

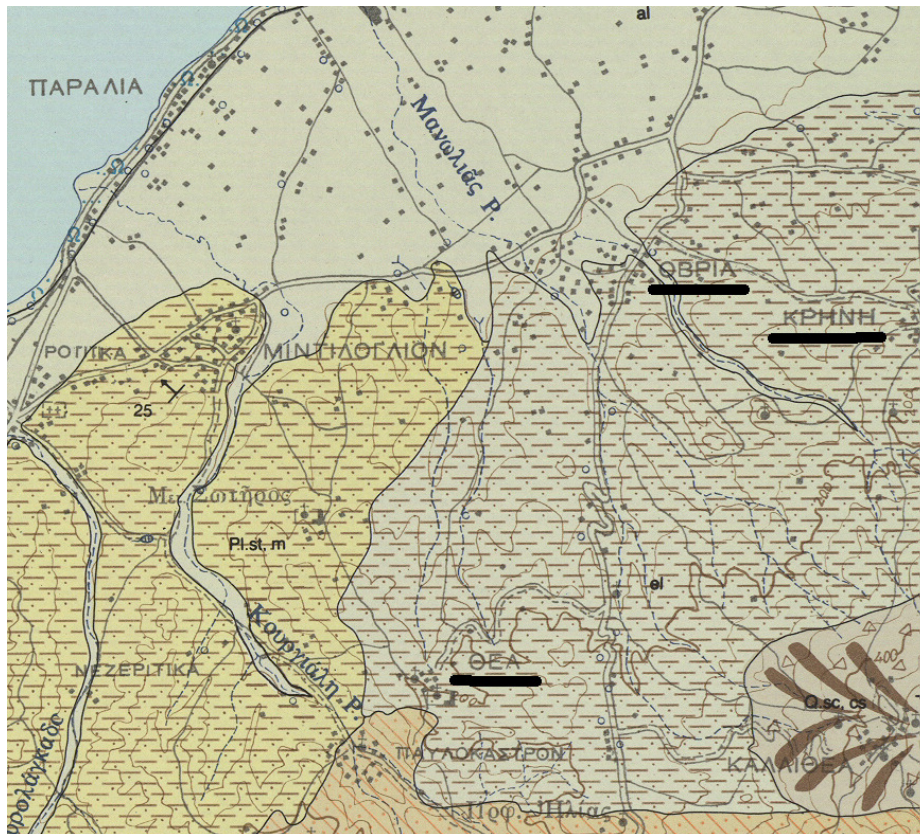


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι) ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τομέας Β – Δομοστατικός Τομέας

Θέμα: « Συμβολή στη μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων του αργιλικού σχηματισμού, στη περιοχή Οβριά του νομού Αχαΐας»



Εισηγητής: Σταθακόπουλος Μιχάλης, Α.Μ. 37025

Επιβλέπων: Πλαστήρα Βιολέττα

Αιγάλεω, Μάιος 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την αποπεράτωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τόσο την καθηγήτρια Εδαφομηχανικής Βιολέττα Πλαστήρα, όσο και τους υπολοίπους καθηγητές του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά για τις γνώσεις, τις οποίες μου κοινώνησαν στα πλαίσια της φοίτησης μου, καθώς και για την συνεχή στήριξη και βοήθεια καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γεωλόγους, τους μηχανικούς, αλλά και σε όλες τις δημόσιες υπηρεσίες, που με βοήθησαν για την συγκέντρωση του αναγκαίου υλικού.

Πιο συγκεκριμένα, θα ήθελα να αναφερθώ στο Εργαστήριο Γεωφυσικής του κύριου Ν. Μπαρούνη και την πολύτιμη βοήθεια, που μου παρείχε ο ίδιος, ο οποίος αρχικά μου έδωσε το αδιατάρακτο δείγμα του εδάφους, που χρησιμοποίησα στα πειράματα, και έπειτα τις πληροφορίες από τις γεωτρήσεις.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ηθική και οικονομική υποστήριξη, που μου παρείχαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία, που ακολουθεί, συντάχθηκε από τον φοιτητή Σταθακόπουλο Μιχάλη του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά, υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας Εδαφομηχανική του τμήματος κυρία Πλαστήρα Βιολέττα κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011 – 2012.

Σκοπός της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας είναι να μελετηθεί εργαστηριακά δείγμα αργιλικού σχηματισμού της περιοχής Οβριάς του νομού Αχαΐας, που προέρχεται από την γεωτρήσεις της περιοχής.

Αρχικά, προσδιορίστηκαν πειραματικά και αξιολογήθηκαν τα φυσικά χαρακτηριστικά και οι μηχανικές ιδιότητες του εδάφους.

Στη συνέχεια, ακολούθησε συλλογή πληροφοριών από μελέτες, που έχουν πραγματοποιηθεί σε κοντινές περιοχές με την εξεταζόμενη και που έχουν ίδιους ή παρόμοιους γεωλογικούς σχηματισμούς με βάση τον γεωλογικό χάρτη. Οι πληροφορίες, που συλλέχθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για να κάνουμε σύγκριση με τα αποτελέσματα των πειραμάτων, που προηγήθηκαν.

Τέλος, επιχειρήσαμε να κάνουμε μία πρόβλεψη καθίζησης λόγω στερεοποίησης του στρώματος, που μελετήσαμε πειραματικά, από την φόρτιση μίας θεωρητικής συμβατικής κατασκευής.

Αναλυτικότερα, στα κεφάλαια που ακολουθούν παρουσιάζονται και περιγράφονται τα παρακάτω θέματα:

Στο πρώτο κεφάλαιο υπάρχει μια εισαγωγή στην εδαφομηχανική και αναφέρονται συνοπτικά με τη μορφή ερωτήσεων και απαντήσεων οι κατηγορίες, που διακρίνονται τα εδάφη ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, ακόμα τι είναι η γεωτεχνική έρευνα, τι η γεωτεχνική μελέτη, οι κατηγορίες των γεωτρήσεων, ποιές είναι οι πιο συνήθεις εργαστηριακές δοκιμές και τέλος τι είναι γενικά οι καθιζήσεις.

Στο δεύτερο κεφάλαιο υλοποιούνται πειράματα για τον προσδιορισμό των φυσικών χαρακτηριστικών του εδαφικού στρώματος. Σε κάθε πείραμα αναφέρονται κάποια γενικά στοιχεία (ορισμοί, κάποιιοι τύποι, κλπ), ο εργαστηριακός εξοπλισμός, που είναι απαραίτητος για την εκτέλεση του κάθε πειράματος, στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος βήμα – βήμα και τέλος έχουμε τις μετρήσεις, καθώς και τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο εκπονούνται πειράματα, προκειμένου να προσδιοριστούν οι μηχανικές ιδιότητες του εδαφικού στρώματος. Με την ίδια ακριβώς φιλοσοφία του δευτέρου κεφαλαίου έχουμε κάποια γενικά στοιχεία, τον εξοπλισμό, τη διαδικασία εκτέλεσης του κάθε πειράματος και τελικά τις μετρήσεις και τα αποτελέσματα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κομμάτια από τις μελέτες, που συλλέχθηκαν από τις κοντινές περιοχές στην Οβριά, καθώς και στοιχεία για την ίδια την Οβριά.

Στο πέμπτο κεφάλαιο έχουμε τα συμπεράσματα. Παρουσιάζονται συνοπτικά όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων των πειραμάτων, από όλα τα πειράματα και ακολουθούν σχόλια, παρατηρήσεις και χαρακτηρισμοί για το εδαφικό στρώμα με βάση το κάθε αποτέλεσμα. Έπειτα, γίνεται σύγκριση των μελετών των γύρω περιοχών, προκειμένου να δούμε το ιστορικό της περιοχής και αν ανήκουν στον ίδιο γεωλογικό σχηματισμό, όπως υποστηρίζει ο γεωλογικός χάρτης της Πάτρας, που προμηθευτήκαμε από το Ι.Γ.Μ.Ε. Αθηνών. Ακολουθεί μια γεωλογική τομή για την περιοχή της Οβριάς και τέλος γίνεται ένας υπολογισμός – πρόβλεψη για καθίζηση λόγω στερεοποίησης του στρώματος, που εξετάσαμε πειραματικά, από το φορτίο μιας συμβατικής κατασκευής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	11
2.1 ΕΥΡΕΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (W).....	11
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	11
2.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	11
2.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	13
2.1.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	13
2.2 ΕΥΡΕΣΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (γ_s).....	15
2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	15
2.2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	15
2.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	16
2.2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	17
2.3 ΕΥΡΕΣΗ ΥΓΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (γ), ΞΗΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (γ_d), ΔΕΙΚΤΗ – ΛΟΓΟ ΚΕΝΩΝ (e), ΠΟΡΩΔΕΣ (n) και ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ (S_r).....	19
2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	19
2.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	22
2.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	22
2.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	22
2.4 ΟΡΙΑ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ.....	24
2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	24
2.4.2 ΕΥΡΕΣΗ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL).....	25
2.4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	25
2.4.2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	25
2.4.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	26
2.4.2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	29
2.4.3 ΕΥΡΕΣΗ ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (LP).....	30
2.4.3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	30
2.4.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	30
2.4.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	30
2.4.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	32
2.4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ:.....	32
2.4.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	32
2.4.4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	33
2.4.4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	33
2.4.4.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	34

2.5 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	35
2.5.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	35
2.5.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	35
2.5.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	36
2.5.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	42
2.6 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	49
2.6.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	49
2.6.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	52
2.6.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	52
2.6.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	52
2.7 ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ (A).....	54
2.7.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	54
2.7.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	55
2.7.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	55
2.7.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	56
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ.....</i>	<i>57</i>
3.1 ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ (κατά Α.Α.Σ.Η.Τ.Ο. : Τ 208-70).....	57
3.1.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	57
3.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	57
3.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	58
3.1.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	62
3.2 ΒΑΘΜΟΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ (St).....	70
3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	70
3.2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	70
3.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	70
3.2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	71
3.3 ΕΥΡΕΣΗ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ (C_ρ).....	73
3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	73
3.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	73
3.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	73
3.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	73
3.4 ΔΟΚΙΜΗ ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ(κατά Α.Σ.Τ.Μ. D3080-72).....	74
3.4.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	74
3.4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	75
3.4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	76
3.4.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΑΠΟ ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΙ ΣΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....90

4.1 ΟΒΡΥΑ, ΜΕΣΣΑΤΙΔΟΣ.....91

4.2 ΚΡΗΝΗ, ΜΕΣΣΑΤΙΔΟΣ.....92

4.3 ΘΕΑ, ΜΕΣΣΑΤΙΔΟΣ.....93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....95

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....95

5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΙ ΣΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....100

5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ.....101

5.4 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΓΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΛΟΓΩ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣΑΜΕ.....103

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε τι κατηγορίες διακρίνονται τα εδάφη;

Τα εδάφη διακρίνονται σε συνεκτικά και μη συνεκτικά. Ανάλογα με την διάμετρο των κόκκων τους.

Τα συνεκτικά εδάφη είναι: άργιλος < 0,002 mm και 0,002 mm < ιλύς < 0,075 mm.

Τα μη συνεκτικά εδάφη είναι: 0,075 mm < άμμος < 2 mm και χαλίκια > 2 mm.

Τι είδους υλικό είναι το έδαφος;

Το έδαφος συνίσταται από εδαφικούς κόκκους, νερό και κενά με αέρα. Είναι ένα σύνθετο, ανομοιογενές υλικό, του οποίου τη συμπεριφορά προσπαθούμε να βάλουμε σε κανόνες. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά, που αφορούν τη μηχανική συμπεριφορά του, είναι η αντοχή, η παραμορφωσιμότητα και η διαπερατότητα.

Για να διερευνήσουμε το έδαφος μιας περιοχής εκπονούμε γεωτεχνική έρευνα.

Τι ονομάζουμε αργιλικό έδαφος;

Είναι λεπτόκοκκο υλικό, που αποτελείται από σωματίδια ορατά ή μη με το μικροσκόπιο, που προέρχονται από την αποσύνθεση των συστατικών των πετρωμάτων.

Η άργιλος είναι πλαστική για μέση έως μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, ενώ τα ξηρά δείγματά της είναι πολύ σκληρά.

Συμφωνά με το BSCS (Βρετανικό σύστημα κατάταξης εδαφών), είναι έδαφος που αποτελείται από 35-100% λεπτόκοκκα, όπου κυριαρχούν οι κόκκοι αργίλου και δημιουργούν συνοχή, πλαστικότητα, και χαμηλή διαπερατότητα. Είναι όμως πιθανό ένα έδαφος να περιέχει λιγότερο από 35% κόκκους αργίλου, αλλά να έχει αρκετή συνοχή, πλαστικότητα, ή χαμηλή διαπερατότητα, ώστε να συμπεριφέρεται σαν αργιλικό. Αυτό το έδαφος θα περιγραφεί ως άργιλος, αφού είναι η μηχανική του συμπεριφορά, που υπερέχει και όχι η κατανομή μεγέθους των κόκκων.

Η περιγραφή ενός αργιλικού εδάφους δίνεται συνήθως με την ακόλουθη σειρά:

Αντοχή / δομή μάζας / χρώμα / όνομα εδάφους / πλαστικότητα / με άλλη δομή και ακολουθεί το όνομα του γεωλογικού σχηματισμού ή ο τύπος της απόθεσης.

π.χ. Άργιλος του Λονδίνου, λιμναία άργιλος.

Τι είναι η γεωτεχνική έρευνα;

Η συλλογή πληροφοριών, που αφορούν τις ιδιότητες των εδαφών, καθώς και της συνολικής δομής του υπεδάφους, που αφορούν το τεχνικό έργο, αποτελούν την γεωτεχνική έρευνα, η οποία είναι απαραίτητη για τον σωστό σχεδιασμό του έργου.

Τι περιλαμβάνει η γεωτεχνική έρευνα;

Ο προγραμματισμός της γεωτεχνικής έρευνας περιλαμβάνει μερικά ή όλα από τα παρακάτω στάδια, με τις αντίστοιχες μεθόδους:

1. *Συλλογή όλων των πληροφοριών σχετικά με την κατασκευή:*
Διαστάσεις, είδος και χρήση έργου, όροι θεμελίωσης του Οικοδομικού Κανονισμού της περιοχής κλπ.
2. *Αναγνώριση της περιοχής:*
Γίνεται με την μελέτη διαφόρων πηγών, όπως: Αεροφωτογραφιών, γεωλογικών χαρτών, μελετών.
3. *Προκαταρκτική έρευνα:*
Για τον καθορισμό του είδους των εδαφών, της στρωματογραφίας και της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα γίνονται: Γεωτρήσεις, δοκιμαστικά φρέατα, γεωφυσικές μέθοδοι.
4. *Λεπτομερής έρευνα:*
Για πολύπλοκα έργα ή για περιοχές που το έδαφος είναι κακής ποιότητας ή ανομοιόμορφο πραγματοποιούνται: Δοκιμές (επί τόπου ή εργαστηριακές)

Τι είναι γεωτεχνική μελέτη;

Η επεξεργασία όλων των πληροφοριών της γεωτεχνικής έρευνας οδηγεί στην σύνταξη της γεωτεχνικής μελέτης, στην οποία αξιολογούνται τα δεδομένα, προτείνονται λύσεις στα προβλήματα, που μπορεί να παρουσιαστούν στην εφαρμογή του έργου και γίνεται ο ανάλογος σχεδιασμός.

Πώς μπορεί να γίνει η δειγματοληψία;

Η δειγματοληψία μπορεί να γίνει με κατάλληλα εργαλεία ή με γεωτρήσεις.

Τι κατηγορίες γεωτρήσεων υπάρχουν;

Οι βασικές κατηγορίες γεωτρήσεων είναι δύο:

1. Χειροκίνητες γεωτρήσεις
2. Μηχανοκίνητες γεωτρήσεις:
 - Με έκπλυση,
 - Περιτροφικές,
 - Κρουστικές

Ποιές είναι οι συνήθεις εργαστηριακές δοκιμές;

Οι συνηθέστερες εργαστηριακές δοκιμές είναι:

1. Δοκιμές Κατατάξεως
2. Δοκιμή Ανεμπόδιστης, τριαξονικής θλίψης
3. Δοκιμή Άμεσης Διάτμησης
4. Δοκιμή Στερεοποίησης

Με τις εργαστηριακές δοκιμές αποκτούμε γνώση των χαρακτηριστικών του εδάφους και μπορούμε να συντάξουμε την εδαφική τομή.

Τι είναι η εδαφική τομή;

Βάσει των αποτελεσμάτων των ερευνών υπαίθρου κι εργαστηρίου συντάσσεται η «μέση αντιπροσωπευτική τομή εδάφους». Δηλαδή μια τομή του εδάφους με τα χαρακτηριστικά του. Αυτή η απεικόνιση μας βοηθάει στη σύνταξη της μελέτης.

Πότε κάνουμε μελέτη θεμελίωσης κτιρίου;

Σύμφωνα με τον ΕΑΚ υποχρεούμαστε πάντα, αλλά τελικά μόνο σε περιπτώσεις εδάφους κατηγορίας Γ και κάτω, ή σε κτίρια μεγάλης σπουδαιότητας. Βρίσκουμε την επιτρεπόμενη τάση που όμως δεν δίνει μεγάλες καθιζήσεις.

Τι είναι γενικά οι καθιζήσεις;

Οι καθιζήσεις είναι κατακόρυφες μετακινήσεις εδαφικών μαζών προς τα κάτω που έχουν σαν αποτέλεσμα ένα τμήμα της επιφάνειας του εδάφους να βυθίζεται. Το μέγεθος μιας καθίζησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Μπορεί να είναι το ίδιο σε όλη την έκταση που προσβάλλεται από την καθίζηση, ή να διαφέρει από θέση σε θέση. Στην δεύτερη περίπτωση μιλάμε για ανομοιομορφη βύθιση ή διαφορεική καθίζηση.

Οι διαφορεικές καθιζήσεις σαν φυσικά φαινόμενα μπορούμε να πούμε, ότι είναι ακίνδυνες. Όταν όμως σχετίζονται με τεχνικά έργα και εκδηλώνονται στο χώρο αυτών, γίνονται αρκετά επικίνδυνες.

Αιτίες καθιζήσεων είναι:

- από απώλεια στήριξης στην βάση (π.χ. υπόγειες εκσκαφές)
- από απομάκρυνση συστατικών από το υπέδαφος (π.χ. εσωτερική διάβρωση)
- λόγω φόρτισης από κατασκευή τεχνικού έργου

Όσον αναφορά τις καθιζήσεις λόγω φόρτισης από κατασκευή τεχνικού έργου, τα εδάφη, τα οποία δίνουν μεγάλες καθιζήσεις, είναι τα αργιλικά. Αυτές δε, μπορεί να ολοκληρωθούν σε μεγάλο χρονικό διάστημα (δεκάδων ή και εκατοντάδων ετών). Αντίθετα τα χοντρόκοκκα εδάφη (αμμώδη), δίνουν μερικές καθιζήσεις, οι οποίες συνήθως θεωρούνται αμελητέες και ολοκληρώνονται σε μικρό χρονικό διάστημα.

Οι καθιζήσεις διακρίνονται σε:

- Άμεσες
- Από στερεοποίηση και
- Από δευτερεύουσα συμπίεση (ερπυστικές).

Αναλυτικά στους δύο βασικούς τύπους εδαφών, έχουμε τα παρακάτω είδη καθίζησης:

1. Στα μη συνεκτικά (αμμώδη)
 - Άμεση καθίζηση
2. Στα συνεκτικά (αργιλικά)
 - Άμεση καθίζηση
 - Από στερεοποίηση
 - Από δευτερεύουσα συμπίεση (ερπυσμό)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΛΑΦΟΥΣ

2.1 ΕΥΡΕΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (W):

2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ:

Το έδαφος στην φυσική του κατάσταση είναι υγρό. Οι μορφές νερού που συναντάμε στο έδαφος είναι:

- Νερό βαρύτητας
- Νερό τριχοειδές
- Νερό υγροσκοπικό

Το νερό βαρύτητας και το τριχοειδές απομακρύνονται από το έδαφος στους 20° C περίπου. Το υγροσκοπικό νερό, που εξαρτάται κυρίως από την μοριακή έλξη, στους 110 ± 5° C.

Με την δοκιμή αυτή υπολογίζουμε την αναλογία του νερού μέσα στο έδαφος. Η αναλογία αυτή επηρεάζει σημαντικά στις μηχανικές ιδιότητες ορισμένου τύπου εδαφών. Τέτοια εδάφη είναι τα λεγόμενα συνεκτικά, τα οποία μπορούν να μεταβούν με την αύξηση της αναλογίας του νερού, από την ξηρή και ανθεκτική κατάσταση στην υδαρή και δίχως αντοχές κατάσταση.

Είναι η πιο συνηθισμένη εργαστηριακή δοκιμή και αποτελεί μέρος πολλών άλλων δοκιμών, όπως ο προσδιορισμός των ορίων Atterberg, η δοκιμή της συμπύκνωσης, της διάτμησης, του συμπιεσόμετρου κλπ.

Η περιεχόμενη υγρασία του εδάφους ορίζεται ως ο λόγος του βάρους του νερού που περιέχεται στο έδαφος ($B_{\text{νερ}}$), προς το βάρος του ξηρού εδάφους ($B_{\text{ξηρ.εδ.}}$).

$$W = B_{\text{νερ}} / B_{\text{ξηρ.εδ.}}$$

Υπάρχουν δύο μέθοδοι προσδιορισμού της υγρασίας:

1. μέθοδος διαδοχικών ζυγίσεων
2. μέθοδος του ανθρακασβεστίου

2.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Για την υλοποίηση του πειράματος μας χρειάζονται τα παρακάτω:

1. Κάψες αλουμινένιες
2. Ηλεκτρονικός ζυγός ακρίβειας 1/10 του γραμμαρίου
3. Κλίβανος ξήρανσης ρυθμιζόμενος στους 110 ± 5° C



Ηλεκτρονικός ζυγός ακρίβειας 1/10 του γραμμαρίου



Κλίβανος ξήρασης

2.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Η μέθοδος που επιλέξαμε να υπολογίσουμε την φυσική υγρασία του εδάφους μας είναι των διαδοχικών ζυγίσεων.

Το δείγμα του εδάφους πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό και από αδιατάρακτο δείγμα, εφ' όσον θέλουμε να υπολογίσουμε τη φυσική υγρασία (φυσική είναι η υγρασία την οποία έχει το έδαφος επί τόπου, δηλ. εκεί όπου πήραμε το δείγμα). Το βάρος του μπορεί να είναι από 10 gr έως 1000 gr περίπου. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το έδαφος τόσο λιγότερη ποσότητα χρειάζεται.

Βήματα:

1. Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα του εδάφους.
2. Ζυγίζεται η κάψα (B_{κ}).
3. Ζυγίζεται η κάψα με το υγρό έδαφος ($B_{\kappa+\nu}$). Η ζύγιση πρέπει να γίνεται γρήγορα για να μην έχουμε επιφανειακή ξήρανση του δείγματος.
4. Το δείγμα με την κάψα τοποθετείται μέσα στον κλίβανο, που είναι ρυθμισμένος στους $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$.
5. Παραμένει στον κλίβανο μέχρι να σταθεροποιηθεί το βάρος του (γίνονται διαδοχικές ζυγίσεις μέχρις ότου δύο τελευταίες να είναι ίδιες). Αυτή η τελευταία ζύγιση σημειώνεται ως βάρος κάψας και ξηρού δείγματος ($B_{\kappa+\xi}$).

Η διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί και να βρεθεί ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων για την μείωση του σφάλματος.

2.1.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Αδιατάρακτο δοκίμιο:

Στοιχεία αδιατάρακτου δοκιμίου:

Διάμετρος δοκιμίου: $d = 39 \text{ mm} = 3,9 \text{ cm}$

Ύψος δοκιμίου: $h = 76 \text{ mm} = 7,6 \text{ cm}$

Αριθμός κάψας					20	30	27
A	Βάρος κάψας	B_{κ}	gr		33,96	34,41	34,47
B	Βάρος κάψας + υγρού δείγματος	$B_{\kappa+\nu}$	gr		68,84	61,19	86,24
Γ	Βάρος κάψας + ξηρού δείγματος	$B_{\kappa+\xi}$	gr		61,97	55,62	75,47
Δ	Βάρος περιεχόμενου νερού	$B_{\nu\epsilon\rho\omicron\upsilon}$	gr	$\Delta=B-\Gamma$	6,87	5,57	10,77
E	Βάρος ξηρού δείγματος	B_{ξ}	gr	$E=\Gamma-A$	28,01	21,21	41,00
Z	Περιεχόμενη υγρασία	W	%	$Z=\Delta/E$	24,527	26,261	26,268

Υπολογισμός μέσου όρου:

$$W_{M.O.} = (W_{20} + W_{30} + W_{27}) / 3 = (24,527 + 26,261 + 26,268) / 3 = 25,685\%$$

Επομένως, η περιεχόμενη φυσική υγρασία του αδιατάρακτου δείγματος είναι:

$$W = 25,685\%$$

Αναζυμωμένο δοκίμιο:

Στοιχεία αναζυμωμένου δοκιμίου:

Διάμετρος δοκιμίου: $d = 38 \text{ mm} = 3,8 \text{ cm}$

Ύψος δοκιμίου: $h = 80 \text{ mm} = 8,0 \text{ cm}$

Αριθμός κάψας				7	5	11	
A	Βάρος κάψας	B_{κ}	gr	38,55	35,69	35,58	
B	Βάρος κάψας + υγρού δείγματος	$B_{\kappa+\nu}$	gr	72,88	112,64	78,47	
Γ	Βάρος κάψας + ξηρού δείγματος	$B_{\kappa+\xi}$	gr	65,58	96,04	69,27	
Δ	Βάρος περιεχόμενου νερού	$B_{\nu\epsilon\rho\omicron\upsilon}$	gr	$\Delta=B-\Gamma$	7,30	16,60	9,20
E	Βάρος ξηρού δείγματος	B_{ξ}	gr	$E=\Gamma-A$	27,03	60,35	33,69
Z	Περιεχόμενη υγρασία	W	%	$Z=\Delta/E$	27,007	27,506	27,308

Υπολογισμός μέσου όρου:

$$W_{M.O.} = (W_7 + W_5 + W_{11}) / 3 = (27,007 + 27,506 + 27,308) / 3 = 27,274\%$$

Επομένως, η περιεχόμενη φυσική υγρασία του αναζυμωμένου δείγματος είναι:

$$W = 27,274\%$$

2.2 ΕΥΡΕΣΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (γ_s):

2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ:

Ειδικό βάρος στερεών συστατικών γ_s είναι ο λόγος του ξηρού βάρους του εδαφικού δείγματος προς τον όγκο των κόκκων του

$$\gamma_s = B_{\xi\eta\rho} / V_s$$

Το ειδικό βάρος στερεών συστατικών γ_s ενός εδάφους χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του. Συνήθως οι τιμές κυμαίνονται από $2,2 \text{ gr/cm}^3 - 2,9 \text{ gr/cm}^3$.

2.2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Για την υλοποίηση του πειράματος μας χρειάζονται τα παρακάτω:

1. Κλίβανος
2. Κάψες αλουμινένιες
3. Γουδί, γουδοχέρι
4. Ζυγός ακριβείας 0,01 gr
5. Κόσκινο Νο 10
6. Πυκνόμετρο χωρητικότητας 100 ml ή λήκυθος χωρητικότητας 50 ml
7. Αποσταγμένο νερό
8. Αντλία κενού



Αντλία κενού

2.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα του εδάφους. Ξηραίνεται στον κλίβανο και κατόπιν τρίβεται στο γουδί με το γουδοχέρι. Το υλικό αυτό κατόπιν κοσκινίζεται στο κόσκινο Νο 10 (2mm). Από το διερχόμενο από το κόσκινο υλικό (που θεωρείται λεπτόκοκκο), λαμβάνεται δείγμα περίπου 50 gr. Αυτή η ποσότητα θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους.

(Το συγκρατούμενο υλικό στο Νο 10 θεωρείται χοντρόκοκκο και ο υπολογισμός του ειδικού βάρους γίνεται με άλλη μέθοδο. Αν το έδαφος μας περιέχει και χοντρόκοκκο και λεπτόκοκκο υλικό προσδιορίζονται χωριστά τα δύο ειδικά βάρη και κατόπιν υπολογίζεται ο μέσος όρος)

Βήματα:

1. Το πυκνόμετρο καθαρίζεται, ξηραίνεται και ζυγίζεται (B_{π}).
2. Στην συνέχεια, τοποθετούμε το ξηρό εδαφικό δείγμα, (τα 50 gr του λεπτόκοκκου), μέσα στο πυκνόμετρο και το ξαναζυγίζουμε μαζί με το πυκνόμετρο ($B_{\pi+\xi}$).
3. Κατόπιν προστίθεται αποσταγμένο νερό περίπου μέχρι τα $\frac{3}{4}$ της φιάλης. Ο αέρας, που έχει παγιδευτεί στο μίγμα νερού – εδάφους, απομακρύνεται με την βοήθεια αντλίας κενού.
4. Στη συνέχεια συμπληρώνουμε με αποσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή της φιάλης και ζυγίζουμε ξανά ($B_{\pi+\xi+v}$).
5. Ξεπλένουμε καλά το πυκνόμετρο και το γεμίζουμε μόνο με αποσταγμένο νερό μέχρι την χαραγή, και το ξαναζυγίζουμε ($B_{\pi+v}$).

Το ειδικό βάρος στερεών συστατικών γ_s υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\gamma_s = (B_{\xi}) / (B_{\xi} + B_{\pi+v} - B_{\pi+\xi+v})$$

ή

από τον πίνακα του πειράματος

2.2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

1^η Δοκιμή:

A	Βάρος (πυκνομέτρου)	B_{π}	gr		85,14
B	Βάρος (πυκνομέτρου+ξηρού δείγματος)	$B_{\pi+\xi}$	gr		110,11
Γ	Βάρος (ξηρό)	B_{ξ}	gr	$\Gamma=B-A$	24,97
Δ	Βάρος (πυκνομέτρου+ξηρού δείγματος+νερού)	$B_{\pi+\xi+w}$	gr		351,02
E	Όγκος συνολικού νερού	V_w	cm ³	$E=\Delta-B$	240,91
Z	Βάρος (πυκνομέτρου+νερού, μέχρι την χαραγή)	$B_{\pi+w}$	gr		335,27
H	Όγκος πυκνομέτρου	V_{π}	cm ³	$H=Z-A$	250,13
Θ	Όγκος δείγματος	V_s	cm ³	$\Theta=H-E$	9,22
I	Ειδικό βάρος στερεών συστατικών	γ_s	gr/cm ³	$I=\Gamma/\Theta$	2,7082

Υπάρχουν δύο τρόποι για την εύρεση του γ_s :

1^{ος} Τρόπος:

$$\gamma_s = B_{\xi} / V_s = 24,97 / 9,22 = 2,7082 \text{ gr/cm}^3$$

2^{ος} Τρόπος:

$$\gamma_s = B_{\xi} / (B_{\xi} + (B_{\pi+w} - B_{\pi+\xi+w})) = 24,97 / (24,97 + (335,27 - 351,02)) = 24,97 / 9,22 = 2,7082 \text{ gr/cm}^3$$

2^η Δοκιμή:

A	Βάρος (πυκνομέτρου)	B_{π}	gr		92,53
B	Βάρος (πυκνομέτρου+ξηρού δείγματος)	$B_{\pi+\xi}$	gr		117,08
Γ	Βάρος (ξηρό)	B_{ξ}	gr	$\Gamma=B-A$	24,55
Δ	Βάρος (πυκνομέτρου+ξηρού δείγματος+νερού)	$B_{\pi+\xi+w}$	gr		357,53
E	Όγκος συνολικού νερού	V_w	cm ³	$E=\Delta-B$	240,45
Z	Βάρος (πυκνομέτρου+νερού μέχρι την χαραγή)	$B_{\pi+w}$	gr		342,00
H	Όγκος πυκνομέτρου	V_{π}	cm ³	$H=Z-A$	249,47
Θ	Όγκος δείγματος	V_s	cm ³	$\Theta=H-E$	9,02
I	Ειδικό βάρος στερεών συστατικών	γ_s	gr/cm ³	$I=\Gamma/\Theta$	2,7217

Υπάρχουν δύο τρόποι για την εύρεση του γ_s :

1^{ος} Τρόπος:

$$\gamma_s = B_{\xi} / V_s = 24,55 / 9,02 = 2,7217 \text{ gr/cm}^3$$

2^{ος} Τρόπος:

$$\gamma_s = B_{\xi} / (B_{\xi} + (B_{\pi+w} - B_{\pi+\xi+w})) = 24,55 / (24,55 + (342,00 - 357,53)) = 24,55 / 9,02 = 2,7217 \text{ gr/cm}^3$$

Υπολογισμός μέσου όρου:

$$\gamma_s = (\gamma_{s1} + \gamma_{s2}) / 2 = (2,7082 + 2,7217) / 2 = 2,715 \text{ gr/cm}^3$$

Επομένως, το ειδικό βάρος στερεών συστατικών του εδάφους μου είναι:

$$\boxed{\gamma_s = 2,715 \text{ gr/cm}^3}$$

2.3 ΕΥΡΕΣΗ ΥΓΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (γ), ΞΗΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (γ_d), ΔΕΙΚΤΗ – ΛΟΓΟ ΚΕΝΩΝ (e), ΠΟΡΩΔΕΣ (n) και ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ (S_r):

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ:

1. Υγρό φαινόμενο βάρος γ :

Υγρό φαινόμενο βάρος εδάφους είναι ο λόγος του βάρους του υγρού εδαφικού δείγματος προς τον συνολικό όγκο.

$$\gamma = B_{υγρ} / V_{ολ}$$

2. Το ξηρό φαινόμενο βάρος γ_d :

Ξηρό φαινόμενο βάρος εδάφους είναι ο λόγος του βάρους του ξηρού εδαφικού δείγματος προς τον συνολικό όγκο.

$$\gamma_d = B_{ξηρ} / V_{ολ}$$

3. Ο δείκτης ή λόγος κενών e :

Ο δείκτης ή λόγος κενών ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των κενών του εδαφικού δείγματος προς τον όγκο των στερεών κόκκων.

$$e = V_{κ} / V_s$$

Επειδή θεωρείται, ότι οι κόκκοι παραμένουν απαραμόρφωτοι, η μεταβολή του δείκτη κενών χαρακτηρίζει την παραμόρφωση του εδάφους.

	Λόγος κενών		Πορώδες %	
	e max	e min	n max	n min
	χαλαρή	πυκνή	χαλαρή	πυκνή
Μικτές φάσεις *				
- Αμμώδης ή ιλυώδης άργιλος	1.8	0.25	64	20
- Καλά διαβαθμισμένοι χάλικες, άμμος, ιλύς και άργιλος	0.70	0.13	41	11
Αργιλικά εδάφη				
Αργίλος (30%-50% μεγέθη αργίλου)	2.4	0.50	71	33
Κολλοειδής άργιλος (~0.002 mm: 50%)	12.0	0.60	92	37
Οργανικά εδάφη				
- Οργανική ιλύς	3.0	0.55	7.5	35
- Οργανική άργιλος (30%-50% μεγέθη αργίλου)	4.4	0.70	81	41

Πίνακας[1] : Ενδεικτικές τιμές πορώδους και λόγου κενών για διαφορετικά εδάφη (από JOHNSON and DE GRAFF, 1988)

4. Το πορώδες n:

Το πορώδες, είναι ο λόγος του όγκου των κενών προς τον ολικό όγκο του εδάφους.

$$n = V_k / V_{ολ}$$

Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε, ότι το πορώδες δεν εκφράζει την διαπερατότητα ενός εδάφους και αυτό γιατί για να είναι δυνατή η ροή του νερού μέσα από τα κενά του εδάφους, θα πρέπει τουλάχιστον μερικά από τα κενά να είναι συνεχή.

Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός, ότι το πορώδες μίας αργίλου είναι συνήθως μεγαλύτερο από αυτό της άμμου, αλλά η άργιλος είναι εκατομμύρια φορές λιγότερο διαπερατή από την άμμο. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο ότι τα πλακοειδή σωματίδια της αργίλου συνδέονται με ισχυρές δυνάμεις και έτσι τα κενά της αργίλου είναι μικρότερα, περισσότερο ελικοειδή και μη συνεχή.

Στην περίπτωση που το πορώδες και ο δείκτης κενών ελαττώνονται η αντοχή αυξάνει.

5. Βαθμός κορεσμού S_r

Ο βαθμός κορεσμού, που είναι ο λόγος του όγκου του νερού των πόρων προς τον όγκο των κενών.

$$S_r = V_w / V_k$$

Εκφράζει το ποσοστό (συνήθως επί τοις εκατό) του όγκου των πόρων, που πληρούνται με νερό. Οι πιθανές τιμές του βαθμού κορεσμού ενός εδαφικού υλικού κυμαίνονται μεταξύ 0 και 100%.

Ένα ξηρό εδαφικό υλικό έχει βαθμό κορεσμού μηδέν, ενώ ένα εδαφικό υλικό, του οποίου το σύνολο των πόρων πληρούνται με νερό (κορεσμένο), έχει βαθμό κορεσμού 1 (100%).

Στον Πίνακα [2], που ακολουθεί συσχετίζεται η κατάσταση ενός εδάφους με τον βαθμό κορεσμού.

Κατάσταση Εδάφους	Βαθμός κορεσμού S_r (%)
Ξηρό	0
Υφυγρό	1 – 25
Υγρό	25 – 50
Πολύ υγρό	50 – 75
Βρεγμένο	75 – 99
Κορεσμένο	100

Πίνακας[2]: Κατάσταση εδάφους από άποψη βαθμού κορεσμού (Παπαχαρήσης)

Σημείωση:

Αργιλικά εδάφη με βαθμό κορεσμού 90% είναι δυνατόν να είναι τόσο σκληρά, ώστε να εκλαμβάνονται ως σκληρά .

Η άργιλος είναι πάντοτε σχεδόν κορεσμένη ή τελείως κορεσμένη, με εξαίρεση την επιφανειακή στρώση, που υπόκειται σε εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας.

(Παπαχαρήσης)

2.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Δεν χρειαστήκαμε εργαστηριακό εξοπλισμό. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δεν πραγματοποιήθηκε πείραμα. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες, που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν αυτές του ειδικού βάρους στερεών συστατικών γ_s και της φυσικής υγρασίας.

Οι φυσικές παράμετροι, που ακολουθούν, προσδιορίστηκαν στη παρούσα μελέτη από τα δοκίμια κανονικού γεωμετρικού σχήματος, τα οποία διαμορφώθηκαν με σκοπό να υποβληθούν στη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης.

Στοιχεία αδιατάρακτου δοκιμίου:

Διάμετρος $d = 39 \text{ mm} = 3,9 \text{ cm}$

Ύψος δοκιμίου $h = 76 \text{ mm} = 7,6 \text{ cm}$

Υγρό βάρος δοκιμίου $B_{\text{υγρ}} = 184,17 \text{ gr}$

Ο ολικός όγκος του δοκιμίου (όγκος κενών και όγκος κόκκων) ($V_{\text{ολ}}$):

$$V_{\text{ολ}} = (\pi * d^2 * h) / 4 = (\pi * (3,9 \text{ cm})^2 * 7,6 \text{ cm}) / 4 = 90,789 \text{ cm}^3$$

Υγρό φαινόμενο βάρος (γ):

$$\gamma = B_{\text{υγρ}} / V_{\text{ολ}} = 184,17 \text{ (gr)} / 90,789 \text{ (cm}^3\text{)} = 2,028 \text{ gr/cm}^3$$

Το ξηρό φαινόμενο βάρος (γ_d):

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) = 2,028 \text{ (gr/cm}^3\text{)} / (1 + 0,25685) = 1,614 \text{ gr/cm}^3$$

Ο δείκτης ή λόγος κενών (e):

$$e = (\gamma_s / \gamma_d) - 1 = (2,715 \text{ (gr/cm}^3\text{)} / 1,614 \text{ (gr/cm}^3\text{)}) - 1 = 0,682 \rightarrow \text{Από τον Πίνακα [1] (σελ. 20) προκύπτει : Καλά διαβαθμισμένα χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος.}$$

Το πορώδες (n):

$n = 1 - (\gamma_d / \gamma_s) = 1 - (1,614 \text{ (gr/cm}^3) / 2,715 \text{ (gr/cm}^3)) = 0,406 \rightarrow$ Από τον Πίνακα [1] (σελ. 20) προκύπτει : Καλά διαβαθμισμένα χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος.

Ο βαθμός κορεσμού (S_r):

$$S_r = (\gamma_s * w) / (\gamma_w * e) = (2,715 \text{ (gr/cm}^3) * 0,25685) / (1 \text{ (gr/cm}^3) * 0,682) = 1,022 \equiv 1$$

Οπότε: **S_r=100%** \rightarrow Από τον Πίνακα [2] (σελ. 21) προκύπτει : Κορεσμένο έδαφος

2.4 ΟΡΙΑ ATTERBERG:

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ:

Η μηχανική συμπεριφορά των συνεκτικών εδαφών – αργιλικών εδαφών επηρεάζεται από την περιεχόμενη υγρασία.

Με την βαθμιαία μείωση της περιεχόμενης υγρασίας, ενώ αυτό βρίσκεται στην υδαρή κατάσταση, μεταπίπτει στην πλαστική, μετά στην ημιστερεή και τελικά στην στερεή κατάσταση.

Οι τιμές της περιεχόμενης υγρασίας, για τις οποίες τα διάφορα είδη αργιλικών εδαφών μεταπίπτουν από την μία κατάσταση στην άλλη, ποικίλουν σημαντικά.

Αυτή η υγρασία, για την οποία αλλάζει κατάσταση το έδαφος, μπορεί να χρησιμεύσει για τη διάκριση και τη σύγκριση των διαφόρων αργίλων.

Σύμφωνα με το σύστημα ATTERBERG καθορίστηκαν αυθαίρετα τέσσερις καταστάσεις.

Ρευστή (υδαρή): το έδαφος δεν έχει διατμητική αντοχή.

Πλαστική: Παραμορφώνεται χωρίς θραύση και διατηρεί το σχήμα του και μετά την απομάκρυνση του αιτίου.

Ημιστερεή: Θραύεται, ενώ παραμορφώνεται.

Στερεή: Συμπεριφέρεται σα στερεό σώμα και έχει αυξημένη διατμητική αντοχή.

Ρευστή (υδαρή)

LL (όριο υδαρότητας)

Πλαστική

LP (όριο πλαστικότητας)

Ημιστερεή

SW (όριο συρρίκνωσης)

Στερεή

Οι περιεχόμενες υγρασίες οι οποίες αντιστοιχούν στα όρια μεταξύ των διαφόρων καταστάσεων συνεκτικότητας ονομάζονται όρια Atterberg:

1. Όριο υδαρότητας (LL)
2. Όριο πλαστικότητας (LP)
3. Όριο συρρίκνωσης (SW)

Σκοπός:

Ο προσδιορισμός των ορίων Atterberg έχει σαν σκοπό την κατάταξη των λεπτόκοκκων εδαφών.

Σύγκριση φυσικής υγρασίας αργιλικού εδάφους και Ορίων Atterberg:

Από την σύγκριση αυτή έχουμε, ότι για τιμές της φυσικής υγρασίας αργιλικού εδάφους:

1. Μικρότερες του ορίου πλαστικότητας (LP), δείχνουν συνεκτικά εδάφη, σκληρά και υπερστερεοποιημένα.

2. Μεταξύ των ορίων Atterberg, εδάφη κανονικά στερεοποιημένα για ένα σχετικό φορτίο και σε κατάσταση στιφρή, πλαστική, μαλακή και πολύ μαλακή.
3. Για τιμές μεγαλύτερες του ορίου υδαρότητας (LL), δείχνουν εδάφη υπερστερεοποιημένα σε κατάσταση ρευστή, υδαρή.

2.4.2 ΕΥΡΕΣΗ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ (LL):

(κατά Α.Α.Σ.Η.Ο.: T 89)
(μέθοδος των τριών σημείων)

2.4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ:

Ορισμός:

Όριο υδαρότητας είναι η περιεχόμενη υγρασία, κατά την οποία το έδαφος, αφού χάσει νερό, μεταφέρεται από την υδαρή κατάσταση στην πλαστική.

2.4.2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας (LL) χρειάζονται τα παρακάτω:

1. Δοχείο από πορσελάνη με διάμετρο 12 cm
2. Σπάτουλα με διαστάσεις: 8 cm x 2 cm
3. Συσκευή CASAGRANDE με προδιαγεγραμμένες διαστάσεις
4. Όργανο για την χάραξη
5. Δοχεία
6. Ζυγαριά με ανάγνωση 0,1 gr
7. Κλίβανος 110° C, κάψες αλουμινένιες
8. Κόσκινο No 40 (0,42 mm)



Συσκευή CASAGRANDE

2.4.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα:

1. ξηραίνεται σε θερμοκρασία μικρότερη από 60° C,
2. κατατρίβεται προσεκτικά, ώστε να μη μειωθεί το μέγεθος των κόκκων,
3. τετραμερίζεται, και
4. κοσκινίζεται με το κόσκινο Νο 40

Παίρνουμε 100 gr περίπου από το υλικό, που περνάει από το κόσκινο Νο 40, και το υλικό αυτό το αναμιγνύουμε με αποσταγμένο νερό. Η ποσότητα του νερού, που θα χρησιμοποιήσουμε, εξαρτάται από το έδαφος το οποίο υποβάλλουμε σε δοκιμή. Όσο πιο πλαστικό είναι, τόσο περισσότερο νερό μπορεί να απορροφήσει, πριν φτάσει στην ρευστή κατάσταση.

Από την εμπειρία μας ξεκινάμε με μία ποσότητα νερού, ώστε η περιεχόμενη υγρασία του να είναι μικρότερη από το όριο υδαρότητας του.

Η ανάμιξη γίνεται με σπάτουλα. Αν χρειαστεί περισσότερο νερό, προσθέτουμε νερό σε ποσότητες από 1 μέχρι 3 ml.



Όταν ολοκληρωθεί η ανάμιξη και σχηματιστεί ομοιόμορφη πηχτή μάζα, το μείγμα τοποθετείται στον υγραντήρα για μισή ώρα περίπου.

Κατόπιν:

1. τοποθετείται στο κύπελλο της συσκευής CASAGRANDE.
2. πιέζεται και απλώνεται με αργές, κατά το δυνατό κινήσεις της σπάτουλας και με φροντίδα ώστε να μην εγκλειστούν φυσαλίδες αέρα μέσα στην μάζα.



Η μάζα πρέπει να έχει βάθος 1 cm στο σημείο μέγιστου πάχους.
Η μάζα χωρίζεται με το όργανο χάραξης σε δύο τμήματα κατά τον άξονα της συσκευής.
Η χαραγή πρέπει να είναι καθαρή, απότομη και να φτάνει μέχρι τον πυθμένα.
Για την χαραγή επιτρέπονται μέχρι έξι πλήρεις (μπροστά – πίσω) χειρισμοί.



Ο στρόφαλος της συσκευής στρέφεται με δύο στροφές το δευτερόλεπτο. Οι στροφές καταμετρούνται, μέχρι που τα δύο τμήματα του εδάφους να έρθουν σε επαφή σε μήκος 1,27 cm. Ο αριθμός των στροφών, που πραγματοποιήθηκε, καταγράφεται.



Τμήμα εδάφους κάθετα προς τη χαραγή:

1. αφαιρείται με τη σπάτουλα
2. ζυγίζεται
3. ξηραίνεται (110°C)
4. ξαναζυγίζεται
5. προσδιορίζεται η υγρασία του (W%) με την μέθοδο των διαδοχικών ζυγίσεων

Η εργασία αυτή επαναλαμβάνεται σε δύο ακόμα τμήματα του εδάφους μας προσθέτοντας κάθε φορά μικρή ποσότητα νερού (1 – 3 ml). Γίνεται προσπάθεια, ώστε σε καθεμία από τις δοκιμές ενώνονται κατά 1,27 cm σε αριθμό κτύπων, που ανήκουν στις παρακάτω περιοχές:

1^η δοκιμή: 25 – 35 κτύπους

2^η δοκιμή: 20 – 30 κτύπους

3^η δοκιμή: 15 – 25 κτύπους

Σε ένα ημιλογαριθμικό χαρτί, απεικονίζουμε τα ζεύγη των τιμών των κτύπων με τις αντίστοιχες περιεχόμενες υγρασίες. Στον άξονα των τετμημένων τοποθετούμε των αριθμό των κτύπων και στον άξονα των τεταγμένων τις τιμές των υγρασιών.

Σχεδιάζεται ένα ευθύγραμμο τμήμα, όσο το δυνατό πλησιέστερα προς τις ανωτέρω συντεταγμένες.

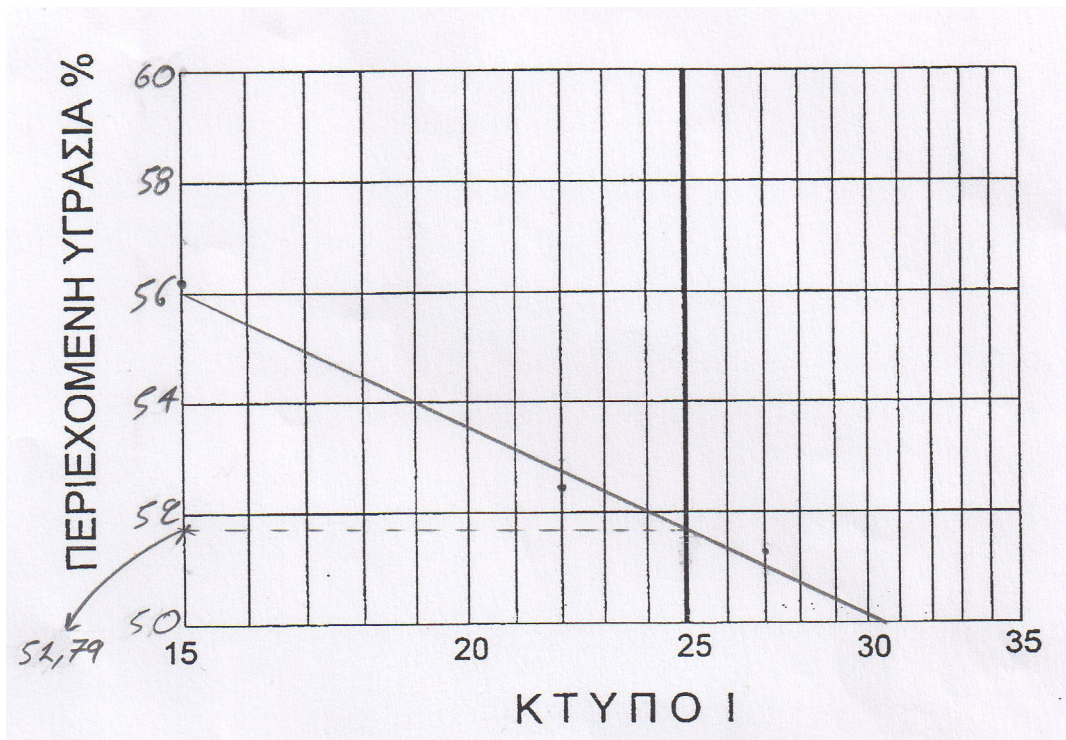
Η υγρασία που αντιστοιχεί στο σημείο εκείνο του ευθυγράμμου τμήματος που έχει τετημημένη τους 25 κτύπους, είναι το όριο υδαρότητας του εδάφους.

(Προσοχή! Αυτός είναι ο πειραματικός προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας και όχι ο ορισμός)

2.4.2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

		Μονάδες μέτρησης:			
		-	1	2	3
	Αριθμός δοκιμής:	-	1	2	3
	Αριθμός κτύπων (όχι για πλαστικότητα)	Κτύποι	27	22	15
	Αριθμός κάψας:	-	9	50	45
A	Βάρος κάψας:	gr	34,02	22,10	22,64
B	B _{Υγρού Δείγματος+Κάψας} :	gr	44,44	31,48	32,09
Γ	B _{Ξυρού Δείγματος+Κάψας} :	gr	40,90	28,25	28,69
Δ	B _{Νερού} : (Δ=B-Γ)	gr	3,54	3,23	3,40
E	B _{Ξυρού Δείγματος} : (E=Γ-A)	gr	6,88	6,15	6,05
Z	Περιεχόμενη υγρασία (W): (Z=(Δ*100)/E)	%	51,45	52,52	56,20

Χρησιμοποιούμε την μέθοδο των τριών σημείων και προκύπτει:



Όριο υδαρότητας (LL): **LL = 51,79%**

2.4.3 ΕΥΡΕΣΗ ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (LP): (κατά Α.Α.Σ.Η.Ο.: Τ 90 – 61)

2.4.3.1 ΓΕΝΙΚΑ:

Ορισμός:

Όριο πλαστικότητας είναι η πιο χαμηλή περιεχόμενη υγρασία για την οποία το έδαφος παραμένει πλαστικό.

2.4.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Για τον προσδιορισμό του ορίου πλαστικότητας (LP) χρειάζονται τα παρακάτω:

1. Δοχείο από πορσελάνη με διάμετρο 12 cm
2. Σπάτουλα 8 cm x 2 cm
3. Γυάλινη (ή χάρτινη) επιφάνεια για κυλίνδρωση
4. Δοχεία
5. Ζυγαριά με ανάγνωση 0,1 gr

2.4.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα:

1. ξηραίνεται σε θερμοκρασία μικρότερη από 60° C
2. κατατρίβεται προσεκτικά, ώστε να μην μειωθεί το μέγεθος των κόκκων
3. τετραμερίζεται και
4. κοσκινίζεται με το κόσκινο Νο 40 (0,42 mm)

Παίρνουμε 20 gr περίπου από το υλικό, που περνάει από το κόσκινο Νο 40, και το υλικό αυτό το αναμιγνύουμε καλά με αποσταγμένο νερό, ώστε να σχηματιστεί αρκετά πλαστική μάζα, που να μορφώνεται εύκολα ένας σβόλος.



Το δείγμα κυλινδρώνεται ανάμεσα στα δάχτυλα και στη χάρτινη πλάκα με πίεση, ώστε να σχηματιστεί ραβδίσκος (μακαρόνι) με ίδια διάμετρο σε όλο το μήκος του. Πραγματοποιούνται 80 με 90 κυλινδρώσεις το λεπτό.



Η πλήρης κυλίνδρωση συμπληρώνεται με την επιστροφή χεριού – ραβδίσκου στην αρχική θέση.

Όταν η διάμετρος του ραβδίσκου γίνει 3 mm χωρίς ρηγματώσεις, ο ραβδίσκος τεμαχίζεται σε 6 ή 8 τεμάχια.

Τα τεμάχια συμπιέζονται με τα δάχτυλα σε ομοιόμορφη μάζα με ελλειψοειδές σχήμα και επαναλαμβάνεται η κυλίνδρωση για το σχηματισμό νέου ραβδίσκου 3 mm.

Όταν κάποτε ο ραβδίσκος θρυμματιστεί σε διάμετρο μεγαλύτερη ή ίση με 3mm, η διαδικασία σταματάει.

Ο θρυμματισμός εμφανίζεται διαφορετικός σε διάφορους εδαφικούς τύπους.

Η μάζα του θρυμματισμένου ραβδίσκου τοποθετείται στον κλίβανο σε αλουμινένια κάψα, αφού ζυγιστεί και προσδιοριστεί η περιεχόμενη υγρασία με την μέθοδο των διαδοχικών ζυγίσεων. Η υγρασία αυτή θα είναι το όριο πλαστικότητας του εδάφους.

Γίνονται δύο δοκιμές και σαν όριο πλαστικότητας υπολογίζεται ο μέσος όρος.

Δεν είναι πάντα δυνατός ο προσδιορισμός του ορίου πλαστικότητας σε ένα έδαφος.

Μπορεί το έδαφος να θρυμματίζεται πολύ πριν φτάσει τα 3 mm διάμετρο, να μην μπορεί να γίνει εύπλαστη μάζα. Σε αυτή τη περίπτωση χαρακτηρίζεται σαν μη πλαστικό – non plastic (NP).

2.4.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

		Μονάδες μέτρησης:	
	Αριθμός δοκιμής:	-	1 2
	Αριθμός κτύπων (όχι για πλαστικότητα)	-	- -
	Αριθμός κάψας:	-	40 53
A	Βάρος κάψας:	gr	22,30 22,21
B	B _{Υγρού Δείγματος+Κάψας} :	gr	25,85 26,98
Γ	B _{Ξυρού Δείγματος+Κάψας} :	gr	24,98 25,80
Δ	B _{Νερού} : (Δ=B-Γ)	gr	0,87 1,18
E	B _{Ξυρού Δείγματος} : (E=Γ-A)	gr	2,68 3,59
Z	Περιεχόμενη υγρασία (W): (Z=(Δ*100)/E)	%	32,46 32,87
H	M.O.: (H= (Z1+Z2)/2)	%	32,67

Επομένως το όριο πλαστικότητας είναι: **LP = 32,67%**

2.4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG:

2.4.4.1 ΓΕΝΙΚΑ:

Δείκτης πλαστικότητας (I_p):

Το φάσμα των υγρασιών για τις οποίες το έδαφος παραμένει σε πλαστική κατάσταση καλείται δείκτης πλαστικότητας I_p και είναι η διαφορά του ορίου υδαρότητας μείον το όριο πλαστικότητας: **I_p = LL - LP**

Στον Πίνακα [3], που ακολουθεί, συσχετίζεται ο βαθμός πλαστικότητας ενός εδάφους με τον δείκτη πλαστικότητας.

Βαθμός Πλαστικότητας	Δείκτης Πλαστικότητας I _p
Έδαφος μη πλαστικό	0
Έδαφος ελαφράς πλαστικότητας	1 – 5
Έδαφος μικρής πλαστικότητας	5 – 10
Έδαφος μέσης πλαστικότητας	10 – 20
Έδαφος μεγάλης πλαστικότητας	20 – 40
Έδαφος πολύ μεγάλης πλαστικότητας	>40

Πίνακας[3] : Κατάταξη εδαφών σε σχέση με το δείκτη πλαστικότητας κατά τον Burmister.

Δείκτης Υδαρότητας (I_L):

Ο δείκτης υδαρότητας:

$$I_L = (W - LP) / (LL - LP) = (W - LP) / I_p$$

εκφράζει τη σχέση του πραγματικού ποσοστού υγρασίας (W) ως προς το όριο υδαρότητας. Εάν το ποσοστό υγρασίας είναι ίσο με το όριο υδαρότητας, τότε I_L = 1, ενώ εάν είναι ίσο με το όριο πλαστικότητας I_L = 0. Γενικά, τιμές του I_L μεταξύ 0 και 1

αντιστοιχούν στην πλαστική περιοχή. Αντίθετα, τιμές του $I_L < 0$ αντιστοιχούν στην ημιστερεά και στερεά κατάσταση, ενώ τιμές του $I_L > 1$ στην υδαρή κατάσταση.

Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι τα όρια του Atterberg και οι δείκτες συνεκτικότητας, που προκύπτουν από αυτά, έχουν οριστεί εμπειρικά και κατά συνέπεια δεν έχουν θεμελιώδη ποσοτική έννοια, δηλαδή δεν είναι δυνατόν να συσχετισθούν απ' ευθείας, π.χ. με το πάχος της στρώσης του προσροφημένου νερού. Το μειονέκτημα αυτό, όμως δεν περιορίζει τη χρησιμότητά τους για την ποιοτική περιγραφή των συνεκτικών υλικών, καθώς και για την κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες.

Δείκτης Συνεκτικότητας (I_C):

Η συνεκτικότητα ενός εδάφους, δηλαδή κατά πόσο το έδαφος είναι σκληρό ή μαλακό, υδαρές κλπ, ορίζεται ποσοτικά με το δείκτη συνεκτικότητας, που ακολουθεί:

$$I_C = (LL - W) / (LL - LP) = (LL - W) / I_p$$

Παρατηρούμε ότι:

1. Αν η φυσική υγρασία w είναι μεταξύ LL και LP , τότε το έδαφος μας είναι στην πλαστική κατάσταση και ο λόγος παίρνει τιμές μικρότερες της μονάδας.
2. Αν η φυσική υγρασία w είναι μεγαλύτερη του ορίου υδαρότητας LL , τότε το έδαφος μας είναι στην ρευστή κατάσταση και ο λόγος παίρνει αρνητικές τιμές.
3. Αν η φυσική υγρασία w είναι μικρότερη του ορίου πλαστικότητας LP , τότε το έδαφος μας είναι στην ημιστερεή κατάσταση και ο λόγος παίρνει τιμή μεγαλύτερη της μονάδας.

Επομένως, όσο μεγαλύτερη η τιμή του I_C τόσο πιο σκληρό και ανθεκτικό είναι το έδαφος. Ενώ όσο μικρότερη η τιμή του, τόσο πιο μαλακό και δίχως αντοχές (υδαρή κατάσταση) είναι.

2.4.4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Δεν χρειαστήκαμε εργαστηριακό εξοπλισμό. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.4.4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δεν πραγματοποιήθηκε πείραμα. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.4.4.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

α) Δείκτης πλαστικότητας (I_p):

$I_p = LL - LP = 51,79\% - 32,67\% = 19,12\% \rightarrow$ Από τον Πίνακα [3] (σελ. 32)
προκύπτει : Έδαφος μέσης πλαστικότητας.

Δείκτης πλαστικότητας είναι το φάσμα των υγρασιών, για τις οποίες το έδαφος παραμένει σε πλαστική κατάσταση.(ΠΡΟΣΟΧΗ: Δεν είναι οι τιμές των υγρασιών, για τις οποίες το έδαφος παραμένει σε πλαστική κατάσταση, αλλά το φάσμα. Οι τιμές είναι από 32,67% και πάνω (μέχρι 51,79%).

β) Δείκτης Υδαρότητας (I_L):

$I_L = (W - LP) / (LL - LP) = (W - LP) / I_p = (25,685\% - 32,67\%) / 19,12\% = - 0,36 \rightarrow$
Το έδαφος βρίσκεται σε ημιστερεή ή στερεή κατάσταση.

γ) Δείκτης Συνεκτικότητας (I_C):

$I_C = (LL - W) / (LL - LP) = (LL - W) / I_p = (51,79\% - 25,685\%) / 19,12\% = 1,36 \rightarrow$
Σκληρό και ανθεκτικό έδαφος. Βρίσκεται σε ημιστερεή κατάσταση.

2.5 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ:

2.5.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Κοκκομετρική ανάλυση είναι ο προσδιορισμός της σχέσης του μεγέθους του ανοίγματος των βροχίδων διαφόρων κοσκίνων και του ποσοστού κατά βάρος της εδαφικής ποσότητας, που διέρχεται από τα κόσκινα αυτά.

Στην πράξη χρησιμοποιούμε μία κατακόρυφη στήλη κοσκίνων με βαθμιαία μειούμενη βροχίδα από πάνω προς τα κάτω. Το προς έλεγχο υλικό (ξηρό στον κλίβανο) ρίχνεται στο υψηλότερο κόσκινο και ακολουθεί η κοσκίνιση.

Ζυγίζονται τα συγκρατούμενα βάρη και υπολογίζονται τα διερχόμενα από το κάθε κόσκινο.

Σκοπός της κοκκομετρικής ανάλυσης είναι η κατάταξη των εδαφών.

Η κοκκομετρική ανάλυση γίνεται σε τρεις φάσεις :

1. **στην κοσκίνιση του χοντρόκοκκου υλικού** (συγκρατούμενου στο Νο 10 κόσκινο)
2. **στη φάση της καθίζησης** (ανάλυση με αραιόμετρο). Αναλύεται το υλικό, που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200 (δηλ. ιλύς και άργιλος).
3. **στη κοσκίνιση του λεπτόκοκκου**. Κοσκινίζεται το υλικό ανάμεσα στο κόσκινο Νο 10 και Νο 200, δηλ. η άμμος.

2.5.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Για την μελέτη του χοντρόκοκκου και του λεπτόκοκκου υλικού χρειαζόμαστε:

1. Μηχανή κοσκίνησης
2. Κόσκινα με διαφορετικά ανοίγματα οπής
3. Κλίβανο
4. Κάψες αλουμινένιες
5. Ζυγό ακριβείας 0,1 gr

Για την ανάλυση με το αραιόμετρο χρειαζόμαστε τα παρακάτω:

1. Ζυγός ακριβείας 0,1 gr
2. Γυάλινο ποτήρι 250 ml
3. Παράγοντας διασποράς
4. Συσκευή ανάδευσης, μηχανική
5. Αραιόμετρο (Πυκνόμετρο), για τη μέτρηση του ειδικού βάρους
6. Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι των 1000 ml
7. Θερμόμετρο ακριβείας 0,5° C
8. Κόσκινο Νο 10 (2 mm)
9. Υδατόλουτρο ή χώρος σταθερής θερμοκρασίας

2.5.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Προετοιμασία του υλικού:

Γίνεται ξήρανση του εδαφικού δείγματος στους 60° C, και λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα μετά από τεταρτομερισμό ή διαχωρισμό, τόσο ώστε :

1. το διερχόμενο βάρος από το κόσκινο 2 mm (No 10) να έχει βάρος 110 gr για αμμώδες έδαφος και 60 gr για αργιλώδες ή ιλυώδες έδαφος και
2. το κατακρατούμενο ελάχιστο βάρος στο κόσκινο No 10 θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τον πιο κάτω πίνακα :

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΥ ΚΟΚΚΟΥ mm (inch.)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΒΑΡΟΣ (kgr)
9,5 (3/8)	0,5
25,0 (1)	2,0
50,0 (2)	4,0
75,0 (3)	5,0

Κατόπιν κατατρίβεται για να διαχωριστούν οι κόκκοι, σε συσκευές κονιοποίησης, όπως γουδί με γουδοχέρι.



Μετά ζυγίζουμε το ξηρό στους 60° C και αυτή θα είναι η συνολική ποσότητα W, που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή.

Η ποσότητα όμως αυτή περιέχει υγρασία γιατί δεν έχει μπει στο κλίβανο στους 110 ± 5° C μέχρι σταθεροποιήσεως του βάρους τους.

Η ανωτέρω ποσότητα W χωρίζεται σε δύο ποσότητες χρησιμοποιώντας το κόσκινο No 10 (2 mm).

Το συγκρατούμενο στο No 10 κατατρίβεται και επαναλαμβάνεται η κοσκίνηση.

Η ποσότητα, που θα συγκρατηθεί τελικά στο κόσκινο Νο 10, είναι το χοντρόκοκκο υλικό του συνολικού δείγματος και το συμβολίζουμε με W_{χ} .

Η ποσότητα, που πέρασε από το κόσκινο Νο 10, είναι το λεπτόκοκκο υλικό και το συμβολίζουμε με W_{λ} και θα είναι:

$$W_{\lambda} = W - W_{\chi}$$

Οι ανωτέρω ποσότητες πρέπει να αναχθούν στο κλίβανο χωρίς υγροσκοπική υγρασία, γιατί τα ποσοστά τα διερχόμενα, που λαμβάνονται σαν τελικό αποτέλεσμα, υπολογίζονται στο συνολικό ξηρό δείγμα.

Το χοντρόκοκκο υλικό W_{χ} λόγω του, ότι υγροσκοπική υγρασία του θεωρείται αμελητέα, εκλαμβάνεται ως ξηρό $W_{\chi} = W_{\chi\xi}$. (Οι κόκκοι είναι μεγαλύτεροι από 2 mm, συνεπώς το βάρος της υγροσκοπικής υγρασίας είναι αμελητέο).

Η ξηρή ποσότητα του λεπτόκοκκου $W_{\lambda\xi}$ υπολογίζεται, αφού υπολογιστεί η περιεχόμενη υγρασία w του λεπτόκοκκου υλικού από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα περίπου 10 gr, με τη γνωστή μέθοδο των διαδοχικών ζυγίσεων.

$$\text{Δηλαδή : } W_{\lambda\xi} = W_{\lambda} / 1 + w.$$

Συνεπώς, η συνολική ξηρή ποσότητα, που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση, θα είναι:

$$W_{\xi} = W_{\chi\xi} + W_{\lambda\xi}$$

Ο προσδιορισμός του % διερχόμενου λεπτόκοκκου P_{λ} και του % συγκρατούμενου P_{χ} στο κόσκινο Νο 10 γίνεται από τους παρακάτω τύπους:

$$P_{\lambda} = (W_{\lambda\xi} / W_{\xi}) \times 100 \text{ και } P_{\chi} = (W_{\chi\xi} / W_{\xi}) \times 100$$

Συνοπτικά η παραπάνω διαδικασία έχει ως εξής:

1. Υγρό δείγμα
2. Ξήρανση στους 60° C
3. Ποσότητες ελάχιστες σύμφωνα με τις προδιαγραφές
4. Αντιπροσωπευτικό δείγμα – τεταρτομερισμός – διαχωρισμός
5. Διαχωρισμός κόκκων (γουδί και γουδοχέρι) – κονιοποίηση
6. Ζύγιση της συνολικής ποσότητας με υγροσκοπική υγρασία (w)
7. Κοσκίνισμα στο Νο 10 (2 mm)
8. Τρίψιμο του συγκρατούμενου στο κόσκινο Νο 10
9. Κοσκίνισμα στο Νο 10
10. Ζύγισης της συγκρατούμενης στο κόσκινο ποσότητας W_{χ}
11. Υπολογισμός $W_{\lambda} = W - W_{\chi}$
12. Εύρεση υγροσκοπικής υγρασίας w
13. Υπολογισμός $W_{\lambda\xi} = W_{\lambda} / (1 + w)$
14. Συνολική ποσότητα $W_{\xi} = W_{\chi\xi} + W_{\lambda\xi}$
15. Προσδιορισμός του % διερχόμενου λεπτόκοκκου P_{λ} και του % συγκρατούμενου P_{χ} στο κόσκινο Νο 10.

ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΟΣΚΙΝΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΟΠΗΣ
Κατά A.S.T.M.

Αριθμός Κόσκινου	Μέγεθος οπής κόσκινου σε (mm)
4 – in	101,60
3 ½ – in	88,90
3 – in	76,20
2 ½ – in	68,50
2 – in	50,80
1 ¾ – in	44,40
1 ½ – in	38,10
1 ¼ – in	31,70
1 – in	25,40
7/8 – in	22,20
¾ – in	19,10
5/8 – in	15,90
½ – in	12,70
1/10 – in	11,10
3/8 – in	9,52
5/10 – in	7,93
¼ – in ή No 3	6,35
No 3 ½	5,66
No 4	4,76
No 5	4,00
No 6	3,36
No 7	2,83
No 8	2,38
No 10	2,00
No 12	1,68
No 14	1,41
No 16	1,19
No 18	1,00
No 20	0,84
No 25	0,71
No 30	0,59
No 35	0,50
No 40	0,42
No 45	0,35
No 50	0,297
No 60	0,250
No 70	0,210
No 80	0,177
No 100	0,149
No 120	0,125
No 140	0,105
No 170	0,088
No 200	0,074
No 230	0,062

Παρουσίαση αναλυτικότερα των τριών φάσεων της κοκκομετρικής ανάλυσης:

1. Κοσκίνηση χοντρόκοκκου:

Τοποθετούνται κόσκινα μεγαλύτερα από το Νο 10 σε ανάλογη σειρά πάνω από αυτό (π.χ. 3 in, 3/8 in, Νο 4). Κοσκινίζεται το υλικό, που έχει συγκρατηθεί στο Νο 10. Ζυγίζεται και καταγράφεται το συγκρατούμενο βάρος σε κάθε κόσκινο μετά την κοσκίνηση. Τα βάρη αυτά με τους κατάλληλους υπολογισμούς μετατρέπονται σε ποσοστά διερχόμενου από το αντίστοιχο κόσκινο επί του ξηρού βάρους του συνολικού δείγματος (Wξ). Στους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιούνται τα ποσοστά Ρχ και Ρλ, που υπολογίστηκαν αρχικά.

2. Φάση καθίζησης :

Από το λεπτόκοκκο δείγμα Wλ (διερχόμενο από το Νο 10) παίρνουμε αντιπροσωπευτικό δείγμα 50 – 100 gr ανάλογα με το είδος του εδάφους. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι, τόσο λιγότερη ποσότητα επιλέγεται. Αυτό το δείγμα θα χρησιμοποιηθεί για τη φάση της καθίζησης (κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο). Αναλυτικά η διαδικασία αναφέρεται παρακάτω.

Τα ποσοστά, που προκύπτουν από την ανάλυση, ανάγονται σε ποσοστά % επί του συνολικού ξηρού δείγματος (Wξ) χρησιμοποιώντας το ποσοστό Ρλ.

Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο (πυκνόμετρο):

Από το δείγμα, που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10, λαμβάνονται περίπου 50 gr για τα περισσότερα εδάφη ή 100 gr για τα αμμώδη.

Το δείγμα ζυγίζεται, τοποθετείται μέσα σε ποτήρι των 250 ml, καλύπτεται με 125 ml από το έτοιμο διάλυμα του παράγοντα διασποράς, που έχει επιλεγεί, αναδεύεται καλά με γυάλινη ράβδο και αφήνεται να διαβραχεί επί 12 τουλάχιστον ώρες.



Σαν παράγοντα διασποράς μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε από τους τέσσερις, που δίνονται στον πίνακα παρακάτω. Το έτοιμο διάλυμα παρασκευάζεται με διάλυση της καθορισμένης ποσότητας άλατος, όπως δίνεται στον πίνακα, σύμφωνα με τον παράγοντα διασποράς που έχει επιλεγεί, σε αποσταγμένο νερό, ώστε να παρασκευαστεί 1 lt διαλύματος.

Χημική ένωση	Γραμμάρια άλατος ανά λίτρο έτοιμου διαλύματος	Χημικός τύπος
Εξαμεταφωσφορικό νάτριο με ανθρακικό νάτριο ως ρυθμιστικό (1)	45,7	NaPO_3 ή $(\text{NaPO}_3)_6$
Πολυφωσφορικό νάτριο	21,6	$\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$
Τριφωσφορικό νάτριο	18,8	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
Τετραφωσφορικό νάτριο (2)	35,1	$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$
(1) Εμπορική ονομασία «Calgon» (2) Εμπορική ονομασία «Quadrofos»		



Μετά τη διαβροχή, το περιεχόμενο του ποτηριού μεταφέρεται με επίπλυση μέσα σε ένα κύπελλο διασποράς (το μεταλλικό κύπελλο της εικόνας σελ. 39), προστίθεται αποσταγμένο νερό μέχρις ότου πληρωθεί το κύπελλο περισσότερο από το μισό και το περιεχόμενο αναδεύεται με τη μηχανική συσκευή ανάδευσης επί 1 min, ώστε να επιτευχθεί διασπορά.



Στην συνέχεια το μείγμα μεταφέρεται σε καθαρό γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο (χωρητικότητας 1000ml), όπου προστίθεται αποσταγμένο νερό, της ίδιας θερμοκρασίας με το υδατόλουτρο, μέχρι τελικού όγκου 1000 ml.

Έπειτα το περιεχόμενό του ογκομετρικού κυλίνδρου αναταράσσεται επί 1 min κλείνοντας τον με την παλάμη μας την ανοιχτή πλευρά του κυλίνδρου.

Μόλις τελειώσουμε την αναταραχή του ογκομετρικού κυλίνδρου, βάζουμε το χρονόμετρο να μετράει και ταυτόχρονα τοποθετούμε μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο το αραιόμετρο μας.

Διαβάζεται η ένδειξη του αραιομέτρου στα 2 min. Παράλληλα παίρνουμε μέτρηση και της θερμοκρασίας του αιωρήματος. Οι επόμενες ενδείξεις παίρνονται στα 5, 15,30,60,250,1440 min.

Μετά το πέρας της κάθε μέτρησης, το αραιόμετρο απομακρύνεται προσεκτικά από το εδαφικό αιώρημα και τοποθετείται με περιστροφική κίνηση μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο γεμάτο καθαρό νερό. Περίπου 25 ή 30 sec πριν την επόμενη ανάγνωση, το αραιόμετρο από το καθαρό νερό βυθίζεται αργά μέσα στο εδαφικό αιώρημα έτσι, ώστε να εξασφαλιστεί η ακινητοποίησή του, πριν από τον καθορισμένο χρόνο ανάγνωσης.

Μετά την τελική ανάγνωση του αραιομέτρου, το αιώρημα πλένεται πάνω σε κόσκινο Νο 200. Το κλάσμα, που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 200, ξηραίνεται και εκτελείται κοκκομετρική ανάλυση του λεπτόκοκκου κλάσματος με κόσκινα ανάμεσα στο Νο 10 και στο Νο 200.

3. Κοσκίνηση λεπτόκοκκου :

Μετά το πέρας της ανάλυσης με το αραιόμετρο, το δείγμα που βρίσκεται μέσα στο ογκομετρικό κύλινδρο (άμμος, ιλύς και άργιλος) αδειάζεται πάνω στο κόσκινο Νο 200 και ξεπλένοντας καλά το δείγμα, απομακρύνονται η ιλύς και η άργιλος, που διέρχονται από το αντίστοιχο κόσκινο και έχουν ήδη αναλυθεί. Με αυτό τον τρόπο παραμένει η άμμος πάνω στο κόσκινο Νο 200, που είναι το υλικό, που θα χρησιμοποιηθεί στη κοσκίνηση.

Αφού ξηρανθεί στο κλίβανο (στους $110 \pm 5^\circ \text{C}$) η άμμος, ακολουθεί η κοσκίνηση.

Χρησιμοποιούνται κόσκινα ανάμεσα στο Νο 10 και στο Νο 200.

Τα ποσοστά, που προκύπτουν, με τους κατάλληλους υπολογισμούς ανάγονται σε ποσοστά % επί του συνολικού ξηρού δείγματος (Wξ) χρησιμοποιώντας το ποσοστό Ρλ.

Τέλος, από τα διερχόμενα ποσοστά % επί του συνολικού ξηρού δείγματος, που έχουν υπολογιστεί και από τις τρεις φάσεις της κοκκομετρικής ανάλυσης και τις αντίστοιχες διαμέτρους των κόκκων, σχεδιάζεται το διάγραμμα της κοκκομετρικής καμπύλης του εδάφους, που αναλύσαμε.

2.5.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

1. Στην κοσκίνηση του χονδρόκοκκου υλικού (συγκρατούμενου στο κόσκινο Νο10).

Ανάλυση χονδρόκοκκου κλάσματος:

Επειδή συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο10 δεν είχαμε σημαίνει ότι το έδαφος μας δεν έχει χονδρόκοκκο υλικό. Άρα έχουμε $W = W_{\lambda}$.

2. Στη φάση της καθίζησης (ανάλυση με αραιόμετρο). Αναλύεται το υλικό, που διέρχεται από το κόσκινο Νο200 (δηλαδή η ιλύς και η άργιλος).

Ανάλυση με Αραιόμετρο:

Δεδομένα:

Η ποσότητα του δείγματος, που χρησιμοποιήσαμε για την εκτέλεση της δοκιμής, είναι 49 gr.

Τύπος πυκνομέτρου: ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ 151 Η

Παράγοντας διασποράς: Εξαμεταφωσφορικό νάτριο με Ανθρακικό νάτριο ως ρυθμιστικό (χημικός τύπος: NaPO_3).

Ειδικό βάρος κόκκων $\gamma_s = 2,715 \text{ gr/cm}^3$

Βάρος υγρού εδάφους: $W = (-) \text{ gr}$

Βάρος ξηρού εδάφους $W_s = 49 \text{ gr}$ (Ο υπολογισμός παρουσιάζεται αναλυτικά)

Ποσοστό διερχόμενο από το No10: $W_{10} = 100\%$

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων (mm)	Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)	Ενδείξεις πυκνομέτρου (Ri)	Σύνθετη διόρθωση ένδειξης πυκνομέτρου (c)	Διορθωμένη ένδειξη πυκνομέτρου ($R=Ri+c$)	Παράγοντας (R-1)	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση (P%)	Ποσοστό επί του συνολικού δείγματος (Pa%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,041	22	1,033	-0,00399	1,02901	0,02901	94,13	94,13
5	0,026	24	1,032	-0,00329	1,02871	0,02871	93,16	93,16
15	0,015	26	1,030	-0,00280	1,02720	0,02720	88,26	88,26
30	0,011	27	1,027	-0,00255	1,02445	0,02445	79,33	79,33
60	0,007	24	1,025	-0,00329	1,02171	0,02171	70,44	70,44
250	0,004	23	1,022	-0,00354	1,01846	0,01846	59,90	59,90
1440	0,002	26	1,016	-0,00280	1,01320	0,01320	42,83	42,83

Υπολογισμός D από τον τύπο: $D = D' * K_L * K_G * K_N$:

Χρόνος(min)	D'	K_L	K_G	K_N	D(mm)
1	2	3	4	5	6
0	-	-	-	-	-
2	0,041	0,699	0,983	0,967	0,02724
5	0,026	0,708	0,983	0,946	0,01712
15	0,015	0,728	0,983	0,925	0,00993
30	0,011	0,752	0,983	0,920	0,00748
60	0,007	0,770	0,983	0,946	0,00501
250	0,004	0,796	0,983	0,956	0,00299
1440	0,002	0,850	0,983	0,925	0,00155

Πίνακας 6
Εξεύρεση συντελεστού K_L για το πυκνόμετρο 151 Η

Πυκνότητα	K_L	Πυκνότη.	K_L	Πυκνότη.	K_L
1065	0.408	1036	0.672	1010	0.907
1064	0.415	1035	0.680	1009	0.918
1063	0.424	1034	0.690	1008	0.927
1062	0.433	1033	0.699	1007	0.938
1061	0.442	1032	0.708	1006	0.946
1060	0.450	1031	0.718	1005	0.955
1059	0.459	1030	0.728	1004	0.962
1058	0.467	1029	0.737	1003	0.971
1057	0.478	1028	0.743	1002	0.980
1056	0.489	1027	0.752	1001	0.990
1055	0.500	1026	0.760	1000	1.000
1054	0.510	1025	0.770		
1053	0.518	1024	0.778		
1052	0.526	1023	0.788		
1051	0.535	1022	0.796		
1050	0.544	1021	0.805		
1049	0.552	1020	0.817		
1048	0.562	1019	0.825		
1047	0.572	1018	0.833		
1046	0.581	1017	0.841		
1045	0.590	1016	0.850		
1044	0.600	1015	0.860		
1043	0.608	1014	0.868		
1042	0.619	1013	0.878		
1041	0.628	1012	0.888		
1040	0.637	1011	0.896		
1039	0.643				
1038	0.652				
1037	0.662				

Πίνακας 8

1. Συντελεστές διορθώσεως K_G σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος, του εδάφους.
2. Συντελεστές διορθώσεως K_n σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία (για να ληφθεί υπόψη η μεταβολή του ιξώδους του μέσου διασποράς).

Ειδ. Βάρος	K_G	$^{\circ}C$	K_n
2.60	1.016	15	1.053
2.61	1.013	15.5	1.046
2.62	1.010	16	1.043
2.63	1.007	16.5	1.034
2.64	1.003	17	1.028
2.65	1.000	17.5	1.020
2.66	0.998	18	1.014
2.67	0.995	18.5	1.008
2.68	0.990	19	1.000
2.69	0.987	19.5	0.995
2.70	0.985	20	0.988
2.71	0.983	20.5	0.984
2.72	0.980	21	0.980
2.73	0.978	21.5	0.975
2.74	0.975	22	0.967
2.75	0.972	22.5	0.962
		23	0.956
		23.5	0.950
		24	0.946
		24.5	0.940
		25	0.935
		25.5	0.930
		26	0.925
		26.5	0.920

Τρόπος υπολογισμού ανά στήλη, για την χρονική στιγμή 2min:

Στήλη 5:

Πίνακας 4

Σύνθετες διορθώσεις επί των ενδείξεων που διαβάζονται στο πρότυπο, κατά Α.Α.Σ.Η.Ο., υδρομέτρο εδάφους 151 Η, για τις αναγραφόμενες θερμοκρασίες και διαλύματα διασποράς (I), ώστε να γίνει αναγωγή αυτών σε ενδείξεις μέσα σε αποσταγμένο νερό θερμοκρασίας 20°C.

Θερμοκρασία του διαλύματος Βαθμοί °C	Διόρθωση της ενδείξεως του υδρομέτρου για τους παρακάτω παράγοντες διασποράς			
	NaPO ₃ Ειδ. Βάρος	Na ₁₂ P ₁₀ O ₃₁ Ειδ. Βάρος	Na ₅ P ₃ O ₁₀ Ειδ. Βάρος	Na ₆ P ₄ O ₁₃ Ειδ. Βάρος
19	-0.00456	-0.00214	-0.00214	-0.00342
19 1/2	-0.00443	-0.00204	-0.00204	-0.00330
20	-0.00430	-0.00193	-0.00193	-0.00318
20 1/2	-0.00418	-0.00183	-0.00183	-0.00308
21	-0.00404	-0.00173	-0.00173	-0.00298
21 1/2	-0.00392	-0.00162	-0.00162	-0.00286
22	-0.00399	-0.00151	-0.00151	-0.00276
22 1/2	-0.00367	-0.00141	-0.00141	-0.00265
23	-0.00354	-0.00131	-0.00131	-0.00254
23 1/2	-0.00342	-0.00120	-0.00120	-0.00243
24	-0.00329	-0.00110	-0.00110	-0.00232
24 1/2	-0.00316	-0.00100	-0.00100	-0.00222
25	-0.00304	-0.00089	-0.00089	-0.00211
25 1/2	-0.00292	-0.00079	-0.00079	-0.00200
26	-0.00280	-0.00068	-0.00068	-0.00190
26 1/2	-0.00267	-0.00058	-0.00058	-0.00179
27	-0.00255	-0.00067	-0.00047	-0.00168
27 1/2	-0.00244	-0.00037	-0.00037	-0.00158
28	-0.00232	-0.00027	-0.00027	-0.00148
28 1/2	-0.00220	-0.00017	-0.00017	-0.00137
29	-0.00207	-0.00006	-0.00006	-0.00125
29 1/2	-0.00195	+0.00004	+0.00004	-0.00115
30	-0.00184	+0.00014	+0.00014	-0.00106
30 1/2	-0.00171	+0.00025	+0.00025	-0.00094
31	-0.00158	+0.00035	+0.00035	-0.00083
31 1/2	-0.00146	+0.00046	+0.00046	-0.00073
32	-0.00134	+0.00057	+0.00057	-0.00062
32 1/2	-0.00122	+0.00068	+0.00068	-0.00051
33	-0.00110	+0.00079	+0.00079	-0.00040
33 1/2	-0.00097	+0.00089	+0.00089	-0.00030

Πάς στο πίνακα 4, όπου για θερμοκρασία 22 °C και παράγοντα διασποράς NaPO₃, έχεις τιμή: - 0,00399.

Στήλη 6:

Προσθέτεις την στήλη 4 με την στήλη 5 και έχεις: $1,033 + (- 0,00399) = 1,02901$

Στήλη 7:

Αφαιρείς από την στήλη 6 μια μονάδα και έχεις: $1,02901 - 1 = 0,02901$

Στήλη 8:

Ο τύπος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι: $P(\%) = (1606 * (R-1) * a * 100) / P_{\text{δείγμα ξηρό}}$

Το a υπολογίζεται από το πίνακα με βάση το ειδικό βάρος στερεών συστατικών του εδάφους:

Ειδικό βάρος γ_s	σταθερά a
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05

Το $\gamma_s = 2,715 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$. Άρα $a = 0,99$.

Το $P_{\text{δείγμα ξηρό}} = (B_{\text{δείγμα Υγρό}}) / (1 + W)$ όμως το δείγμα του εδάφους, που χρησιμοποιήσαμε, το πήραμε από τον κλίβανο την ώρα της δοκιμής, οπότε δεν χρειάστηκε να του αφαιρέσουμε υγρασία.

Άρα $P_{\text{δείγμα ξηρό}} = 49 \text{ gr}$

Με αντικατάσταση έχουμε: $P(\%) = (1606 * 0,02901 * 0,99 * 100) / 49 = 94,13\%$

Στήλη 9:

$$Pa(\%) = (P(\%) * P_\lambda) / 100$$

Γνωρίζω, ότι $P_x = 0\%$ και $P_\lambda = 100\%$

$$\text{Άρα, } Pa(\%) = (P(\%) * P_\lambda) / 100 = (P(\%) * 100) / 100 = P(\%) = 94,13\%$$

3. Στη κοσκίνιση του λεπτόκοκκου. Κοσκινίζεται το υλικό ανάμεσα στο κόσκινο No10 και No200, δηλαδή η άμμος.

Ανάλυση του λεπτόκοκκου κλάσματος:

Κόσκινο	Βάρος κοσκίνου χωρίς υλικό (gr)	Βάρος κόσκινου + ξηρού υλικού (gr)	Συγγρατούμενο (gr)	Διερχόμενο (gr)	Διερχόμενο (%)
No10 (2mm)	-	-	-	49	100
No16 (1,19mm)	527,68	527,76	0,08	48,92	99,84
No40 (0,42mm)	499,61	499,66	0,05	48,87	99,73
No50 (0,297mm)	473,4	473,48	0,08	48,79	99,57
No100 (0,149mm)	458,75	458,82	0,07	48,72	99,43
No200 (0,074mm)	Από γραμμική παρεμβολή				99,18
No230 (0,062mm)	461,57	461,71	0,14	48,58	99,14

Το Διερχόμενο P(%) υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P(\%) = (\text{Διερχόμενο σε gr} * 100) / (\text{Βάρος ξηρού δείγματος σε gr})$$

Όπου βάρος ξηρού δείγματος W=49gr

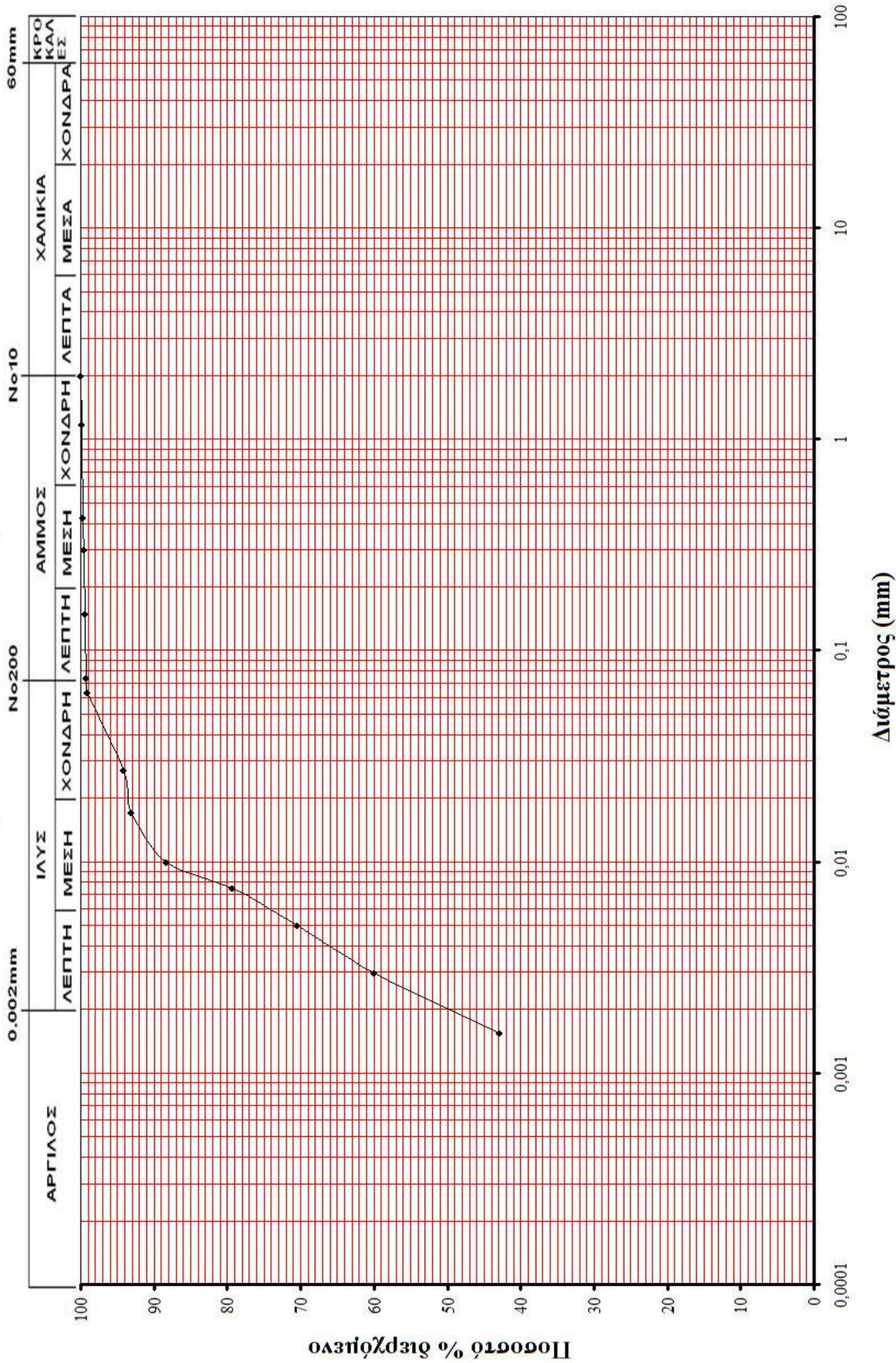
Με βάση την κοκκομετρική καμπύλη των εδαφών προκύπτουν τα παρακάτω ποσοστά περιεκτικότητας άμμου, ιλύος και αργίλου, του δοκιμίου:

Άμμος	Ιλύς	Αργίλος
0,82%	50,18%	49%

Σχεδίαση κοκκομετρικής καμπύλης:

α/α	Διατομή κόσκινου (mm) – Αρ. Κόσκ.	Ποσοστό (P%)
1	2,00 – No 10	100
2	1,19 – No 16	99,84
3	0,42 – No 40	99,73
4	0,297 – No 50	99,57
5	0,149 – No 100	99,43
6	0,074 – No 200	99,18
7	0,062 – No 230	99,14
8	0,02724	94,13
9	0,01712	93,16
10	0,00993	88,26
11	0,00748	79,33
12	0,00501	70,44
13	0,00299	59,9
14	0,00155	42,83

Κοκκομετρική Καμπύλη



2.6 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ:

2.6.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Επειδή η κατάταξη των εδαφών με βάση μόνο το μέγεθος των κόκκων, οδηγεί μερικές φορές σε παρερμηνεία, γιατί οι ιδιότητες των λεπτόκοκκων εδαφών επηρεάζονται εκτός από το μέγεθος των κόκκων και από την ορυκτολογική τους σύσταση. Έτσι, για την καλύτερη ταξινόμηση εφαρμόστηκε το ενοποιημένο σύστημα ταξινόμησης εδαφών με βάση τις Αμερικανικές προδιαγραφές: A.A.S.H.T.O. M145-86 και A.S.T.M. D2487-90.

Η ταξινόμηση των εδαφών είναι απαραίτητη σε ορισμένα μεγάλα τεχνικά έργα, όπως έργα οδοποιίας, θεμελιώσεων κ.α.

Επιπλέον είναι απαραίτητη σε όσες περιπτώσεις απαιτείται ολοκληρωμένη εδαφοτεχνική έρευνα, οπότε και δίνεται ο γενικός χαρακτηρισμός του εδάφους και καθορίζει ποιες δοκιμές θα γίνουν στην συνέχεια.

Οι μέθοδοι ταξινόμησης, που χρησιμοποιούνται περισσότερο, είναι αυτές, που διαχωρίζουν τα εδάφη σε ομάδες, που μπορεί εύκολα να τις θυμάται κανείς, που έχουν παρόμοιες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες και που μπορούν να προσδιοριστούν εύκολα με απλές και οικονομικές δοκιμές. Συνήθως οι δοκιμές αυτές είναι η κοκκομετρική ανάλυση και τα όρια Atterberg (για τα λεπτόκοκκα).

Συνεπώς, τα κριτήρια ταξινόμησης είναι :

1. τα διερχόμενα ποσοστά από τα αντίστοιχα κόσκινα και
2. τα αποτελέσματα των ορίων Atterberg, συνήθως το όριο υδαρότητας LL και ο δείκτης πλαστικότητας I_p .

Η περιγραφή των εδαφών στις ομάδες, στις οποίες ταξινομούνται, γίνονται με συμβολισμούς, που βασίζονται στο λατινικό αλφάβητο, έτσι ώστε να μπορούμε εύκολα και γρήγορα να τα περιγράψουμε γραπτώς. Π.χ. η άργιλος συμβολίζεται με C, η άμμος με S, η άργιλος με χαμηλό όριο υδαρότητας με CL κλπ.

Τα δύο περισσότερο συνήθη συστήματα ταξινόμησης είναι :

A) το σύστημα A.A.S.H.T.O. (American Association of State Highway Officials), που χρησιμεύει στην οδοποιία και

B) το σύστημα A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials).

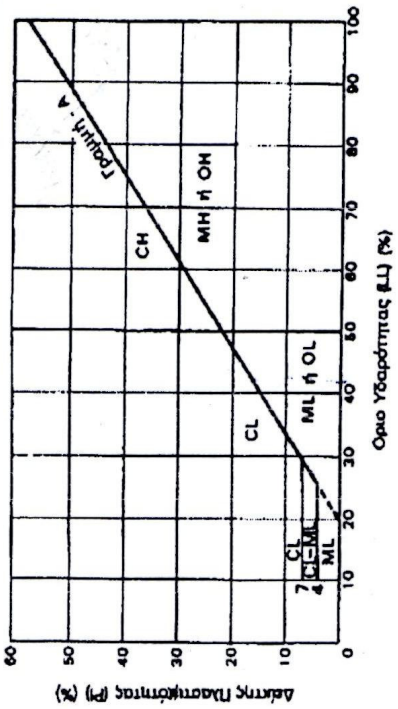
Ακολουθούν οι πίνακες (A.A.S.H.T.O. και A.S.T.M.) με βάση τους οποίους έγινε η κατάταξη του εδάφους μας.

Γενική Κατάταξη	Κοκκώδη Υλικά Π<=35%						Ιλλοαργιλώδη Υλικά Π>35%			
	Α1		Α3	Α2			Α4	Α5	Α6	Α7
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6					A2-7
% Ποσοστό Διερχόμενο από το κόσκινο:										
No 10 (2mm)	<50	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No 40 (0.42mm)	<30	<50	>51	...	...	...	...	...	...	...
No 200 (0.07mm)	<15	<25	<10	<10	≤35	≤35	≤35	>36	>36	>36
Χαρακτηριστικά του διερχόμενου από το κόσκινο No 40										
Όριο Υδαρότητας	...		...				
Δείκτης πλαστικότητας Ip	<6		NP							
Γενική ονομασία	Λίθια, Χαλίκια, Αμμοχάλικο		Λεπτή Άμμος		Ιλυώδη ή Αργιλώδη Αμμοχάλικα		Ιλυώδη Εδάφη		Αργιλώδη Εδάφη	
Καταλληλότητα του υλικού για θεμελίωση Οδών			Τέλειο προς Καλό							Μέτριο προς Κακό

- 1) Π = Ποσοστό % του διερχόμενου υλικού από το κόσκινο No 200.
- 2) Η τοποθέτηση της ομάδας A₃ πριν από την A₂ είναι αναγκαία για τη διαδικασία της απαλοιφής των ομάδων από αριστερά προς τα δεξιά και δεν σημαίνει ότι η A₃ υπερτερεί της A₂.
- 3) G.I. = Δείκτης Ομάδας (GROOP INTEX) και δίνεται από τη σχέση :

$$G.I. = (\Pi - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (\Pi - 15) * (Ip - 10)$$
 Αν ο δείκτης ομάδας είναι αρνητικός, τότε G.I. = 0
 Για τις ομάδες A2-6 και A2-7 G.I. = 0.01 * (Π-15) * (Ip-10)

ΒΑΣΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ			ΥΠΟΜΝΗΜΑ		
				ΓΕΝΙΚΑ	ΕΙΔΙΚΑ				
ΧΑΛΙΚΙΑ	ΧΑΛΙΚΙΑ	Καθαρά Χαλίκια	Καλά διαβαθμισμένα χαλίκια ή Αμμοχάλκο με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα συστατικά	Cu > 4 1 < Cc < 3	Με βάση το % διερχόμενο ποσοστό εδάφους από το κόσκινο Νο 200	1) Π > 5% αντιστοιχεί σε GW, GP, SP, SW, SC 2) Π > 12% αντιστοιχεί σε GM, GC, SM, SC 3) 5% < Π < 12% Ορισκή περίπτωση, επιβάλλεται η χρήση του ίδιου συμβόλου.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ συντελεστής ομοιομορφίας $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$ συντελεστής καμπυλότητας		
		Χαλίκια με λεπτά	Φτωχά διαβαθμισμένα χαλίκια ή Αμμοχάλκο με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα συστατικά	Δεν επαληθεύονται τα κριτήρια για το GW					
ΑΜΜΟΣ	Ποσοστό > 50% περνά από το Νο 4	Καθαρά Χαλίκια	Ιλυώδες χαλίκι ή Μίγματα χαλικιών - άμμου - ιλύος	Cu > 6 1 < Cc < 3	Δεν επαληθεύονται τα κριτήρια για το SW	Θέση πάνω από την γραμμή «Α» με 4 < Ip < 7 επιβάλλει διπλό συμβολισμό			
		Χαλίκια με λεπτά	Αργιώδες χαλίκι ή Μίγματα χαλικιών - άμμου - ιλύος						
ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ	Ποσοστό > 50% περνά από το Νο 4	Καθαρά Χαλίκια	Άμμος καλά διαβαθμισμένη ή Αμμοχάλκο με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα υλικά	Ip < 4 ή θέση κάτω από την «Α»	Δεν επαληθεύονται τα κριτήρια για το SW	Θέση πάνω από την γραμμή «Α» με 4 < Ip < 7 επιβάλλει διπλό συμβολισμό.			
		Χαλίκια με λεπτά	Άμμος φτωχά διαβαθμισμένη ή Αμμοχάλκο με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα υλικά					Ip > 7 ή θέση πάνω από την «Α»	
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΥΛΙΚΑ Π > 50%	Ποσοστό > 50% περνά από το Νο 4	Καθαρά Χαλίκια	Ιλυώδης Άμμος ή μίγματα άμμου - ιλύος	Ip < 4 ή θέση κάτω από την «Α»	Δεν επαληθεύονται τα κριτήρια για το SW	Θέση πάνω από την γραμμή «Α» με 4 < Ip < 7 επιβάλλει διπλό συμβολισμό.			
		Χαλίκια με λεπτά	Αργιώδης άμμος ή μίγματα άμμου - ιλύος					Ip > 7 ή θέση πάνω από την «Α»	
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΥΛΙΚΑ Π > 50%	LL < 50%	ML	Ανόργανη ιλύς, πολύ λεπτή άμμος, ιλυώδης και αργιώδης άμμος χαμηλής πλαστικότητας.	ML	Ανόργανη ιλύς, πολύ λεπτή άμμος, ιλυώδης και αργιώδης άμμος χαμηλής πλαστικότητας.	ML	Ανόργανη ιλύς, πολύ λεπτή άμμος, ιλυώδης και αργιώδης άμμος χαμηλής πλαστικότητας.		
		CL	Ανόργανη άργιλος χαμηλής πλαστικότητας ή χαλικιώδης άργιλος ή αμμώδης άργιλος ή ιλυώδης άργιλος					CL	Ανόργανη άργιλος χαμηλής πλαστικότητας ή χαλικιώδης άργιλος ή αμμώδης άργιλος ή ιλυώδης άργιλος
		OL	Οργανική ιλύς ή οργανική ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστικότητας					OL	Οργανική ιλύς ή οργανική ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστικότητας
		MH	Ανόργανη ιλύς (συχνά μαρμαρυγιακή) υψηλής πλαστικότητας					MH	Ανόργανη ιλύς (συχνά μαρμαρυγιακή) υψηλής πλαστικότητας
		CH	Ανόργανη άργιλος, υψηλής πλαστικότητας, παχεία άργιλος					CH	Ανόργανη άργιλος, υψηλής πλαστικότητας, παχεία άργιλος
		OH	Οργανική άργιλος μέσης μέχρι υψηλής πλαστικότητας.					OH	Οργανική άργιλος μέσης μέχρι υψηλής πλαστικότητας.
Πολύ οργανικά εδάφη	LL > 50%	Pt	Βουρκώδη και τυρφοδή εδάφη, Γεωλογικά προϊόντα απανθράκωσης	Pt	Βουρκώδη και τυρφοδή εδάφη, Γεωλογικά προϊόντα απανθράκωσης				



2.6.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Δεν χρειαζόμαστε εργαστηριακό εξοπλισμό. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων, πινάκων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.6.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δεν εκτελείται πείραμα στο εργαστήριο. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων, πινάκων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.6.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Γνωρίζουμε από πειράματα:

1) Κοκκομετρικής ανάλυσης:

Αριθμός Κόσκινου (άνοιγμα οπής)	Διερχόμενο P(%)
No10	100%
No40	99,73%
No200	99,18%

2) Όρια Atterberg:

Όριο Υδαρότητας (LL)	51,79%
Δείκτης Πλαστικότητας (I _p)	19,12%

A) Αποτελέσματα κατά A.A.S.H.T.O. M145-86:

Βήματα:

- 1) $PI = 99,18\% > 35\% \rightarrow$ Το έδαφος ανήκει στα Ιλυοαργιλώδη υλικά.
- 2) Με βάση τα P(%) για τα κόσκινα No10, No40 και No200. \rightarrow Δεν απορρίπτουμε καμία κατηγορία εδάφους.
- 3) $LL = 51,79\% > 41\% \rightarrow$ Απορρίπτω τις κατηγορίες εδάφους A4, A6 και κρατώ τις A5 και A7.
- 4) $I_p = 19,12\% > 11\% \rightarrow$ Απορρίπτω την κατηγορία εδάφους A5 και κρατώ την A7.
- 5) Το έδαφος είναι κατηγορίας **A7-5** και όχι A7-6 γιατί:

$$IP \leq LL - 30 \rightarrow 19,12 \leq 51,79 - 30 \rightarrow 19,12 \leq 21,79 \rightarrow \text{Ισχύει}$$

$$IP > LL - 30 \rightarrow 19,12 > 51,79 - 30 \rightarrow 19,12 > 21,79 \rightarrow \text{Δεν Ισχύει}$$

Με γενική ονομασία: **Αργιλώδη Εδάφη**

6) Καταλληλότητα του υλικού για θεμελίωση οδών:

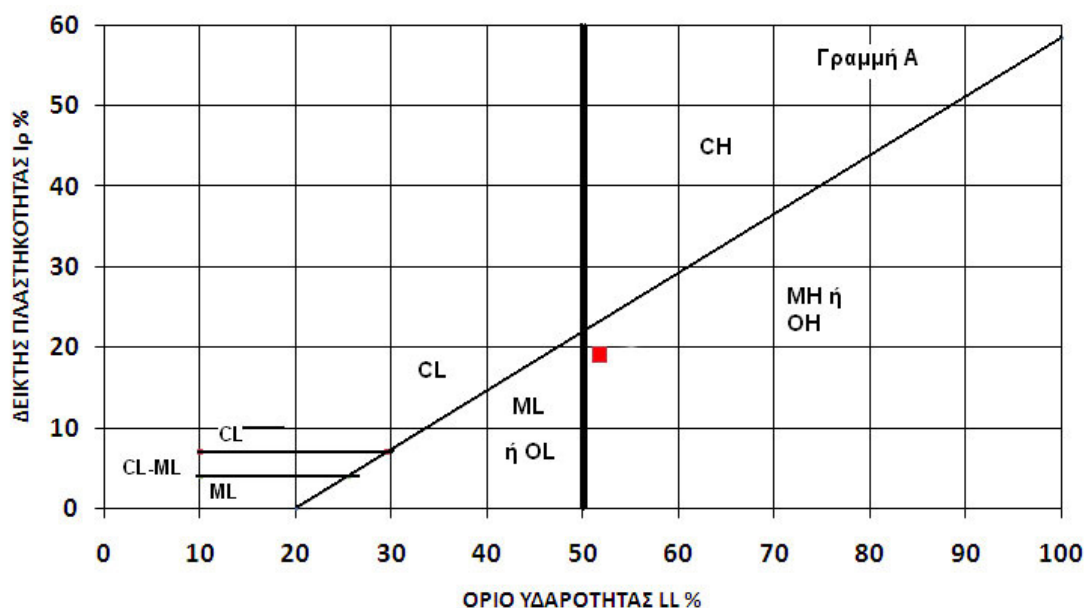
$$\begin{aligned} GI &= (\Pi - 35) * [0,2 + 0,005 * (LL - 40)] + 0,01 * (\Pi - 15) * (IP - 10) = \\ &= (99,18 - 35) * [0,2 + 0,005 * (51,79 - 40)] + 0,01 * (99,18 - 15) * (19,12 - 10) = \\ &= 64,18 * 0,25895 + 7,677216 = 24,30 \rightarrow \text{Μέτριο προς κακό έδαφος για θεμελίωση} \\ &\text{οδών.} \end{aligned}$$

B) Αποτελέσματα κατά A.S.T.M. D2487-90:

Βήματα:

- 1) $\Pi=99,18\% > 50\%$ → Το έδαφος ανήκει στα λεπτόκοκκα υλικά. Ιλύς και Άργιλος.
- 2) $LL=51,79\% > 50\%$ → Απορρίπτω τις κατηγορίες ML, CL και OL.
- 3) Το έδαφος μου έχει: $LL=51,79\%$ και $I_p=19,12\%$ → Από το διάγραμμα προκύπτει, ότι το έδαφος μου είναι:

MH= Ανόργανη ιλύς υψηλής πλαστικότητας



2.7 ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ (A):

2.7.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Τα όρια Atterberg και το ποσοστό αργίλου μπορούν να συνδυαστούν με μία παράμετρο, η οποία καλείται Ενεργότητα.

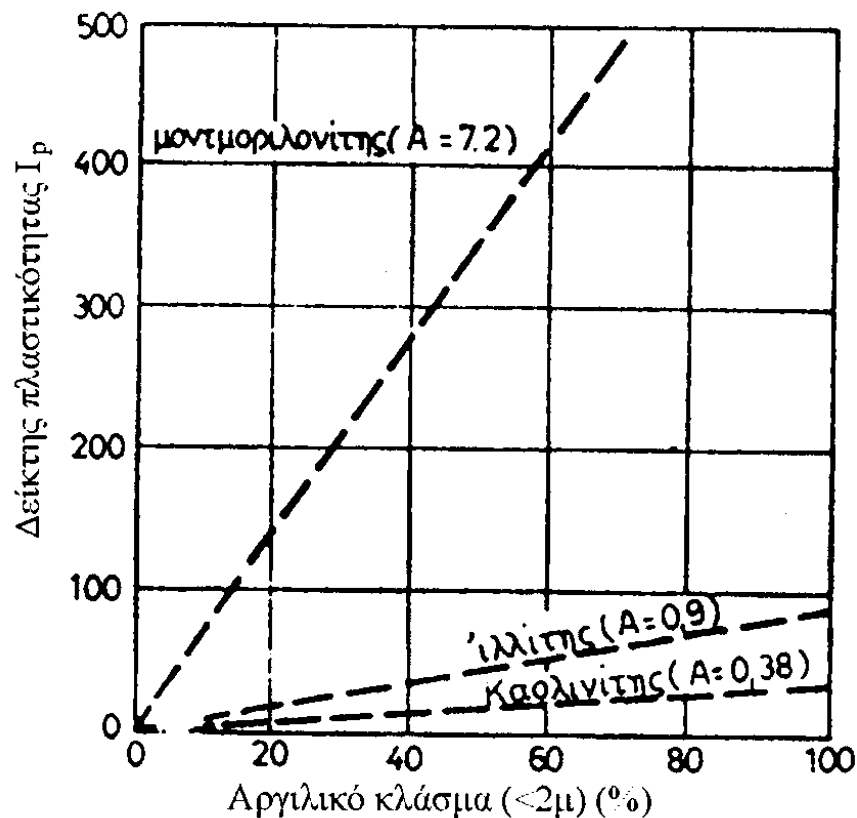
Η Ενεργότητα A ενός εδάφους, που περιέχει N% ποσοστό αργίλου με δείκτη πλαστικότητας I_p , δίνεται από την σχέση:

$$A = I_p / N\% \text{ ποσοστό αργίλου}$$

Η Ενεργότητα ορυκτών της αργίλου εξαρτάται από την χημική σύστασή τους.

Στο Σχήμα [1], δίνεται η συσχέτιση των τιμών του δείκτη πλαστικότητας I_p και την Ενεργότητα για διάφορα αργιλικά ορυκτά, σε συνάρτηση του επί % αργιλικού κλάσματος, με διάμετρο $D < 2\mu$.

Κατ' εξαίρεση οι χαλαζιακοί κόκκοι είναι ουδέτεροι έστω και με διάμετρο $< 2\mu$, όπως φαίνεται στον Πίνακα [4].



Σχήμα [1] : Σχέση δείκτη πλαστικότητας I_p με την ενεργότητα σε συνάρτηση του επί % αργιλικού κλάσματος ενός εδαφικού υλικού (Βαλαλάς)

Ορυκτό Αργίλου	Ενεργότητα A
Μοντοριλλονίτης	4 – 7
Ασβεστουχικός Μοντοριλλονίτης	1,5
Ιλλίτης	0,5 – 1,3
Καολινίτης	0,3 – 0,5
Αλλουσίτης (ανυδρίτης)	0,5
Αλλουσίτης (υδρίτης)	0,1
Ατταπουλγίτης	0,5 – 1,2
Αλλοφάνης	0,5 – 1,2
Μοσχοβίτης	0,2
Ασβεστίτης	0,2
Χαλαζίτης	0,0

Πίνακας [4] : Ενεργότητα διαφόρων ορυκτών αργιλικών εδαφών (Holtz & Kovacs 1981)

Η χρήση των Ορίων Atterberg είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για εδάφη με Ενεργότητα $0,75 < A < 1,25$ που είναι τα κανονικά ενεργά εδάφη, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα [5].

Ενεργότητα	0,75<	0,75 – 1,25	>1,25
Χαρακτηρισμός εδάφους	Μη ενεργό	Κανονικό	Ενεργό

Πίνακας [5] : Χαρακτηρισμός του βαθμού ενεργότητας των αργιλικών εδαφών

2.7.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Δεν χρειαζόμαστε εργαστηριακό εξοπλισμό. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.7.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δεν εκτελείται πείραμα στο εργαστήριο. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

2.7.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

$$A = I_p / N\% \text{ ποσοστό αργίλου} = 19,12\% / 49\% = 0,39$$

$A = 0,39 < 0,75$ → Από τον Πίνακα [5] (σελ. 55) προκύπτει: **Μη ενεργό έδαφος** και από τον Πίνακα [4] (σελ. 55) και το Σχήμα [1] (σελ. 54) προκύπτει: Το έδαφος μου με βάση το ορυκτό αργίλου είναι **Καολινίτης**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ

3.1 ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ: (κατά Α.Α.Σ.Η.Τ.Ο. : Τ 208-70)

3.1.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Αυτή η δοκιμή είναι μια γρήγορη δοκιμή για την εκτίμηση της συνοχής (c) των συνεκτικών εδαφών.

Η δοκιμή αυτή γίνεται μόνο κάτω από τις εξής προϋποθέσεις :

1. Να είναι το έδαφος συνεκτικό, γιατί το δοκίμιο είναι ελεύθερο πλευρικά
2. Η γωνία εσωτερικής τριβής $\phi = 0$
3. Η δοκιμή να ολοκληρώνεται μέσα σε 15 min το πολύ, για να μην χάνει υγρασία το δοκίμιο, οπότε η ϕ να διατηρείται ίση με μηδέν.

Κατά τη δοκιμή αυτή, το δοκίμιο διαμορφώνεται κυλινδρικό και εφαρμόζεται αξονικό φορτίο (P). Αν είναι (A') η επιφάνεια του δοκιμίου σε κάθε χρονική στιγμή, τότε η ορθή τάση θα είναι :

$$\sigma = P / A'$$

Σαν αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη (q_u) του εδάφους ορίζεται η τάση, στην οποία το δοκίμιο εμφανίζει τη μια από τις ακόλουθες καταστάσεις :

1. γίνεται θραύση
2. η παραμόρφωση γίνεται 20% (χωρίς να έχει προηγηθεί θραύση)

Από τις δύο αυτές τάσεις θα δεχόμαστε σαν αντοχή του δοκιμίου αυτή, που χρονικά εμφανίζεται πρώτη.

3.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Χρειαζόμαστε την συσκευή για την εκτέλεση της δοκιμής, εφοδιασμένη με:

1. Μετρητή παραμόρφωσης, που έχει ικανότητα ανάγνωσης 0,01 mm
2. Δακτύλιο ανάγνωσης των ασκούμενων φορτίων
3. Παχύμετρο
4. Χρονόμετρο
5. Κλίβανο θερμοκρασίας $105 \pm 5^\circ \text{C}$
6. Ζυγαριές με ακρίβεια 0,1 gr και 0,01 gr
7. Δοχεία, εργαλεία κοπής και αναζύμωσης, εξολκέα

3.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δοκίμιο:

Το δοκίμιο μπορεί να είναι:

1. Αδιατάραχτο
2. Αναζυμώμενο

Τα αδιατάραχτα δοκίμια παρασκευάζονται από μεγάλα αδιατάραχτα δοκίμια, τα οποία παίρνονται με δειγματοληπτικούς σωλήνες λεπτών τοιχωμάτων.

Τα δοκίμια καπελώνονται με γύψο, όταν οι βάσεις τους είναι ανώμαλες.

Τα αναζυμωμένα δοκίμια παρασκευάζονται με αναζύμωση του αδιατάρακτου δείγματος μέσα σε λεπτή ελαστική μεμβράνη με τα δάχτυλα, για να διατηρηθεί η υγρασία.

Το δοκίμιο κυλινδρικού τύπου, που φτιάχνουμε, θα πρέπει να συμμορφώνεται απαραίτητα με τους παρακάτω περιορισμούς :

1. Η ελάχιστη διάμετρος του δοκιμίου θα είναι 3,30 cm
2. Ο μεγαλύτερος κόκκος του δοκιμίου πρέπει να είναι μικρότερος από το $1 / 10$ της διαμέτρου του δοκιμίου. Για δοκίμια με διάμετρο μεγαλύτερη από 7,15 cm, το μέγεθος του μεγαλύτερου κόκκου πρέπει να είναι μικρότερο από το $1/6$ της διαμέτρου.
3. Ο λόγος του ύψους του δοκιμίου (H) προς τη διάμετρο του (D) πρέπει να είναι $2 \leq H / D \leq 3$, για να μη γίνεται λυγισμός.
4. Να μην έχει εγκλωβισμένο αέρα
5. Να έχει ομοιόμορφη πυκνότητα
6. Να έχει τη φυσική του υγρασία και το φυσικό λόγο κενών



Τόρνος (συσσκευή διαμόρφωσης κυλινδρικού δοκιμίου)

Μηχανή Θλίψης:

Εφαρμόζεται το φορτίο, ώστε να προσδίνεται ανοιγμένη αξονική παραμόρφωση ½% μέχρι 2% ανά λεπτό και καταγράφονται οι τιμές του φορτίου και οι παραμορφώσεις κάθε 30 sec.

Η ταχύτητα παραμόρφωσης ρυθμίζεται έτσι, ώστε ο χρόνος θραύσης για τα μη καλυμμένα δοκίμια να μην ξεπερνάει τα 10 λεπτά.

Η δοκιμή συνεχίζεται, μέχρι να παρατηρηθεί μείωση της τιμής του φορτίου ή μέχρι να εμφανιστεί ανοιγμένη παραμόρφωση ίση με 20%.



Μηχανή Θλίψης

Υπολογισμοί:

Η ανοιγμένη αξονική παραμόρφωση (ϵ) ορίζεται από τη σχέση :

$$\epsilon = (\Delta H) / H_0$$

όπου:

ΔH = η ολική αξονική βράχυνση του δοκιμίου μέχρι εκείνη τη στιγμή

H_0 = το αρχικό ύψος του δοκιμίου

Ο αρχικός όγκος του δοκιμίου είναι : $V = A * H_0$

όπου:

A: το εμβαδό της κάθετης επιφάνειας στον άξονα του κυλίνδρου (βάση).

Δεχόμαστε, ότι η δοκιμή συμβαίνει δίχως μεταβολή του όγκου του δοκιμίου.

Αν το βαρελάκι του δοκιμίου εξομοιωθεί με κύλινδρο βάσης A' και ίσου ύψους, τότε ο όγκος του θα δίνεται από τη σχέση : $V' = A' * (H_0 - \Delta H)$

Αλλά είναι αμετάβλητος ο όγκος : $V = V'$

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει ότι : $A' = A / (1 - \epsilon)$

Η τελευταία σχέση δίνει τη διατομή του κυλίνδρου σε συνάρτηση με την ανοιγμένη αξονική παραμόρφωση (ϵ).

Από το δοκίμιο είναι γνωστά τα μεγέθη : A, H_0

Για κάθε μέτρηση είναι γνωστά τα : $(\Delta H), P$

Για κάθε μέτρηση θα προσδιορίζονται τα : ϵ, σ από τις σχέσεις :

$$\epsilon = (\Delta H) / H_0 \quad \sigma = P / A' \quad A' = A / (1 - \epsilon)$$

Και θα προκύπτουν σημεία K με συντεταγμένες $K(\epsilon, \sigma)$ στο διάγραμμα με άξονες (ϵ %) και (σ).

Τα διάφορα σημεία K θα ενώνονται με συνεχή γραμμή και από την καμπύλη, που προκύπτει, θα καθορίζεται η αντοχή στην ανεμπόδιστη θλίψη. Αυτή θα είναι η (σ), που αντιστοιχεί στη θραύση, ή η (σ'), που αντιστοιχεί στην $\epsilon = 20\%$.

Από το ίδιο διάγραμμα μπορεί να υπολογιστεί το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους E , που είναι η κλίση της ευθείας στις αρχικές παραμορφώσεις.

Από το διάγραμμα του Mohr προκύπτει, ότι η συνοχή c ισούται με το μισό της αντοχής στην ανεμπόδιστη θλίψη:

$$c = q_u / 2$$

Ακολουθεί πίνακας για τον χαρακτηρισμό της συνεκτικότητας με βάση την αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη:

ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΤΟ ΧΕΡΙ	ΑΝΤΟΧΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ (kgr/cm ²)
ΠΟΛΥ ΜΑΛΑΚΗ	ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΡΚΕΤΕΣ inches ΤΗΣ ΠΥΓΜΗΣ ΤΟΥ ΧΕΡΙΟΥ	< 0,25
ΜΑΛΑΚΗ	ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΡΚΕΤΕΣ inches ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	0,25 – 0,5
ΜΕΣΗ	ΜΕ ΜΕΤΡΙΑ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΡΚΕΤΕΣ inches ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	0,5 – 1
ΣΚΛΗΡΗ	ΕΥΚΟΛΑ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ ΑΛΛΑ ΔΙΕΙΣΔΥΕΙ ΜΕ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ	1 – 2
ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΗ	ΕΥΚΟΛΑ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΝΥΧΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	2 – 4
ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΗ	ΔΥΣΚΟΛΑ ΧΑΡΑΣΣΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΝΥΧΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑ	> 4

Πίνακας [6] : Χαρακτηρισμός συνεκτικότητας με βάση την αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη



Μηχανή Θλίψης με κυλινδρικό δοκίμιο κατά την διάρκεια εκτέλεσης της δοκιμής.

3.1.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

A) ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΟ ΔΟΚΙΜΙΟ:

Στοιχεία αδιατάρακτου δοκιμίου:

Διάμετρος δοκιμίου: $d = 39 \text{ mm} = 3,9 \text{ cm}$

Αρχικό ύψος δοκιμίου: $h = 76 \text{ mm} = 7,6 \text{ cm}$

Υγρό βάρος δοκιμίου: $B_{\text{υγρό αδιατάρακτο}} = 184,17 \text{ gr}$

CRP = 40 kgr / mm

Ταχύτητα: 5sec = 1 κύκλος μηχανής

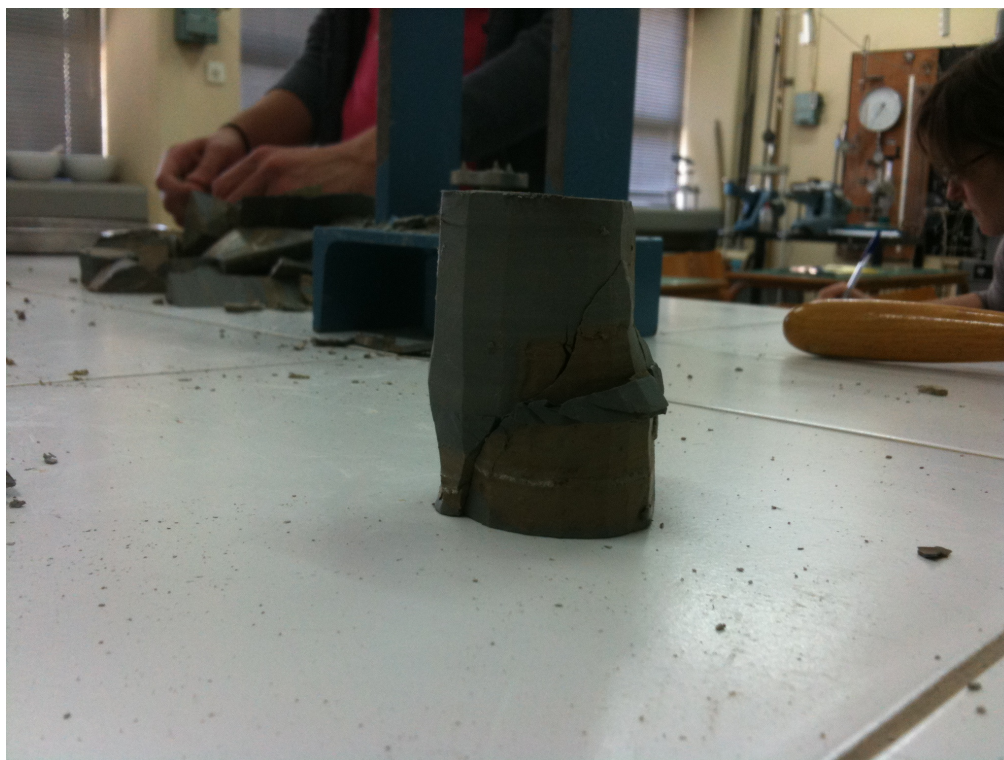
Επιφάνεια δοκιμίου: $A = \pi * d^2 / 4 = 11,946 \text{ cm}^2$

RH = Αναγνώσεις μηκυνσιόμετρου βράχυνσης του ύψους του δοκιμίου

RP = Αναγνώσεις μηκυνσιόμετρου βράχυνσης της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου

CRH (Συντελεστής βράχυνσης του ύψους του δοκιμίου) = -----

CRP (Συντελεστής βράχυνσης της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου) = 40 (kgr/mm)



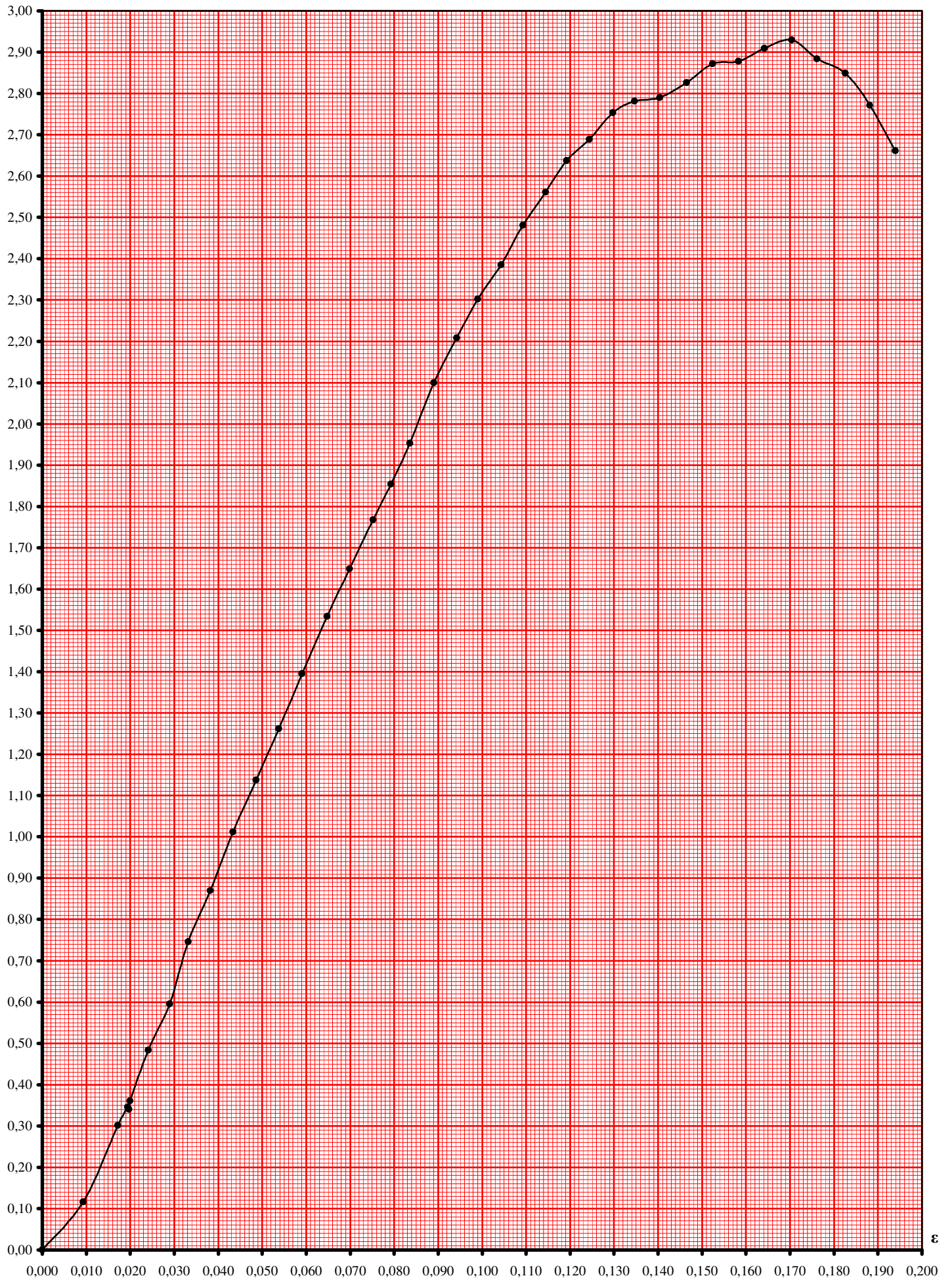
Αδιατάρακτο δοκίμιο μετά την ανεμπόδιση θλίψη

Α/Α	ΒΡΑΧΥΝΣΗ		ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΦΟΡΤΙΟ		ΤΑΣΗ
	RH (mm)	$\Delta H(\text{mm})=RH*CRH$	$\varepsilon =\Delta H/H$	$A' =A/(1-\varepsilon)$	RP(mm)	$P(\text{kgf})=RP*CRP$	$\sigma =P/A'$
1		0,000	0,000	11,95	0,000	0,0	0,00
2		0,707	0,009	12,06	0,035	1,4	0,12
3		1,309	0,017	12,16	0,092	3,7	0,30
4		1,474	0,019	12,18	0,105	4,2	0,35
5		1,503	0,020	12,19	0,104	4,2	0,34
6		1,516	0,020	12,19	0,110	4,4	0,36
7		1,831	0,024	12,24	0,148	5,9	0,48
8		2,203	0,029	12,30	0,183	7,3	0,60
9		2,523	0,033	12,36	0,230	9,2	0,75
10		2,904	0,038	12,42	0,270	10,8	0,87
11		3,298	0,043	12,49	0,316	12,6	1,01
12		3,695	0,049	12,56	0,357	14,3	1,14
13		4,087	0,054	12,62	0,398	15,9	1,26
14		4,487	0,059	12,70	0,443	17,7	1,39
15		4,925	0,065	12,77	0,490	19,6	1,53
16		5,312	0,070	12,84	0,530	21,2	1,65
17		5,716	0,075	12,92	0,571	22,8	1,77
18		6,026	0,079	12,97	0,601	24,1	1,85
19		6,353	0,084	13,04	0,636	25,5	1,95
20		6,770	0,089	13,11	0,688	27,5	2,10
21		7,159	0,094	13,19	0,728	29,1	2,21
22		7,522	0,099	13,26	0,763	30,5	2,30
23		7,931	0,104	13,34	0,795	31,8	2,38
24		8,305	0,109	13,41	0,832	33,3	2,48
25		8,696	0,114	13,49	0,864	34,6	2,56
26		9,058	0,119	13,56	0,894	35,8	2,64
27		9,454	0,124	13,64	0,917	36,7	2,69
28		9,858	0,130	13,73	0,945	37,8	2,75
29		10,234	0,135	13,80	0,960	38,4	2,78
30		10,671	0,140	13,90	0,969	38,8	2,79
31		11,134	0,147	14,00	0,989	39,6	2,83
32		11,583	0,152	14,09	1,012	40,5	2,87
33		12,029	0,158	14,19	1,021	40,8	2,88
34		12,476	0,164	14,29	1,039	41,6	2,91
35		12,950	0,170	14,40	1,055	42,2	2,93
36		13,388	0,176	14,50	1,045	41,8	2,88
37		13,874	0,183	14,61	1,041	41,6	2,85
38		14,297	0,188	14,71	1,020	40,8	2,77
39		14,742	0,194	14,82	0,986	39,4	2,66

Ανεμπόδιστη Θλίψη (Αδιατάρακτο)

Διάγραμμα ϵ - σ

σ (kgr/cm²)



ϵ

Από το διάγραμμα προκύπτει:

α) Μέτρο ελαστικότητας (E_u):

Το υπολογίζουμε από την κλίση της καμπύλης.

Σημεία: A1 (0,009/0,12) και A2 (0,017/0,30)

$$E_u = (\Psi_2 - \Psi_1) / (X_2 - X_1) = (0,30 - 0,12) / (0,017 - 0,009) = 0,18 / 0,008 = 22,5 (\text{kgf/cm}^2)$$

Άρα, το μέτρο ελαστικότητας είναι:

$$E_u = 22,5 (\text{kgf/cm}^2)$$

β) Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (q_u):

Βρίσκουμε το υψηλότερο σημείο της καμπύλης και αυτή είναι η αντοχή σε θλίψη του δοκιμίου μας (q_u).

Το σημείο αυτό είναι το: Y1 (0,17/2,93)

Άρα, η αντοχή σε θλίψη είναι:

$$q_u = 2,93 (\text{kgf/cm}^2)$$

γ) Συνοχή του εδάφους (c):

Υπολογίζεται από τον τύπο: $c = q_u / 2$

$$c = q_u / 2 = 2,93 (\text{kgf/cm}^2) / 2 = 1,465 (\text{kgf/cm}^2)$$

Άρα, η συνοχή του εδάφους είναι:

$$c = 1,465 (\text{kgf/cm}^2)$$

Άρα, το έδαφος μας από πλευρά συνεκτικότητας με βάση τον Πίνακα [6] (σελ. 61) χαρακτηρίζεται ως **Πολύ Σκληρό** και ότι επί του έργου έλεγχος με το χέρι **Εύκολα Χαράσσεται με το Νύχι του Αντίχειρα**.

B) ΑΝΑΖΥΜΩΜΕΝΟ ΔΟΚΙΜΙΟ:

Στοιχεία αδιατάρακτου δοκιμίου:

Διάμετρος δοκιμίου: $d = 38 \text{ mm} = 3,8 \text{ cm}$

Αρχικό ύψος δοκιμίου: $h = 80 \text{ mm} = 8,0 \text{ cm}$

Υγρό βάρος δοκιμίου: $B_{\text{υγρο αδιαταρακτο}} = 175,47 \text{ gr}$

CRP = 40 kgr/mm

Ταχύτητα: 5sec = 1 κύκλος μηχανής

Επιφάνεια δοκιμίου: $A = \pi * d^2 / 4 = 11,341 \text{ cm}^2$

RH = Αναγνώσεις μηκυνσιόμετρου βράχυνσης του ύψους του δοκιμίου

RP = Αναγνώσεις μηκυνσιόμετρου βράχυνσης της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου

CRH (Συντελεστής βράχυνσης του ύψους του δοκιμίου) = -----

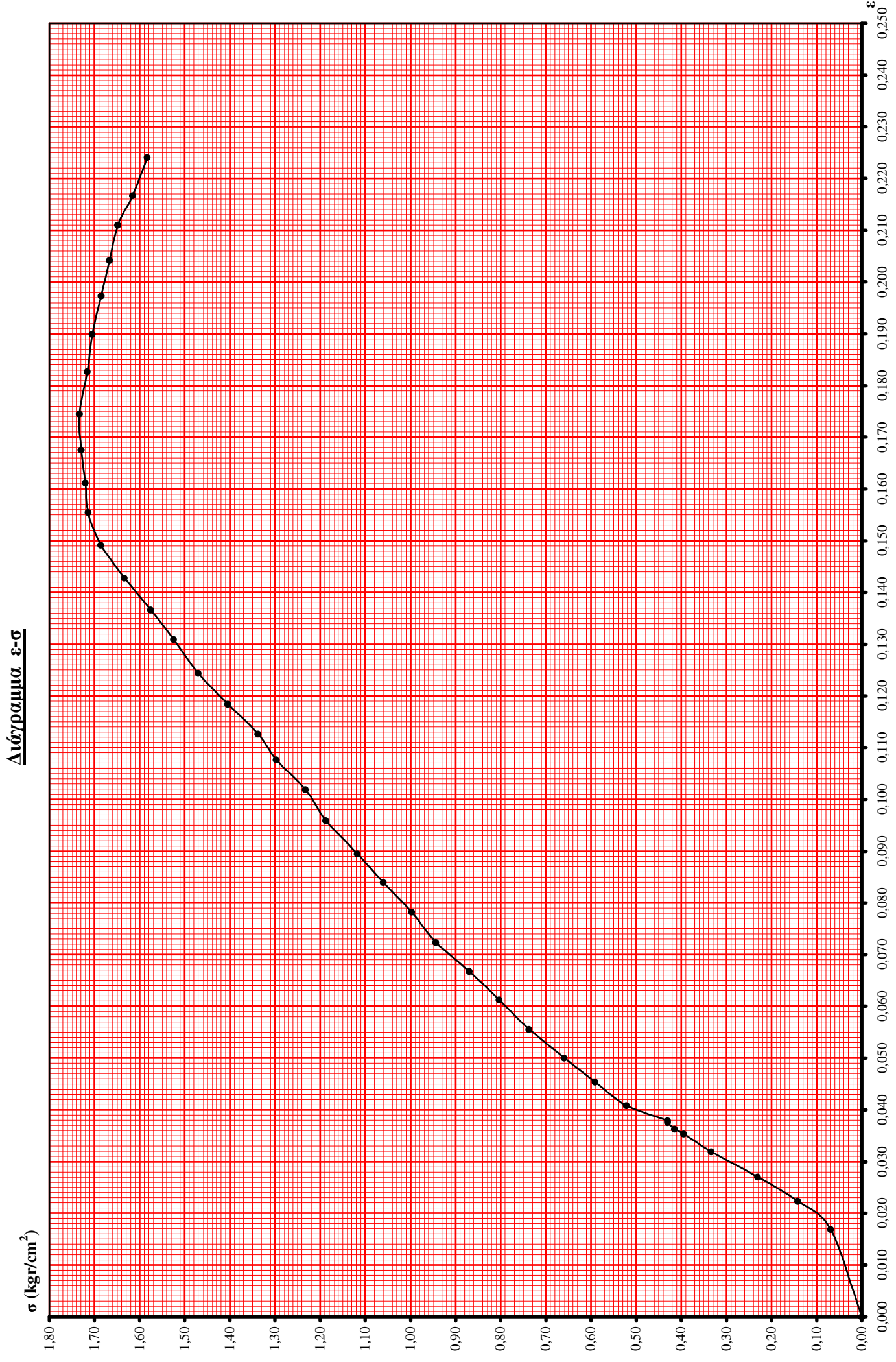
CRP (Συντελεστής βράχυνσης της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου) = 40 (kgr/mm)



Αναζυμωμένο δοκίμιο μετά την ανεμπόδιση θλίψη

Α/Α	ΒΡΑΧΥΝΣΗ		ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΦΟΡΤΙΟ		ΤΑΣΗ
	RH (mm)	ΔH(mm)=RH*CRH	$\varepsilon=\Delta H/H$	$A'=A/(1-\varepsilon)$	RP(mm)	P(kgr)=RP*CRP	$\sigma=P/A'$
1		0,000	0,000	11,34	0,000	0,0	0,00
2		1,352	0,017	11,54	0,020	0,8	0,07
3		1,788	0,022	11,60	0,041	1,6	0,14
4		2,163	0,027	11,66	0,067	2,7	0,23
5		2,552	0,032	11,71	0,098	3,9	0,33
6		2,831	0,035	11,76	0,116	4,6	0,39
7		2,908	0,036	11,77	0,122	4,9	0,41
8		3,007	0,038	11,78	0,127	5,1	0,43
9		3,031	0,038	11,79	0,127	5,1	0,43
10		3,270	0,041	11,82	0,154	6,2	0,52
11		3,632	0,045	11,88	0,176	7,0	0,59
12		4,006	0,050	11,94	0,197	7,9	0,66
13		4,446	0,056	12,01	0,221	8,9	0,74
14		4,903	0,061	12,08	0,243	9,7	0,80
15		5,341	0,067	12,15	0,264	10,6	0,87
16		5,791	0,072	12,23	0,288	11,5	0,94
17		6,260	0,078	12,30	0,307	12,3	1,00
18		6,721	0,084	12,38	0,328	13,1	1,06
19		7,164	0,090	12,46	0,348	13,9	1,12
20		7,674	0,096	12,54	0,372	14,9	1,19
21		8,153	0,102	12,63	0,389	15,6	1,23
22		8,612	0,108	12,71	0,412	16,5	1,30
23		9,016	0,113	12,78	0,427	17,1	1,34
24		9,476	0,118	12,87	0,452	18,1	1,40
25		9,953	0,124	12,95	0,476	19,0	1,47
26		10,481	0,131	13,05	0,498	19,9	1,52
27		10,931	0,137	13,14	0,517	20,7	1,58
28		11,422	0,143	13,23	0,540	21,6	1,63
29		11,935	0,149	13,33	0,562	22,5	1,69
30		12,440	0,156	13,43	0,575	23,0	1,71
31		12,899	0,161	13,52	0,582	23,3	1,72
32		13,404	0,168	13,62	0,589	23,6	1,73
33		13,958	0,174	13,74	0,595	23,8	1,73
34		14,619	0,183	13,88	0,595	23,8	1,72
35		15,192	0,190	14,00	0,597	23,9	1,71
36		15,784	0,197	14,13	0,595	23,8	1,69
37		16,337	0,204	14,25	0,594	23,7	1,67
38		16,881	0,211	14,37	0,592	23,7	1,65
39		17,338	0,217	14,48	0,585	23,4	1,61
40		17,930	0,224	14,617	0,578	23,1	1,58

Ανεμπτόσιση Θάληση (Αναζωομένο)



Από το διάγραμμα προκύπτει:

α) Μέτρο ελαστικότητας (E_u):

Το υπολογίζουμε από την κλίση της καμπύλης.

Σημεία: A1 (0,045/0,59) και A2 (0,056/0,74)

$$E_u = (\Psi_2 - \Psi_1) / (X_2 - X_1) = (0,74 - 0,59) / (0,056 - 0,045) = 0,15 / 0,011 = 13,64 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$$

Άρα, το μέτρο ελαστικότητας είναι:

$$E_u = 13,64 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$$

β) Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (q_u):

Βρίσκουμε το υψηλότερο σημείο της καμπύλης και αυτή είναι η αντοχή σε θλίψη του δοκιμίου μας (q_u).

Το σημείο αυτό είναι το: Y1 (0,174/1,73)

Άρα, η αντοχή σε θλίψη είναι:

$$q_u = 1,73 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$$

γ) Συνοχή του εδάφους (c):

Υπολογίζεται από τον τύπο: $c = q_u / 2$

$$c = q_u / 2 = 1,73 \text{ (kgr/cm}^2\text{)} / 2 = 0,865 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$$

Άρα, η συνοχή του εδάφους είναι:

$$c = 0,865 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$$

Άρα, το έδαφος μας από πλευρά συνεκτικότητας με βάση τον Πίνακα [6] (σελ. 61) χαρακτηρίζεται ως **Σκληρό** και ότι επί του έργου έλεγχος με το χέρι **Εύκολα Χαράσσεται με τον Αντίχειρα αλλά Διεισδύει με Μεγάλη Προσπάθεια**.

3.2 ΒΑΘΜΟΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ (St):

3.2.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Τα συνεκτικά εδάφη μπορούν να χάσουν ένα μέρος ή και όλη σχεδόν την διατμητική αντοχή τους λόγω αναζυμώσεως ή αναταράξεως. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να προσδιορίζουμε το λόγο St του εδάφους, όταν οι πάσσαλοι, τα καταδυόμενα φτερά, οι εκσκαφές, οι επιχώσεις ή τα πέδιλα πρόκειται να διαταράξουν το έδαφος

$$St = (\text{Αντοχή Αδιατάραχτου}) / (\text{Αντοχή Αναζυμωμένου}) = \\ = (q_u \text{ Αδιατάραχτου}) / (q_u \text{ Αναζυμωμένου})$$

όπου: q_u είναι η αντοχή κατά τη δοκιμή απλής θλίψης.

Η ευαισθησία των περισσότερων αργίλων κυμαίνεται μεταξύ 2 – 4. Το ευαίσθητο έδαφος έχει τιμή από 4 – 8 και ένα υπερευαίσθητο έδαφος έχει τιμές μεγαλύτερες του 8. Μερικά εδάφη είναι τόσο ευαίσθητα, ώστε σε συνδυασμό με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό έχουν τόσο χαμηλή διατμητική αντοχή, που δεν μπορεί να μετρηθεί.

Οι διαταραγμένες άργιλοι με ευαισθησία μικρότερη του 16 ξανααποκτούν ένα μέρος ή και όλη την αρχική διατμητική αντοχή τους με την πάροδο του χρόνου. Αυτή η αύξηση αντοχής με τον χρόνο ονομάζεται θιξοτροπία. Οι πάσσαλοι π.χ., που μπήχτηκαν μέσα σε άργιλο, είναι δυνατόν αμέσως μετά την έμπηξη να έχουν ελάχιστη ή ίσως μηδενική φέρουσα ικανότητα, αλλά μετά από μερικές ώρες ή μερικές μέρες η φέρουσα ικανότητα αναπτύσσεται πάλι και μπορεί να φτάσει σε σημαντικές τιμές. Η διαταραγμένη ρέουσα άργιλος ($St > 16$) συνήθως ανακτά τελικά πολύ μικρό ποσοστό της αρχικής της αντοχής, και ύστερα από σημαντικό χρονικό διάστημα.

3.2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Δεν χρειαζόμαστε εργαστηριακό εξοπλισμό. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

3.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δεν εκτελείται πείραμα στο εργαστήριο. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

3.2.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Γνωρίζω από τα πειράματα τις Ανεμπόδιστης Θλίψης ότι:

- 1) Αντοχή σε Ανεμπόδιστης Θλίψης (αδιατάραχτου δοκιμίου): $q_u = 2,93 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$
- 2) Αντοχή σε Ανεμπόδιστης Θλίψης (αναζυμωμένου δοκιμίου): $q_u = 1,73 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$

Επομένως, ο βαθμός ευαισθησίας είναι:

$St = (\text{Αντοχή Αδιατάραχτου}) / (\text{Αντοχή Αναζυμωμένου}) =$
 $= 2,93 \text{ (kgr/cm}^2\text{)} / 1,73 \text{ (kgr/cm}^2\text{)} = 1,69 \rightarrow \text{Δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο το}$
έδαφος μας. Αυτό σημαίνει, ότι το έδαφος μας ανακτά γρήγορα την αρχική του
αντοχή μετά την αναζύμωση.

Ακολουθεί το διάγραμμα (ε-σ), όπου η μία καμπύλη είναι του αδιατάρακτου δοκιμίου (μαύρη καμπύλη) και η άλλη καμπύλη είναι του αναζυμωμένου δοκιμίου (γκρι καμπύλη).

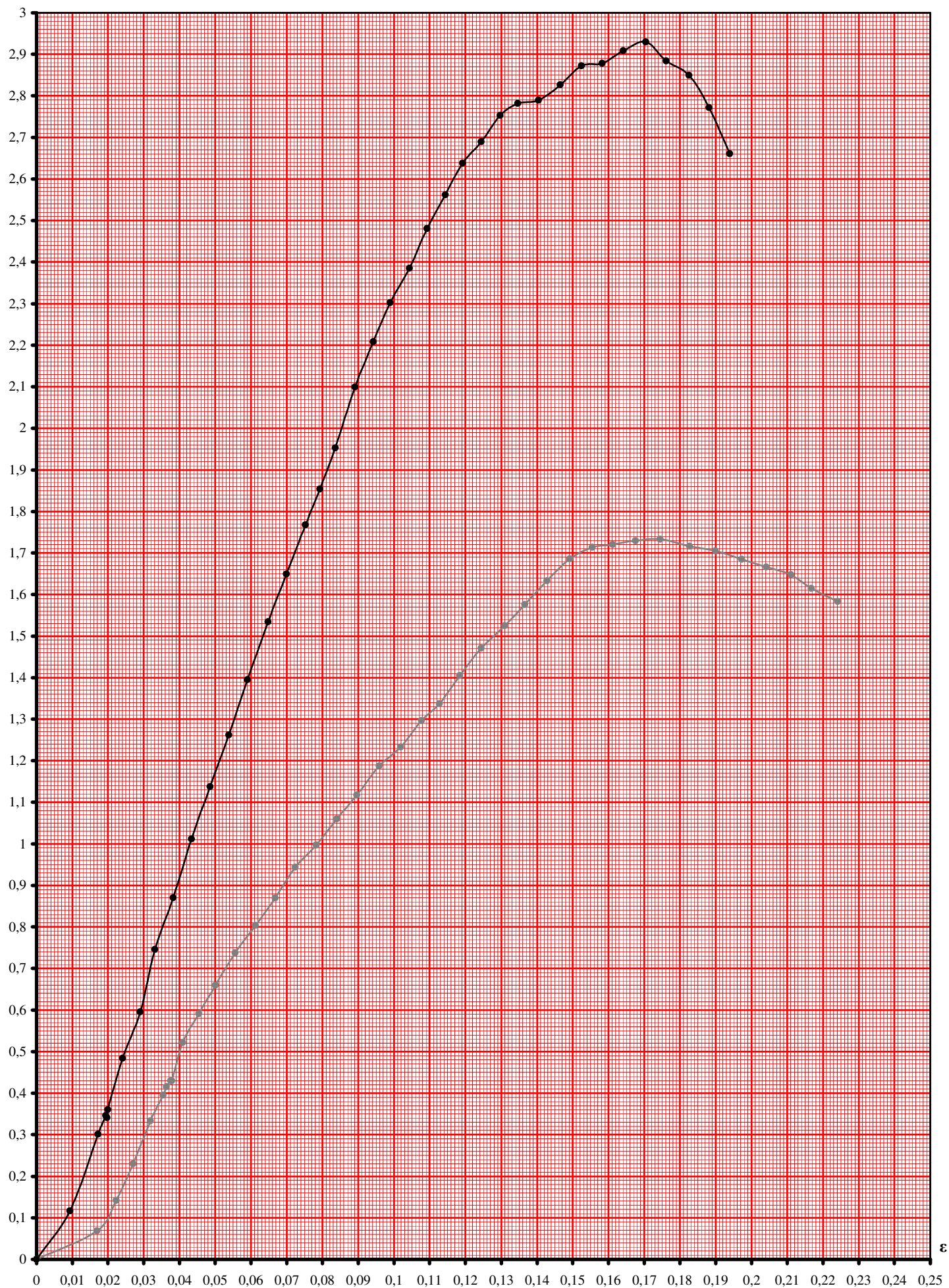
Παρατηρείται μείωση της αντοχής σε θλίψη στο αναζυμωμένο δοκίμιο σε σύγκριση με το αδιατάρακτο δοκίμιο.

Σύμφωνα λοιπόν με τον βαθμό ευαισθησίας, που υπολογίσαμε, το αναζυμωμένο δοκίμιο θα ανακτήσει σε σύντομο χρονικό διάστημα την αρχική του αντοχή ή μεγάλο μέρος αυτής.

Ανεμπόδιστη Θλίψη (Αδιατάρακτο - Αναζυμωμένο)

Διάγραμμα ε-σ

σ (kgr/cm²)



ε

3.3 ΕΥΡΕΣΗ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ (C_c):

3.3.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Σε πολλές περιπτώσεις έχουμε μετατοπίσεις και καθιζήσεις του εδαφικού στρώματος με την πάροδο του χρόνου και υπό την επίδραση της επιφόρτισης των τεχνικών έργων.

Οι καθιζήσεις αυτές πιθανόν να είναι επικίνδυνες για το έργο (κτίριο, αυτοκινητόδρομο, κ.λπ.).

Με το δείκτη συμπίεστος C_c μπορούμε να υπολογίσουμε το ύψος της καθίζησης στο στρώμα, που εξετάζουμε.

Ο δείκτης συμπίεστος είναι μοναδικός για ένα συγκεκριμένο έδαφος, κυμαίνεται κοντά στην μονάδα, είναι καθαρός αριθμός και όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο πιο συμπίεστο είναι το έδαφος.

Σύμφωνα με τον Joseph E. Bowles, όταν η άργιλος είναι ομαλά στερεοποιημένη και μικρής έως μέσης ευαισθησίας, ο δείκτης συμπίεστος C_c είναι:

$$C_c = 0,009 * (LL - 10)$$

όπου LL είναι το όριο υδαρότητας.

3.3.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Δεν χρειαζόμαστε εργαστηριακό εξοπλισμό. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

3.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δεν εκτελείται πείραμα στο εργαστήριο. Για τον λόγο, ότι τα αποτελέσματα προκύπτουν από συνδυασμό αποδεδειγμένων (ή εμπειρικών) τύπων και άλλων φυσικών ιδιοτήτων, που έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως.

3.3.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Γνωρίζουμε από τα όρια Atterberg, ότι το όριο υδαρότητας είναι: $LL = 51,79\%$

Επομένως, ο δείκτης συμπίεστος προκύπτει:

$$C_c = 0,009 * (LL - 10) = 0,009 * (51,79 - 10) = 0,38$$

3.4 ΔΟΚΙΜΗ ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (Ταχεία δοκιμή): (κατά A.S.T.M. D3080-72)

3.4.1. ΓΕΝΙΚΑ:

Η διατμητική αντοχή του εδάφους συνδέεται άμεσα με τα προβλήματα του ελέγχου της αντοχής σε θραύση στις θεμελιώσεις, του υπολογισμού των ωθήσεων σε τοίχους αντιστήριξης, της ευαισθησίας των πρανών.

Σε διατμητική φόρτιση εδαφών υπάρχει μία μέγιστη τιμή του φορτίου, πέραν της οποίας έχω αστοχία (δηλαδή θραύση, πολύ μεγάλες παραμορφώσεις).

Η θραύση ενός εδάφους λόγω διατμητικών τάσεων αρχίζει από ένα σημείο της μάζας του, από το οποίο περνάει μία επιφάνεια για την οποία έχει επιτευχθεί ένας κρίσιμος συνδυασμός ορθής και διατμητικής τάσης.

Η διατμητική τάση κατά τη στιγμή της θραύσης καθορίζει τη διατμητική αντοχή του εδάφους. Διατμητική τάση είναι εκείνη, με την οποία το έδαφος αντιστέκεται στην ολίσθηση των δύο τμημάτων του, τα οποία χωρίζονται από το επίπεδο, στο οποίο αναφέρεται η διατμητική αντοχή.

Στην ουσία η διατμητική αντοχή δημιουργείται από δύο παραμέτρους. Η μία είναι η αντίσταση, που προέρχεται από τις τριβές των κόκκων του εδάφους, οι οποίες αντιδρούν στην σχετική μετατόπιση του ενός κόκκου ως προς τον άλλο και αποτελεί την παράμετρο της γωνίας εσωτερικής τριβής (φ). Η άλλη οφείλεται στους δεσμούς, που αναπτύσσονται στις επιφάνειες των εδαφικών κόκκων και αποτελεί την παράμετρο της συνοχής (c).

Η συνοχή και η γωνία εσωτερικής τριβής εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως η περιεχόμενη υγρασία, η κοκκομετρική διαβάθμιση, η προφόρτιση, η τιμή της ορθής τάσης.

Με τη δοκιμή αυτή προσδιορίζονται οι παρακάτω παράμετροι του εδάφους:

1. συνοχή (c) και
2. γωνία εσωτερικής τριβής (φ)

Στην δοκιμή της άμεσης διάτμησης το έδαφος θραύεται κατά μία προδιαγεγραμμένη επίπεδη επιφάνεια, που λέγεται επιφάνεια διάτμησης.

Αυτό επιτυγχάνεται ως εξής: Ο υποδοχέας, που περιέχει το δοκίμιο, χωρίζεται σε δυο τμήματα, τα οποία ολισθαίνουν το ένα σε σχέση με το άλλο, με σταθερή ταχύτητα.

Οι τάσεις, που εφαρμόζονται στο δοκίμιο στη διάρκεια μιας δοκιμής, είναι: μια σταθερή ορθή τάση (σ) και μια αυξανόμενη διατμητική (τ) με σταθερή ταχύτητα.

Η διατμητική αντοχή του εδάφους δίνεται από τη σχέση Coulomb:

$$\tau = c + \sigma * \epsilon\varphi (\varphi)$$

όπου:

τ : η διατμητική αντοχή

c : η συνοχή

σ : η ορθή τάση

φ : η γωνία εσωτερικής τριβής

Στη δοκιμή της διάτμησης η διατμητική αντοχή του δοκιμίου προσδιορίζεται τη στιγμή της θραύσης του δοκιμίου ή όταν η σχετική μετατόπιση στο δοκίμιο, γίνει 10%.

3.4.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ:

Χρειαζόμαστε για την εκτέλεση του πειράματος τα παρακάτω:

1. Εξολκέας δείγματος
2. Κλίβανος ξήρανσης (για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας)
3. Ζυγός ακριβείας 0,01 gr
4. Υγραντήρας για τη διατήρηση της υγρασίας του δοκιμίου.
5. Μηχανή διάτμησης, η οποία αποτελείται από τα εξής τμήματα :
 - Συσκευή διάτμησης (υποδοχέας δοκιμίου), η οποία αποτελείται βασικά από δύο μεταλλικά πλαίσια, που ολισθαίνουν σχετικά μεταξύ τους και δύο παρόλιθους, που τοποθετούνται πάνω και κάτω από το δοκίμιο, που επιτρέπουν τη στράγγιση του δοκιμίου.



- Το μηκυσιόμετρο, το οποίο μετράει σχετική μετατόπιση των τμημάτων της συσκευής (αναγνώσεις Rd).
- Το μηκυσιόμετρο, το οποίο μετράει την βράχυνση του δυναμομετρικού δακτυλίου (αναγνώσεις RT).
- Το μηκυσιόμετρο το οποίο μετράει την καθίζηση του δοκιμίου.
- Σύστημα εφαρμογής φορτίου:
 - Κάθετου προς την επιφάνεια διάτμησης (επιβολή ορθής τάσης)
 - Παράλληλου προς την επιφάνεια διάτμησης (επιβολή διατμητικής τάσης)



Μηχάνημα Διάτμησης

3.4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Δοκίμιο:

Η δοκιμή μπορεί να γίνει σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη.

Το δείγμα που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι αρκετό για τον σχηματισμό 3 τουλάχιστον δοκιμίων, με τις ίδιες διαστάσεις.

Το δοκίμιο είναι τετραγωνικό με πλευρά 6 cm και πάχος περίπου 1 cm.

Γενικός : ελάχιστος λόγος πλευράς προς πάχος δοκιμίου 2:1



Διαμόρφωση δοκιμίου για το πείραμα της διάτμησης.

Υπάρχουν τρεις τρόποι εκτέλεσης της δοκιμής διάτμησης:

1. **Ταχεία δοκιμή:** Η δοκιμή γίνεται γρήγορα, χωρίς το νερό να έχει διαφύγει.
2. **Βραδεία δοκιμή:** Η δοκιμή γίνεται αργά και η περιεχόμενη υγρασία μεταβάλλεται ακόμη και για εδάφη μικρής διαπερατότητας.
3. **Ταχεία δοκιμή σε στερεοποιημένο δείγμα:** Γίνεται με σταθερή περιεκτικότητα σε νερό.

Εμείς επιλέξαμε να εκτελέσουμε την πρώτη δοκιμή.

Βήματα για την εκτέλεση της ταχείας δοκιμής διάτμησης:

1. Συνδέουμε τα δυο τμήματα του κιβωτίου με τις βίδες.
Μετράμε τη διάμετρο της συσκευής.
Τοποθετούμε τον κάτω πωρόλιθο.
2. Τοποθετούμε προσεκτικά το δείγμα μέχρι 5 mm περίπου από την κορυφή.
Εφαρμόζουμε τον πάνω πωρόλιθο.
3. Φέρνουμε σε επαφή το σύστημα: άξονας ώθησης – κιβώτιο – δυναμόμετρο.
Μηδενίζουμε τα μηκυσιόμετρα :
 - Του δυναμομέτρου,
 - Των καθιζήσεων,
 - Της σχετικής μετατόπισης
4. Εφαρμόζουμε το κατακόρυφο φορτίο. Το φορτίο πρέπει να δίνει τάσεις στην περιοχή : 0,56 kgf/cm² στην 1^η δοκιμή, 1,11 kgf/cm² στην 2^η δοκιμή και 2,22 kgf/cm² στην 3^η δοκιμή.
5. Αποσυνδέουμε τα δυο τμήματα του κιβωτίου (ξεβιδώνουμε τις βίδες) και εφαρμόζουμε οριζόντια ώθηση περιστρέφοντας τον στρόφαλο.
Η οριζόντια ταχύτητα, που προσδίνουμε είναι από 0,5 μέχρι 2 mm ανά λεπτό.
Παίρνουμε ενδείξεις στο κατακόρυφο μηκυσιόμετρο και στο μηκυσιόμετρο του δυναμόμετρου σε κάθε 50 ενδείξεις του οριζόντιου μηκυσιόμετρου.

Το δοκίμιο πρέπει να «αστοχήσει» σε 3 μέχρι 5 λεπτά για μη συνεκτικό έδαφος και σε 5 μέχρι 10 λεπτά για συνεκτικό έδαφος.

Γίνονται συνολικά τρεις δοκιμές αυξάνοντας την ορθή τάση σε κάθε δοκιμή.

Τρωτά σημεία της δοκιμής:

1. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πίεση του νερού πόρων. Έτσι, η εξίσωση Coulomb ορθότερα γράφεται:
$$\tau = c + ((\sigma - U) * \epsilon\phi (\varphi))$$

εφόσον μετρηθεί η πίεση των πόρων με κατάλληλη διάταξη.
2. Γίνεται συγκέντρωση τάσεων, ενώ παραδεχόμαστε ομοιόμορφη κατανομή.
3. Η θραύση του δοκιμίου γίνεται κατά προκαθορισμένο επίπεδο, που δεν είναι το ασθενέστερο.

Παρατηρήσεις:

1. Αντίσταση στη διάτμηση δημιουργεί και η αλληλεμπλοκή των κόκκων του δοκιμίου. Αυτό είναι εντονότερο σε πυκνές άμμους και για μικρές παραμορφώσεις. Σε μεγαλύτερες παραμορφώσεις καταστρέφεται η αλληλεμπλοκή και η διατμητική δύναμη εμφανίζεται μειωμένη.
2. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής των μη συνεκτικών εδαφών, παρουσιάζεται μεταβολή του όγκου του δοκιμίου. Πολλές φορές η μεταβολή αυτή είναι πιο σημαντική από τη γωνία της εσωτερικής τριβής.
3. Σε κορεσμένες άμμους, υπάρχει η πιθανότητα να ρευστοποιηθούν λόγω της μεταφοράς των θλιπτικών δυνάμεων στο νερό (κορεσμένα πρανή υπό σεισμική δόνηση).

Υπολογισμοί:

Η ορθή τάση δίνεται από τη σχέση : $\sigma = P / A$

Η διατμητική τάση δίνεται από τη σχέση : $\tau = T / A$

όπου :

P: Το κατακόρυφο φορτίο

T: Το μέγιστο οριζόντιο φορτίο

A: Η διατομή του δοκιμίου

Κατασκευάζονται τα παρακάτω διαγράμματα :

1. Οριζόντια σχετική μετακίνηση – διατμητική τάση ($\epsilon\%$ - τ), ένα για κάθε δοκιμή
2. Ορθή τάση – διατμητική τάση (διάγραμμα Mohr)

Στο διάγραμμα Mohr σημειώνεται ένα σημείο για κάθε δοκιμή και γράφεται η ευθεία των σημείων (περιβάλλουσα θραύσης).

Από το διάγραμμα Mohr προσδιορίζονται : η συνοχή (c) και η γωνία εσωτερικής τριβής (ϕ).



Δοκίμια μετά την εκτέλεση του πειράματος.

3.4.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Στοιχειά δοκιμίου:

Γεώτρηση Γ1 με καρότο στα 14,00 m – 14,50 m

D: πλευρά δοκιμίου = 60(mm)

Rd: αναγνώσεις μηκυσιομέτρου οριζόντιας μετατόπισης

Δd: οριζόντια μετατόπιση

RT: αναγνώσεις μηκυσιομέτρου, βράχυνσης της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου



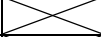
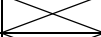
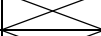
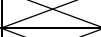
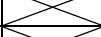
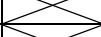
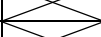
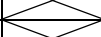
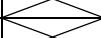
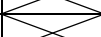
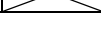
CRT: συντελεστής βράχυνσης της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου = 0,712(kgr/ανάγνωση)

T: φορτίο διατμητικής τάσης

τ: διατμητική τάση

σ: ορθή τάση

1η Δοκιμή για $\sigma_1 = P_1/A = 20\text{kgr}/36\text{cm}^2 = 0,56(\text{kgr}/\text{cm}^2)$

a/a	Rd	Δd (mm)	$\varepsilon = \Delta d/D$	ε (%)	RT	T (kgr)	$\tau = T/A$ (kgr/cm ²)
1		0,0	0,000	0,0	0,000	0,00	0,00
2		0,5	0,008	0,8	0,132	9,42	0,26
3		1,0	0,017	1,7	0,195	13,88	0,39
4		1,6	0,026	2,6	0,226	16,11	0,45
5		2,0	0,033	3,3	0,242	17,23	0,48
6		2,5	0,042	4,2	0,256	18,22	0,51
7		3,1	0,052	5,2	0,261	18,59	0,52
8		3,5	0,058	5,8	0,261	18,59	0,52
9		4,1	0,068	6,8	0,263	18,72	0,52
10		4,5	0,074	7,4	0,261	18,59	0,52
11		5,0	0,084	8,4	0,263	18,72	0,52
12		5,6	0,094	9,4	0,263	18,72	0,52
13		6,0	0,101	10,1	0,265	18,84	0,52

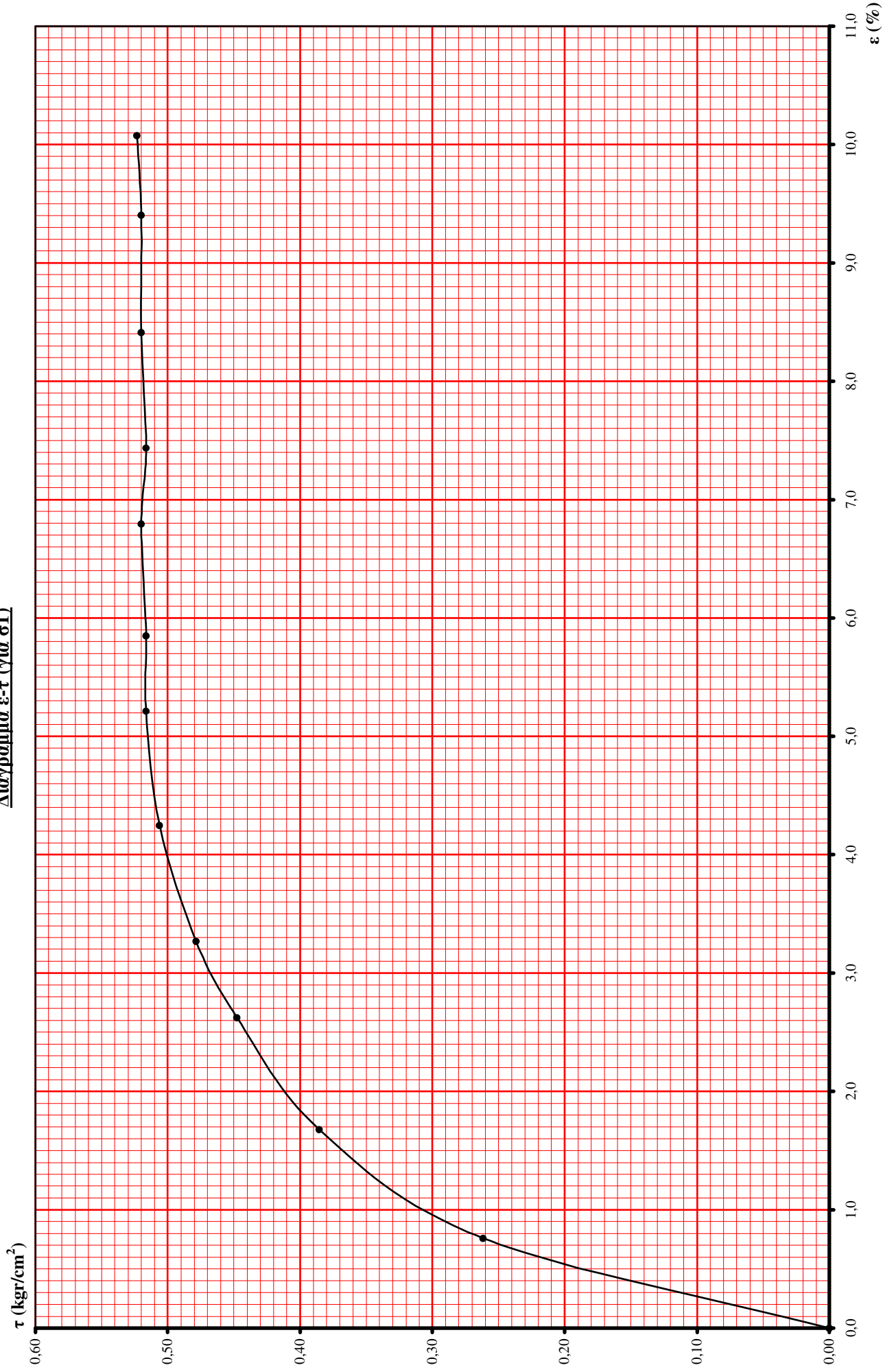
2η Δοκιμή για $\sigma_2 = P_2/A = 40\text{kg}/36\text{cm}^2 = 1,11(\text{kg}/\text{cm}^2)$

α/α	Rd	Δd (mm)	$\varepsilon = \Delta d/D$	ε (%)	RT	T (kgr)	$\tau = T/A$ (kg/cm^2)
1		0,0	0,000	0,0	0,000	0,00	0,00
2		0,5	0,008	0,8	0,127	9,05	0,25
3		1,1	0,018	1,8	0,209	14,87	0,41
4		1,5	0,025	2,5	0,247	17,60	0,49
5		2,1	0,035	3,5	0,279	19,83	0,55
6		2,5	0,041	4,1	0,291	20,70	0,58
7		3,1	0,051	5,1	0,301	21,44	0,60
8		3,4	0,057	5,7	0,308	21,94	0,61
9		4,0	0,067	6,7	0,315	22,44	0,62
10		4,4	0,073	7,3	0,322	22,93	0,64
11		5,0	0,083	8,3	0,322	22,93	0,64
12		5,6	0,093	9,3	0,324	23,06	0,64
13		6,0	0,100	10,0	0,327	23,30	0,65

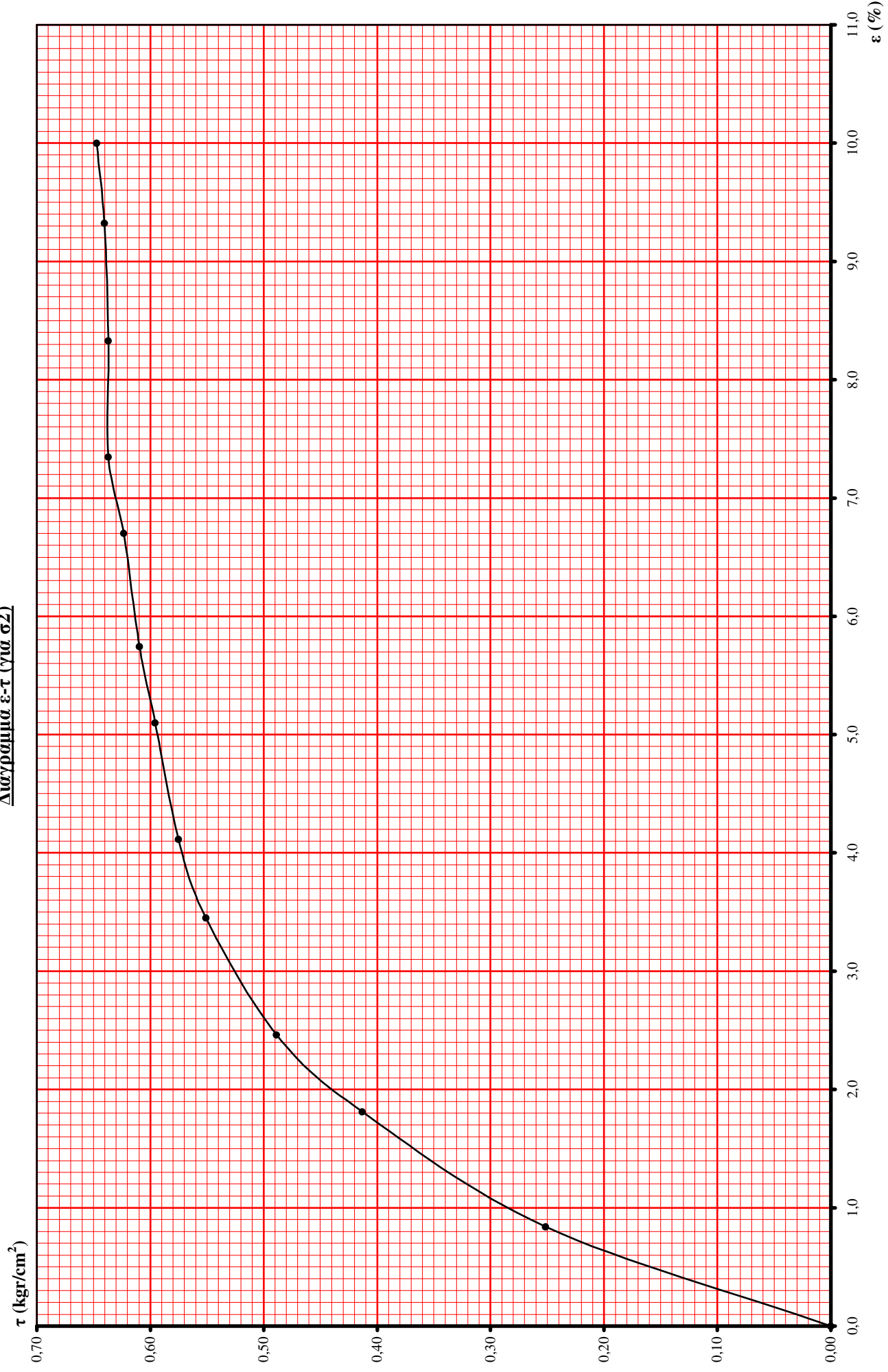
3η Δοκιμή για $\sigma_3 = P_3/A = 80\text{kg}/36\text{cm}^2 = 2,22(\text{kg}/\text{cm}^2)$

α/α	Rd	Δd (mm)	$\varepsilon = \Delta d/D$	ε (%)	RT	T (kgr)	$\tau = T/A$ (kg/cm^2)
1	0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,00	0,00
2	50	0,5	0,008	0,8	15,0	10,68	0,30
3	100	1,0	0,017	1,7	26,0	18,51	0,51
4	150	1,5	0,025	2,5	34,0	24,21	0,67
5	200	2,0	0,033	3,3	39,0	27,77	0,77
6	250	2,5	0,042	4,2	43,0	30,62	0,85
7	300	3,0	0,050	5,0	48,0	34,18	0,95
8	350	3,5	0,058	5,8	48,0	34,18	0,95
9	400	4,0	0,067	6,7	48,0	34,18	0,95
10	450	4,5	0,075	7,5	48,0	34,18	0,95
11	500	5,0	0,083	8,3	49,0	34,89	0,97
12	550	5,5	0,092	9,2	49,0	34,89	0,97
13	600	6,0	0,100	10,0	49,0	34,89	0,97

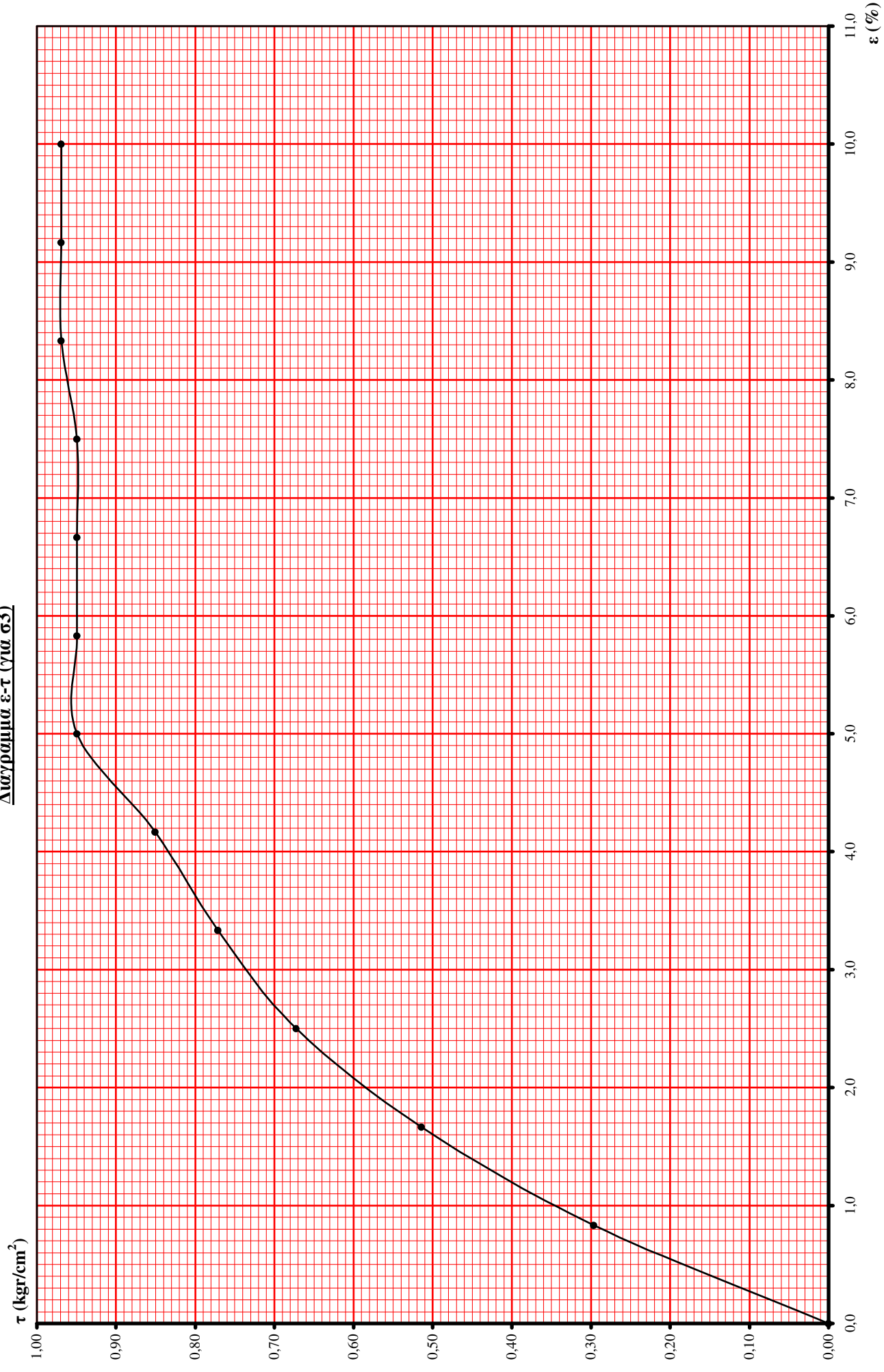
Διεση Διάτμηση
Διάγραμμα ε-τ (για σ1)



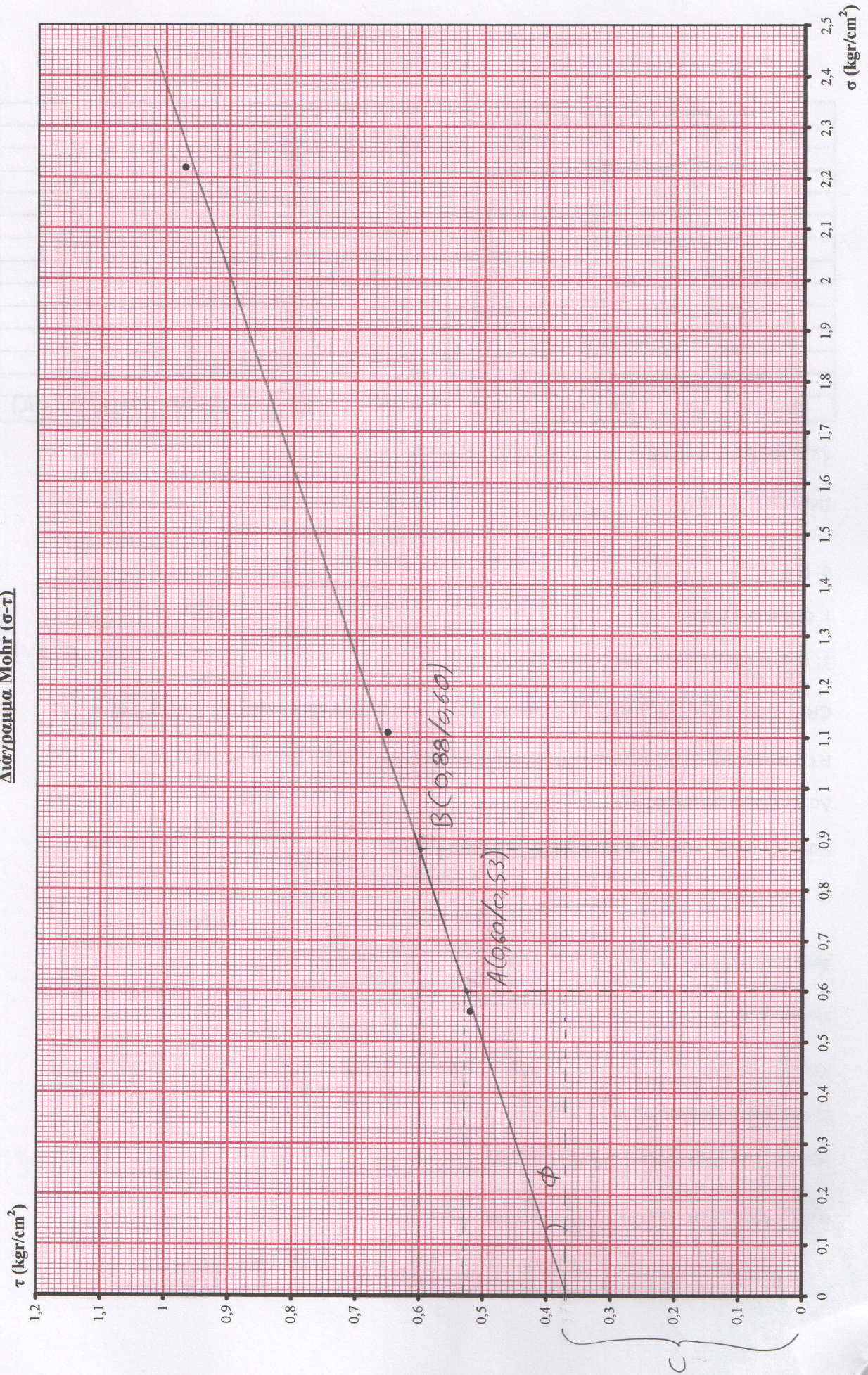
Διεση Διάτμηση
Διάγραμμα ε-τ (για σ2)



**Άμεση Διάτμηση
Διάγραμμα ε-τ (για σ3)**



Άμεση Διάτμηση
Διάγραμμα Mohr (σ-τ)



Γνωρίζω, ότι:

σ_1	0,56	(kgr/cm ²)
σ_2	1,11	(kgr/cm ²)
σ_3	2,22	(kgr/cm ²)

Από τα διαγράμματα (ε-τ) για σ_1 , σ_2 και σ_3 προκύπτει:

τ_{1max}	0,52	(kgr/cm ²)
τ_{2max}	0,65	(kgr/cm ²)
τ_{3max}	0,97	(kgr/cm ²)

Έτσι, χρησιμοποιώντας τις ορθές (σ) και τις διατμητικές (τ) τάσεις, προκύπτει το διάγραμμα του Mohr.

Από το διάγραμμα του Mohr (σ - τ) υπολογίστηκαν:

α) Συνοχή:

$$c = 0,37 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$$

β) Γωνία εσωτερικής τριβής:

Δύο σημεία πάνω στην ευθεία: A (0.60,0.53) και B (0.88,0.60)

$$\begin{aligned} \varphi &= \varepsilon\varphi^{-1}((\psi_B - \psi_A) / (\chi_B - \chi_A)) = \varepsilon\varphi^{-1}((0,60 - 0,53) / (0,88 - 0,60)) = \\ &= \varepsilon\varphi^{-1}(0,07 / 0,28) = 14,04^\circ \end{aligned}$$

Άρα, γωνία εσωτερικής τριβής:

$$\varphi = 14,04^\circ$$

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ:

για σ1:

Αριθμός κάψας				40	43
A	Βάρος κάψας	B _κ	gr		
				22,31	22,05
B	Βάρος κάψας + υγρού δείγματος	B _{κ+υ}	gr		
				41,74	33,68
Γ	Βάρος κάψας + ξηρού δείγματος	B _{κ+ξ}	gr		
				37,77	31,34
Δ	Βάρος περιεχόμενου νερού	B _{νερου}	gr	Δ=B-Γ	
				3,97	2,34
E	Βάρος ξηρού δείγματος	B _ξ	gr	E=Γ-A	
				15,46	9,29
Z	Περιεχόμενη υγρασία	W	%	Z=Δ/E	
				25,679	25,188
				M.O.	25,434

Υπολογισμός μέσου όρου:

$$W_{M.O.} = (W_{40} + W_{43}) / 2 = (25,679 + 25,188) / 2 = 25,434\%$$

Άρα, η υγρασία του αδιατάραχτου δείγματος είναι:

$$W = 25,434\%$$

για σ2:

Αριθμός κάψας				45	50
A	Βάρος κάψας	B _κ	gr		
				22,64	22,09
B	Βάρος κάψας + υγρού δείγματος	B _{κ+υ}	gr		
				49,80	47,26
Γ	Βάρος κάψας + ξηρού δείγματος	B _{κ+ξ}	gr		
				44,43	42,40
Δ	Βάρος περιεχόμενου νερού	B _{νερου}	gr	Δ=B-Γ	
				5,37	4,86
E	Βάρος ξηρού δείγματος	B _ξ	gr	E=Γ-A	
				21,79	20,31
Z	Περιεχόμενη υγρασία	W	%	Z=Δ/E	
				24,644	23,929
				M.O.	24,287

Υπολογισμός μέσου όρου:

$$W_{M.O.} = (W_{45} + W_{50}) / 2 = (24,644 + 23,929) / 2 = 24,287\%$$

Άρα, η υγρασία του αδιατάραχτου δείγματος είναι:

$$W = 24,287\%$$

για σ3:

Αριθμός κάψας				51	53
A	Βάρος κάψας	B_K	gr	22,18	22,19
B	Βάρος κάψας + υγρού δείγματος	$B_{K+υ}$	gr	42,61	38,81
Γ	Βάρος κάψας + ξηρού δείγματος	$B_{K+ξ}$	gr	38,44	35,41
Δ	Βάρος περιεχόμενου νερού	$B_{νερου}$	gr	$\Delta=B-\Gamma$ 4,17	3,40
E	Βάρος ξηρού δείγματος	B_ξ	gr	$E=\Gamma-A$ 16,26	13,22
Z	Περιεχόμενη υγρασία	W	%	$Z=\Delta/E$ 25,646	25,719
				M.O.	25,682

Υπολογισμός μέσου όρου:

$$W_{M.O.} = (W_{51} + W_{53}) / 2 = (25,646 + 25,719) / 2 = 25,682\%$$

Άρα, η υγρασία του αδιατάραχτου δείγματος είναι:

$$W = 25,682\%$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ γ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ γ_d ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ:

Στοιχειά δοκιμίου:

Ύψος δοκιμίου: $h = 24 \text{ mm} = 2,4 \text{ cm}$

Πλευρά δοκιμίου: $D = 60 \text{ mm} = 6,0 \text{ cm}$

1) Ολικός όγκος του δοκιμίου (όγκος κενών και όγκος κόκκων) ($V_{ολ}$):

$$V_{ολ} = D^2 * h = (6 \text{ (cm)})^2 * 2,4 \text{ (cm)} = 86,4 \text{ (cm}^3\text{)}$$

2) Βάρος υγρού δείγματος ($B_{υγρ.}$):

Βάρος δακτυλίου: $B_{δακτυλίου} = 76,42 \text{ gr}$

για σ1:

Βάρος δακτυλίου + υγρού δείγματος: $B_{δακτυλίου+υγρού \ δείγματος} = 232,39 \text{ gr}$

Βάρος υγρού δείγματος: $B_{υγρ.} = 232,39 \text{ gr} - 76,42 \text{ gr} = 155,97 \text{ gr}$

για σ2:

Βάρος δακτυλίου + υγρού δείγματος: $B_{\text{δακτυλίου+υγρού δείγματος}} = 229,83 \text{ gr}$

Βάρος υγρού δείγματος: $B_{\text{υγρ.}} = 229,83 \text{ gr} - 76,42 \text{ gr} = 153,41 \text{ gr}$

για σ3:

Βάρος δακτυλίου + υγρού δείγματος: $B_{\text{δακτυλίου+υγρού δείγματος}} = 238,26 \text{ gr}$

Βάρος υγρού δείγματος: $B_{\text{υγρ.}} = 238,26 \text{ gr} - 76,42 \text{ gr} = 161,84 \text{ gr}$

3) Υγρό φαινόμενο βάρος (γ):

για σ1:

$B_{\text{υγρ.}} = 155,97 \text{ gr}$

$V_{\text{ολ}} = 86,4 \text{ cm}^3$

$\gamma = B_{\text{υγρ.}} / V_{\text{ολ}} = 155,97 \text{ (gr)} / 86,4 \text{ (cm}^3\text{)} = 1,805 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ2:

$B_{\text{υγρ.}} = 153,41 \text{ gr}$

$V_{\text{ολ}} = 86,4 \text{ cm}^3$

$\gamma = B_{\text{υγρ.}} / V_{\text{ολ}} = 153,41 \text{ (gr)} / 86,4 \text{ (cm}^3\text{)} = 1,776 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ3:

$B_{\text{υγρ.}} = 161,84 \text{ gr}$

$V_{\text{ολ}} = 86,4 \text{ cm}^3$

$\gamma = B_{\text{υγρ.}} / V_{\text{ολ}} = 161,84 \text{ (gr)} / 86,4 \text{ (cm}^3\text{)} = 1,873 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

4) Το ξηρό φαινόμενο βάρος (γ_d):

για σ1:

$W = 25,434\%$

$\gamma = 1,805 \text{ gr/cm}^3$

$\gamma_d = \gamma / (1 + w) = 1,805 \text{ (gr/cm}^3\text{)} / (1 + 0,25434) = 1,439 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ2:

$$W = 24,287\%$$

$$\gamma = 1,776 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) = 1,776 \text{ (gr/cm}^3) / (1 + 0,24287) = 1,429 \text{ (gr/cm}^3)$$

για σ3:

$$W = 25,682\%$$

$$\gamma = 1,873 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w) = 1,873 \text{ (gr/cm}^3) / (1 + 0,25682) = 1,490 \text{ (gr/cm}^3)$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΑΠΟ ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΙ ΣΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν όλα τα στοιχεία, που γνωρίζουμε, για την περιοχή της Οβριάς και για γειτονικές περιοχές, που έχουν ίδιο τύπο εδάφους με αυτόν της Οβριάς με βάση το χάρτη που ακολουθεί.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΦΥΛΛΟ ΠΑΤΡΑΙ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Παράκτιοι σχηματισμοί από άμμο: σχηματίζουν πολύ εύθρο παράκτιο ανάχωμα, που σε όρισμένες θέσεις φθάνει σε ύψος 10 μ. και πλάτος 400 μ.

Προσχώσεις σύγχρονες, χειμαρρώδεις αναβαθμίσεις και έλουβιακοί σχηματισμοί: οι προσχώσεις αποτελούνται από άργιλοαμμώδη συστατικά, κροκάλες και λατύτες· οι αναβαθμίσεις χειμάρρων φθάνουν 8 μ. ψηλότερα από τις σημερινές κοίτες και αποτελούνται κυρίως από κροκαλοαλύτες ποικίλων μεγέθους μαζί με άργιλοαμμώδη ύλικα.

Λιμνοθαλάσσιες, περιλίμνιες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων: ύλις και λεπτομερή άργιλοαμμώδη ύλικα.

Αποσαθρώματα των γύρω σχηματισμών.

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ

Πλευρικά κορήματα και κώνιοι κορημάτων: σύγχρονα και παλαιά.

Παλιές τεταρτογενείς αποθέσεις: καταλαμβάνουν κυρίως το βόρειο τμήμα της πεδινής περιοχής του φύλλου. Αποτελούνται κυρίως από πολυγενές χαλαρό κροκαλοαλυτοπαγές, με έρυθροση. Σε όρισμένες θέσεις παρατηρούνται παρεμβολές έρυθρης άργιλοαμμου. Οι αποθέσεις αυτές εμφανίζουν σχεδόν όριζόντια στρώση.

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Έρυθρη άργιλομυγής άμμος: σχηματισμός αιώλικης προελεύσεως, μικρού πάχους και έκτασης.

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ

Ψαμμίτες εύθρυπτοι, ψαμμοϋχες άργιλοι, άργιλικές μάργες: ύποκίτρινες έως τεφρές, με άραιές ένστροφες κροκαλοπαγών. Η λιθολογική φάση των σχηματισμών δεν είναι σταθερή και οι εναλλαγές των πύ άνω ύλικών δεν ακολουθούν όρισμένους κανόνες. Είναι άβαθεις θαλάσσιες αποθέσεις ή μικρού βάθους

Απολιθώματα:
Έλασματοβράγχια:
Ostrea (Ostrea) lamellosa BROCC., *Cardium edule* L. var. *contortula* SACCO, C. L., *Chlamys glabra* L., *Cardium hians* BROCC., *Cardium edule* L., *Arca (Anadara) Tapes (Hemotapes) senescens* DOD., *Ostrea edulis* L.

Γαστερόποδα:
Turritella (Turritella) tricarinata communis RISSO, *Nassa musiva* BR., *Cerithium tuberculata* PHIL., *Cerithium italicum dertonensis* SACCO, *Cerithium varicosum* MUREX (Bolinus) brandaris L., *Murex torularius* LK., *Fusus rostratus* OLIV.

4.1 ΟΒΡΙΑ, ΜΕΣΣΑΤΙΔΟΣ (η περιοχή μας):

Με βάση τον γεωλογικό χάρτη:

Τεταρτογενές ολόκαινο

ει: αποσαθρώματα των γύρω σχηματισμών.

Τα παρακάτω είναι αποσπάσματα από την γεωτεχνική μελέτη, που εκπόνησε ο κύριος Ν. ΜΠΑΡΟΥΝΗΣ, πολιτικός μηχανικός στο επάγγελμα με κατεύθυνση την Γεωλογία, τον Μάρτιο του 2011, για λογαριασμό ενός ιδιοκτήτη οικοπέδου, στην περιοχή Οβριά Μεσσήτιδος του νομού Αχαΐας.

Γεωτρήσεις:

Απόσταση της γεώτρησης Γ1 από την γεώτρηση Γ2 είναι στα 15 m.

Ο υδροφόρος ορίζοντας είναι σε βάθος – 11,70 m και για τις δύο γεωτρήσεις.

Γ1:

0,00 – 2,00 m: Φυτική γη

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,10 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,95 \text{ gr/cm}^3$

2,00 – 6,00 m: Καστανή ιλύς χαμηλής πλαστικότητας

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,286 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 2,074 \text{ gr/cm}^3$

6,00 – 7,50 m: Καστανή μαργαϊκή άργιλος

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,212 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,95 \text{ gr/cm}^3$

7,50 – 11,00 m: Τεφρή μαργαϊκή άργιλος

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,10 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,95 \text{ gr/cm}^3$

(με ειδικά βάρος υπολογισμένα από εμάς: $\gamma = 2,028 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,614 \text{ gr/cm}^3$)

11,00 – 18,95 m: Τεφρή μαργαϊκή ιλύς

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,10 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,95 \text{ gr/cm}^3$

Γ2:

0,00 – 1,60 m: Φυτική γη

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,10 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,97 \text{ gr/cm}^3$

1,60 – 6,00 m: Καστανή ιλύς χαμηλής πλαστικότητας

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,255 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 2,023 \text{ gr/cm}^3$

6,00 – 8,00 m: Καστανή μαργαϊκή άργιλος

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,297 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 2,073 \text{ gr/cm}^3$

8,00 – 13,50 m: Τεφρή μαργαϊκή άργιλος

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,20 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,98 \text{ gr/cm}^3$

13,50 – 15,45 m: Τεφρή μαργαϊκή ιλύς

με ειδικά βάρος: $\gamma = 2,20 \text{ gr/cm}^3$ και $\gamma_d = 1,99 \text{ gr/cm}^3$

Όλα τα πειράματα, που εκτελέστηκαν για την εύρεση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων, έγιναν σε καρότο βάθους 9,00 m – 9,50 m της γεώτρησης Γ1. Εκτός του πειράματος της διάτμησης, που έγινε σε καρότο 14,00 m – 14,50 m της γεώτρησης Γ1.

4.2 ΚΡΗΝΗ, ΜΕΣΣΑΤΙΔΟΣ:

Η Κρήνη Μεσσάτιδος απέχει από την Οβριά περίπου 2 χλμ.

Με βάση τον γεωλογικό χάρτη:

Τεταρτογενές ολόκαινο

e1: αποσαθρώματα των γύρω σχηματισμών.

Τα παρακάτω είναι αποσπάσματα από την γεωτεχνική αναγνώριση, που εκπόνησε ο κύριος Α. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ, γεωλόγος στο επάγγελμα, το Σεπτέμβριο του 1985 για λογαριασμό του Ι.Γ.Μ.Ε. στην περιοχή Κρήνη Μεσσάτιδος του νομού Αχαΐας.

Αναφέρει λοιπόν τα ακόλουθα:

Εκτός οικισμού Κρήνης σε απόσταση 50 μέτρων περίπου εκδηλώθηκε μικρή εδαφική θραύση, η οποία βρίσκεται σε επαφή με παλαιά οικοδομή και σε απόσταση λίγων μέτρων από τα θεμέλια νέας οικοδομής, κατασκευής 1980 – 81.

Η οικοδομή βρίσκεται σε ήπιο πρηνές και απόσταση 50 μέτρων από κοίτη μικρορέματος, το οποίο διέρχεται κατάντη και ΒΑ του σπιτιού.

Η περιοχή γεωλογικά αποτελείται από αργιλομαργαϊκά ιζήματα του νεογενούς, τα οποία καλύπτονται επιφανειακά από ελουβιακό μανδύα πάχους 1,5 – 2 περίπου μέτρων.

Από την γεωτεχνική εξέταση διαπιστώθηκε, ότι στην περιοχή υπάρχουν τα εξής φαινόμενα:

1. Η μικρή θραύση μήκους 15 μέτρων, που εκδηλώθηκε πρόσφατα στην Δυτική πλευρά της οικοδομής με κατακόρυφη μετακίνηση από 5 – 7 εκατοστά.
2. Στο τσιμεντένιο δάπεδο της παλαιάς οικοδομής υπάρχει παλαιά ρωγμή διεύθυνσης Α – Δ, η οποία σχετίζεται με εδαφική θραύση εγκάρσια προς τον άξονα του σπιτιού. Ίχνη της θραύσης αυτής δεν φαίνονται στο έδαφος.
3. Κατάντη της νέας οικοδομής, στο ενδιάμεσο της απόστασης από το ρέμα, υπάρχει το ίχνος παλαιάς θραύσης παράλληλης προς την κοίτη με κατακόρυφη μετακίνηση περί τα 10 εκατοστά.

Τα παραπάνω φαινόμενα, όπως συμπεραίνεται από την λεπτομερή εξέταση τους, αφορούν τον επιφανειακό ελουβιακό μανδύα και δεν αναμένεται να φτάσουν στους υποκείμενους αργιλομαργαϊκούς σχηματισμούς.

Η εκτίμηση αυτή έχει σαν επακόλουθο την δυνατότητα χρησιμοποίησης της νέας οικοδομής εφ' όσον βεβαιωθεί από τον επιβλέποντα μηχανικό, ότι η θεμελίωσή της είναι σε βάθος μεγαλύτερο των 2 μέτρων στις υποκείμενες του ελουβιακού μανδύα αργιλομάργες.

Εκτός από την διαπίστωση αυτή για την προστασία της νέας οικοδομής είναι σκόπιμη η κατασκευή των εξής έργων:

1. Κατασκευή ανάντη και περιφερειακά της νέας τάφρου στράγγισης του ελουβιακού μανδύα σε βάθος όσο και το πάχος του. Η τάφρος μετά την εκσκαφή της θα πληρωθεί με αδρομερές υλικό, ενώ στο δάπεδο της θα τοποθετηθεί διάτρητος σωλήνας.
2. Κατάντη της οικοδομής στην θέση του μικρού φυσικού ανάβαθρου πρέπει να κατασκευαστεί τοιχίο ποδός, το οποίο θα θεμελιωθεί στις υγιείς αργιλομάργες.

4.3 ΘΕΑ, ΜΕΣΣΑΤΙΔΟΣ:

Η Θέα Μεσσάτιδος απέχει από την Οβριά περίπου 4 χλμ.

Με βάση τον γεωλογικό χάρτη:

Τεταρτογενές ολόκαινο

e1: αποσαθρώματα των γύρω σχηματισμών.

Τα παρακάτω είναι αποσπάσματα από την έκθεση του κύριου Κ. ΣΦΕΤΣΟΥ, γεωλόγου του Ι.Γ.Μ.Ε., για την περιοχή Θέα Μεσσάτιδος, τον Ιούνιο του 1974.

Η μελέτη του κύριου Κ. ΣΦΕΤΣΟΥ έχει θέμα την αργιοληψία για την ανέγερση του υπό μελέτη φράγματος Θέας Πατρών, προκειμένου να υδροδοτηθεί η πόλη της Πάτρας.

Αναφέρει λοιπόν τα ακόλουθα:

Α) Ιστορικό περιοχής:

Ο Δήμος Πατρών στην προσπάθεια του να επιλύσει το πρόβλημα ύδρευσης της πόλης της Πάτρας, ανέθεσε σε διάφορους φορείς και μελετητές να διεξάγουν έρευνα και να υποβάλουν πρόταση για την επίλυση του πιο πάνω προβλήματος.

Μία από τις προταθείσες λύσεις, είναι η κατασκευή χωμάτινου φράγματος δίπλα στην περιοχή Κάστρο του χείμαρρου Γουδιά, στην περιοχή Θέα.

Η λεκάνη κατακλίσεως αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από άργιλο και ιλυομιγούς φλύσχη.

Στην προαναφερθείσα θέση Κάστρο, διεξάγεται από μακριά, εκ μέρους της βιομηχανίας τσιμέντων, αργιοληψία για τις ανάγκες του Δρέπανον Αχαΐας εργοστασίου της. Η εν λόγω αργιοληψία εκτελείται σε ιδιόκτητο χώρο.

Στην προκαταρκτική έκθεση, προτείνεται από τον μελετητή για την κατασκευή του στεγανού πυρήνα του φράγματος η χρησιμοποίηση του ελουβιακού μανδύα του φλύσχου ή κάποια κόκκινη πηλό με χαλίκια, η οποία βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την λεκάνη κατακλίσεως. Από την έκθεση υποδεικνύεται να προηγηθεί εδαφομηχανική έρευνα, από την οποία θα αποφασισθεί ποιό από τα δύο υλικά κρίνεται ως καταλληλότερο. Μέχρι σήμερα και για τον σκοπό αυτό καμία εδαφομηχανική έρευνα δεν έχει γίνει.

B) Παρατηρήσεις:

Από την επιτόπια έρευνα προκύπτουν τα ακόλουθα.

Για λογαριασμό της Βιομηχανίας Τσιμέντων εκτελείται αργιοληψία κοντά στη θέση, στην οποία προβλέπεται η ανέγερση του φράγματος. Η θέση αυτή βρίσκεται νοτιοανατολικά του λόφου Κάστρου και κοντά στην οδό, που συνδέει Ροϊτικά με την οδό, που πηγαίνει από την Πάτρα στα Καλάβρυτα.

Το σημερινό εργοτάξιο βρίσκεται νότια της οδού, υπάρχουν όμως ενδείξεις, ότι υπάρχει αργιλικό υλικό και βόρεια αυτής. Λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων δεν γνωρίζουμε, εάν ο χώρος, από τον οποίο λαμβάνονται τα αργιλικά υλικά, θα αποτελέσει την μελλοντική επιφάνεια θεμελίωσης του φράγματος, οπωσδήποτε όμως βρίσκεται κοντά σε αυτή.

Λόγω της γειτνίασης του χώρου, επί του οποίου εκτελείται σήμερα η αργιοληψία, με εκείνον, με τον οποίο μελετάται η κατασκευή του φράγματος, είναι δυνατόν να προκύψουν δυσμενείς επιπτώσεις από την κατασκευή αυτού. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι κυρίως τρεις:

1. Παραμόρφωση της αρχικής μορφολογικής επιφάνειας.
2. Επιδράσεις στην στεγανότητα του εδάφους θεμελίωσης.
3. Ανεπάρκεια ή δυσχέρεια εύρεσης, λόγω εξαντλήσεως, των αναγκαίων υλικών για την κατασκευή του φράγματος.

Από τις τρεις παραπάνω δυσμενείς επιπτώσεις μόνο η 1 και η 3 χρήζουν περαιτέρω εξετάσεως. Πράγματι λόγω του πάχους, το οποίο παρουσιάζει ο φλύσχος στην περιοχή, που μελετάμε, φαίνεται δύσκολο να αποκαλυφθούν, λόγω διενεργούμενης αργιοληψίας, υποκείμενοι υδροπερατοί σχηματισμοί.

Όσον αναφορά την παραμόρφωση της μορφολογικής επιφάνειας, αυτή θα επηρεάσει δυσμενώς τα μελλοντικά έργα, εφ' όσον η εν λόγω αργιοληψία λαμβάνει χώρα στον χώρο θεμελίωσης ή άμεσα κοντά σε αυτόν. Σε αντίθετη περίπτωση και εφ' όσον από την διενεργούμενη αργιοληψία δεν διαταράσσεται η φυσική ισορροπία των πρανών της λεκάνης κατακλίσεως με τρόπο, ώστε να προκληθούν μελλοντικές κατολισθήσεις, αυτή είναι ευεργετική ως προσαυξάνουσα της χωρητικότητας αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν συνοπτικά τα αποτελέσματα των πειραμάτων, που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και κάποια συμπεράσματα, που βγάζουμε για το έδαφος, που μελετήθηκε, θα γίνουν κάποιες συγκρίσεις με τις έρευνες, που έχουν γίνει στις γύρω περιοχές και τέλος θα προσπαθήσουμε να κάνουμε μία γεωλογική τομή με τα στοιχεία, που έχουμε από την περιοχή μας και μία πρόβλεψη για καθίζηση λόγω στερεοποίησης, που μπορεί να υπάρξει στο στρώμα, που μελετήσαμε (Γ1 9,00 m – 9,50 m) με την κατασκευή ενός πέδιλου από σκυρόδεμα.

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ:

Πείραμα:

2.1) ΕΥΡΕΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (W)

Αδιατάρακτο δοκίμιο: $W = 25,685\%$
Αναζυμωμένο δοκίμιο: $W = 27,274\%$

2.2) ΕΥΡΕΣΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ (γ_s):

$$\gamma_s = 2,715 \text{ gr / cm}^3 \rightarrow$$

Συνήθως οι τιμές του γ_s κυμαίνονται από 2,2 gr/cm³ - 2,9 gr/cm³.

Το γ_s βγήκε σχετικά μεγάλο, διότι το έδαφος προέρχεται από κάποιο σκουρόχρωμο πέτρωμα και όχι από οργανικό. Για το λόγο, ότι τα οργανικά πετρώματα έχουν μικρές τιμές ειδικών βαρών στερεών συστατικών. Άρα, το έδαφος μου θα ανήκει σε κάποια από τις παρακάτω κατηγορίες: α) γρανιτικά εδάφη, β) πυριτικά εδάφη, γ) σιδηρομαγνητικά εδάφη, δ) φεμικά εδάφη.

2.3) ΕΥΡΕΣΗ ΥΓΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (γ), ΞΗΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ (γ_d), ΔΕΙΚΤΗ – ΛΟΓΟ ΚΕΝΩΝ (e), ΠΟΡΩΔΕΣ (n) και ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ (Sr):

- Ο ολικός όγκος του δοκίμιου: $V_{ολ} = 90,789 \text{ cm}^3$
- Υγρό φαινόμενο βάρος: $\gamma = 2,028 \text{ gr/cm}^3$
- Το ξηρό φαινόμενο βάρος: $\gamma_d = 1,614 \text{ gr/cm}^3$
- Ο δείκτης ή λόγος κενών: $e = 0,682 \rightarrow$

Από τον Πίνακα [1] (σελ. 20) προκύπτει : Κατά τον Johnson και τον De Graff, ότι το έδαφος μου είναι καλά διαβαθμισμένα χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος.

- Το πορώδες: $n = 0,406 \rightarrow$

Από τον Πίνακα [1] (σελ. 20) προκύπτει : Κατά τον Johnson και τον De Graff, ότι το έδαφος μου είναι καλά διαβαθμισμένα χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος.

- Ο βαθμός κορεσμού: $S_r=100\% \rightarrow$

Από τον Πίνακα [2] (σελ. 21) προκύπτει : Κατά τον Παπαχαρήση, ότι το έδαφος μου είναι κορεσμένο.

2.4) ΟΡΙΑ ATTERBERG:

- Όριο υδαρότητας: $LL = 51,79\%$
- Όριο πλαστικότητας: $LP = 32,67\%$
- Δείκτης πλαστικότητας $I_p = 19,12\% \rightarrow$

Από τον Πίνακα [3] (σελ. 32) προκύπτει : Ότι ο δείκτης πλαστικότητας κατά τον Burmister δείχνει, ότι το έδαφος μου είναι μέσης πλαστικότητας. Αλλά έπειτα καταλήγουμε και αποδεχόμαστε ότι το έδαφος μας είναι υψηλής πλαστικότητας με βάση την κατάταξη εδαφών (MH) και το πρότυπο A.S.T.M. D2487-90.

- Δείκτης υδαρότητας: $I_L = - 0,36 \rightarrow$

Η φυσική υγρασία ($W=25,685\%$) είναι κοντά στο όριο πλαστικότητας ($LP=32,67\%$). Αυτό μας δείχνει, ότι το έδαφος έχει προφορτιστεί. Γι' αυτό και το αποτέλεσμα του δείκτη υδαρότητας (I_L) είναι αρνητικό ($I_L = - 0,36$). Το έδαφος βρίσκεται σε ημιστερεή ή στερεή κατάσταση.

- Δείκτης συνεκτικότητας: $I_C = 1,36 \rightarrow$

Σκληρό και ανθεκτικό έδαφος.

2.5) ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ:

Με βάση την κοκκομετρική καμπύλη των εδαφών προκύπτουν τα παρακάτω ποσοστά περιεκτικότητας άμμου, ιλύος και αργίλου, του δοκιμίου:

Άμμος	Ιλύς	Άργιλος
0,82%	50,18%	49%

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης βλέπουμε, ότι η άργιλος και η ιλύς έχουν σχεδόν το ίδιο ποσοστό αναλογίας. Άρα, ο τύπος του εδαφικού μας δείγματος είναι : ιλυοαργιλώδες

2.6) ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΟΥΣ:

- Αποτελέσματα κατά A.A.S.H.T.O. M145-86:

Το έδαφος μας με βάση το πρότυπο A.A.S.H.T.O. M145-86 προκύπτει κατηγορίας: A7-5 όπου είναι η χειρότερη κατηγορία εδάφους για θεμελίωση δρόμων και χαρακτηρίζεται από το πρότυπο ως:

Αργιλώδη Εδάφη / Μέτριο προς κακό έδαφος για θεμελίωση οδών.

- Αποτελέσματα κατά A.S.T.M. D2487-90:

Το έδαφος μας με βάση το πρότυπο A.S.T.M. D2487-90 προκύπτει ότι είναι:

MH= Ανόργανη ιλύς υψηλής πλαστικότητας

Παρατήρηση:

Για να μην υπάρξει σύγχυση, ότι τα δύο πρότυπα A.A.S.H.T.O. M145-86 και A.S.T.M. D2487-90 καταλήγουν σε διαφορετικό αποτέλεσμα, πρέπει να κάνουμε την εξής παρατήρηση. Το πρότυπο A.A.S.H.T.O. M145-86 είναι μόνο για αξιολόγηση του εδάφους για θεμελιώσεις δρόμων. Το ενδιαφέρει να εξετάσει μόνο αν το έδαφος είναι αργιλώδες ή κοκκώδες και να το κατατάξει σε κάποια κατηγορία για θεμελίωση δρόμων. Δεν εξετάζει αν είναι άργιλος, ιλύς, ή ότι άλλο. Σε αντίθεση με το πρότυπο A.A.S.H.T.O. M145-86 το A.S.T.M. D2487-90, που είναι για πάσα χρήση και προκύπτει και ο τύπος του εδάφους.

Άρα, έχουν καταλήξει σε κοινό αποτέλεσμα, ότι το έδαφος δεν είναι κοκκώδες αλλά αργιλώδες και συγκεκριμένα με βάση το πρότυπο A.S.T.M. D2487-90 είναι ανόργανη ιλύς υψηλής πλαστικότητας.

2.7) ΕΥΡΕΣΗ ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ (A):

- Ενεργότητα: $A = 0,39 \rightarrow$

Από τον Πίνακα [5] (σελ. 55) προκύπτει: Μη ενεργό έδαφος.

Από τον Πίνακα [4] (σελ.55) και το Σχήμα [1] (σελ. 54) προκύπτει: Με βάση τους Holtz & Kovacs και τον Βαλαλά το έδαφος μου με βάση το ορυκτό αργίλου είναι Καολινίτης.

3.1) ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ:

A) ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΟ ΔΟΚΙΜΙΟ:

- Μέτρο ελαστικότητας: $E_u = 22,5 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$
- Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη: $q_u = 2,93 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$
- Συνοχή του εδάφους: $c = 1,465 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$

Το έδαφος μας από πλευρά συνεκτικότητας με βάση τον Πίνακα [6] (σελ.61) χαρακτηρίζεται ως **Πολύ Σκληρό** και ότι επί του έργου έλεγχος με το χέρι **Εύκολα Χαράσσεται με το Νύχι του Αντίχειρα**.

B) ΑΝΑΖΥΜΩΜΕΝΟ ΔΟΚΙΜΙΟ:

- Μέτρο ελαστικότητας: $E_u = 13,64 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$
- Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη: $q_u = 1,73 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$
- Συνοχή του εδάφους: $c = 0,865 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$

Το έδαφος μας από πλευρά συνεκτικότητας με βάση τον Πίνακα [6] (σελ. 61) χαρακτηρίζεται ως **Σκληρό** και ότι επί του έργου έλεγχος με το χέρι **Εύκολα Χαράσσεται με τον Αντίχειρα αλλά Διεισδύει με Μεγάλη Προσπάθεια**.

3.2) ΒΑΘΜΟΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ (St):

- Βαθμός ευαισθησίας: $St = 1,69 \rightarrow$

Δεν είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο το έδαφος μας. Αυτό σημαίνει, ότι το έδαφος μας ανακτά γρήγορα την αρχική του αντοχή μετά την αναζύμωση.

Από το διάγραμμα ($\epsilon - \sigma$):

Παρατηρείται μείωση της αντοχής σε θλίψη στο αναζυμωμένο δοκίμιο σε σύγκριση με το αδιατάρακτο δοκίμιο.

Σύμφωνα λοιπόν με τον βαθμό ευαισθησίας, που υπολογίσαμε, το αναζυμωμένο δοκίμιο θα ανακτήσει σε σύντομο χρονικό διάστημα την αρχική του αντοχή ή μεγάλο μέρος αυτής.

3.3) ΕΥΡΕΣΗ ΔΕΙΚΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ (C_c):

- Δείκτης συμπίεστότητας: $C_c = 0,38$

3.4) ΔΟΚΙΜΗ ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ:

- Συνοχή: $c = 0,37 \text{ (kgr/cm}^2\text{)}$
- Γωνία εσωτερικής τριβής: $\phi = 14,04^\circ$
- ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ:

για σ_1 : $W = 25,434\%$

για σ_2 : $W = 24,287\%$

για σ_3 : $W = 25,682\%$

- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ γ ΚΑΙ ΞΗΡΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ γ_d ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ:

Στοιχειά δοκιμίου:

Ύψος δοκιμίου: $h = 24 \text{ mm} = 2,4 \text{ cm}$

Πλευρά δοκιμίου: $D = 60 \text{ mm} = 6,0 \text{ cm}$

1) Ολικός όγκος του δοκιμίου (όγκος κενών και όγκος κόκκων) ($V_{ολ}$):

$$V_{ολ} = 86,4 \text{ (cm}^3\text{)}$$

2) Βάρος υγρού δείγματος ($B_{υγρ.}$):

για σ1: $B_{υγρ.} = 155,97 \text{ gr}$

για σ2: $B_{υγρ.} = 153,41 \text{ gr}$

για σ3: $B_{υγρ.} = 161,84 \text{ gr}$

3) Υγρό φαινόμενο βάρος (γ):

για σ1: $\gamma = 1,805 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ2: $\gamma = 1,776 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ3: $\gamma = 1,873 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

4) Το ξηρό φαινόμενο βάρος (γ_d):

για σ1: $\gamma_d = 1,439 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ2: $\gamma_d = 1,429 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

για σ3: $\gamma_d = 1,490 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$

Παρατηρούμε, ότι έχουμε μικρή γωνία εσωτερικής τριβής (ϕ), άρα το έδαφος μας είναι σχεδόν κορεσμένο.

Γι αυτό το λόγο μας δίνει και παρόμοιο αποτέλεσμα η συνοχή στην διάτμηση με τη συνοχή στην ανεμπόδιση θλίψη (όπου η ϕ θεωρείται μηδέν στην ανεμπόδιση θλίψη).

5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΕΙ ΣΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ:

Από τις μετρήσεις που μας έχουν δοθεί από το εργαστήριο Γεωφυσικής (δηλαδή τα ειδικά βάρη και τα στρώματα) βλέπουμε, ότι τα ειδικά βάρη, που έχουμε υπολογίσει εμείς εργαστηριακά, με την καθοδήγηση της κυρίας Βιολέττας Πλαστήρα, είναι πολύ κοντά οι τιμές του υγρού φαινόμενου βάρους (γ) και έχουμε μια μικρή απόκλιση στο ξηρό φαινόμενο βάρος (γ_d).

Όσο αναφορά το στρώμα, στο οποίο κάναμε τις μετρήσεις και την κατάταξη, βρήκαμε ότι είναι κατηγορίας ΜΗ δηλαδή ανόργανη ιλύς υψηλής πλαστικότητας. Ενώ το εργαστήριο Γεωφυσικής υποστηρίζει ότι από 7,50 m – 11,00 m έχουμε τεφρή μαργαϊκή άργιλος.

Δεχόμαστε την άποψη του εργαστηρίου Γεωφυσικής για τον λόγο, ότι έχει μελετήσει μεγαλύτερο αριθμό δοκιμών και πιθανόν να έχει καταλήξει σε πιο αντιπροσωπευτικά και ασφαλή αποτελέσματα για το έδαφος από εμάς.

Από την έρευνα, που έχει εκπονηθεί στην περιοχή Κρήνη Μεσσάτιδος, τα πιο σημαντικά στοιχεία, που μπορούμε να λάβουμε είναι, ότι στην περιοχή υπάρχουν αργιλομαργαϊκά ιζήματα και επιφανειακός ελουβιακός μανδύας σε βάθος 1,50 με 2,00 μέτρα. Ακόμα κάποιες κατακόρυφες καθιζήσεις, που έχουν παρουσιαστεί στην επιφάνεια του εδάφους, επηρεάζουν μόνο στον ελουβιακό μανδύα και δεν κρίνονται ιδιαίτερα επικίνδυνες, προκειμένου να εγκαταλείψουν οι κάτοικοι της περιοχής τα σπίτια τους εφ' όσον οι θεμελιώσεις των σπιτιών είναι σε βάθος μεγαλύτερο από τα 2,00 μέτρα.

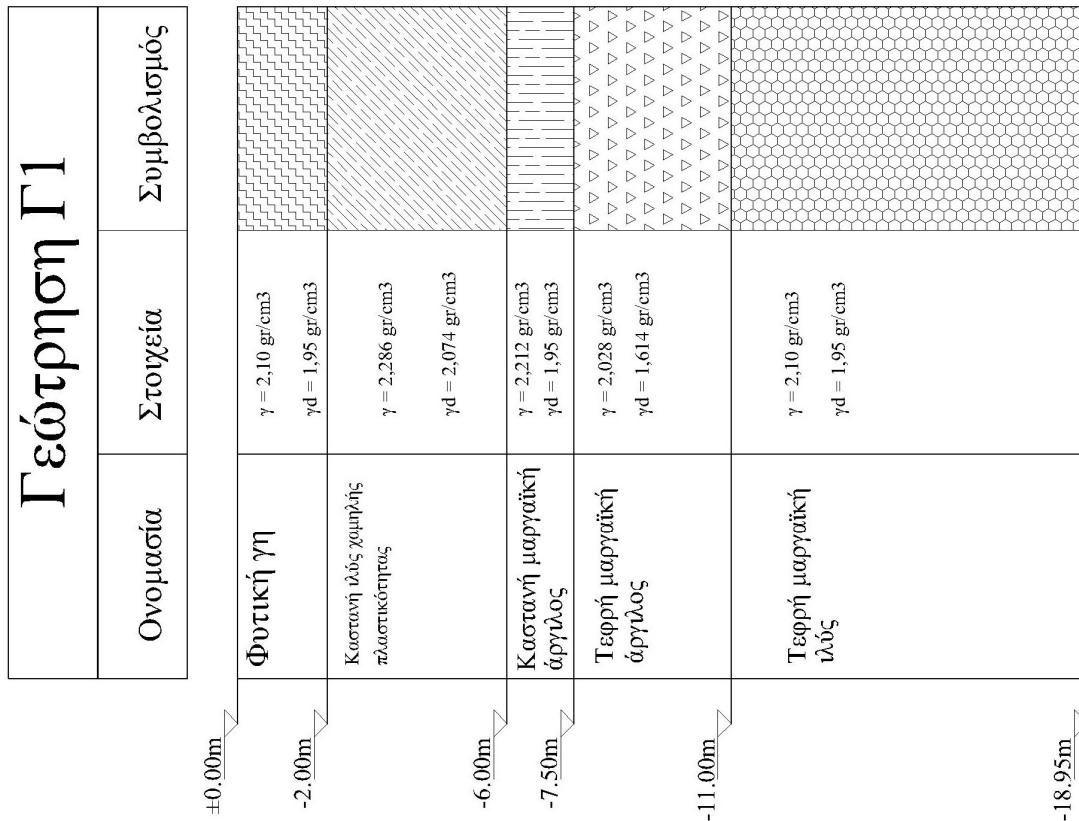
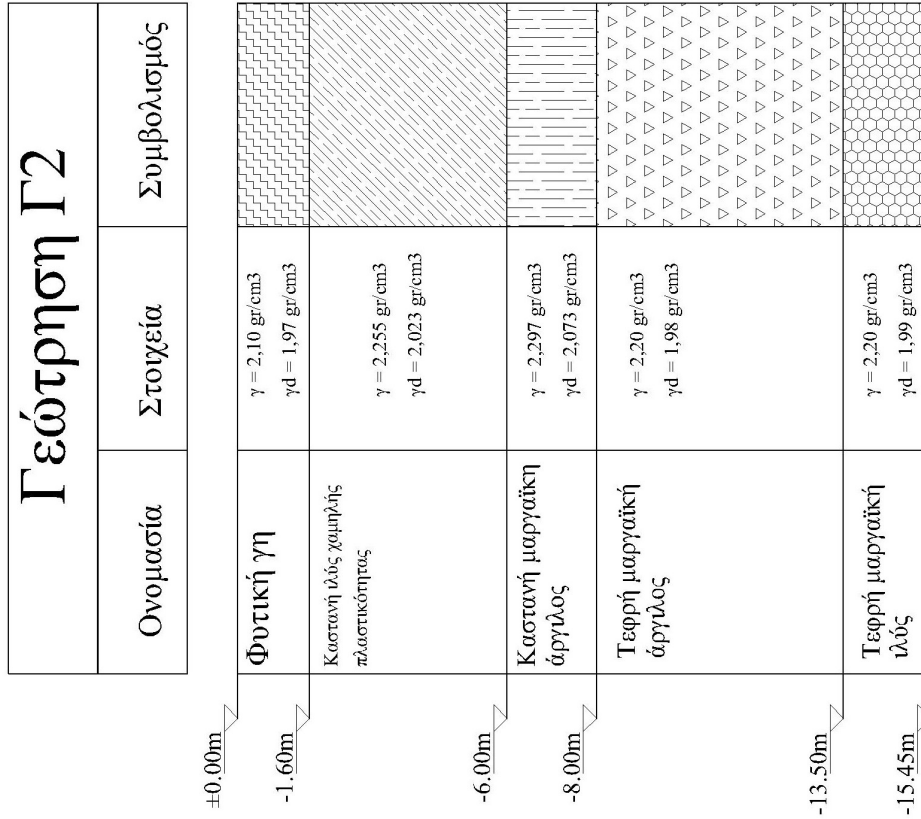
Επομένως βλέπουμε, ότι έχουμε παρόμοιο τύπο εδάφους στην Οβριά και την Κρήνη, όσον αναφορά τα αργιλομαργαϊκή σύσταση του εδάφους. Ακόμα αν μπορούμε να κάνουμε μία πρόβλεψη με βάση τα στοιχεία της Κρήνης, θα πούμε ότι πιθανόν να μην υπολογίσουμε μεγάλες και επικίνδυνες καθιζήσεις του εδάφους στην Οβριά.

Από την έρευνα που έχει εκπονηθεί στην Θέα Μεσσάτιδος, δεν μπορούμε να βγάλουμε πολύ σημαντικά συμπεράσματα, για τον λόγο ότι έχει πραγματοποιηθεί αρκετά χρόνια πριν και πιθανόν να μην είχαν τα μέσα και τον εξοπλισμό για να μελετήσουν το έδαφος τόσο καλά. Καθώς και μία άλλη σημαντική παράμετρος είναι, ότι η μελέτη αυτή έχει εκπονηθεί με σκοπό την πρόβλεψη για δημιουργία φράγματος και όχι γιατί εμφανίστηκαν προβλήματα στο έδαφος της περιοχής.

Αυτό που μπορούμε να κρατήσουμε από την μελέτη της Θέας Μεσσάτιδος είναι, ότι η λεκάνη κατακλίσεως, που μελετάει ο γεωλόγος, αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από άργιλο και ιλυομιγούς φλύσχης και ότι το έδαφος δεν έχει την στεγανότητα, που θα έπρεπε, για να μην αντιμετωπίζει πρόβλημα το έδαφος της θεμελίωσης.

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι και σε αυτή την μελέτη έχουμε τύπο εδάφους, που αποτελείται από άργιλο και ιλύς, όπως και στην Οβριά. Έτσι, επαληθεύεται ο χάρτης, που προμηθευτήκαμε από το Ι.Γ.Μ.Ε. Αθηνών.

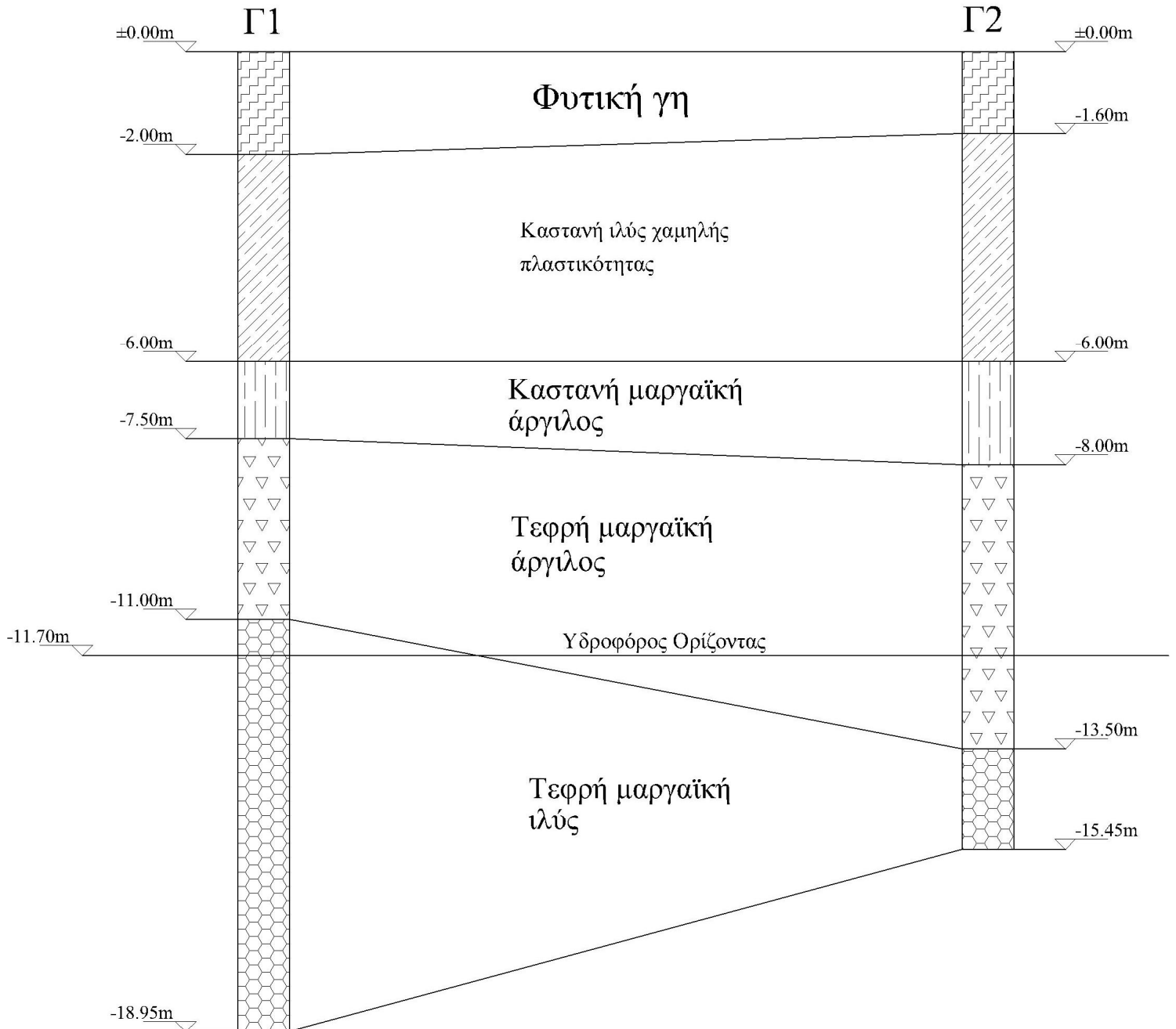
5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ:



Απόσταση της γεώτρησης Γ1 από την γεώτρηση Γ2 είναι στα 15 m.

Ακολουθεί γεωλογική τομή της Οβριάς Μεσσάτιδος:

Γεωλογική Τομή



5.4 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΓΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΛΟΓΩ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣΑΜΕ:

Τώρα θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε την καθίζηση λόγω στερεοποίησης, που θα υποστεί το στρώμα, που μελετήσαμε (Γ1 7,50 m – 11,00 m), από το φορτίο ενός πέδιλου οπλισμένου σκυροδέματος μιας τυπικής κατασκευής.

Αναφέρονται παρακάτω κάποιες θεωρίες και κάποιιοι τύποι, που θα χρησιμοποιηθούν, για να υπολογίσουμε την καθίζηση.

Θεωρία Boussinesq:

Ο υπολογισμός της εντατικής κατάστασης στο εσωτερικό του εδάφους από φόρτιση στην ελεύθερη επιφάνεια του (θεμέλια, αναχώματα, φράγματα, κλπ), είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό των καθιζήσεων και τον έλεγχο της αντοχής του εδάφους. Οι συμβατικές μέθοδοι υπολογισμού των τάσεων στο εσωτερικό του εδάφους βασίζονται στην ελαστική θεωρία. Οι παραδοχές της ελαστικής θεωρίας είναι, ότι το υλικό θεμελίωσης είναι ισότροπο, ομογενές και ελαστικό. Τα φυσικά εδάφη σπάνια παρουσιάζουν συμπεριφορά, που να ανταποκρίνεται σε αυτές τις παραδοχές. Παρ' όλα αυτά η θεωρία του Boussinesq είναι η μόνη μαθηματική θεωρία, που είναι διαθέσιμη σήμερα, σε εύχρηστους τύπους και νομογραφήματα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας από τον μηχανικό.

Τάσεις κάτω από ορθογωνική επιφάνεια που φορτίζεται με συνεχές φορτίο:

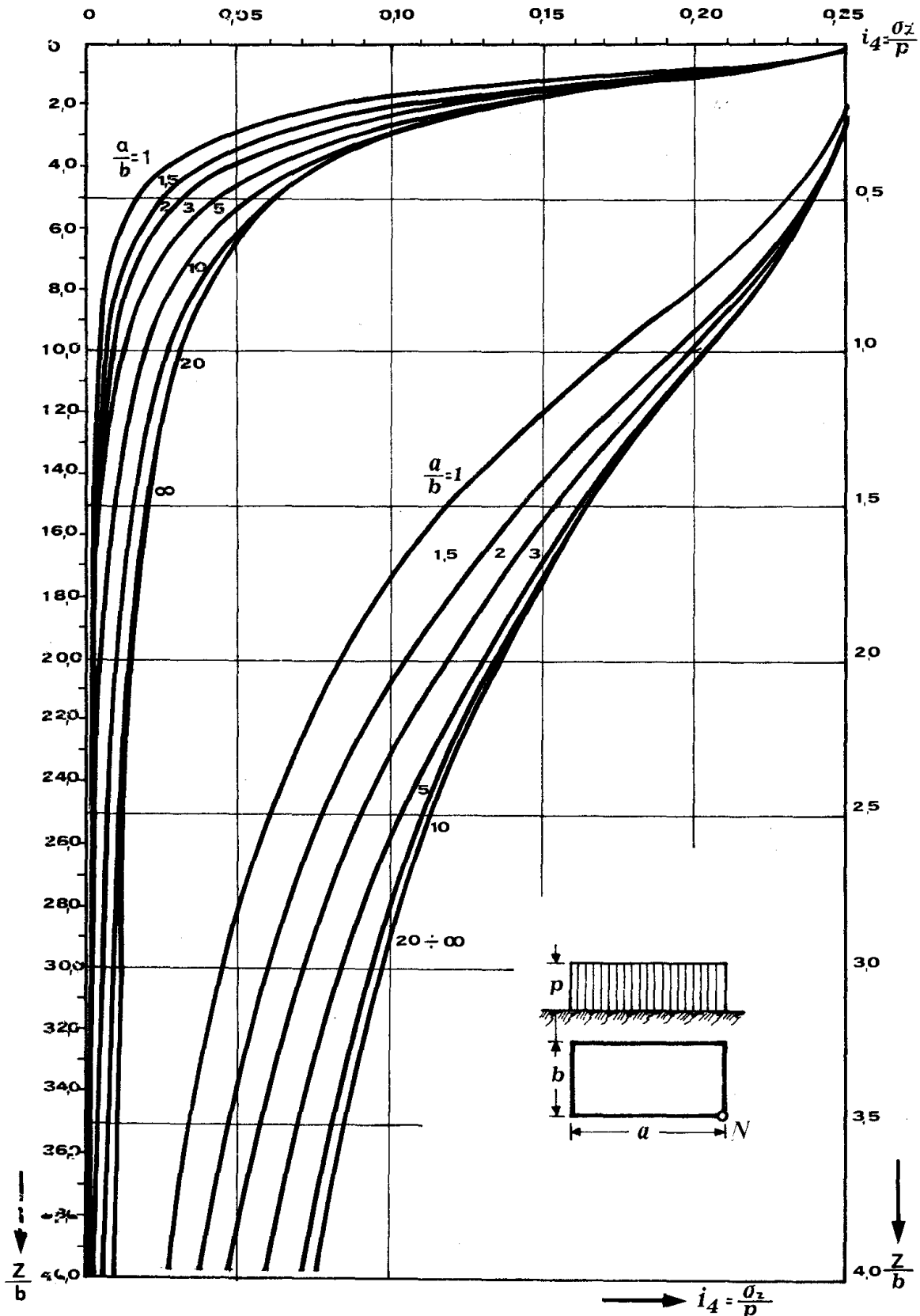
Για φόρτιση ορθογωνικής επιφάνειας με ομοιόμορφο φορτίο q , η τάση $\Delta\sigma$ κάτω από την γωνία της επιφάνειας, υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Delta\sigma = q * I_\sigma$$

όπου ο συντελεστής I_σ δίνεται από το νομογράφημα (βλέπε Πίνακα [7] παρακάτω) συνάρτηση του λόγου z/b και a/b , όπου το z το βάθος, που ζητάμε την τάση και a και b η μεγάλη και η μικρή πλευρά του ορθογωνίου αντίστοιχα.

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΠΙΡΡΟΗΣ I_4 .

Φόρτιση ορθογωνικής επιφάνειας με ομοιόμορφο φορτίο P .



Πίνακας [7]: Νομογράφημα για τον υπολογισμό του συντελεστή επιρροής I_4 .

Με τον δείκτη συμπιεστότητας C_c μπορούμε να υπολογίσουμε το ύψος των καθιζήσεων στο στρώμα, που εξετάζουμε, με την παρακάτω μέθοδο:

Η ένταση της κατακόρυφης πίεσης κατά μήκος οποιασδήποτε κατακόρυφου γραμμής, που ξεκινά κάτω από κατανεμημένο φορτίο, μειώνεται όσο αυξάνεται το βάθος z από την επιφάνεια της φόρτισης. Επομένως, αν η συμπιεστή στρώση έχει μεγάλο πάχος, η κατακόρυφη πίεση μειώνεται σε αυτή σημαντικά, από την ανώτερη επιφάνεια μέχρι τη βάση της. Η συμπιεστή όμως στρώση με μικρό πάχος εξαρτάται μόνο από τη μέση κατακόρυφη πίεση, η οποία προσεγγιστικά είναι ίση με εκείνη, που επιβάλλεται στο μέσο του ύψους της στρώσης. Συνεπώς, εάν η συμπιεστή στρώση έχει μικρό πάχος, μπορεί η μεταβολή της πίεσης με το βάθος να μην ληφθεί υπ' όψη και να υπολογιστεί εκείνη, που αντιστοιχεί στο μέσον του πάχους της στρώσης, δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Στη περίπτωση, που το συμπιεστό εδαφικό στρώμα είναι μεγάλου πάχους H , τότε χωρίζεται σε n στρώματα μικρού πάχους.

Η τιμή της καθίζησης αργιλικού στρώματος λόγω στερεοποίησης δίνεται από την σχέση:

$$S = (C_c * H) / (1 + e_0) * \log_{10} ((\sigma_0 + \Delta\sigma) / \sigma_0)$$

Όπου:

C_c : ο δείκτης συμπιεστότητας του εδάφους.

H : το ύψος του αργιλικού στρώματος που μελετάμε.

e_0 : ο αρχικός δείκτης κενών του εδάφους.

σ_0 : η αρχική εντατική κατάσταση.

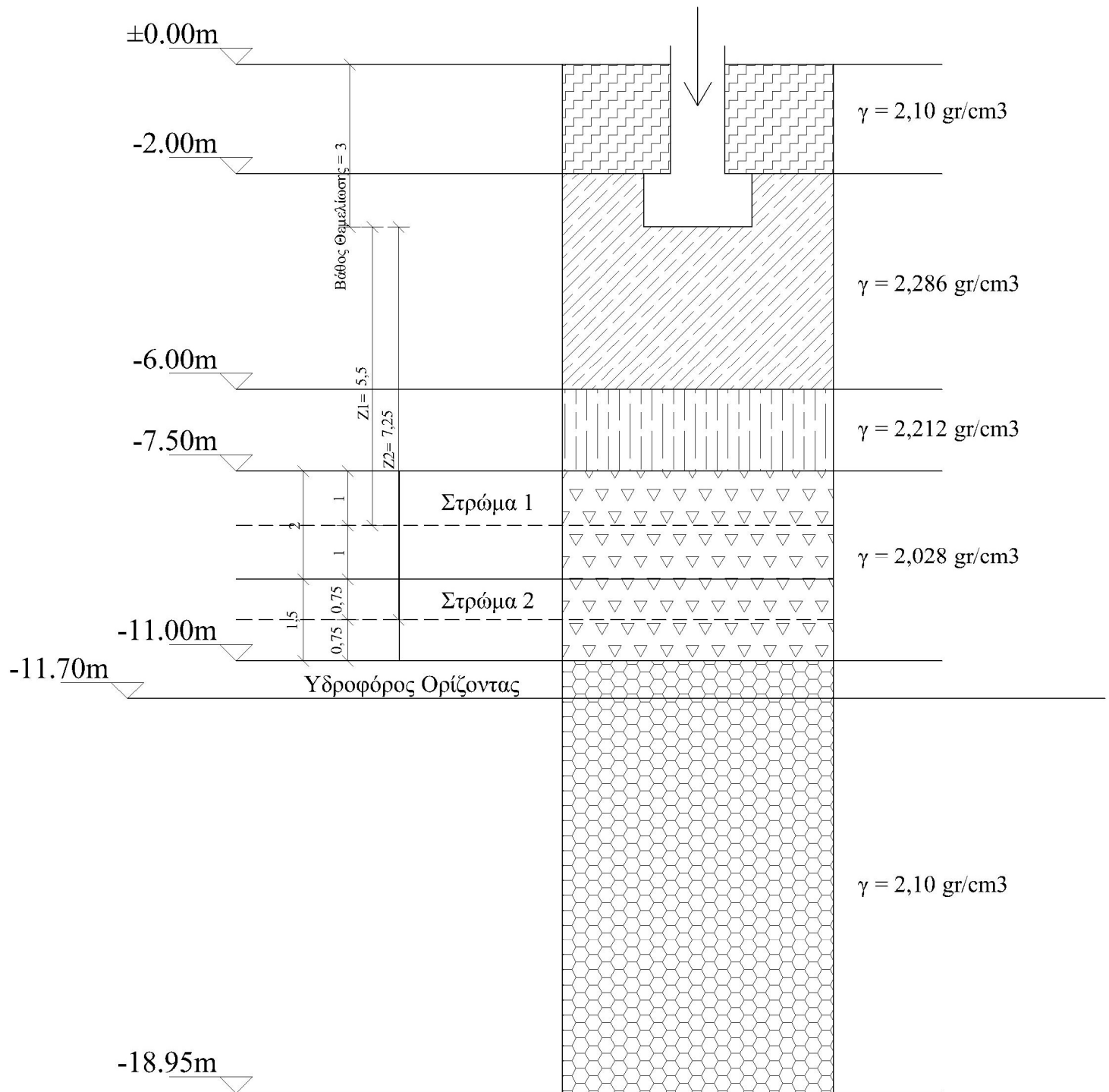
$\Delta\sigma$: η επιφόρτιση από την κατασκευή, που υπολογίζεται από την θεωρία του Boussinesq και εξαρτάται από το σχήμα, τις διαστάσεις της φορτισμένης επιφάνειας και την τιμή της επιφόρτισης.

Ακολουθεί σχήμα για τον υπολογισμό της καθίζησης λόγω στερεοποίησης του στρώματος που εξετάζουμε.

Το σχήμα είναι ίδιο και για τις τρεις δοκιμές, που ακολουθούν. Αυτό, που διαφοροποιείται από δοκιμή σε δοκιμή, είναι η διάσταση του πέλδλου και το φορτίο q , που ασκεί το πέλδλο στο έδαφος.

Το στρώμα, που μελετάμε είναι από $-7,50$ m μέχρι $-11,00$ m.

Σχήμα για τον υπολογισμό της καθίζησης λόγω στερεοποίησης.



Το στρώμα, που εξετάζουμε έχει μεγάλο πάχος (από $-7,50$ m μέχρι $-11,00$ m). Έτσι, αποφασίσαμε να το σπάσουμε σε δύο στρώματα για τον ακριβέστερο υπολογισμό των καθιζήσεων, όπου το Στρώμα 1 είναι τα πρώτα $2,00$ m (δηλ. από $-7,50$ m μέχρι $-9,50$ m) και το Στρώμα 2 είναι το υπόλοιπο $1,50$ m (δηλ. από $-9,50$ m μέχρι $-11,00$ m). Στο τέλος θα προσθέσουμε τις δύο καθιζήσεις, που βρήκαμε και θα έχουμε την καθίζηση του στρώματος από $-7,50$ m μέχρι $-11,00$ m, που εξετάζουμε.

Στοιχεία, που γνωρίζουμε και παραμένουν ίδια και στις τρεις δοκιμές:

- α) Δείκτης συμπίεστικότητας: $C_c = 0,38$
- β) Δείκτης κενών: $e_0 = 0,682$
- γ) Βάθος θεμελίωσης = 3 m
- δ) Υδροφόρος Ορίζοντας = $-11,70$ m
- ε) Επιτάχυνση της βαρύτητας: $g = 10$ m / sec²
- ζ) Κεντρική φόρτιση θεμελίου

1^η Δομική:

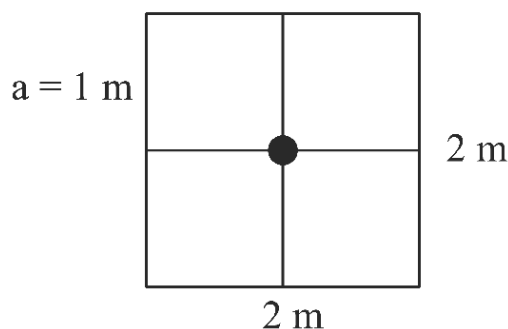
Στοιχεία που γνωρίζουμε:

- α) Τάση: $q = 50$ KN / m²
- β) Διάσταση θεμελίου: 2 m x 2 m

Στρώμα 1:

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= (21 \text{ (KN / m}^3) * 2 \text{ (m)}) + (22,86 \text{ (KN / m}^3) * 4 \text{ (m)}) + (22,12 \text{ (KN / m}^3) * 1,50 \\ &\quad \text{(m)}) + (20,28 \text{ (KN / m}^3) * 1 \text{ (m)}) = \\ &= 42 \text{ (KN / m}^2) + 91,44 \text{ (KN / m}^2) + 33,18 \text{ (KN / m}^2) + 20,28 \text{ (KN / m}^2) = \\ &= 186,90 \text{ (KN / m}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Άρα: } \sigma_0 &= 186,90 \text{ (KN / m}^2) \\ b &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} a/b &= 1 / 1 = 1 \\ z_1/b &= 5,50 / 1 = 5,50 \end{aligned}$$

Από το νομογράφημα Πίνακας [7] (σελ. 104) $\rightarrow I_\sigma \approx 0,014$

$$\Delta\sigma = 4 * q * I_\sigma = 4 * 50 \text{ (KN / m}^2) * 0,014 = 2,8 \text{ (KN / m}^2)$$

$$\text{Άρα: } \Delta\sigma = 2,8 \text{ (KN / m}^2)$$

Καθίζηση για το Στρώμα 1:

$$\begin{aligned} S_1 &= ((H * C_c) / (1 + e_0)) * \log_{10} ((\sigma_o + \Delta\sigma) / \sigma_o) = \\ &= ((2 \text{ (m)} * 0,38) / (1 + 0,682)) * \log_{10} ((186,9 \text{ (KN / m}^2) + 2,8 \text{ (KN / m}^2)) / 186,9 \\ &\quad \text{(KN / m}^2)) = \\ &= 0,45 \text{ (m)} * \log_{10} (1,015) = 2,91 * 10^{-3} \text{ (m)} = 0,29 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

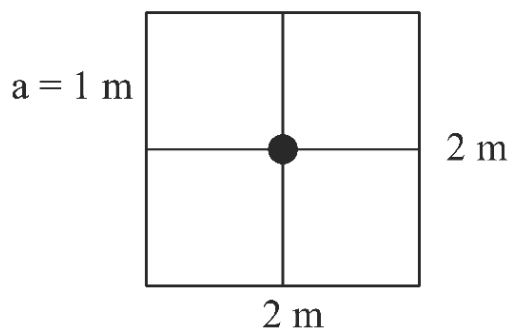
Άρα: $S_1 = 0,29 \text{ (cm)}$

Στρώμα 2:

$$\begin{aligned} \sigma_o &= (21 \text{ (KN / m}^3) * 2 \text{ (m)}) + (22,86 \text{ (KN / m}^3) * 4 \text{ (m)}) + (22,12 \text{ (KN / m}^3) * 1,50 \\ &\quad \text{(m)}) + (20,28 \text{ (KN / m}^3) * 2,75 \text{ (m)}) = \\ &= 42 \text{ (KN / m}^2) + 91,44 \text{ (KN / m}^2) + 33,18 \text{ (KN / m}^2) + 55,77 \text{ (KN / m}^2) = \\ &= 222,39 \text{ (KN / m}^2) \end{aligned}$$

Άρα: $\sigma_o = 222,39 \text{ (KN / m}^2)$

$$b = 1 \text{ m}$$



$$a/b = 1 / 1 = 1$$

$$z_1 / b = 7,25 / 1 = 7,25$$

Από το νομογράφημα Πίνακας [7] (σελ. 104) $\rightarrow I_\sigma \approx 0,01$

$$\Delta\sigma = 4 * q * I_\sigma = 4 * 50 \text{ (KN / m}^2) * 0,01 = 2 \text{ (KN / m}^2)$$

Άρα: $\Delta\sigma = 2 \text{ (KN / m}^2)$

Καθίζηση για το Στρώμα 2:

$$\begin{aligned} S_2 &= ((H * C_c) / (1 + e_0)) * \log_{10} ((\sigma_o + \Delta\sigma) / \sigma_o) = \\ &= ((1,5 \text{ (m)} * 0,38) / (1 + 0,682)) * \log_{10} ((222,39 \text{ (KN / m}^2) + 2 \text{ (KN / m}^2)) / \\ &\quad 222,39 \text{ (KN / m}^2)) = \\ &= 0,34 \text{ (m)} * \log_{10} (1,009) = 1,32 * 10^{-3} \text{ (m)} = 0,13 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

Άρα: $S_2 = 0,13 \text{ (cm)}$

Σύνολο: $S = S_1 + S_2 = 0,29 \text{ (cm)} + 0,13 \text{ (cm)} = 0,42 \text{ (cm)}$

Τελικά έχουμε συνολική καθίζηση στο στρώμα από – 7,50 m μέχρι – 11,00 m:

$$S = 0,42 \text{ (cm)}$$

2^η Δομική:

Στοιχεία που γνωρίζουμε:

α) Τάση: $q = 150 \text{ KN / m}^2$

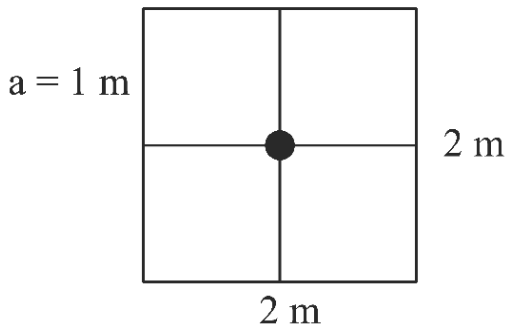
β) Διάσταση θεμελίου: $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$

Στρώμα 1:

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= (21 \text{ (KN / m}^3) * 2 \text{ (m)}) + (22,86 \text{ (KN / m}^3) * 4 \text{ (m)}) + (22,12 \text{ (KN / m}^3) * 1,50 \\ &\quad \text{(m)}) + (20,28 \text{ (KN / m}^3) * 1 \text{ (m)}) = \\ &= 42 \text{ (KN / m}^2) + 91,44 \text{ (KN / m}^2) + 33,18 \text{ (KN / m}^2) + 20,28 \text{ (KN / m}^2) = \\ &= 186,90 \text{ (KN / m}^2)\end{aligned}$$

Άρα: $\sigma_0 = 186,90 \text{ (KN / m}^2)$

$$b = 1 \text{ m}$$



$$a/b = 1 / 1 = 1$$

$$z_1 / b = 5,50 / 1 = 5,50$$

Από το νομογράφημα Πίνακας [7] (σελ.104) $\rightarrow I_\sigma \approx 0,014$

$$\Delta\sigma = 4 * q * I_\sigma = 4 * 150 \text{ (KN / m}^2) * 0,014 = 8,4 \text{ (KN / m}^2)$$

Άρα: $\Delta\sigma = 8,4 \text{ (KN / m}^2)$

Καθίζηση για το Στρώμα 1:

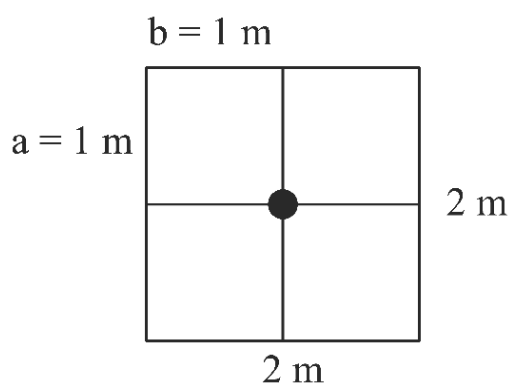
$$\begin{aligned}S_1 &= ((H * C_c) / (1 + e_0)) * \log_{10} ((\sigma_0 + \Delta\sigma) / \sigma_0) = \\ &= ((2 \text{ (m)} * 0,38) / (1 + 0,682)) * \log_{10} ((186,9 \text{ (KN / m}^2) + 8,4 \text{ (KN / m}^2)) / 186,9 \\ &\quad \text{(KN / m}^2)) = \\ &= 0,45 \text{ (m)} * \log_{10} (1,045) = 8,60 * 10^{-3} \text{ (m)} = 0,86 \text{ (cm)}\end{aligned}$$

Άρα: $S_1 = 0,86 \text{ (cm)}$

Στρώμα 2:

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= (21 \text{ (KN / m}^3) * 2 \text{ (m)}) + (22,86 \text{ (KN / m}^3) * 4 \text{ (m)}) + (22,12 \text{ (KN / m}^3) * 1,50 \\ &\quad \text{(m)}) + (20,28 \text{ (KN / m}^3) * 2,75 \text{ (m)}) = \\ &= 42 \text{ (KN / m}^2) + 91,44 \text{ (KN / m}^2) + 33,18 \text{ (KN / m}^2) + 55,77 \text{ (KN / m}^2) = \\ &= 222,39 \text{ (KN / m}^2)\end{aligned}$$

Άρα: $\sigma_0 = 222,39 \text{ (KN / m}^2)$



$$a/b = 1 / 1 = 1$$

$$z_1 / b = 7,25 / 1 = 7,25$$

Από το νομογράφημα Πίνακας [7] (σελ. 104) $\rightarrow I_\sigma \approx 0,01$

$$\Delta\sigma = 4 * q * I_\sigma = 4 * 150 \text{ (KN / m}^2) * 0,01 = 6 \text{ (KN / m}^2)$$

Άρα: $\Delta\sigma = 6 \text{ (KN / m}^2)$

Καθίζηση για το Στρώμα 2:

$$\begin{aligned}S_2 &= ((H * C_c) / (1 + e_0)) * \log_{10} ((\sigma_0 + \Delta\sigma) / \sigma_0) = \\ &= ((1,5 \text{ (m)} * 0,38) / (1 + 0,682)) * \log_{10} ((222,39 \text{ (KN / m}^2) + 6 \text{ (KN / m}^2)) / \\ &\quad 222,39 \text{ (KN / m}^2)) = \\ &= 0,34 \text{ (m)} * \log_{10} (1,027) = 3,93 * 10^{-3} \text{ (m)} = 0,39 \text{ (cm)}\end{aligned}$$

Άρα: $S_2 = 0,39 \text{ (cm)}$

Σύνολο: $S = S_1 + S_2 = 0,86 \text{ (cm)} + 0,39 \text{ (cm)} = 1,25 \text{ (cm)}$

Τελικά έχουμε συνολική καθίζηση στο στρώμα από $-7,50 \text{ m}$ μέχρι $-11,00 \text{ m}$:

$$S = 1,25 \text{ (cm)}$$

3^η Δομική:

Στοιχεία που γνωρίζουμε:

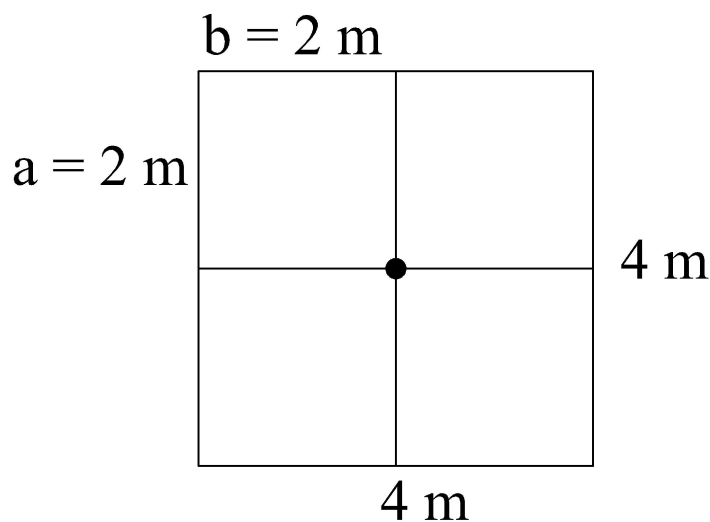
α) Τάση: $q = 150 \text{ KN} / \text{m}^2$

β) Διάσταση θεμελίου: $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$

Στρώμα 1:

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= (21 \text{ (KN} / \text{m}^3) * 2 \text{ (m)}) + (22,86 \text{ (KN} / \text{m}^3) * 4 \text{ (m)}) + (22,12 \text{ (KN} / \text{m}^3) * 1,50 \\ &\quad \text{(m)}) + (20,28 \text{ (KN} / \text{m}^3) * 1 \text{ (m)}) = \\ &= 42 \text{ (KN} / \text{m}^2) + 91,44 \text{ (KN} / \text{m}^2) + 33,18 \text{ (KN} / \text{m}^2) + 20,28 \text{ (KN} / \text{m}^2) = \\ &= 186,90 \text{ (KN} / \text{m}^2)\end{aligned}$$

Άρα: $\sigma_0 = 186,90 \text{ (KN} / \text{m}^2)$



$$a/b = 2 / 2 = 1$$

$$z_1 / b = 5,50 / 2 = 2,75$$

Από το νομογράφημα Πίνακας [7] (σελ. 104) $\rightarrow I_\sigma \approx 0,055$

$$\Delta\sigma = 4 * q * I_\sigma = 4 * 150 \text{ (KN} / \text{m}^2) * 0,055 = 33 \text{ (KN} / \text{m}^2)$$

Άρα: $\Delta\sigma = 33 \text{ (KN} / \text{m}^2)$

Καθίζηση για το Στρώμα 1:

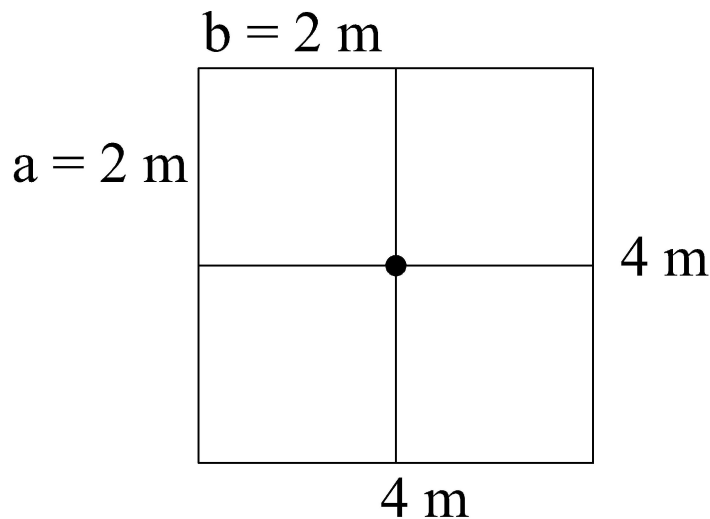
$$\begin{aligned}S_1 &= ((H * C_c) / (1 + e_0)) * \log_{10} ((\sigma_0 + \Delta\sigma) / \sigma_0) = \\ &= ((2 \text{ (m)} * 0,38) / (1 + 0,682)) * \log_{10} ((186,9 \text{ (KN} / \text{m}^2) + 33 \text{ (KN} / \text{m}^2)) / 186,9 \\ &\quad \text{(KN} / \text{m}^2)) = \\ &= 0,45 \text{ (m)} * \log_{10} (1,176) = 0,0317 \text{ (m)} = 3,17 \text{ (cm)}\end{aligned}$$

Άρα: $S_1 = 3,17 \text{ (cm)}$

Στρώμα 2:

$$\begin{aligned}\sigma_0 &= (21 \text{ (KN / m}^3) * 2 \text{ (m)}) + (22,86 \text{ (KN / m}^3) * 4 \text{ (m)}) + (22,12 \text{ (KN / m}^3) * 1,50 \\ &\quad \text{(m)}) + (20,28 \text{ (KN / m}^3) * 2,75 \text{ (m)}) = \\ &= 42 \text{ (KN / m}^2) + 91,44 \text{ (KN / m}^2) + 33,18 \text{ (KN / m}^2) + 55,77 \text{ (KN / m}^2) = \\ &= 222,39 \text{ (KN / m}^2)\end{aligned}$$

Άρα: $\sigma_0 = 222,39 \text{ (KN / m}^2)$



$$a/b = 2/2 = 1$$

$$z_1/b = 7,25/2 = 3,625$$

Από το νομογράφημα Πίνακας [7] (σελ. 104) $\rightarrow I_\sigma \approx 0,04$

$$\Delta\sigma = 4 * q * I_\sigma = 4 * 150 \text{ (KN / m}^2) * 0,04 = 24 \text{ (KN / m}^2)$$

Άρα: $\Delta\sigma = 24 \text{ (KN / m}^2)$

Καθίζηση για το Στρώμα 2:

$$\begin{aligned}S_2 &= ((H * C_c) / (1 + e_0)) * \log_{10} ((\sigma_0 + \Delta\sigma) / \sigma_0) = \\ &= ((1,5 \text{ (m)} * 0,38) / (1 + 0,682)) * \log_{10} ((222,39 \text{ (KN / m}^2) + 24 \text{ (KN / m}^2)) / \\ &\quad 222,39 \text{ (KN / m}^2)) = \\ &= 0,34 \text{ (m)} * \log_{10} (1,108) = 0,0151 \text{ (m)} = 1,51 \text{ (cm)}\end{aligned}$$

Άρα: $S_2 = 1,51 \text{ (cm)}$

Σύνολο: $S = S_1 + S_2 = 3,17 \text{ (cm)} + 1,51 \text{ (cm)} = 4,68 \text{ (cm)}$

Τελικά έχουμε συνολική καθίζηση στο στρώμα από $-7,50 \text{ m}$ μέχρι $-11,00 \text{ m}$:

$$S = 4,68 \text{ (cm)}$$

Παρατηρούμε λοιπόν, ότι στην Δοκιμή 1 και στην Δοκιμή 2 οι καθιζήσεις είναι πολύ μικρές, και είναι της τάξης των 0,42 cm και 1,25 cm αντίστοιχα. Αυτό οφείλεται στο σχετικά μεγάλο βάθος, στο οποίο βρίσκεται το στρώμα που εξετάζουμε, σε σχέση με τη θεμελίωση. Με συνέπεια το μέγεθος του θεμελίου σε συνδυασμό με την τάση, που ασκείται κάθε φορά, να μην προκαλεί επικίνδυνες καθιζήσεις για την θεωρητική κατασκευή μας.

Το βάθος επιρροής της θεμελίωσης (βλέπε τις ισοτασικές καμπύλες στο βιβλίο του G.E. Barnes, με τίτλο Έδαφομηχανική Αρχές και Εφαρμογές, Εκδόσεις Κλειδάριθμος σελ. 135) έχει σχέση με το πλάτος της θεμελίωσης.

Επομένως, στην Δοκιμή 3 αφήσαμε την ίδια τιμή της τάσης και αυξήσαμε την διάσταση του θεμελίου από 2 m x 2 m σε 4 m x 4 m. Διαπιστώνουμε λοιπόν, ότι η καθίζηση είναι της τάξης των 4,68 cm, αλλά και πάλι όχι κάποια απαγορευτική τιμή για τη θεωρητική συμβατική κατασκευή μας.

Τελικά το στρώμα μας κρίνοντας από τα αποτελέσματα των καθιζήσεων και των τριών δοκιμών, δεν παρουσιάζει μεγάλες καθιζήσεις.

Ένας καθοριστικός παράγοντας, που παραλείψαμε λόγω έλλειψης στοιχείων, είναι ο χρόνος, που θα εμφανιστούν αυτές οι καθιζήσεις. Αν γνωρίζαμε το χρόνο, θα μπορούσαμε να βγάλουμε ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Σημείωση:

Προσοχή!!! Πρέπει να τονιστεί, ότι τα αποτελέσματα των καθιζήσεων, που προκύπτουν, επηρεάζονται από πολλές παραμέτρους και παραδοχές. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα δείχνουν κάποιες γενικές τάσεις καθίζησης του εδάφους και όχι απόλυτες τιμές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Αρχές και Εφαρμογές, G.E. Barnes, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
2. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΜΟΣ Ι, Joseph E. Bowles, Εκδόσεις Fountas
3. Σημειώσεις Θεωρίας Εδαδομηχανικής του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, Β. Πλαστήρα
4. Σημειώσεις Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, Β. Πλαστήρα
5. Μελέτη της επίδρασης του φαινομένου της αναζύμωσης στις μηχανικές ιδιότητες των αργιλικών εδαφών, Πτυχιακή Εργασία Κοτρώτσιου Βασιλικής και Φρατζεσκάκη Εμμανουέλας στο ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ του Τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων, Σεπτέμβρης 2011
6. Μελέτη από την βιβλιοθήκη του Ι.Γ.Μ.Ε. με θέμα: « ΕΚΘΕΣΙΣ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΔΙΕΞΑΓΟΜΕΝΗΣ ΑΡΓΙΛΟΛΗΨΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΣΙΝ ΑΝΕΓΕΡΣΕΩΣ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗΝ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΘΕΑΣ – ΠΑΤΡΩΝ», Υπό Κ. ΣΦΕΤΣΟΥ Γεωλόγου του Ι.Γ.Μ.Ε., ΑΘΗΝΑΙ 1974
7. Μελέτη από την βιβλιοθήκη του Ι.Γ.Μ.Ε. με θέμα: «ΕΚΘΕΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΩΝ ΟΙΚΙΣΜΩΝ ΕΛΕΚΙΣΤΡΑΣ – ΑΡΓΥΡΑΣ ΚΑΙ ΚΡΗΝΗΣ – ΝΟΜΟΥ ΑΧΑΪΑΣ», Από ΑΝΤ. Β. ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΥ Γεωλόγου του Ι.Γ.Μ.Ε., ΑΘΗΝΑ 1985

Διαδικτυακοί ιστότοποι:

8. <http://users.ntua.gr/kavvadas/Books/Soil%20Mechanics/ch02.pdf>
9. <http://edafomichaniki.weebly.com/uploads/5/3/4/7/5347998/kefalai01.pdf>
10. http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/SEMINARIA/PALAIOTERA_SEMINARIA/SEMINARIA_NEWN_MHXANIKWN_O_KTWBRIOS_08/%D3%E5%EC%E9%ED.%20%D4%C5%C5%20%C5%C9%D3%C1%C3%D9%C3%C7%20%D3%D4%C7%CD%20%C5%C4%C1%D6%CF%CC%C7%D7%C1%CD%C9%CA%C7.pdf