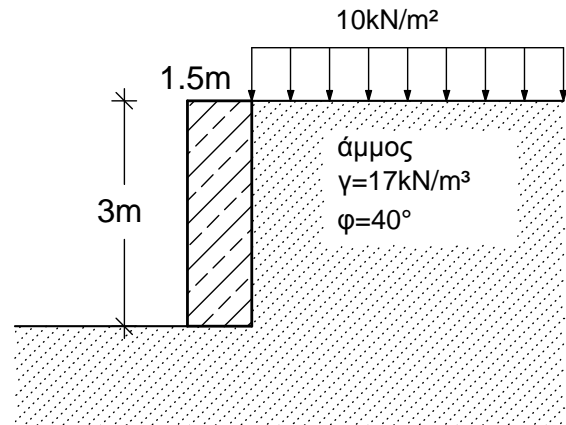
(γ) Η επιτρεπόμενη τάση εδάφους ισούται με την μέγιστη οριακή δια τον συντελεστή ασφαλείας.

$$\sigma_{\text{εν}} = \frac{q_u}{FS} = \frac{422.18}{3} = 140.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Συνεπώς η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή κατακόρυφου φορτίου  $N$  που μπορεί να φέρει το θεμέλιο υπολογίζεται ως:  $N_{\text{εν}} = \sigma_{\text{εν}} \cdot B \cdot L = 140.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2\text{m} \cdot 3\text{m} = 844.38 \text{ kN}$

**Ζήτημα 2 (2.5 βαθμοί)**

Να υπολογιστεί ο συντελεστής ασφαλείας σε ανατροπή στον τοίχο οπλισμένου σκυροδέματος του σχήματος ( $\gamma_{\text{σκυρ}}=25\text{kN/m}^3$ )

**Λύση**

Οι δυνάμεις που προκαλούν ανατροπή είναι οι ενεργητικές ωθήσεις λόγω του ίδιου βάρους του εδάφους αλλά και οι ωθήσεις λόγω της επιφόρτισης.

Η δύναμη ευστάθειας είναι το ίδιο βάρος του τοίχου αντιστήριξης.

Η ανατροπή ελέγχεται ως προς σημείο Κ στο αριστερά άκρο της βάσης του τοίχου.

Υπολογισμός ενεργητικών ωθήσεων λόγω ίδιου βάρους εδάφους

Αρχικά πρέπει να υπολογιστούν οι κατακόρυφες ενεργές τάσεις  $\sigma'_{vo}$  του εδάφους με το βάθος. Γίνεται υπολογισμός σε κάθε κρίσιμο σημείο, δηλαδή στην επιφάνεια, στο βάθος έδρασης του τοίχου αλλά και στα τυχόν σημεία υπόγειου ορίζοντα ή αλλαγής του τύπου του εδάφους. Στο παρόν δεν υπάρχει υπόγειος ορίζοντας ενώ και το έδαφος είναι ενιαίο οπότε ο υπολογισμός γίνεται μόνο στην επιφάνεια και στο βάθος έδρασης του τοίχου.

Ο υπολογισμός των κατακόρυφων ενεργών τάσεων γίνεται από τη σχέση:

$$\sigma'_{vo} = \sigma_{vo} - u$$

όπου  $\sigma_{vo}$  οι ολικές κατακόρυφες τάσεις του εδάφους και  $u$  η πίεση του νερού των πόρων.

$$\text{- βάθος } z=0.0\text{m: } \sigma_{vo,0\text{m}} = u = \sigma'_{vo,0\text{m}} = 0$$

$$\text{- βάθος } z=3.0\text{m: } \sigma_{vo,3\text{m}} = \gamma \cdot 3\text{m} = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3\text{m} = 51.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ (ολικές τάσεις)}$$

$$u_{3\text{m}} = 0 \text{ (πίεση νερού των πόρων, εδώ δεν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας)}$$

$$\sigma'_{vo,3\text{m}} = \sigma_{vo,3\text{m}} - u_{3\text{m}} = 51.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ (ενεργές τάσεις)}$$

Γίνεται το διάγραμμα των κατακόρυφων ενεργών τάσεων σύμφωνα και με το παρακάτω σχήμα. και υπολογίζονται οι οριζόντιες ωθήσεις με το βάθος για κάθε κρίσιμο σημείο (σχέση σελ. 7.7):

$$\sigma'_{ha} = K_a \cdot \sigma'_{vo}$$

όπου η τιμή του  $K_a$  μπορεί να βρεθεί στον πίνακα της σελ. 7.10 (κατά Rankine) και είναι ίση με  $K_a=0.2174$  για γωνία τριβής  $\phi=40^\circ$ .

$$\text{- βάθος } z=0.0\text{m: } \sigma'_{ha,0\text{m}} = K_a \cdot \sigma'_{vo,0\text{m}} = 0.2174 \cdot 0 = 0$$

$$\text{- βάθος } z=3.0\text{m: } \sigma'_{ha,3\text{m}} = K_a \cdot \sigma'_{vo,3\text{m}} = 0.2174 \cdot 51 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 11.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Γίνεται το διάγραμμα των οριζόντιων ωθήσεων με το βάθος που προκύπτει τριγωνικό. Η τιμή της συνισταμένης ώθησης είναι ίση με το εμβαδόν του τριγώνου:

$$P_{\alpha} = \frac{1}{2} \sigma'_{h\alpha} \cdot 3m = \frac{1}{2} \cdot 11.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3m = 16.64 \text{ kN/m} \quad (\text{οι μονάδες προκύπτουν ανά μέτρο μήκους του τοίχου αντιστήριξης καθώς οι υπολογισμοί γίνονται πρακτικά θεωρώντας τοίχο μήκους 1m}).$$

Η θέση εφαρμογής της  $P_{\alpha}$  είναι στο  $1/3$  του ύψους του τριγώνου από τη βάση του (σημείο κέντρου βάρους του τριγωνικού διαγράμματος), δηλαδή σε απόσταση  $\frac{1}{3} \cdot 3m = 1m$  από τη βάση.

#### Υπολογισμός ενεργητικών ωθήσεων λόγω επιφόρτισης

Στη συνέχεια πρέπει να υπολογιστούν οι οριζόντιες ωθήσεις λόγω της επιφόρτισης, οι οποίες έχουν σταθερή τιμή με το βάθος, από τη σχέση (σελ. 7.12):

$$\sigma_{\alpha,q} = K_{\alpha} \cdot q = 0.2174 \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Η συνισταμένη ώθηση λόγω της επιφόρτισης δίνεται από το εμβαδόν του ορθογωνικού διαγράμματος των τάσεων ως:

$$P_{\alpha,q} = \sigma_{\alpha,q} \cdot 3m = 2.17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3m = 6.51 \text{ kN/m} \quad (\text{ανά μέτρο μήκος του τοίχου αντιστήριξης})$$

Η συνισταμένη ασκείται σε απόσταση  $\frac{1}{2} \cdot 3m = 1.5m$  (κέντρο βάρους ορθογωνικού διαγράμματος)

#### Βάρος του τοίχου (δύναμη ευστάθειας)

$$G = 1.5m \cdot 3m \cdot \gamma_{\text{σκυρ}} = 1.5m \cdot 3m \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 112.5 \text{ kN/m} \quad (\text{ανά μέτρο μήκος του τοίχου αντιστήριξης})$$

Το  $G$  ασκείται στο κέντρο βάρους του τοίχου σε απόσταση  $\frac{1}{2} \cdot 1.5m = 0.75m$  από το σημείο  $K$ .

#### Υπολογισμός συντελεστής ασφαλείας σε ανατροπή

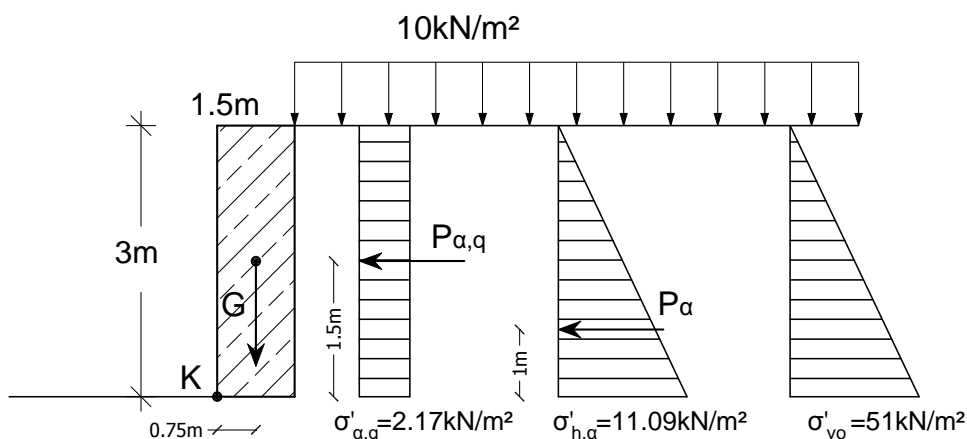
Ροπή ανατροπής:

$$M_{\text{ανστρ}} = P_{\alpha} \cdot 1.0m + P_{\alpha,q} \cdot 1.5m = 16.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.0m + 6.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1.5m = 26.41 \text{ kNm/m}$$

Ροπή ευστάθειας:

$$M_{\text{ευστ}} = G \cdot 0.75m = 112.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0.75m = 84.38 \text{ kNm/m}$$

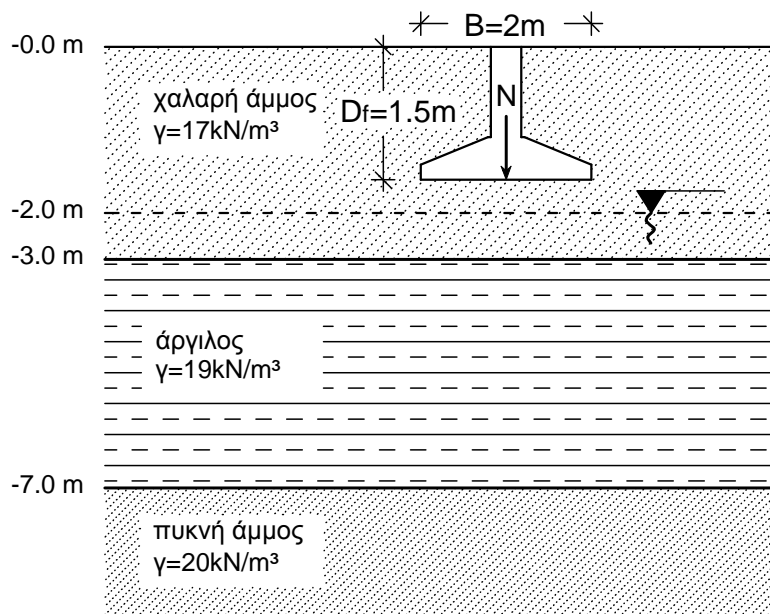
Ο συντελεστής ασφαλείας σε ανατροπή είναι  $FS = \frac{M_{\text{ευστ}}}{M_{\text{ανστρ}}} = \frac{84.38}{26.41} = 3.20$



**Ζήτημα 3 (4.0 βαθμοί)**

Δίνεται άκαμπτο τετραγωνικό πέδιλο  $B=L$  που θεμελιώνεται σύμφωνα με την εδαφική τομή του σχήματος. Να υπολογιστεί η καθίζηση στερεοποίησης σύμφωνα με τα παρακάτω δεδομένα:

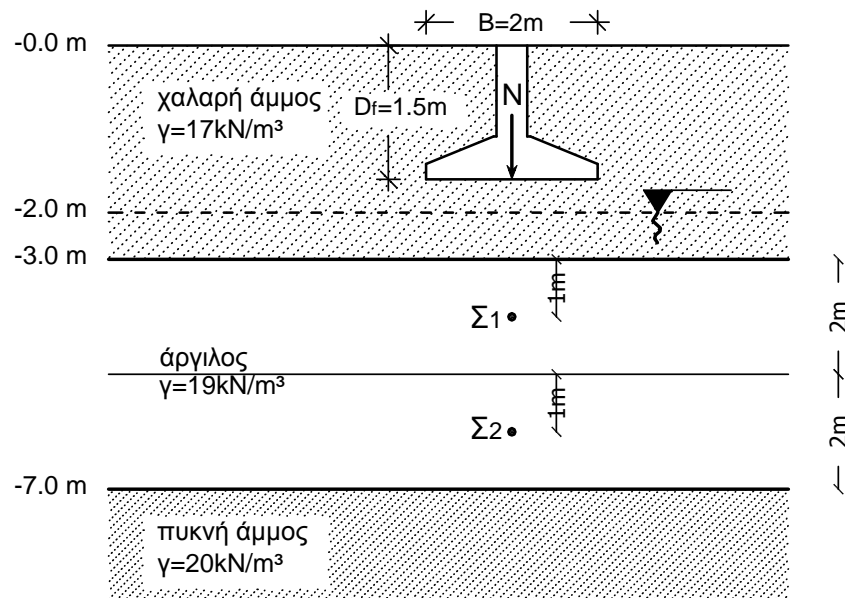
- Φορτίο θεμελίου από ανωδομή  $N=500\text{kN}$
- Άργιλος: κανονικά στερεοποιημένη, δείκτης συμπίεσότητας  $C_c=0.110$ , δείκτης πόρων  $e_o=0.78$
- Όπου απαιτηθεί να ληφθεί  $\gamma_{\text{κορ}}=\gamma$ ,  $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$
- Να εξεταστεί όλο το πάχος του αργιλικού στρώματος και ο διαχωρισμός του να γίνει απλοποιητικά σε δυο στρώσεις όμοιου πάχους
- ΠΡΟΣΟΧΗ: Απαιτείται να γίνει σχήμα υπολογισμού των καθιζήσεων στερεοποίησης όπου θα φαίνονται και οι απαιτούμενες θέσεις υπολογισμού

**Λύση**

Η καθίζηση στερεοποίησης αναπτύσσεται μόνο σε κορεσμένα αργιλικά εδάφη, άρα μόνο στην στρώση αργίλου που φαίνεται στο σχήμα, όπως αναφέρεται και στην εκφώνηση. Ο υπολογισμός της καθίζησης στερεοποίησης για κανονικά στερεοποιημένη άργιλο γίνεται από τη σχέση:

$$\Delta H_c = \sum_{i=1}^n \left( H_i \cdot \frac{C_{c,i}}{1 + e_{o,i}} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo,i} + \Delta \sigma'_i}{\sigma'_{vo,i}} \right)$$

Αρχικά γίνεται διαχωρισμός του αργιλικού στρώματος σε επιμέρους στρώσεις πάχους  $H_i$  και στη συνέχεια η παραπάνω σχέση εφαρμόζεται σε κάθε μια από αυτές. Ο διαχωρισμός θα γίνει σύμφωνα με την εκφώνηση απλοποιητικά σε δυο στρώσεις των 2m η κάθε μια (καθώς το συνολικό πάχος της αργίλου είναι 4m). Σε κάθε στρώση εντοπίζεται σημείο  $\Sigma$  στο μέσον της, στο οποίο θα γίνουν οι απαιτούμενοι υπολογισμοί, σύμφωνα και με το παρακάτω σχήμα.



Θα πρέπει σε κάθε βάθος να υπολογιστεί η κατακόρυφη ενεργός τάση  $\sigma'_{vo}$  όπως και η τάση  $\Delta\sigma'$  που οφείλεται στην επιφόρτιση (φορτίο θεμελίου).

Για τον υπολογισμό της τάσης από επιφόρτιση θα χρειαστεί να υπολογιστεί το πρόσθετο φορτίο του θεμελίου στο έδαφος. Καθώς έχει γίνει επίχωση (επιφόρτιση του εδάφους που είχε απομακρυνθεί κατά την κατασκευή του θεμελίου), το πρόσθετο φορτίο λόγω του θεμελίου είναι ίσο με:

$$q_o = q_{\theta} = \frac{N}{B \cdot L} = \frac{500 \text{ kN}}{2\text{m} \cdot 2\text{m}} = 125.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Στρώση 1η

Υπολογισμός κατακόρυφης ενεργού τάσης στο  $\Sigma_1$ :

- βάθος 4.0m:  $\sigma_{vo,\Sigma_1} = \gamma_1 \cdot z_1 + \gamma_2 \cdot z_2 + \dots = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3\text{m} + 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} = 70.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  (ολικές τάσεις)

$$u_{\Sigma_1} = \gamma_w \cdot z_{w,\Sigma_1} = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2\text{m} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
 (πίεση νερού των πόρων, η απόσταση του

$\Sigma_1$  από τον υδροφόρο ορίζοντα είναι 2m)

$$\sigma'_{vo,\Sigma_1} = \sigma_{vo,\Sigma_1} - u_{\Sigma_1} = 70 - 20 = 50.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
 (ενεργές τάσεις)

$$\text{εναλλακτικά } \sigma'_{vo,\Sigma_1} = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2\text{m} + (17 - 10) \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} + (19 - 10) \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} = 50.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Υπολογισμός τάσης επιφόρτισης στο  $\Sigma_1$ :

Γίνεται από τη σχέση  $\Delta\sigma'_{\Sigma_1} = J_{sc,\Sigma_1} \cdot q_o$  (χρησιμοποιείται ο συντελεστής  $J_{sc}$  στο χαρακτηριστικό σημείο θεμελίου καθώς το θεμέλιο δίνεται άκαμπτο στην εκφώνηση, σελ. 6.6 θεωρίας).

Υπολογίζονται οι λόγοι:

-  $\frac{z_{\Sigma_1}}{b} = \frac{z_{\Sigma_1}}{B} = \frac{2.5\text{m}}{2.0\text{m}} = 1.25$  (η τιμή z στο κλάσμα αναφέρεται πάντα στην απόσταση του σημείου

που γίνεται ο υπολογισμός από τη στάθμη θεμελίωσης).

-  $\frac{a}{b} = \frac{L}{B} = \frac{2\text{m}}{2\text{m}} = 1$

Από το σχετικό νομογράφημα (σελ. 6.6 θεωρίας) προκύπτει  $J_{sC,\Sigma 1} = 0.17$ .

$$\text{Άρα } \Delta\sigma'_{\Sigma 1} = J_{sC,\Sigma 1} \cdot q_0 = 0.17 \cdot 125 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 21.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

Συνεπώς η καθίζηση στερεοποίησης στην 1η στρώση υπολογίζεται:

$$\Delta H_{c,\Sigma 1} = H_i \cdot \frac{C_{c,i}}{1 + e_{o,i}} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo,\Sigma 1} + \Delta\sigma'_{\Sigma 1}}{\sigma'_{vo,\Sigma 1}} = 2\text{m} \cdot \frac{0.110}{1 + 0.78} \cdot \log \frac{50 + 21.25}{50} = 0.0190 \text{ m}$$

(Το πάχος της 1ης στρώσης είναι  $H_i=2\text{m}$  ενώ ο δείκτης συμπιεστότητας  $C_c$  και ο δείκτης πόρων  $e_o$  έχουν ενιαία τιμή σε όλο το πάχος του αργιλικού στρώματος σύμφωνα με τα δεδομένα).

### Στρώση 2η

Υπολογισμός κατακόρυφης ενεργού τάσης στο  $\Sigma_2$ :

$$\text{- βάθος } 6.0\text{m: } \sigma_{vo,\Sigma 2} = \gamma_1 \cdot z_1 + \gamma_2 \cdot z_2 + \dots = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3\text{m} + 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3\text{m} = 108.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ (ολικές τάσεις)}$$

$$u_{\Sigma 2} = \gamma_w \cdot z_{w,\Sigma 2} = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 4\text{m} = 40 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ (πίεση νερού των πόρων, η απόσταση του}$$

$\Sigma_2$  από τον υδροφόρο ορίζοντα είναι 4m)

$$\sigma'_{vo,\Sigma 2} = \sigma_{vo,\Sigma 2} - u_{\Sigma 2} = 108 - 40 = 68.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ (ενεργές τάσεις)}$$

$$\text{εναλλακτικά } \sigma'_{vo,\Sigma 2} = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2\text{m} + (17 - 10) \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} + (19 - 10) \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3\text{m} = 68.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Υπολογισμός τάσης επιφόρτισης στο  $\Sigma_2$ :

Γίνεται από τη σχέση  $\Delta\sigma'_{\Sigma 2} = J_{sC,\Sigma 2} \cdot q_0$  (χρησιμοποιείται ο συντελεστής  $J_{sC}$  στο χαρακτηριστικό σημείο θεμελίου καθώς το θεμέλιο δίνεται άκαμπτο στην εκφώνηση, σελ. 6.6 θεωρίας).

Υπολογίζονται οι λόγοι

$$\text{- } \frac{z_{\Sigma 2}}{b} = \frac{z_{\Sigma 2}}{B} = \frac{4.5\text{m}}{2.0\text{m}} = 2.25 \text{ (η τιμή } z \text{ στο κλάσμα αναφέρεται πάντα στην απόσταση του σημείου}$$

που γίνεται ο υπολογισμός από τη στάθμη θεμελίωσης).

$$\text{- } \frac{a}{b} = \frac{L}{B} = \frac{2\text{m}}{2\text{m}} = 1$$

Από το σχετικό νομογράφημα (σελ. 6.6 θεωρίας όπου όμως χρησιμοποιούνται οι αριστερά καμπύλες και ο αριστερός κατακόρυφος άξονας  $z/b$  καθώς ο δεξιά φτάνει έως την τιμή  $z/b=2$ ) προκύπτει  $J_{sC,\Sigma 2} = 0.07$ .

$$\text{Άρα } \Delta\sigma'_{\Sigma 2} = J_{sC,\Sigma 2} \cdot q_0 = 0.07 \cdot 125 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 8.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

Συνεπώς η καθίζηση στερεοποίησης στην 2η στρώση υπολογίζεται:

$$\Delta H_{c,\Sigma 2} = H_i \cdot \frac{C_{c,i}}{1 + e_{o,i}} \cdot \log \frac{\sigma'_{vo,\Sigma 2} + \Delta\sigma'_{\Sigma 2}}{\sigma'_{vo,\Sigma 2}} = 2\text{m} \cdot \frac{0.110}{1 + 0.78} \cdot \log \frac{68 + 8.75}{68} = 0.0065 \text{ m}$$

### Συνολική καθίζηση στερεοποίησης

Η συνολική τιμή της καθίζησης στερεοποίησης στο αργιλικό στρώμα είναι

$$\Delta H_c = \Delta H_{c,\Sigma 1} + \Delta H_{c,\Sigma 2} = 0.0190 + 0.0065 = 0.0255 \text{ m ή } 2.55\text{cm}$$