



Μάθημα: Εδαφομηχανική Ι, 5^ο εξάμηνο.

Διδάσκων: Ιωάννης-Ορέστης Σ. Γεωργόπουλος, Π.Δ.407/80, Δρ Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Θεματική περιοχή: Μηχανική συμπεριφορά εδαφών υπό αστράγγιστες συνθήκες και τασικές οδεύσεις (διαδρομές).

Ημερομηνία: Δευτέρα 22 Νοεμβρίου 2010.

ΑΣΚΗΣΗ 1: Υπολογίστε το μέτρο μονοδιάστατης και ισότροπης συμπίεσης εδαφικού υλικού, πλήρως κορεσμένου ύδατος σε αστράγγιστες συνθήκες (μηδενική αλλαγή όγκου). Θεωρείστε ότι το εδαφικό υλικό είναι ελαστικό και ισότροπο, με μέτρο ελαστικότητας E και λόγο Poisson ν .

Υπόδειξη: Το μέτρο μονοδιάστατης συμπίεσης ορίζεται ως $D = \frac{\sigma'_v}{\varepsilon_v}$, όπου σ'_v, ε_v είναι η κατακόρυφη ενεργός τάση και ογκομετρική παραμόρφωση, αντίστοιχα. Το μέτρο ισότροπης συμπίεσης ορίζεται ως $K = \frac{p'}{\varepsilon_v}$, όπου p', ε_v είναι η μέση ορθή ενεργός τάση και ογκομετρική παραμόρφωση, αντίστοιχα.

ΑΣΚΗΣΗ 2: Εδαφικό δοκίμιο άμμου, με βαθμό κορεσμού $S_r = 100\%$, υπόκειται σε τριαξονική θλίψη κάτω από αστράγγιστες συνθήκες φόρτισης. Υποθέτοντας ότι το υλικό είναι ισότροπο και συμπεριφέρεται γραμμικώς ελαστικά για μικρές αξονικές παραμορφώσεις ε_1 , υπολογίστε την τιμή του συντελεστή $A = \frac{\Delta u - \Delta \sigma_3}{\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3}$.

ΑΣΚΗΣΗ 3: Σχεδιάστε τις διαδρομές των τάσεων (τασικές οδεύσεις) στα επίπεδα (p, q) και (s, t) για τις δοκιμές ισότροπης συμπίεσης ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_c$), μονοδιάστατης συμπίεσης ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = K_{nc}\sigma_1$), τριαξονικής θλίψης ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_c$), και απλής διάτμησης ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = K_{nc}\sigma_1, \tau$) υπό συνθήκες πλήρους στράγγισης σε κανονικώς στερεοποιημένο εδαφικό υλικό. Υποθέστε ότι για κανονικώς στερεοποιημένο υλικό ο συντελεστής πλευρικών ωθήσεων ισούται με $K_{nc} = 1 - \sin \varphi$, όπου φ η εσωτερική γωνία τριβής του υλικού. Σχεδιάστε επίσης στα επίπεδα (p', q) και (s', t) το κριτήριο αστοχίας τριβής κατά Coulomb ($\tau = \sigma' \tan \varphi$).

Υπόδειξη: Οι παράμετροι (p, q) και (s, t) χρησιμοποιούνται ευρέως στην Εδαφομηχανική προκειμένου να εκφράσουν την ορθή (p ή s) και διατμητική (q ή t) ένταση σε ένα υλικό σημείου του μέσου. Η Σχολή του Massachusetts Institute of Technology χρησιμοποιεί τις παραμέτρους (s, t) για την μέση ορθή s και διατμητική τάση t , ενώ η Σχολή του Cambridge University τις παραμέτρους (p, q) . Οι ανωτέρω παράμετροι p, q, s, t εκφράζονται σε όρους κυρίων τάσεων ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$),

$$p = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \frac{I_1}{3}$$
$$q = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2}{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}J_2}$$



όπου I_1 είναι η πρώτη αναλλοίωτος του τανυστή των τάσεων $[\sigma]$ και J_2 η δεύτερη αναλλοίωτος του αποκλίνοντα τανυστή των τάσεων $[s]$. Υπενθυμίζεται ότι ο τανυστής των τάσεων $[\sigma]$ αναλύεται σε δύο μέρη, ένα ισότροπο $[p]$ και ένα αποκλίνον $[s]$, ήτοι $[\sigma] = [p] + [s]$. Αναφορικά με τις εκφράσεις των παραμέτρων των τάσεων βάσει της Σχολής του Cambridge University, ισχύει

$$s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

$$t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Για τον υπολογισμό των διαδρομών των τάσεων και της έκφρασης του κριτηρίου του Coulomb στα επίπεδα (p, q) και (s, t) υπολογίστε τους λόγους (κλίσεις) dq/dp και dt/ds συναρτήσει των τάσεων $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \tau$ και της γωνίας εσωτερικής τριβής του υλικού φ .

Στην περίπτωση επίπεδης έντασης (δοκιμή απλής διάτμησης), οι κύριες τάσεις δίνονται από τις σχέσεις,

$$\sigma_1 = \frac{(\sigma_v + \sigma_h)}{2} + \frac{\sqrt{(\sigma_v - \sigma_h)^2 + 4\tau^2}}{2}$$

$$\sigma_3 = \frac{(\sigma_v + \sigma_h)}{2} - \frac{\sqrt{(\sigma_v - \sigma_h)^2 + 4\tau^2}}{2}$$

όπου σ_v είναι η ορθή τάση που ασκείται στο οριζόντιο επίπεδο, σ_h η ορθή τάση που ασκείται στο κατακόρυφο επίπεδο (πλευρική τάση) και τ η διατμητική τάση.

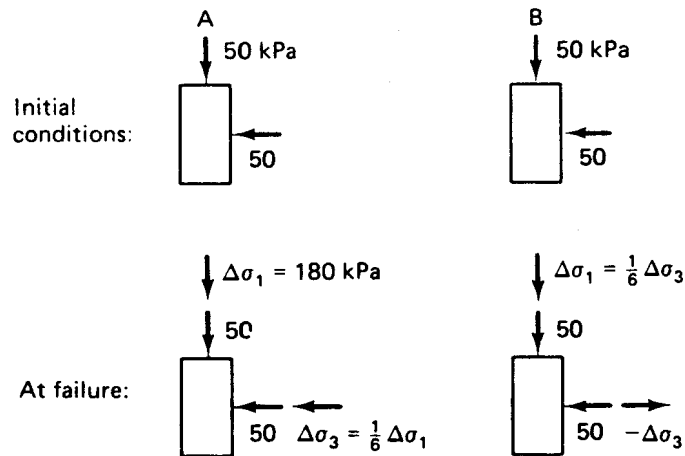
ΑΣΚΗΣΗ 4: Τριαξονική δοκιμή θλίψεως σε αμμώδες υλικό πραγματοποιήθηκε υπό πλευρική ενεργό τάση $\sigma'_3 = \sigma_c = 500kPa$. Στην αστοχία η μέγιστη διατμητική τάση μετρήθηκε ίση με $\tau_{max} = 660kPa$. Βρείτε την αξονική ενεργό τάση σ'_1 στην αστοχία και υπολογίστε την γωνία εσωτερικής τριβής του υλικού φ . Εκτιμήστε την κλίση του επιπέδου θ στο οποίο επέρχεται η αστοχία ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

ΑΣΚΗΣΗ 5: Δοκίμιο πυκνής άμμου ελέγχεται σε τριαξονική δοκιμή θλίψεως υπό στραγγιζόμενες συνθήκες. Η αστοχία του δοκιμίου επέρχεται σε επίπεδο που σχηματίζει 66° με το οριζόντιο επίπεδο. Βρείτε την ενεργό πλευρική πίεση που ασκείται στο δοκίμιο εάν κατά την αστοχία μετρήθηκε η διαφορά των κυρίων τάσεων ίση με $100kPa$.

ΑΣΚΗΣΗ 6: Δύο δοκιμές τριαξονικής θλίψης πραγματοποιούνται σε δύο πανομοιότυπα εδαφικά δοκίμια άμμου. Τα δοκίμια αρχικώς στερεοποιούνται σε ισότροπη πίεση ίση με $\sigma_c = 50kPa$ και έπειτα φορτίζονται σύμφωνα με το κάτωθι σχήμα. Το δοκίμιο Α αστοχεί κάτω από $\Delta\sigma_1 = 180kPa$.



Σχεδιάστε τους κύκλους του Mohr στην αστοχία για τα δύο δοκίμια, τις τασικές οδεύσεις και υπολογίστε την εσωτερική γωνία τριβής της άμμου.



ΑΣΚΗΣΗ 7: Σε συνεκτικό εδαφικό δοκίμιο πραγματοποιείται τριαξονική δοκιμή θλίψεως σε αστράγγιστες συνθήκες. Η ενεργός τάση στερεοποίησης πριν την δοκιμή είναι $\sigma'_c = 750kPa$. Στην αστοχία η διαφορά των κυρίων τάσεων μετρήθηκε ίση με $\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f} = 1250kPa$ και η μέγιστη κύρια ενεργός τάση ίση με $\sigma'_{1f} = 1800kPa$. Υπολογίστε τον συντελεστή Skempton A στην αστοχία.

ΑΣΚΗΣΗ 8: Υποθέστε ότι ένα άλλο δοκίμιο από το ανωτέρω εδαφικό υλικό αναπτύσσει μία μέγιστη ενεργό κύρια τάση στην δοκιμή τριαξονικής θλίψεως σε αστράγγιστες συνθήκες ίση με $\sigma'_{1f} = 2200kPa$. Ποιός είναι ο συντελεστής Skempton A, εάν στην αστοχία μετρήθηκε $\sigma'_{cf} = 900kPa$.

ΑΣΚΗΣΗ 9: Δοκίμιο αργίλου στερεοποιείται ισότροπα μέχρι πίεση $\sigma'_c = 1000kPa$ και έπειτα φορτίζεται τριαξονικά υπό αστράγγιστες συνθήκες. Στην αστοχία μετρήθηκε η διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη κύρια τάση ίση με $\sigma_{1f} - \sigma_{3f} = 1000kPa$. Τριαξονικές δοκιμές θλίψης σε στραγγιζόμενες συνθήκες σε ίδια δοκίμια αργίλου έδωσαν γωνία εσωτερικής τριβής ίση με $\varphi = 22^\circ$, $c = 0$. Εκτιμήστε την πίεση πόρων στην αστοχία στην αστράγγιστη τριαξονική θλίψη και τον συντελεστή Skempton A.

ΑΣΚΗΣΗ 10: Τριαξονικές δοκιμές θλίψεως εκτελούνται σε δοκίμια από ένα μεγάλο αδιατάρακτο δείγμα αργίλου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα. Οι δοκιμές 1 έως 4 εκτελούνται τόσο αργά ώστε η στράγγιση να πραγματοποιείται ανεμπόδιστα. Στις δοκιμές 5 έως 8 δεν επιτρέπεται στράγγιση. Σχεδιάστε την περιβάλλουσα αστοχίας κατά Mohr για την άργιλο. Προσδιορίστε τις παραμέτρους αντοχής φ, c τόσο για σε όρους ολικών όσο και ενεργών τάσεων.



Δοκιμή	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
$\sigma_{1f} - \sigma_{3f} [kPa]$	447	167	95	37	331	155	133	119
$\sigma'_{3f} [kPa]$	246	89	36	6				
$\sigma_c [kPa]$					481	231	131	53

ΑΣΚΗΣΗ 11: Τα κάτωθι αποτελέσματα προέκυψαν από δοκιμή τριαξονικής θλίψεως σε πλήρως κορεσμένη κανονικώς στερεοποιημένη άργιλο. Η πίεση της κυψέλης διατηρείται σταθερή και ίση με $\sigma_c = 10kPa$, ενώ η αξονική τάση σ_1 αυξάνεται μέχρι την αστοχία.

Αξονική τροπή ϵ_1 [%]	Αξονική τάση $\Delta\sigma_1 [kPa]$	Πίεση πόρων $\Delta u [kPa]$
0	0	0
1	3.5	1.9
2	4.5	2.8
4	5.2	3.5
6	5.4	3.9
8	5.6	4.1
10	5.7	4.3
12	5.8 (αστοχία)	4.4

Σχεδιάστε τις μεταβολές των κυρίων τάσεων $\Delta\sigma$, της πίεσης των πόρων Δu και το συντελεστή Skempton A συναρτήσει της αξονικής τροπής ϵ_1 . Σχεδιάστε τις ολικές και ενεργές τασικές οδεύσεις και υπολογίστε την γωνία εσωτερικής τριβής του υλικού, δεχόμενοι ότι $c = 0$.