

1. Οι συνηθέστερες δοκιμές της Εδαφομηχανικής

2. Μονοδιάστατη συμπίεση

- Τυπική συμπεριφορά (σ'_v - ϵ_v)
- Μέτρο Συμπίεσης (D)
- Φόρτιση - αποφόρτιση - επαναφόρτιση
- Διαφορές αργίλων-άμμων
- Συντελεστής ουδέτερης ώθησης γαιών K_0
- Υπολογισμός καθιζήσεων

καθίζηση

3. Διατμητική φόρτιση

- Συνήθεις δοκιμές
- Τυπική συμπεριφορά
- ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΟΤΗΤΑ
- Άμμοι - επίδραση του Dr
- Άργιλοι - επίδραση του OCR

αστοχία

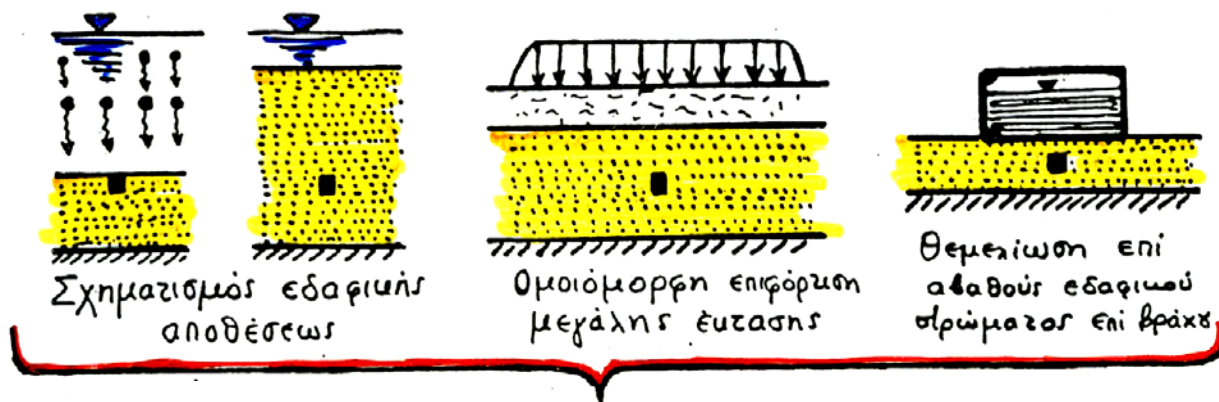
1. Οι συνηθέστερες δοκιμές της Εδαφομηχανικής

Γεωτεχνικά Προβλήματα

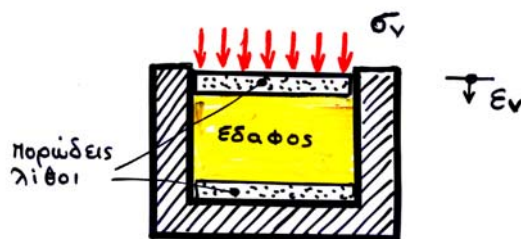


Δοκιμές Γεωτεχνικής

I



Μονοδιάστατη συμπίεση ($\epsilon_y = 0$)

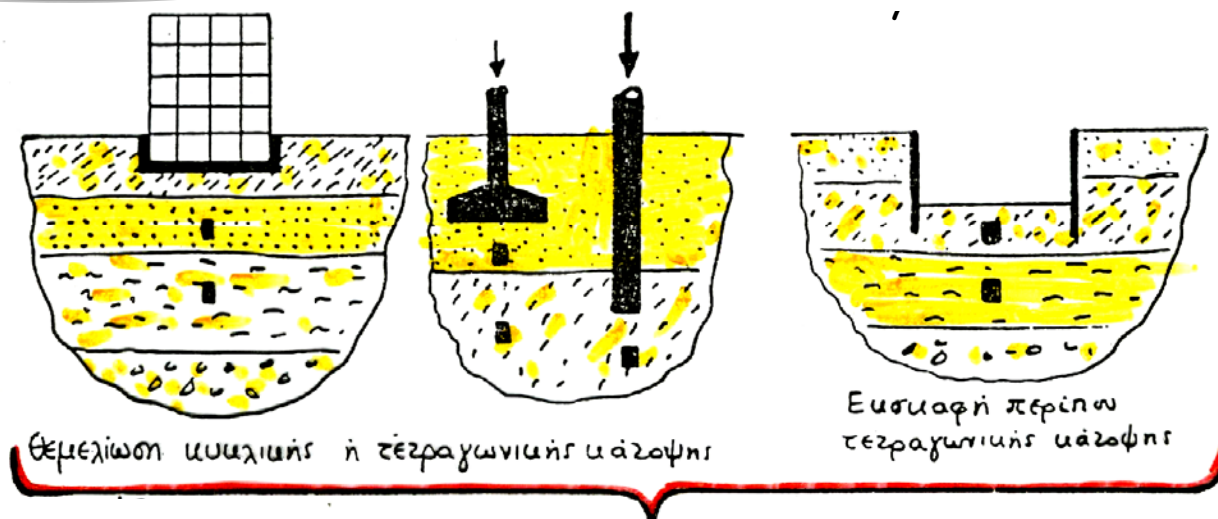


Γεωτεχνικά Προβλήματα

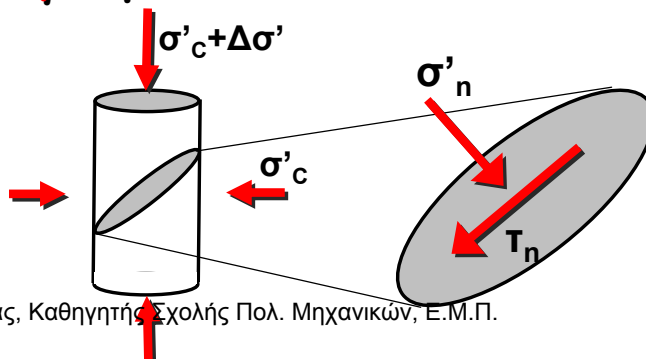


Δοκιμές Γεωτεχνικής

II



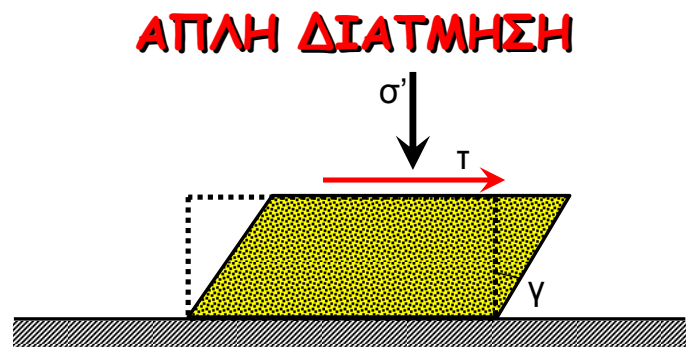
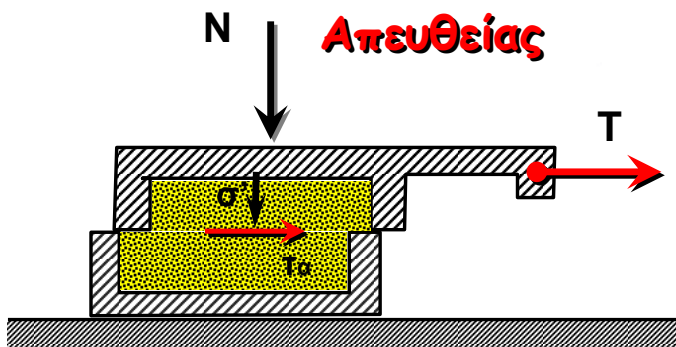
Αξονοσυμμετρική ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ



Συμπίεση & διάτμηση

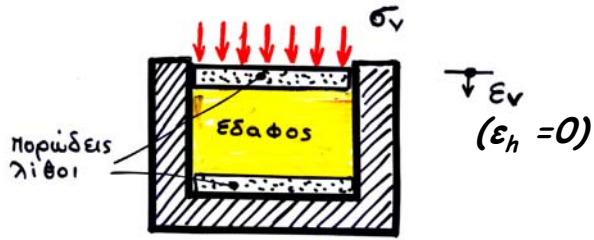


III



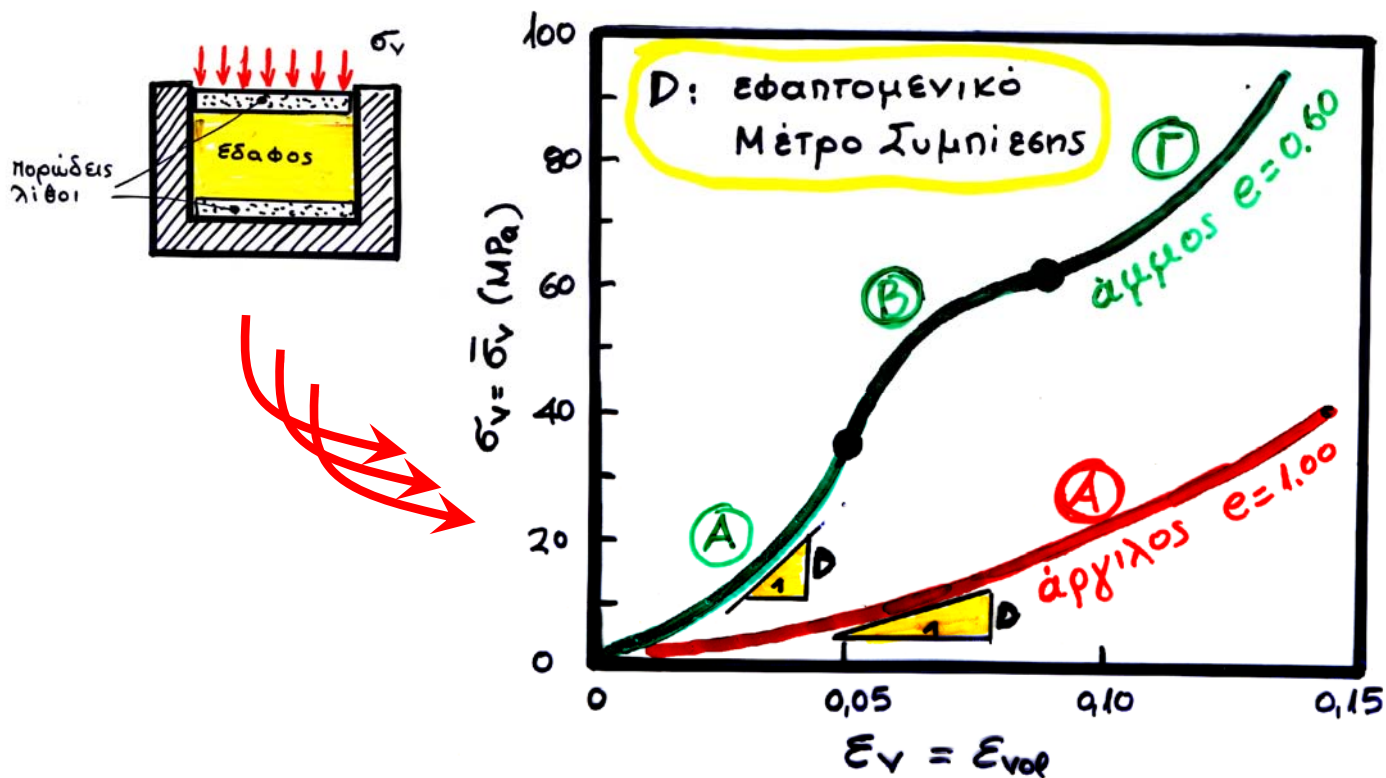
2. Μονοδιάστατη Συμπίεση

α. Ελαστική συμπεριφορά



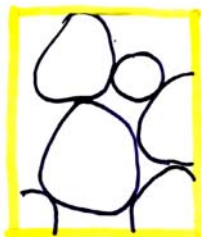
+ $\epsilon_v - \sigma'_v$?
+ $\sigma'_h =$?
+ αποφόρτιση - επαναφόρτιση ?

β. Τυπική Συμπεριφορά $\sigma'_v - \epsilon_v$



ά μ μ ο ι

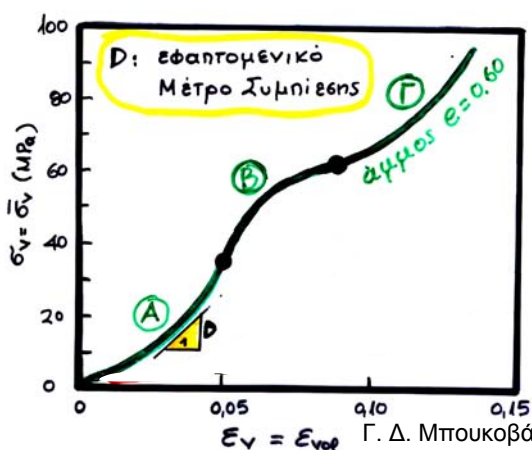
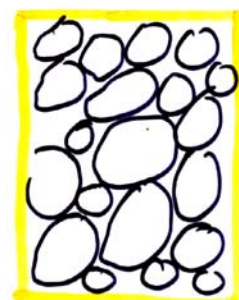
κλάδος Α: ΚΡΑΤΥΝΣΗ



κλάδος Β: ΧΑΛΑΡΩΣΗ



κλάδος Γ: ΚΡΑΤΥΝΣΗ
(άλλη άμμος)



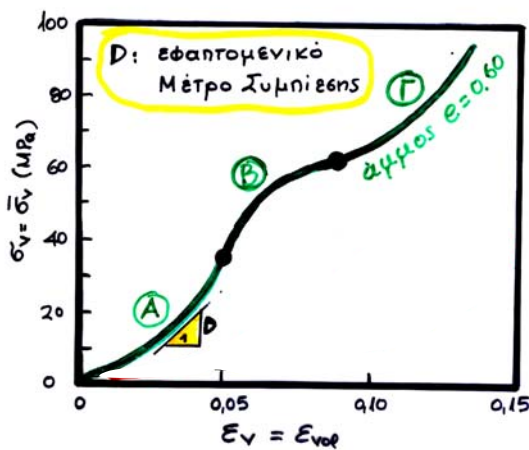
αργίλοι



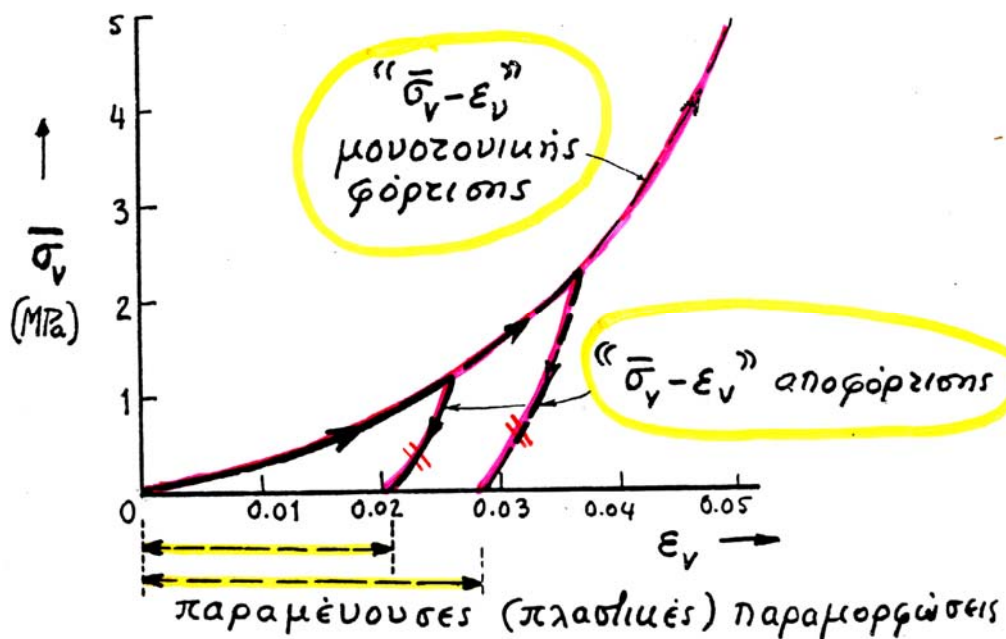
κλάδος **A**: μόνον ΚΡΑΤΥΝΣΗ

ΕΠΙΠΛΕΟΝ

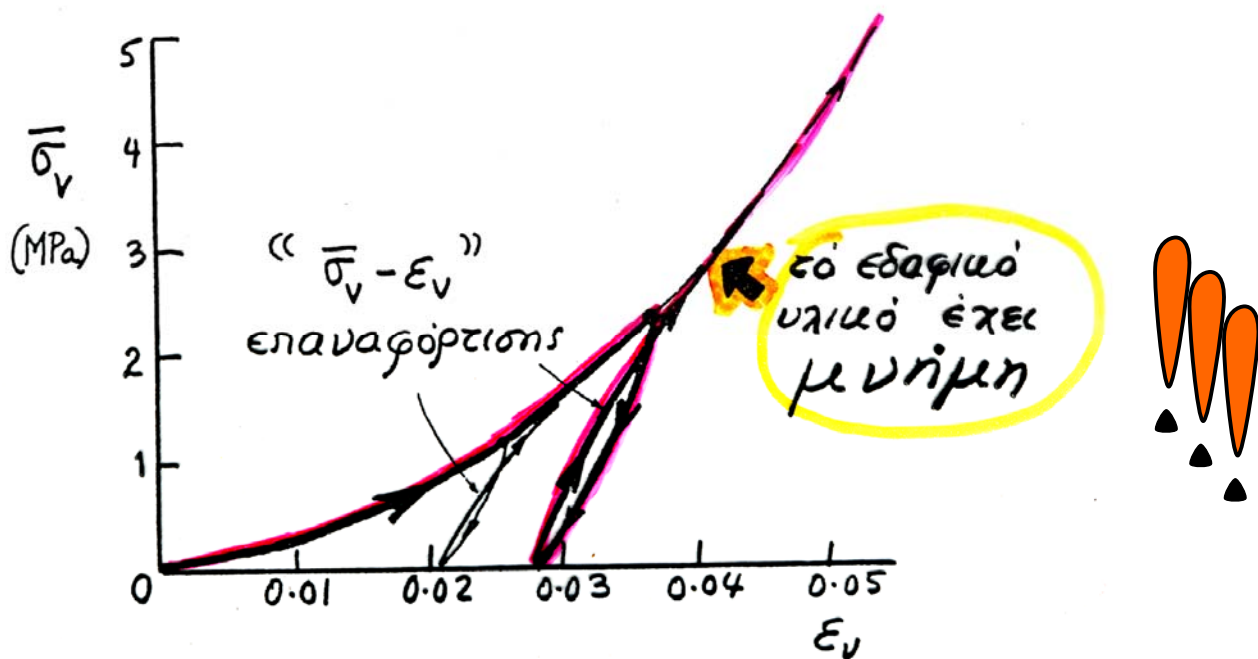
$D_{\text{αργίλου}} \ll D_{\text{άμμου}}$



Υ. Φόρτιση - Αποφόρτιση



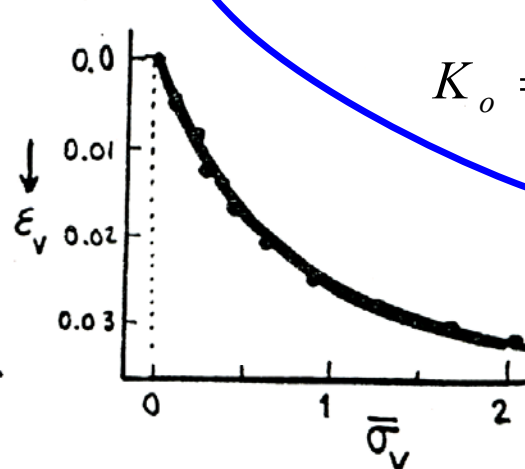
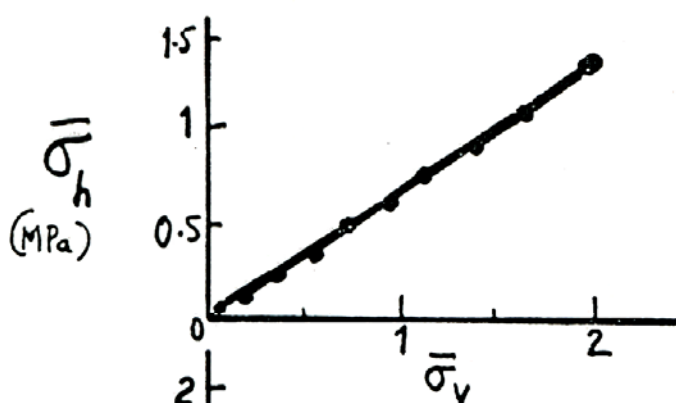
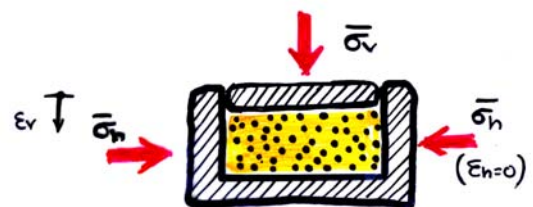
γ. Φόρτιση - Αποφόρτιση - Επαναφόρτιση



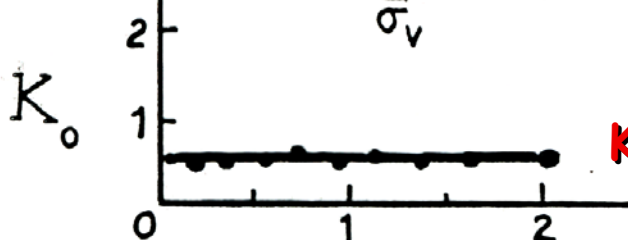
$$D_{\text{αποφ}} \approx D_{\text{επαναφ}} \gg D_{\text{φόρτισης}}$$

δ. Συντελεστής ουδέτερης (γεωστατικής) ώθησης γαιών

Φόρτιση

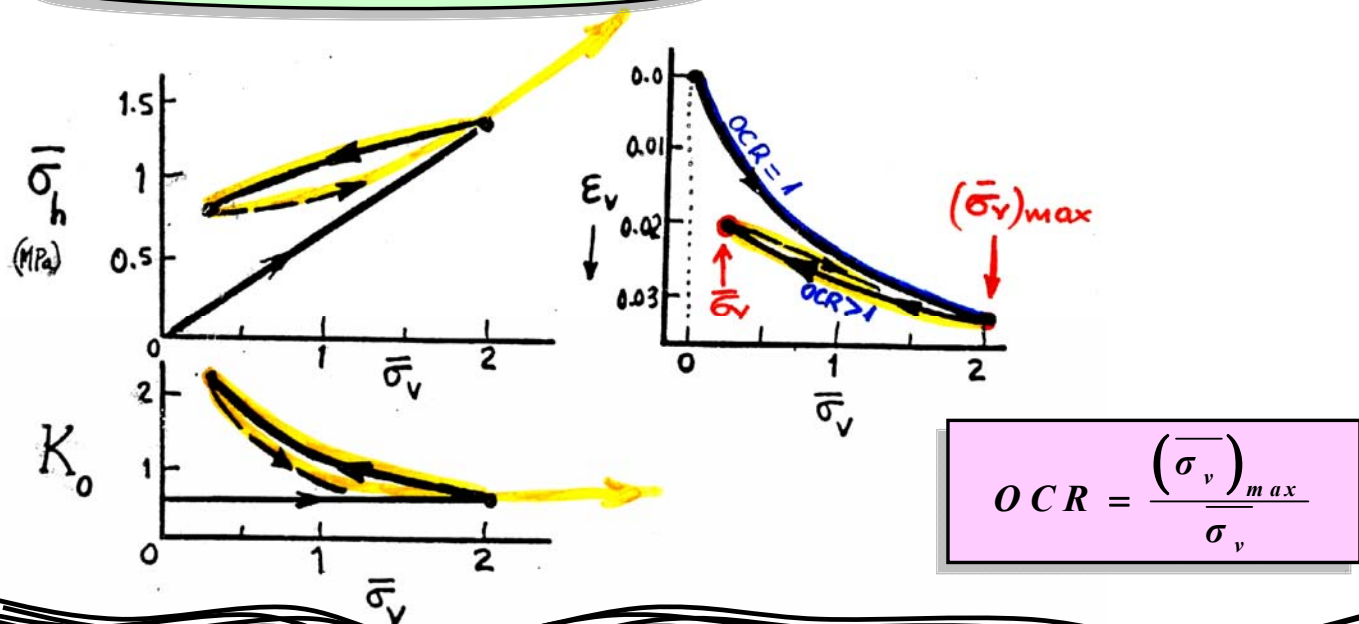


$$K_o = \frac{\bar{\sigma}_h}{\bar{\sigma}_v}$$



$$K_o = 0.50 \pm 0.10$$

αποφόρτιση - επαναφόρτιση

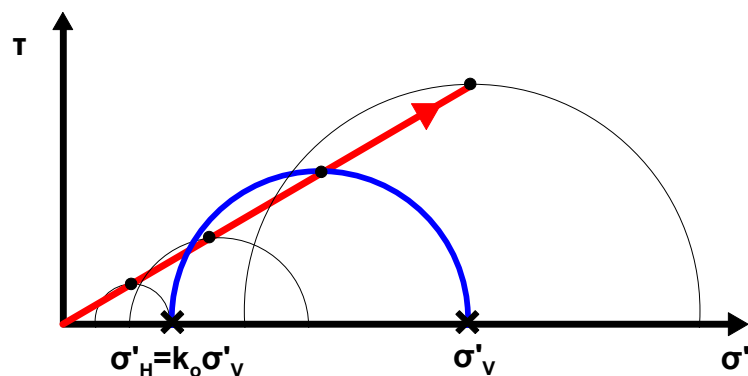


υπολογισμός
του K_o

- αρχική φόρτιση: $K_o = 1 - \sin \varphi$
- αποφόρτιση-επαναφόρτιση: $K_o = (1 - \sin \varphi) OCR^{\sin \varphi}$
(φ = γωνία τριβής, $\tan \varphi = \mu$)
- από θεωρία ελαστικότητας: $K_o = \nu / (1 - \nu)$

Κύκλος MOHR κατά την μονοδιάστατη συμπίεση

Φόρτιση

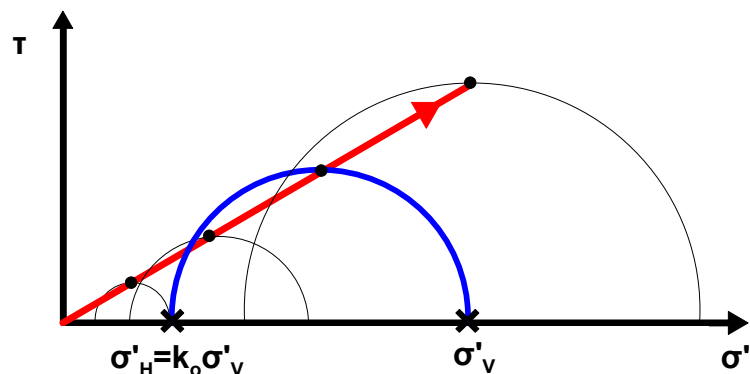


Η κόκκινη γραμμή, η οποία ενώνει τις κορυφές των κύκλων Mohr, λέγεται “διαδρομή τάσεων” ή “τασική όδευση” (κατά την μονοδιάστατη συμπίεση).

ΕΡΩΤΗΣΗ:

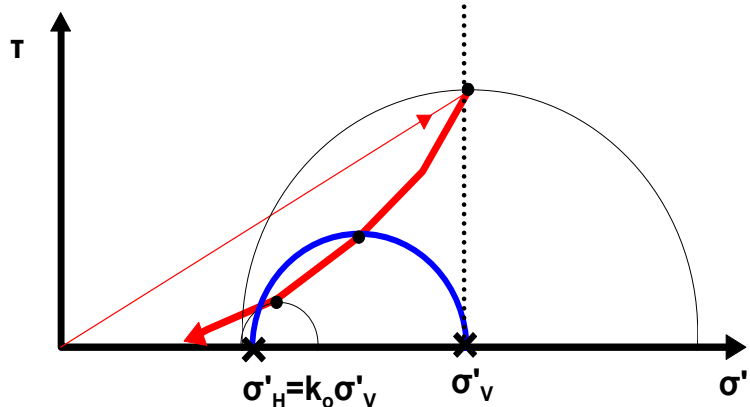
Πως μεταβάλλεται η ανωτέρω “τασική όδευση”, κατά την αποφόρτιση-επαναφόρτιση, όταν αυξάνει δηλαδή ο συντελεστής ουδέτερης ώθησης γιαών K_o .

Φόρτιση



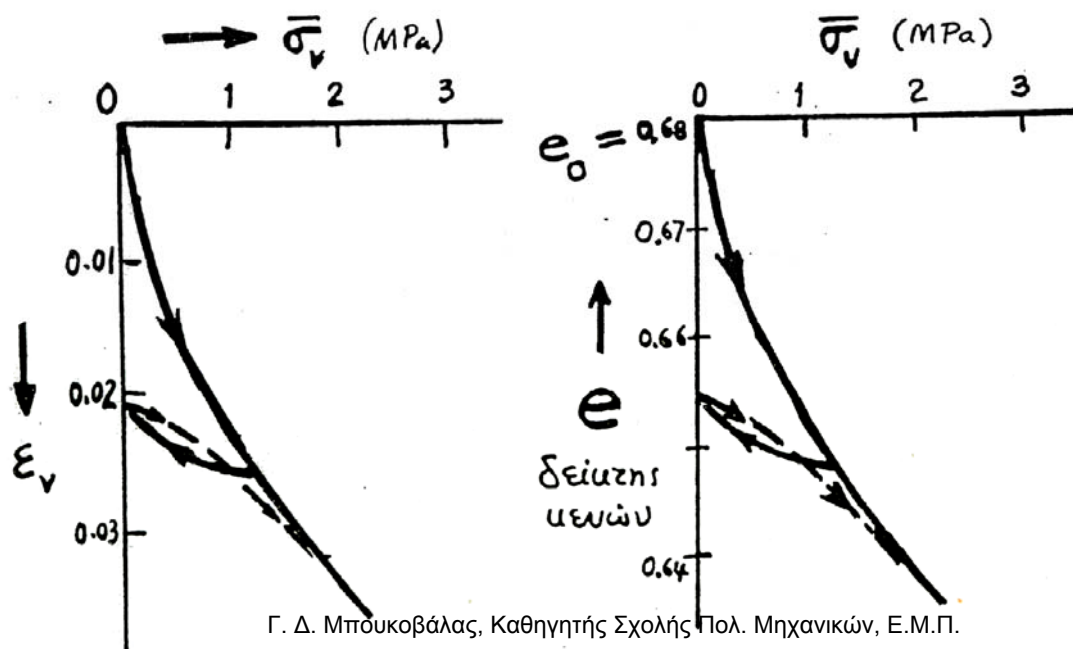
**αποφόρτιση
- επαναφόρτιση**

($K_{o \text{ αποφ.}} > K_{o \text{ φορτ.}}$)



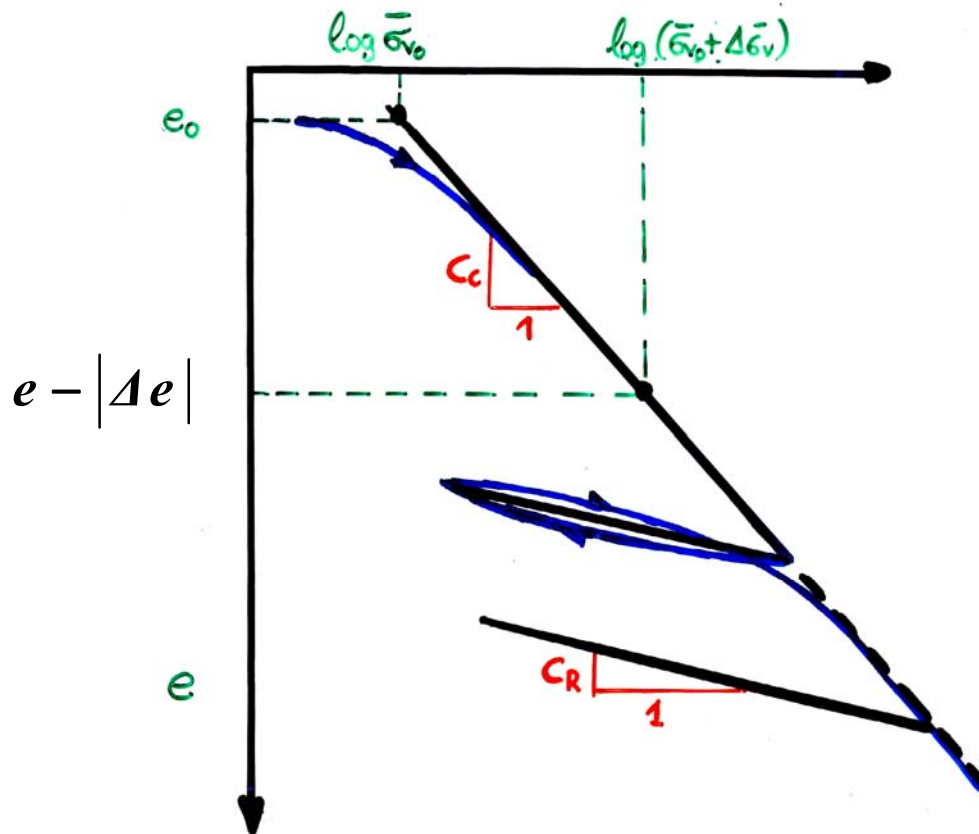
ε. Υπολογισμός καθιζήσεων

μια και $\varepsilon_v = - \frac{\Delta e}{1 + e_o}$ (γιατί ::::)



ή εναλλακτικά

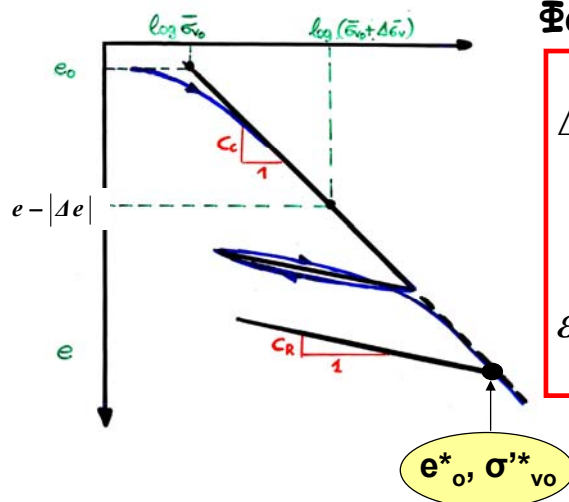
$$\Delta e = -C_{C,R} \log_{10} \frac{\sigma'_{V,final}}{\sigma'_{V,init.}}$$



ή εναλλακτικά

$$\Delta e = -C_{C,R} \log_{10} \frac{\sigma'_{V,final}}{\sigma'_{V,init.}}$$

Φόρτιση



$$\Delta e = -C_c \log \frac{\overline{\sigma}_{vo} + \Delta \overline{\sigma}_v}{\overline{\sigma}_{vo}}$$

$$\varepsilon_v = -\frac{\Delta e}{1 + e_o} = +\frac{C_c}{1 + e_o} \log \frac{\overline{\sigma}_{vf}}{\overline{\sigma}_{vo} + \Delta \overline{\sigma}_v}$$

Αποφόρτιση

$$\Delta e = -C_R \log \frac{\overline{\sigma}^*_{vo} + \Delta \overline{\sigma}_v}{\overline{\sigma}^*_{vo}}$$

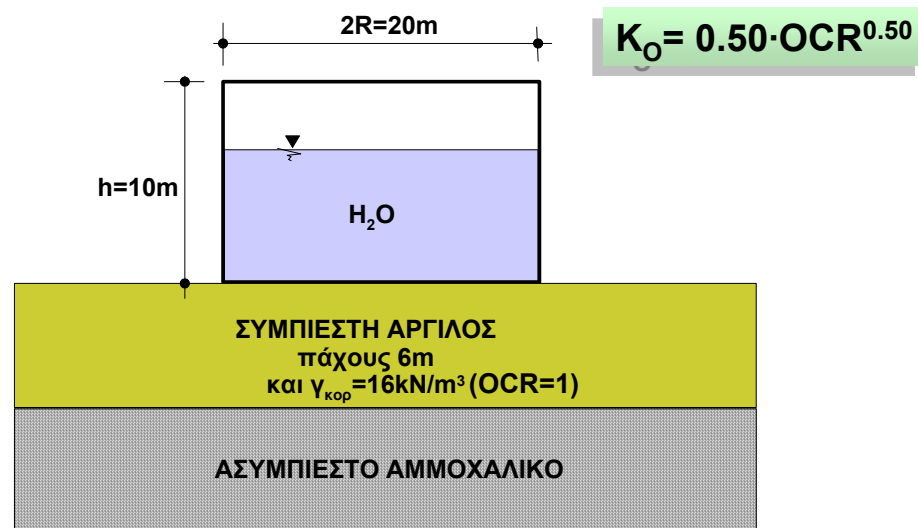
$$\varepsilon_v = -\frac{\Delta e}{1 + e^*_o} = +\frac{C_R}{1 + e^*_o} \log \frac{\overline{\sigma}_{vf}}{\overline{\sigma}^*_{vo} + \Delta \overline{\sigma}_v}$$

[$\Delta \sigma'_v < 0$]

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Ι

Να υπολογισθούν οι τάσεις (κατακόρυφη και οριζόντια) στο μέσον της αργιλικής στρώσης για

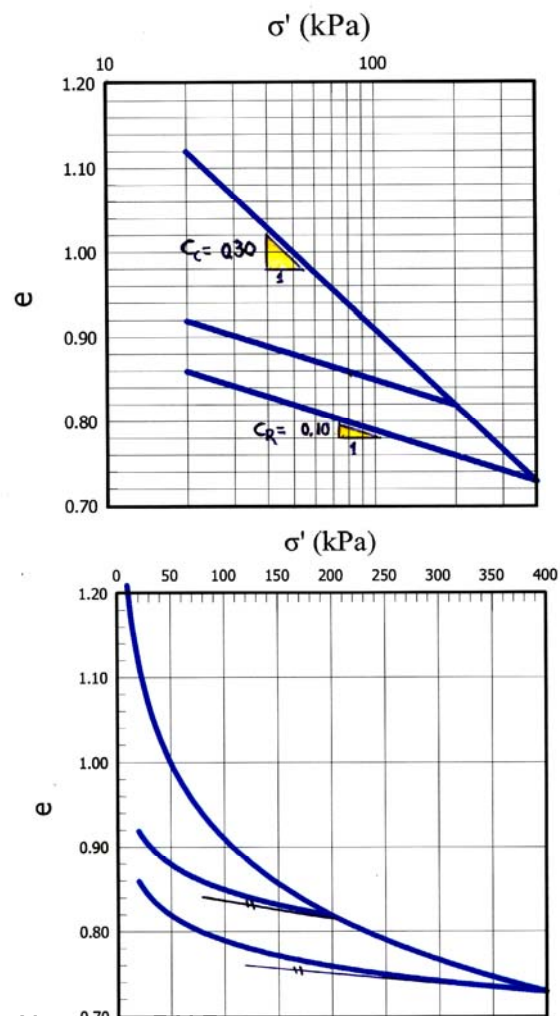
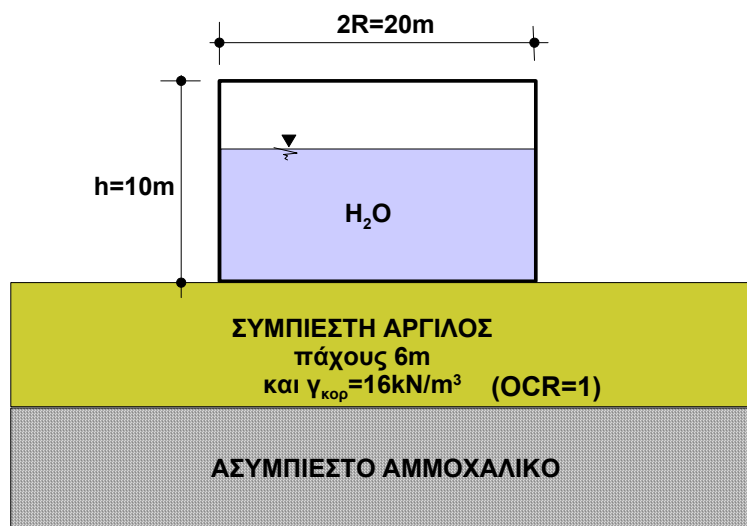
- (α) γεωστατικές συνθήκες
- (α) αρχικό γέμισμα της δεξαμενής έως τα +5m
- (β) ακόλουθο άδειασμα της δεξαμενής
- (γ) ξανα-γέμισμα της δεξαμενής έως τα +10m



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΙΙ

Να υπολογισθεί η καθίζηση της δεξαμενής του σχήματος, για την παραπλεύρως εικονιζόμενη καμπύλη συμπίεσομέτρου της αργίλου.

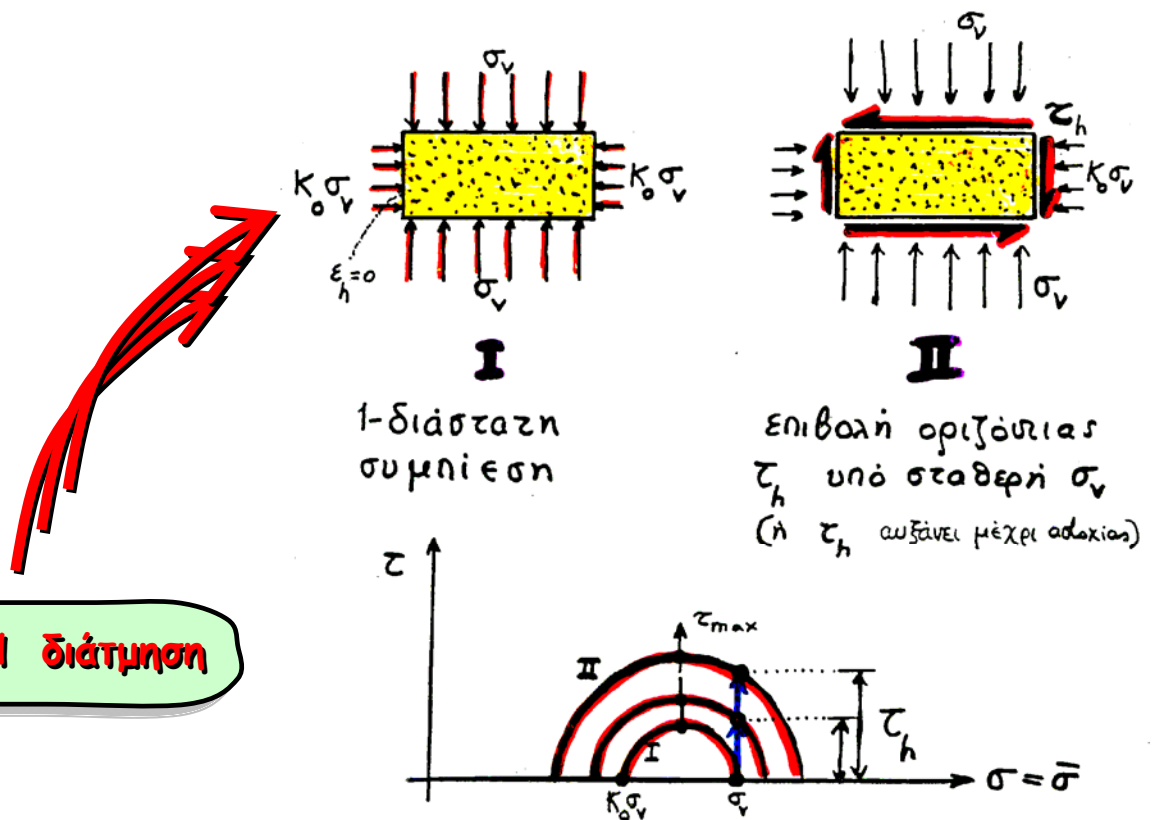
- (α) Για αρχικό γέμισμα της δεξαμενής έως τα +5m
- (β) Για ακόλουθο άδειασμα της δεξαμενής
- (γ) Για ξανα-γέμισμα της δεξαμενής έως τα +10m



3. Διάτμηση

α. Συνήθειες δοκιμές

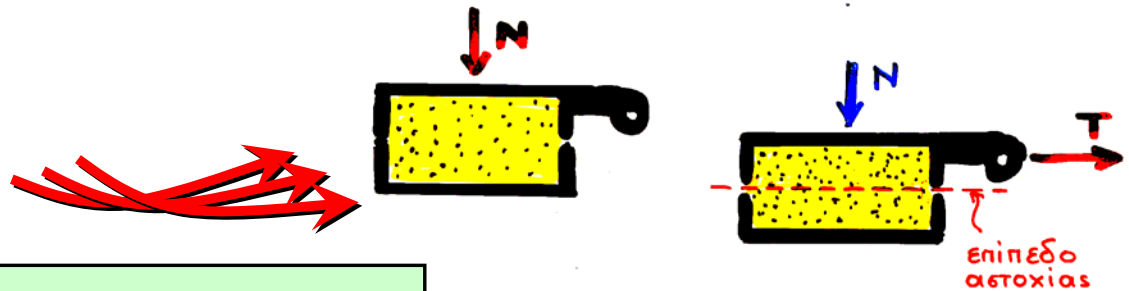
Δύο φάσεις φορτίσεως



ΑΠΛΗ διάτμηση

ΑΠ' ΕΥΘΕΙΑΣ διάτμηση

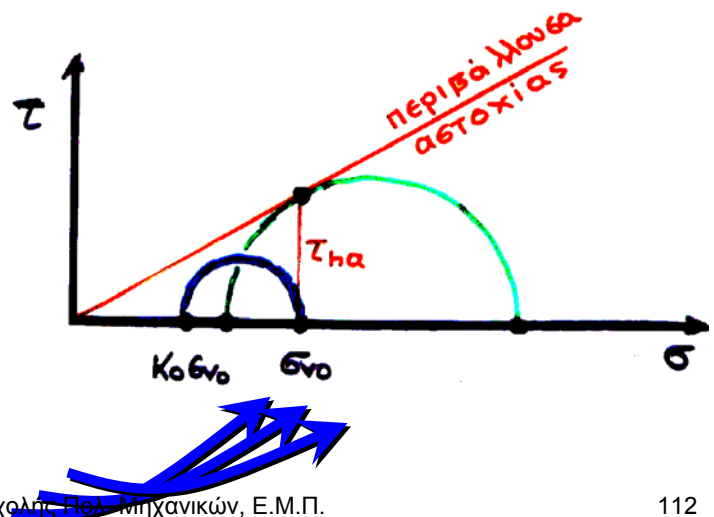
και πάλι
δύο βήματα
φόρτισης



ΠΡΟΣΟΧΗ !

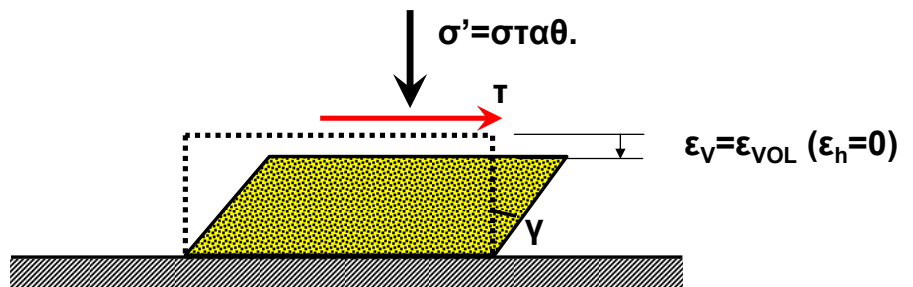
Η δοκιμή αυτή (αν και η παλαιότερη) είναι η πλέον δύσκολη από πλευράς ερμηνείας για δύο λόγους:

- οι τάσεις που αναπτύσσονται **δεν είναι ομοιόμορφες**
- η εντατική κατάσταση είναι γνωστή μόνον σε δύο στάδια: κατά την **στερεοποίηση** και κατά την **αστοχία**

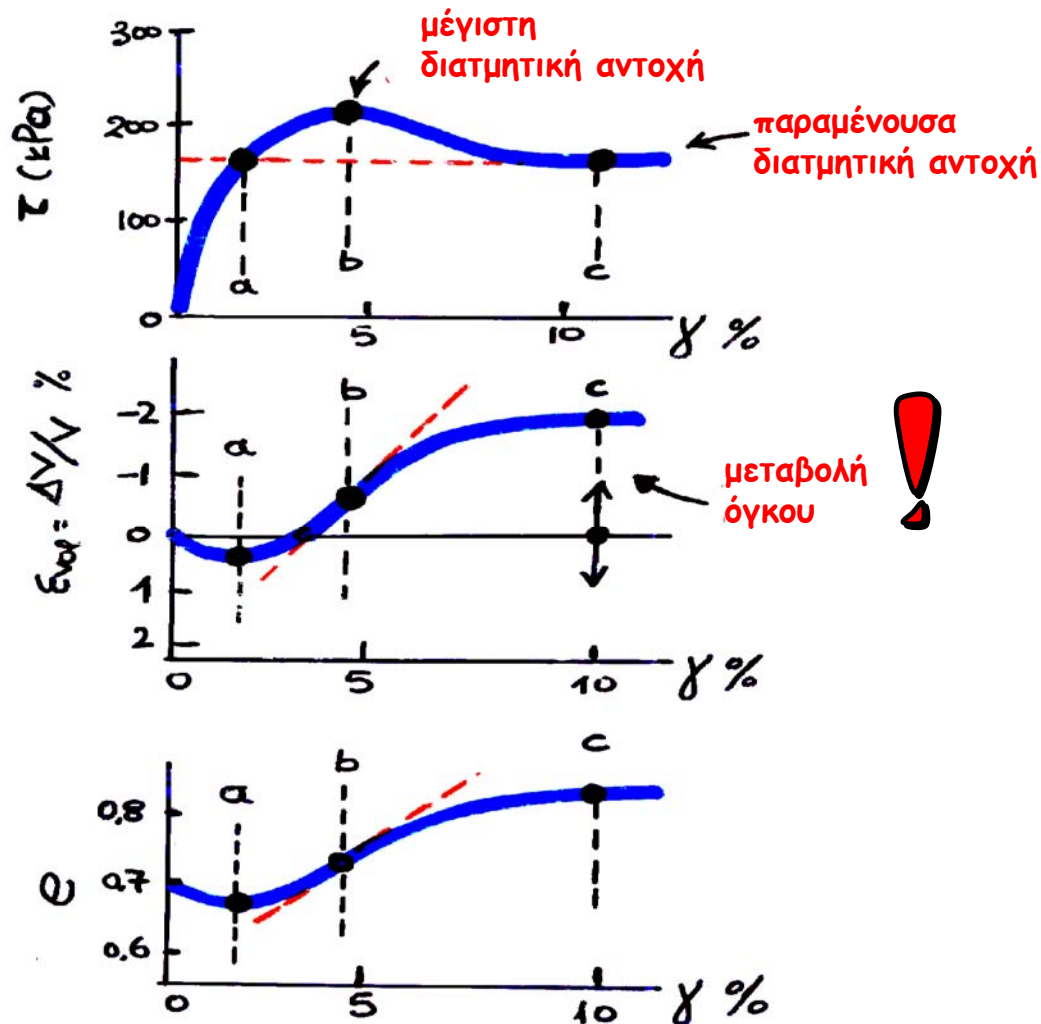


β. Ελαστική συμπεριφορά (απλή διάτμηση)

• $\tau - \gamma$?
• $\epsilon_{VOL} = ?$
• αποφόρτιση - επαναφόρτιση ?

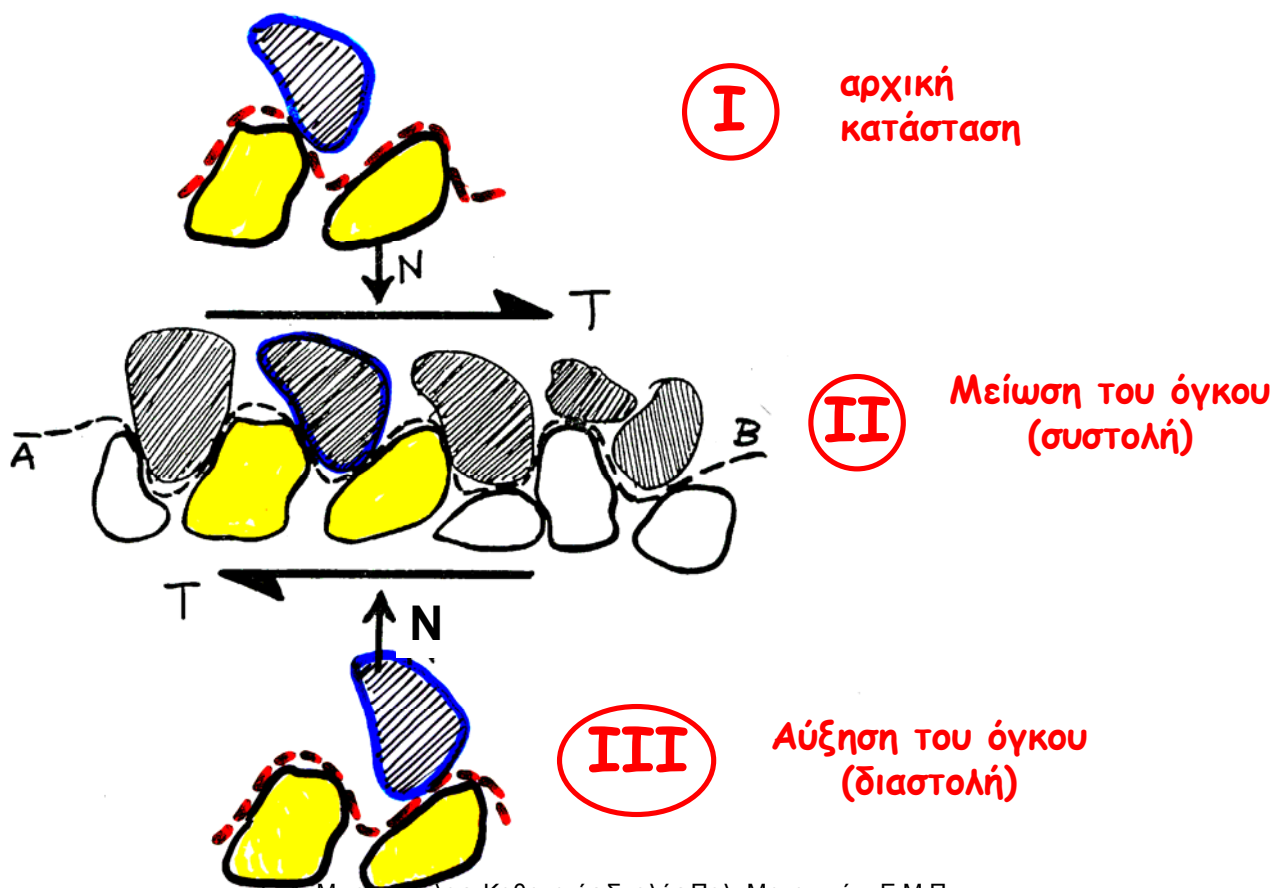


**Υ. Τυπική Συμπεριφορά
(απλή διάτμηση)**

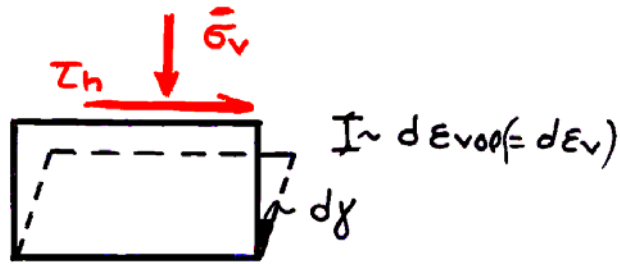


(στ) Ερμηνεία της ογκομετρικής παραμόρφωσης:

Διαστολικότητα (μικροσκοπική θεώρηση)



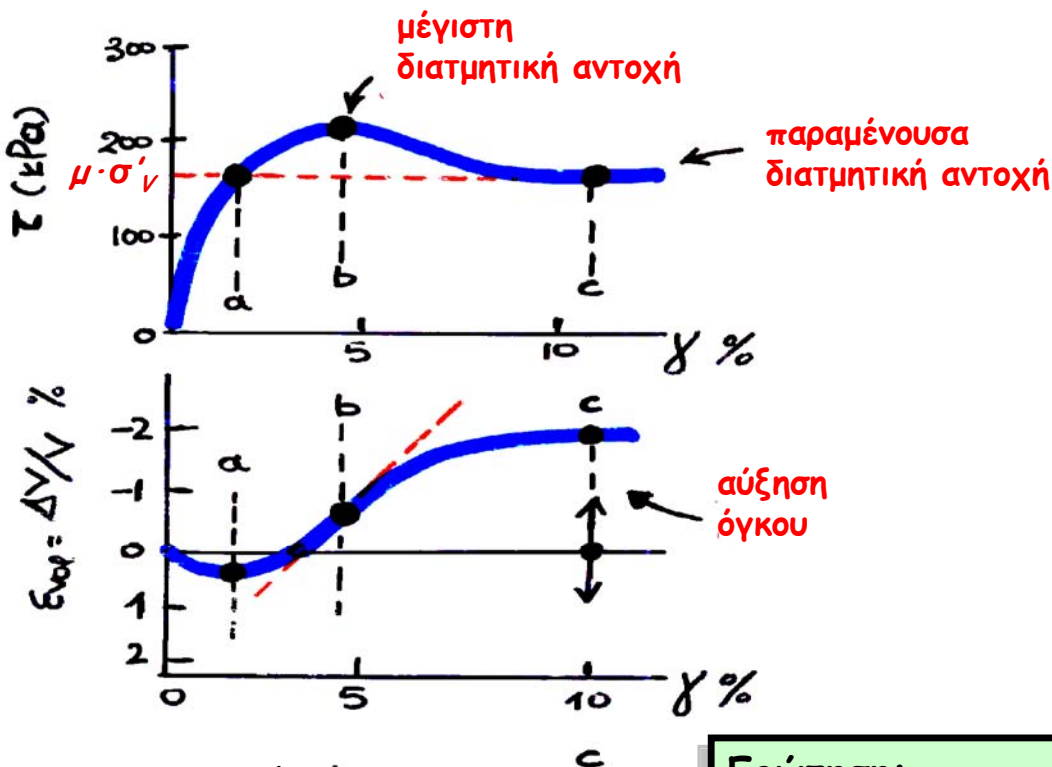
Διαστολικότητα: αναλυτική θεώρηση



$$\underbrace{\tau_h \cdot d\gamma + \bar{\sigma}_v \cdot d\epsilon_{vol}}_{\text{έργο εξωτερικών δυνάμεων}} = \underbrace{(\mu \bar{\sigma}_v) \cdot d\gamma}_{\text{έργο εσωτερικών δυνάμεων (τριβής)}}$$

έργο εξωτερικών δυνάμεων = έργο εσωτερικών δυνάμεων (τριβής)

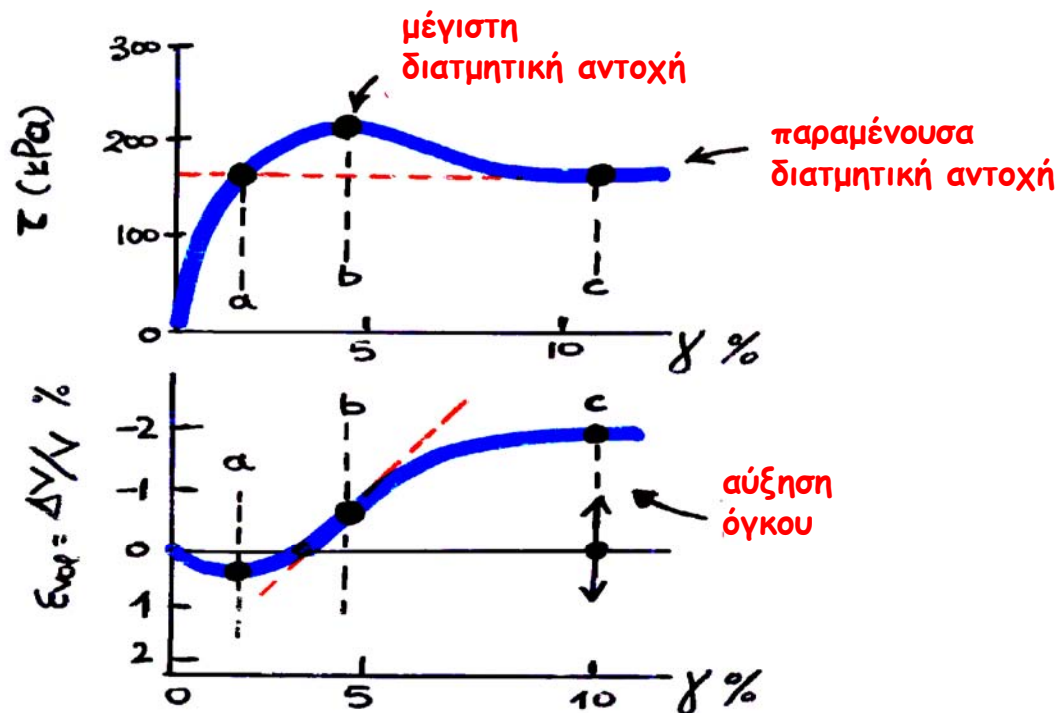
$$\frac{\tau_h}{\bar{\sigma}_v} = \mu - \frac{d\epsilon_{vol}}{d\gamma}$$



$$\frac{\tau_h}{\bar{\sigma}_v} = \mu - \frac{d\epsilon_{vol}}{d\gamma}$$

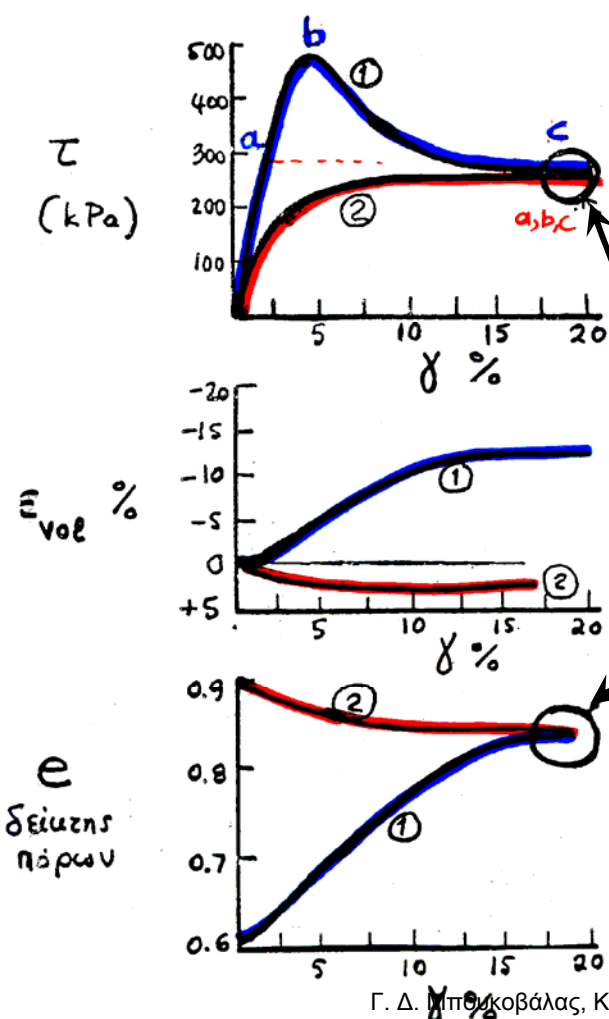
Ερώτηση:

Πώς ερμηνεύεται η τυπική συμπεριφορά σε διάτμηση (τ - γ , ϵ_{vol} - γ) με βάση τις ανωτέρω σχέσεις;



Ερώτηση:

Τι γίνεται με την αποφόρτιση - επαναφόρτιση;
Συνδυάστε όσα έχουμε κάνει έως σήμερα, και την λογική σας, για να σχεδιάσετε ένα πλήρη βρόγχο αποφόρτισης -επαναφόρτισης από το σημείο b.



δ. Άμμοι - επίδραση D_r

- ① $e_o = 0.60$, $D_r = 99\%$
- ② $e_o = 0.89$, $D_r = 14\%$

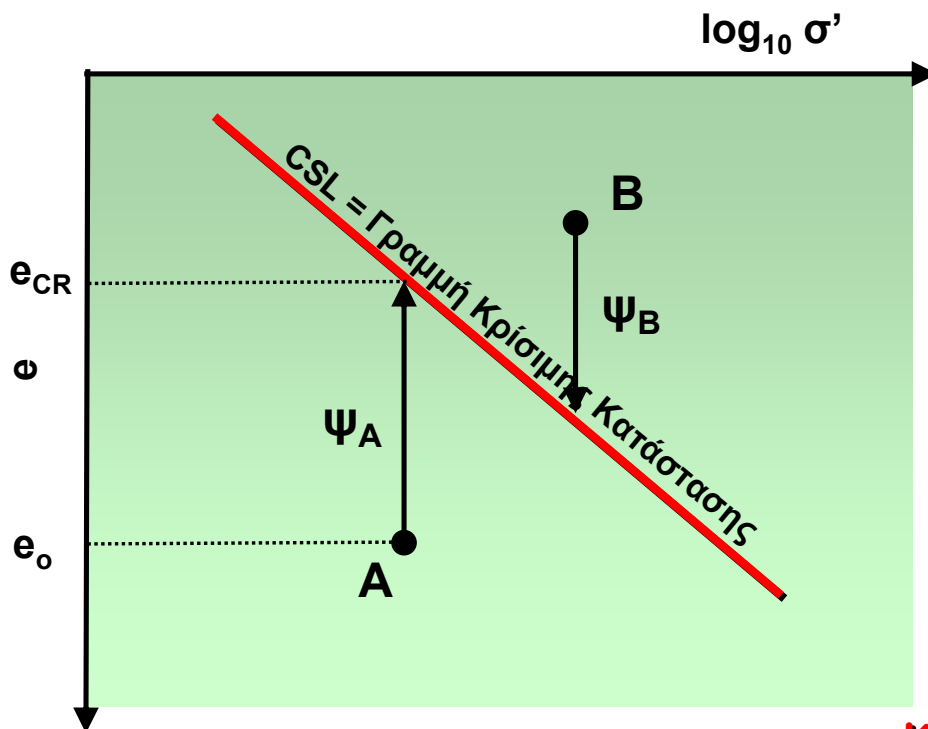
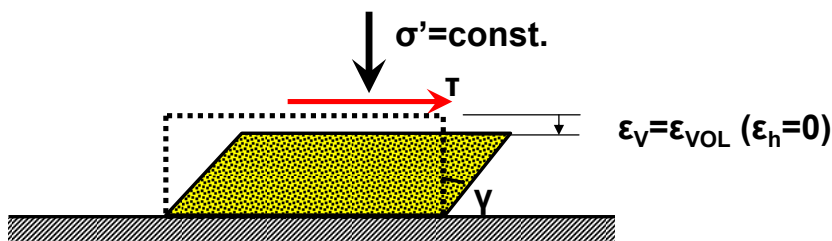
παραμένουσα διατμητική αντοχή
(ανεξάρτητη της αρχικής D_r , εξαρτάται
μόνον από την κατακόρυφη τάση σ'_v)

+

τελικός δείκτης πόρων e_{cr}
(ανεξάρτητος της αρχικής D_r , εξαρτάται
μόνον από την κατακόρυφη τάση σ'_v)



**ΚΡΙΣΙΜΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**



$$\Psi_B = e_o - e_{CR} > 0$$

..... συστολή

$$\Psi_A = e_o - e_{CR} < 0$$

..... διαστολή

**ΚΡΙΣΙΜΗ
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ**

Ε. Άργιλοι - επίδραση προφόρτισης (OCR)

α

αρχική στερεοποίηση

$$\sigma'_{v,max} = \sigma'_{v,o}$$

$$OCR = \frac{\sigma'_{v,max}}{\sigma'_{v,o}} = 1.00$$

(απροφόρτιστη άργιλος)

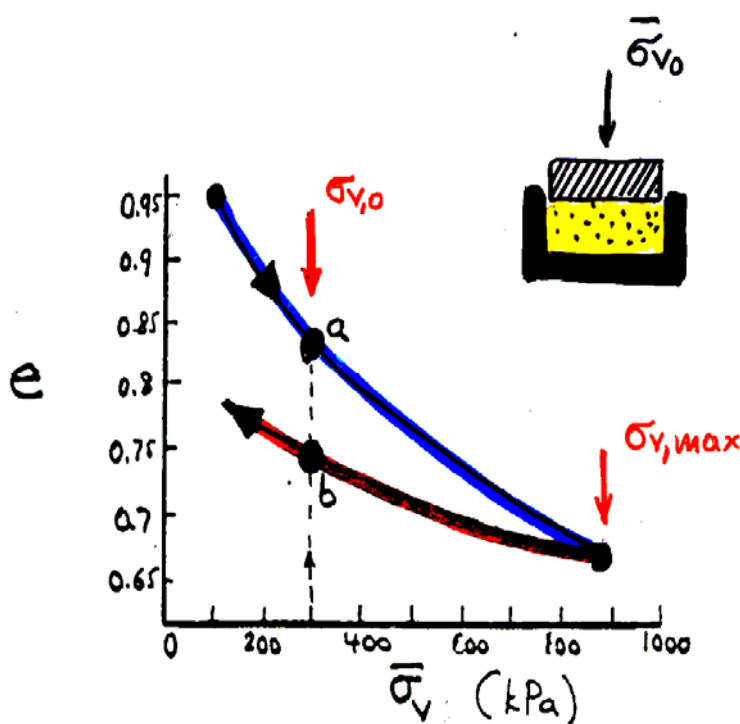
β

αποφόρτιση - επαναφόρτιση

$$\sigma'_{v,max} > \sigma'_{v,o}$$

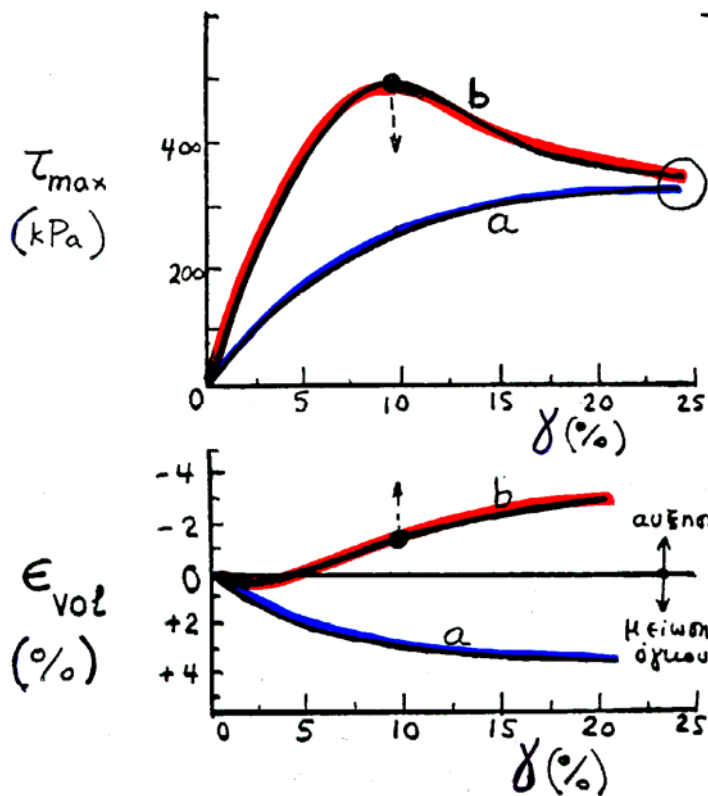
$$OCR = \frac{\sigma'_{v,max}}{\sigma'_{v,o}} > 1.00$$

(προφορτισμένη άργιλος)



απλή διάτμηση με

$$\bar{\sigma}_{vo} = 1000 \text{ kPa}$$



a

απροφόρτιστη άργιλος (OCR=1)

b

προφορτισμένη άργιλος (OCR>1)

γενικώς:

απροφόρτιστη
άργιλος



χαλαρή
άμμος

προφορτισμένη
άργιλος



πυκνή
άμμος

4. 3 - αξονική δοκιμή

α. Συνήθειες δοκιμές

Η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη στην πράξη 3-αξονική δοκιμή είναι η:

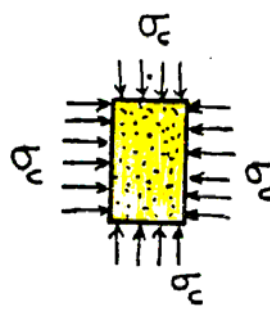
3-αξονική δοκιμή φόρτισης

(μια και περιλαμβάνει αύξηση της τάσης)

σε θλίψη

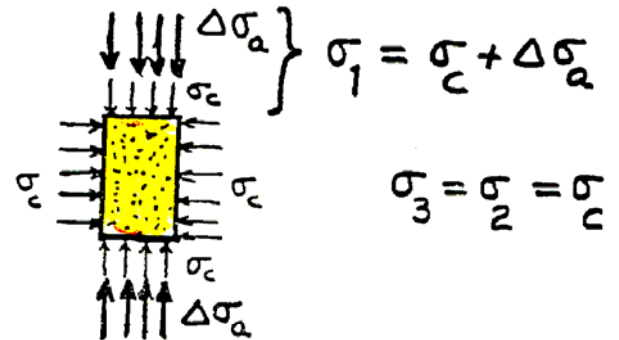
(μια και μειώνεται το ύψος του δοκιμίου)

Δύο φάσεις φορτίσεως



I

ισότροπη
(υδροστατική)
συμπίεση



II

επιβολή κατακόρυφης
 $\Delta\sigma_a$ υπό σταθερή σ_c .
($\Delta\sigma_a$ αυξάνει μέχρι αστοκίας)



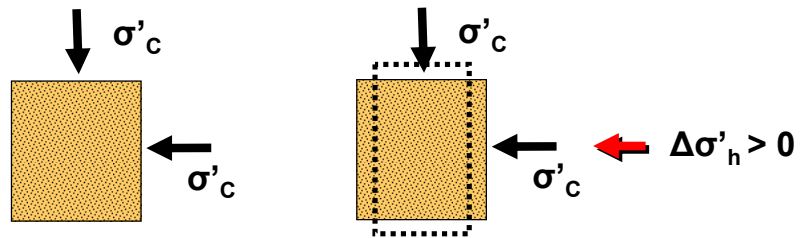
ΣΥΣΚΕΥΗ

ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ

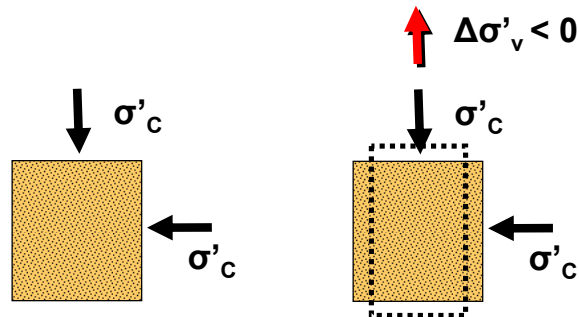
ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ

Υπάρχουν όμως και άλλες

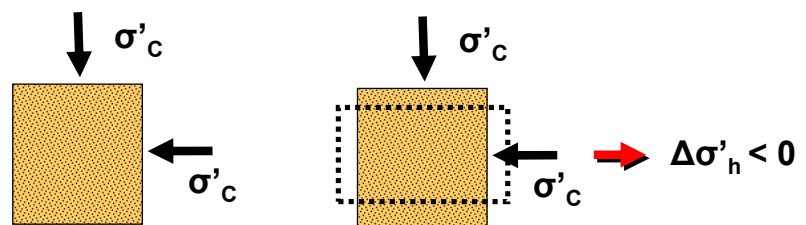
3-αξονική δοκιμή
φόρτισης
σε εφελκυσμό



3-αξονική δοκιμή
από-φόρτισης
σε εφελκυσμό



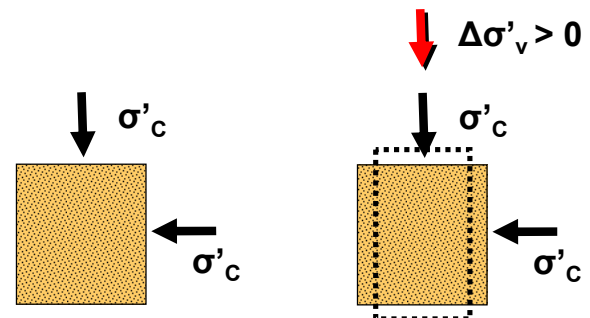
3-αξονική δοκιμή
από-φόρτισης
σε θλίψη



β. που είναι η διάτμηση;

μήπως υπάρχει και κάποια (ισότροπη) συμπίεση;

ας επανέλθουμε στην
3-αξονική δοκιμή
φόρτισης σε θλίψη . .

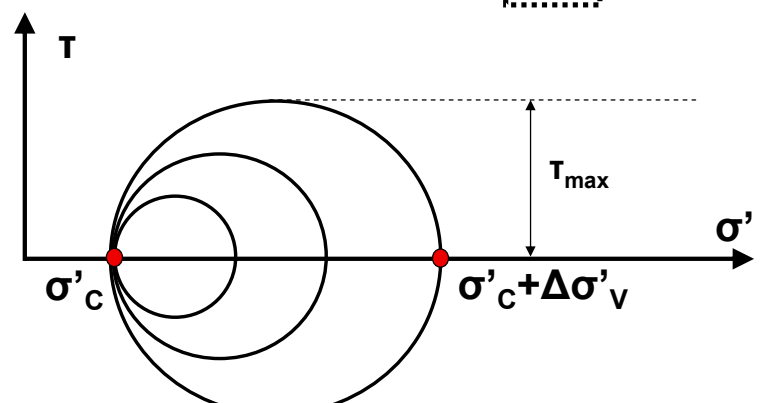


$$\tau_{max} = \frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2}, \text{ άρα}$$

$$\Delta \tau_{max} = \frac{\Delta \sigma'_v - \Delta \sigma'_h}{2} = \frac{\Delta \sigma'_v}{2}$$

$$\sigma'_{OCT} = \frac{\sigma'_v + 2\sigma'_h}{3}, \text{ άρα}$$

$$\Delta \sigma'_{OCT} = \frac{\Delta \sigma'_v + 2\Delta \sigma'_h}{3} = \frac{\Delta \sigma'_v}{3}$$



$$\gamma_{max} = \epsilon_v - \epsilon_h = \epsilon_v + \nu \cdot \epsilon_v = (1 + \nu) \cdot \epsilon_v$$

&

$$\epsilon_{VOL} = \epsilon_v + 2\epsilon_h = \epsilon_v + 2\nu \epsilon_v = (1 + 2\nu) \cdot \epsilon_v$$

Υ. Αντιστοιχία 3-αξονικής δοκιμής με δοκιμή ΑΠΛΗΣ διάτμησης

3-αξονική δοκιμή (φόρτισης σε θλίψη)

- $\Delta \tau_{max} = \frac{\Delta \sigma_v - \Delta \sigma_h}{2} = \frac{\Delta \sigma_v}{2}$
- $\gamma_{max} = \epsilon_v - \epsilon_h = (1 + \nu) \epsilon_v$
- $\epsilon_{vol} = \frac{\Delta V}{V} = \epsilon_v + 2\epsilon_h = (1 - 2\nu) \epsilon_v$
- $\nu = -\frac{\epsilon_h}{\epsilon_v}$

$\Delta \sigma_v / 2 - \epsilon_v$
 $\epsilon_{vol} - \epsilon_v$
 $\nu - \epsilon_v$
 $e - \epsilon_v$

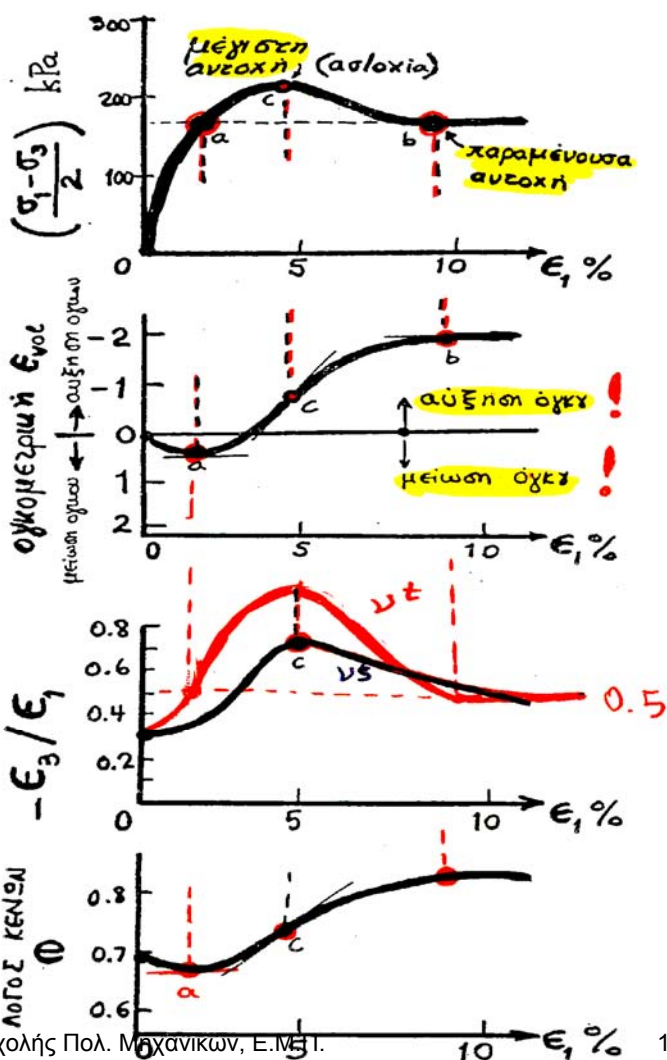
δοκιμή ΑΠΛΗΣ διάτμησης

- τ_h
- γ
- $\epsilon_{vol} = \epsilon_v \quad (\epsilon_h = 0)$
- ν

$\tau_h - \gamma$
 $\epsilon_{vol} - \gamma$
 x
 $e - \gamma$

Η συμπεριφορά στις
δύο δοκιμές είναι
ΠΟΙΟΤΙΚΑ όμοια

Τυπική συμπεριφορά
σε τριαξονική συμπίεση



Βασικά σημεία κεφαλαίου:

Μηχανική Συμπεριφορά σε 1-Δ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

- ✚ Σχέσεις $\sigma'_v - \varepsilon_v$ και $\sigma'_h - \sigma'_v$ από θεωρία ελαστικότητας.
 - ✚ Μέτρο 1-Δ συμπίεσης $D = \sigma'_v / \varepsilon_v$: με τι είναι ίσο και τι σχέση έχει με το μέτρο μονο-αξονικής συμπίεσης (Young) E .
 - ✚ Συντελεστής ουδέτερης ώθησης γαιών $K_0 = \sigma'_h / \sigma'_v$. Με τι είναι ίσος σε ελαστικά υλικά και σε πραγματικά εδάφη;
 - ✚ Τυπική συμπεριφορά $\sigma'_v - \varepsilon_v$ από εργαστηριακές δοκιμές: φόρτιση καθώς και αποφόρτιση-επαναφόρτιση.
 - ✚ Πως ερμηνεύεται η «κράτυνση» και πως η «χαλάρωση» που εμφανίζει η καμπύλη $\sigma'_v - \varepsilon_v$;
 - ✚ Τυπική συμπεριφορά $\sigma'_h - \sigma'_v$ από εργαστηριακές δοκιμές: αρχική φόρτιση, αποφόρτιση-επαναφόρτιση.
 - ✚ Τυπική συμπεριφορά $e - \log \sigma'_v$: Πως ορίζονται οι δείκτες συμπίεσης (C_c) και επανασυμπίεσης (C_R); Ενδεικτικές τιμές για άμμους και (κυρίως) για αργίλους;
-
- ✚ Τι σημαίνουν οι εκφράσεις «τα εδάφη διαθέτουν μνήμη» και «έχουμε κλείδωμα των οριζοντίων ενεργών τάσεων» κατά την αποφόρτιση - επαναφόρτιση;
 - ✚ Ποια εδάφη είναι πιο συμπιεστά: τα κοκκώδη ή τα αργιλικά; Γιατί;
 - ✚ Υπολογισμός καθιζήσεων από καμπύλες $(\varepsilon_v - \sigma'_v)$, $(e - \sigma'_v)$ & $(e - \log \sigma'_v)$.

Βασικά σημεία κεφαλαίου:

Μηχανική συμπεριφορά σε (απλή) ΔΙΑΤΜΗΣΗ

- ✚ Δοκιμές “απλής διάτμησης”, “απ’ ευθείας διάτμησης” & “3-αξονικής φόρτισης”: πως εκτελούνται (από εργαστήριο), κύκλοι Mohr.
- ✚ Σχέσεις τ-γ για απλή διάτμηση, από θεωρία ελαστικότητας.
- ✚ Μέτρο διάτμησης $G = \tau/\gamma$: με τι είναι ίσο και τι σχέση έχει με το μέτρο μονο-αξονικής συμπίεσης (Young) E .
- ✚ Τυπική συμπεριφορά τ-γ, ϵ_{VOL} -γ και e -γ από εργαστηριακές δοκιμές: αρχική φόρτιση, αποφόρτιση-επαναφόρτιση.
- ✚ Αντιστοιχία μεταξύ των παραπάνω καμπυλών (πως ερμηνεύεται;)
- ✚ Διαστολικότητα: ορισμός, πως ερμηνεύεται, σε τι άλλα υλικά (εκτός από το έδαφος) εμφανίζεται;
- ✚ Επίδραση σχετικής πυκνότητας (για άμμους) και προστερεοποίησης (OCR , για αργίλους) στις καμπύλες τ-γ, ϵ_{VOL} -γ και e -γ .

