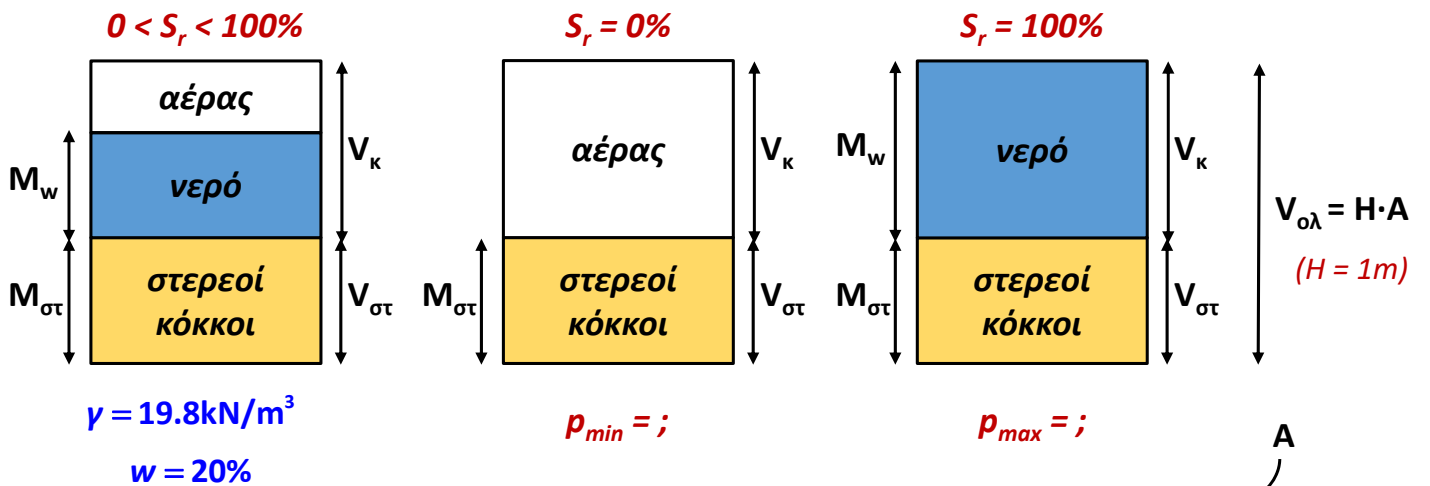


1. [10%]

Για λόγους θερμικής μόνωσης, η μεταλλική οροφή υπογείου χώρου επικαλύφθηκε με 1.00m εδάφους ειδικού βάρους στερεών κόκκων $\gamma_{\sigma} = 27 \text{ kN/m}^3$. Μετά την κατασκευή της επικάλυψης, το υγρό φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους βρέθηκε $\gamma = 19.8 \text{ kN/m}^3$ και η φυσική του υγρασία $w = 20\%$. Να υπολογισθεί η μέγιστη και η ελάχιστη επιφόρτιση που επιβάλλει η επικάλυψη στην μεταλλική οροφή (ξηρό και πλήρως κορεσμένο).

Άσκηση 1

$$\gamma_{\sigma} = 27 \text{ kN/m}^3$$



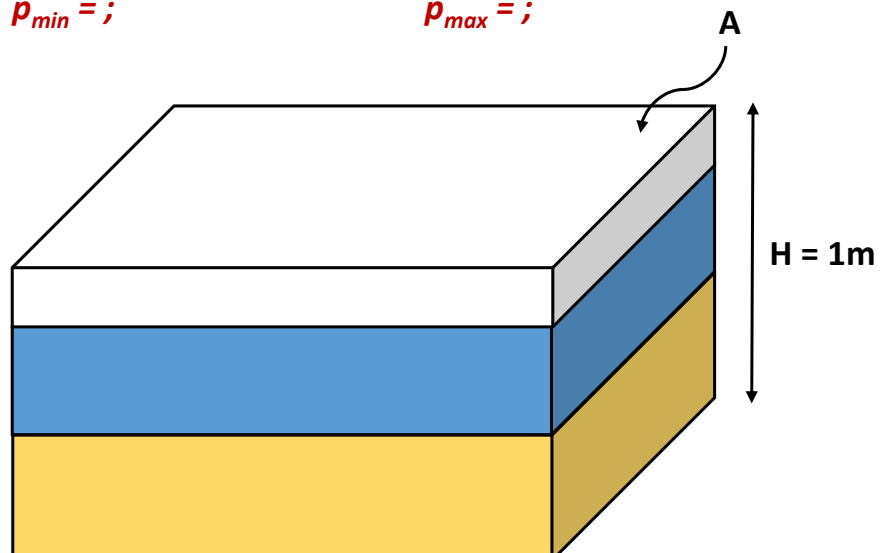
Επιφόρτιση:

$$p = \frac{W}{A} \rightarrow p = \frac{\gamma \cdot A \cdot H}{A} = \gamma \cdot H$$

$$p_{\min} = \gamma_{\min} \cdot H$$

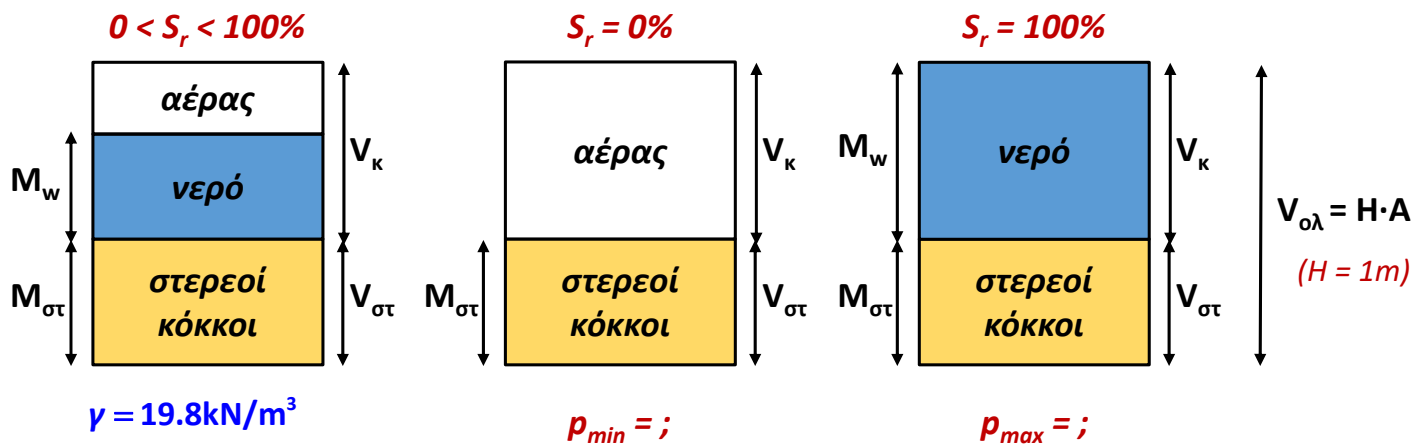
$$p_{\max} = \gamma_{\max} \cdot H$$

$$W = M \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \gamma \cdot V = \gamma \cdot A \cdot H$$



Άσκηση 1

$$\gamma_{\sigma\tau} = 27 \text{ kN/m}^3$$



$$w = 20\%$$

Σταθερές τιμές: $M_{\sigma\tau}, V_{\sigma\tau}, V_{\kappa}, V_{\text{ολ}}$ $\Rightarrow e = \frac{V_{\kappa}}{V_{\sigma\tau}} = \text{σταθερό}$

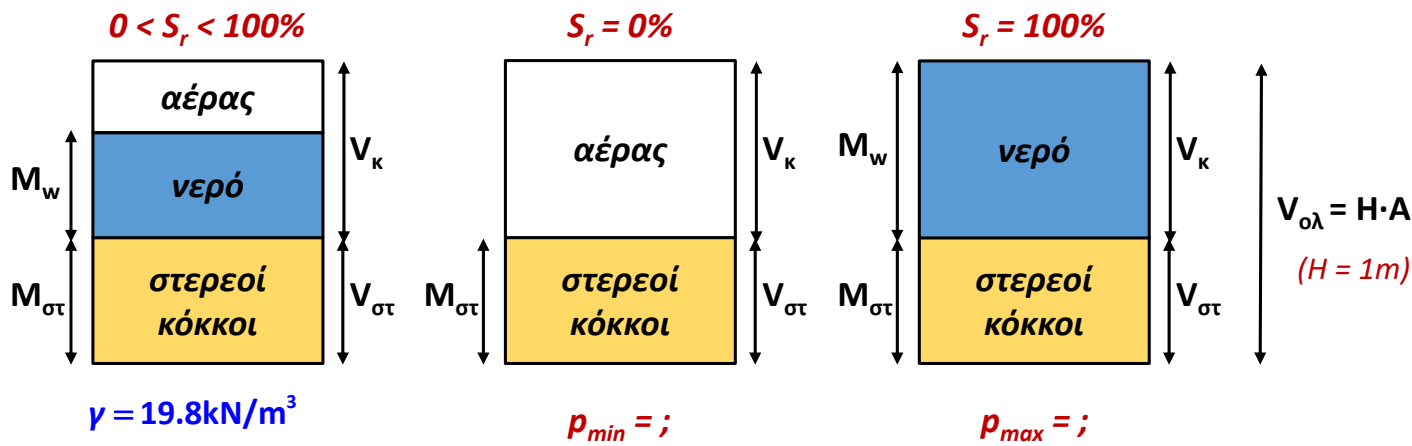
$$\gamma = \gamma_{\sigma\tau} \frac{1+w}{1+e} \Rightarrow e = (1+w) \frac{\gamma_{\sigma\tau}}{\gamma} - 1 \Rightarrow e = (1+0.20) \frac{27.0}{19.8} - 1 = 0.636$$

$$S_r = 0\%: \gamma_{\min} = \gamma_{\Xi} = \gamma_{\sigma\tau} \frac{1}{1+e} \Rightarrow \gamma_{\min} = 27 \frac{1}{1+0.636} = 16.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\rho_{\min} = \gamma_{\min} \cdot H \Rightarrow \rho_{\min} = 16.5 \text{ kN/m}^3 \cdot 1 \text{ m} = 16.5 \text{ kPa}$$

Άσκηση 1

$$\gamma_{\sigma\tau} = 27 \text{ kN/m}^3$$



$$w = 20\%$$

$$S_r = 100\%: \gamma_{\sigma\tau} \cdot w = S_r \cdot e \cdot \gamma_w \Rightarrow w = \frac{S_r \cdot e \cdot \gamma_w}{\gamma_{\sigma\tau}} \Rightarrow w = \frac{1 \cdot 0.636 \cdot 10}{27} = 0.236 = 23.6\%$$

$$\gamma_{\max} = \gamma_{\sigma\tau} \frac{1+w}{1+e} \Rightarrow \gamma_{\max} = 27 \frac{1+0.236}{1+0.636} = 20.4 \text{ kN/m}^3$$

$$\rho_{\max} = \gamma_{\max} \cdot H \Rightarrow \rho_{\max} = 20.4 \text{ kN/m}^3 \cdot 1 \text{ m} = 20.4 \text{ kPa}$$

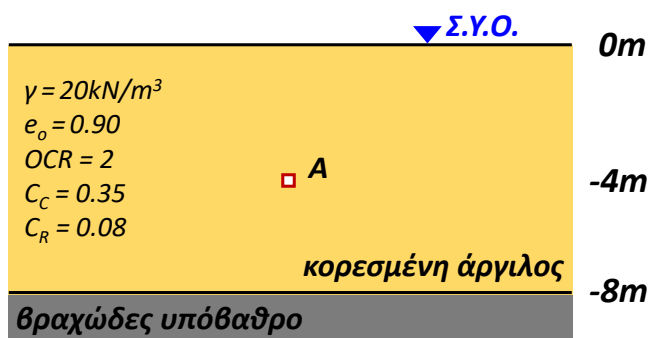
2. [15% + 5%]

Επίχωμα οδοποιίας μέσου ύψους 6m και μεγάλου πάχους (π.χ. 40m) πρόκειται να κατασκευασθεί στην επιφάνεια κορεσμένης στρώσης αργίλου, πάχους 8m, επί βραχώδους υποβάθρου. Για την άργιλο (στο μέσον του στρώματος) δίνονται: $\gamma=20\text{ kN/m}^3$, $e_o=0.90$, $OCR=2.00$, $C_c=0.35$ και $C_R=0.08$ και για το επίχωμα $\gamma_{\text{επιχ}}=20\text{ kN/m}^3$.

- (α) Να υπολογισθεί η καθίζηση στην επιφάνεια του εδάφους λόγω κατασκευής του επιχώματος.
- (β) Σε αδρή προσέγγιση, πόσος χρόνος μετά την κατασκευή του επιχώματος θα απαιτηθεί για την ολοκλήρωση των καθιζήσεων (π.χ. 1 μέρα ή 10 χρόνια); Γιατί;

Άσκηση 2

Αρχική Κατάσταση - Γεωστατικές Συνθήκες



Ολικές Κατακόρυφες Τάσεις: $\sigma_{v,αρχ} = \gamma \cdot z = 20 \cdot 4 = 80\text{ kPa}$

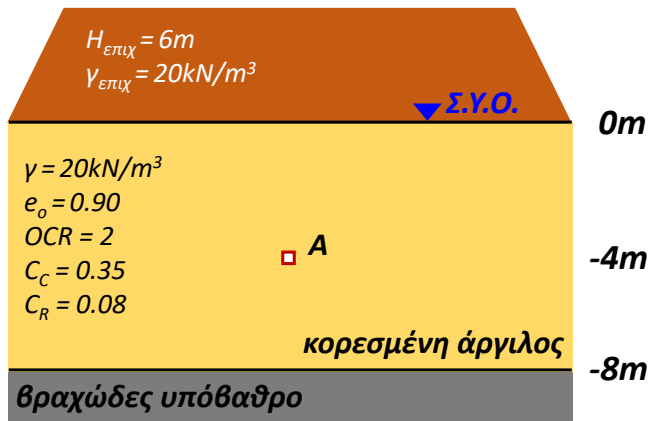
Πιέσεις Πόρων: $u_{αρχ} = \gamma_w \cdot z_w = 10 \cdot 4 = 40\text{ kPa}$

Ενεργές Κατακόρυφες Τάσεις: $\sigma'_{v,αρχ} = \sigma_{v,αρχ} - u_{αρχ} = 80 - 40 = 40\text{ kPa}$

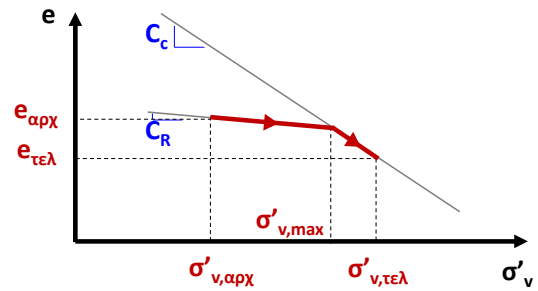
Μέγιστες Ενεργές Κατακόρυφες Τάσεις: $\sigma'_{v,max} = OCR \cdot \sigma'_{v,αρχ} = 2 \cdot 40 = 80\text{ kPa}$

Άσκηση 2

Τελική Κατάσταση - Κατασκευή Επιχώματος



$$OCR > 1$$
$$\sigma'_{v,\text{τελ}} > \sigma'_{v,\text{max}}$$



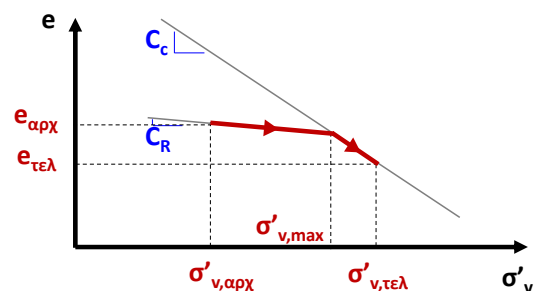
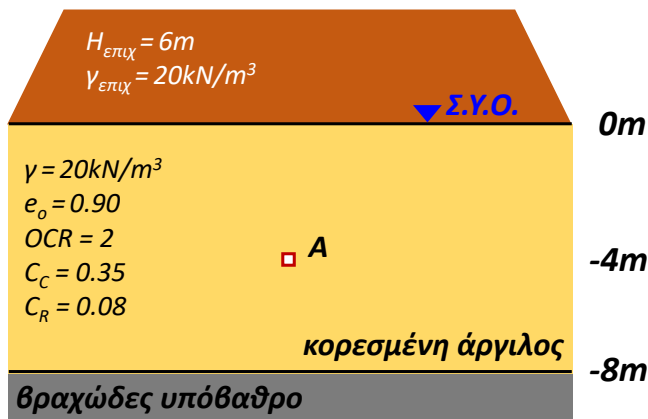
Ολικές Κατακόρυφες Τάσεις: $\sigma_{v,\text{τελ}} = \gamma_{\text{επιχ}} \cdot H_{\text{επιχ}} + \gamma \cdot z = 20 \cdot 6 + 20 \cdot 4 = 200\text{kPa}$

Πιέσεις Πόρων: $u_{\text{τελ}} = \gamma_w \cdot z_w = 10 \cdot 4 = 40\text{kPa}$

Ενεργές Κατακόρυφες Τάσεις: $\sigma'_{v,\text{τελ}} = \sigma_{v,\text{τελ}} - u_{\text{τελ}} = 200 - 40 = 160\text{kPa} > \sigma'_{v,\text{max}}$

Άσκηση 2

Τελική Κατάσταση - Κατασκευή Επιχώματος



Καθίζηση:

$$\rho = \frac{H_o}{1 + e_o} \left[C_R \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{v,\text{max}}}{\sigma'_{v,\text{αρχ}}} \right) + C_c \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{v,\text{τελ}}}{\sigma'_{v,\text{max}}} \right) \right] \rightarrow$$

$$\rho = \frac{8}{1 + 0.90} \left[0.08 \cdot \log \left(\frac{80}{40} \right) + 0.35 \cdot \log \left(\frac{160}{80} \right) \right] \rightarrow \rho = 54.5\text{cm}$$

Επειδή η άργιλος είναι πλήρως κορεσμένη, επικρατούν αρχικά αστράγγιστες συνθήκες και απαιτείται αρκετός χρόνος για πλήρη αποτόνωση των υπερπλίσεων πόρων λόγω χαμηλής διαπερατότητας.

3. [10% + 10% + 5%]

Οι παράμετροι διατμητικής αντοχής αργιλικού εδάφους είναι $c' = 20 \text{ kPa}$ και $\varphi' = 25^\circ$. Για δοκιμή ΑΠΛΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ υπό ΣΤΡΑΓΓΙΖΟΜΕΝΕΣ συνθήκες φόρτισης, με $\sigma'_{v,o} = 220 \text{ kPa}$ και $\sigma'_{h,o} = 100 \text{ kPa}$,

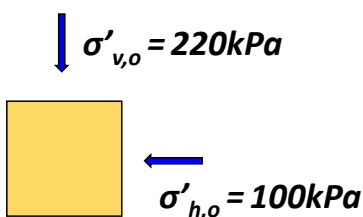
(α) Να υπολογισθεί αναλυτικά η οριζόντια διατμητική τάση αστοχίας τ_α

(β) Να υπολογισθεί γραφικά η οριζόντια διατμητική τάση αστοχίας τ_α

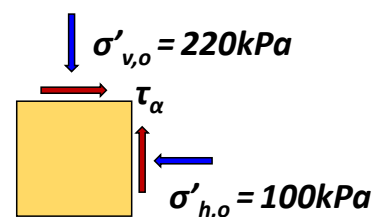
(γ) Να προσδιορισθούν γραφικά τα 2 επίπεδα αστοχίας

Άσκηση 3

Αρχικά:



Αστοχία:



Αναλυτικά:

$$(OK) = \frac{\sigma'_{v,o} + \sigma'_{h,o}}{2} = \frac{220 + 100}{2} = 160 \text{ kPa}$$

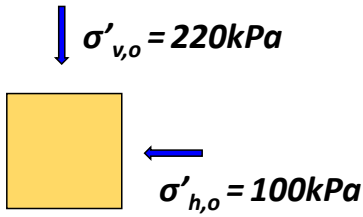
$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma'_{v,o} - \sigma'_{h,o}}{2}\right)^2 + (\tau_\alpha)^2} = \sqrt{\left(\frac{220 - 100}{2}\right)^2 + (\tau_\alpha)^2} = \sqrt{60^2 + (\tau_\alpha)^2}$$

$$\sigma'_{1,\alpha} = (OK) + R = 160 + \sqrt{60^2 + (\tau_\alpha)^2}$$

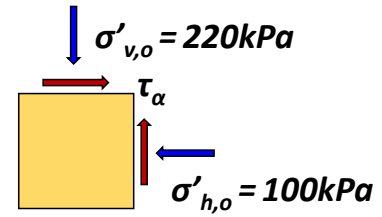
$$\sigma'_{3,\alpha} = (OK) - R = 160 - \sqrt{60^2 + (\tau_\alpha)^2}$$

Άσκηση 3

Αρχικά:



Αστοχία:



Αναλυτικά:

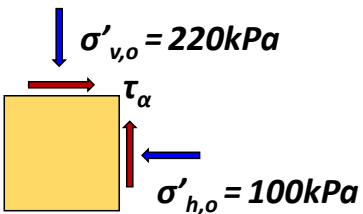
$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \Rightarrow K_p = \tan^2\left(45 + \frac{25}{2}\right) = 2.46$$

$$\sigma'_{1,\alpha} = K_p \cdot \sigma'_{3,\alpha} + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} \Rightarrow$$

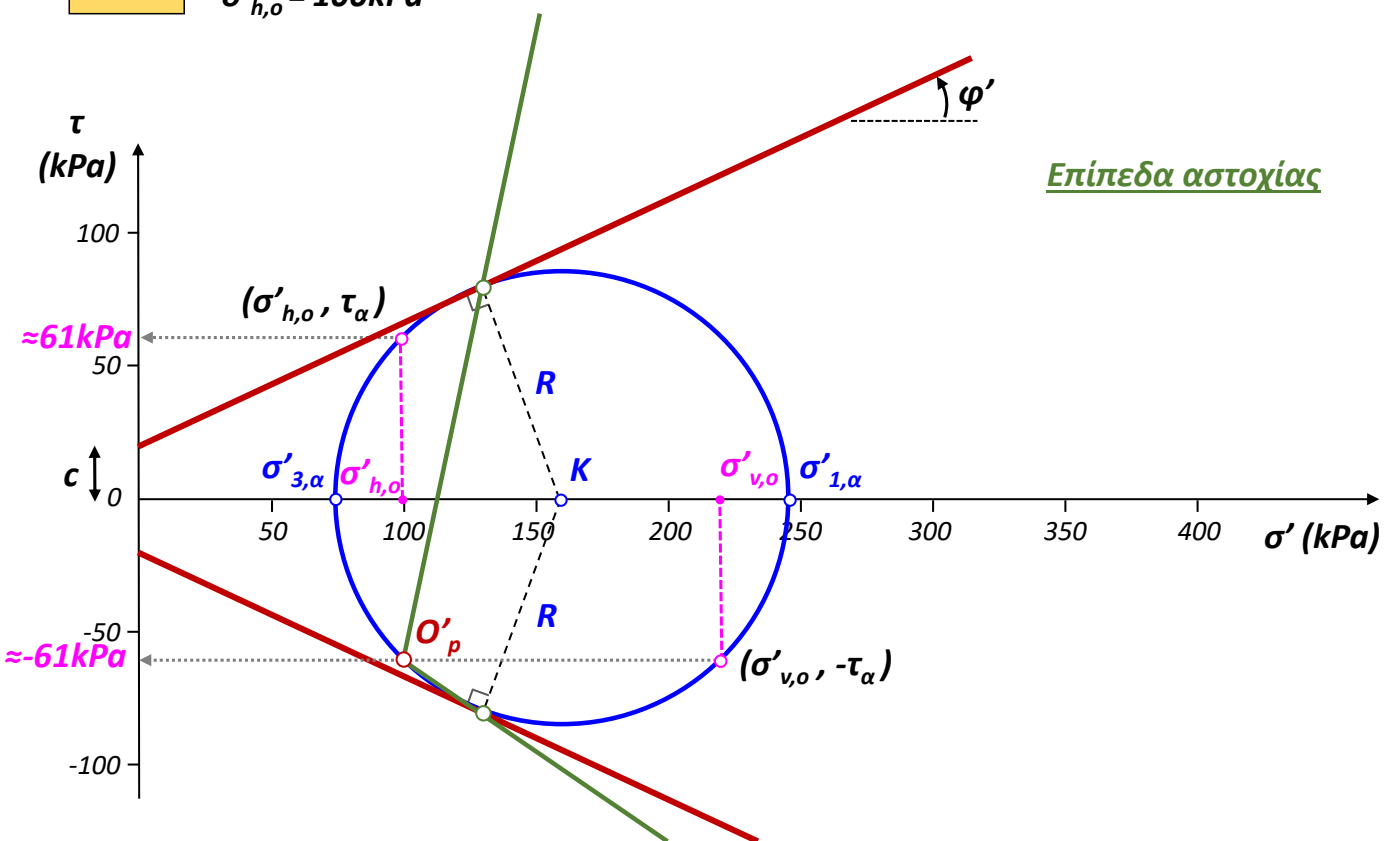
$$160 + \sqrt{60^2 + (\tau_\alpha)^2} = 2.46 \cdot \left[160 - \sqrt{60^2 + (\tau_\alpha)^2}\right] + 2 \cdot 20 \cdot \sqrt{2.46} \Rightarrow$$

$$\sqrt{60^2 + (\tau_\alpha)^2} = 85.65 \Rightarrow \tau_\alpha = 61.23 \text{ kPa}$$

Γραφικά:



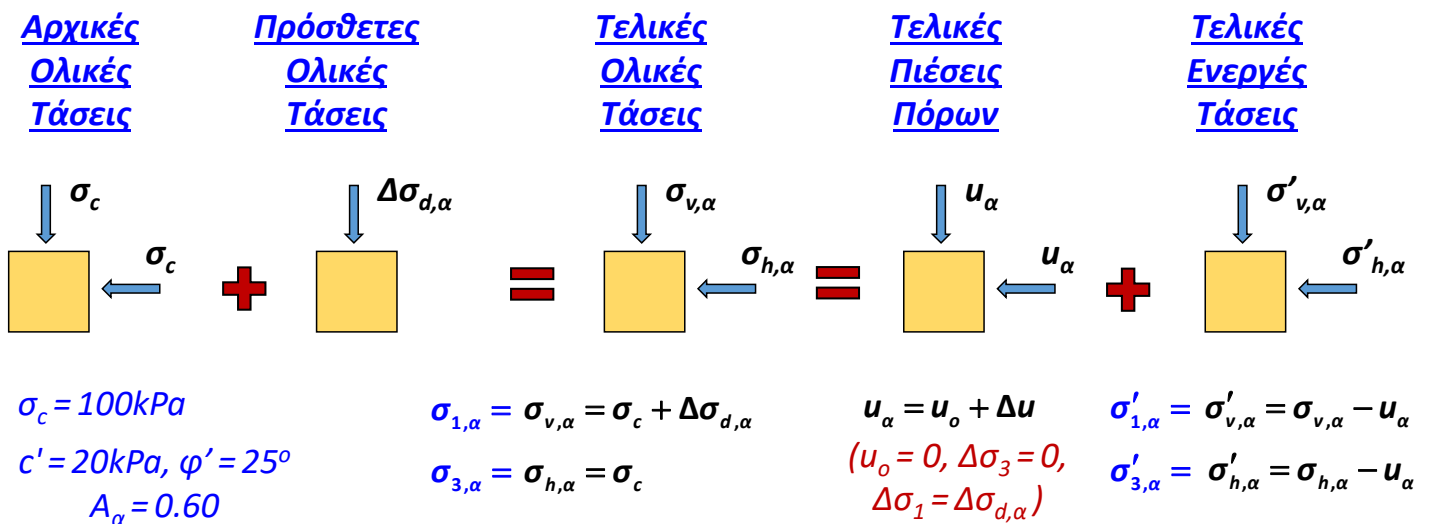
Κέντρο: $(OK) = \frac{\sigma'_{v,o} + \sigma'_{h,o}}{2} = \frac{220 + 100}{2} = 160 \text{ kPa}$



4. [10% + (3x5)%]

Σε κορεσμένο δοκίμιο του ανωτέρω εδάφους εκτελείται δοκιμή ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ υπό ΑΣΤΡΑΓΓΙΣΤΕΣ συνθήκες φόρτισης, με αρχικές τάσεις στερεοποίησης $\sigma'_{v,o} = \sigma'_{h,o} = \sigma'_c = 100 \text{ kPa}$. Εάν η τιμή του συντελεστή πίεσης πόρων κατά την αστοχία είναι $A_\alpha = 0.60$,

- (α) Να υπολογισθεί η τιμή της πίεσης πόρων κατά την αστοχία, καθώς και οι αντίστοιχες ενεργές κύριες τάσεις.
- (β) Να υπολογισθεί η αστράγγιστη διατμητική αντοχή της αργίλου.
- (γ) Να σχεδιασθεί ο κύκλος Mohr των ενεργών τάσεων κατά την αστοχία και να προσδιορισθούν τα επίπεδα
- αστοχίας, και
 - της μέγιστης διατμητικής τάσης τ_{\max} .
- (δ) Είναι ποτέ δυνατόν τα ανωτέρω επίπεδα να συμπέσουν;



$$\Delta u = \Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) \Rightarrow \Delta u = 0 + A(\Delta\sigma_{d,\alpha} - 0) = A \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} \Rightarrow u_\alpha = u_o + \Delta u = 0 + \Delta u = \Delta u$$

$$\sigma'_{3,\alpha} = \sigma_{h,\alpha} - u_\alpha = \sigma_c - A_\alpha \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} \Rightarrow \sigma'_{3,\alpha} = 100 - 0.6 \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha}$$

$$\sigma'_{1,\alpha} = \sigma_{v,\alpha} - u_\alpha = \sigma_c + \Delta\sigma_{d,\alpha} - A_\alpha \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} = \sigma_c + (1 - A_\alpha) \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} \Rightarrow \sigma'_{1,\alpha} = 100 + 0.4 \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha}$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \Rightarrow K_p = \tan^2\left(45 + \frac{25}{2}\right) = 2.46$$

$$\sigma'_{1,\alpha} = K_p \cdot \sigma'_{3,\alpha} + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p} \Rightarrow 100 + 0.4 \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} = 2.46 \cdot (100 - 0.6 \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha}) + 2 \cdot 20 \cdot \sqrt{2.46} \Rightarrow$$

$$\Delta\sigma_{d,\alpha} = 111.7 \text{ kPa}$$

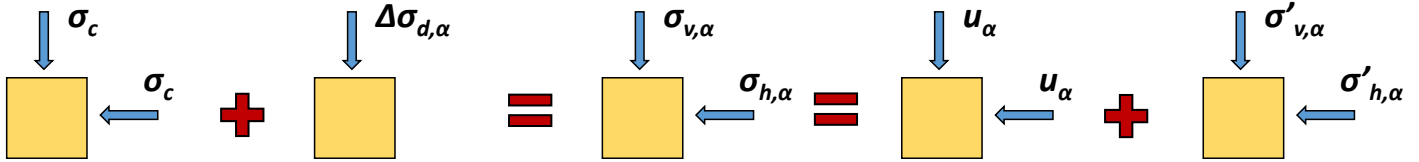
Αρχικές
Ολικές
Τάσεις

Πρόσθετες
Ολικές
Τάσεις

Τελικές
Ολικές
Τάσεις

Τελικές
Πιέσεις
Πόρων

Τελικές
Ενεργές
Τάσεις



$\sigma_c = 100 \text{ kPa}$
 $c' = 20 \text{ kPa}, \varphi' = 25^\circ$
 $A_\alpha = 0.60$

$\sigma_{1,\alpha} = \sigma_{v,\alpha} = \sigma_c + \Delta\sigma_{d,\alpha}$
 $\sigma_{3,\alpha} = \sigma_{h,\alpha} = \sigma_c$

$u_\alpha = u_o + \Delta u$
 $(u_o = 0, \Delta\sigma_3 = 0, \Delta\sigma_1 = \Delta\sigma_{d,\alpha})$

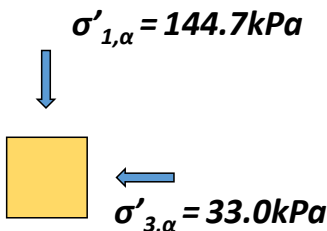
$\sigma'_{1,\alpha} = \sigma'_{v,\alpha} = \sigma_{v,\alpha} - u_\alpha$
 $\sigma'_{3,\alpha} = \sigma'_{h,\alpha} = \sigma_{h,\alpha} - u_\alpha$

Υπερπίεση πόρων: $u_\alpha = \Delta u \Rightarrow u_\alpha = A_\alpha \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} \Rightarrow u_\alpha = 0.60 \cdot 111.7 = 67.0 \text{ kPa}$

Ενεργές Τάσεις: $\sigma'_{3,\alpha} = 100 - 0.6 \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} \Rightarrow \sigma'_{3,\alpha} = 100 - 0.6 \cdot 111.7 = 33.0 \text{ kPa}$

$\sigma'_{1,\alpha} = 200 + 0.5 \cdot \Delta\sigma_{d,\alpha} \Rightarrow \sigma'_{1,\alpha} = 200 + 0.4 \cdot 111.7 = 144.7 \text{ kPa}$

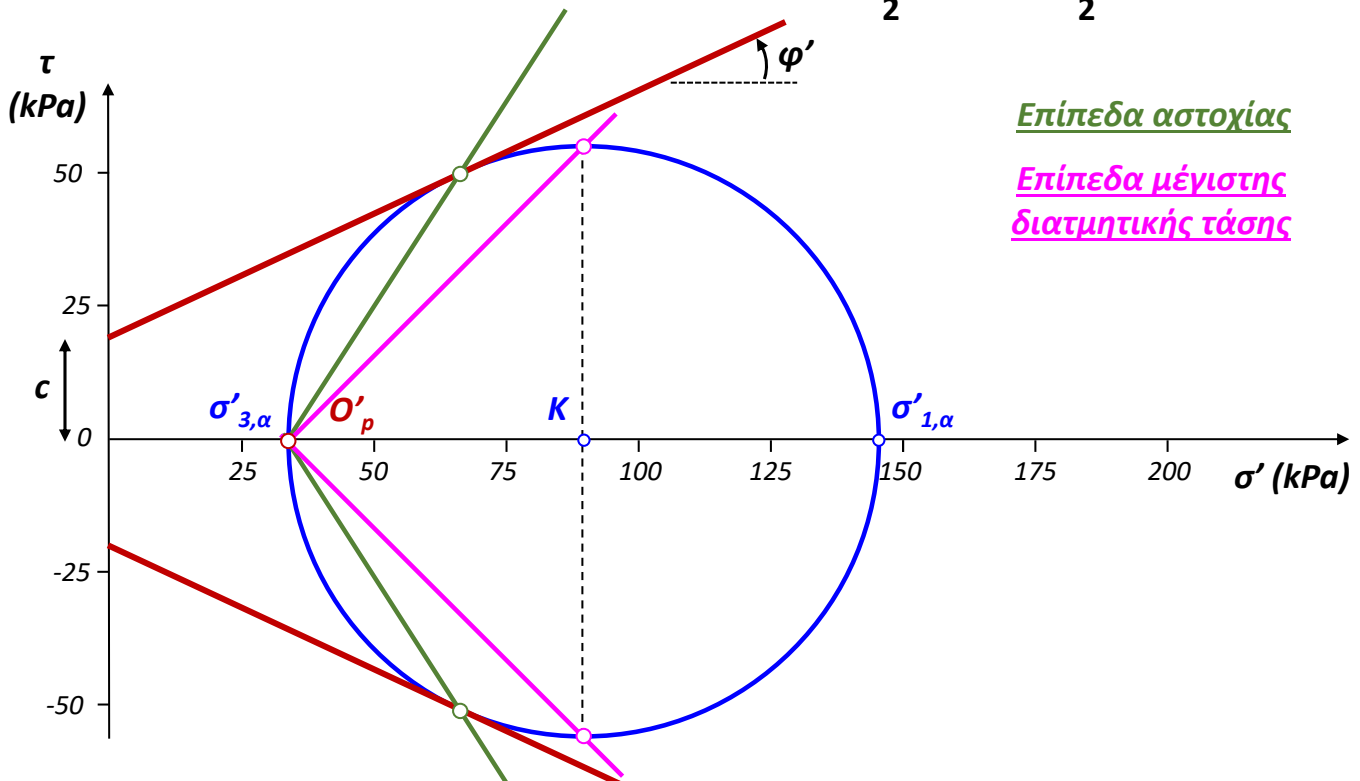
Αστράγγιστη
διατμητική αντοχή: $C_u = \frac{\sigma_{1,\alpha} - \sigma_{3,\alpha}}{2} = \frac{\sigma_c + \Delta\sigma_{d,\alpha} - \sigma_c}{2} = \frac{\Delta\sigma_{d,\alpha}}{2} \Rightarrow C_u = \frac{111.7}{2} = 55.9 \text{ kPa}$



Κύκλος Mohr Ενεργών Τάσεων

Κέντρο: $(OK) = \frac{\sigma'_{1,\alpha} + \sigma'_{3,\alpha}}{2} = \frac{144.7 + 33.0}{2} = 88.9 \text{ kPa}$

Ακτίνα: $R = \frac{\sigma'_{1,\alpha} - \sigma'_{3,\alpha}}{2} = \frac{144.7 - 33.0}{2} = 55.9 \text{ kPa}$



Επίπεδα αστοχίας

Επίπεδα μέγιστης
διατμητικής τάσης