



ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ II

5^η ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ: ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΘΕΜΕΛΙΟΥ

Επιμέλεια:

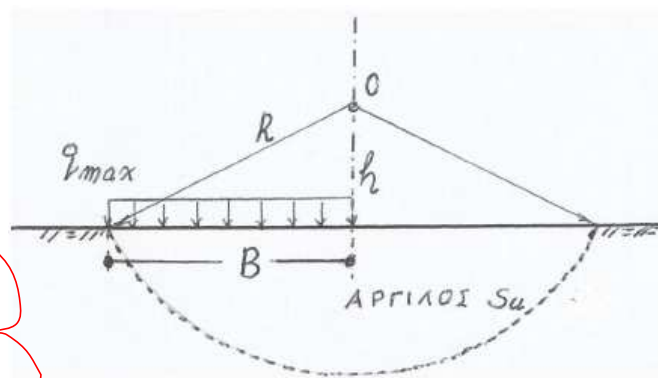
Ταξιαρχούλα Λημναίου, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ II

5^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

5^η Σειρά Ασκήσεων

5.1 Λωριδωτό θεμέλιο πλάτους B εδράζεται στην ελεύθερη επιφάνεια ομοιογενούς αργίλου αστράγγιστης διατμητικής αντοχής s_u και φορτίζεται με ομοιομόρφως κατανεμημένη πίεση q . Ζητούνται: α) Ο υπολογισμός της μέγιστης-οριακής φόρτισης q_{max} , για την δοκιμαστική κυκλική επιφάνεια (O, R) κατά το Σχ.1, όπου $h = 0,5 \cdot B$, β) Για την ίδια πιθανή επιφάνεια αστοχίας, ο υπολογισμός του συντελεστή ασφαλείας για $q = 135 \text{ kPa}$, αν $s_u = 50 \text{ kPa}$.

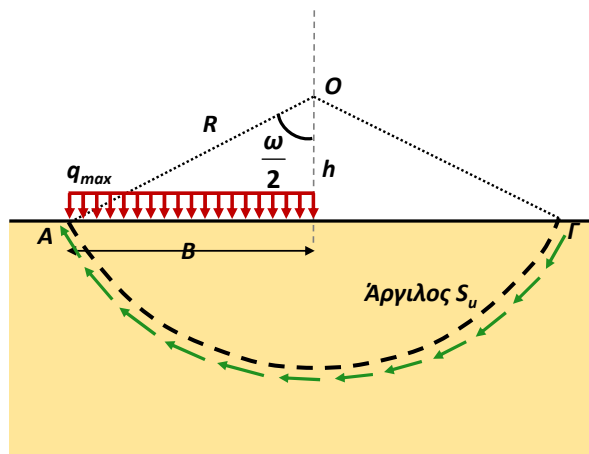


Σε οριζόντιο έδαφος,
πάντα το σημείο O είναι πάνω
από τη μία άκρη του θεμελίου

Σχεδίαση υπό κλίμακα:

- Κυκλικό τόξο με διαβήτη
- Μέτρηση αποστάσεων με χάρακα και γωνιών με μοιρογνωμόνιο

Σχ. 1



Γεωμετρία: $R = \sqrt{B^2 + h^2} = \sqrt{B^2 + (0.5 \cdot B)^2} = \sqrt{1.25 \cdot B^2} = 1.118 \cdot B$

$\tan \frac{\omega}{2} = \frac{B}{h} = \frac{B}{0.5 \cdot B} = 2 \rightarrow \frac{\omega}{2} = 63.43^\circ \rightarrow \omega = 126.87^\circ$

Μήκος τόξου ΑΓ = $\frac{\omega}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R = \frac{126.87^\circ}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \rightarrow \text{ΑΓ} = 2.476 \cdot B$

α) Μέγιστη - οριακή φόρτιση $q_{max} \rightarrow$ Συντελεστής ασφαλείας = 1

Κυκλική επιφάνεια αστοχίας $\rightarrow$ Έλεγχος περιστροφής

Ποιες ροπές ασκούνται στην εδαφική μάζα που πάει να ολισθήσει?

A) Ροπή ανατροπής λόγω της φόρτισης του θεμελίου

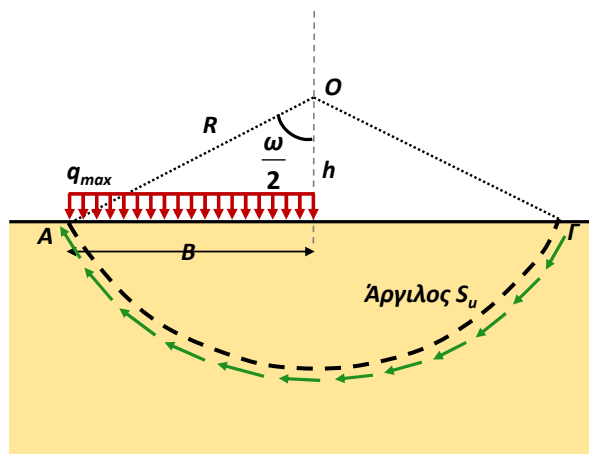
B) Ροπή αντίστασης από τη διατμητική αντοχή της αργίλου

$$FS = \frac{\text{Ροπές που αντιστέκονται στην ανατροπή}}{\text{Ροπές που προκαλούν ανατροπή}} \rightarrow$$

$$FS = \frac{S_u \cdot (\text{ΑΓ}) \cdot R}{q_{max} \cdot B \cdot \frac{B}{2}} \xrightarrow{FS=1} q_{max} = \frac{S_u \cdot (\text{ΑΓ}) \cdot R}{B \cdot \frac{B}{2}} \rightarrow$$

$$q_{max} = \frac{2 \cdot S_u \cdot 2.476 \cdot B \cdot 1.118 \cdot B}{B^2} = \frac{2 \cdot S_u \cdot 2.476 \cdot B \cdot 1.118 \cdot B}{B^2} =$$

$$= \frac{5.54 \cdot S_u \cdot B^2}{B^2} \rightarrow q_{max} = 5.54 \cdot S_u$$



Γεωμετρία: $R = \sqrt{B^2 + h^2} = \sqrt{B^2 + (0.5 \cdot B)^2} = \sqrt{1.25 \cdot B^2} = 1.118 \cdot B$

$\tan \frac{\omega}{2} = \frac{B}{h} = \frac{B}{0.5 \cdot B} = 2 \rightarrow \frac{\omega}{2} = 63.43^\circ \rightarrow \omega = 126.87^\circ$

Μήκος τόξου ΑΓ = $\frac{\omega}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R = \frac{126.87^\circ}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \rightarrow \text{ΑΓ} = 2.476 \cdot B$

β) Συντελεστής ασφαλείας $FS = ?? \rightarrow$ Όταν $q = 135 \text{ kPa}$ και $S_u = 50 \text{ kPa}$

Κυκλική επιφάνεια αστοχίας $\rightarrow$ Έλεγχος περιστροφής

Ποιες ροπές ασκούνται στην εδαφική μάζα που πάει να ολισθήσει?

A) Ροπή ανατροπής λόγω της φόρτισης του θεμελίου

B) Ροπή αντίστασης από τη διατμητική αντοχή της αργίλου

$$FS = \frac{\text{Ροπές που αντιστέκονται στην ανατροπή}}{\text{Ροπές που προκαλούν ανατροπή}} \rightarrow$$

$$FS = \frac{S_u \cdot (\text{ΑΓ}) \cdot R}{q \cdot B \cdot \frac{B}{2}} \rightarrow FS = \frac{S_u \cdot 2.476 \cdot B \cdot 1.118 \cdot B}{q \cdot B \cdot \frac{B}{2}} \rightarrow$$

$$FS = \frac{5.54 \cdot S_u}{q} = \frac{5.54 \cdot 50}{135} = 2.05$$

$$\text{δηλ. } FS = \frac{q_{max}}{q} = \frac{\text{φερουσα ικανότητα}}{\text{ταση λειτουργιας}} = 2.05$$

5.2 Για την εκτίμηση της οριακής ομοιομόρφως κατανεμημένης πίεσεως $q_{\max}$ ($= P_{\max}/B$), απειρομήκου θεμελίου, πλάτους $B = 8,0 \text{ m}$ επί ανομοιογενούς εδάφους, θεωρούμε ως δοκιμαστικό μηχανισμό αστοχίας την κυκλική επιφάνεια (Ο, $R=OA$) του Σχ. 2. Η αστράγγιστη διατμητική αντοχή του αργιλικού εδάφους θεμελιώσεως δίδεται από την σχέση:

$$s_u = s_u(z) = 5 + 10z \text{ (kPa)}$$

Ζητούνται τα εξής: α) Η προσεγγιστική εκτίμηση της οριακής πίεσεως $q_{\max}$ με την υπόθεση της μέσης τιμής $s_u(z)$ ως προς το βάθος. β) Η ακριβέστερη εκτίμηση της (δοκιμαστικής) τιμής $q_{\max}$ βάσει της δεδομένης κατανομής με το βάθος της $s_u(z)$.

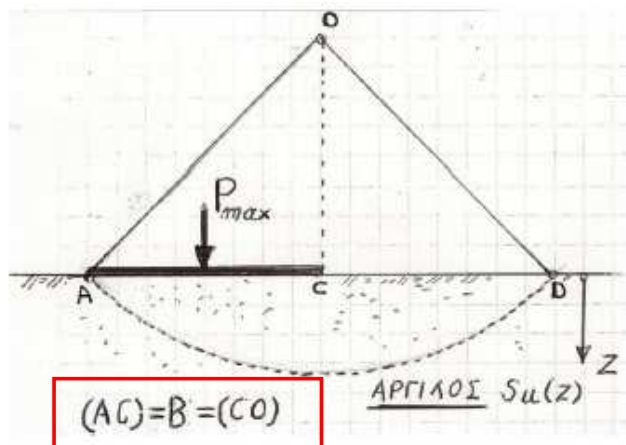
Προσοχή:

$P_{\max}$ (kN/m)
= συνισταμένη δύναμη

$q_{\max}$ (kPa)
= μέση τάση

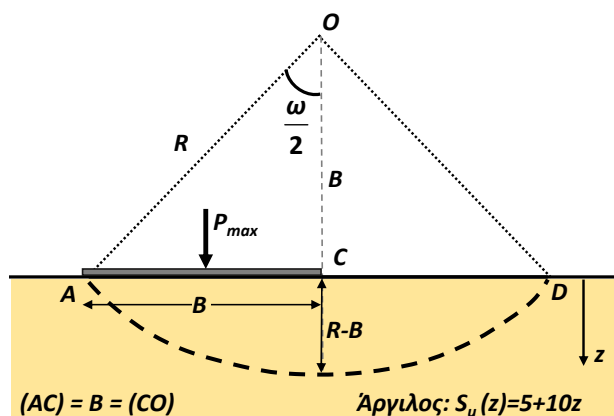
Σχεδίαση υπό κλίμακα:

- Κυκλικό τόξο με διαβήτη
- Μέτρηση αποστάσεων με χάρακα και γωνιών με μοιρογνωμόνιο



Σε οριζόντιο έδαφος, πάντα το σημείο Ο είναι πάνω από τη μία άκρη του θεμελίου

Σχ. 2



Γεωμετρία: $R = \sqrt{B^2 + h^2} = \sqrt{B^2 + B^2} = \sqrt{2 \cdot B^2} = \sqrt{2} \cdot B$

$$\tan \frac{\omega}{2} = \frac{B}{h} = \frac{B}{B} = 1 \rightarrow \frac{\omega}{2} = 45^\circ \rightarrow \omega = 90^\circ$$

$$\text{Μήκος τόξου } AD = \frac{\omega}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R = \frac{90^\circ}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \rightarrow AD = \frac{\pi}{2} \cdot R$$

$$AD = \frac{\pi}{2} \cdot 1.414 \cdot B = 2.22 \cdot B$$

α) Μέση τιμή $S_u(z)$ ως προς το βάθος

Μέγιστο βάθος που φθάνει η επιφάνεια αστοχίας

$$\text{Μέσο βάθος: } \bar{z} = \frac{(R-B)}{2} = \frac{(B\sqrt{2}-B)}{2} = 0.207 \cdot B = 1.657 \text{ m}$$

$$\bar{S}_u = 5 + 10 \cdot \bar{z} = 5 + 10 \cdot 1.657 = 21.57 \text{ kPa}$$

Μέγιστη - οριακή φόρτιση $q_{\max} \rightarrow$ Συντελεστής ασφαλείας = 1

Κυκλική επιφάνεια αστοχίας $\rightarrow$ Έλεγχος περιστροφής

Ποιες ροπές ασκούνται στην εδαφική μάζα που πάει να ολισθήσει?

A) Ροπή ανατροπής λόγω της φόρτισης του θεμελίου

B) Ροπή αντίστασης από τη διατμητική αντοχή της αργίλου

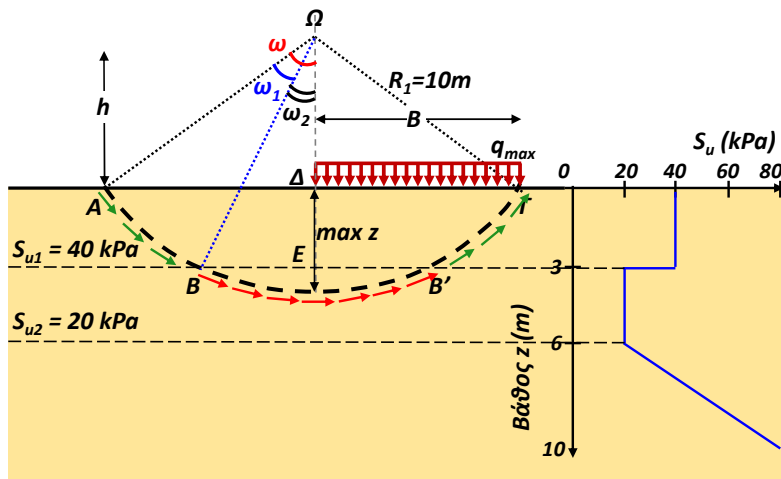
$$FS = \frac{\text{Ροπές που αντιστέκονται στην ανατροπή}}{\text{Ροπές που προκαλούν ανατροπή}} \rightarrow$$

$$FS = \frac{\bar{S}_u \cdot (AD) \cdot R}{q_{\max} \cdot B \cdot \frac{B}{2}} \xrightarrow{FS=1} q_{\max} = \frac{\bar{S}_u \cdot (AD) \cdot R}{B \cdot \frac{B}{2}} \rightarrow$$

$$q_{\max} = \frac{2 \cdot \bar{S}_u \cdot 2.22 \cdot B \cdot \sqrt{2} \cdot B}{B^2} = \frac{6.29 \cdot \bar{S}_u \cdot B^2}{B^2}$$

$$\rightarrow q_{\max} = 6.29 \cdot \bar{S}_u = 6.29 \cdot 21.57 = 135.42 \text{ kPa}$$

- Κυκλικό τόξο με διαβήτη
- Μέτρηση αποστάσεων με χάρακα και γωνιών με μοιρογνωμόνιο



Γεωμετρία: $R = \sqrt{B^2 + h^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10m$

$\max z = R - h = 10 - 6 = 4m$

Από τρίγωνο EOB: $\cos \omega_2 = \frac{h+3}{R} = \frac{6+3}{10} = 0.9 \rightarrow \omega_2 = 0.45rad$

Από τρίγωνο ΔΟΑ: $\cos \omega = \frac{h}{R} = \frac{6}{10} = 0.6 \rightarrow \omega = 0.927rad$

$\omega_1 = \omega - \omega_2 = 0.477rad$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Για το συγκεκριμένο εδαφικό προφίλ, θα ήταν πιο εύλογη η επιφάνεια ολίσθησης να φτάνει έως βάθος 6m, αλλά στην εκφώνηση δίνεται η συγκεκριμένη επιφάνεια (για το ερώτημα β).

α) Μέγιστη - οριακή φόρτιση q_{max} $\rightarrow$ Συντελεστής ασφαλείας = 1

Κυκλική επιφάνεια αστοχίας $\rightarrow$ Έλεγχος περιστροφής

Πρωτόστερο: επιλέγω επιφάνεια με ίδιο $\Omega = \Omega_1$ και $R = R_1$ από ερώτημα β, χάριν σύγκρισης αποτελεσμάτων

Ποιες ροπές ασκούνται στην εδαφική μάζα που πάει να ολισθήσει?

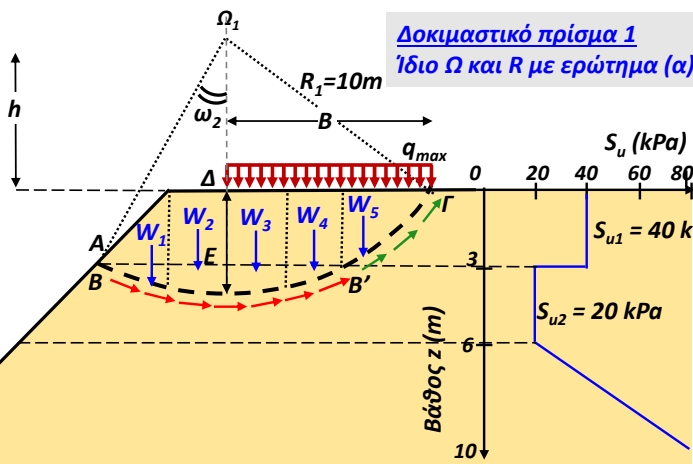
Α) Ροπή ανατροπής λόγω της φόρτισης του θεμελίου

Β) Ροπή αντίστασης από τη διατμητική αντοχή της αργίλου

$FS = \frac{\text{Ροπές που αντιστέκονται στην ανατροπή}}{\text{Ροπές που προκαλούν ανατροπή}}$

$$FS = \frac{R \cdot (Su_1 \cdot L_1 + Su_2 \cdot L_2)}{q_{max} \cdot B \cdot \frac{B}{2}} = \frac{2 \cdot R \cdot (Su_1 \cdot 2 \cdot \omega_1 \cdot R + Su_2 \cdot 2 \cdot \omega_2 \cdot R)}{q_{max} \cdot B^2}$$

$FS=1 \rightarrow q_{max} = \frac{2 \cdot 10 \cdot (40 \cdot 2 \cdot 0.477 \cdot 10 + 20 \cdot 2 \cdot 0.45 \cdot 10)}{8^2} = 175.5kPa$



Δοκιμαστικό πρίσμα 1
ίδιο Ω και R με ερώτημα (α)

β) Μέγιστη - οριακή φόρτιση q_{max} $\rightarrow$ Συντελεστής ασφαλείας = 1

Κυκλική επιφάνεια αστοχίας $\rightarrow$ Έλεγχος περιστροφής

Ποιες ροπές ασκούνται στην εδαφική μάζα που πάει να ολισθήσει?

Α) Ροπή ανατροπής λόγω της φόρτισης του θεμελίου

Β) Ροπή ανατροπής λόγω του βάρους της εδαφικής μάζας

Γ) Ροπή αντίστασης από τη διατμητική αντοχή της αργίλου

$FS = \frac{\text{Ροπές που αντιστέκονται στην ανατροπή}}{\text{Ροπές που προκαλούν ανατροπή}}$

$$FS = \frac{R \cdot \left(Su_1 \cdot \frac{L_1}{2} + Su_2 \cdot L_2 \right)}{q_{max} \cdot B \cdot \frac{B}{2} + W_3 \cdot x_{w3} + W_4 \cdot x_{w4} + W_5 \cdot x_{w5} - W_1 \cdot x_{w1} - W_2 \cdot x_{w2}}$$

Μοχλοβραχίονας ως προς Ω_1

$W_1 = \gamma \cdot E_1 = 20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 4 = 120 \frac{kN}{m}$

$x_{w1} = 3m$

$W_2 = \gamma \cdot E_2 = 20 \cdot 2 \cdot 4 = 160 \frac{kN}{m}$

$x_{w2} = 1m$

$W_3 = \gamma \cdot E_3 = 20 \cdot 2 \cdot 4 = 160 \frac{kN}{m}$

$x_{w3} = 1m$

$W_4 = \gamma \cdot E_4 = 20 \cdot \frac{(3+4)}{2} \cdot 3 = 210 \frac{kN}{m}$

$x_{w4} = 3.5m$

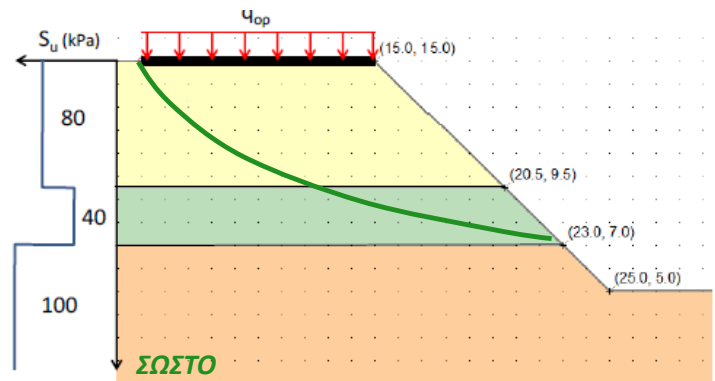
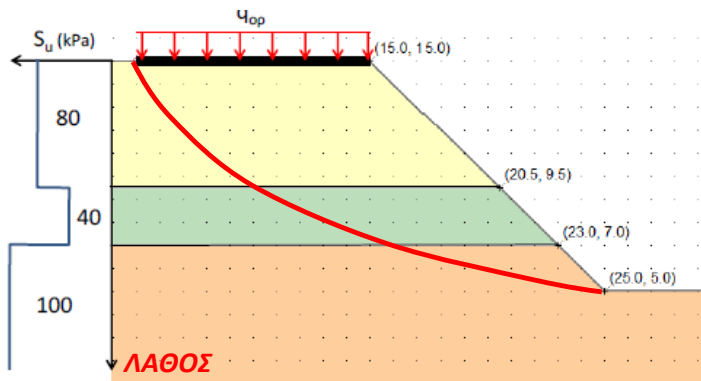
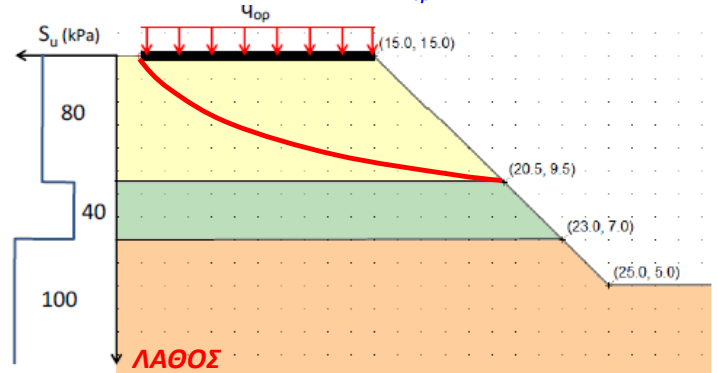
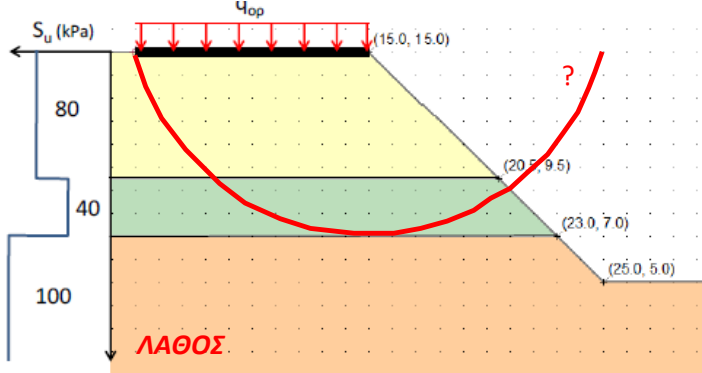
$W_5 = \gamma \cdot E_5 = 20 \cdot \frac{3 \cdot 3}{2} = 90 \frac{kN}{m}$

$x_{w5} = 6m$

$FS = \frac{10 \cdot (40 \cdot 0.477 \cdot 10 + 20 \cdot 2 \cdot 0.45 \cdot 10)}{q_{max} \cdot \frac{64}{2} + 160 \cdot 1 + 210 \cdot 3.5 + 90 \cdot 6 - 120 \cdot 3 - 160 \cdot 1} = \frac{3708}{q_{max} \cdot 32 + 915}$

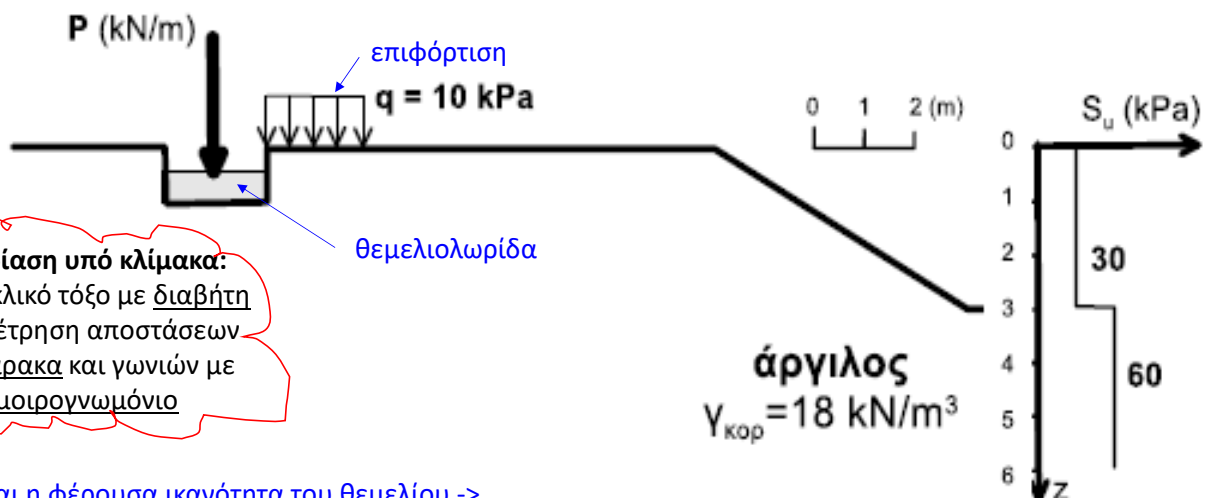
$FS=1 \rightarrow q_{max} = \frac{3708 - 915}{32} = 87.28kPa$

Από πού διέρχεται μια εύλογη επιφάνεια αστοχίας (που συμπεριλαμβάνει όλο το θεμέλιο αφού ψάχνουμε q_{op})?



Επιπλέον Άσκηση 2

Άκαμπτη θεμελιο-λωρίδα πλάτους 2m (μηδενικού ίδιου βάρους) φέρει κεντρικά φορτίο ανωδομής $P = 100 \text{ kN/m}$ και εδράζεται σε βάθος 1m εντός κορεσμένης αργίλου με αστράγγιστη διατμητική αντοχή S_u που είναι συνάρτηση του βάθους από την επιφάνεια (βλέπε Σχήμα με κλίμακα). Το θεμέλιο έχει επιφανειακή επιφόρτιση q πλάτους 2m στη δεξιά πλευρά και βρίσκεται σε απόσταση 9m από τη στέψη μικρού πρανούς ύψους 3m και γωνίας κλίσης 31° (ύψος/πλάτος = 3/5). Κάνοντας εύλογη και αιτιολογημένη παραδοχή για την επιφάνεια ολίσθησης του εδάφους και θεωρώντας οριακή ισορροπία, να εκτιμηθεί ο συντελεστής ασφαλείας έναντι φέρουσας ικανότητας του θεμελίου.



Σχεδίαση υπό κλίμακα:

- Κυκλικό τόξο με διαβήτη
- Μέτρηση αποστάσεων με χάρακα και γωνιών με μοιρογνωμόνιο

Αφού ζητείται η φέρουσα ικανότητα του θεμελίου ->
η εύλογη επιφάνεια ολίσθησης θα συμπαράσχει ΟΛΟ το... θεμέλιο

Από πού διέρχεται μια εύλογη επιφάνεια αστοχίας?

