

erentinioti

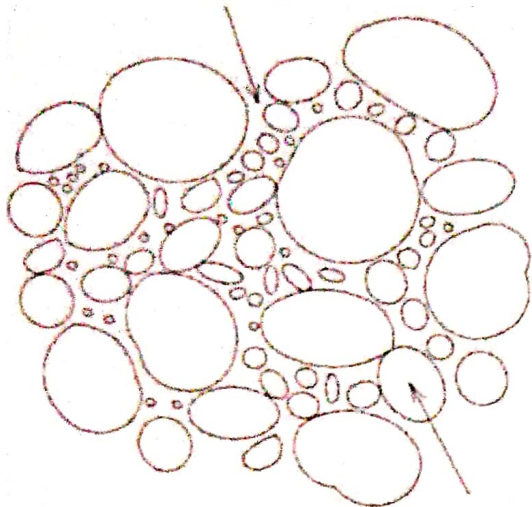
ΘΕΩΡΙΑ ΕΡΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ 2

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

(voids)

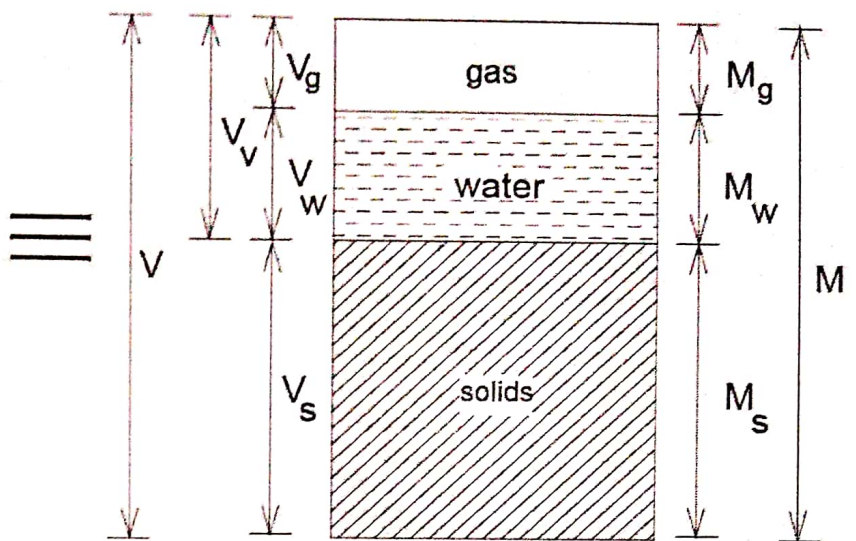
κενά (ή πόροι) γεμάτα με νερό ή / και αέρα



στερεοί κόκκοι
(solids)

(a) Soil

Εδαφος= μίγμα στερεών κόκκων και κενών)



(b) Phase Diagram

(Διάγραμμα φάσεων του εδάφους)
Το έδαφος είναι τριφασικό υλικό
(αέρια, υγρή και στερεά φάση)

συνολική μάζα (του εδαφικού μίγματος) (total Mass)

συνολικός όγκος (του εδαφικού μίγματος) (total Volume)

Ισχύουν :

$$V = V_s + V_v$$

$$M = M_s + M_v \quad (\text{Επειδή όμως } M_g=0, \text{ τελικά } M_v=M_w)$$

$$\left. \begin{array}{l} V = V_s + V_v \\ M = M_s + M_w \end{array} \right\} \rho = M/V \quad (\text{ολική/φαινόμενη/υγρή πυκνότητα})$$

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (\text{όπου } g=10\text{m/s}^2)$$

(γ : ειδικό ολικό/φαινόμενο/υγρό βάρος)

Μονάδες

$\rho \rightarrow \text{Mg/m}^3$ (πυκνότητα)

$\gamma \rightarrow \text{kN/m}^3$ (ειδικό βάρος)

Ισχύει : $1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ t}$

Ακόμη ισχύει: $1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ gr}$

Αρα αν δίνει $\rho = 2 \text{ Mg/m}^3$ είναι ταυτόσημη μονάδα με το να έδινε $\rho = 2 \text{ t/m}^3$ αφού $1 \text{ Mg} = 1 \text{ t}$

(t: tonne)

Φυσικά χαρακτηριστικά εδαφών

Τυπολογία

$$V = V_s + V_v$$

(V: volume, s: solids, v: voids)

$$V_v = V_w + V_g$$

(w: water, g: gas)

$$M = M_s + M_v$$

$$M_v = M_w + M_g \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \quad M = M_s + M_w \quad (M: \text{mass})$$

$$\rho = \frac{M}{V}$$

~ ολική / φαινόμενη / υγρή πυκνότητα

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

~ πυκνότητα στερεών κόκκων (ρ_{στ.} ή ρ_σ)
ΣΤΑΘΕΡΗ (οι β.κ θεωρούνται αβυρνήεστοι, αναλλοίωτοι)

$$\rho_w = 1 \text{ Mg/m}^3$$

~ πυκνότητα νερού

$$\rho_f \leq \rho_{\text{ολική υγρή}} \leq \rho_{\text{κορ}} \\ (\text{min}) \quad \quad \quad (\text{max})$$

ρ_f ή ρ_d ~ ξηρή πυκνότητα (d: dry) (β.κ + αέρας)

ρ_{κορ} ή ρ_{sat} ~ κορεσμένη πυκνότητα (sat: saturated) (β.κ + νερό)

ρ_{υγρ} ή ρ ~ ολική / υγρή πυκνότητα (β.κ + αέρας + νερό)

$$w = \frac{M_w}{M_s}$$

$$w = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \cdot 100$$

όπου M₁: ολική / υγρή μάζα (M₁ = M_s + M_w)
M₂: ξηρή μάζα μετά την ξήρανση σε κλίσηνο (M₂ = M_s)

~ ποσοστό υγρασίας / φυσική υγρασία

ξηρό έδαφος: w = 0

υγρό / κορεσμένο: 0 < w < 100% (+ ατμ)

$$S_r = \frac{V_w}{V_v}$$

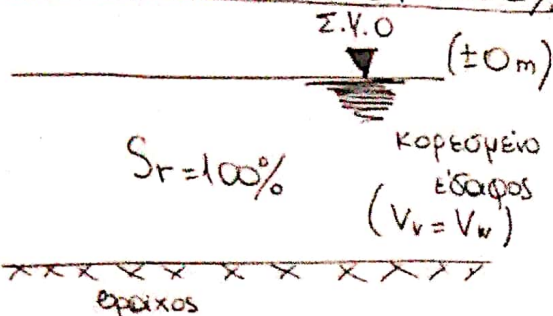
~ βαθμός κορεσμού

$$0\% \leq S_r \leq 100\%$$

ξηρό έδαφος: $S_r = 0\%$

υγρό " : $0\% < S_r < 100\%$

κορεσμένο " : $S_r = 100\%$



$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

~ δείκτης πόρων/κενών
(συνηθισ τιμές: $e : 0,5 \sim 1$)

$$e \uparrow \sim \rho \downarrow$$

$$e_{max} \sim \rho_{min} \text{ (χαλαρή δομή)}$$

$$e_{min} \sim \rho_{max} \text{ (πυκνή δομή)}$$

Για το ίδιο υλικό και για τη φυσική του κατάσταση,
ο δείκτης πόρων e είναι ΣΤΑΘΕΡΟΣ ! Αλλάζει μόνο
λόγω δόνησης του εδάφους, συμπύκνωσης, επιβάρυνσης
φορτίου (συμπίεση $V_v \downarrow$ λόγω αναδιόταξης κόκκων σε
πυκνότερη δομή).

Άρα ρ_s, ρ, ρ_{kor} αντιστοιχούν στον ίδιο δείκτη πόρων!

(Το e δείχνει τον διαθέσιμο όγκο κενών και ΟΧΙ το
υλικό πλήρωσης αυτών!)

$$n = \frac{V_v}{V} \sim \text{πορώδες}$$

ή

$$n = \frac{e}{1+e}$$

"Ευαγγέλιο"



$$\rho = \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right)$$

$$\rho_s \cdot w = S_r \cdot e \cdot \rho_w$$

Αν ζητείται / δίνεται ρ_f τότε
για $w=0$ η πρώτη σχέση "εφαρμόζεται"
σε ξηρή πυκνότητα.

$$\rho_f = \frac{\rho_s}{1+e}$$

Ασκήσεις για μελέτη!!

- 1 Για ένα δοκίμιο εδαφικού υλικού δίδονται: $e = 0.70$, $w = 20\%$ και $\rho_s = 2.70 \text{ Mg/m}^3$.
Ζητούνται: (α) Η πυκνότητα ρ του δοκιμίου. (β) Τα $\rho_{\text{ξηρ}}$ και S_r . (γ) Εάν $S_r = 100\%$, πόσο
θα ήταν τα w και ρ ;

(α) $\rho = \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) = 2.7 \cdot \left(\frac{1+0.2}{1+0.7} \right) = \underline{\underline{1.906 \text{ Mg/m}^3}}$

(β) $\rho_s \cdot w = S_r \cdot e \cdot \rho_w \Leftrightarrow 2.7 \cdot 0.2 = S_r \cdot 0.7 \cdot 1 \Leftrightarrow S_r = \underline{\underline{77\%}}$

Για $w=0$:
(ξηρό) $\rho_f = \frac{\rho_s}{1+e} = \frac{2.7}{1+0.7} = \underline{\underline{1.588 \text{ Mg/m}^3}}$

(γ) Για $S_r = 100\%$: (κορεσμένο $\rightarrow$ όλα τα κενά γεμάτα με νερό)

$\rho_s \cdot w = S_r \cdot e \cdot \rho_w \Leftrightarrow 2.7 \cdot w = 1 \cdot 0.7 \cdot 1 \Leftrightarrow w = \underline{\underline{26\%}}$

$\rho_{\text{κορ}} = \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) = 2.7 \left(\frac{1+0.26}{1+0.7} \right) = \underline{\underline{2 \text{ Mg/m}^3}}$

2. Σωστό ή λάθος;

Σε κορεσμένο εδαφικό δοκίμιο ($S_r=100\%$) το ειδικό βάρος των στερεών κόκκων είναι $\gamma_{στ}=27\text{kN/m}^3$, το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι $\gamma=20\text{kN/m}^3$ και το πορώδες $n=41\%$.

$$\left. \begin{aligned} \rho &= \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) \Leftrightarrow 2 = 2,7 \cdot \left(\frac{1+w}{1+e} \right) \\ \rho_s \cdot w &= S_r \cdot e \cdot \rho_w \Leftrightarrow 2,7 \cdot w = 1 \cdot e \cdot 1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} e &= 0,699 \\ w &= 0,259 \end{aligned}$$

Όμως: $n = \frac{e}{1+e} = \frac{0,699}{1+0,699} \Rightarrow \boxed{n=41\%}$ Σωστό!

3. Τι ποσότητα (όγκος) νερού περιλαμβάνεται σε 10m^3 αργιλώδους άμμου με υγρό φαινόμενο ειδικό βάρος $\gamma=18\text{kN/m}^3$ και βαθμό κορεσμού $S_r=70\%$; (το ειδικό βάρος των στερεών κόκκων να ληφθεί ίσο με $\gamma_{στ}=27\text{kN/m}^3$)

$\left\{ \begin{aligned} V &= 10\text{m}^3 \\ \gamma &= 18\text{kN/m}^3 \\ S_r &= 70\% \\ \gamma_{στ} &= 27\text{kN/m}^3 \end{aligned} \right.$

$$\left. \begin{aligned} \rho &= \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) \Leftrightarrow 1,8 = 2,7 \cdot \left(\frac{1+w}{1+e} \right) \\ \rho_s \cdot w &= S_r \cdot e \cdot \rho_w \Leftrightarrow 2,7 \cdot w = 0,7 \cdot e \cdot 1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} e &= 0,818 \\ w &= 0,212 \end{aligned}$$
$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} \Leftrightarrow V = (1+e) \cdot V_s \Leftrightarrow 10 = (1+0,818) \cdot V_s \Leftrightarrow \boxed{V_s = 5,5\text{m}^3}$$
$$w = \frac{M_w}{M_s} = \frac{\rho_w \cdot V_w}{\rho_s \cdot V_s} \Leftrightarrow V_w = w \cdot \rho_s \cdot V_s = 0,212 \cdot 2,7 \cdot 5,5 \Leftrightarrow \boxed{V_w = 3,15\text{m}^3}$$

athinageotech@hotmail.com

- 4) Κυλινδρικό δοχείο υγρού αργίλου έχει διάμετρο 38mm, μήκος 76mm, και μάζα 183,4 g. Μετά από ζήρυνση στο φάρινο, η μάζα φεύγει στα 157,7 g. Για το έδαφος αυτό υπολογίστε:
- τη φαινόμενη πυκνότητα και το φαινόμενο ειδικό βάρος
 - τη ζήρη πυκνότητα και το ζήρο ειδικό βάρος
 - το ποσοστό υγρασίας, το δείκτη πόρων και το πορώδες
 - το βαθμό κορέσμου

Δίνεται η πυκνότητα στερεών κόκκων $\rho_s = 2,72 \text{ Mg/m}^3$.

$$\left. \begin{array}{l} D = 38 \text{ mm} \\ H = 76 \text{ mm} \\ M = 183,4 \text{ g} \\ M_s = 157,7 \text{ g} \\ \rho_s = 2,72 \text{ Mg/m}^3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{i) } V = \frac{\pi D^2}{4} H = \frac{\pi (3,8 \text{ cm})^2}{4} \cdot 7,6 \text{ cm} = 86,19 \text{ cm}^3 \\ \rho = M/V = 183,4 \text{ g} / 86,19 \text{ cm}^3 = 2,13 \text{ g/cm}^3 \\ \text{ή } \boxed{\rho = 2,13 \text{ Mg/m}^3} \text{ και } \gamma = \rho \cdot g = 21,3 \text{ kN/m}^3 \end{array}$$

$$\text{ii) } \rho_z = \frac{M_s}{V} = \frac{157,7 \text{ g}}{86,19 \text{ cm}^3} = 1,83 \text{ g/cm}^3 \text{ ή } \boxed{\rho_z = 1,83 \text{ Mg/cm}^3}$$

$$\text{και } \gamma_z = \rho_z \cdot g = 18,3 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{iii) } w = \frac{M_w}{M_s} = \frac{M - M_s}{M_s} = \frac{183,4 - 157,7}{157,7} = 0,163 \text{ ή } \boxed{w = 16,3\%}$$

$$\rho_z = \frac{\rho_s}{1+e} \Rightarrow 1,83 = \frac{2,72}{1+e} \Rightarrow \boxed{e = 0,486}$$

$$n = \frac{e}{1+e} = \frac{0,486}{1+0,486} \Rightarrow \boxed{n = 0,327}$$

$$\text{iv) } \rho_s w = S_r \cdot e \cdot \rho_w \Rightarrow 2,72 \cdot 0,163 = S_r \cdot 0,486 \cdot 1 \Rightarrow S_r = 0,912$$

$$\text{ή } \boxed{S_r = 91,2\%}$$

υγρό έδαφος...

Θεωρία συνέχεια....

Ορισμός σχετικής πυκνότητας (D_r) σε κοκκώδη εδάφη

(ο συγκεκριμένος ορισμός αφορά μόνο χάλικες και άμμους)

Σχετική πυκνότητα

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \cdot 100 (\%) \quad (D_r: \text{relative density})$$

Η D_r μαζί με το συντελεστή αμοιομορφίας C_u χρησιμοποιούνται για τον χαρακτηρισμό και κατανομή μη συνεκτικών εδαφικών υλικών (χονδροκόκκων). Είναι και τα δύο φυσικά χαρακτηριστικά αυτών των υλικών.

e_{max} $\sim$ ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί στην πλέον χαλαρή διάταξη κόκκων, δηλαδή την ρ_{min}

e_{min} $\sim$ ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί στην πλέον πυκνή διάταξη κόκκων, δηλαδή την ρ_{max}

e_{max}, e_{min} (ή αντίστοιχα ρ_{min}, ρ_{max}) θα δίνονται και προέρχονται από πρότυπες εργαστηριακές δοκιμές

e $\sim$ ο επί τούτου δείκτης πόρων

$0\% \leq D_r \leq 100\%$ Όσο μεγαλύτερο είναι το D_r , δηλαδή όσο πιο πυκνό είναι το υλικό, τόσο μεγαλύτερη αντοχή και τόσο μικρότερη συμπίεσιμότητα έχει.

6

Ομοιόμορφο στρώμα άμμου έχει ποσοστό υγρασίας $w=27.5\%$ και φαινόμενο ειδικό βάρος $\gamma=19.5\text{kN/m}^3$. Εάν ο δείκτης πόρων e στην πλέον χαλαρή και στην πλέον πυκνή κατάσταση είναι 0.87 και 0.51 αντίστοιχα, να υπολογισθούν ο βαθμός κορεσμού S_r (%) και η σχετική πυκνότητα D_r (%) της άμμου (δίνεται $\gamma_{στ}=27\text{kN/m}^3$).

$$\rho = \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) \Leftrightarrow 19.5 = 27 \cdot \left(\frac{1+0.275}{1+e} \right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow e = 0.766$$

$$\rho_s \cdot w = S_r \cdot e \cdot \rho_w \Leftrightarrow 27 \cdot 0.275 = S_r \cdot 0.766 \cdot 1$$

$$\Leftrightarrow \boxed{S_r = 97\%}$$

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{0.87 - 0.766}{0.87 - 0.51} \Rightarrow \boxed{D_r = 29\%}$$

7

Προκειμένου να κατασκευασθεί επίχωμα αυτοκινητοδρόμου, εκτελέσθηκε γεωτεχνική έρευνα στην περιοχή ενδιαφέροντος η οποία διαπίστωσε την ύπαρξη στρώματος άμμου πάχους 6m με τα εξής χαρακτηριστικά: πυκνότητα στερεών κόκκων $\rho_s = 2.75 \text{ Mg/m}^3$, επιτόπου δείκτης πόρων $e = 0.65$ και βαθμός κορεσμού $S_r = 65\%$.

Επιπλέον, δοκιμές προσδιορισμού της μέγιστης και ελάχιστης ξηρής πυκνότητας έδωσαν: $\rho_{\max} = 2.10 \text{ Mg/m}^3$, $\rho_{\min} = 1.60 \text{ Mg/m}^3$.

Να προσδιορισθούν: η επιτόπου πυκνότητα (ρ), το ποσοστό υγρασίας (w) και η σχετική πυκνότητα (D_r) της άμμου.

Συμβουλές

Ισχύουν οι εξής τύποι:

$$\rho_{\max} = \frac{\rho_s}{1 + e_{\min}}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\rho_s}{1 + e_{\max}}$$

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$$

όπου $e_{\min}$, $e_{\max}$ σταθερές του υλικού!

$\rho_{\max}$: μέγιστη ξηρή πυκνότητα

$\rho_{\min}$: ελάχιστη ξηρή πυκνότητα

ρ_s : πυκνότητα στερεών κόκκων

e : δείκτης πόρων εδάφους στη φυσική κατάσταση (επί τόπου δείκτης πόρων)

$$p_s \cdot w = S_r \cdot e \cdot p_w \Leftrightarrow 2,75 \cdot w = 0,65 \cdot 0,65 \cdot 1 \Leftrightarrow \underline{w = 15,36\%}$$

$$p = p_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) = 2,75 \cdot \left(\frac{1+0,1536}{1+0,65} \right) = \underline{\underline{1,92 \text{ kg/m}^3}}$$

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

$$e_{\max} \rightarrow p_{d\min} \quad e_{\min} \rightarrow p_{d\max} \quad p_d (n p_f) \rightarrow \begin{cases} \text{3 pri} \\ 0 \text{ newina} \end{cases} \rightarrow \text{C.A. } w=0$$

$$p_{d\min} = \frac{p_s}{1+e_{\max}} = \frac{2,75}{1+e_{\max}} \Leftrightarrow 1,6 = \frac{2,75}{1+e_{\max}} \Rightarrow \underline{\underline{e_{\max} = 0,72}}$$

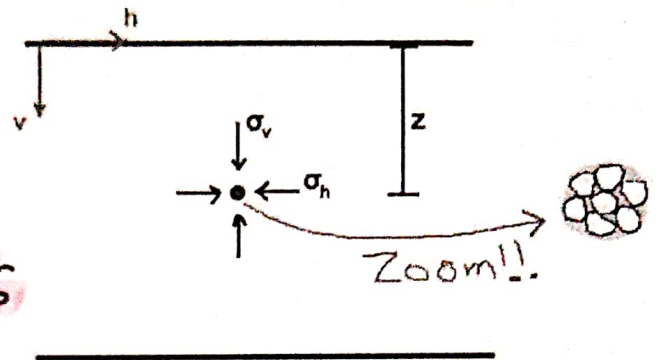
$$p_{d\max} = \frac{p_s}{1+e_{\min}} = \frac{2,75}{1+e_{\min}} \Leftrightarrow 2,1 = \frac{2,75}{1+e_{\min}} \Leftrightarrow \underline{\underline{e_{\min} = 0,31}}$$

$$\alpha_{pa} \quad D_r = \frac{0,72 - 0,65}{0,72 - 0,31} \Rightarrow \underline{\underline{D_r = 17,1\%}}$$

athinageotech@hotmail.com

ΒΑΣΙΚΟ

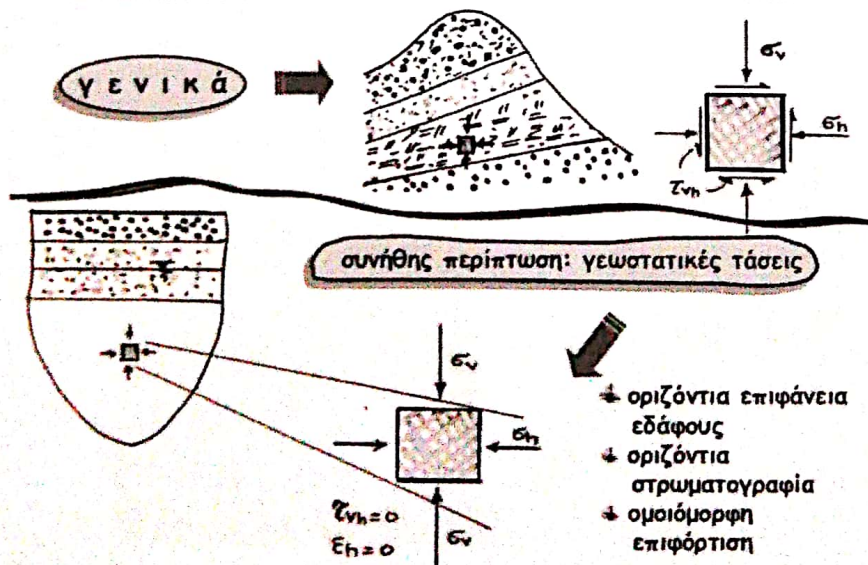
Τάσεις γεωστατικές

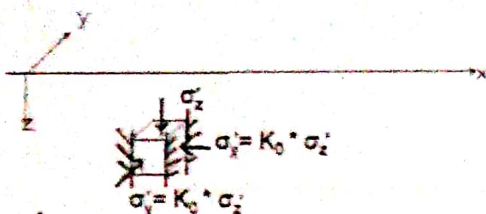


(...οι τάσεις που επιδρούν στο έδαφος μόνο λόγω ιδίου βάρους γαιών, χωρίς να ληφθεί υπόψη τυχόν εξωτερική επιφόρτιση)

athinageotech@hotmail.com

ΓΕΩΣΤΑΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ λόγω ιδίου βάρους





$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} * (\sigma'_z - \nu(\sigma'_x + \sigma'_y))$$

Δεν υπάρχουν πλευρικές παραμορφώσεις $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} * (\sigma'_y - \nu(\sigma'_z + \sigma'_x))$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} * (\sigma'_z - \nu(\sigma'_x + \sigma'_y))$$

$$\sigma'_x = \sigma'_y = \frac{\nu}{1-\nu} * \sigma'_z = K_0 * \sigma'_z$$

Αν θέσω $\varepsilon_x = 0$ τότε προκύπτει: $\sigma'_x = \nu(\sigma'_y + \sigma'_z)$ (1)

Αν θέσω $\varepsilon_y = 0$ τότε προκύπτει: $\sigma'_y = \nu(\sigma'_z + \sigma'_x)$ (2)

$$\sigma'_x = \nu(\sigma'_y + \sigma'_z)$$

$$\sigma'_y = \nu(\sigma'_z + \sigma'_x)$$

$$\sigma'_x = \nu(\sigma'_z + \sigma'_x)$$

$$\sigma'_x = \nu(\sigma'_z + \sigma'_x)$$

$$\sigma'_x = \sigma'_y = \frac{\nu}{1-\nu} * \sigma'_z \Rightarrow$$

$$\text{ή } \sigma'_x = K_0 * \sigma'_z$$

Παραδοχές για τον υπολογισμό των γεωστατικών τάσεων

- οριζόντιο έδαφος
- απείρωτος εκτεινόμενο έδαφος (κατά τον άξονα x και κατά τον άξονα y) $\rightarrow \varepsilon_x = 0, \varepsilon_y = 0$
- ελαστικό μέσο (ακολουθεί τους νόμους του Hooke)

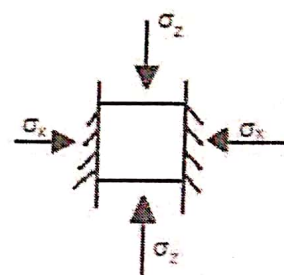


Συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης (1D)

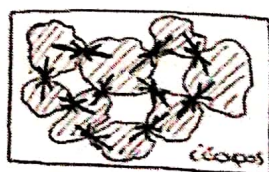
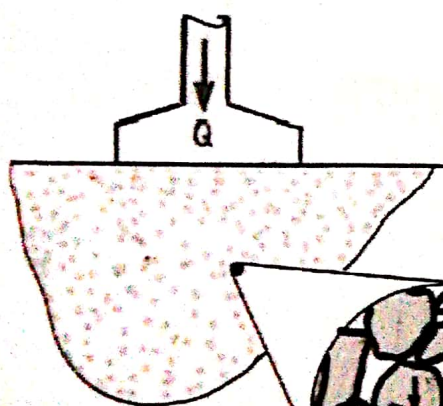
$$\varepsilon_x = 0$$

$$\varepsilon_y = 0$$

$$\varepsilon_z \neq 0$$



athinageotech@hotmail.com



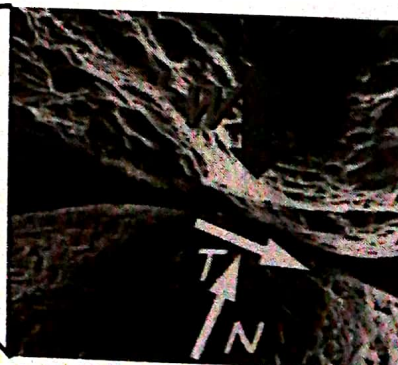
: στερεά κόκκοι
 : πόροι που πληρούνται με νερό

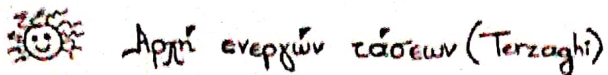
$$\sigma = \sigma' + u \quad (\text{kPa})$$

όπου: $\sigma \rightarrow$ η ολική τάση που επιδράται σε ένα κορεσμένο εδαφικό υλικό

$\sigma' \rightarrow$ εκφράζει τις τάσεις που μεταδίδονται μεταξύ των επιφανιών των κόκκων (Ενεργός τάση)

$u \rightarrow$ η πίεση του νερού των πόρων (υδατική πίεση)




$$\sigma = \sigma' + u \quad (kPa \text{ or } kN/m^2)$$

u → n nīēn nāu vapai tūv
nāpūv (uḡatīk nīēn)

10x6000

$\sigma_v = \gamma \cdot z$ (kPa) d.h.: γ ist die spezifische Gewichtskraft des Bodens (kN/m³)

draw: γ to calculate E_{eff} (N/m²)
2 to calculate the E_{eff} (m)

* An SIVARAI name and his expectations (m)
 unathiyalai aOppolathai, andaya tute to a
 812 this work expectations. Anathai:

$$\sigma_v = \sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i = x_1 \cdot z_1 + x_2 \cdot z_2 + x_3 \cdot z_3 + \dots$$

Άρα, η ποσὶ των υπολογισμῶν εἶναι:

$$\sigma_v = \gamma \cdot z \quad (\text{Genral: } \sigma_v = \sum_{i=1}^n \gamma_i z_i)$$

$$u = y^w \cdot z$$

$$\sigma_v' = \sigma_v - u$$

$$\sigma_h' = K_0 \cdot \sigma_v' \quad (K_0: \text{συμμετρήστης ουδέτερων αθροίσεων})$$

$$\sigma h = \sigma h' + u$$

$u = \gamma_w \cdot z$ (KPa) show: γ_w to get a response in
value $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

2 To each ms
Expend, no. Expenditure
usages, expenditure

Προσέχει ♡ η υπέρψη μόνο όταν υπάρχει στην
 εξίσωση $Z.Y.O \rightarrow$ Ζητούν Υπόθεσης Φίγματος
 Αυτό σημαίνει ότι από τη $Z.Y.O$ και κάτω, το
 είδος είναι από σ έχει και η, έχει και
 νικά στη μορφή του. Η $Z.Y.O$ απλοποιείται: $\frac{Z.Y.O}{2}$
 όταν δίνεται $Z.Y.O$ θα δίνεται για την ίδια
 εξίσωση επίσης έως τύπος είδους είδους $\frac{Z.Y.O}{2}$
 όταν $\frac{Z.Y.O}{2}$ το ήμισυ είδους είδους, αυτό σημαίνει
 να επιτραπεί ναίει από τη $Z.Y.O$, και $\frac{Z.Y.O}{2}$
 το κομμένο είδος είδους ($\frac{Z.Y.O}{2}$) να επιτραπεί
 από τη $Z.Y.O$ και κάτω, όταν $\frac{Z.Y.O}{2}$ είναι είδος από
 τους επόμενους κοίτους $\frac{Z.Y.O}{2}$ και νικά!!!

Άρα η ενεργός κατακόρυφη τάση υπολογίζεται από τη διαφορά ολικής κατακόρυφης και πίεσης πόρων:

$$\sigma_v' = \sigma_v - u$$

Για τις οριζόντιες τάσεις, προφανώς ισχύει και εδώ η αρχή ενεργών τάσεων που γράφεται:

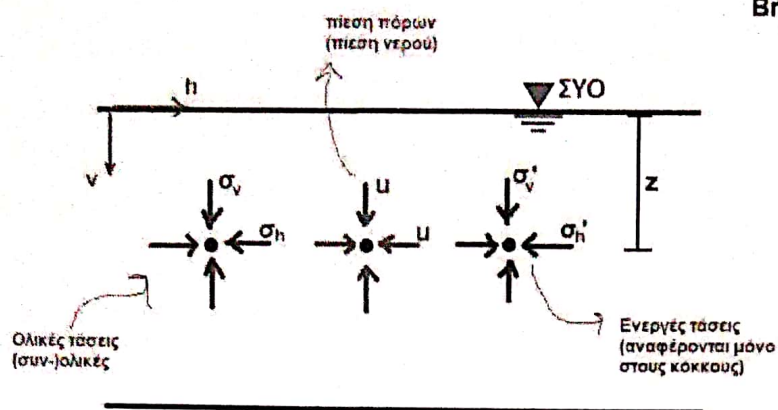
$$\sigma h = \sigma h' + u$$

(Όπου η πίεση πόρων μ είναι η ίδια προς κάθε διεύθυνση σε ένα συγκεκριμένο βάθος, και την έχουμε ήδη υπολογίσει)

Για την ενεργό οριζόντια τάση ισχύει η εξής σχέση (λογω μονοδιάστατης συμπίεσης)

$$\sigma_h' = K_o * \sigma_v'$$

athinageotech@hotmail.com



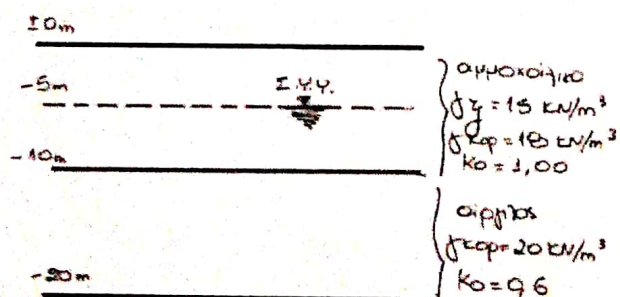
Βήματα υπολογισμού των γεωστατικών τάσεων

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma \cdot z \\ u &= \gamma_w \cdot z \\ \sigma'_v &= \sigma_v - u \\ \sigma'_h &= k_0 \cdot \sigma'_v \\ \sigma_h &= \sigma'_h + u\end{aligned}$$

athinageotech@hotmail.com

Γεωστατικές τάσεις

Ζητείται η μεταβολή των ενεργών γεωστατικών τάσεων με το βάθος



Για $z=5\text{m}$:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= 15 \cdot 5 = 75 \text{ kPa} \\ u &= 0 \\ \sigma'_v &= \sigma_v - u = 75 \text{ kPa} \\ \sigma'_h &= k_0 \cdot \sigma'_v = 1 \cdot 75 = 75 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Για $z=10\text{m}$:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= 15 \cdot 5 + 18 \cdot 5 = 165 \text{ kPa} \\ u &= 10 \cdot 5 = 50 \text{ kPa} \\ \sigma'_v &= \sigma_v - u = 115 \text{ kPa}\end{aligned}$$

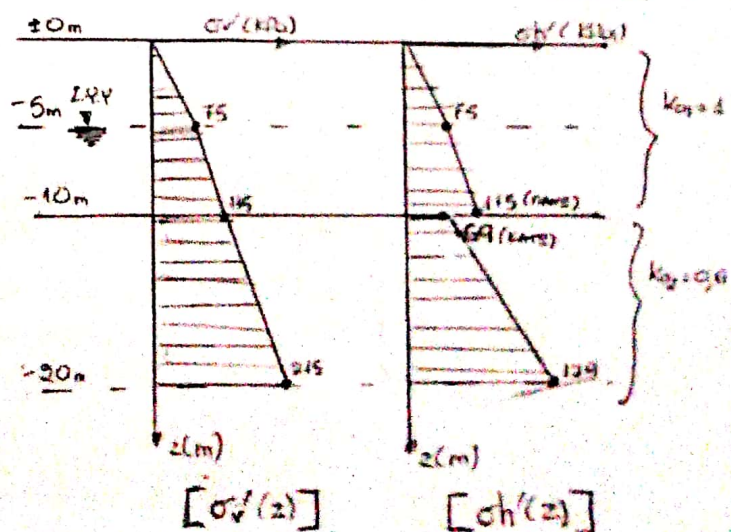
ΔΙΕΓΓΡΑΦΕΙ
ΑΛΛΑΓΗ
ΥΛΙΚΟΥ

$$\begin{aligned}\sigma'_h &= k_0 \cdot \sigma'_v = 1 \cdot 115 = 115 \text{ kPa} \\ \sigma_h &= k_0 \cdot \sigma'_v + u = 0,6 \cdot 115 = 69 \text{ kPa}\end{aligned}$$

athinageotech@hotmail.com

Για $z=20\text{m}$:

$$\begin{aligned}\sigma_v &= 15 \cdot 5 + 18 \cdot 5 + 20 \cdot 10 = 365 \text{ kPa} \\ u &= 10 \cdot 15 = 150 \text{ kPa} \\ \sigma'_v &= \sigma_v - u = 215 \text{ kPa} \\ \sigma'_h &= k_0 \cdot \sigma'_v = 0,6 \cdot 215 = 129 \text{ kPa}\end{aligned}$$



ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ

Οι ασκήσεις που πραγματεύονται γεωστατικές τάσεις αφορούν υπολογισμό γεωστατικών τάσεων, δηλαδή των τάσεων σε κατάσταση ηρεμίας (ουδέτερη κατάσταση!).

Προϋποθέσεις γεωστατικής κατάστασης:

- Οριζόντια επιφάνεια εδάφους
- Απέφως εκτεινόμενα τα όρια του εδάφους (τόσο κατά x όσο και κατά y)

Οι παραπάνω συνθήκες (και μόνο) οδηγούν σε :

Συνθήκες μονοδιάστασης συμπίεσης!! (1D)

Δηλαδή τα εδαφικά στοιχεία δεν μπορούν να παραμορφωθούν πλευρικά, επομένως ισχύει η ακόλουθη σχέση (για τις ενεργές τάσεις):

$$\sigma_{ho}' = K_o * \sigma_v'$$

όπου K_o ο συντελεστής ουδετέρων ωθήσεων!!

Αν δεν δίνεται ο K_o και δίνεται ο λόγος Poisson (ν), τότε ο συντελεστής υπολογίζεται:

$$K_o = \nu / (1 - \nu)$$

athinageotech@hotmail.com

ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΜΕΘΟΔΟΣ Rankine

athinageotech@ho

Παραδοχές μεθόδου Rankine

- ✓ κατακόρυφη και λεία ($\delta=0^\circ$) παρειά τοίχου-γαιών
- ✓ οριζόντια επιφάνεια αντιστηριζόμενου εδάφους
- ✓ απερίοριστα εκτεινόμενο ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο (τυχόν εξωτερική επιφόρτιση)
- ✓ τοίχος απείρου βάθους

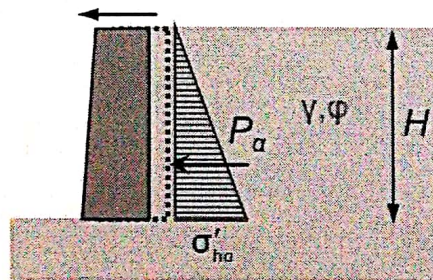
$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \quad \text{ή} \quad K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad \begin{array}{l} \text{Συντελεστής} \\ \text{ενεργητικών ωθήσεων} \end{array}$$

Μη συνεκτικά εδάφη ($c=0, \varphi \neq 0$)

(άμμος, χάλικες)

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

$$\sigma'_a = \frac{1}{2} \cdot \sigma'_{ha} \cdot H$$



Στη βάση του τοίχου θα ισχύει:

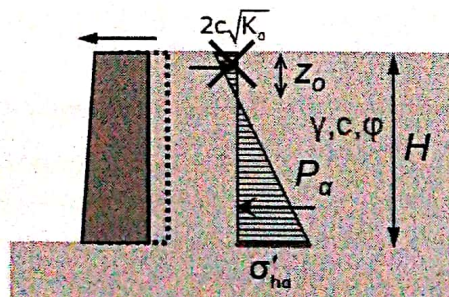
$$\begin{aligned} \sigma_v &= \gamma \cdot H \quad (\text{υπερκείμενα βάρη γαιών}) \\ u &= 0 \quad (\text{απουσία Σ.Υ.Ο.}) \\ \sigma'_v &= \sigma_v - u \quad (\text{Terzaghi}) \\ \sigma'_{ha} &= K_a \cdot \sigma'_v \quad (\text{Rankine}) \end{aligned}$$

Συνεκτικά εδάφη ($c \neq 0, \varphi \neq 0$)

(άργιλος)

$$\sigma'_{ha} = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_a = \frac{1}{2} \cdot \sigma'_{ha} \cdot (H - z_0)$$



Στη βάση του τοίχου θα ισχύει:

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \gamma \cdot H \quad (\text{υπερκείμενα βάρη γαιών}) \\ u &= 0 \quad (\text{απουσία Σ.Υ.Ο.}) \\ \sigma'_v &= \sigma_v - u \quad (\text{Terzaghi}) \\ \sigma'_{ha} &= K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \quad (\text{Rankine}) \end{aligned}$$

athinageotec

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Αντιστέκεται με το ίδιο βάρος του

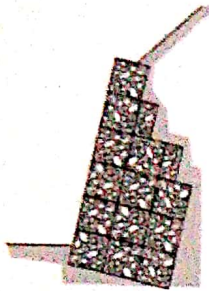


toίχος πρόβολου
(οπλισμένο σκυρόδεμα)



πασσαλότοιχος
(με ή χωρίς αγκυρές)

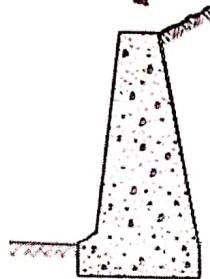
toίχος βαρύτητας



toίχος από
συρματοκυβώπια



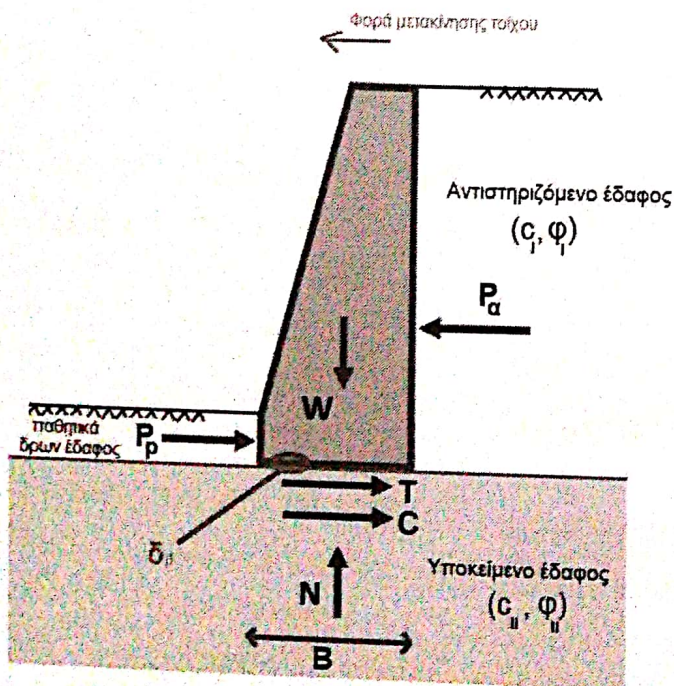
toίχος από
λιθορριπή



toίχος από άοπλο
σκυρόδεμα

athinageote

Σχεδιασμός Τοίχων Βαρύτητας



P_a : συνισταμένη ενεργητικών ωθήσεων

P_p : συνισταμένη παθητικών ωθήσεων

W : βάρος τοίχου

T : τριβή στη βάση του τοίχου

C : συνοχή στη βάση του τοίχου

N : αντίδραση εδάφους

όπου

$$T = \mu \cdot N = \tan \delta_r \cdot N = \tan \delta_r \cdot W$$

$$C = c \cdot B$$

δ_r : γωνία τραχύτητας στη διεπιφάνεια τοίχου-υποκείμενου εδάφους (δίνεται)

Αν δεν δίνεται, θεωρώ $\delta_r = \phi_r$

B : πλάτος βάσης τοίχου

$W = \gamma \cdot \text{εμβαδόν}$ γ : ειδικό βάρος τοίχου (δίνεται). Αν δεν δίνεται και ο τοίχος είναι από σκυρόδεμα, $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

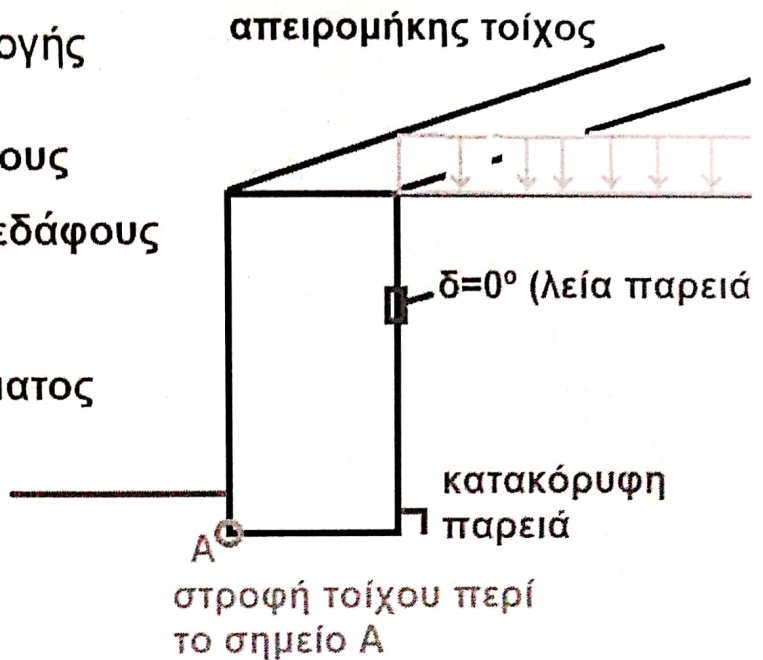
Όλες οι δυνάμεις εκφράζονται σε kN/m και οι αποστάσεις σε m

athinageote

Θεωρία Rankine

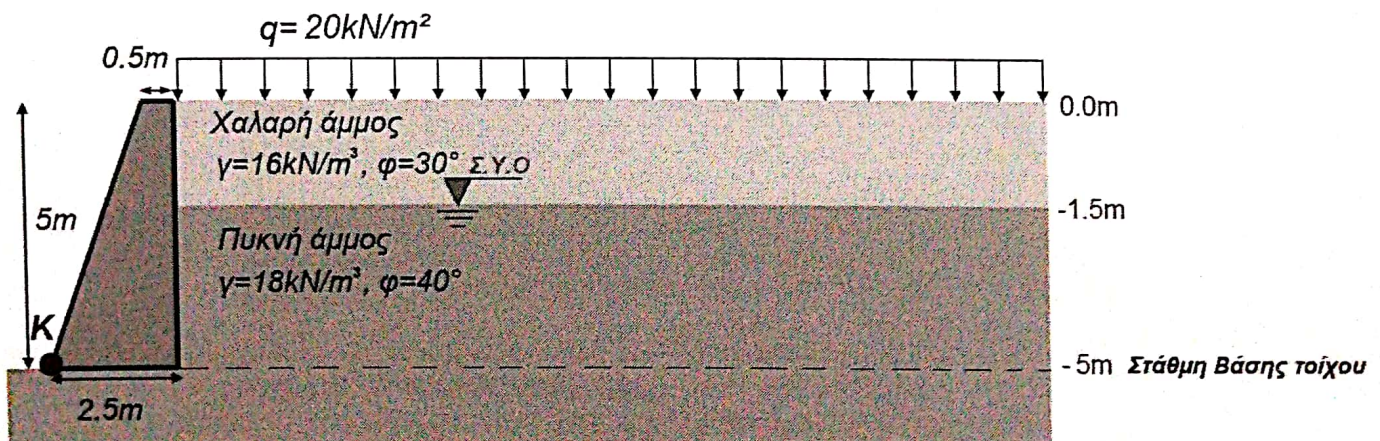
αναγκαίες προϋποθέσεις εφαρμογής

- επίπεδη & οριζόντια επιφάνεια εδάφους
- ομοιόμορφη ή μηδενική επιφόρτιση εδάφους
- κατακόρυφος και λείος τοίχος
- στροφή του (απειρομήκους) πετάσματος περί τη βάση του



athinageotec

Να υπολογιστεί ο συντελεστής ασφαλείας σε ανατροπή και ολίσθηση του τοίχου ($\gamma_w=10\text{kN/m}^3$, $\gamma_{\text{σκυροδ}}=25\text{kN/m}^3$). Στη βάση αδιαπέρατο υλικό.

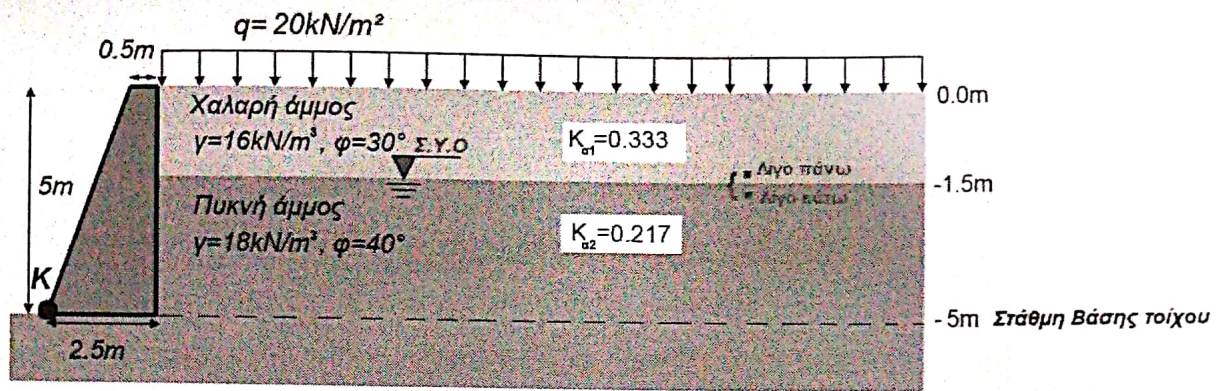


$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \left\{ \begin{array}{l} K_{a1}=0.333 \\ K_{a2}=0.217 \end{array} \right.$$

Αφού οι στρώσεις στο αντιστηριζόμενο έδαφος είναι αμμώδεις: $c=0$ και ισχύει ο τύπος: $\sigma'_{ha} = K_a \cdot \sigma'_v$

Υπολογίζω αναλυτικά για κάθε χαρακτηριστική στάθμη (επιφάνεια εδάφους, επιφάνεια εμφάνισης Σ.Υ.Ο., διεπιφάνειες διαφορετικών στρώσεων και στάθμη βάσης τοίχου) τις σ'_{ha} λόγω ιδίου βάρους γαιών !!!

athinageotec



Υπολογίζονται οι σ'_{ha} λόγω ιδίου βάρους υπερκείμενων γαιών (χωρίς την εξωτερική επιφόρτιση, αυτή θα υπολογιστεί χωριστά)

$$\begin{aligned} z = 0\text{m} \rightarrow & \sigma_v = 0 \text{ kPa} \\ & u = 0 \text{ kPa} \\ & \sigma'_v = \sigma_v - u = 0 \text{ kPa} \\ & \sigma'_{ha} = K_{\alpha 1} \cdot \sigma'_v = 0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

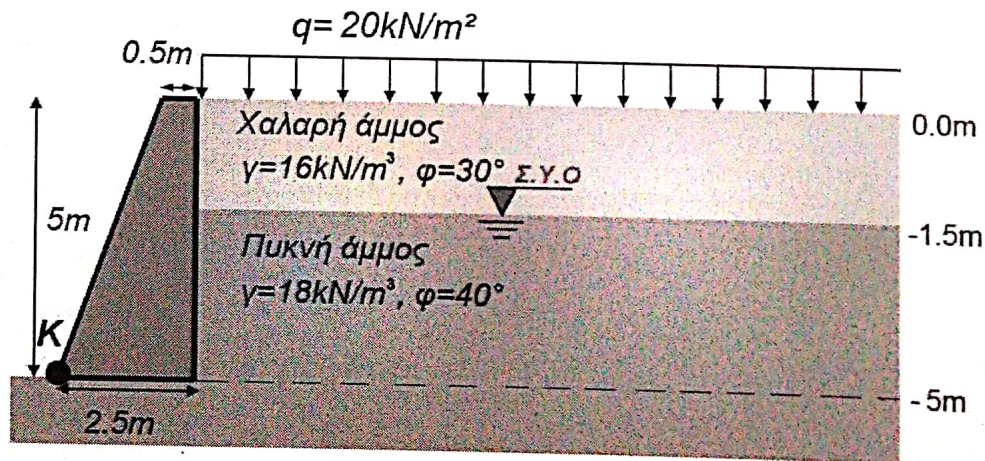
$$\begin{aligned} z = 1.5\text{m} \rightarrow & \sigma_v = 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.5\text{m} = 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 24 \text{ kPa} \\ & u = 0 \\ & \sigma'_v = \sigma_v - u = 24 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{"Άνω πάνω"} & \sigma'_{ha} = K_{\alpha 1} \cdot \sigma'_v = 0.333 \cdot 24 = 8.0 \text{ kPa} \\ \text{"Άνω κάτω"} & \sigma'_{ha} = K_{\alpha 2} \cdot \sigma'_v = 0.217 \cdot 24 = 5.2 \text{ kPa} \end{aligned}$$

(Στη διεσφάνεια των 2 στρώσεων αλλάζει μόνο ο συντελεστής K_α)

$$\begin{aligned} z = 5\text{m} \rightarrow & \sigma_v = 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.5\text{m} + 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3.5\text{m} = 87 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 87 \text{ kPa} \\ & u = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3.5\text{m} = 35 \text{ kPa} \\ & \sigma'_v = \sigma_v - u = 52 \text{ kPa} \\ & \sigma'_{ha} = K_{\alpha 2} \cdot \sigma'_v = 0.217 \cdot 52 = 11.30 \text{ kPa} \end{aligned}$$

athinageo



Υπολογίζονται οι ενεργητικές ωθήσεις σ'_{ha} λόγω μόνον της εξωτερικής επιφόρτισης q

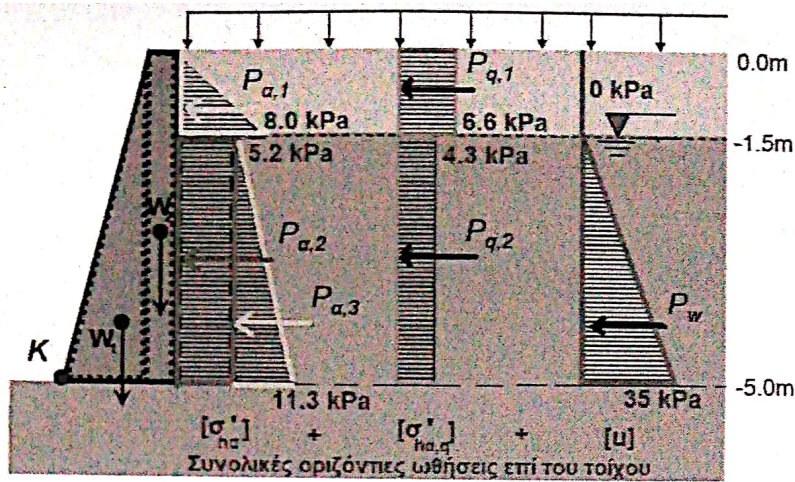
$$\begin{aligned} \sigma'_{ha1} &= K_{\alpha 1} \cdot q = 0.333 \cdot 20 \text{ kPa} = 6.6 \text{ kPa} \\ \sigma'_{ha2} &= K_{\alpha 2} \cdot q = 0.217 \cdot 20 \text{ kPa} = 4.3 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Σχεδιάζονται τα ακόλουθα διαγράμματα (κατανομές) σε όλο το ύψος του τοίχου

$$\begin{aligned} \sigma'_{ha} & \text{ λόγω ιδίου βάρους γαιών} \\ \sigma'_{ha} & \text{ λόγω εξωτερικής επιφόρτισης} \\ u & \text{ λόγω υδροστατικών πιέσεων} \end{aligned}$$

και ακολούθως υπολογίζονται οι συνισταμένες των διαγραμμάτων (η συνισταμένη ισούται με το εμβαδόν του αντίστοιχου διαγράμματος)

athinageo



Υπολογίζονται οι τιμές και οι θέσεις εφαρμογής των ενεργητικών ωθήσεων

$$P_{a,1} = \frac{1}{2} \cdot 8.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.5 \text{ m} = 6.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Θέση εφαρμογής της } P_{a,1} \text{ από τη βάση του τοίχου: } \frac{1}{3} \cdot 1.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m} = 4.00 \text{ m}$$

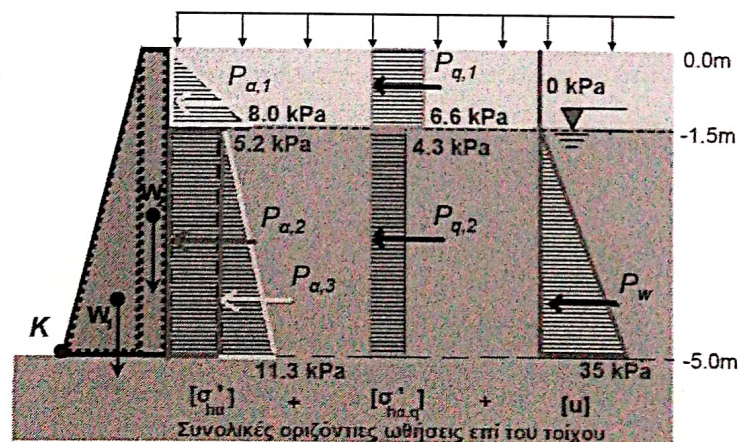
$$P_{a,2} = 5.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.5 \text{ m} = 18.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Θέση εφαρμογής της } P_{a,2} \text{ από τη βάση του τοίχου: } \frac{1}{2} \cdot 3.5 \text{ m} = 1.75 \text{ m}$$

$$P_{a,3} = \frac{1}{2} \cdot (11.3 - 5.2) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.5 \text{ m} = 10.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Θέση εφαρμογής της } P_{a,3} \text{ από τη βάση του τοίχου: } \frac{1}{3} \cdot 3.5 \text{ m} = 1.167 \text{ m}$$

athinageotex



Υπολογίζονται οι τιμές και οι θέσεις εφαρμογής των ενεργητικών ωθήσεων (συνέχεια)

$$P_{q,1} = 6.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1.5 \text{ m} = 10.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Θέση εφαρμογής της } P_{q,1} \text{ από τη βάση του τοίχου: } \frac{1}{2} \cdot 1.5 \text{ m} + 3.5 \text{ m} = 4.25 \text{ m}$$

$$P_{q,2} = 4.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.5 \text{ m} = 15.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Θέση εφαρμογής της } P_{q,2} \text{ από τη βάση του τοίχου: } \frac{1}{2} \cdot 3.5 \text{ m} = 1.75 \text{ m}$$

Υπολογίζεται η τιμή και η θέση εφαρμογής των υδροστατικών ωθήσεων

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot 35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3.5 \text{ m} = 61.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Θέση εφαρμογής της } P_w \text{ από τη βάση του τοίχου: } \frac{1}{3} \cdot 3.5 \text{ m} = 1.167 \text{ m}$$

athinageotex

ισορροπία δυνάμεων ή ροπών

αναζήτηση συντελεστή ασφαλείας FS (safety factor)

$$FS = \text{"ΚΑΛΕΣ"} / \text{"ΚΑΚΕΣ"}$$

$$FS_{ολ.} = \frac{\text{ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΕΚΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗ}}{\text{ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΤΕΙΝΟΥΝ ΝΑ ΠΡΟΚΑΛΕΣΟΥΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗ}}$$

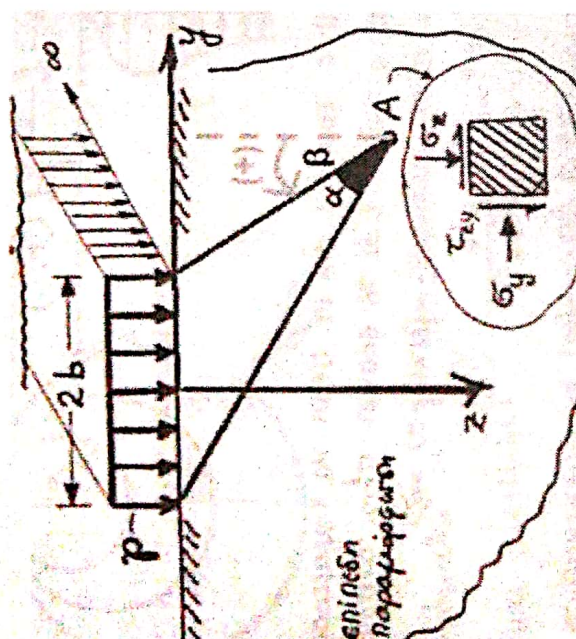
Αν $FS_{ολ.} \geq 1.5$ επαρκεί
ο τοίχος έναντι ολίσθησης

$$FS_{αν.} = \frac{\text{ΡΟΠΕΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΝ ΤΟΝ ΤΟΙΧΟ}}{\text{ΡΟΠΕΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΠΟΥ ΤΕΙΝΟΥΝ ΝΑ ΠΡΟΚΑΛΕΣΟΥΝ ΑΝΑΤΡΟΠΗ}}$$

Αν $FS_{αν.} \geq 1.5$ επαρκεί
ο τοίχος έναντι ανατροπής

athinageotei

Ομοιόμορφο φορτίο p (απειρομήκης λωρίδα) σε ελαστικό ημίσφωρο



$$\sigma_{zz} = \frac{p}{\pi} \left[\alpha + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta) \right]$$

$$\sigma_{yy} = \frac{p}{\pi} \left[\alpha - \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta) \right]$$

$$\sigma_{xx} = \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})$$

$$\tau_{yz} = \frac{p}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + 2\beta)$$

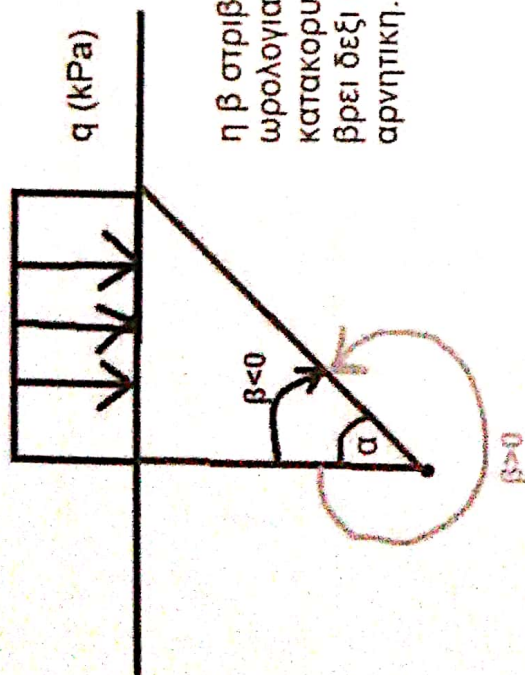
Λόγω του μεγάλου μήκους του φορτίου κατά μήκος του άξονα x και της ομοιομορφίας της φόρτισης και του εδάφους, ισχύουν οι παραδοχές της επίπεδης παραμόρφωσης (κατά τον άξονα x , όπου εκτείνεται απεριόριστα το φορτίο). Συνεπώς θα ισχύει:

$$\varepsilon_{xx} = \tau_{xz} = \tau_{xy} = 0$$

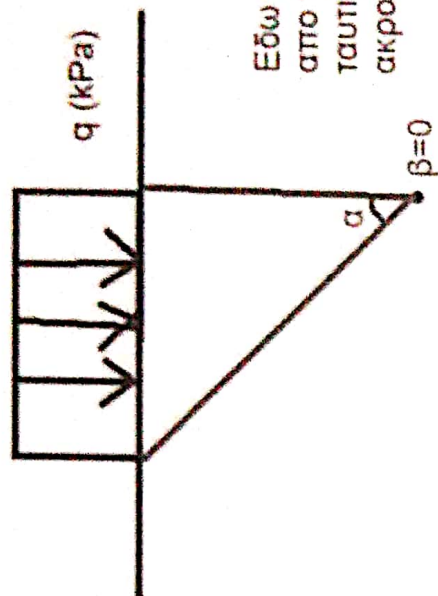
Οι γωνίες α, β σε rad !

α : η γωνία από άκρη σε άκρη του φορτίου (είναι πάντα θετική) (Είναι η γωνία που "βλέπει" το φορτίο)

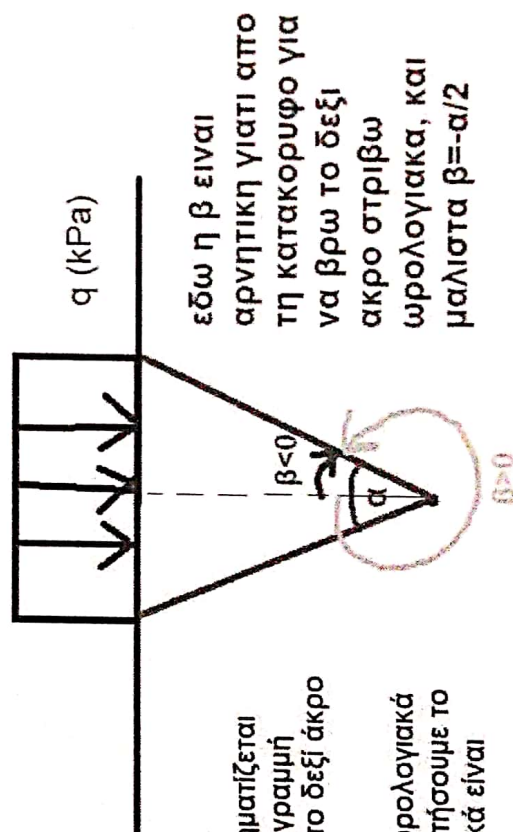
β : η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην νοητή κατακόρυφη γραμμή που διέρχεται από το σημείο (ροζ διακεκομμένη γραμμή) και στο δεξί άκρο της λωρίδας. Θετική είναι όταν στρίβω αντισωρολογικά από την νοητή κατακόρυφο γραμμή για να συναντήσω το δεξί άκρο της λωρίδας!



η β στριβει
ωρολογιακα απο την
κατακορυφο για να
βρει δεξι ακρο αρα
αρνητικη. $\beta = -\alpha$



Εδω η κατακορυφος
απο το σημειο
ταυτιζεται με το δεξι
ακρο αρα $\beta = 0$



εδω η β ειναι
αρνητικη γιατι απο
τη κατακορυφο για
να βρω το δεξι
ακρο στριβω
ωρολογιακα, και
μαλιστα $\beta = -\alpha/2$

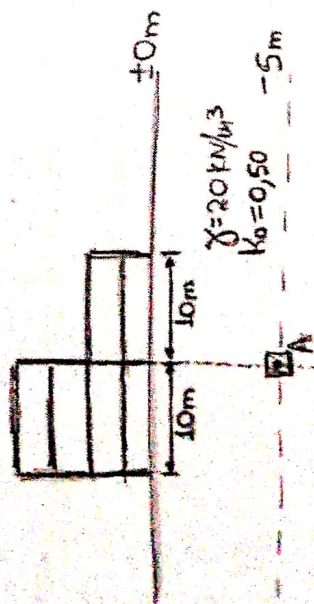
β: εξ'ορισμου ειναι η γωνία που σχηματιζεται
ανάμεσα στη νοητή κατακόρυφη γραμμή
που διέρχεται από το σημείο και το δεξι άκρο
της λωρίδας

Θετική είναι όταν στρίβουμε αντιωρολογιακά
από τη κατακόρυφο για να συναντήσουμε το
δεξι άκρο της λωρίδας, διαφορετικά είναι
αρνητική!

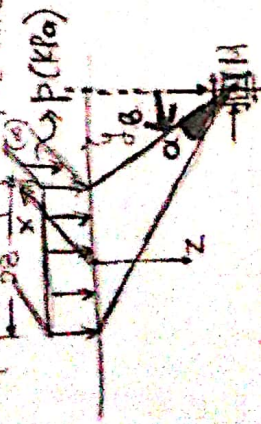
Συνεπώς υπάρχουν δύο τρόποι να την
υπολογίσουμε (βλέπε σχήμα, μωβ και κίτρινο
αντίστοιχα) (που είναι ακριβώς το ίδιο
αποτέλεσμα) αλλά προτιμάμε να βρίσκουμε τη
"μικρή" γωνία (την πιο σύντομη διαδρομή)

Στην επιφάνεια του εδάφους, σκεπάζονται τα παρακάτω φορτία από ένα 4-όροφο ένα 2-όροφο κτίριο. Το βάρος του κάθε ορόφου είναι 15 MN και η κάτοψη του κάθε κτίριου $(10 \times 10) = (10 \times 50) \text{ m}^2$.

Αν από το εδαφικό έδαφος Α, σε βάθος $z = 5 \text{ m}$ διερχεται αγκυράς, να θρύνει και να εναρμονιστεί τις τάσεις που δέχεται το Α.



Αιτιολογεί τι είναι για τις ηρεστές τάσεις θεωρείται ανισομετρικός φορτίου, με τυχαίο σημείο Η:



$$\Delta \sigma_z = \frac{p}{\pi} \left[\alpha + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\theta) \right]$$

$$\Delta \sigma_y = \frac{p}{\pi} \left[\alpha - \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\theta) \right]$$

$$\Delta \sigma_x = \frac{p}{\pi} \left[\sin \alpha \cdot \sin(\alpha + 2\theta) \right]$$

α) Γεωμετρικές τάσεις στο Α: Λύση:

$$\sigma_v = \gamma \cdot z = 20 \cdot 5 = 100 \text{ kPa}$$

$$u_0 = 0 \text{ kPa} \text{ (δεν υπάρχει ζ. υ.)}$$

$$\sigma_v' = \sigma_v - u_0 = 100 \text{ kPa}$$

$$\sigma_h' = k_0 \cdot \sigma_v' = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ kPa}$$

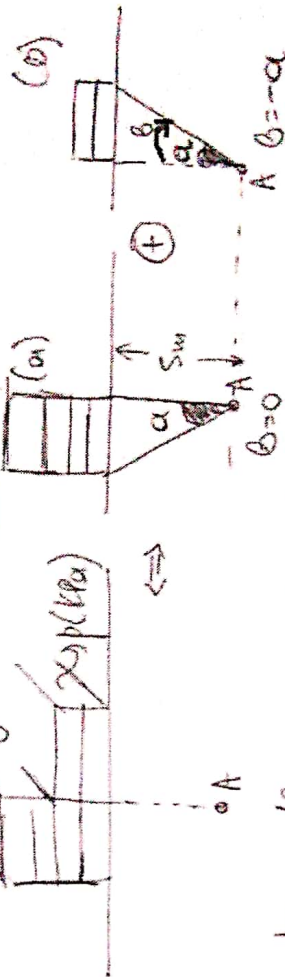
$$\sigma_{ho} = \sigma_h' + u_0 = 50 \text{ kPa}$$

$$\tau_{vh} = 0 \text{ (μόνο συμπίεσης)}$$

Προσθέτουμε τάσεις στο Α: (όγκω συμπιέσεων)

$$\text{Τάση οραφού: } p = \frac{15 \text{ MN}}{10 \cdot 50 \text{ m}^2} = \frac{15.000 \text{ kN}}{500 \text{ m}^2} = 30 \text{ kPa}$$

Με παραδοχή γρηγορής ισορροπίας ελαστικότητας (Γ.Ι.Ε) του εδάφους, εφαρμόζω εναρμόνιση φόρτισης.



$$\tan \alpha = \frac{10}{5} \Rightarrow \alpha = 1,107 \text{ rad}$$

Αντικαθιστώ τους τόνους που δίνονται:

$$4\text{-όροφο} \Rightarrow p = 4 \cdot 30 = 120 \text{ kPa}, \alpha = 1,107 \text{ rad}, \theta = 0 \text{ rad}$$

$$\Delta \sigma_z = \frac{120}{\pi} \left(\frac{1}{1,107} + \sin 1,107 \cdot \cos 1,107 \right) = 57,567 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_y = \frac{120}{\pi} \left(\frac{1}{1,107} - \sin 1,107 \cdot \cos 1,107 \right) = 27,002 \text{ kPa}$$

$$\Delta \tau_{xy} = \frac{120}{\pi} [\sin 1,107 \cdot \sin 1,107] = 30,553 \text{ kPa}$$

2. $\sigma_{\theta} = p = 2 \cdot 30 = 60 \text{ kPa}$, $a = 1,107 \text{ rad}$, $\theta = -1,107 \text{ rad}$

$$\Delta \sigma_z = \frac{60}{\pi} [1,107 + \sin 1,107 \cdot \cos(1,107 - 2 \cdot 1,107)] = 28.78 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_y = \frac{60}{\pi} [1,107 - \sin 1,107 \cdot \cos(1,107 - 2 \cdot 1,107)] = 13.50 \text{ kPa}$$

$$\Delta \tau_{xy} = \frac{60}{\pi} [\sin 1,107 \cdot \sin(1,107 - 2 \cdot 1,107)] = -15.27 \text{ kPa}$$

Προσθέτουμε συνολικές τάσεις στο Α:

$$\Delta \sigma_z = \Delta \sigma_{z(a)} + \Delta \sigma_{z(\theta)} = 57,567 + 28.78 = 86.35 \text{ kPa}$$

$$\Delta \sigma_y = \Delta \sigma_{y(a)} + \Delta \sigma_{y(\theta)} = 27,002 + 13.50 = 40.50 \text{ kPa}$$

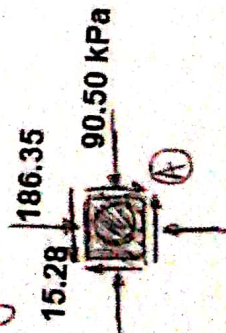
$$\Delta \tau_{xy} = \Delta \tau_{xy(a)} + \Delta \tau_{xy(\theta)} = 30,553 + (-15.27) = 15.28 \text{ kPa}$$

Εφαρμόζουμε θεωρητικό + προσέχουμε τάσεων στο Α:

$$\sigma_z = \sigma_{ho} + \Delta \sigma_z = 100 + 86.35 = 186.35 \text{ kPa}$$

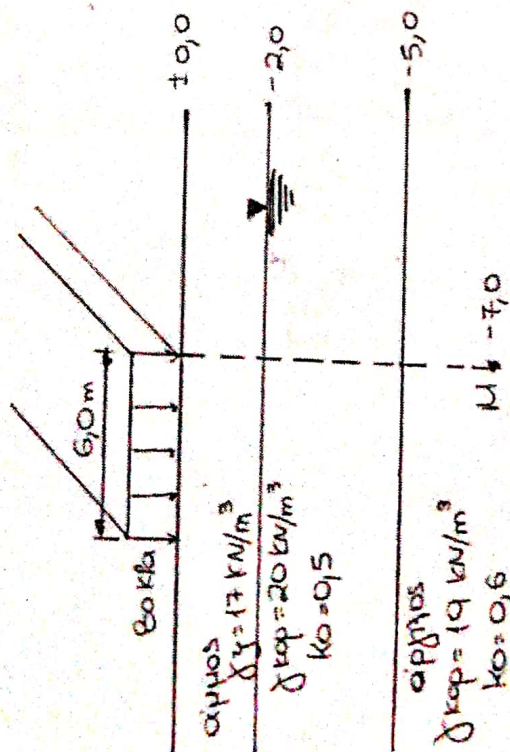
$$\sigma_y = \sigma_{ho} + \Delta \sigma_y = 50 + 40.50 = 90.50 \text{ kPa}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{ho} + \Delta \tau_{xy} = 0 + 15.28 = 15.28 \text{ kPa}$$

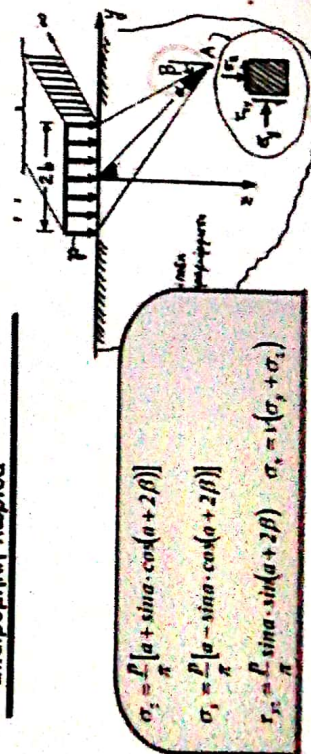


ΤΕΛΙΚΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

το σημείο Μ σε βάθος 7,0 m κάτω από την αέρη
 λιπιδωτού φορτίου 80 kPa να εκτιμηθούν:
 α) οι ολικές και ενεργές γεωστατικές τάσεις και οι
 ύλτοι Mohr τους
 β) οι κυντικές (γεωστατικές + προσθετες) ολικές τάσεις



Ομοιόμορφη (κάθετη) πίεση σε
 απείρομηκη λωρίδα



$$\sigma_z = \frac{P}{\pi} [a + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)]$$

$$\sigma_x = \frac{P}{\pi} [a - \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)]$$

$$\tau_{zx} = \frac{P}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + 2\beta) \quad \sigma_s = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_z)$$

προσοχή: το α σε ακτίνια

Λύση:

α) $\sigma_v = 17 \cdot 2 + 20 \cdot 3 + 19 \cdot 2 = 132 \text{ kPa}$
 $u_0 = 10 \cdot 5 = 50 \text{ kPa}$
 $\sigma'_v = \sigma_v - u_0 = 82 \text{ kPa}$
 $\sigma'_h = k_0 \cdot \sigma'_v = 0,5 \cdot 82 = 41 \text{ kPa}$
 $\sigma_h = \sigma'_h + u_0 = 41 + 50 = 91 \text{ kPa}$
 $\tau_{vh} = \tau_{hv} = 0$

(β) προσθετες ολικές τάσεις:

$\beta = 0 \text{ rad}$, $\alpha = \arctan(6/7) = 0,709 \text{ rad}$, $P = 80 \text{ kPa}$

$\Delta \sigma_z = \frac{P}{\pi} [a + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)] = 30,639 \text{ kPa}$

$\Delta \sigma_y = \frac{P}{\pi} [a - \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)] = 5,470 \text{ kPa}$

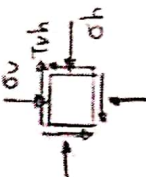
$\Delta \tau_{yz} = \frac{P}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + 2\beta) = 10,794 \text{ kPa}$

συνολικές ολικές τάσεις:

$\sigma_v = \sigma_{v0} + \Delta \sigma_z = 132 + 30,639 = 162,639 \text{ kPa}$

$\sigma_h = \sigma_{h0} + \Delta \sigma_y = 91 + 5,470 = 96,470 \text{ kPa}$

$\tau_{vh} = \tau_{hv0} + \Delta \tau_{yz} = 0 + 10,794 = 10,794 \text{ kPa}$



Τυπολόγιο για τις πρόσθετες τάσεις λόγω
εξωτερικών φορτίων

και

τις σχετιζόμενες με αυτές παραμορφώσεις
(μέσω της ελαστικής θεωρίας)

ΜΑΘΗΜΑ 6
ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ
ΦΟΡΤΙΩΝ

athinageote

Σχέσεις τάσεων-παραμορφώσεων της γραμμικής ισότροπης ελαστικότητας

$$\Delta \varepsilon_{xx} = \frac{1}{E} \left[\Delta \sigma'_{xx} - \nu (\Delta \sigma'_{yy} + \Delta \sigma'_{zz}) \right]$$

$$\Delta \varepsilon_{yy} = \frac{1}{E} \left[\Delta \sigma'_{yy} - \nu (\Delta \sigma'_{xx} + \Delta \sigma'_{zz}) \right]$$

$$\Delta \varepsilon_{zz} = \frac{1}{E} \left[\Delta \sigma'_{zz} - \nu (\Delta \sigma'_{xx} + \Delta \sigma'_{yy}) \right]$$

$$\Delta \gamma_{xy} = \frac{1}{G} \Delta \tau'_{xy}$$

$$\Delta \gamma_{yz} = \frac{1}{G} \Delta \tau'_{yz}$$

$$\Delta \gamma_{zx} = \frac{1}{G} \Delta \tau'_{zx}$$

$$\text{όπου } G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

E, ν δίνονται

(Προσοχή το E σε KPa!!)

✓ Εάν $u=0$ (δεν υπάρχει ΣΥΟ) τότε προφανώς και $\Delta u=0$ και άρα ανεξαρτήτως τύπου εδάφους ισχύει: $\Delta \sigma = \Delta \sigma'$

✓ Εάν υπάρχει ΣΥΟ ($u \neq 0$) και το έδαφος είναι άρμος, τότε η φόρτιση γίνεται υπό στραγγιζόμενες συνθήκες, συνεπώς δεν αναπτύσσονται υπερπίεσεις πόρων (Δu) κατά την επβολή του φορτίου (καθότι το νερό διαφεύγει πολύ γρήγορα) και άρα ισχύει: $\Delta u=0 \Rightarrow \Delta \sigma = \Delta \sigma'$

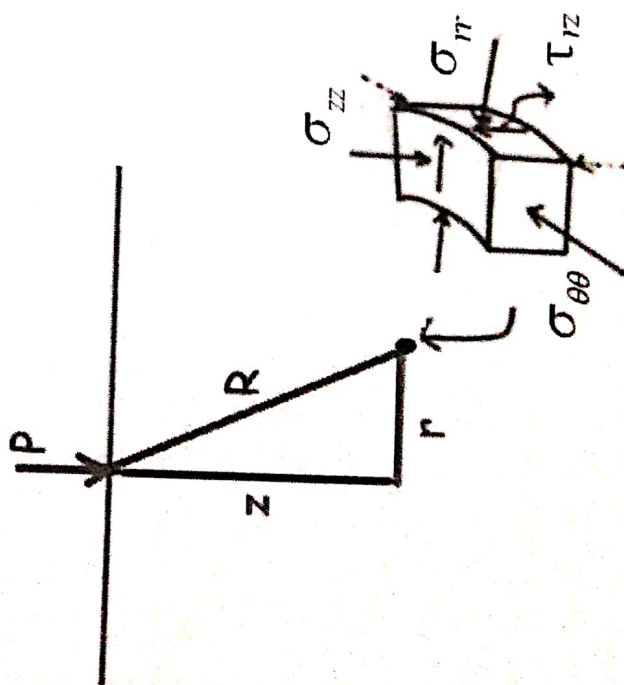
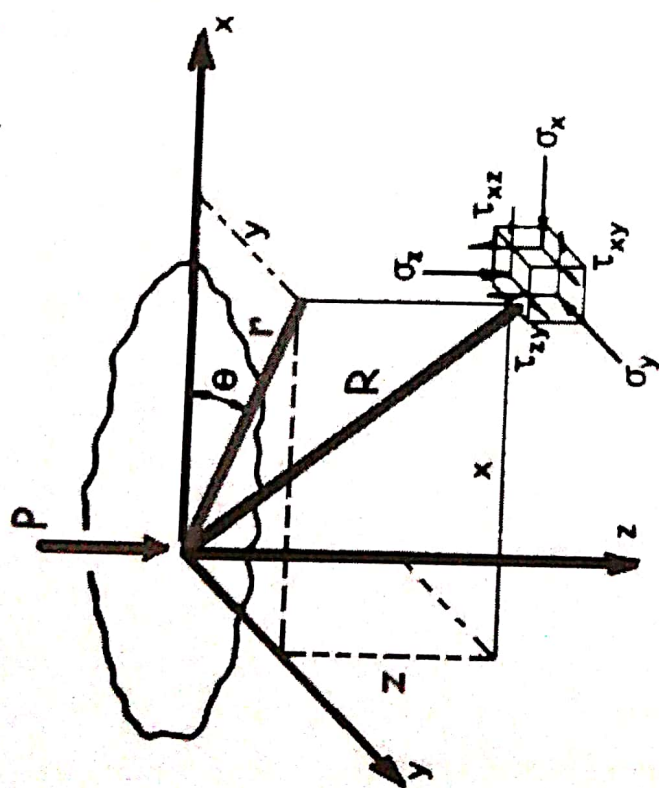
✓ Εάν υπάρχει ΣΥΟ ($u \neq 0$) και το έδαφος είναι άργιλος, τότε διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

α) εάν η φόρτιση γίνεται υπό στραγγιζόμενες συνθήκες, δηλαδή είναι επαρκώς αργή ώστε οι τυχόν αναπτυσσόμενες υπερπίεσεις πόρων να εκτονώνονται πλήρως ($\Delta u=0$) τότε θα ισχύει: $\Delta \sigma = \Delta \sigma'$

β) εάν η φόρτιση γίνεται υπό αστράγγιστες συνθήκες, δηλαδή είναι πολύ ταχεία ώστε το νερό των πόρων να μην προλαβαίνει να διαφύγει, τότε το έδαφος παραμορφώνεται διατηρώντας σταθερό όγκο ($\Delta V=0$) ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται υπερπίεσεις πόρων ($\Delta u \neq 0$), συνεπώς τώρα θα ισχύει: $\Delta \sigma \neq \Delta \sigma'$

και ειδικότερα $\Delta \sigma' = \Delta \sigma - \Delta u$, όπου θα δίνεται κατάλληλος τύπος για τη μεταβολή της πίεσης των πόρων λόγω του φορτίου (Δu).

✓ Για τις διατητηκές τάσεις ισχύει πάντα: $\Delta \tau = \Delta \tau'$
(Το νερό δε παραλαμβάνει διατητηκές τάσεις) *athinageotes*



$$\sigma_{zz} = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{R^5}$$

$$\sigma_{rr} = \frac{P}{2\pi R^2} \left[\frac{3r^2 z}{R^3} - \frac{(1-2\nu)R}{R+z} \right]$$

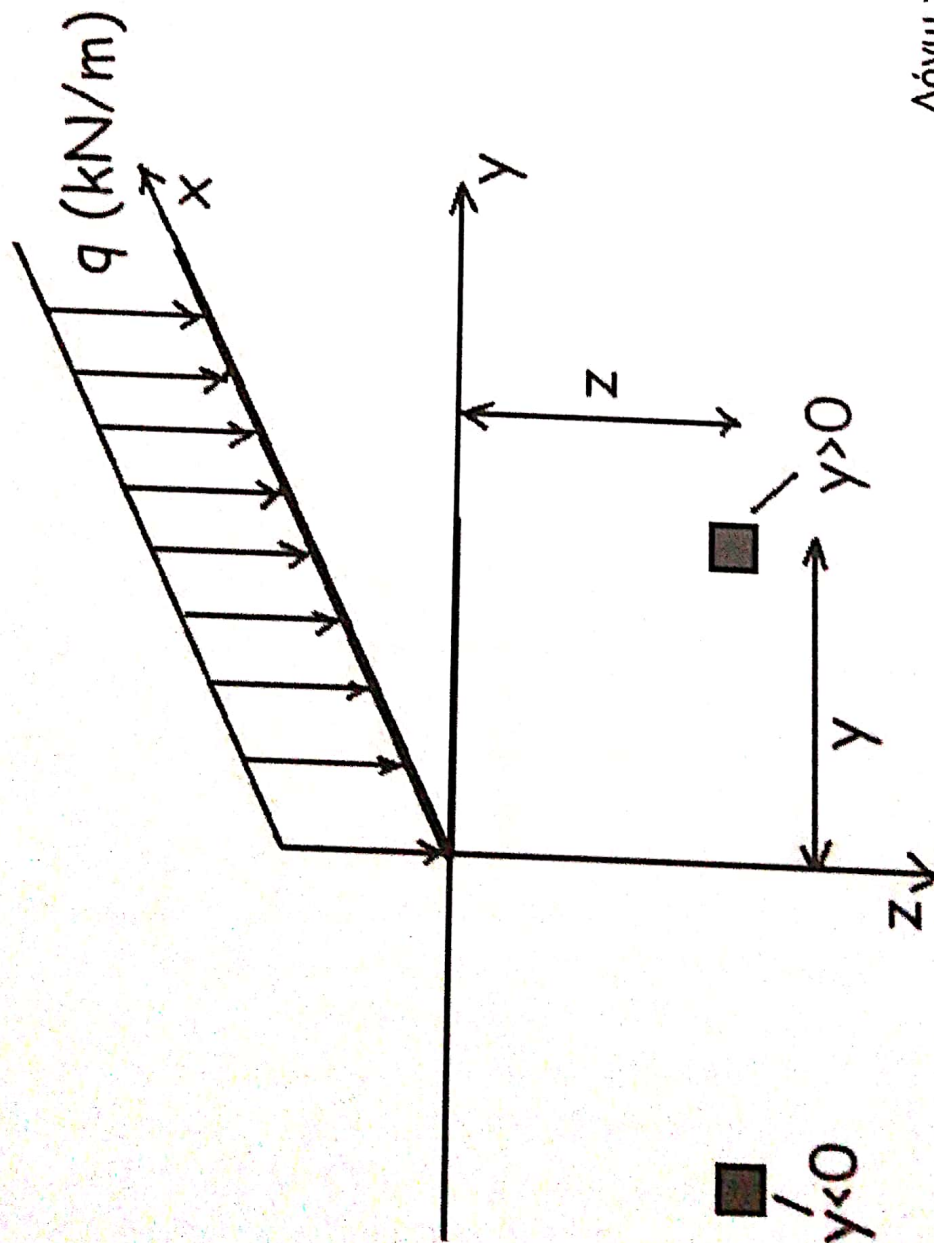
$$\sigma_{\theta\theta} = -\frac{(1-2\nu)P}{2\pi R^2} \left[\frac{z}{R} - \frac{R}{R+z} \right]$$

$$\tau_{rz} = \frac{3P}{2\pi} \frac{rz^2}{R^5}$$

$$\text{όπου } R^2 = r^2 + z^2$$

P: φορτίο (δίνεται, προσοχή σε kN)
z: βάθος σημείου (δίνεται)
r: δίνεται

Ορθή φόρτιση σε Απειρομήκη Γραμμή επί Ελαστικού Ημιχώρου
 απειρομήκες γραμμικό φορτίο q (kN/m) στην επιφάνεια ελαστικού ισότροπου ημιχώρου



z : βάθος σημείου (δίνεται)

y : οριζόντια απόσταση από τον άξονα εφαρμογής του φορτίου (δίνεται, προσοχή μπαίνει με το πρόσημό της στους τύπους!!)

$$\sigma_{zz} = \frac{2q}{\pi} \frac{z^3}{(y^2 + z^2)^2}$$

$$\sigma_{yy} = \frac{2q}{\pi} \frac{y^2 z}{(y^2 + z^2)^2}$$

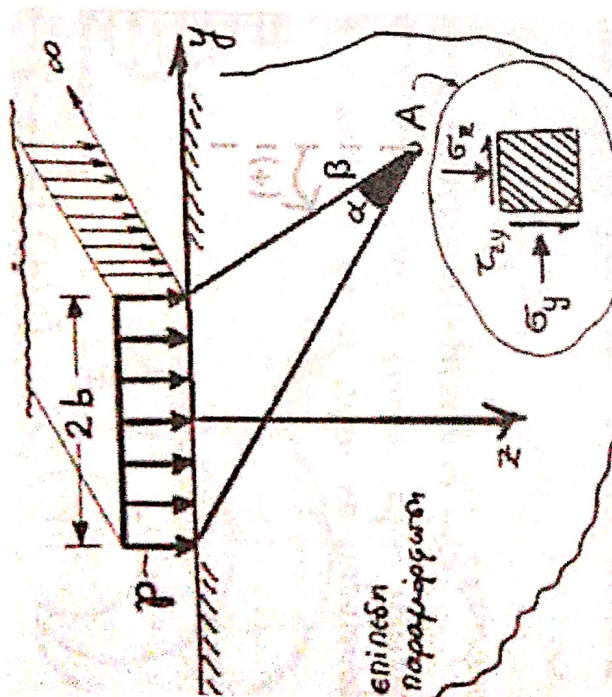
$$\sigma_{xx} = \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})$$

$$\tau_{yz} = \frac{2q}{\pi} \frac{yz^2}{(y^2 + z^2)^2}$$

Λόγω του μεγάλου μήκους του φορτίου κατά μήκος και της ομοιομορφίας της φόρτισης και του εδάφους παραδοχές της επίπεδης παραμόρφωσης (κατά τον εκτείνεται απερίορστα το φορτίο). Συνεπώς θα ισχύει

$$\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{xz} = \varepsilon_{xy} = 0$$

Ορθή πίεση σε Απειροστική Λωρίδα επί Ελαστικού Ημίσφαιρου
 απειροστικές λωρίδες φορτίο p ($\text{kN/m}^2 = \text{kPa}$) στην επιφάνεια ελαστικού ισότροπου ημικύριου



$$\sigma_{zz} = \frac{p}{\pi} \left[\alpha + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta) \right]$$

$$\sigma_{yy} = \frac{p}{\pi} \left[\alpha - \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta) \right]$$

$$\sigma_{xx} = \nu (\sigma_{yy} + \sigma_{zz})$$

$$\tau_{yz} = \frac{p}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + 2\beta)$$

Λόγω του μεγάλου μήκους του φορτίου κατά μήκος του άξονα x και της ομοιομορφίας της φόρτισης και του εδάφους, ισχύουν οι παραδοχές της επίπεδης παραμόρφωσης (κατά τον άξονα x , όπου εκτείνεται απεριόριστα το φορτίο). Συνεπώς θα ισχύει:

$$\epsilon_{xx} = \tau_{xz} = \tau_{xy} = 0$$

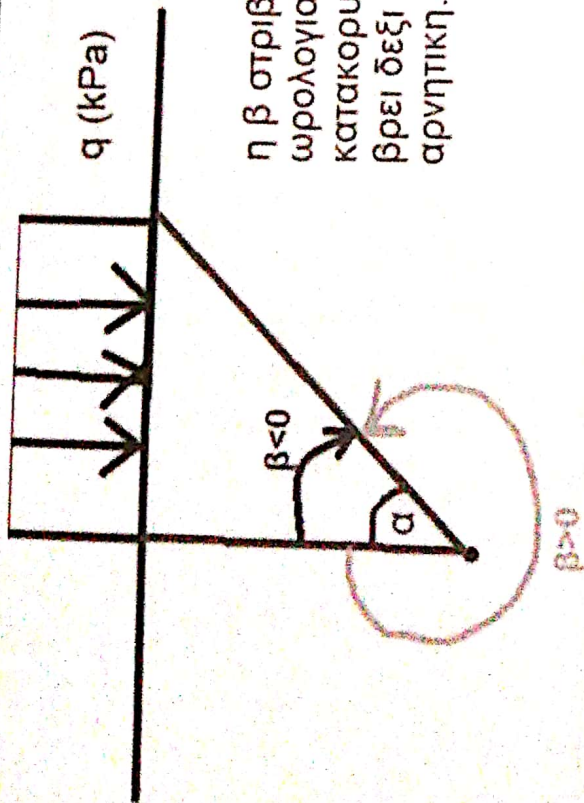
Οι γωνίες α, β σε rad!

α : η γωνία από άκρη σε άκρη του φορτίου (είναι πάντα θετική)

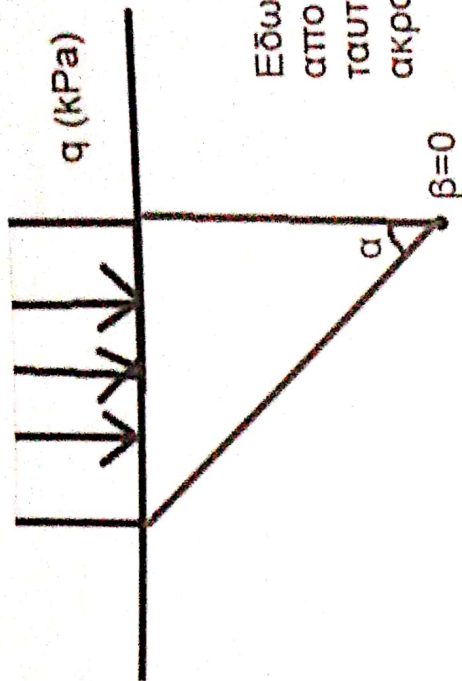
(Είναι η γωνία που "βλέπει" το φορτίο)

β : η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στην νοητή κατακόρυφη γραμμή που διέρχεται από το σημείο (ροζ διακεκομμένη γραμμή) και στο δεξί άκρο της λωρίδας. Θετική είναι όταν στρίβω αντιωρολογιακά από την νοητή κατακόρυφο γραμμή για να συναντήσω το δεξί άκρο της λωρίδας!

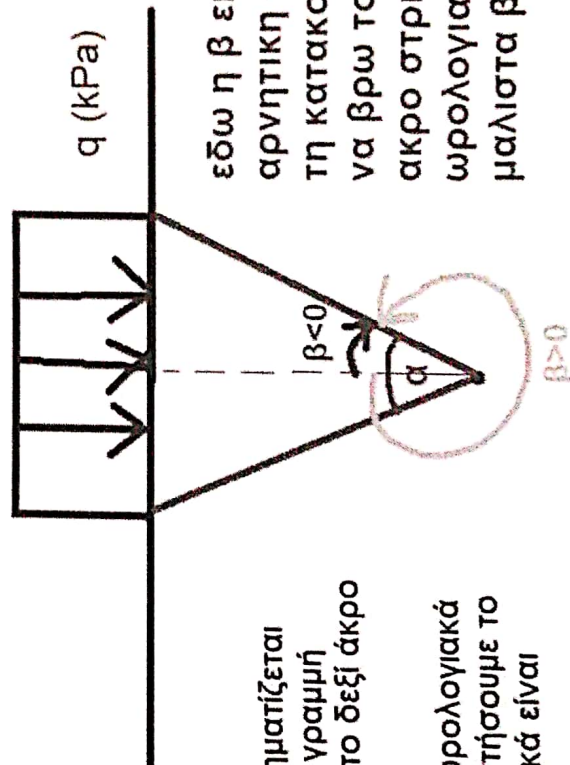
athinageote,



η β στριβει
ωρολογιακα απο την
κατακορυφο για να
βρει δεξι ακρο αρα
αρνητικη. $\beta = -\alpha$



Εδω η κατακορυφ
απο το σημειο
ταυτιζεται με το δε
ακρο αρα $\beta = 0$



εδω η β ειναι
αρνητικη γιατι απο
τη κατακορυφο για
να βρω το δεξι
ακρο στριβω
ωρολογιακα, και
μαλιστα $\beta = -\alpha/2$

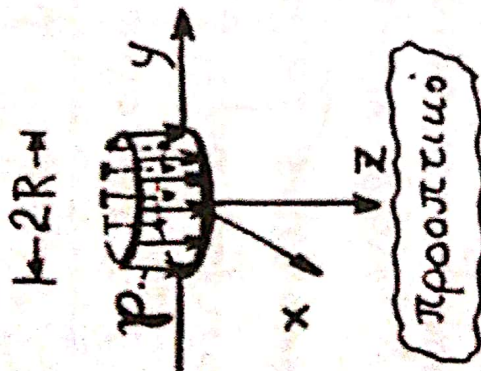
β : εξορισμου ειναι η γωνία που σχηματίζεται
ανάμεσα στη νοητή κατακόρυφη γραμμή
που διέρχεται από το σημείο και το δεξί άκρο
της λωρίδας

Θετική είναι όταν στρίβουμε ανθρωλογικά
από τη κατακόρυφο για να συναντήσουμε το
δεξί άκρο της λωρίδας, διαφορετικά είναι
αρνητική!

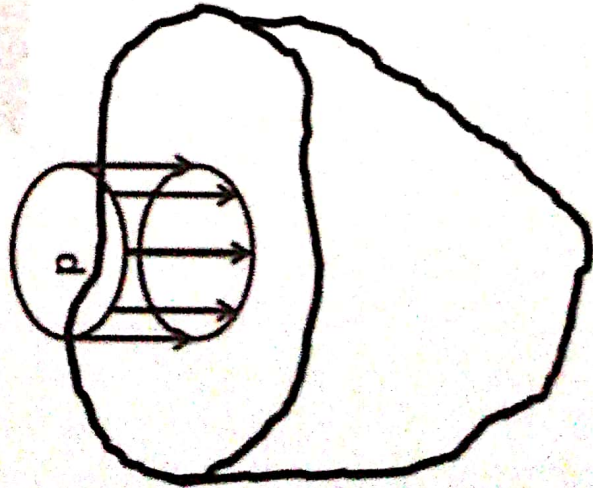
Συνεπώς υπάρχουν δύο τρόποι να την
υπολογίσουμε (βλέπε σχήμα, μωβ και κίτρινο
αντίστοιχα) (που είναι ακριβώς το ίδιο
αποτέλεσμα) αλλά προτιμάμε να βρίσκουμε τη
"μικρή" γωνία (την πιο σύντομη διαδρομή)

Υπό πίεση σε Κυκλική επιφάνεια επί ελαστικού ημίσφαιρου

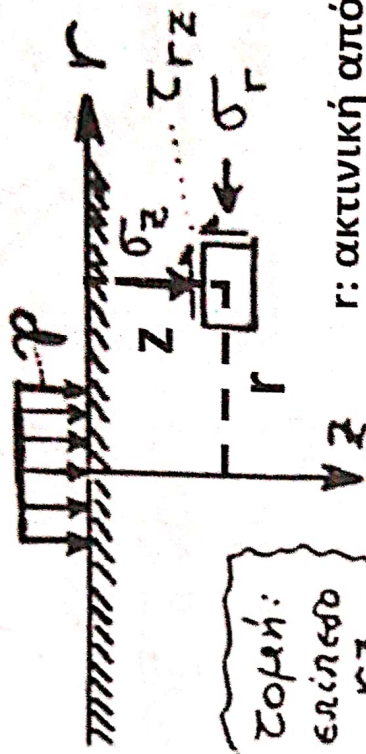
Ομοιόμορφο κυκλικό φορτίο p ($\text{kN}/\text{m}^2 = \text{kPa}$) ακτίνας R , στην επιφάνεια ελαστικού ισότροπου ημισφαιρίου



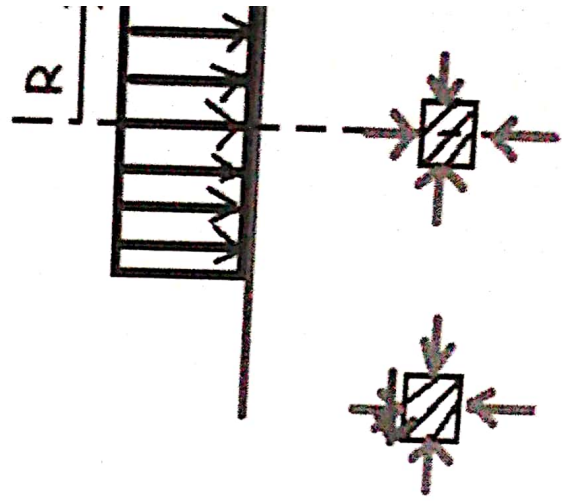
$2R$



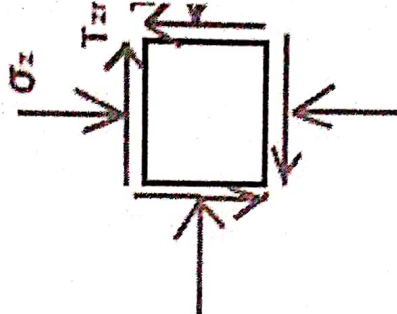
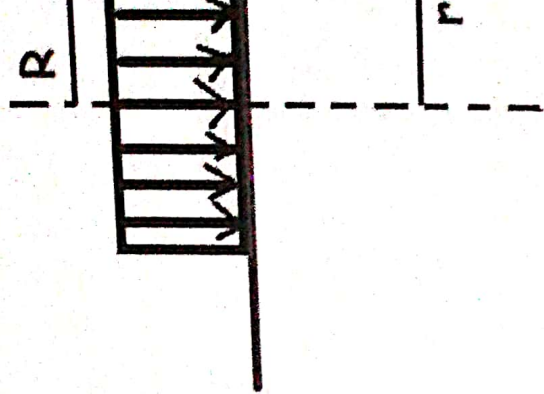
Δεν υπάρχουν αναλυτικές εκφράσεις για τις τάσεις ... και προσφεύγουμε στη χρήση αδιατάτων καμπύλων, οι οποίες προκύπτουν από αριθμητικές ολοκληρώσεις



r : ακτινική απόσταση
 R : ακτίνα φορτίου



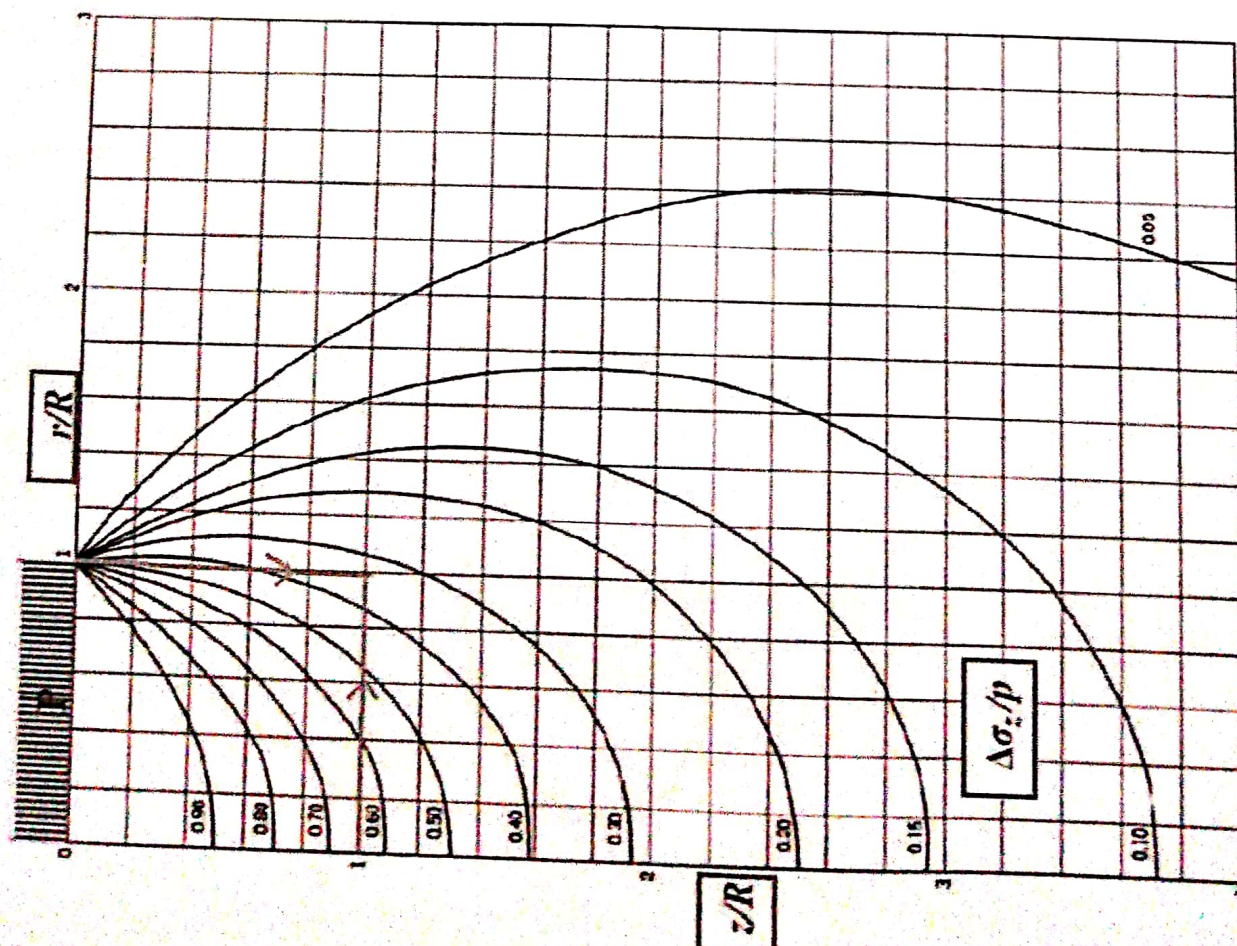
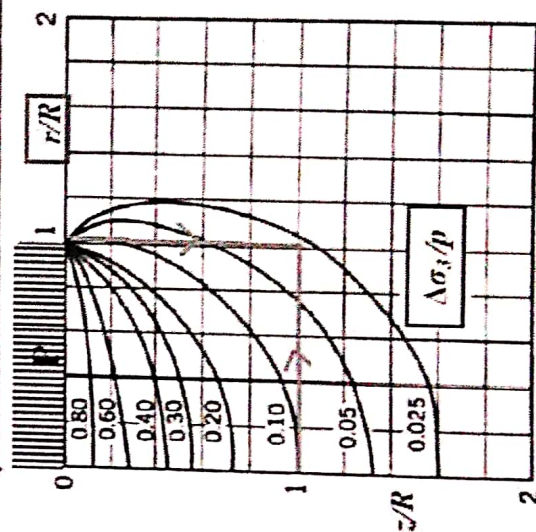
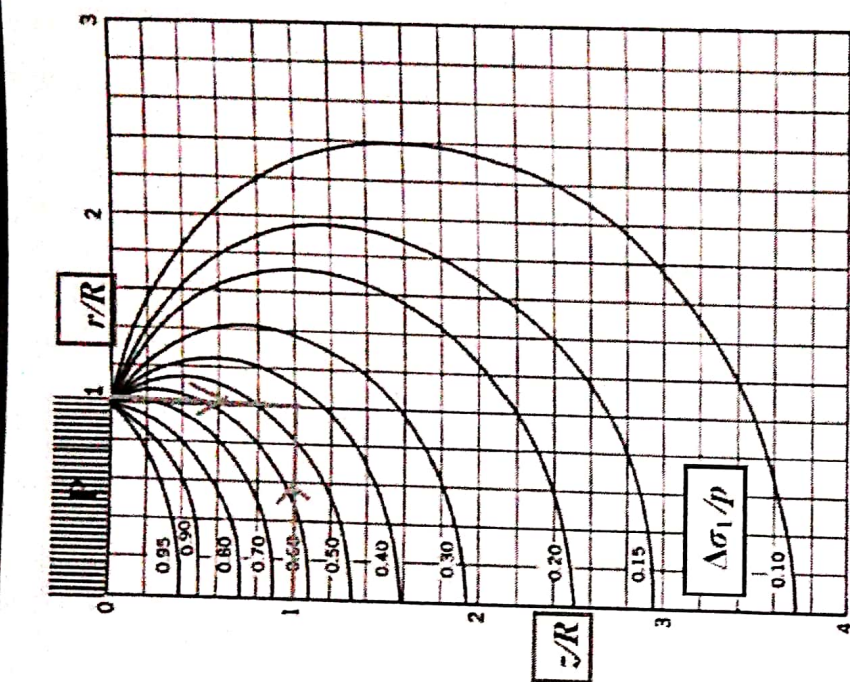
athinageote



$$\tau_{rz} = \tau_{rz} \text{ (λογω ισορροφίας)}$$

r : ακτινική απόσταση
 R : ακτίνα φορτίου
 z : βάθος σημείου

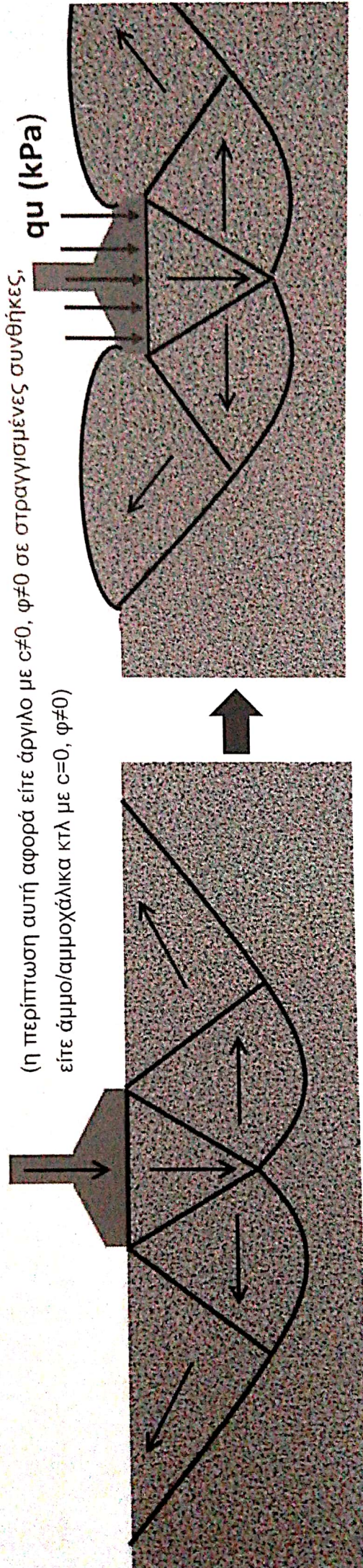
athinageotech



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ (q_u)

ΣΤΡΑΓΓΙΣΜΕΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (c , ϕ)

(η περίπτωση αυτή αφορά είτε άργιλο με $c \neq 0$, $\phi = 0$ σε στραγγισμένες συνθήκες, είτε άμμο/αμμοχάλικα κτλ με $c = 0$, $\phi \neq 0$)

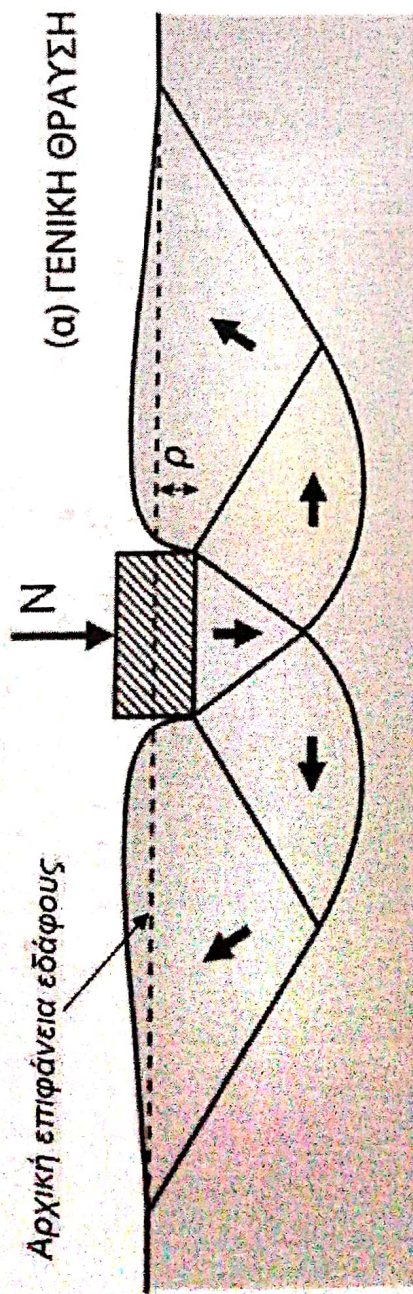


ΜΑΘΗΜΑ 7
ΦΕΡΟΥΣΑ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ
ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ Σ

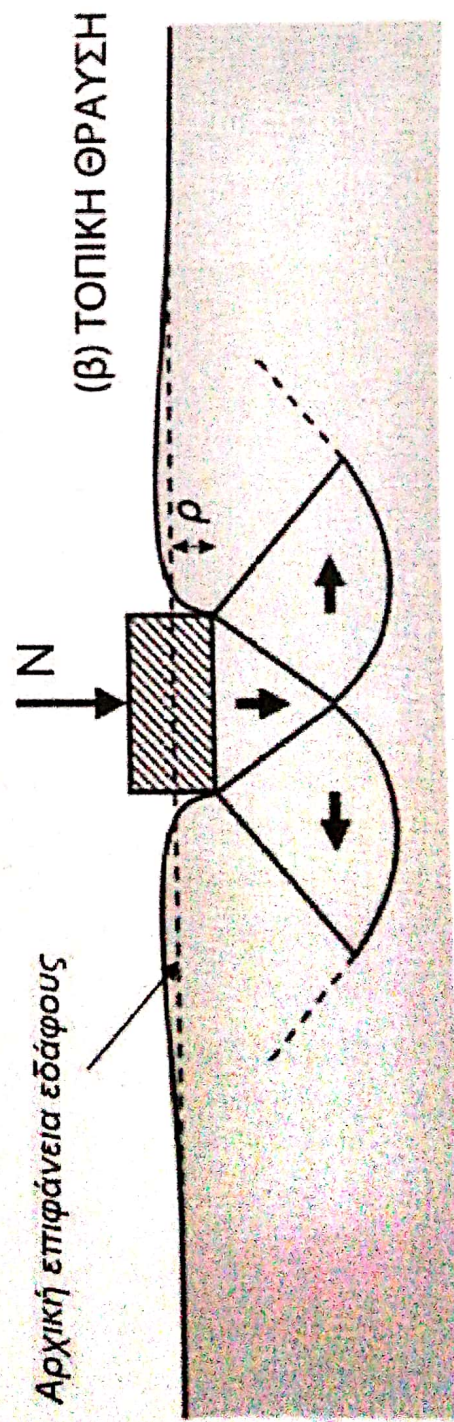
athinageotech@hc

Μηχανισμός αστοχίας (θραύσης):

- **Γενική αστοχία** -πικνά και πρακτικά συμπίεστα εδάφη (πυκνή άμμος, πυκνό αμμοχάλικο, σιφρή άργιλος)



- **Τοπική αστοχία**- χαλαρό αμμοχάλικο, χαλαρή άμμος, μαλακή άργιλος



Η σχέση για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας του εδάφους κατά την κατάκορυφη φόρτιση θεμελίου δίνεται από τον **Terzaghi**:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot S_c +$$

$$p_o \cdot N_q \cdot S_q +$$

$$\frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B \cdot \gamma$$

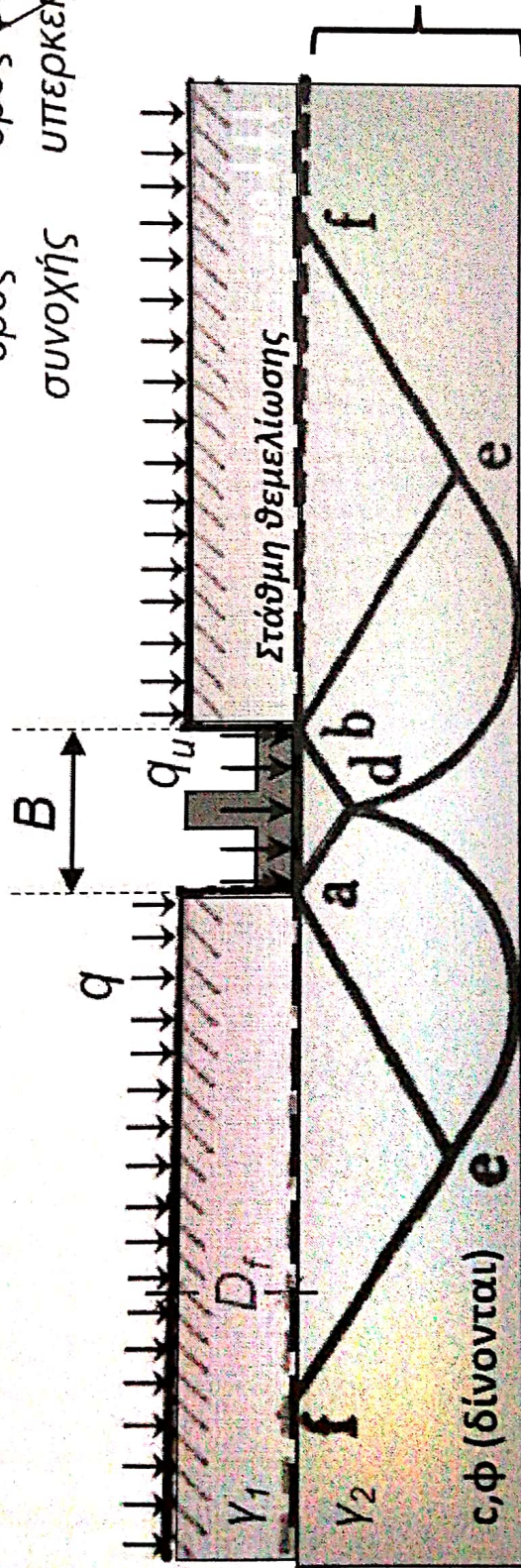
όρος
συνοχής

όρος φορτίου
υπερκεμένων

όρος ιδίου
βάρους

(ρο: η κατακόρυφη ενεργός
τάση μέχρι τη στάθμη
θεμελίωσης)

ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣ



όπου

S_c, S_q, S_γ : συντελεστές σχήματος (ανάλογα το σχήμα του πεδίου)

N_c, N_q, N_γ : συντελεστές φέρουσας ικανότητας (από πίνακα ανάλογα αν έχω γενική ή τοπική αστοχία)

C : συνοχή (ειδικά για άμμο & αμμοχάλικο $c=0$)

B : πλάτος πεδίου (ή διάμετρος αν είναι κυκλικό)

ρο: η τάση λόγω υπερκεμένων (γαιών και τυχόν q) → υπολογίζεται μέχρι τη στάθμη θεμελίωσης, άρα αφορά μόνο το έδαφος που εκτείνεται c θεμελίωσης και πάνω (βλέπε πορεία, εξαρτάται από τη θέση της ΣΥΟ!!!)

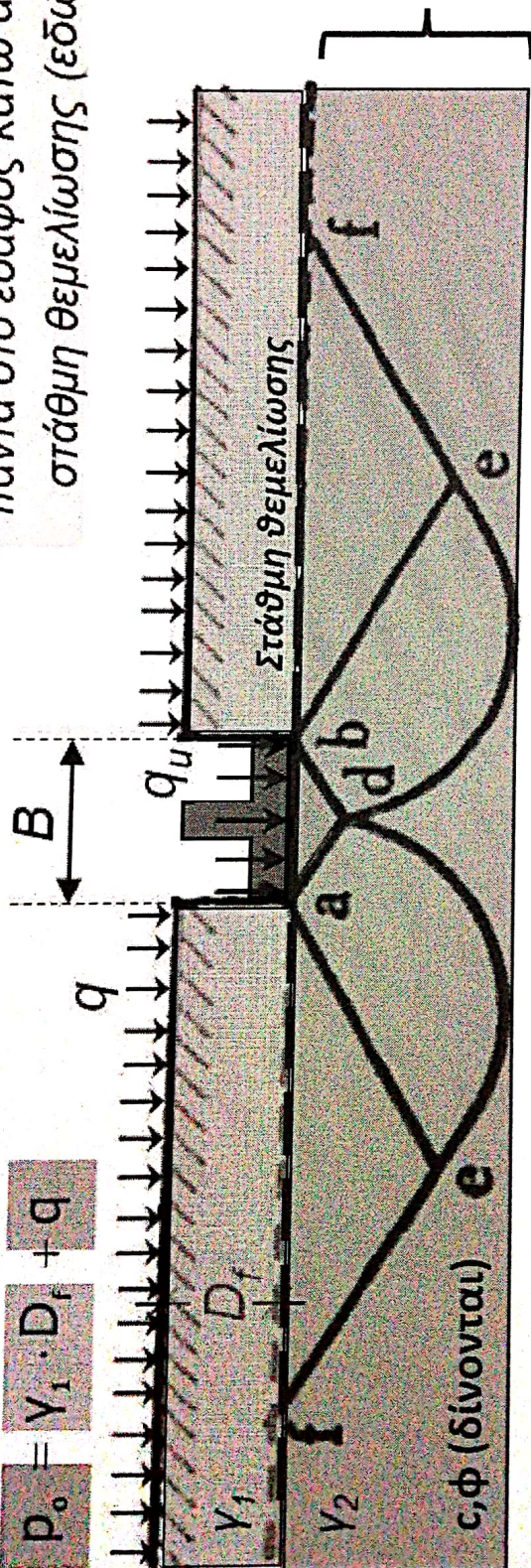
γ_2 : βλέπε πορεία (αφορά ΜΟΝΟ το έδαφος που εκτείνεται από τη στάθμη θεμελίωσης και ΚΑΤΩ, αλλά εξαρτάται από τη θέση της ΣΥΟ!!!)

athinageotech@

Η σχέση για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας του εδάφους κατά την κατάκορυφη φόρτιση θεμελίου δίνεται από τον **Terzaghi**:

Ο όρος γ στο p_o αναφέρεται πάντα στο έδαφος πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης (εδώ γ_1)

$$p_o = \gamma_1 \cdot D_f + q$$



Ο όρος γ_2 στο $1/2\gamma_2BN_f$ αναφέρεται πάντα στο έδαφος κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης (εδώ γ_2)

Ενδιαφέρουν μόνι παράμετροι αντο εδάφους που εκτ τη στάθμη θεμελ κάτω! Για το ϕ αι εδάφους βρίσκω συντελεστές φέρ ικανότητας N_c, N_q

Για ασυμπίεστα εδάφη (γενική αστοχία) χρησιμοποιούμε το δοθέν c (χωρίς απομείωση) και για το δοθέν ϕ πάμε στον Πίνακα γενικής αστοχίας για να διαβάσουμε τους συντελεστές N_c, N_q, N_γ !!!

Για χαλαρά εδάφη (τοπική αστοχία) απομειώνουμε το δοθέν c σε $c^* = 0.67 \cdot c$ και για το δοθέν ϕ πηγαίνουμε στον Πίνακα τοπικής αστοχίας

για να διαβάσουμε τους συντελεστές N_c, N_q, N_γ

athinageotech@h

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας : N_c, N_q, N_γ κατά Terzaghi
(για ασυμπίεστα, πυκνά εδάφη)

Συντελεστές για μορφή γενικής αστοχίας

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00
1	6.00	1.10	0.01
2	6.30	1.22	0.04
3	6.62	1.35	0.06
4	6.97	1.49	0.10
5	7.34	1.64	0.14
6	7.73	1.81	0.20
7	8.15	2.00	0.27
8	8.60	2.21	0.35
9	9.09	2.44	0.44
10	9.61	2.69	0.56
11	10.16	2.98	0.69
12	10.76	3.29	0.85
13	11.41	3.63	1.04
14	12.11	4.02	1.26
15	12.86	4.45	1.52
16	13.68	4.92	1.82
17	14.60	5.45	2.18
18	15.12	6.04	2.59
19	16.56	6.70	3.07
20	17.69	7.44	3.64
21	18.92	8.26	4.31
22	20.27	9.19	5.09
23	21.75	10.23	6.00
24	23.36	11.40	7.08
25	25.13	12.72	8.34

(για χαλαρά, μαλακά εδάφη)

Συντελεστές για μορφή τοπικής αστοχίας

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53		6.05
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30		6.55
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13		7.05
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03		7.60
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99		8.35
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03		9.05
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16		9.85
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39		10.65
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72		11.65
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18		12.75
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77		13.95
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51		15.35
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43		16.85
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53		18.55
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87		20.55
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45		22.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33		25.25
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54		28.05
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13		31.25
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17		35.15
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73		39.45
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91		44.45
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80		50.45
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55		57.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31		65.65
25	14.80	5.60	2.25				

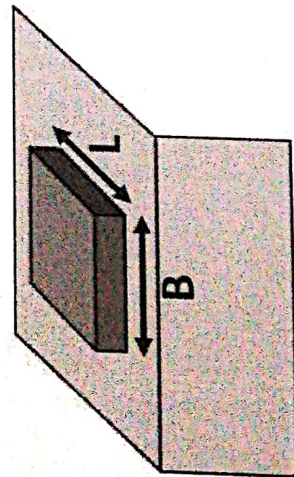
Συντελεστές σχήματος κατά Terzaghi :

Ορθογωνικά πέδιλα ($B \leq L$)

$$s_c = 1 + 0.3 \frac{B}{L}$$

$$s_q = 1$$

$$s_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L}$$

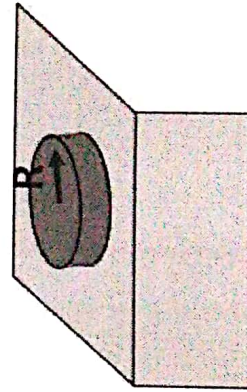


Κυκλικά πέδιλα

$$s_c = 1.3$$

$$s_q = 1$$

$$s_\gamma = 0.6$$

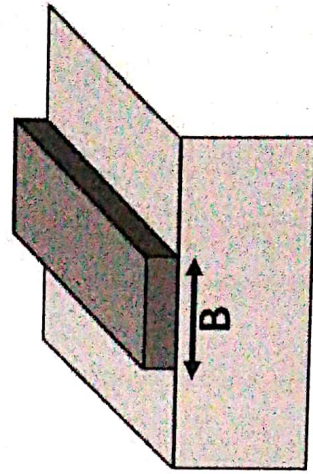


Λωριδωτά πέδιλα

$$s_c = 1$$

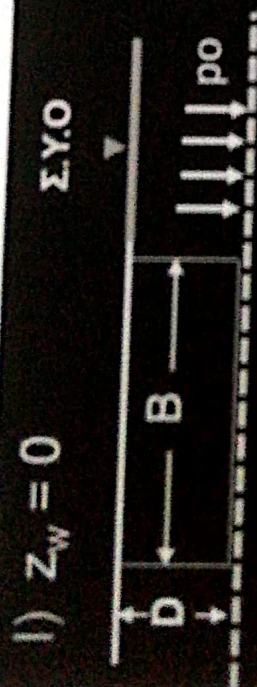
$$s_q = 1$$

$$s_\gamma = 1$$



είναι και εφαρμόζω τους ανάλογους τύπους!

Επίδραση της ΣΥΟ στη φέρουσα ικανότητα (περιπτώσεις)



$$\gamma_2 = \gamma_{sat} - 10$$

$$p_o = (\gamma_{sat} - 10) * D + q$$

II) $0 < z_w < D$



$$\gamma_2 = \gamma_{sat} - 10$$

$$p_o = \gamma_t * z_w + (\gamma_{sat} - 10) * (D - z_w) + q$$

III) $z_w = D$



$$\gamma_2 = \gamma_{sat} - 10$$

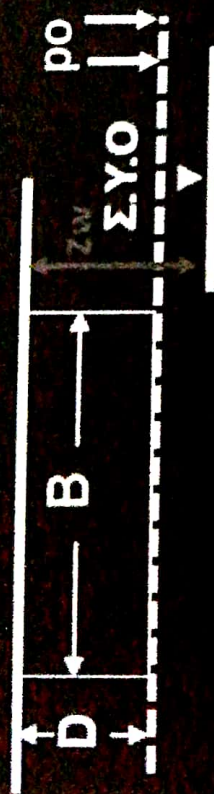
$$p_o = \gamma_t * D + q$$

γ_{sat} : ειδικό βάρος εδάφους κάτω από τον Υ.Ο (γκορ)

γ_t : ειδικό βάρος εδάφους πάνω από Υ.Ο (γξηρ)

(εάν δεν υπάρχει εξωτερικό φορτίο στην επιφάνεια του εδάφους, τότε $q=0$)

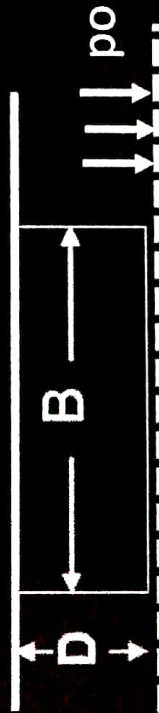
III) $D < z_w < D+B$



$$p_o = \gamma_t \cdot D + q$$

$$\gamma_2 = \left[(\gamma_{sat} - 10) + \frac{z_w - D}{B} \cdot \gamma_t - (\gamma_{sat} - 10) \right]$$

IV) $z_w > D+B$



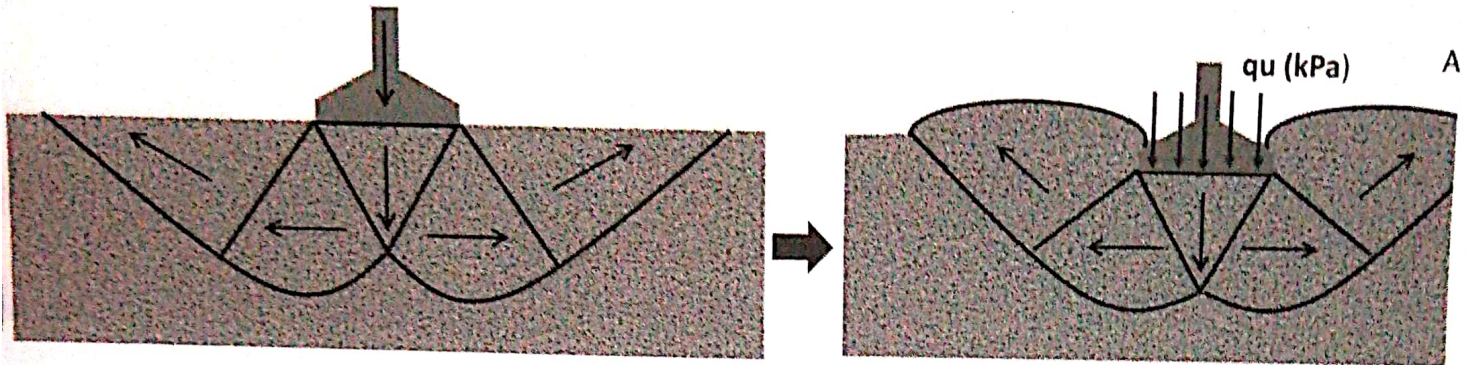
$$p_o = \gamma_t \cdot D + q$$

$$\gamma_2 = \gamma_t$$

γ_{sat} : ειδικό βάρος εδάφους κάτω από τον Υ.Ο (κορεσμένο, γκορ)

γ_t : ειδικό βάρος εδάφους πάνω από Υ.Ο (ξηρό, γξηρ)

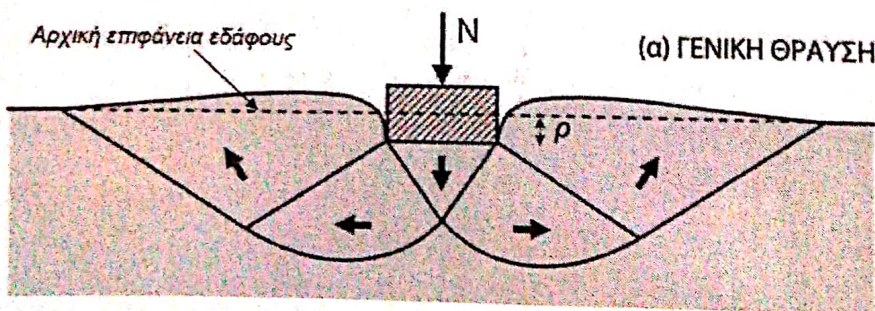
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ
(q_u)



athinageotech@hotmail.com

Μηχανισμός αστοχίας (θραύσης):

Προσοχή! Στις αστράγγιστες συνθήκες (βραχυχρόνια φόρτιση) η άργιλος φέρεται εξ'ορισμού ως ασυμπίαστη, οπότε ο μηχανισμός αστοχίας είναι ένας είτε το υλικό είναι μαλακό είτε σκληρό! ΓΕΝΙΚΗ ΑΣΤΟΧΙΑ!



athinageotech@hotmail.com

αστράγγιστες συνθήκες (για $c_u, \phi_u = 0^\circ$)

$$q_u = c_u N_c s_c + p_0 \quad (\text{kPa})$$

$N_c = 5.70$ για $\phi = 0^\circ$

Η μπορεί να γραφεί και απευθείας: $q_u = 5.7 \cdot c_u \cdot s_c$

p_0 : ολική κατακόρυφη τάση λόγω υπερκείμενων φορτίων επί σταθερή θεμελίωσης

Προσοχή! Στις αστράγγιστες συνθήκες δεν ενδιαφέρει η επίδραση της ΣΥΟ, οπότε δεν αφαιρούμε το νερό από το γ του εδάφους! Κοινώς, αγνοούμε την ύπαρξη της ΣΥΟ.

$FS = q_u / q_{app}$. (όπως και στην πορεία για στραγγισμένες)

Συντελεστές φέρουσας ικανότητας: N_c, N_q, N_γ κατά Terzaghi για την περίπτωση $\phi = 0$ (αστράγγιστες συνθήκες)

$\phi (^\circ)$	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00

Άρα για $\phi = 0$ ($\phi_u = 0$) φεύγει ο τρίτος όρος του τύπου!

athinageotech@hotmail.com

athinageotech@hotmail.com

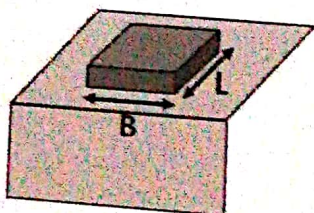
Συντελεστές σχήματος κατά Terzaghi :

Ορθογωνικά πέδιλα ($B \leq L$)

$$s_c = 1 + 0.3 \frac{B}{L}$$

$$s_q = 1$$

$$s_\gamma = 1 - 0.2 \frac{B}{L}$$

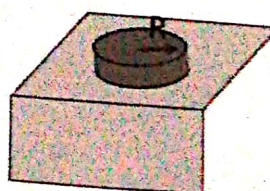


Κυκλικά πέδιλα

$$s_c = 1.3$$

$$s_q = 1$$

$$s_\gamma = 0.6$$

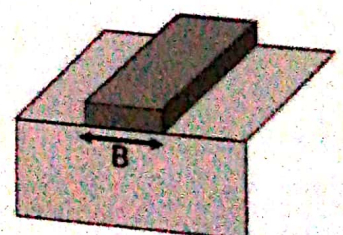


Λωριδωτά πέδιλα

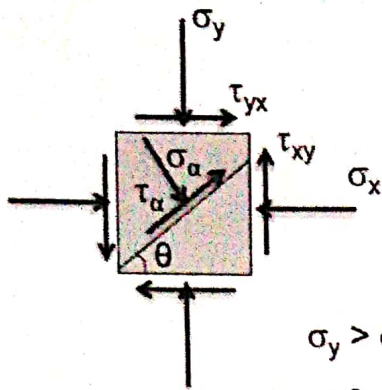
$$s_c = 1$$

$$s_q = 1$$

$$s_\gamma = 1$$



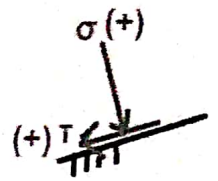
ΜΑΘΗΜΑ 9 ΚΥΚΛΟΣ MOHR



$$\sigma_y > \sigma_x$$

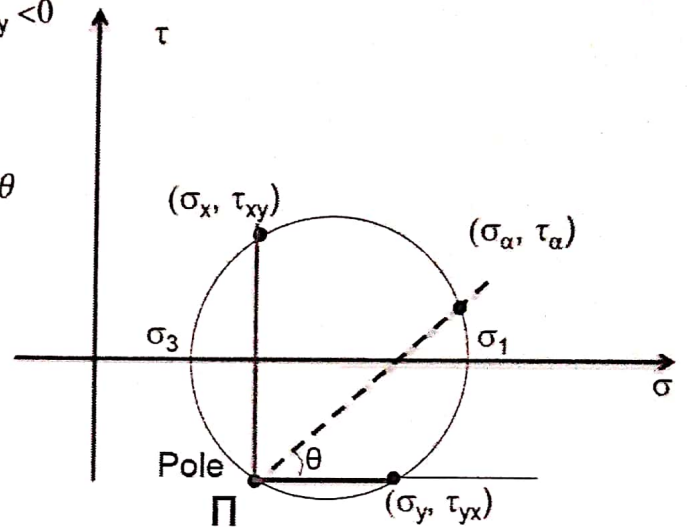
$$\tau_{xy} > 0 \text{ \& } \tau_{yx} = -\tau_{xy} < 0$$

Θετική προσήμανση για τις τάσεις



$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta$$

$$\tau = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta - \tau_{xy} \cos 2\theta$$



Για να οριστεί πλήρως ο κύκλος Mohr χρειάζεται να υπολογίσουμε το κέντρο (K), την ακτίνα (R) και τις συντεταγμένες του Πόλου (Π)!

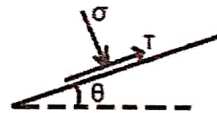
$$K = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$$

$$R = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$$

$$\Pi (\sigma_x, -\tau_{xy})$$

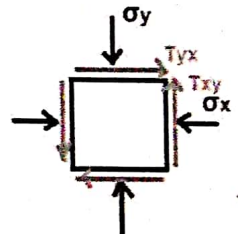
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

Τύποι για τάσεις (σ, τ) σε τυχαίο επίπεδο κλίσης θ



$$\sigma = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} + \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \cdot \cos 2\theta + \tau_{xy} \cdot \sin 2\theta$$

$$\tau = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \cdot \sin 2\theta - \tau_{xy} \cdot \cos 2\theta$$



$\tau_{xy} > 0$ ΚΣ
 $\sigma_y > \sigma_x$

Τύποι για κύριες τάσεις (σ_1, σ_3)

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_y - \sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_y - \sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

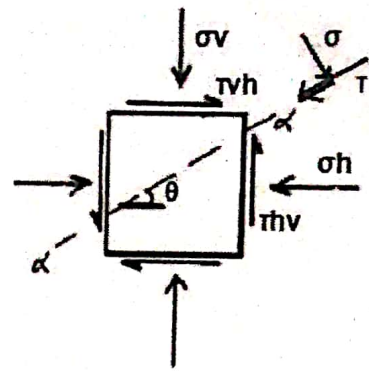
Διευθύνσεις επιπέδων σ_1, σ_3

$$\tan \theta_1 = \frac{\tau_{xy}}{\sigma_1 - \sigma_x} \Rightarrow \theta_1 = \arctan(\dots) \text{ (}\theta_1: \text{ κλίση)}$$

$$\theta_2 = 90^\circ + \theta_1 \text{ (}\theta_2: \text{ κλίση επιπέδου } \sigma_3)$$

Παραδειγμα εφαρμογής

Εστω $\sigma_v = 100 \text{ kPa}$
 $\sigma_h = 40 \text{ kPa}$
 $\tau_{vh} = (\tau_{hv}) = 50 \text{ kPa}$
 $\theta = 40^\circ (+)$

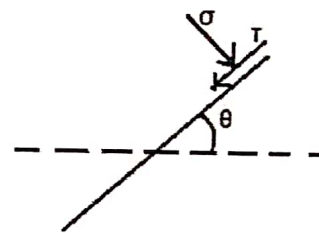


Ποιες είναι οι τάσεις (σ, τ) στο επίπεδο κλίσης 40 μοίρων?

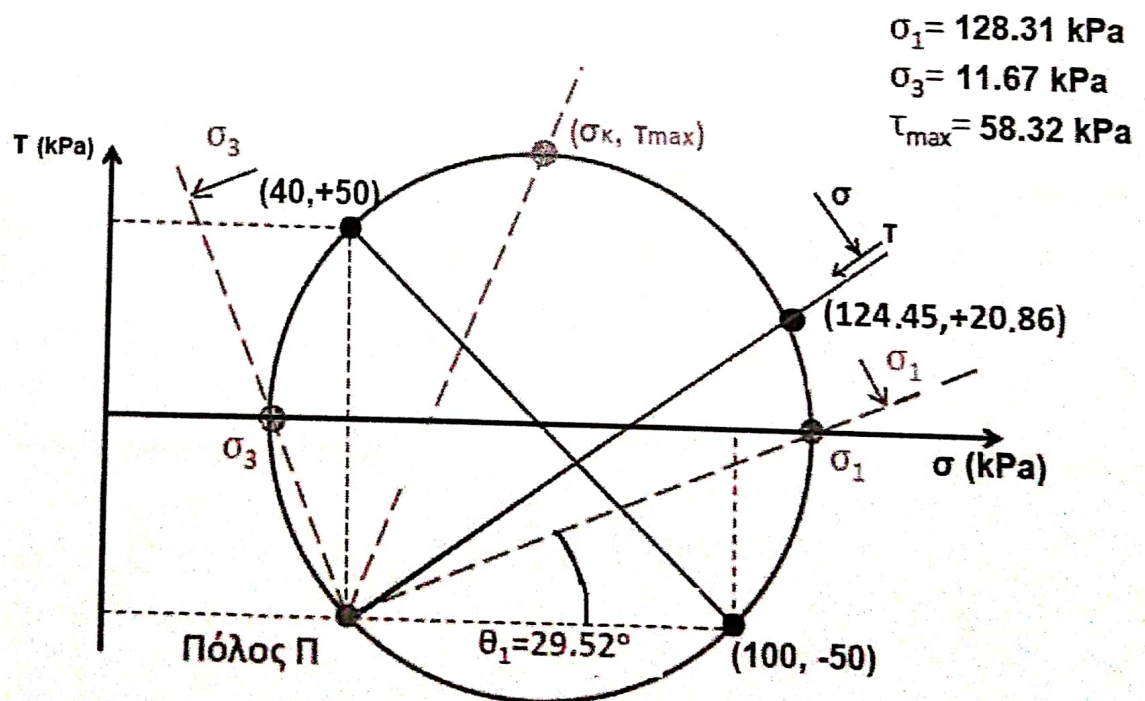
Να σχεδιασθεί ο κύκλος Mohr και να υπολογιστούν οι κύριες τάσεις (σ_1, σ_3) και τα επίπεδα εφαρμογής το καθώς και η μέγιστη διατμητική τάση ($\tau_{\max}$)

$$\sigma = \frac{\sigma_v + \sigma_h}{2} + \frac{\sigma_v - \sigma_h}{2} \cos(2\theta) + \tau_{vh} \sin(2\theta) = \frac{100 + 40}{2} + \frac{100 - 40}{2} \cos(2 \cdot 40) + 50 \sin(2 \cdot 40) = 124.45 \text{ kPa}$$

$$\tau = \frac{\sigma_v - \sigma_h}{2} \sin(2\theta) - \tau_{vh} \cos(2\theta) = \frac{100 - 40}{2} \sin(2 \cdot 40) - 50 \cos(2 \cdot 40) = 20.86 \text{ kPa}$$



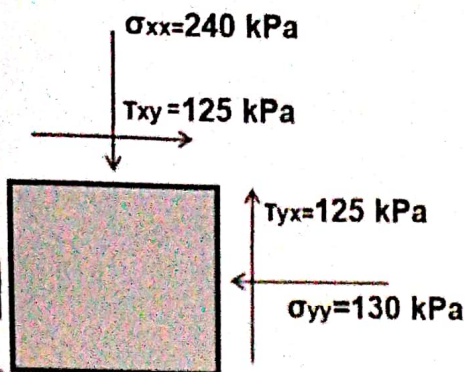
Η κλίση του επιπέδου θετική είναι όταν σ ανπωρολογιακά με το οριζόντιο επίπεδο συναντηθείς το επι σε ενδιαφέρει!



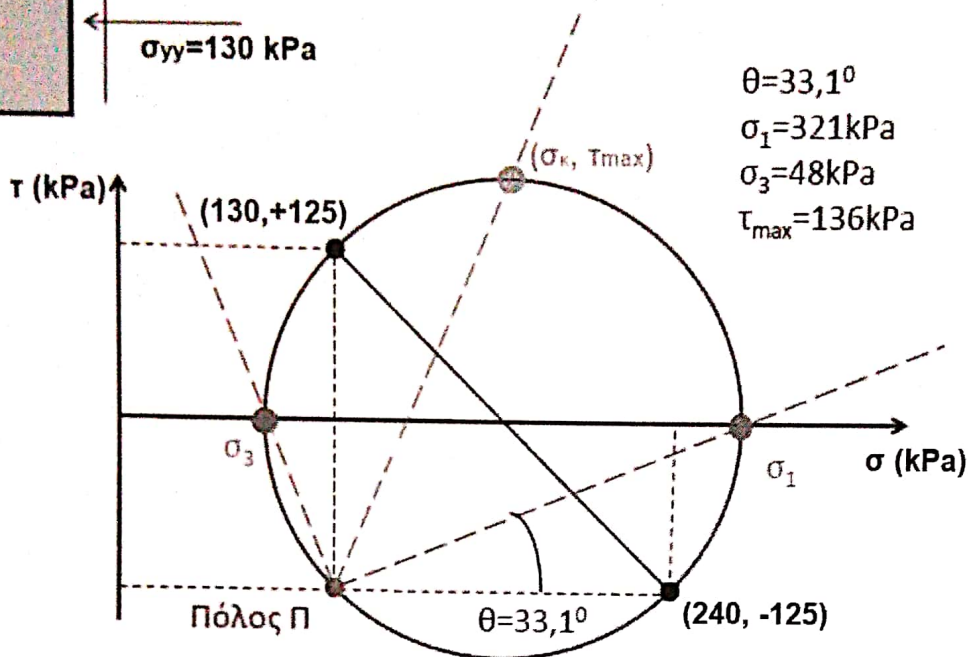
Επίπεδα εφαρμογής των κυρίων τάσεων

$\theta_1 = 29.52^\circ$ (κλίση επιπέδου της σ_1)

$\theta_2 = 90^\circ + 29.52^\circ = 119.52^\circ$ (κλίση επιπέδου της σ_3)



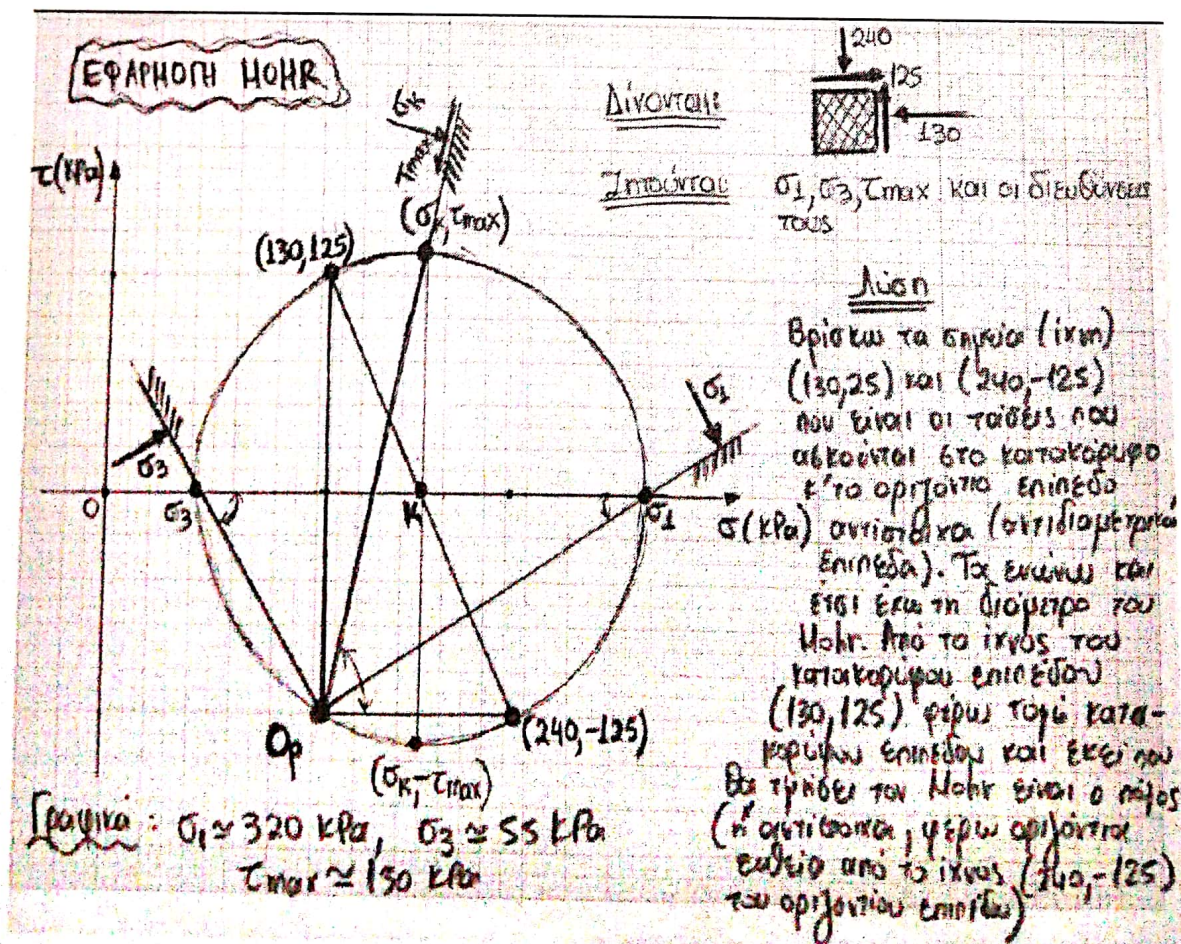
Δίνονται: $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \tau$
Ζητούνται: $\sigma_1, \sigma_3, \tau_{max}$



Γραφική λύση!
Προβάλλω τα "πακετάκια" - σ, τ - στο διάγραμμα σ σημεία (χορδή), φέρω μεσοκάθε χορδής, και όπου η μεσοκάθε άξονα σ θα είναι το κέντρο το

Για να βρω τη θέση του Πόλου γνωστό πακετάκι (σ, τ) αλλά γι ξέρω και σε ποιο επίπεδο ασκ είτε για το οριζόντιο είτε για το κάθετο (επίπεδο) και φέρω μια ευθεία από το πακετάκι μέχρι να τμή στην άλλη μεριά! Εκεί που θα κύκλο θα είναι ο Πόλος!

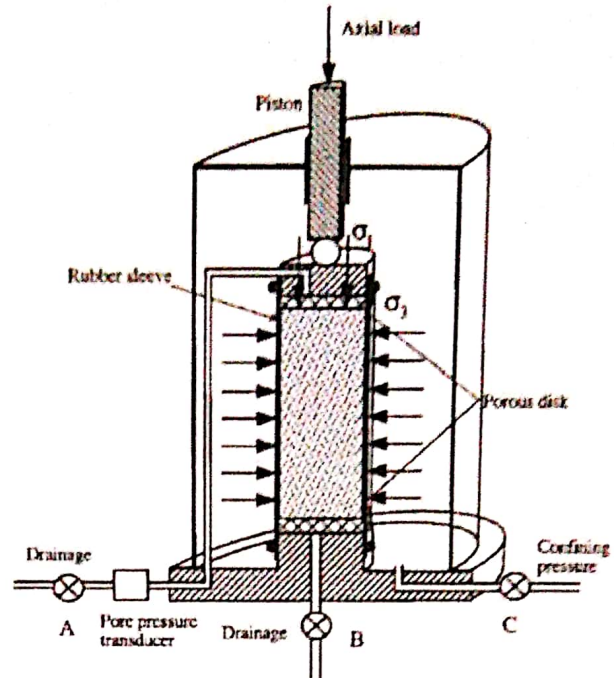
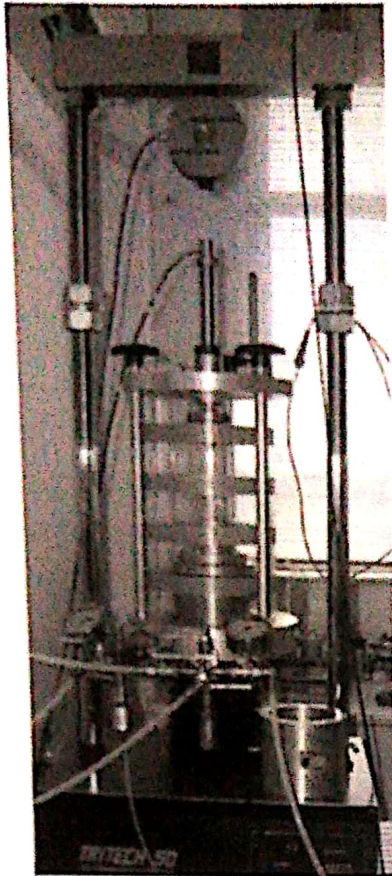
Για παράδειγμα, μπορώ να φέρω οριζόντια ευθεία από το σημείο και όπου τμήσει τον κύκλο σ' θα είναι ο πόλος! Εναλλακτικά πάω από το σημείο $(130, +125)$ μια κατακόρυφη ευθεία μέχρι κύκλο στην άλλη μεριά!



Συσκευή τριαξονικής συμπίεσης

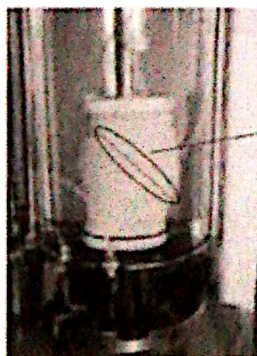
ΜΑΘΗΜΑ 10

ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ



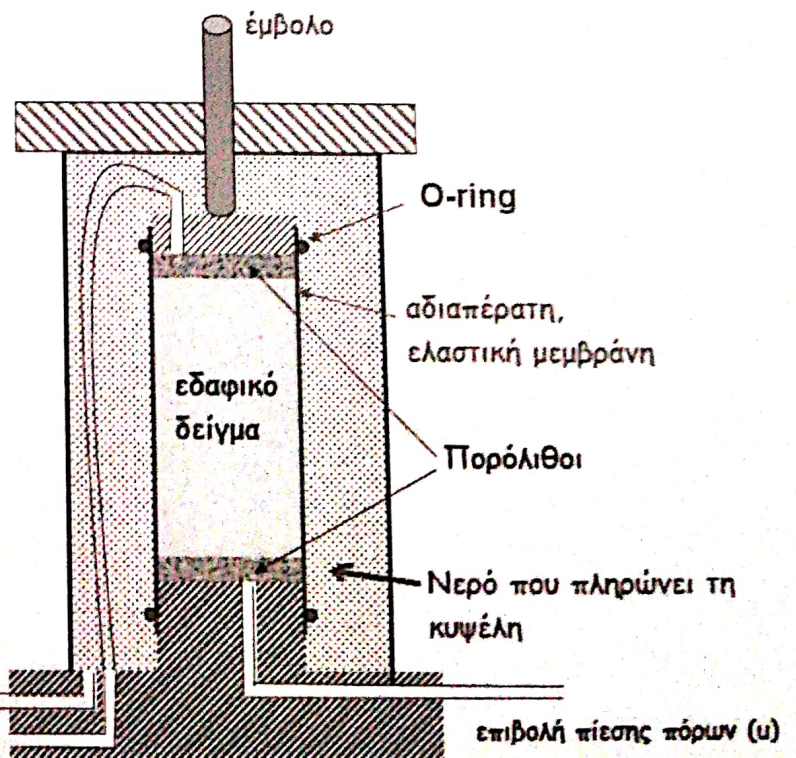
Τριαξονική δοκιμή

(υπό σταθερή οριζόντια τάση και αύξηση της κατακόρυφης τάσης)



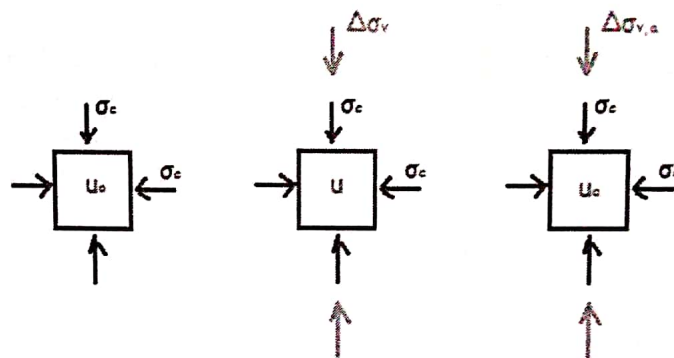
Εδαφικό δείγμα
κατά την αστοχία

Επίπεδο
αστοχίας



σ_c (πίεση νερού κυψέλης)

Το εδαφικό δοκίμιο περιβάλλεται πλευρικά με μια αδιαπέρατη, ελαστική γυμνοβόλη, η οποία παραμορφώνεται πολύ εύκολα. Είναι τοποθετημένο μέσα στο θάλαμο (κυψέλη) του υδραυλικού πίεσης, όπου διακετεύεται νερό με ελεγχόμενη πίεση (πίεση νερού κυψέλης, σ_c). Η πίεση αυτή ασκείται το δοκίμιο τόσο πλευρικά όσο και αξονικά, γι' αυτό εκλείπει και πλευρική τάση στερεοποίησης. Η δοκιμή γίνεται σε δύο φάσεις φορτίσεως. Στη πρώτη φάση (I), με τη διακτέυση νερού μέσα στο θάλαμο που περιβάλλει το δοκίμιο, εφόσον η οριζόντια και αξονική πίεση σ_c . Στη δεύτερη φάση (II) μέσω του εμβόλου στην κορυφή του δοκιμίου εφαρμόζεται επιπρόσθετη αξονική τάση $\Delta\sigma$, η οποία και αυξάνεται προοδευτικά μέχρι την αστοχία $\Delta\sigma_a$.



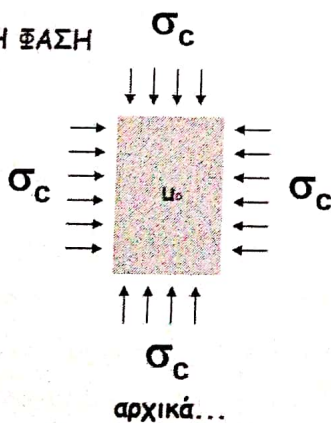
αρχικά...
ισότροπη (υδροστατική
συμπίεση)
 $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_c$

ενδίαυση φάση...
 $\sigma_1 = \sigma_c + \Delta\sigma$
 $\sigma_3 = \sigma_c$

αστοχία...
 $\sigma_{1a} = \sigma_c + \Delta\sigma_{v,a}$
 $\sigma_{3a} = \sigma_c$
 $u_a = u_c + \Delta u_a$

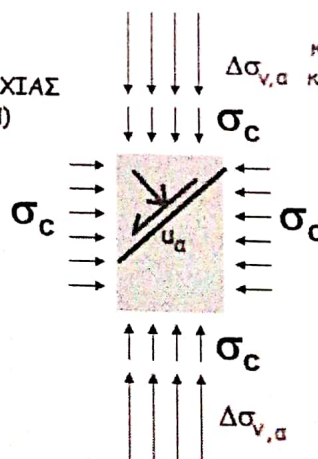
athinageotech

ΑΡΧΙΚΗ ΦΑΣΗ



αρχικά...
ίδια πίεση παντού,
η πίεση του νερού της κυψέλης (σ_c)

ΦΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
(ΔΙΑΤΜΗΣΗ)



πρόσθετη
κατακόρυφη τάση
κατά την αστοχία
επιβολή πρόσθετης κατακόρυφης
τάσης μέσω του εμβόλου ($\Delta\sigma$)

$\sigma_{1a} = \sigma_c + \Delta\sigma_{v,a}$
 $\sigma_{3a} = \sigma_c$ (σταθερή σε όλη τη δοκιμή)

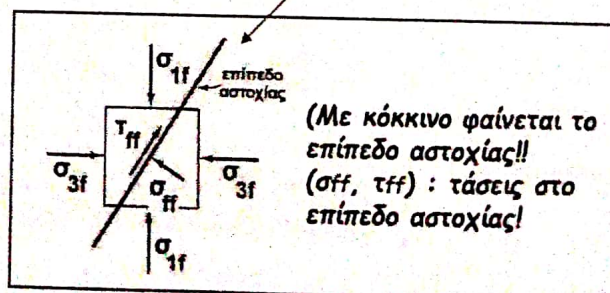
Αν $u=0$, τότε $\sigma_{1a}' = \sigma_{1a}$, $\sigma_{3a}' = \sigma_{3a}$
(οι ολικές τάσεις ταυτίζονται με τις ενεργές)

Αν $u \neq 0$, τότε $\sigma_{1a}' = \sigma_{1a} - u_a$, $\sigma_{3a}' = \sigma_{3a} - u_a$

Το δοκίμιο αστοχεί!
(Με κόκκινο φαίνεται το
επίπεδο αστοχίας!!)

Κριτήριο αστοχίας Mohr-Coulomb
 $\sigma_{1a}' = \sigma_{3a}' \cdot \tan^2(45 + \phi/2) + 2 \cdot c \cdot \tan(45 + \phi/2)$

(το κριτήριο αστοχίας είναι εκφρασμένο ως προς τάσεις)



(Με κόκκινο φαίνεται το
επίπεδο αστοχίας!!
(off, τ_{ff}) : τάσεις στο
επίπεδο αστοχίας!)

athinageotech@hotmail.com

(Για τριαξονική δοκιμή υπό στραγγισμένες συνθήκες, δηλαδή η πίεση πόρων παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της δοκιμής)

Η τριαξονική δοκιμή μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο σε κορεσμένα δοκίμια ($u \neq 0$, $\sigma' = \sigma - u$) όσο και σε ξηρά δοκίμια ($u = 0 \rightarrow \sigma' = \sigma$).

Η σχετική πληροφορία θα δίνεται στην εκφώνηση (αν το δοκίμιο έχει πίεση πόρων, u , το δεδομένο αυτό θα δίνεται).

Αν στην εκφώνηση πει ρητά ότι το δοκίμιο είναι ξηρό, τότε σημαίνει ότι $u = 0$.
Αν δεν δίνει πίεση πόρων (u) στην εκφώνηση, θεωρούμε το δοκίμιο ξηρό ($u = 0$).

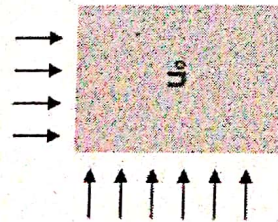
Σε κάθε περίπτωση το κριτήριο αστοχίας Mohr-Coulomb είναι εκφρασμένο ως προς τις ενεργές κύριες τάσεις (σ_1' , σ_3'). (Αν λοιπόν $u = 0$, τότε $\sigma' = \sigma$)

Αν το δοκίμιο είναι **άμμος**, τότε $c = 0$, $\phi \neq 0$

Αν το δοκίμιο είναι **άργιλος**, τότε $c \neq 0$, $\phi \neq 0$

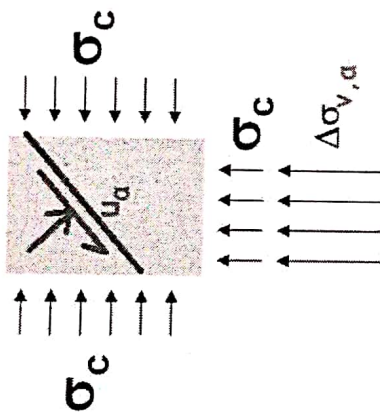
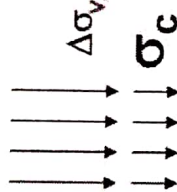
ΑΡΧΙΚΗ ΦΑΣΗ

σ_c

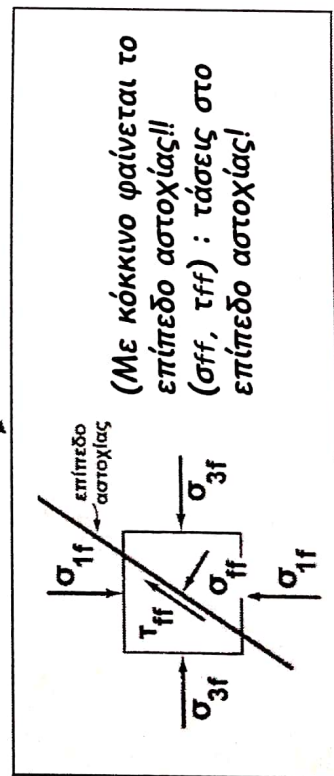


αρχικά...
ίδια πίεση παντού,
η πίεση του νερού της κυψέλης (σ_c)

ΦΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ
(ΔΙΑΤΜΗΣΗ)



Το δοκίμιο αστοχεί!
(Με κόκκινο φαίνεται το
επίπεδο αστοχίας!!)



(Με κόκκινο φαίνεται το
επίπεδο αστοχίας!!
(σ_{ff} , τ_{ff}) : τάσεις στο
επίπεδο αστοχίας!)

πρόσθετη
κατακόρυφη τάση
κατά την αστοχία
επιβολή πρόσθετης κατακόρυφης
τάσης μέσω του εμβόλου ($\Delta\sigma_v$)

$$\sigma_{1a} = \sigma_c + \Delta\sigma_{v,a}$$

$$\sigma_{3a} = \sigma_c \text{ (σταθερή σε όλη τη δοκιμή)}$$

$$u_a = u_0 + \Delta u_a$$

$$\sigma_{1a'} = \sigma_{1a} - u_a$$

$$\sigma_{3a'} = \sigma_{3a} - u_a = \sigma_c - u_a$$

αστράγγιστη 3-αξονική: $\Delta u \neq 0$

στραγγισμένη 3-αξονική: $\Delta u = 0 \Rightarrow u_0 = u_a$ (σταθερή
πίεση πόρων καθ'όλη τη διάρκεια της δοκιμής)

Κριτήριο αστοχίας Mohr-Coulomb

$$\sigma_{1a'} = \sigma_{3a'} \tan^2(45 + \phi/2) + 2 \cdot c \cdot \tan(45 + \phi/2)$$

Α: συντελεστής υπερπίεσης πόρων
(σταθερά του εδάφους)

$$A = (\Delta u_a - \Delta \sigma_3) / (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$$

$$\Delta \sigma_1 = \sigma_{1a} - \sigma_{10} = (\sigma_c + \Delta \sigma_{v,a}) - (\sigma_c) = \Delta \sigma_{v,a}$$

$$\Delta \sigma_3 = 0 \quad (\sigma_{30} = \sigma_{3a} = \sigma_c)$$

u_0 : αρχική πίεση πόρων (θα δίνεται)

u_a : πίεση πόρων κατά την αστοχία

Σημείωση: Αν δεν δίνεται η u_0 , τότε τη
θεωρούμε μηδέν

athinageotech@hotmail.com

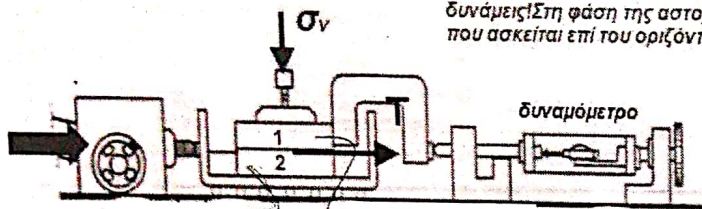
ΜΑΘΗΜΑ 11

ΑΛΛΗ ΔΙΑΤΜΕΣΗ

ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΔΙΑΤΜΕΣΗ

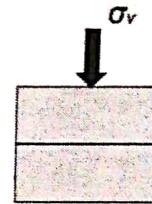
Δοκιμή απευθείας (ή άμεσης) διάτμησης!

Η δοκιμή γίνεται υπό ΣΤΑΘΕΡΗ κατακόρυφη τάση!
Επιπλέον επιβάλλουμε μια οριζόντια δύναμη, δηλαδή σπρώχνουμε την πλατφόρμα επί της οποίας εδράζεται το κουτί, και καθώς σπρώχνουμε το τμήμα 2 μετακινείται (ολισθαίνει) σε σχέση με το ακλόνητο τμήμα 1! Έτσι αναπτύσσεται διάτμητική τάση στη διεπιφάνεια των 2 τμημάτων!
Πρακτικά στη δοκιμή αυτή το επίπεδο αστοχίας είναι εκ των προτέρων γνωστό, είναι το οριζόντιο!!!! Γιατί εκεί επιβάλλουμε τις δυνάμεις! Στη φάση της αστοχίας, θα μας δίδεται το ζεύγος (σ, τ) που ασκείται επί του οριζόντιου επιπέδου!

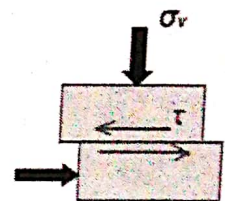


το κάτω μέρος του "κουτιού" (τμήμα 2) μπορεί να μετακινείται οριζοντίως αν του ασκήσουμε ένα οριζόντιο φορτίο!!! (Είναι ελεύθερο να μετακινηθεί!!!)

το πάνω μέρος του "κουτιού" (τμήμα 1) είναι ακλόνητο-πακτωμένο! Δεν μπορεί να μετακινηθεί!



αρχικά..



φάση αστοχίας..

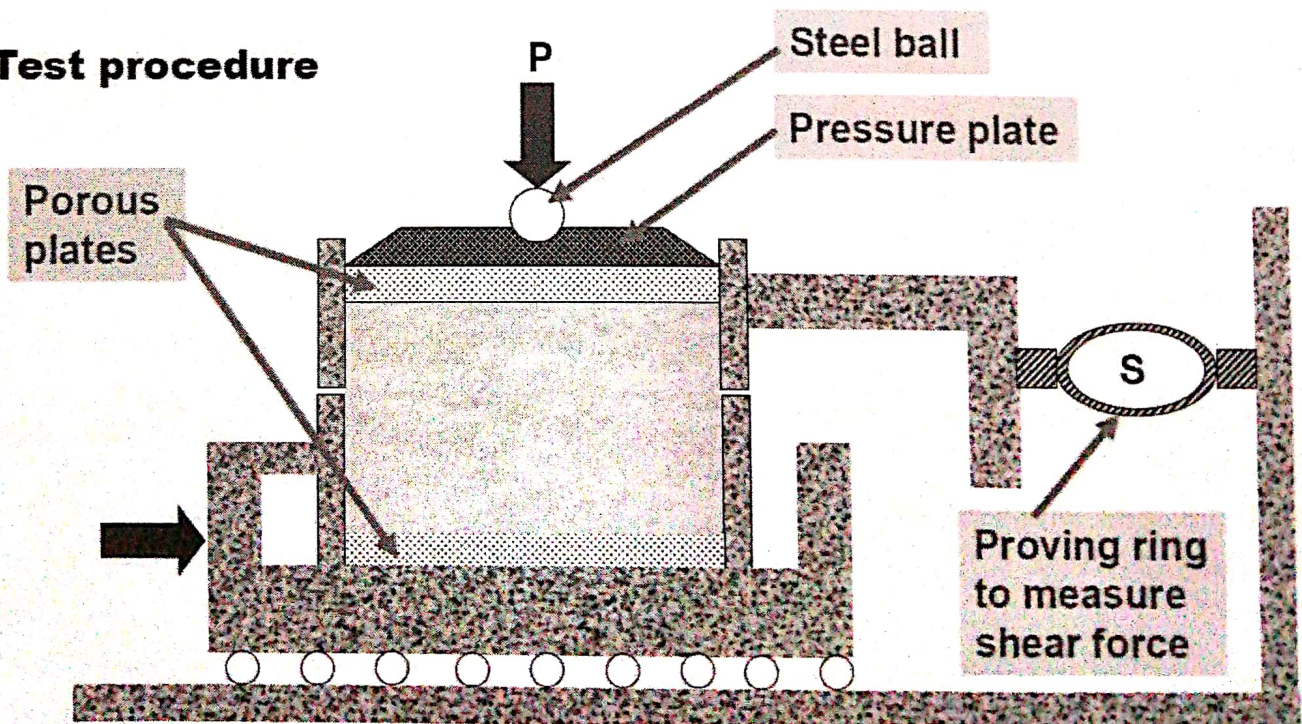
Παράμετροι αντοχής :

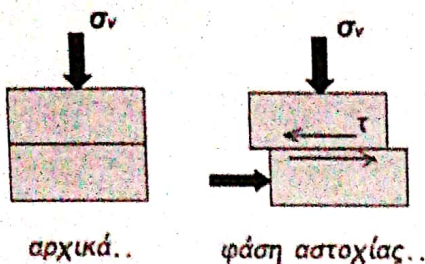
φ = γωνία τριβής

c = συνοχή

$$\tau = c + \sigma_v \tan \varphi$$

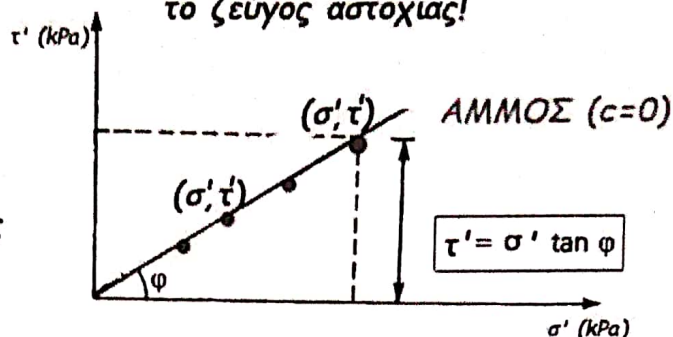
Test procedure



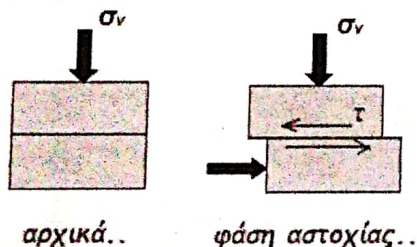


Προσοχή! Ενδιαφέρουν οι ενεργές τάσεις! $\sigma = \sigma' - u$
(αν δεν δίνεται πίεση πόρων u , τότε θεωρώ $\sigma' = \sigma$)

Το ζεύγος (σ', τ') ικανοποιεί την περιβάλλουσα αστοχίας! Δηλαδή ανήκει στην ευθεία! Διότι είναι το ζεύγος αστοχίας!

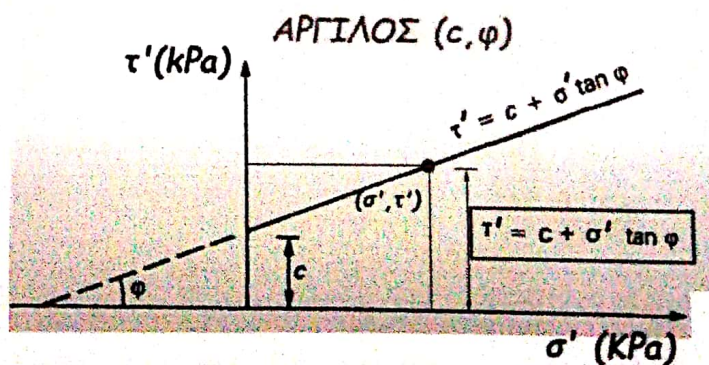


athinageotech@hotmail.com



Προσοχή! Ενδιαφέρουν οι ενεργές τάσεις! $\sigma = \sigma' - u$
(αν δεν δίνεται πίεση πόρων u , τότε θεωρώ $\sigma' = \sigma$)

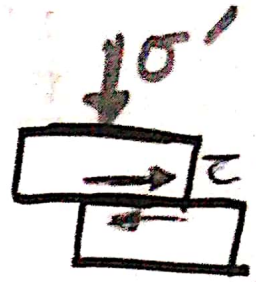
Το ζεύγος (σ', τ') ικανοποιεί την περιβάλλουσα αστοχίας! Δηλαδή ανήκει στην ευθεία! Διότι είναι το ζεύγος αστοχίας!



athinageotech@hotmail.com

ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

(ή ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ)



$$\tau = c + \sigma' \cdot \tan \phi$$

για ξηρές βωθίδες: $u=0 \Rightarrow \sigma' \equiv \sigma$

εάν δίνει πίεση πόρων (u) $\Rightarrow$

$$\sigma' = \sigma - u$$

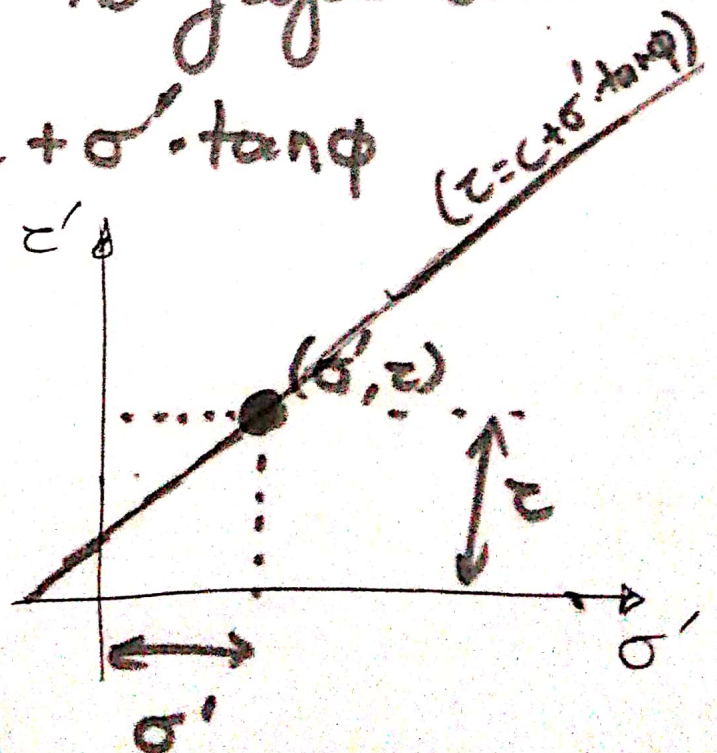
θα δίνει το ζεύγος (σ', τ) !!

αλλά αντρεχτεί το ζεύγος στην

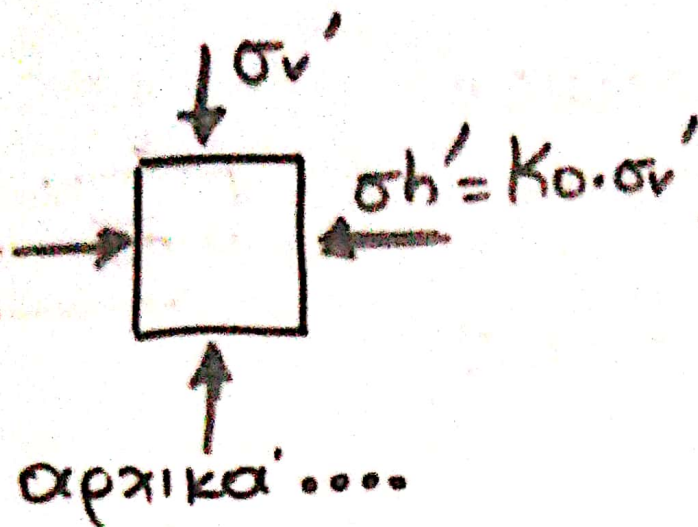
εξίσωση: $\tau = c + \sigma' \cdot \tan \phi$

(για αίμμο: $c=0$)

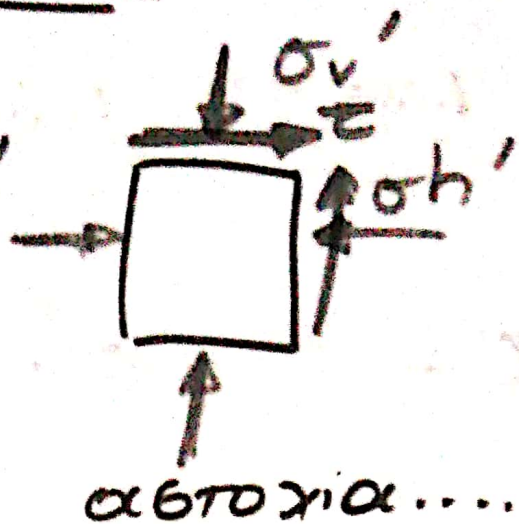
(για άργιλο: $c \neq 0$)



ΑΠΛΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ



(πρωτοῦ ἐπιβληθεῖ
διατμητικὴ τοῖση $\tau \dots$)



(αφοῦ ἐπιβληθεῖ
διατμητικὴ τοῖση
 $\tau \dots$)

Θα δίνονται (συνιδως):

σ_v' , τ !!

ὡς ἰσχύει ὅτι $\sigma_h' = K_0 \cdot \sigma_v'$

↓
θα το δίνει στο
σχῆμα ἢ στὴν
ἐκφώνηση

Στὴ δοκιμὴ αὐτὴ ἐπιβαλλόμε ἀρχικῶς
 σ_v' καὶ σ_h' καὶ στὴ συνέχεια
κρατοῦμε ἰσθαθερεῖς τὶς σ_v' , σ_h'
καὶ ἐπιβαλλόμε διατμητικὴ τοῖση
(τ) στὸ ὁριζόντιο κ' στὸ κατακόρυφο

ΕΠΙΝΕΟΟ!!

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

$$\sigma_1' = \sigma_3' \cdot \tan^2(45 + \phi/2) + 2c \tan(45 + \phi/2)$$

όπου:

$$\sigma_1' = \frac{\sigma_v' + \sigma_h'}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_v' - \sigma_h'}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_v' + \sigma_h'}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_v' - \sigma_h'}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

άρα με δεδομένες τις σ_v' , σ_h' , τ

βρίσκω κύριες σ_1' , σ_3'

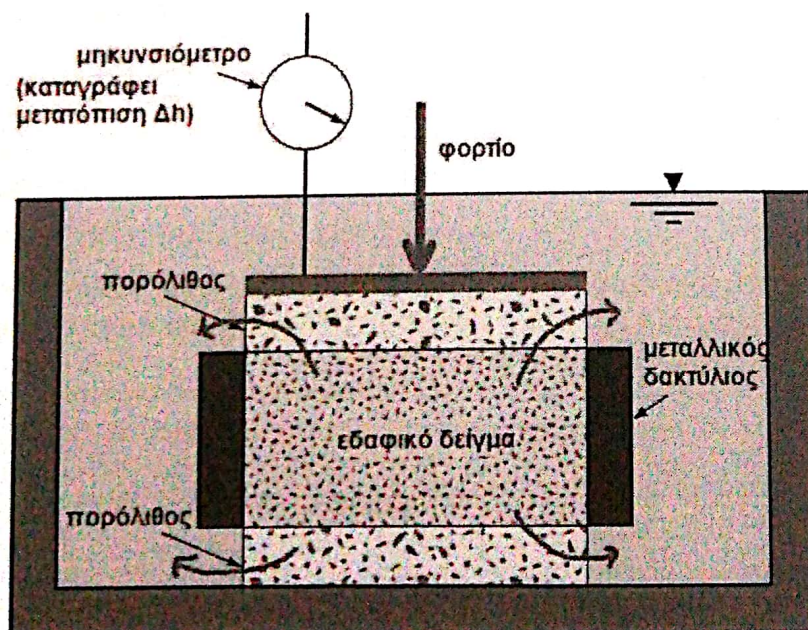
και αυτές βάζω στο κριτήριο

αστοχίας!!!

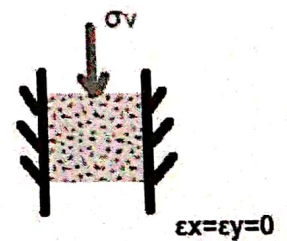
Καθίζηση με τη μέθοδο του συμπιεσομέτρου (C_c , C_r)

athinageotech@hotmail.com

Πείραμα συμπιεσομέτρου (πείραμα καθίζησης)



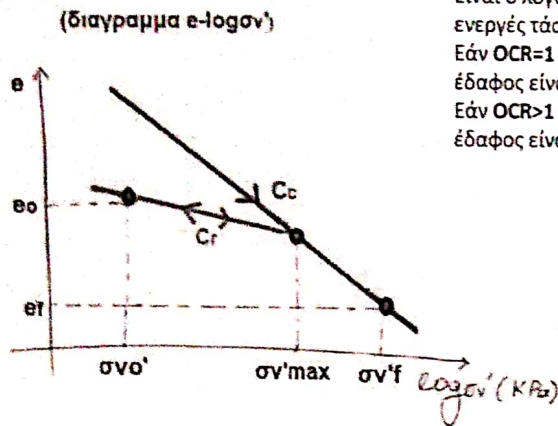
συσκευή συμπιεσομέτρου
(συνθήκες μονοδιάστατης συμπίεσης)



athinageotech@hotmail.com

$$OCR = \sigma'_{vmax} / \sigma'_{\text{παρούσα}}$$

Είναι ο λόγος της μέγιστης τάσης μέχρι σήμερα προς την παρούσα τάση! Αφορά μόνο ενεργές τάσεις (όπως και όλο το πρόβλημα της καθίζησης)
Εάν $OCR=1$ σημαίνει ότι η παρούσα τάση είναι και η μέγιστη τάση μέχρι σήμερα! Άρα το έδαφος είναι κανονικά στερεοποιημένο (επί του κλάδου φόρτισης C_c)
Εάν $OCR>1$ τότε σημαίνει ότι η παρούσα τάση δεν είναι η μέγιστη που έχει συμβεί! Άρα έδαφος είναι προφορτισμένο (επί του κλάδου αποφόρτισης/επανάφορτισης C_r)

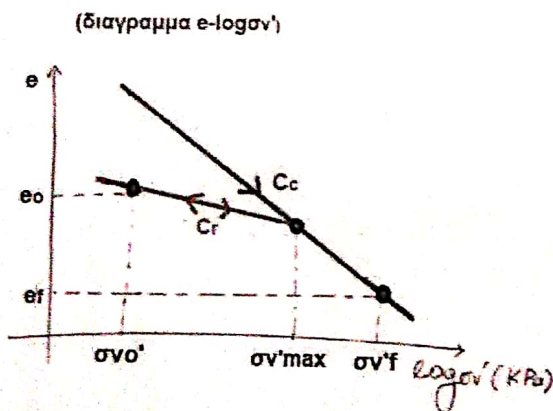


athinageotech@hotmail.com

Αποτελέσματα πειράματος συμπίεστρομετρου: το έδαφος κάθε φορά που φορτίζεται και αυξάνει η τάση του ακολουθεί τον κλάδο φόρτισης (C_c), εάν όμως σε κάποια φάση γίνει αποφόρτιση τότε το έδαφος αποσυμπιέζεται ακολουθώντας τον κλάδο αποφόρτισης (C_r), ο οποίος έχει διαφορετική κλίση (μικρότερη κλίση).

Κάθε κατάσταση -ζεύγος τιμών (σ' , e) που ικανοποιεί τον κλάδο φόρτισης, αντιστοιχεί σε ένα κανονικά στερεοποιημένο έδαφος (N/C) με $OCR=1$, ενώ κάθε ζεύγος τιμών (σ' , e) που ικανοποιεί τον κλάδο αποφόρτισης αντιστοιχεί σε ένα προφορτισμένο έδαφος (O/C) με $OCR>1$.

Το σημείο τομής των κλάδων φόρτισης και αποφόρτισης ονομάζεται τάση προφόρτισης (ή τάση προστερεοποίησης ή τάση υπερτερεοποίησης), πρακτικά είναι η μέγιστη (μέχρι τώρα) τάση του εδάφους.



athinageotech@hotmail.com

σ'_{vmax} είναι η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί το έδαφος ως τώρα! Ονομάζεται και τάση προφόρτισης/προστερεοποίησης/υπερτερεοποίησης.

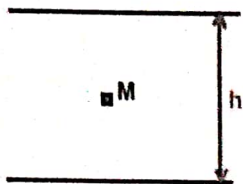
Συμβολίζεται και σ'_c ή σ'_r ή απλώς σ'_{vmax}

Είναι το σημείο τομής των ευθειών φόρτισης και αποφόρτισης (ως σημείο δηλαδή ικανοποιεί και τις δύο ευθείες)

Στην εκφώνηση θα δίνεται η τάση αυτή για να τη συγκρίνω με τη γεωστατική και να δω σε τι κατάσταση είναι το έδαφος μου!

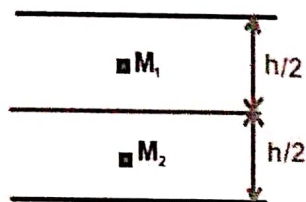
Συμβουλές για την άσκηση της καθίζησης

- Θεωρούμε **ενιαία στρώση** (πάχους h) με αντιπροσωπευτικό σημείο (για τον υπολογισμό των τάσεων) στο **μέσον** της στρώσης (σημείο M).



$$\Delta h = \dots\dots$$

- Για μεγαλύτερη ακρίβεια, μπορούμε να χωρίζουμε το στρώμα σε **επιμέρους ζώνες ίσου πάχους**, να υπολογίζουμε τις τάσεις στο μέσον κάθε ζώνης (M_1, M_2 , κ.ο.κ), και στο τέλος να κάνουμε επαλληλία καθιζήσεων!



$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = \dots\dots$$

athinageotech@hotmail.com

Στην εκφώνηση θα διευκρινίζεται αν θέλει να υπολογίσουμε την καθίζηση με ενιαία στρώση ή επιμέρους στρώσεις.
Αν δεν διευκρινίζεται κάτι, μπορούμε απλοποιητικά να θεωρούμε μια ενιαία στρώση.
Αν όμως ζητά **καλή ακρίβεια**, τότε αναγκαστικά θεωρούμε τουλάχιστον δύο ζώνες (ίσου πάχους)!

Βήματα

- Υπολογίζω τις **γεωστατικές τάσεις** στο μέσον του στρώματος (με τη γνωστή διαδικασία...)

$$\sigma_{vo} = \dots\dots$$

$$u = \dots\dots$$

$$\sigma_{vo}' = \sigma_{vo} - u = \dots\dots$$

Σημείωση: για την καθίζηση *καθεαυτή* ενδιαφέρουν *μόνον* οι *κατακόρυφες ενεργές τάσεις* (σ_v'), *οπότε* δε *χρειάζεται* να *βρίσκω* και τις *οριζόντιες τάσεις*, *εκτός* και αν *ζητούνται* και αυτές στην *εκφώνηση*

Η γεωστατική κατάσταση είναι και η **αρχική κατάσταση** στο πρόβλημά μου.

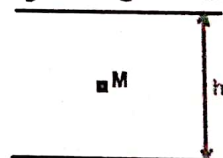
Στην εκφώνηση θα δίδεται και ο δείκτης πόρων του εδάφους, ή θα δίνονται μεγέθη όπως ρ , w , ρ_s κ.τ.λ για να τον υπολογίσω εγώ μέσω των γνωστών τύπων!!!!!! Σε κάθε περίπτωση ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί στην γεωστατική κατάσταση θα είναι γνωστός!!!!!! Και ουσιαστικά θα είναι ο αρχικός δείκτης πόρων στο πρόβλημά μου (e_0)

- Στη συνέχεια αναζητώ πληροφορίες στην εκφώνηση σχετικές με την "προϊστορία" του εδάφους, δηλαδή θέλω να καταλάβω εάν η γεωστατική τάση (που δέχεται τώρα το έδαφος, πριν βάλω το φορτίο) είναι και η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί ως σήμερα. **Δύο σενάρια υπάρχουν:**

Σενάριο α) η γεωστατική τάση να είναι η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί το έδαφος μέχρι σήμερα! (να είναι "παρθένο" δηλαδή το έδαφος)

Αυτό θα ισχύει εάν μου πει στην εκφώνηση ότι το έδαφος είναι **κανονικά στερεοποιημένο (N/C)** ή αν εναλλακτικά μου δώσει την τάση προφόρτισης (σ_v') και συγκρίνοντάς την με την γεωστατική (σ_{vo}') διαπιστώσω ότι ισχύει $\sigma_{vo}' \geq \sigma_v'$ ή αν εναλλακτικά μου δώσει OCR=1.

athinageotech@hotmail.com



Σενάριο β) και γ) η γεωστατική τάση να μην είναι η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί το έδαφος μέχρι σήμερα!

Πράγμα που σημαίνει ότι παλαιότερα το έδαφος είχε φορτισθεί με κάποιο τρόπο (πχ είχε κατασκευασθεί ένα κτίριο στην επιφάνεια του) και αργότερα αυτό το φορτίο απομακρύνθηκε (π.χ. κατεδαφίστηκε το κτίριο)! Επομένως μπορεί σήμερα να δέχεται μόνο τη γεωστατική τάση, αλλά παλαιότερα είχε δεχθεί μεγαλύτερη τάση! Στην περίπτωση αυτό το έδαφος χαρακτηρίζεται **προφορτισμένο ή προστερεοποιημένο ή υπερστερεοποιημένο** (O/C: over consolidated)

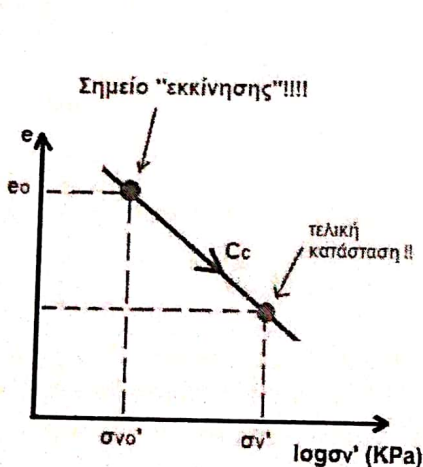
Θα καταλάβω ότι το έδαφος είναι προφορτισμένο εάν συγκρίνω την γεωστατική τάση με την τάση προφόρτισης που θα δίνεται στην εκφώνηση και διαπιστώσω ότι ισχύει: $\sigma_{vo}' < \sigma_c'$

ότι δηλαδή η γεωστατική τάση που υπολόγισα είναι μικρότερη από τη δοθείσα τάση προφόρτισης

Εναλλακτικά μπορεί να μου δώσει OCR>1 (π.Χ. OCR=2)

- ☐ Μόλις εντοπίσω από ποια κατάσταση ξεκινά το έδαφος μου (κανονικά στερεοποιημένο ή μήπως προφορτισμένο ?) τότε μπορώ πια να διαλέξω και τύπο καθίζησης (σχεδόν! απομένει και ένα στοιχείο ακόμα!!! Δες παρακάτω!)
- ☐ Όταν πια μπει και το φορτίο (q), και ολοκληρωθούν οι καθιζήσεις λόγω αυτού (για κορεσμένη άμμο αυτό θα συμβεί άμεσα, για κορεσμένη άργιλο θα συμβεί πολύ χρόνο μετά), υπολογίζουμε την τελική τάση (μαζί με το φορτίο)
 $\sigma_v' = \sigma_{vo}' + \Delta \sigma' = \sigma_{vo}' + q$

Και τώρα κάνουμε και έναν έλεγχο για να δούμε σε ποιον κλάδο θα καταλήξουμε με την τελική αυτή τάση (ώστε να δούμε ποιον τύπο καθίζησης θα πάρουμε τελικά!!)



Σενάριο α)

$\sigma_{vo}' = \sigma_c'$ (ή και $\sigma_{vo}' > \sigma_c'$)

(τυγχάνει η γεωστατική τάση που υπολόγισα να συμπίπτει με τη δοθείσα τάση προφορτίσεως) (ή ακόμα και να είναι μεγαλύτερη η γεωστατική από την τάση προφορτίσεως)
 άρα το ζεύγος (σ_{vo}' , e_0) ικανοποιεί τον κλάδο φόρτισης

(το έδαφος δεν είναι προφορτισμένο! η τάση που δέχεται αυτή τη στιγμή -που είναι η γεωστατική- είναι και η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί στην ιστορία του μέχρι σήμερα! Είναι σαν να λέμε "παρθένο" !

Βάζω το φορτίο και μόλις ολοκληρωθεί η καθίζηση θα έχουν πλέον μεταβληθεί οι ενεργές τάσεις !!!!
 Υπολογίζω την τελική τάση:

$$\sigma_v' = \sigma_{vo}' + q$$

(Προφανώς θα ισχύει $\sigma_v' > \sigma_{vo}'$ άρα πρακτικά συνεχίζω επί του κλάδου φόρτισης...!)

athinageotech@hotmail.com

Η καθίζηση θα υπολογιστεί από τον τύπο:

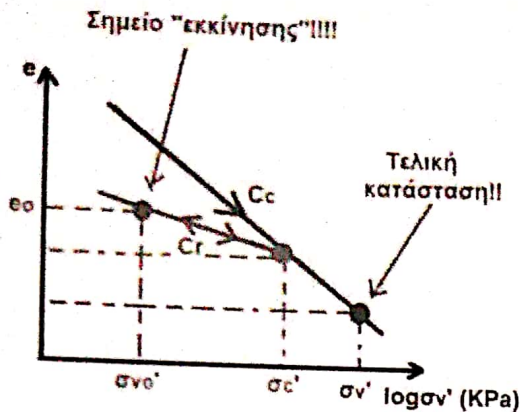
$$\Delta H_c = H * \frac{C_c}{1 + e_0} * \log \frac{\sigma_{vo}' + \Delta \sigma'}{\sigma_{vo}'}$$

που γράφεται και:

$$(\Delta H_c = H * \frac{C_c}{1 + e_0} * \log \frac{\sigma_{vo}' + q}{\sigma_{vo}'} = H * \frac{C_c}{1 + e_0} * \log \frac{\sigma_v'}{\sigma_{vo}'})$$

Σενάριο β)

$$\sigma_{vo}' < \sigma_c'$$



athinageotech@hotmail.com

(η γεωστατική τάση που υπολόγισα είναι μικρότερη από την δοθείσα τάση προφορτίσεως)

άρα το ζεύγος (σ_{vo}' , e_o) ικανοποιεί τον κλάδο αποφόρτισης (C_r)

(το έδαφος είναι προφορτισμένο! η τάση που δέχεται αυτή τη στιγμή -που είναι η γεωστατική- δεν είναι η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί στην ιστορία του μέχρι σήμερα!)

Βάζω το φορτίο και μόλις ολοκληρωθεί η καθίζηση θα έχουν πλέον μεταβληθεί οι ενεργές τάσεις !!!!
Υπολογίζω την τελική τάση:

$$\sigma_v' = \sigma_{vo}' + q$$

Ελέγχω αν η τελική τάση ($= \sigma_{vo}' + q$) υπερβαίνει ή όχι την τάση σ_c' (η οποία είναι και η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί το έδαφος ως τώρα)

Αν $\sigma_v' > \sigma_c'$ τότε η καθίζηση θα δίνεται από τον τύπο

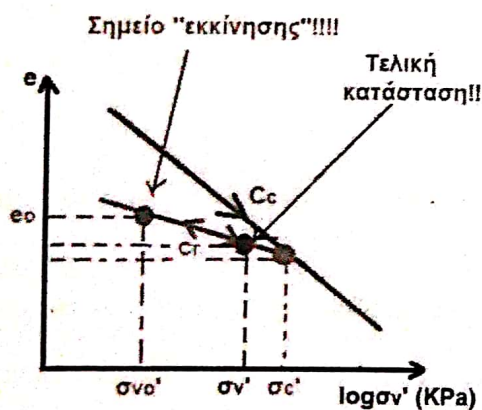
$$\Delta H_c = H * \frac{C_r}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo}'} + H * \frac{C_c}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma_{vo}' + \Delta \sigma'}{\sigma_c'}$$

που γράφεται και:

$$\Delta H_c = H * \frac{C_r}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo}'} + H * \frac{C_c}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma_{vo}' + q}{\sigma_c'}$$

Σενάριο γ)

$$\sigma_{vo}' < \sigma_c'$$



athinageotech@hotmail.com

(η γεωστατική τάση που υπολόγισα είναι μικρότερη από την δοθείσα τάση προφορτίσεως)

άρα το ζεύγος (σ_{vo}' , e_o) ικανοποιεί τον κλάδο αποφόρτισης (C_r)

(το έδαφος είναι προφορτισμένο! η τάση που δέχεται αυτή τη στιγμή -που είναι η γεωστατική- δεν είναι η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί στην ιστορία του μέχρι σήμερα!)

Βάζω το φορτίο και μόλις ολοκληρωθεί η καθίζηση θα έχουν πλέον μεταβληθεί οι ενεργές τάσεις !!!!
Υπολογίζω την τελική τάση:

$$\sigma_v' = \sigma_{vo}' + q$$

Ελέγχω αν η τελική τάση ($= \sigma_{vo}' + q$) υπερβαίνει ή όχι την τάση σ_c' (η οποία είναι και η μέγιστη τάση που έχει δεχθεί το έδαφος ως τώρα)

Αν $\sigma_v' < \sigma_c'$ τότε η καθίζηση θα δίνεται από τον τύπο

$$\Delta H_c = H * \frac{C_r}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma_{vo}' + \Delta \sigma'}{\sigma_{vo}'}$$

που γράφεται και:

$$\Delta H_c = H * \frac{C_r}{1 + e_o} * \log \frac{\sigma_{vo}' + q}{\sigma_{vo}'}$$

Απόδειξη τύπου καθίζησης

Επειδή ο άκαμπτος δακτύλιος παρεμποδίζει την ανάπτυξη των ορθών παραμορφώσεων στο οριζόντιο επίπεδο $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$, η παραμόρφωση του όγκου του δοκιμίου ε_{vol} είναι ίση με την κατακόρυφη ορθή παραμόρφωση ε_z

$$\varepsilon_{vol} = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \varepsilon_z = \frac{\Delta h}{h_0}$$

$$\varepsilon_{vol} = -\Delta V/V_0 = \frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{(V_0 + V_s) - (V_v + V_s)}{V_0 + V_s} = \frac{V_0 - V_v}{V_0 + V_s} = \frac{(V_0 - V_v)/V_s}{(V_0 + V_s)/V_s} = \frac{e_0 - e}{1 + e_0}$$

όπου e, e_0 τελική και αρχική τιμή δείκτη πόρων, αντίστοιχα

V, V_0 τελικός και αρχικός όγκος εδαφικού στοιχείου, αντίστοιχα

athinageotech@hotmail.com

Ισχύει (για κάθε περίπτωση φόρτισης) ο τύπος:

$$\varepsilon_{vol} = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

Καθώς και ο τύπος (για κάθε περίπτωση φόρτισης):

$$\varepsilon_{vol} = -\Delta V/V_0 = -\Delta e/(1+e_0) = -(e-e_0)/(1+e_0) = (e_0-e)/(1+e_0)$$

Όπου ε_{vol} είναι η ογκομετρική παραμόρφωση (volumetric)

Όμως, ειδικά σε συνθήκες **μονοδιάστατης συμπίεσης (1D)** (που θεωρούμε ως παραδοχή κατά την επίλυση της καθίζησης), ισχύει και: $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ (παρεμποδίζονται οι πλευρικές παραμορφώσεις)

Συνεπώς, ειδικά για συνθήκες **μονοδιάστατης συμπίεσης** καταλήγουμε ότι: $\varepsilon_{vol} = \varepsilon_z$ (η ογκομετρική παραμόρφωση ταυτίζεται δηλαδή με την κατακόρυφη παραμόρφωση)

$$\text{Ή αλλιώς } \varepsilon_z = -\Delta e/(1+e_0) = -(e-e_0)/(1+e_0) = (e_0-e)/(1+e_0)$$

Σημείωση: Η κατακόρυφη παραμόρφωση συμβολίζεται είτε ως (ε_z) ή (ε_v) ή $(\Delta \varepsilon_v)$ (v: vertical)

athinageotech@hotmail.com

Τελικώς μπορούμε να συνοψίσουμε τα προηγούμενα στον εξής τύπο:

$$\Delta e_{\text{εν}} = -\Delta e / (1 + e_0) = -(e - e_0) / (1 + e_0) = (e_0 - e) / (1 + e_0)$$

όπου

$e_0 \rightarrow$ αρχικός δείκτης πόρων (στην αρχική κατάσταση)

$e \rightarrow$ τελικός δείκτης πόρων (στην τελική κατάσταση). ενίοτε συμβολίζεται και ως e_f

$\Delta e \rightarrow$ μεταβολή του δείκτη πόρων, δηλαδή $\Delta e = e - e_0$ (η μεταβολή πάντα ορίζεται ως τελικό μείον αρχικό !!)

$\Delta e_{\text{εν}} \rightarrow$ κατακόρυφη παραμόρφωση

Σημείωση: Η παραμόρφωση είναι αδιάστατο μέγεθος (δεν έχει μονάδες)

Εάν θέλουμε να υπολογίσουμε την καθίζηση (ή ανύψωση) τότε θα ισχύει:

$\epsilon z = \Delta h / h$ (κατά τον ορισμό της παραμόρφωσης)

Άρα

$$\Delta h = \epsilon z \cdot h \quad \text{ή} \quad \Delta h = \Delta e_{\text{εν}} \cdot h \quad \text{ή} \quad \Delta h = [(e_0 - e) / (1 + e_0)] \cdot h$$

όπου h : πάχος στρώσης, Δh : καθίζηση athinageotech@hotmail.com

Τελικώς για το θέμα της καθίζησης χρειαζόμαστε τον τύπο της καθίζησης με τα C_c , C_r (ανάλογα το σενάριο στο οποίο είμαι διαλέγω και τύπο! Θα δίνει στην εκφώνηση το τυπολόγιο για όλα τα σενάρια) αλλά καμιά φορά λωπάει και τον δείκτη πόρων στην τελική κατάσταση (αυτόν δηλαδή που αντιστοιχεί στην $\sigma_v' = \sigma_{vo}' + q$), οπότε θα δίνει στην εκφώνηση και τον τύπο:

$$\Delta e_{\text{εν}} = -\Delta e / (1 + e_0)$$

τον οποίο εμείς μάθαμε ότι μπορούμε να τον γράφουμε εν τέλει και :

$$\Delta h = [(e_0 - e) / (1 + e_0)] \cdot H$$

έχω βρει καθίζηση, Δh , ξέρω αρχικό δείκτη πόρων, e_0 , ξέρω πάχος στρώματος, H , οπότε λύνω ως προς τον τελικό δείκτη πόρων, e)

