

Τ.Ε.Ι. Πάτρας
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΈΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

“Λειτουργία εργαστηρίου Εδαφομηχανικής σε Τεχνικά Έργα”

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΖΟΥΛΟΥ Μαρία

ΡΩΜΑΝΟΥ Μαρία-Ιωάννα

ΣΑΜΑΡΤΖΗ Ειρήνη

ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΠΑΓΟΥΛΑΤΟΣ Δημήτριος

ΧΡΗΣΤΟΥ Ζαχαρίας

ΠΑΤΡΑ 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σελ

| | |
|---|-----------|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ..... | 7 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο. | |
| ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΠΟ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ. ΕΙΔΗ ΕΔΑΦΩΝ. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΥΠΑΡΕΞΗΣ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΣΩΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ..... | 9 |
| 1.1. Ιστορική ανασκόπηση..... | 9 |
| 1.2. Γενικά για το έδαφος. – Ορισμοί..... | 10 |
| 1.2.1. Εδαφομηχανική..... | 10 |
| 1.2.2. Έδαφος..... | 10 |
| 1.2.3. Εδαφικοί κόκκοι..... | 12 |
| 1.2.4. Αντοχή του εδάφους..... | 14 |
| 1.2.5. Καθίζηση του εδάφους..... | 14 |
| 1.2.6. Συντελεστής ασφαλείας..... | 14 |
| 1.2.7. Περιγραφή του εδάφους..... | 15 |
| 1.3. Μεγέθη – Τυπολόγιο εδαφομηχανικής..... | 20 |
| 1.3.1. Κατάλογος συμβόλων..... | 20 |
| 1.3.2. Μεγέθη που χαρακτηρίζουν τη σύσταση του εδάφους..... | 21 |
| 1.3.3. Τυπολόγιο φυσικών εδαφικών μεγεθών..... | 22 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο. ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ..... | 24 |
| 2.1. Γενικά..... | 24 |
| 2.2. Προγράμματα software για επεξεργασία μετρήσεων δοκιμών | 29 |
| 2.2.1. Πρόγραμμα SOILSLAB..... | 29 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ – ΕΛΑΦΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ..... | 30 |
| 3.1. Γενικά..... | 30 |
| 3.1.1. Δειγματοληψία..... | 30 |
| 3.1.2. Αδιατάραχτο δείγμα..... | 30 |
| 3.1.3. Διαταραγμένο δείγμα..... | 30 |
| 3.1.4. Γεώτρηση..... | 31 |
| 3.2. Τεχνικές γεωτρήσεις..... | 34 |
| 3.2.1. Κρουστικά γεωτρήματα..... | 34 |
| 3.2.2. Περιστροφικά γεωτρήματα..... | 35 |
| 3.3. Δειγματολήπτες αδιατάρακτης δειγματοληψίας..... | 38 |
| 3.3.1. Τύπος Shelby..... | 38 |
| 3.3.2. Τύπος Εμβολοφόρος..... | 39 |
| 3.3.3. Τύπος Kjellman..... | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.4. Τύπος Denison..... | 41 |
| 3.3.5. Τύπος Pitcer | 42 |
| 3.4. Δειγματολήπτες διαταραγμένης δειγματοληψίας | 43 |
| 3.4.1. Τύπος Ανοικτός U100 | 43 |
| 3.4.2. Τύπος Διαιρετός Terzaghi..... | 43 |
| 3.4.3. Τύπος Ελικοφόρου Auger..... | 44 |
| 3.4.4. Τύπος Αποξέστης..... | 45 |
| 3.5. Δειγματοληψία άμμου..... | 45 |
| 3.6. Δειγματοληψία βράχων..... | 46 |
| 3.6.1. Τύπου μονού σωλήνα..... | 47 |
| 3.6.2. Τύπου διπλού σωλήνα..... | 47 |
| 3.6.3. Τύπου τριπλής καροταρίας..... | 48 |
| 3.7. Φύλαξη δειγμάτων..... | 48 |
| 3.8. Έντυπα γεωτρητικών εργασιών..... | 49 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ | |
| ΔΟΚΙΜΩΝ..... | 51 |
| 4.1. Γενικά..... | 51 |
| 4.2. Προσδιορισμός Εδαφικής Υγρασίας..... | 52 |
| 4.2.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 52 |
| 4.2.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 52 |
| 4.2.3. Υλικά..... | 53 |
| 4.2.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 55 |
| 4.2.5. Πορεία εργασίας..... | 55 |
| 4.2.6. Υπολογισμοί | 55 |
| 4.2.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 56 |
| 4.2.8. Έντυπα μετρήσεων..... | 56 |
| 4.3. Προσδιορισμός Ειδικού Βάρους..... | 59 |
| 4.3.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 59 |
| 4.3.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 60 |
| 4.3.3.Υλικά..... | 61 |
| 4.3.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 61 |
| 4.3.5. Πορεία εργασίας..... | 61 |
| 4.3.6. Υπολογισμοί..... | 63 |
| 4.3.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 64 |
| 4.3.8. Έντυπα μετρήσεων..... | 64 |
| 4.4. Κοκκομετρική Ανάλυση..... | 67 |
| 4.4.1. Εισαγωγή..... | 67 |
| 4.4.2. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα..... | 68 |
| 4.4.2.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 68 |
| 4.4.2.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 68 |

| | |
|--|-----|
| 4.4.2.3. Υλικά..... | 70 |
| 4.4.2.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 70 |
| 4.4.2.5. Πορεία εργασίας..... | 70 |
| 4.4.2.6. Υπολογισμοί..... | 75 |
| 4.4.2.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 75 |
| 4.4.2.8. Έντυπα μετρήσεων..... | 75 |
| 4.4.3. Κοκκομετρική ανάλυση με υδρόμετρο – Μέθοδος Stokes..... | 80 |
| 4.4.3.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες – Σκοπός..... | 80 |
| 4.4.3.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 80 |
| 4.4.3.3. Υλικά..... | 81 |
| 4.4.3.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 82 |
| 4.4.3.5. Πορεία εργασίας..... | 82 |
| 4.4.3.6. Υπολογισμοί..... | 83 |
| 4.4.3.7. Έντυπα μετρήσεων..... | 88 |
| 4.5. Όρια ATTEBERG..... | 91 |
| 4.5.1. Εισαγωγή..... | 91 |
| 4.5.2. Όρια Υδαρότητας..... | 95 |
| 4.5.2.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 95 |
| 4.5.2.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 95 |
| 4.5.2.3. Υλικά..... | 97 |
| 4.5.2.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 97 |
| 4.5.2.5. Πορεία εργασίας..... | 97 |
| 4.5.2.6. Υπολογισμοί..... | 99 |
| 4.5.2.7. Παρατηρήσεις –Συμπεράσματα..... | 100 |
| 4.5.3. Όρια Πλαστικότητας..... | 101 |
| 4.5.3.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός | 101 |
| 4.5.3.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 101 |
| 4.5.3.3. Υλικά | 102 |
| 4.5.3.4. Τεχνικές Προδιαγραφές | 102 |
| 4.5.3.5. Πορεία εργασίας..... | 102 |
| 4.5.3.6. Υπολογισμοί..... | 103 |
| 4.5.3.7. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα | 104 |
| 4.5.4. Όριο Συρρίκνωσης | 105 |
| 4.5.4.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 105 |
| 4.5.4.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 105 |
| 4.5.4.3. Υλικά..... | 105 |
| 4.5.4.4. Πορεία εργασίας..... | 105 |
| 4.5.4.5. Υπολογισμοί..... | 106 |
| 4.5.4.6. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 107 |
| 4.5.4.7. Έντυπα μετρήσεων | 107 |

| | |
|---|------------|
| 4.6. Πορώδες – Δείκτης Πόρων | 114 |
| 4.6.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός | 114 |
| 4.6.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 115 |
| 4.6.3. Υλικά | 116 |
| 4.6.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 116 |
| 4.6.5. Πορεία εργασίας..... | 117 |
| 4.6.6. Υπολογισμοί | 117 |
| 4.6.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 119 |
| 4.6.8. Έντυπα μετρήσεων..... | 119 |
| 4.7. Μέθοδος PROCTOR..... | 122 |
| 4.7.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 122 |
| 4.7.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 123 |
| 4.7.3. Υλικά | 125 |
| 4.7.4. Τεχνικές Προδιαγραφές | 125 |
| 4.7.5. Πορεία εργασίας..... | 125 |
| 4.7.6. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 127 |
| 4.7.7. Έντυπα μετρήσεων | 127 |
| 4.8. Μέθοδος Κώνου και Άμμου | 130 |
| 4.8.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες – Σκοπός..... | 130 |
| 4.8.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 130 |
| 4.8.3. Υλικά | 132 |
| 4.8.4. Πορεία εργασίας | 132 |
| 4.8.5. Υπολογισμοί | 135 |
| 4.8.6. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα..... | 137 |
| 4.8.7. Έντυπα μετρήσεων | 137 |
| 4.9. Δοκιμή Άμεσης Διάτμησης..... | 142 |
| 4.9.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 142 |
| 4.9.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 143 |
| 4.9.3. Υλικά | 144 |
| 4.9.4. Τεχνικές Προδιαγραφές..... | 145 |
| 4.9.5. Πορεία εργασίας..... | 145 |
| 4.9.6. Υπολογισμοί..... | 149 |
| 4.9.7. Παρατηρήσεις –Συμπεράσματα | 149 |
| 4.9.8. Έντυπα μετρήσεων..... | 150 |
| 4.10. Δοκιμή Ανεμπόδιστης θλίψης | 157 |
| 4.10.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός | 157 |
| 4.10.2. Υλικά | 157 |
| 4.10.3. Απαιτούμενος εξοπλισμός..... | 158 |
| 4.10.4. Τεχνικές Προδιαγραφές | 159 |
| 4.10.5. Πορεία εργασίας | 160 |
| 4.10.6. Υπολογισμοί | 161 |

| | |
|--|-----|
| 4.10.7. Αποτελέσματα – Συμπεράσματα | 161 |
| 4.10.8. Έντυπα μετρήσεων | 162 |
| 4.11. Διαπερατότητα | 173 |
| 4.11.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός..... | 173 |
| 4.11.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 173 |
| 4.11.3. Υλικά | 175 |
| 4.11.4. Πορεία εργασίας | 175 |
| 4.11.5. Υπολογισμοί..... | 175 |
| 4.11.6. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα | 176 |
| 4.11.7. Έντυπα μετρήσεων | 176 |
| 4.12. Δοκιμή Μονοδιάστατης Στερεοποίησης | 179 |
| 4.12.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Σκοπός | 179 |
| 4.12.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 180 |
| 4.12.3. Υλικά | 180 |
| 4.12.4. Τεχνικές Προδιαγραφές | 181 |
| 4.12.5. Πορεία εργασίας..... | 181 |
| 4.12.6. Υπολογισμοί | 182 |
| 4.12.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα | 183 |
| 4.12.8. Έντυπα μετρήσεων | 183 |
| 4.13. Δοκιμή C. V. R. | 192 |
| 4.13.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες – Σκοπός | 192 |
| 4.13.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός | 192 |
| 4.13.3. Υλικά | 194 |
| 4.13.4. Τεχνικές Προδιαγραφές | 195 |
| 4.13.5. Πορεία εργασίας | 195 |
| 4.13.6. Υπολογισμοί | 196 |
| 4.13.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα | 196 |
| 4.13.8. Έντυπα μετρήσεων | 196 |
| 4.14. Ενδεικτικός Τιμοκατάλογος | 206 |
| Βιβλιογραφία..... | 210 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το έδαφος που μας περιβάλλει έχει διπλή αποστολή από την άποψη της συμβολής του στην κατασκευή των διαφόρων τεχνικών έργων.

1^{ον}. Ως ένα υλικό που δέχεται τα φορτία των διαφόρων τεχνικών έργων (οικοδομικά – οδοποιΐας - λιμενικά – και γενικότερα υποδομής) και επομένως καταπονείται και

2^{ον}. Ως ένα δομήσιμο υλικό το οποίο μεταφερόμενο και τοποθετούμενο κατάλληλα διαμορφώνει εδαφικές κατασκευές με συγκεκριμένο σκοπό και ρόλο (π.χ. επιχώματα – φράγματα κ.λ.π) που επίσης δέχονται φορτία και επομένως καταπονήσεις.

Με δεδομένη αυτή την αποστολή που περιγράψαμε είναι απαραίτητο να γνωρίσουμε - διερευνήσουμε το υλικό «έδαφος» που κάθε φορά έχουμε στη διάθεσή μας προκειμένου να ανταποκρίνεται χωρίς προβλήματα – αστοχίες στην κατασκευή και στη διατήρηση στο χρόνο των προαναφερθέντων έργων.

Η αναγνώριση και η διερεύνηση των εδαφών γίνεται με δοκιμές που πραγματοποιούνται αφενός σε εργαστηριακούς χώρους κατάλληλα διαμορφωμένους ή άμεσα σε εργοταξιακούς χώρους όπου εκτελούνται τα διάφορα έργα.

Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας που αναλάβαμε υπό την εποπτεία του καθηγητή εφαρμογών Παγουλάτου Δημητρίου είναι να περιγράψουμε αναλυτικά τις εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές που αφορούν το έδαφος και να κατανοήσουμε τη συγκρότηση και τη λειτουργία ενός εργαστηρίου εδαφομηχανικής αλλά και τη γενικότερη συγκρότηση και λειτουργία των εργαστηρίων εδαφομηχανικής στη χώρα μας.

Στην προσπάθεια για μια πιο ολοκληρωμένη συγκρότηση της εργασίας μας κάνουμε γενικές αναφορές για :

- Το έδαφος ως αντικείμενο του πολιτικού μηχανικού
- Την εδαφομηχανική ως επιστήμη και ως εργαλείο του πολιτικού μηχανικού

Τέλος , θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον επόπτη καθηγητή μας κ. Παγουλάτο Δημήτριο καθώς και στον κ. Χρήστου Ζαχαρία, Ειδικό Τεχνικό Προσωπικό (Ε.Τ.Π), για την χρήσιμη καθοδήγησή τους στην πορεία ολοκλήρωσης αυτής της πτυχιακής.

Οι σπουδάστριες :

Ζουλού Μαρία

Ρωμανού Μαρία-Ιωάννα

Σαμαρτζή Ειρήνη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο
ΕΛΑΦΟΣ ΚΑΙ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΠΟ ΠΛΕΥΡΑΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ.

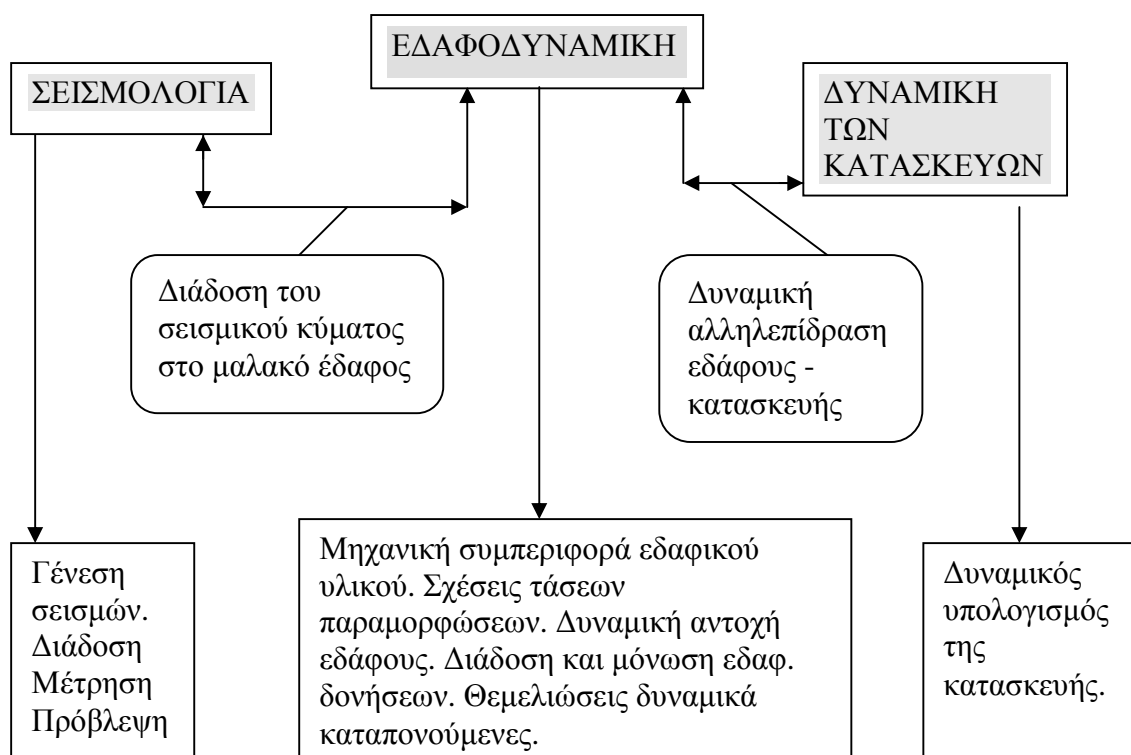
ΕΙΔΗ ΕΛΑΦΩΝ.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ.

ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΥΠΑΡΞΗΣ ΤΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΣΩΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.

1.1. Ιστορική ανασκόπηση.

Η Εδαφομηχανική σαν επιστήμη «γεννήθηκε» στις αρχές της δεκαετίας του 1930-40 στο Βερολίνο. Πρώτοι ερευνητές ήταν οι Hertwig και Lorenz και στόχος τους τότε ήταν η εύρεση μιας μεθόδου για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του υπεδάφους με τη βοήθεια δυναμικών φορτίων. Ο κλάδος της εδαφομηχανικής συσχετιζόταν και συσχετίζεται ακόμα και σήμερα με άλλους κλάδους και θα είχε ενδιαφέρον να τους αναφέρουμε.



Το έδαφος και γενικότερα η επιστήμη της εδαφομηχανικής περιλαμβάνουν πολλές λειτουργίες και επομένως και πολλές έννοιες και ορισμούς τα οποία και πρέπει να αναφέρουμε. Κάνοντας μια τέτοια αναφορά θα έχουμε μια γενική ιδέα για το θέμα μας.

1.2. Γενικά για το έδαφος. Ορισμοί :

ΟΡΙΣΜΟΙ :

1.2.1. ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ.

Μελέτη της φυσικής και μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους κατά την διάρκεια κατασκευής έργου. Μελέτη των υλικών σαν μέσο εδράσεως και σαν δομήσιμων υλικών.

1.2.2. ΕΛΑΦΟΣ.

Έδαφος θεμελίωσης ονομάζεται το υλικό που συναντάται κάτω από την οργανική επιφανειακή στρώση χώματος και που αποτελείται από μικροσκοπικούς κόκκους μη οργανικού υλικού.

Έδαφος ως δομήσιμο υλικό είναι το έδαφος που χρησιμοποιείται σε υδραυλικά έργα, στην οδοποιία, σε κατασκευή φραγμάτων, κτλ. Στην άσκηση του επαγγέλματος του Πολιτικού Μηχανικού , το έδαφος συναντάται καθημερινά: ως μέσο έδρασης (θεμελίωσης) τεχνικών έργων, ως υλικό κατασκευής (επιχωμάτων, φραγμάτων), ως μέσο που πρέπει να αντιστηριχθεί (εκσκαφές, σήραγγες) και σε μια σειρά από ειδικά τεχνικά προβλήματα (αντλήσεις, διάδοση κραδασμών ή σεισμικών κυμάτων κλπ).

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ. Τα εδάφη, από τεχνική άποψη, είναι είτε φυσικά είτε τεχνητά. Διακρίνονται από τους βράχους επειδή οι ξεχωριστοί κόκκοι που τα αποτελούν δεν είναι ισχυρά συνδεδεμένοι μεταξύ τους.

Κάποιες από τις κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με το σχηματισμό τους μπορούμε να αναφέρουμε παρακάτω.

- *Τεχνητά εδάφη.* Εδάφη που χαρακτηρίζουν αυτή την κατηγορία είναι τα απορρίμματα και τα επιλεγμένα υλικά. Τα πρώτα είναι κατάλοιπα τα λεγόμενα μπάζα, βιομηχανικά απόβλητα τα οποία μπορούν να αποδειχθούν καταστρεπτικά σε νέα έργα επειδή είναι διαλυτικά και τοξικά καθώς επίσης μολύνουν το περιβάλλον. Τα δεύτερα τα λεγόμενα επιλεγμένα, δεν είναι επικίνδυνα όπως τα πρώτα και χρησιμοποιούνται για χωμάτινες κατασκευές.
- *Ρυπαρά και μολυσμένα εδάφη.* Τα εδάφη αυτά αποτελούνται από ρύπους όπως αρσενικό, κάδμιο, κ.α. Αρκετά από αυτά μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στην υγεία των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών στις περιοχές που υπάρχουν. Όλα τα παραπάνω μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα διαβρώσεις σε υλικά των κτιρίων.
- *Εδάφη φυσικά σχηματισμένα.* Είναι τα φυσικά σχηματισμένα εδάφη που είτε σχηματίστηκαν επί τόπου είτε μεταφέρθηκαν στην παρούσα θέση από διάφορους παράγοντες.
- *Προσχωσιγενή εδάφη.* Για να αποτεθούν τα εδάφη, πρέπει να αφαιρεθούν από τις αρχικές τους θέσεις ή να διαβρωθούν, και να μεταφερθούν. Κατά τη διάρκεια αυτών των διαδικασιών, οι κόκκοι επίσης θρυμματίζονται ή τρίβονται σε μικρότερα τμήματα.
- *Αποσαθρωμένοι βράχοι.* Τα καιρικά φαινόμενα προκαλούν την αποδόμηση και την αποσύνθεση των βράχων. Η χημική μεταβολή έχει ως αποτέλεσμα την αποσύνθεση των ορυκτών των σκληρών βράχων σε μαλακότερα αργιλικά ορυκτά, και είναι περισσότερο έντονη σε θερμό και υγρό κλίμα, όπως το τροπικό.

1.2.3. ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΚΟΚΚΟΙ.

Η φύση κάθε κόκκου σε ένα έδαφος προσδιορίζεται από τα ορυκτά που περιέχει, το μέγεθος και το σχήμα του. Αυτά εξαρτώνται από τον αρχικό βράχο από τον οποίο αποσπάστηκαν οι κόκκοι, το βαθμό απόξεσης και τεμαχισμού του βράχου κατά τη διάβρωση και τη μεταφορά, την αποσύνθεση και την αποσάθρωση με χημικές και μηχανικές διαδικασίες.

Ταξινόμηση των κόκκων:

- Σκληροί-χαλίκια από ορυκτά σκληρών βράχων και εδαφικά πυριτικά.
- Μαλακοί-κοράλλια, υπολείμματα οστράκων και σκελετών, ηφαιστειακή τέφρα, θρυμματισμένοι μαλακοί βράχοι.
- Ορυκτές άργιλοι.
- Φυτικά υπόλοιπα- τύφρη, χλωρίδα, οργανικό υλικό.

Τα εδάφη γενικά χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες με βάση το μέγεθος των κόκκων που βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό και την πλαστικότητα. Ο τρόπος με τον οποίο μεμονωμένοι κόκκοι διατάσσονται μεταξύ τους σε ένα έδαφος αναφέρεται ως εδαφική δομή.

Η συστηματική ταξινόμηση των εδαφών σε ομάδες δίνει πληροφορίες για την μηχανική συμπεριφορά τους στις θέσεις θεμελίωσης τεχνικών έργων.

Τα κυριότερα εδάφη είναι τα ψαθυρά και τα συνεκτικά και συχνά έχουμε και μείγματα διαφόρων εδαφών.

1. **ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ (ΨΑΘΥΡΑ).** Εδάφη που η αντοχή τους εξαρτάται μόνο από την τριβή των κόκκων που χαρακτηρίζεται από τη γωνία τριβής ϕ . Η άμμος είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα ψαθυρού υλικού. Η εδαφική τους δομή εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Το μέγεθος, το σχήμα, και την επιφανειακή τραχύτητα των μεμονωμένων κόκκων
- Το εύρος των μεγεθών των κόκκων (καλής ή ομοιόμορφης διαβάθμισης)

- Τον τρόπο απόθεσης (ιζηματογενή ή παγετώδη)
- Τις τάσεις στις οποίες έχει υποβληθεί το έδαφος (αυξανόμενες ενεργές τάσεις με το βάθος αν το έδαφος είναι κανονικά στερεοποιημένο ή υπερστερεοποιημένο)
- Το βαθμό της τσιμέντωσης των κόκκων, την ύπαρξη λεπτόκοκκου και οργανικού υλικού, την κατάσταση διάβρωσης.

2. **ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ** . Συνεκτικά εδάφη είναι εκείνα στα οποία η αντοχή οφείλεται όχι μόνο στην τριβή αλλά και στην συνοχή c , δηλαδή σε επιφανειακές δυνάμεις ανάμεσα στους κόκκους. Οι κόκκοι των αργιλικών ορυκτών είναι πάρα πολύ μικροί ώστε να είναι ορατοί με γυμνό μάτι. Η μικροδομή των εδαφών αυτών είναι εξαιρετικά πολύπλοκη αλλά φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από την ποσότητα και τον τύπο των παρόντων αργιλικών ορυκτών, την αναλογία ιλύος και άμμου, το περιβάλλον της απόθεσης, και τη χημική φύση του νερού των πόρων. Η άργιλος είναι χαρακτηριστικό συνεκτικό έδαφος.

Η πρώτη ομάδα, τα ψαθυρά ή μη συνεκτικά εδάφη, αποτελείται από εδάφη που δεν υπάρχει συγκόλληση μεταξύ των κόκκων τους ενώ στην δεύτερη ομάδα, των συνεκτικών εδαφών, υπάρχει αυτή η συγκόλληση των κόκκων.

Η προσπάθεια διαχωρισμού του εδάφους σε κατηγορίες γίνεται διότι είναι αδύνατον να γίνει η παρουσίαση των φυσικών ιδιοτήτων όλων των εδαφών με τρόπο γενικό. Ο αριθμός των φυσικών ιδιοτήτων που είναι απαραίτητος για τον πλήρη χαρακτηρισμό του εδάφους είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο αριθμό για τα άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές έργων πολιτικού μηχανικού γιατί το έδαφος είναι ένα υλικό που αποτελείται από στερεή, υγρή και αέρια φάση και αυτό το κάνει να παρουσιάζει σημαντική ανομοιογένεια. Οι ιδιότητες του επίσης επηρεάζονται αρκετά και από την προΐστορία του.

Πιο συγκεκριμένα το έδαφος περιέχει κόκκους διαφόρων μεγεθών και σε διάταξη που ποικίλλει. Από αυτή τη σύνθεση και τη δομή του εξαρτώνται οι μηχανικές του ιδιότητες , δηλαδή η αντοχή του και οι καθιζήσεις που εκδηλώνονται όταν ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις.

1.2.4. ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.

Πρόκειται αποκλειστικά για αντοχή θραύσεως στη διάτμηση κατά μήκος ορισμένων επιφανειών ολισθήσεως. Μετά την ολίσθηση το έδαφος επανέρχεται σε κατάσταση ισορροπίας.

1.2.5. ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.

Κατακόρυφη υποχώρηση της επιφάνειας του εδάφους που προκαλεί η παραμόρφωση των διαφόρων στρώσεων που δέχονται τα φορτία της θεμελίωσης σε συνδυασμό με το ίδιο το βάρος του εδάφους. Η υπερβολική καθίζηση προκαλεί ρηγμάτωση ή και την καταστροφή των κατασκευών. Καθιζήσεις 2-3 εκατοστών του μέτρου θεωρούνται κανονικές.

Το έδαφος έχει πολλαπλή σημασία για μια μεγάλη ομάδα τεχνικών έργων, η οποία πρέπει να γνωρίζει την σύσταση του εδάφους και τη μηχανική συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια κατασκευής και μελέτης έργων. Όπως επίσης πρέπει να υπάρχει η γνώση των τεχνολογικών μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

1.2.6. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.

Είναι απαραίτητο για το μηχανικό να αναλύσει και να εμβαθύνει την έννοια της ασφάλειας, δηλαδή κατά πόσο το έργο είναι ανθεκτικότερο και ασφαλέστερο. Να γνωρίζει δηλαδή ποιος είναι ο συντελεστής ασφαλείας.

Στην Εδαφομηχανική εξαιτίας της συμπεριφοράς των υλικών, των αδυναμιών της θεωρίας και του μεγάλου αριθμού των χαρακτηριστικών συντελεστών είναι δύσκολο έως κ αδύνατον να προσδιοριστεί ακριβώς ο βαθμός ασφαλείας. Αυτό που επιδιώκει ο Μηχανικός να πετύχει είναι να υπάρχει ασφάλεια, δηλαδή να μην καταστρέφεται το έργο. Υποχρέωση των μηχανικών, των μελετητών είναι να αναλύουν με μεγάλη προσοχή κάθε φορά το θέμα της ασφαλείας του έργου που μελετούν χωρίς να αρκούνται σε μια τυπική κάλυψη με ένα συντελεστή ασφαλείας ο οποίος τις πιο πολλές φορές αντιστοιχεί σε ένα μικρό τμήμα του όλου προβλήματος.

1.2.7. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.

Η περιγραφή του εδάφους πρέπει να παρέχει σαφείς πληροφορίες ώστε να μπορούν οι μελετητές και οι κατασκευαστές να εκτιμήσουν τη φύση και τις ιδιότητες των εδαφών και να προβλέψουν την πιθανή συμπεριφορά και τα πιθανά προβλήματα. Οι μελετητές και οι κατασκευαστές των έργων βλέπουν τα εδάφη, πάνω στα οποία θα γίνουν έργα, λίγο ως καθόλου. Έτσι οι εδαφομηχανικοί και οι γεωλόγοι πρέπει να δίνουν ακριβής και σαφείς λεπτομέρειες για τα αποτελέσματα των ερευνών και των πειραμάτων που κάνουν ώστε οι αρμόδιοι που θα ασχοληθούν με τα έργα να κατανοούν αυτές τις περιγραφές.

Σκοπός της περιγραφής του εδάφους είναι να αποφευχθεί η οποιαδήποτε σύγχυση μεταξύ ορισμών, όρων και γενικά να είναι κατανοητό το τι είναι το έδαφος. Όπως αναφέραμε παραπάνω ξεχωρίζουμε δύο κατηγορίες εδαφών, τα ψαθυρά και τα συνεκτικά. Και τα δύο όμως έχουν την ιδιότητα να συμπεριφέρονται με τρόπο στραγγισμένο ή αστράγγιστο. Αυτό ίσως είναι όρος που θα προκαλούσε σύγχυση έτσι τα εδάφη περιγράφονται ως:

- Πολύ χονδρόκοκκα εδάφη – κόκκοι μεγαλύτεροι από 60 mm.
- Χονδρόκοκκα εδάφη – περισσότερο από 65 % άμμος ή και χαλίκια.

- Λεπτόκοκκα εδάφη – περισσότερο από 35 % άργιλος ή και ιλύς.
- Οργανικά εδάφη – αποτελούνται είτε από τύφρη, είτε από λεπτόκοκκα, χονδρόκοκκα, ή πολύ χονδρόκοκκα εδάφη με οργανική σύσταση.

Οι τρόποι που μπορούμε να περιγράψουμε το έδαφος είναι δύο και είναι οι ακόλουθοι.

Ο ένας βασίζεται σε ένα κομμάτι ή διακεκριμένη μονάδα εδάφους, όπως για παράδειγμα ένα τεχνητό δοκίμιο, οπότε μπορούν να περιγραφούν τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Ο άλλος τρόπος βασίζεται σε μια παχιά διαστρωμάτωση, στρώση, ή απόθεση οπότε μπορούν να εκτιμηθούν τα χαρακτηριστικά της μάζας. Ο πρώτος τρόπος θα μπορούσε να απεικονίζει την κατηγορία και τις βασικές ιδιότητες των υλικών του εδάφους, όπως διαπερατότητα, συμπιεστότητα και διατμητική αντοχή, ενώ ο δεύτερος να δείξει τη μεταβολή αυτών των ιδιοτήτων μέσα σε ένα συγκεκριμένο στρώμα ή με το βάθος (σε μια γεώτρηση) ή σε κάτοψη ή τομή (σε εκσκαφή).

Περιγράφοντας έτσι το έδαφος το κατατάσσουμε σε κατηγορίες ανάλογα με τις δοκιμές που έχουμε κάνει και τα αποτελέσματά τους.

Υπάρχουν διαθέσιμες πολλές εργαστηριακές δοκιμές για την κατάταξη των εδαφών. Οι κυριότερες έχουν σχέση με τη φύση των κόκκων και το νερό που βρίσκεται στο έδαφος. Οι δοκιμές αυτές παρουσιάζονται και αναλύονται σε παρακάτω κεφάλαιο. Επιγραμματικά είναι οι εξής:

- Προσδιορισμός Φυσικής Υγρασίας
- Προσδιορισμός Ειδικού Βάρους των Στερεών του εδάφους
- Κοκκομετρική Ανάλυση
- Όρια Atterberg
- Πορώδες – Δείκτης πόρων
- Μέθοδος Proctor
- Μέθοδος Κώνου και Άμμου
- Άμεση Διάτμηση

- Ανεμπόδιστη θλίψη
- Διαπερατότητα
- Μονοδιάστατη Στερεοποίηση
- Βελτιστοποίηση – Σταθεροποίηση εδαφών/ Δοκιμή CBR.

Εφόσον έχουν γίνει κατανοητά τα παραπάνω και γνωρίζουμε τους ορισμούς διαφόρων εδαφών θα πρέπει να αναφερθούμε στην αναγκαιότητα ύπαρξης ενός εργαστηρίου εδαφομηχανικής σε τεχνικά έργα.

Η Εδαφομηχανική υποδιαιρείται όπως είδαμε σε θεωρητική και σε εφαρμοσμένη ή πειραματική. Ένα εργαστήριο ενός εργοταξίου σε κάποιο τεχνικό έργο χρησιμοποιεί την πειραματική για την σωστή λειτουργία αυτού του έργου.

Το έδαφος χρησιμοποιείται σε έργα ως κατασκευαστικό υλικό, σε οδοστρώματα, σε επιχώματα, φράγματα, και διάφορα άλλα. Όλα τα έργα έχουν σαν θεμέλιο τους το έδαφος το οποίο σημαίνει ότι η μελέτη των θεμελιώσεων και η ευστάθεια των κατασκευών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους και της αντιδράσεις του στα επιβαλλόμενα φορτία. Τα χαρακτηριστικά αυτά εξετάζονται και ερμηνεύονται από την επιστήμη της Εδαφομηχανικής και αναλύονται από τα αντίστοιχα εργαστήρια.

Κάθε έδαφος αποτελεί ιδιαίτερο υλικό και πρέπει να μελετάται πειραματικώς, αυτό είναι εξάλλου και το κύριο αντικείμενο της εφαρμοσμένης εδαφομηχανικής. Σε κάθε περίπτωση εφαρμογής του υλικού του εδάφους παράσταται ένα πρότυπο υλικό ώστε να διαπιστωθούν τα χαρακτηριστικά του και η συμπεριφορά του. Έτσι υπολογίζονται οι εκάστοτε αριθμητικοί συντελεστές, οι οποίοι θα καλύπτουν την συμπεριφορά του σε κάθε περίπτωση και στη συνέχεια γίνονται υπολογισμοί για την ελαστικότητα του εδάφους.

Ο εργαστηριακός επί τόπου προσδιορισμός των διαφόρων συντελεστών του εδάφους, απαιτεί ερευνητική εργασία εκτελούμενη από εξειδικευμένο

προσωπικό ικανό να εκτιμήσει τις φυσικές και τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους.

Αυτό επιτυγχάνεται με παρατήρηση της συμπεριφοράς του εδάφους, με το να συγκεντρώνονται πληροφορίες και βεβαίως με το να εκτελούνται επί τόπου εργαστηριακές δοκιμές. Η οργάνωση της έρευνας του εδάφους με τον τρόπο που μόλις περιγράψαμε έχει ως αποτέλεσμα την εκτέλεση των απαραίτητων εργοταξιακών και εργαστηριακών εργασιών.

Έχει μεγάλη σημασία και βοηθάει στην κατανόηση διαφόρων παραγόντων που αφορούν μια κατασκευή και το έδαφος στο οποίο θα γίνει αυτή. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε κάποιους στόχους που προσπαθεί να πετύχει η έρευνα αυτή.

Αρχικά να γίνει κατανοητό το αν μια γαιώδης κατασκευή περιλαμβάνει ποικιλία εδαφικών ειδών, καθένα από τα οποία εκπληρώνει διαφορετική λειτουργία. Στη συνέχεια πρέπει να γίνουν κατανοητοί οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή ενός υλικού επίχωσης και την επιλογή των κριτηρίων που βασίζονται σε εργαστηριακές δοκιμές, όπως επίσης και οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιτόπου συμπύκνωση των εδαφών και δυνατότητα ερμηνείας των αποτελεσμάτων των εργαστηριακών δοκιμών συμπύκνωσης.

Τα εδάφη των διαφόρων περιοχών θα πρέπει να μελετούνται και να γίνεται ταξινόμηση των αποτελεσμάτων των εξετάσεων, χωρίς όμως τα αποτελέσματα αυτά να έχουν γενικό χαρακτήρα, διότι αυτά δεν ισχύουν, παρά μόνο για τα συγκεκριμένα εδάφη κάθε φορά. Έτσι μπορεί να γίνει αντιληπτό το γιατί είναι τόσο σημαντικό και αναγκαίο ένα εργαστήριο εδαφομηχανικής σε οποιοδήποτε τεχνικό έργο.

Η σωστή λειτουργία ενός εργοταξίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι ένα καλά οργανωμένο και συγκροτημένο εργαστήριο εδαφομηχανικής το οποίο θα παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζονται για την συνέχιση του έργου στο έδαφος με ασφάλεια.

Παλαιότερα οι μελέτες των έργων και ο έλεγχός τους βασιζόντουσαν στην προσωπική πείρα του μηχανικού. Κατά τα τελευταία έτη τα εργαστήρια εδαφομηχανικής αναπτύχθηκαν αλματωδώς και οι λόγοι είναι οι πολλές απαιτήσεις των έργων και η ανάγκη παροχής στοιχείων και πληροφοριών στους κατασκευαστές και στους μελετητές. Σκοπός των εργαστηρίων, εκτός της ασφάλειας, είναι και μια πιο οικονομική λύση αν αυτό είναι εφικτό.

Η εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών ,στα εργαστήρια και στις επί τόπου δοκιμές, γίνεται με διάφορες μεθόδους. Σε παρακάτω κεφάλαιο αναφέρονται τα ειδικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται, οι εργαστηριακές συσκευές και όργανα.

Πρώτα όμως θα ασχοληθούμε με την συγκρότηση εργαστηρίων εδαφομηχανικής στη χώρα μας ώστε να έχουμε μια πλήρη εικόνα για το τι λειτουργεί και το που. Θα γίνει αναφορά δηλαδή των εργοταξίων, εταιρειών, εκπαιδευτικών σχολών τα οποία χρησιμοποιούν τα εργαστήρια εδαφομηχανικής.

1.3. Μεγέθη – Τυπολόγιο εδαφομηχανικής :

1.3.1. Κατάλογος συμβόλων

| | | | |
|--------------|--|--------------|----------------------------------|
| Q: | Παροχή σταθερής ροής | Iz: | Συντελ. επιρροής της επιμήκυνσης |
| q: | Ρυθμός ροής | i: | Υδραυλική κλίση |
| t: | Χρόνος | ic: | Υδραυλική κλίση εξόδου |
| V: | Όγκος | k: | Συντελεστής διαπερατότητας |
| Va: | Όγκος αέρα | K: | Απόλυτη ή ειδική διαπερατότητα: |
| Vo: | Αρχικός όγκος | LL: | Όριο υδαρότητας |
| Vs: | Όγκος στερεών | LI: | Δείκτης υδαρότητας |
| Vv: | Όγκος κενών | M: | Ροπή |
| Vw: | Όγκος νερού | m: | Μάζα |
| v: | Ταχύτητα | m: | Συντελεστής ευστάθειας πρανούς |
| w: | Περιεκτικότητα σε νερό ή ποσοστό υγρασίας | N: | Ορθή ολική δύναμη |
| W: | Βάρος | n: | Πορώδες |
| Wt: | Ολικό βάρος | n: | Συντελεστής ευστάθειας πρανούς |
| Ww: | Βάρος νερού | PL: | Όριο πλαστικότητας |
| z: | Βάθος | PI: | Δείκτης πλαστικότητας |
| Za: | Ύψος επάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα | P: | Δύναμη |
| Zc: | Κρίσιμο βάθος | p: | Πίεση |
| α : | Γωνία | γ_d : | Ξηρό ειδικό βάρος |
| β : | Συντελεστής επιφανειακής τριβής | ν : | Λόγος Poisson |
| γ : | Ειδικό βάρος | ρ : | Πυκνότητα μάζας |
| γ_b : | Φαινόμενο ειδικό βάρος | σ : | Ολική τάση |
| G: | Μέτρο διάτμησης | σ' : | Ενεργός τάση |
| g : | Επιτάχυνση της βαρύτητας (9.81m/sec ²) | τ : | Διατμητική τάση |
| H: | Ύψος, πάχος, οριζόντια δύναμη | φ : | Γωνία τριβής |
| Hc: | Σταθερό υδραυλικό ύψος επάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα | J: | Δύναμη διήθησης |
| Ho: | Αρχικό υδραυλικό ύψος επάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα | Ip: | Δείκτης πλαστικότητας |
| Ht: | Υδραυλικό ύψος σε χρόνο t | I: | Τιμή ή συντελεστής επιρροής |
| h: | Διαφορά υδραυλικού ύψους | Ic: | Δείκτης συμπίεστότητας |

1.3.2. Μεγέθη που χαρακτηρίζουν τη σύσταση του εδάφους

| Μεγέθη | Γενικές Συνθήκες | Συνθήκες κορεσμού |
|---|---|--|
| Όγκος ολικός | $V = V_s + V_w + V_a$ | $V = V_s + V_w$ |
| Όγκος κενών | $V_v = V_w + V_a = V - V_s = V_w / S_r$ | $V_v = V_w$ |
| Δείκτης πόρων | $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1-n} = \frac{g_s}{g_l} - 1 = \frac{g_s(1+w)}{g}$ | $e = \frac{V_w}{V_s} = \frac{g_s}{g_w} \cdot w$ |
| Πορώδες | $n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1+e} = 1 - \frac{g_l}{g_s}$ | $n = \frac{V_w}{V} = \frac{g_s}{g_w} \cdot w$ |
| Βαθμός κορεσμού | $S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{g_s \cdot w}{g_w \cdot e}$ | $S_r = 1$ |
| Βάρος ολικό | $P = P_s + P_w (P_a \approx 0)$ | $(P_s = \text{βάρος στερεών συστατικών})$ |
| Περιεκτικότητα σε νερό | $w = \frac{P_w}{P} = S_r \cdot e \frac{g_w}{g_s}$ | $w = e \frac{g_w}{g_s}$ |
| Φαινόμενο βάρος | $\gamma = \frac{P}{V} = \gamma_d (1+w) = \frac{S_r g_w g_s (1+w)}{S_r g_w + g_s w}$ | $\gamma = \gamma_{sat} = \frac{w+1}{(1+e)g_w}$ |
| Φαινόμενο βάρος στερεών συστατικών | $\gamma_s = \frac{P_s}{V_s} \div 2,70 \text{ gr/cm}^3$ | $(\text{για } \gamma_w \approx 1,00 \text{ gr/cm}^3)$ |
| Ξηρό φαινόμενο βάρος | $\gamma_d = \frac{P_s}{V} = (1-n) \gamma_s = \frac{g_s}{1+e} = \frac{g}{1+w}$ | $(\gamma_d < \gamma < \gamma_{sat})$ |
| Φαινόμενο βάρος κορεσμένου εδάφους | | $\gamma_{sat} = \gamma_d + n \gamma_w = \gamma = \frac{g_s + g_w \cdot e}{1+e}$ |
| Φαινόμενο βάρος κορεσμένου εδάφους (με άνωση) | | $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \gamma_d - (1-n) \gamma_w = \frac{g_s - g_w}{1+e} = \gamma_d (1 - \frac{g_w}{g_s}) \approx 0,60 \gamma_d$ |

1.3.3. Τυπολόγιο φυσικών εδαφικών μεγεθών

| Μεγέθη | Συμβολισμοί | Ορισμοί | Διαστάσεις | Κορεσμένο Έδαφος W_s | Μη κορεσμένο Έδαφος w | n | e | γ | |
|-------------------------------------|-------------|---|------------|--|--|--|---|--|---|
| Περιεκτικότητα σε νερό | w | $\frac{P_w}{P_s} = \frac{V_w g_w}{P_s}$ | 1 | — | — | $w = \frac{(n - n_a)g_w}{(1 - n)g_s}$ | $w = \frac{e - n_a(1 + e)}{g_s} \gamma_w$ | $W = \frac{g - g_d}{g_d}$ | — |
| Περιεκτικότητα σε νερό κορ. εδάφους | W_s | $\frac{(V_w + V_a)g_s}{P_s}$ | 1 | — | — | $W_s = \frac{n g_w}{(1 - n)g_s}$ | $W_s = \frac{e g_w}{g_s}$ | $W_s = \frac{(1 + w)g_w}{g} - \frac{g_w}{g_s}$ | $W_s = \frac{g_w}{g_d} - \frac{g_w}{g_s}$ |
| Πορώδες | n | $\frac{V_v}{V}$ | 1 | $n = \frac{w_s g_s}{w_s g_s + g_w}$ | $n = \frac{w g_s + n_a g_w}{w g_s + g_w}$ | $n = n_w + n_a$ | $n = \frac{e}{1 + e}$ | $n = 1 - \frac{g}{(1 + w)g_s}$ | $n = \frac{g_s - g_d}{g_s}$ |
| Δείκτης πόρων | e | $\frac{V_v}{V_s}$ | 1 | $e = \frac{w_s g_s}{g_w}$ | $e = \frac{w g_s + n_a g_w}{(1 - n_a)g_w}$ | $e = \frac{n}{(1 - n)}$ | — | $e = \frac{g_s(1 + w)}{g}$ | $e = \frac{g_s - g_d}{g_d}$ |
| Φαινόμενο Βάρους εδάφους | γ | $\frac{P}{V} = \frac{P_s + P_w}{V_s + V_w + V_a}$ | t/m^3 | $\gamma = \frac{(1 + w_s)g_s}{w_s g_s + g_w} \gamma_w$ | $\gamma = \frac{(1 - n_a)(1 + w)}{w g_s + g_w} \gamma_w$ | $\gamma = (1 - n) \gamma_s + n_w \gamma_w = (1 - n)(1 + w) \gamma_s$ | — | — | $\gamma = \gamma_d (1 + w)$ |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------------------------|---------|--|---|-----------------------------|------------------------------|--|---------------------------|
| Φαιν. Βάρος ξηρ. εδάφους | γ_d | $\frac{P_s}{V_s + V_w + V_v}$ | t/m^3 | $\gamma_d = \frac{g_s g_w}{w_s g_s + g_w}$ | $\gamma_d = \frac{(1-n)g_s}{ng_s + g_w} \gamma$ | $\gamma_d = (1-n) \gamma_s$ | $\gamma_d = \frac{g_s}{1+e}$ | $\gamma_d = \frac{g}{1+w}$ | — |
| Πορώδες αέρα | n_a | $\frac{V_a}{V}$ | 1 | $n_a = 0$ | — | — | — | $n_a = \frac{(w g_s + g_s)}{(1+w)g_s} 1 - \frac{w g_l}{g_s}$ | $n_a = \frac{w g_l}{g_s}$ |
| Πορώδες νερού | n | $\frac{V_w}{V}$ | 1 | $n_w = n$ | $n_w = w \frac{g_l}{g_w}$ | — | $n_w = \frac{w g_s}{g_w}$ | $n_w = \frac{g_w}{(1+w)g_s}$ | $n_w = \frac{w g_l}{g_w}$ |
| Βαθμός κορεσμού | S_r | $\frac{W}{W_s}$ | 1 | $S_r = 1$ | $S_r = \frac{w g_s (1-n)}{n g_w}$ | $S_r = \frac{n_w}{n}$ | — | — | — |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο
ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ
ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΣΤΗ ΧΩΡΑ ΜΑΣ.

2.1 Γενικά

Το εργαστηριακό μέρος της εδαφομηχανικής βρίσκει εφαρμογή σε χώρους ειδικά διαμορφωμένους, που διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό για την πραγματοποίηση εργαστηριακών δοκιμών και εργασιών υπαίθρου. Οι χώροι αυτοί αναπτύσσονται κυρίως:

1. στον **δημόσιο τομέα,**
2. στον **τομέα εκπαίδευσης και έρευνας,**
3. στον **ιδιωτικό τομέα.**

Στην πρώτη κατηγορία, συναντάται το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας Δημόσιων Έργων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.), όπου εκεί έχει δημιουργηθεί το δίκτυο εργαστηρίων της Ελληνικής Ένωσης Εργαστηρίων Hellas Lab. Περιλαμβάνει το Κεντρικό Εργαστήριο Δημόσιων Έργων (Κ.Ε.Δ.Ε.) και Περιφερειακό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων (Π.Ε.Δ.Ε.), το οποίο μπορεί να είναι κάθε περιφερειακό εργαστήριο, όπως, για παράδειγμα, το Περιφερειακό Εργαστήριο Θεσσαλίας στο Βόλο.

Το Κ.Ε.Δ.Ε. ιδρύθηκε το 1997 με την προϋπόθεση ότι θα προωθήσει τις υπηρεσίες μετρήσεων, ελέγχων και βαθμονόμησης στην Ελλάδα. Ακόμη, ελέγχεται η ποιότητα όλων των εργαστηριακών δοκιμών κατά την ενσωμάτωση στα εκτελούμενα δημόσια έργα, πρωτίστως, και κατόπιν και στα ιδιωτικά. Η αποστολή της Ένωσης είναι να προωθήσει τη θεσμική θωράκιση και την ανταγωνιστικότητα των εργαστηρίων, η οποία θα διευκολύνει την τεχνολογική συνεργασία και το εμπόριο στην Ελλάδα.

Ταυτόχρονα, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. (Δ.Ε.Η.) έχει αναπτύξει Τομέα Εργαστηριακών Δοκιμών και Δομικών Έργων και πιο

συγκεκριμένα στον κλάδο της εδαφομηχανικής. Έτσι, πραγματοποιούνται εργαστηριακές δοκιμές εδαφόμαζας, πριν από κάθε διεκπεραίωση οποιουδήποτε έργου που έχει αναλάβει η Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.

Στη δεύτερη κατηγορία, στον τομέα εκπαίδευσης, έχουν δημιουργηθεί εργαστήρια εδαφομηχανικής κατάλληλα εξοπλισμένα που έχουν σαν στόχο να βοηθήσουν τους φοιτητές να κατανοήσουν καλύτερα τις εργαστηριακές δοκιμές. Κατά την αποφοίτησή τους και έχοντας παρακολουθήσει βήμα-βήμα την πραγματοποίηση των εργαστηριακών ασκήσεων, είναι σε θέση, με τις γνώσεις που έχουν αποκομίσει, να διεκπεραιώσουν τα επαγγελματικά τους καθήκοντα στο αντίστοιχο εργασιακό περιβάλλον.

Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί ότι σε κάποιους από τους χώρους εκμάθησης των εργαστηριακών δοκιμών γίνονται και σχετικές έρευνες γενικότερα στο αντικείμενο της γεωτεχνικής. Έτσι, λοιπόν, στην Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου Ζωγράφου (Ε.Μ.Π.) στην Αθήνα, και πιο συγκεκριμένα στον Τομέα της Γεωτεχνικής, έχει δημιουργηθεί ένα πρότυπο εργαστήριο γεωτεχνικής. Σαν στόχο έχει: α) την ανάπτυξη ερευνητικών δραστηριοτήτων, β) την ακαδημαϊκή συνεργασία με ερευνητικά κέντρα και πανεπιστημιακά ιδρύματα της Ελλάδος και του εξωτερικού, γ) την παροχή υπηρεσιών σε δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς και δ) τη διάγνωση επιστημονικών διαλέξεων.

Στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών στο Βόλο έχει δημιουργήσει εργαστήριο γεωτεχνικής μηχανικής, όπου εκτελούνται και πρότυπες εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής. Αξιοποιούνται, μάλιστα, στη διδασκαλία, στην έρευνα καθώς και στην εκπόνηση διπλωματικών εργασιών των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών του τμήματος αυτού.

Επίσης, στο Πανεπιστήμιο Πατρών στο Ρίο, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, το εργαστήριο διαθέτει, εκτός από τον απαραίτητο εξοπλισμό

υποδομής, συμβατικό και εξειδικευμένο εξοπλισμό. Ο συμβατικός εφαρμόζεται στον κλάδο της εδαφομηχανικής, ενώ ο εξειδικευμένος για να καλύπτει μετρήσεις στα αντικείμενα της δυναμικής του εδάφους. Τέλος, γίνονται δραστηριότητες διδακτικού και ερευνητικού περιεχομένου με σκοπό να εξυπηρετήσουν στο πεδίο της γεωτεχνικής.

Στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών υπάρχει εργαστήριο εδαφομηχανικής και θεμελιώσεων, ενώ και στο Πανεπιστήμιο Θράκης στην Ξάνθη, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών διεκπεραιώνονται εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής και θεμελιώσεων.

Ταυτόχρονα, στα Α.Τ.Ε.Ι. της χώρας, σε πολλούς τεχνολογικούς κλάδους, έχουν δημιουργηθεί εργαστηριακοί χώροι μελέτης του εδάφους. Κυρίως βρίσκουν εφαρμογή σε τεχνολογικές σχολές, όπως στα Τμήματα Πολιτικών, Δομικών Έργων Υποδομής καθώς και σε Σχολές Μηχανικής Γεωτεχνολογίας.

Σε ένα από τα Τ.Ε.Ι. της Δυτικής Μακεδονίας, στη Κοζάνη, του Τμήματος Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος, λειτουργούν εργαστήρια -ένα από αυτά είναι και το εργαστήριο γεωτεχνικής- τα οποία, πέρα από την κάλυψη των εκπαιδευτικών αναγκών, έχουν τη δυνατότητα παροχής σχετικών υπηρεσιών.

Επίσης, στο Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής στο Τ.Ε.Ι. Λάρισας γίνονται στο εργαστήριο εδαφομηχανικής, στο τρίτο εξάμηνο σπουδών, δοκιμές ταξινόμησης, μέτρησης πυκνότητας, συμπύκνωσης και διαπερατότητας των εδαφών, καθίζησης του εδάφους, δοκιμή στερεοποίησης, μηχανική συμπεριφορά του εδάφους, δοκιμές απευθείας διάτμησης, ανεμπόδιστης και τριαξονικής θλίψης. Επίσης, γίνονται και επιτόπου δοκιμές προσδιορισμού της διαπερατότητας και των παραμέτρων αντοχής και παραμόρφωσης του εδάφους.

Επιπλέον, στο Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής στο Τ.Ε.Ι. Αθήνας, καθώς και στο αντίστοιχο τμήμα στη Θεσσαλονίκη, στο εργαστήριο εδαφομηχανικής, το οποίο προσφέρεται στο τρίτο εξάμηνο φοίτησης, οι

σπουδαστές αναλύουν και ταξινομούν το έδαφος, ενώ γίνεται και κατάταξη των φυσικών ιδιοτήτων του. Γενικότερα, οι φοιτητές έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν οποιοδήποτε πρόβλημα εδαφομηχανικής.

Επιπροσθέτως, στο Τ.Ε.Ι. της Πάτρας του Τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής, ο σκοπός του εργαστηρίου είναι να περιγράψει τις δοκιμές βάσει προδιαγραφών και να φέρει σε επαφή τους φοιτητές με τις συσκευές και τα μηχανήματα και την εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους καθώς και τη μελέτη των συμπερασμάτων που λαμβάνονται από τις εργαστηριακές δοκιμές. Το εργαστηριακό μέρος του μαθήματος της εδαφομηχανικής γίνεται στο τρίτο και τέταρτο εξάμηνο σπουδών.

Τέλος, στο Τ.Ε.Ι. των Σερρών του Τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων, στο τρίτου εξάμηνο φοίτησης, γίνονται εργαστηριακές δοκιμές και δοκιμές πεδίου στο μάθημα εδαφομηχανικής.

Παραπέρα, στον ιδιωτικό τομέα, έχουν δημιουργηθεί εταιρίες αναγνωρισμένες από το κράτος, οι οποίες προσφέρουν υπηρεσίες που έχουν να κάνουν με εργαστηριακές δοκιμές σε οποιοδήποτε τεχνικό έργο, όπως για παράδειγμα στον κλάδο της οδοποιίας του σκυροδέματος της εδαφομηχανικής κ.α. Ακολουθούν παραδειγματικά μερικές εταιρίες πληροφορίες των οποίων συλλέχθηκαν μέσω διαδικτύου.

Οι εταιρίες «Γεωδομή», που εδράζεται στην Θεσσαλονίκη, και «Γεωδομική», που η έδρα της είναι στην Αθήνα, πραγματοποιούν στους κατάλληλα διαμορφωμένους και εξοπλισμένους χώρους τους, εντός και εκτός εργαστηρίου, δοκιμές εδαφομηχανικής – βραχομηχανικής, των οποίων τα αποτελέσματα που λαμβάνονται ερευνώνται και μελετώνται.

Μία ακόμη εταιρία με την επωνυμία «Γενική Μελετών-*Istria EΠΕ & ΣΙΑ Ε.Ε.*» που η έδρα της είναι στην Αθήνα, εκτελεί δοκιμές με σύμφωνη απόφαση του Υπουργείου ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., καθώς είναι διαπιστευμένη από το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (Ε.ΣΥΔ)/110.

Επίσης, η εταιρία «*Εργοανάλυση*» στην Κρήτη εκτελεί όλες της φάσεις ελέγχου από την αίτηση και τη δειγματοληψία μέχρι και την εκτέλεση δοκιμής – έκδοσης αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, λειτουργεί αναγνωρισμένο εργαστήριο στην Καλλιθέα, στην Αθήνα, με την επωνυμία «*Αριστείδης Μπαρούνης και Συνεργάτες Ε.Ε.*» του τμήματος Γεωφυσικής με δραστηριότητες όπως:

- Ανεμπόδιστη θλίψη
- Τριαξονική
- Στερεοποίηση
- Δοκιμές κατάταξης εδαφών
- Δοκιμές CBR
- Δοκιμές διαπερατότητας
- Σημειακή φόρτιση
- Δοκιμές αδρανών υλικών
- Δοκιμές Proctor
- Προσδιορισμός οργάνων

Ακόμη αναφέρονται οι παρακάτω εταιρίες «*Γεωδόμηση Ε.Π.Ε.*», «*Ergotest Α.Ε.*», «*Εδαφομηχανική Ε.Π.Ε.*», «*Σ. Ασπρούδας & Συνεργάτες Ε.Ε.*» και «*Εδρασή-Χ. Ψαλλίδα Α.Τ.Ε.*» που η έδρα τους είναι στην Αθήνα.

Τέλος όλες οι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρίες Ελληνικές και μη, διατηρούν στους εργοταξιακούς τους χώρους αντίστοιχα εργαστήρια εδαφομηχανικής.

2.2 Προγράμματα Software για επεξεργασία μετρήσεων δοκιμών.

2.2.1. Πρόγραμμα Soilslab.

Στην ελεύθερη αγορά διατίθενται αρκετά προγράμματα επεξεργασίας μετρήσεων δοκιμών εδαφομηχανικής. Παράδειγμα αναφέρουμε το πρόγραμμα Soilslab έχει στόχο την πλήρη αυτοματοποίηση της καταγραφής και επεξεργασίας μετρήσεων εργαστηρίων εδαφομηχανικής. Το πρόγραμμα είναι δομημένο σε ενότητες, ώστε να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση τόσο του συνόλου τους όσο και μέρους από αυτές (π.χ. επεξεργασία κάποιας δοκιμής) οι οποίες εισάγονται με το πληκτρολόγιο στον υπολογιστή.

Το πρόγραμμα, στην πλήρη έκδοση του, κάνει αυτόματη καταγραφή και αυτόματη επεξεργασία μετρήσεων δοκιμών εδαφομηχανικής, οι οποίες εκτελούνται σε συσκευές εφοδιασμένες με ηλεκτρονικούς αισθητήρες (transducers) συνδεδεμένους με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το πρόγραμμα επεξεργάζεται, επίσης, μετρήσεις δοκιμών εδαφομηχανικής, οι οποίες λαμβάνονται ανεξάρτητα από το πρόγραμμα και εισέρχονται με το πληκτρολόγιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ.

3.1. Γενικά

3.1.1. Δειγματοληψία.

Ονομάζεται η συλλογή υπεδαφικών δειγμάτων μικρής ποσότητας σε συγκεκριμένη περιοχή, η οποία εκτελείται με την εφαρμογή κανόνων της τεχνικής και τη χρήση κατάλληλων συσκευών. Κάνοντας μία δειγματολογική λήψη, μπορούμε να καθορίσουμε τη δομή και τη γεωλογική τομή του υπεδάφους. Με τις κατάλληλες εργαστηριακές δοκιμές μπορούμε να προσδιορίσουμε τις φυσικές και τις μηχανικές ιδιότητες των εδαφικών στρώσεων από όπου προέρχεται το δείγμα.

Ένα εδαφικό δείγμα μπορεί, ανάλογα με την τεχνική λήψης και τον δειγματολήπτη που θα αξιοποιηθεί, να ληφθεί ως αδιατάρακτο είτε ως διαταραγμένο, δηλαδή:

3.1.2. Αδιατάρακτο δείγμα.

Λέγεται εκείνο του οποίου ο εδαφικός ιστός κατά τη διάρκεια της λήψης του δεν διαταράσσεται σημαντικά. Έτσι, το δείγμα αυτό είναι κατάλληλο για τον προσδιορισμό των φυσικών και των μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών στρώσεων του δείγματος.

3.1.3. Διαταραγμένο.

Ονομάζεται το δείγμα εκείνο του οποίου ο εδαφικός του ιστός έχει υποστεί ουσιαστική διατάραξη. Σε αντίθεση με το αδιατάρακτο δείγμα, αυτό θεωρείται ακατάλληλο για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών

του εδάφους, είναι, όμως, κατάλληλο για να προσδιορίσουμε τις φυσικές του ιδιότητες.

Πρέπει να σημειωθεί πως η γεωλογική φύση, η δομή του εδάφους και ο σκοπός για τον οποίο πραγματοποιείται η δειγματοληψία παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λήψη ενός δείγματος, όπως επίσης και ο τύπος του δειγματολήπτου που θα χρησιμοποιηθεί. Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι είναι δύσκολη και πολλές φορές αδύνατη η λήψη αδιατάρακτου δείγματος και αυτό συμβαίνει γιατί βασικό ρόλο παίζει η γεωλογική σύσταση και η δομή του εδάφους, σε αντίθεση με τη λήψη διαταραγμένου δείγματος, όπου είναι εύκολη και μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους λήψης δείγματος.

Η απλούστερη γεωτεχνική δειγματοληψία γίνεται ίσως με την εκσκαφή ενός φρέατος και τη λήψη εδαφικών δειγμάτων από τις παρειές ή τον πυθμένα του. Η μέθοδος διερεύνησης του εδάφους με ερευνητικά φρέατα επιτρέπει ταυτόχρονα και τη μακροσκοπική παρατήρηση της στρωματογραφίας (εδαφικό προφίλ), της κλίσης των εδαφικών στρώσεων και ποικίλες λεπτομέρειες που δεν είναι εύκολο να αποκαλυφθούν με άλλες μεθόδους. Τα κυριότερα μειονεκτήματα των ερευνητικών φρεάτων είναι το μικρό βάθος τους (που με χρήση συνήθων εκσκαπτικών μηχανημάτων δεν υπερβαίνει τα πέντε περίπου μέτρα) και η δυσκολία εκσκαφής κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα (εκτός από τον κίνδυνο κατάπτωσης των παρειών, η παρατήρηση είναι αδύνατη και η δειγματοληψία δυσχερής).

3.1.4. Γεώτρηση.

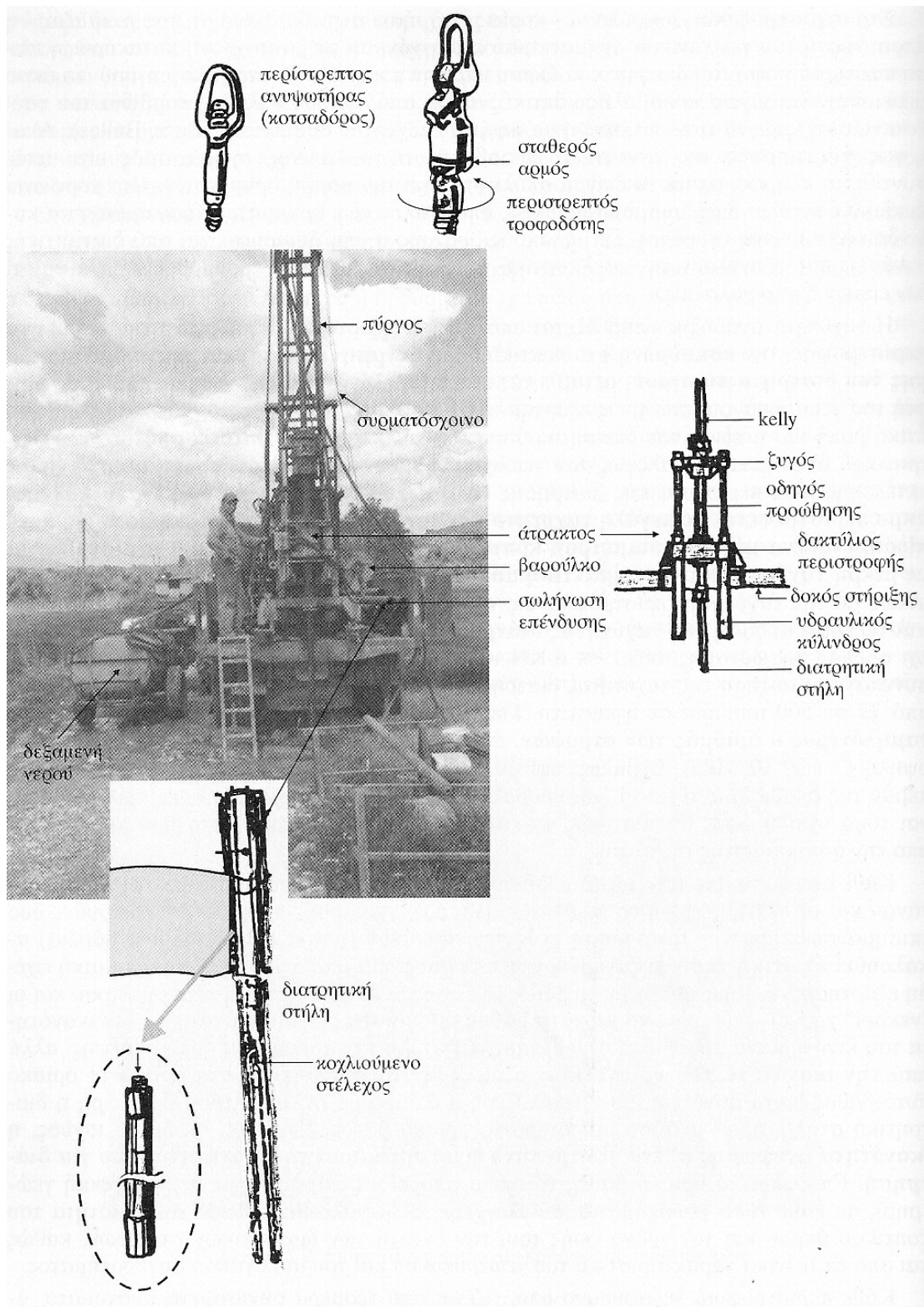
Ορίζεται κάθε κυκλικής διατομής οπή, κατακόρυφη ή υπό κλίση, διαμέτρου πολύ μικρής σε σχέση με το μήκος της, η οποία διαπερνά το γήινο φλοιό, με χρήση ειδικής συσκευής του γεωτρύπανου και κατάλληλου εξοπλισμού του.

Οι γεωτρήσεις διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τη χρήση τους:

α) **Γεωτρήσεις εκμετάλλευσης ή παραγωγής**, που ενδιαφέρουν κυρίως τον μηχανικό μεταλλίων, και πραγματοποιούνται για την εκμετάλλευση και παραγωγή ενός κοιτάσματος, χωρίς την απαίτηση δειγματοληπτικής διαδικασίας. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται και *καταστροφική*, διότι γίνεται ουσιαστικά συλλογή θρυμμάτων, τα οποία εμφανίζουν μόνο ποιοτικά τους γεωλογικούς σχηματισμούς.

β) **Γεωτρήσεις διασκόπησης**, όπου χρησιμεύουν κυρίως για τη λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων και διατηρούν τη δομή και τη σύσταση του γεωλογικού σχηματισμού. Πρέπει να επισημάνουμε, όμως, ότι η έννοια «αδιατάρακτο δείγμα» είναι σχετική, καθώς κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λήψης δείγματος σε γεώτρηση (διάτρηση, δειγματοληψία, μόρφωση δοκιμίου, εργαστηριακή δοκιμή) παρατηρούνται αλλοιώσεις του αρχικού πεδίου τάσεων που δρουν επί του εδάφους.

Προκειμένου να γίνει ο γεωτεχνικός σχεδιασμός ενός έργου (όπως η μελέτη - διαστασιολόγηση των θεμελιώσεων, ο σχεδιασμός τοίχων αντιστήριξης, υπολογισμού των μέτρων υποστήριξης σιράγγων κ.α.) απαιτείται μία εκτενής γεωτεχνική έρευνα. Η έρευνα αυτή απαιτεί ανάλογα με την φύση του έργου, γεωλογική χαρτογράφηση, επιτόπου αναγνώριση ειδικών γεωτεχνικών συνθηκών, αλλά κυρίως την διαδικασία της δειγματοληψίας. Επειδή τα εδαφικά υλικά διαφοροποιούνται έντονα κατά το βάθος, προτιμάται η χρήση των γεωτρύπανων ώστε με την διάτρηση εδαφικών στρωμάτων να είναι δυνατή η προσέγγισή τους.

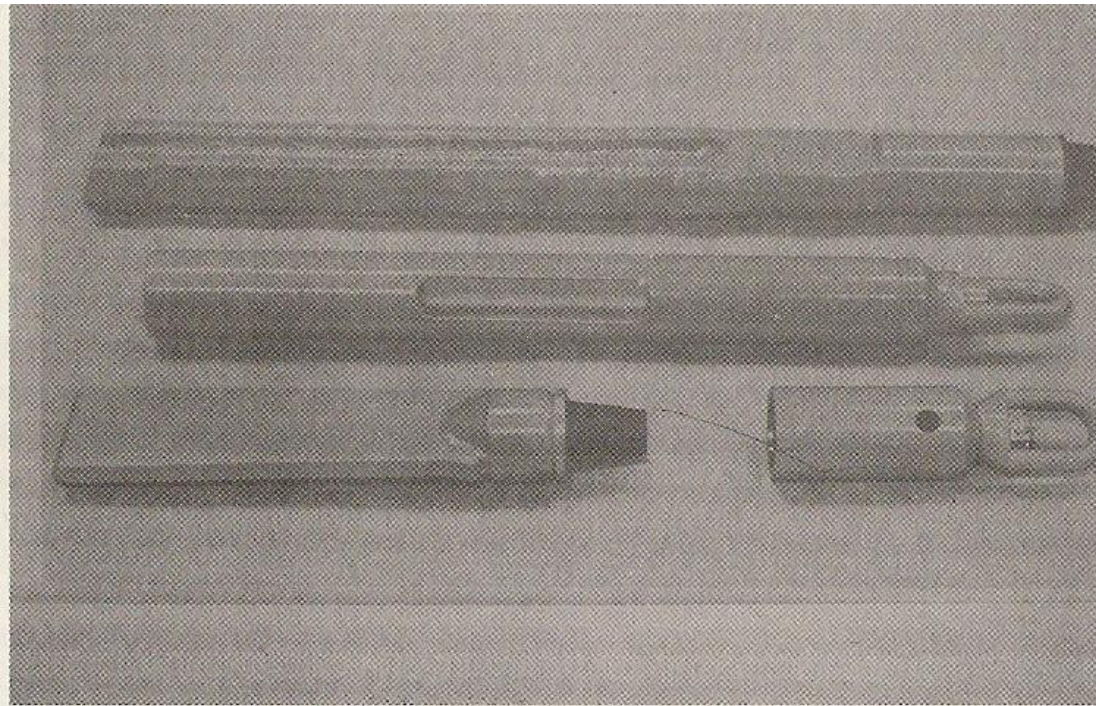


Σχήμα 3.1 Τυπική διάταξη γεωτρύπανου

3.2. Τεχνικές γεώτρησης

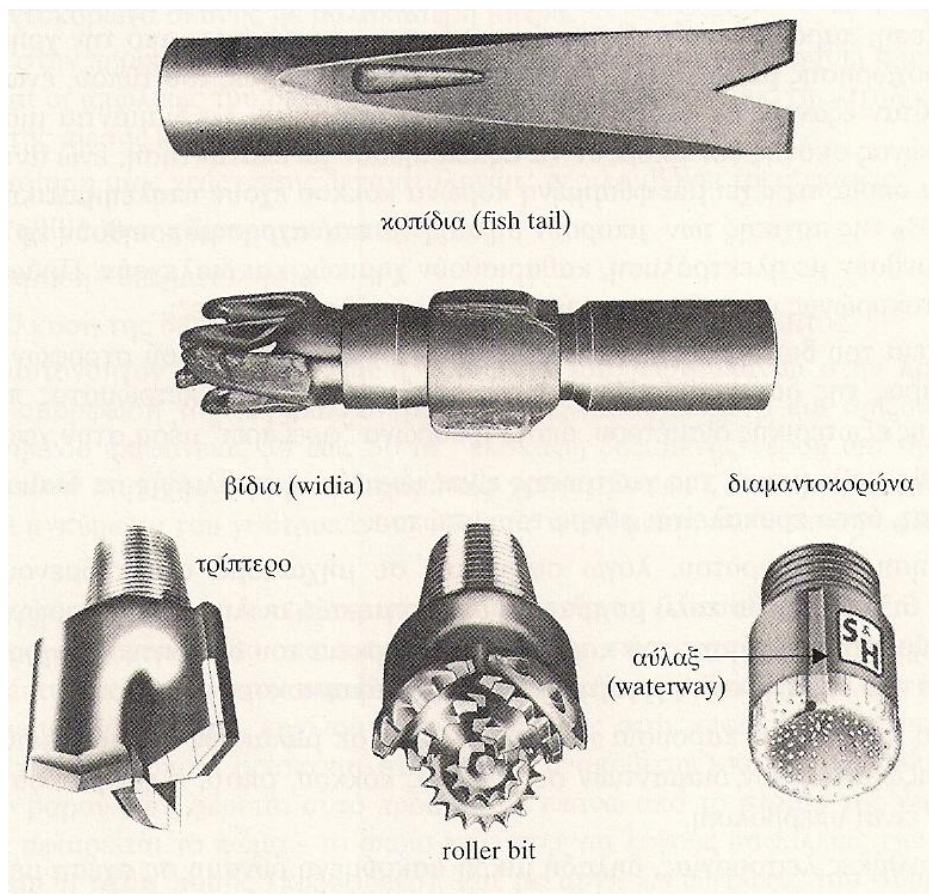
Τα γεωτρήματα που χρησιμοποιούνται στην ανόρυξη μιας γεώτρησης είναι κυρίως μηχανές καύσεως diesel και ανάλογα με τον τρόπο που αποσυνθέτουν διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- α) **κρουστικά** και τα
- β) **περιστροφικά**.



Σχήμα 3.2. Είδη κοπτικών άκρων κρουστικού γεωτρήπανου

3.2.1. Τα **κρουστικά γεωτρήματα** είναι τύπου με άκαμπτη στήλη ή με συρματόσχοινο. Με την μηχανή αυτή πραγματοποιείται με κρούσεις μεγάλης συχνότητας και μικρής διαδρομής και ταυτόχρονης βραδείας περιστροφής της διατρητικής στήλης και του κοπτικού άκρου η διατήρηση της κυκλικότητας της οπής. Εισάγεται με πίεση νερό κατά την καταβίβαση του κοπτικού άκρου και οδηγείται στη βάση της γεώτρησης. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι από μία γεώτρηση που έχει εκτελεστεί με κρουστικό γεωτρήπανο, το μόνο γεωυλικό που μπορεί να ληφθεί είναι μόνο υπό μορφή θρυμμάτων.



Σχήμα 3.3. Τύποι κοπτικού άκρου διατρητικής στήλης περιστροφικού γεωτρύπανου

3.2.2. Τα **περιστροφικά γεωτρύπανα** διακρίνονται σε υποκατηγορίες: τύπου αδαμαντογεωτρύπανου, περιστρεφόμενης μάζας, περιστρεφόμενης τράπεζας, περιστρεφόμενης κεφαλής, στροβιλογεωτρύπανα, ελικοφόρα, ειδικά γεωτρύπανα μεγάλης διαμέτρου κ.ά. Με την ταυτόχρονη κατακόρυφη πίεση και περιστροφή του διατρητικού άκρου, με το διατρητικό υγρό, τις κοπτικές ακμές και την κορώνα, λαμβάνεται εδαφικό δείγμα. Τα εν λόγω δείγματα μπορούν να ληφθούν είτε σε μορφή θρυμμάτων είτε υπό την μορφή κυλινδρικού πυρήνα, κάτι που θα καθοριστεί από τη μορφή της επιφάνειας και τον γεωλογικό σχηματισμό.

Η ταχύτητα ανόρυξης εξαρτάται από τρεις παραμέτρους:

- α) την ταχύτητα περιστροφής,
- β) την ασκούμενη δύναμη στο κοπτικό άκρο και
- γ) τον ρυθμό εισπίεσης του διατρητικού υγρού.

Για να επιτευχθεί σωστή και επιτυχή περιστροφική διάτρηση χρησιμοποιείται το γεωτρύπανο που περιλαμβάνει ένα κοπτικό άκρο (μικρής διαμέτρου) όπου περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και με ελάχιστη ασκούμενη πίεση. Στην περίπτωση που το κοπτικό άκρο είναι βαρύτερο, άρα μεγάλης διαμέτρου, τότε περιστρέφεται με μικρή ταχύτητα και μέγιστη ασκούμενη πίεση. Δηλαδή, με την αύξηση της δύναμης αυξάνεται η ταχύτητα διάτρησης. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι ο χαμηλός αριθμός στροφών δείχνει σκληρό γεωλογικό σχηματισμό.

Παράλληλα, το μέγιστο βάθος διάτρησης εξαρτάται από το μέγεθος της οπής, δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος τόσο μικρότερο οριακό βάθος επιτυγχάνεται. Τέλος, η ικανότητα ανυψώσεως σε ένα γεωτρύπανο είναι η τριπλάσια της ικανότητας διατρήσεως.

Τα εδαφικά δείγματα, ασφαλώς, θα πρέπει να έχουν ικανό μέγεθος, ώστε να εκπροσωπείται επαρκώς ο ιστός και οι όποιες ασυνέχειες. Η ελάχιστη διάμετρος του δείγματος θα πρέπει να είναι πενταπλάσια μέχρι και δεκαπλάσια του μέγιστου εδαφικού σωματιδίου.

Αδιατάρακτα δείγματα λαμβάνονται, κυρίως, σε μαλακά συνεκτικά εδάφη, όπως αργίλους, όπου η συχνότητα δειγματοληψίας κυμαίνεται ανά δύο έως τρία μέτρα, καθώς και σε κάθε αλλαγή εδαφικής στρώσης αργίλου. Η διάμετρος του αδιατάρακτου δείγματος θα είναι περίπου 70mm και το μήκος τουλάχιστον 50cm.

Η λήψη του αδιατάρακτου εδαφικού δείγματος γίνεται με δειγματολήπτες, οι οποίοι, όταν εισαχθούν στην εδαφομάζα και γίνει η λήψη, προκαλούν σημαντικές αλλαγές στο τασικό πεδίο. Για να αποφευχθεί η σοβαρή διαταραχή του εδαφικού ιστού, τότε θα πρέπει το γεωτρύπανο που

χρησιμοποιείται να διαθέτει υδραυλικό σύστημα προσχωρήσεως και μάλιστα με ασκούμενη μέγιστη πίεση της τάξεως των 3 έως 4 τόνων.

Ακόμη, κατά την είσοδο του δείγματος μέσα στον δειγματολήπτη πρέπει να μειωθεί η υπερπίεση που δρα στην επάνω επιφάνεια του δείγματος με προσαρμογή της βαλβίδας εκτόνωσης της υπερπίεσης. Στη συνέχεια, θα πρέπει να ελαττωθεί το πάχος των τοιχωμάτων του δειγματολήπτη για να μειωθούν οι τριβές στην είσοδό του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, πριν από κάθε δειγματοληψία, ο δειγματολήπτης θα πρέπει να συντηρείται και να είναι καθαρός, διότι θα πρέπει τα κινούμενα τεμάχια να εργάζονται ελεύθερα. Σημαντικό μέλημα των υπευθύνων για τη λειτουργία του δείγματος είναι ο έλεγχος της κανονικής λειτουργίας του.

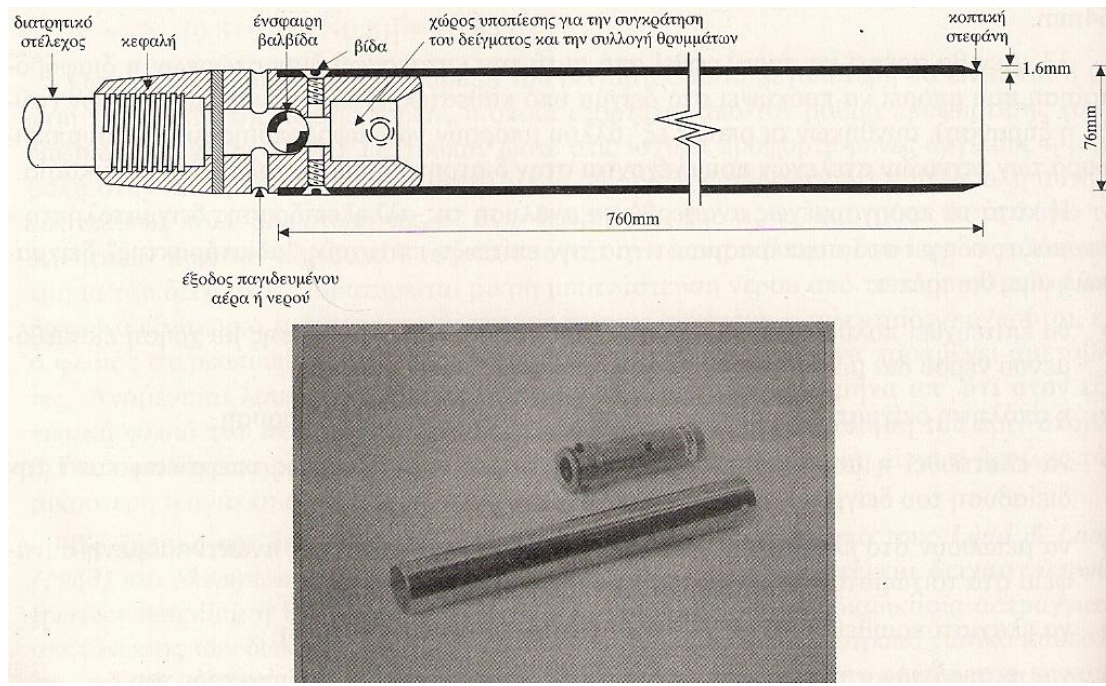
Επίσης, αν χρησιμοποιηθεί λιξοτροπικό αιώρημα για τη λίπανση της γεώτρησης αντί για νερό θα πρέπει να είναι μικρής πυκνότητας. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί η αποφυγή της λήψης αδιατάρακτου δείγματος στα όρια δύο διαδοχικών ενστρώσεων.

Τέλος, το σημαντικότερο όλων είναι η σωστή εισχώρηση του μήκους του δειγματολήπτη στο έδαφος. Δηλαδή, μήκος του δειγματολήπτη να είναι μικρότερο του πουκάμισου ώστε να αποφεύγεται συμπίεση και επομένως διατάραξη του δείγματος.

Σε περίπτωση που υπάρξει οποιαδήποτε παρέκκλιση των παραπάνω αναφορών, θα πρέπει να σημειώνεται στο ημερήσιο δελτίο εργασίας.

3.3. Δειγματολήπτες αδιατάρακτης δειγματοληψίας

3.3.1. Τύπου Shelby



Σχήμα 3.4. Δειγματολήπτης τύπου *SHELBY*

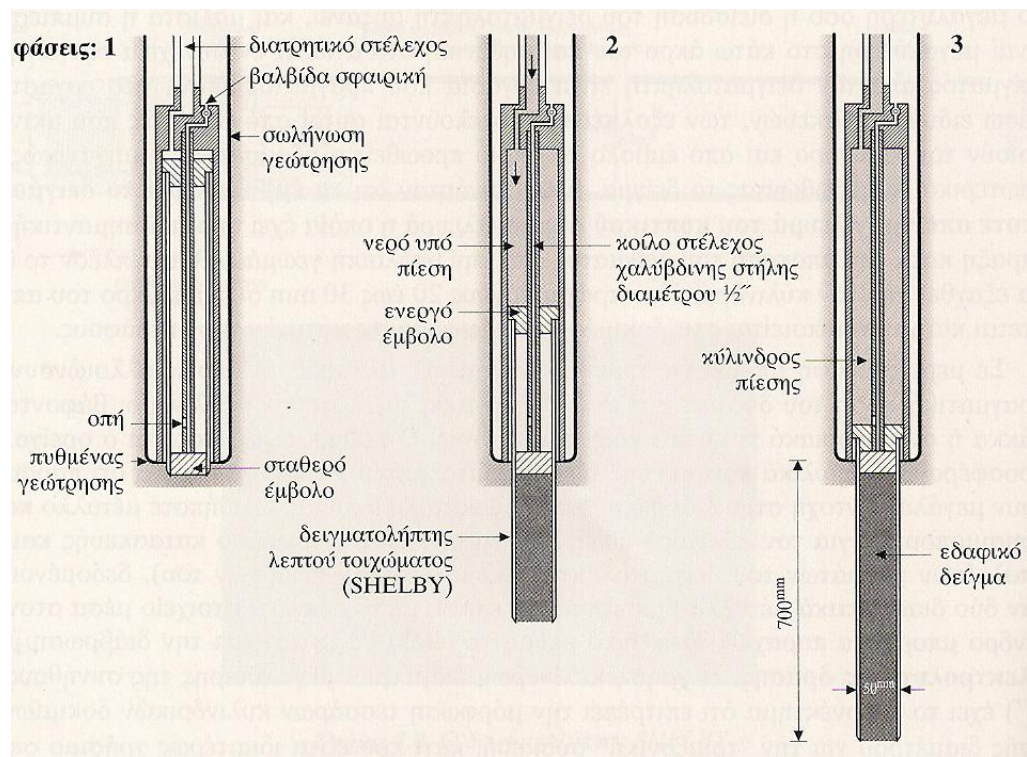
Ο εν λόγω δειγματολήπτης είναι απλού σωλήνα, ανοικτού άκρου, με πολύ λεπτά τοιχώματα, που στη στέψη φέρει σφαιρικού σχήματος βαλβίδα, η οποία αυξάνει την πίεση κατά τη δειγματοληψία. Μέσα σε αυτόν συλλέγεται το αποκοπτόμενο από το έδαφος δείγμα και στα δύο του άκρα υπάρχουν κατάλληλα σπειρώματα. Εδώ είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η συμπίεση που μπορεί να υποστεί ένα εδαφικό δείγμα λόγω κακής συντήρησης του δειγματολήπτη είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερη η διάμετρος του δειγματολήπτη.

Στη συνέχεια, το δείγμα διαβρέχεται από νερό της διατρήσεως που διέρχεται μέσω του εσωτερικού του σωλήνα του δειγματολήπτη. Ο

δειγματολήπτης αυτός είναι κατάλληλος μόνο για συνεκτικά εδάφη, όχι για σκληρές αργίλους καθώς και υγρά εδάφη. Το όριο για τη διείδυση του δειγματολήπτη σε άργιλο εκλαμβάνεται η διατμητική της αντοχή. Τέλος, το δείγμα εξελκείται στο εργαστήριο για την εκτέλεση των κατάλληλων δοκιμών.

Παραλλαγή του δειγματολήπτη αυτού είναι ο δειγματολήπτης αδιατάρακτου δείγματος με εσωτερικό πλαστικό πουκάμισο.

3.3.2. Τύπου Εμβολοφόρος



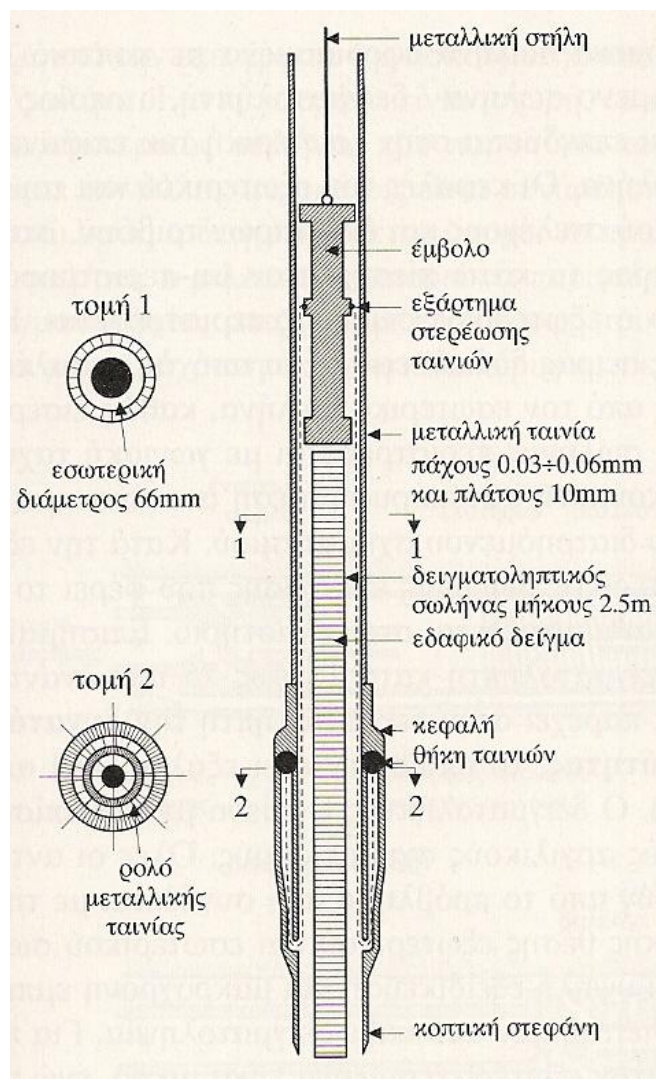
Σχήμα 3.5. Εμβολοφόρος δειγματολήπτης

Πρόκειται για δειγματολήπτη λεπτού τοιχώματος, όπου μέσα του ολισθαίνει αεροστεγές έμβολο. Αυτό, κατά την προώθηση του δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος, παραμένει στην ίδια θέση έτσι ώστε να δημιουργηθεί υποπίεση. Συμπεραίνεται ότι μετά το πέρας της δειγματοληψίας πρέπει να δημιουργηθεί κενό μεταξύ εδάφους και εμβόλου για να ανελκυστεί το δείγμα.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι το ερμητικώς κλειστό του δείγματος να επιτρέπει, κατά την εισαγωγή νερού δια μέσου αυτού, να μην αναμιγνύεται με άλλα γεωλικά.

Τέλος, ο εμβολοφόρος δειγματολήπτης χρησιμοποιείται κυρίως σε πολύ μαλακά συνεκτικά και ευαίσθητα εδάφη.

3.3.3. Τύπου Kjellman



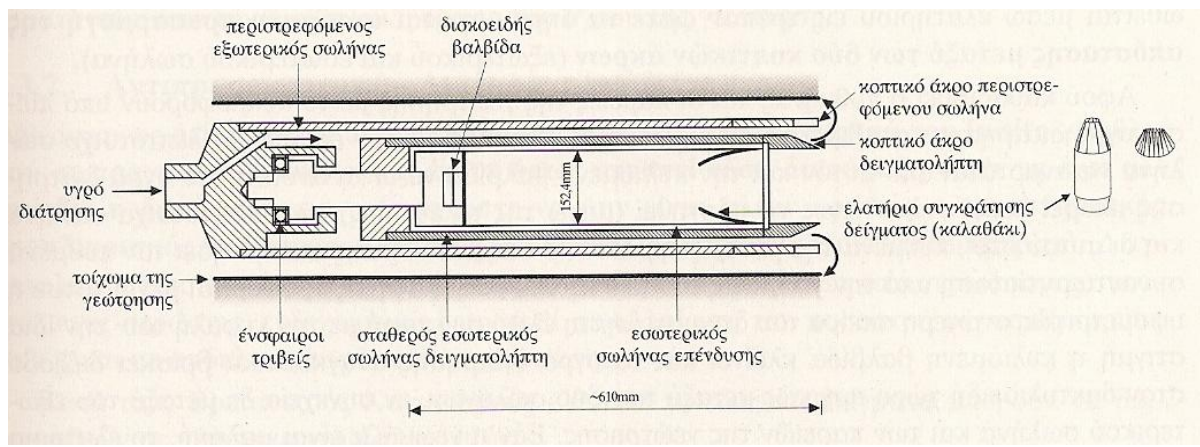
Σχήμα 3.6. Ο δειγματολήπτης Kjellman

Πρόκειται για δειγματολήπτη κυλιόμενης επένδυσης, όπου έχει τη δυνατότητα, με συνεχή φάση απόληψης, να αυξήσει το μήκος του αδιατάρακτου

δείγματος. Με τον εγκιβωτισμό του δείγματος σε μεταλλικό φύλλο, εξαλείφονται οι πλευρικές τριβές μεταξύ δείγματος και εσωτερικής επιφάνειας.

Η δειγματοληψία επιτυγχάνεται με άσκηση συνεχούς πίεσης στον δειγματολογικό σωλήνα και καθώς εξελίσσεται η διαδικασία προστίθενται στην επιφάνεια νέα τμήματα δειγματολογικού σωλήνα. Ο δειγματολήπτης αυτός είναι ικανός να συγκρατήσει το συνεκτικό δείγμα, όπως και το μαλακό έδαφος, μέσα στον δειγματοληπτικό σωλήνα κατά την απόσυρσή του. Αυτός χρησιμοποιείται στην απόληψη δειγμάτων από εδάφη με λεπτή διάστρωση και όχι σε χάλικες ή αμμώδεις γεωμάζες.

3.3.4. Τύπου Denison



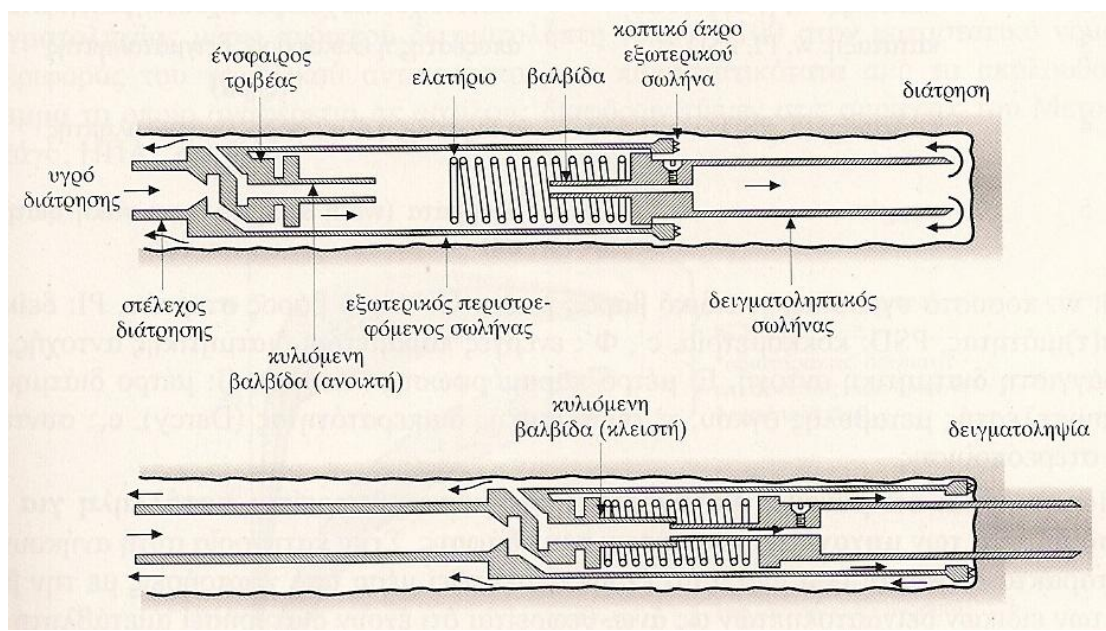
Σχήμα 3.7. Ο δειγματολήπτης Denison

Αποτελείται από δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος, που βρίσκεται μέσα σε έναν εξωτερικό τρίτο σωλήνα ο οποίος συνδέεται με την κεφαλή με ένα σύστημα ένσφαιρων τριβών. Κατόπιν, ο δειγματολήπτης προωθείται μέσα στο έδαφος με ταυτόχρονη άσκηση πίεσης και περιστροφή. Πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο ο εξωτερικός σωλήνας περιστρέφεται και το εσωτερικό σύστημα του δειγματολήπτη παραμένει σταθερό. Κατά την εξαγωγή του από τον δειγματολήπτη, ο εσωτερικός σωλήνας επένδυσης προστατεύεται με παραφίνη και τάπες και μεταφέρεται στο εργαστήριο. Αυτός ο τύπος δειγματολήπτη, πολύ

ικανοποιητικής ποιότητας, αδιατάρακτου δείγματος, βρίσκει εφαρμογή συνήθως σε στυφές και σκληρές αργίλους και σε μαλακούς βράχους.

3.3.5. Τύπου Pitcher

Πρόκειται ουσιαστικά για δειγματολήπτη τύπου Denison, όπου ο εσωτερικός σωλήνας ωθείται με ελατήρια και δημιουργείται αυτόματα απόσταση μεταξύ των κοπτικών άκρων (εξωτερικού και εσωτερικού σωλήνα). Είναι διπλός περιστροφικός σωλήνας, που ο εσωτερικός συλλέγει το δείγμα και είναι σταθερός, ενώ ο εξωτερικός περιστρέφεται, με το νερό της διατρήσεως να διέρχεται ανάμεσά τους και το δείγμα δεν επηρεάζεται από το υγρό. Ο δειγματολήπτης αυτός βρίσκει εφαρμογή σε εδαφικούς εναλλασσόμενους σχηματισμούς.



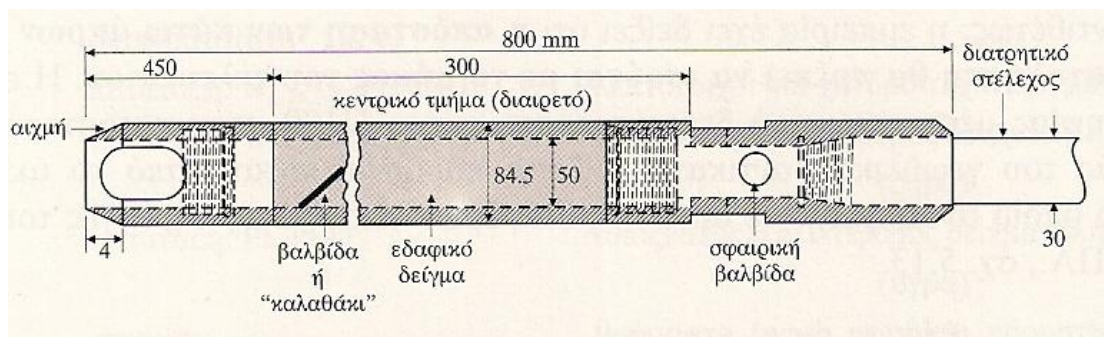
Σχήμα 3.8. Ο δειγματολήπτης Pitcher

3.4. Δειγματολήπτες διαταραγμένης δειγματοληψίας

3.4.1. Τύπου Ανοικτός U100

Πρόκειται για δειγματολήπτη με χαλύβδινο κύλινδρο, ανοικτού άκρου, με διάμετρο 100 mm. Στο άνω άκρο του δειγματολήπτη, βρίσκεται βαλβίδα για τον εγκλωβισμό του νερού ή του αέρα. Εισέρχεται στη γεωμάζα κρουστικά ή διεισδυτικά. Συνήθως, χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το έδαφος παρουσιάζει την ύπαρξη χαλίκων μέσα σε αργιλική μάζα. Έχει παρατηρηθεί πως θα πρέπει η απόσταση των κάτω άκρων σωλήνωσης και δειγματολήπτη να ισούνται με το μήκος του τελευταίου.

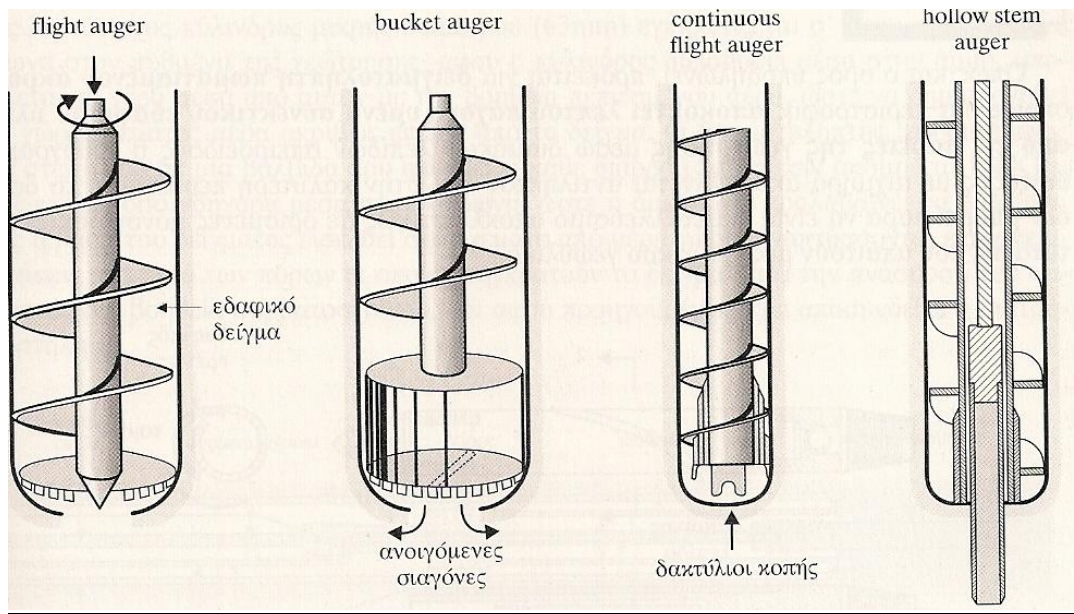
3.4.2. Τύπου Διαιρετός Terzaghi



Σχήμα 3.9. Ο διαιρετός δειγματολήπτης Terzaghi

Πρόκειται για δειγματολήπτη ανοικτού άκρου, κυλινδρικής μορφής, από χάλυβα, ο οποίος διεισδύει στο έδαφος κρουστικά. Αυτό που τον χαρακτηρίζει είναι ότι ο κυλινδρικός σωλήνας ο οποίος φέρει το εδαφικό δείγμα διαχωρίζεται σε δύο τμήματα κατά την αφαίρεση του δείγματος από αυτό. Το εδαφικό δείγμα που λαμβάνεται είναι διαταραγμένο και διατηρεί το ποσοστό υγρασίας, τη σύνθεση και τη στρωματογραφία του. Ο συνηθέστερος λόγος για την εφαρμογή τέτοιου τύπου δειγματολήπτη είναι για τη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης σε εργαστήριο.

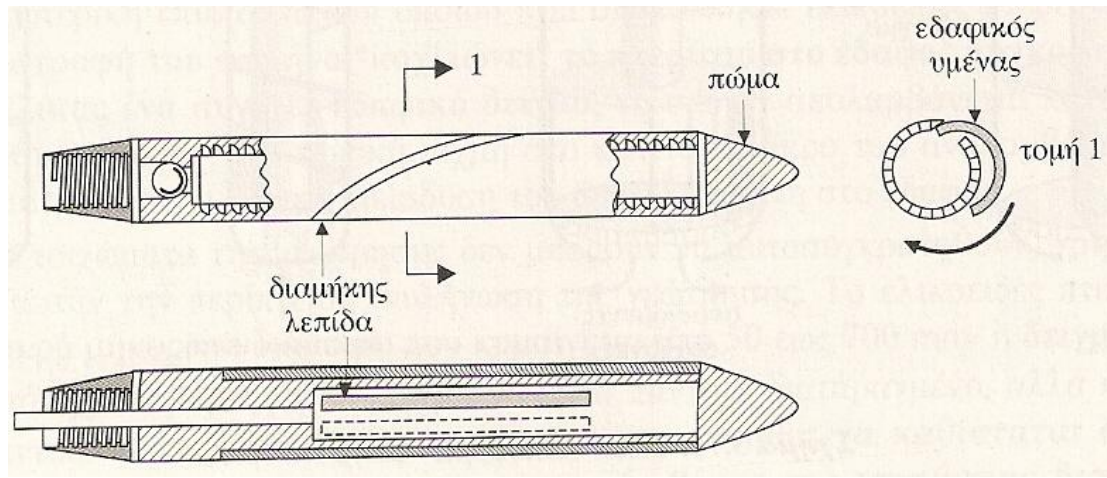
3.4.3. Τύπου Ελικοφόρος Auger



Σχήμα 3.10. Τύποι ελικοφόρων δειγματοληπτών

Ο περιστροφικός δειγματολήπτης Auger αποτελείται από χαλύβδινο σωλήνα συμπαγή ή διάκενο, όπου στην εξωτερική επιφάνειά του υπάρχει πτερυγωτό στέλεχος, το οποίο περιστρέφεται μέσα στη γεωμάζα και το εδαφικό υλικό, κατά την εξαγωγή του, παραμένει πάνω στα πτερύγιά του. Αυτός ο τύπος δειγματολήπτη βρίσκει εφαρμογή σε συνεκτικά εδάφη και όχι σε αμμώδη ή εδάφη που βρίσκονται κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα. Πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα και ότι λαμβάνονται πάντοτε διαταραγμένα δείγματα.

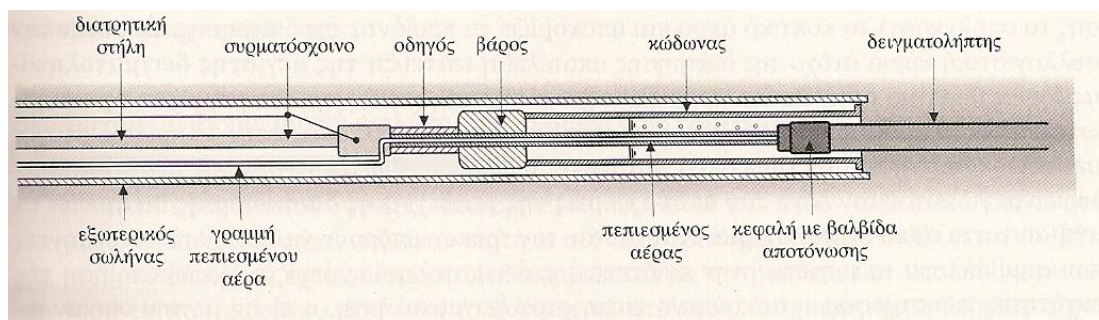
3.4.4. Τύπου Αποξέστης



Σχήμα 3.11. Αποξέστης

Ο δειγματολήπτης αυτός έχει πόμα στο άκρο του που περιστρέφεται, αφαιρώντας συνεκτική γεωμάζα από τις παρειές της γεώτρησης με τη βοήθεια του αιχμηρού άκρου του δειγματολήπτη. Εφαρμογή βρίσκει μόνο σε περιορισμένες δοκιμές κατάταξης που δεν απαντάται μεγάλος όγκος γεωμάζας.

3.5. Δειγματοληψία άμμου



Σχήμα 3.12. Ο δειγματολήπτης Bishop

Η δειγματοληψία της άμμου χωρίζεται σε δύο κατηγορίες: σε εκείνη που γίνεται πάνω από τον υπόγειο ορίζοντα και σε εκείνη που γίνεται κάτω από αυτόν. Στην πρώτη περίπτωση, μπορεί να γίνει προσδιορισμός προσωρινής συνοχής, διαμέσου της υγρασίας και η δειγματοληψία μπορεί να γίνει είτε με

διαιρετό δειγματολήπτη είτε με λεπτότειχο δειγματολήπτη. Πρέπει να τονιστεί το γεγονός πως η δειγματοληψία άμμου ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα τη μετάθεση των κόκκων ή την εισχώρηση χαλίκων, οπότε, σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να εφαρμοστούν άλλοι μέθοδοι δειγματοληψίας. Χρησιμοποιούνται δε τα εν λόγω δείγματα στρωματογραφίας.

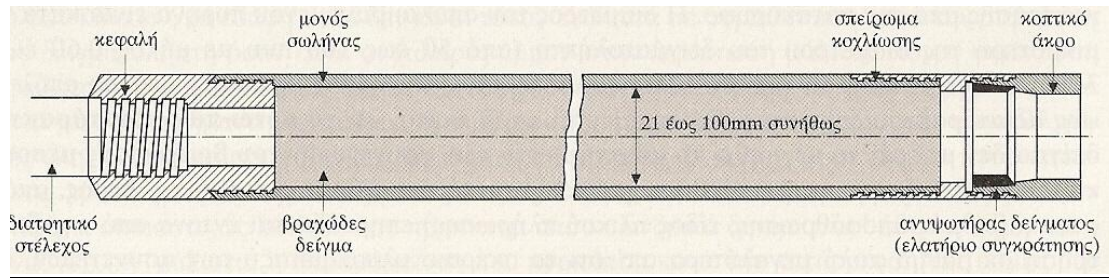
Στη δεύτερη περίπτωση, ο τρόπος δειγματοληψίας κορεσμένης άμμου υπό τον υπόγειο ορίζοντα είναι το λεγόμενο φαινόμενο θόλου. Ο δειγματολήπτης Bishop περιλαμβάνει έναν κύλινδρο μικρής διαμέτρου, όχι συμπαγή, όπου κατά τη διείσδυσή του μέσα στην άμμο αποβάλλεται το νερό που έχει εισχωρήσει και γεμίζει με αέρα. Στη συνέχεια, η βαλβίδα πίεσεως ανυψώνεται, ελευθερώνοντας τον αέρα, το έδαφος εισχωρεί στον κύλινδρο και συγκρατείται λόγω των επιφανειακών τάσεων στο νερό των πόρων.

Τέλος, υπάρχουν κάποιες άλλες τεχνικές, όπως με διαλύματα ασφάλτου, κατάψυξης της μάζας της άμμου κ.ά.

3.6. Δειγματοληψία βράχων

Βράχος ονομάζεται κάθε σκληρό γεωυλικό που καθιστά δύσκολη τη διαδικασία διάτρησής του. Η διαδικασία της δειγματοληψίας γίνεται με συνεχή λήψη πυρήνα, με χρήση κοπτικού άκρου, τη λεγόμενη καροτάρια διαμαντοκορώνας ή σκληρών μετάλλων, μέσω περιστροφικού γεωτρύπανου. Σαν στόχο έχει τη μεγαλύτερη δυνατή δειγματοληψία και λήψη γεωτεχνικών πληροφοριών. Η ταχύτητα της λειτουργίας του δειγματολήπτη εξαρτάται από την ισχύ του βράχου, ενώ δύσκολη καθίσταται η δειγματοληψία όταν ο στόχος είναι η λήψη αδιατάρακτης βραχόμαζας. Τύποι δειγματοληπτών βράχου είναι οι ακόλουθοι:

3.6.1. Τύπου Μονού Σωλήνα

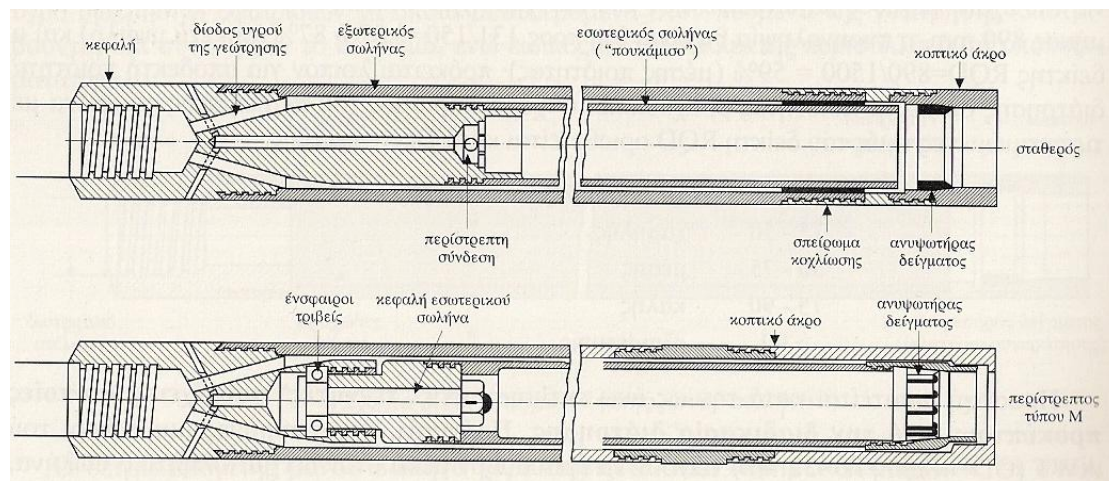


Σχήμα 3.13. Δειγματολήπτης μονού σωλήνα

Είναι η απλούστερης μορφής δειγματολήπτη, διότι είναι ανθεκτικός, φτηνός και αποτελείται από σωλήνα ο οποίος συλλέγει το δείγμα και στα άκρα του βρίσκονται το διατηρητικό στέλεχος και το κοπτικό άκρο. Όμως, έχει δύο μειονεκτήματα. Το πρώτο είναι πως το υγρό γεώτρησης έρχεται σε επαφή με το δείγμα. Το αποπλένει και έτσι μειώνεται η απόληψη του δείγματος. Το δεύτερο είναι ότι κατά την περιστροφή του δειγματολήπτη μπορεί να προκύψει διάτμηση του δείγματος κατά μήκος της επιφάνειάς του.

Είναι ο λόγος του μήκους του πυρήνα προς το μήκος διάτρησης όπου μέσω αυτού μπορεί να συμβεί διάγνωση της ποιότητας της διάτρησης και της συνεκτικότητας του πετρώματος πυρηνοληψία βραχόμαζας.

3.6.2. Τύπου Διπλού Σωλήνα

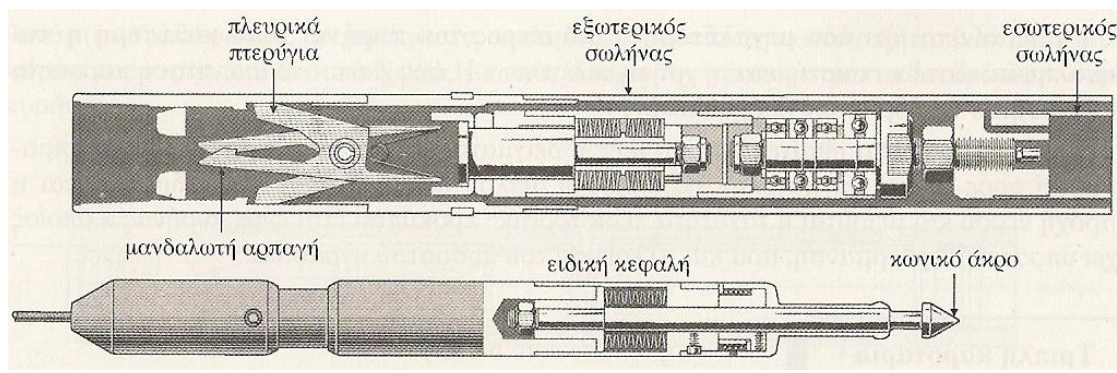


Σχήμα 3.14. Ο δειγματολήπτης διπλού σωλήνα

Αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες, όπου ο εσωτερικός συλλέγει το δείγμα και συνδέεται σταθερά με το εξωτερικό. Τότε, ο δειγματολήπτης λέγεται σταθερός, διαφορετικά, όταν ο εσωτερικός σωλήνας αναρτάται από την κεφαλή του δειγματολήπτη ονομάζεται περιστρεπτός. Έχει ως στόχο να ελαχιστοποιήσει διαβρώσεις λόγω υγρού γεώτρησης στην πυρηνοληψία. Η συγκεκριμένη τεχνική δειγματοληψίας λαμβάνει χώρα σε διερρηγμένα πετρώματα και σε μαλακούς βράχους.

3.6.3. Τύπου Τριπλής Καροταρίας

Είναι δειγματολήπτης διπλού σωλήνα, όπου ο εσωτερικός που λαμβάνει το δείγμα είναι επενδυμένος με έναν τρίτο εσωτερικό. Εφαρμόζεται κυρίως σε ρωγματοωμένα βραχούλικα, σε μαλακούς βράχους και σε σκληρές αργίλους.



Σχήμα 3.15. Ο δειγματολήπτης ανελκόμενου σωλήνα

3.7. Φύλαξη δειγμάτων

Τα διαταραγμένα δείγματα που λαμβάνονται από δειγματολήπτες διεισδύσεως και οι πυρήνες από την πυρηνοληψία καθαρίζονται από την ελεύθερη υγρασία και λάσπη. Στη συνέχεια, τα μεν δείγματα που προέρχονται από την πυρηνοληψία παραφινώνονται και τοποθετούνται σε τρεις πλαστικές σακούλες δεμένες η κάθε μία χωριστά για να διατηρηθεί η φυσική υγρασία του εδάφους. Τα υπόλοιπα εδάφη τοποθετούνται ελεύθερα εντός κιβωτίων. Τα κιβώτια αυτά θα πρέπει να φέρουν κάποιες αναγραφόμενες ενδείξεις όπως το

έργο, τη γεώτρηση, την ημερομηνία έναρξης και περατώσεως της γεώτρησης, καθώς και τον αριθμό κιβωτίου και το βάθος του αντίστοιχου τμήματος της γεώτρησης.

Μετά, ορίζεται ανάδοχος, ο οποίος μεταφέρει τα κιβώτια όπου του ζητηθεί. Έχει την ευθύνη να τα προστατέψει από τυχόν ζημιές που μπορούν να πάθουν από διάφορα μικροατυχήματα, απροσεξίες και κατά την παραλαβή τους από τον αρμόδιο μελετητή ή επιβλέποντα, θα πρέπει να υπογράψουν και οι τρεις το πρωτόκολλο παραλαβής και παράδοσης.

3.8. Έντυπα γεωτρητικών εργασιών

Μετά το πέρας των εργασιών στην οπή της γεώτρησης συντάσσεται σε κλίμακα 1:100 το έντυπο της γεώτρησης. Σ' αυτό αναγράφονται:

- Ο τίτλος του έργου, ο τύπος του γεωτρήπανου και των κοπτικών εργαλείων
- Ο κωδικός της γεώτρησης, οι συντεταγμένες της θέσης της και το υψόμετρό της.
- Συναντηθέντα πετρώματα (πετρολογική περιγραφή)
- Υψόμετρο αλλαγής της σύστασης των υλικών (πετρωμάτων)
- Θέσεις λήψης διαταραγμένων και αδιαταράκτων δειγμάτων
- Ο βαθμός πυρηνοληψίας
- Το R.Q.D.
- Ο βαθμός ρωγμάτωσης (Z) (ασυνέχειες / m γεώτρηση)
- Πλήρης μακροσκοπική περιγραφή κάθε δείγματος
- Μηχανική περιγραφή των ασυνεχειών (προσανατολισμός, αποσάθρωση, τραχύτητα)
- Στάθμη υπόγειου νερού στην αρχή και καθημερινά κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της γεώτρησης.

- Αποτελέσματα δοκιμών διαπερατότητας με αναφορά του συντελεστή διαπερατότητας (συντελ. υδραυλικής αγωγιμότητας) στο βάθος κάθε δοκιμής.
- Παρατηρήσεις σχετικές με τη συμπεριφορά της διάτρησης (απότομες πτώσεις, αντίσταση στην περιστροφή, αλλαγές θορύβου κλπ)
- Συναντούμενες βλάβες
- Ονοματεπώνυμο και υπογραφή του υπευθύνου για την εκτέλεση της γεώτρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ
ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ.

4.1. Γενικά

Οι εργαστηριακές δοκιμές στην εδαφομηχανική διακρίνονται σε δοκιμές κατάταξης καθώς και δοκιμές μηχανικής συμπεριφοράς (αντοχής) και παραμόρφωσης. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

1. Προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας,
2. Προσδιορισμός του ειδικού βάρους στερεών του εδάφους,
3. Κοκκομετρική ανάλυση,
4. Όρια Atterberg,
5. Πορώδες – Δείκτης Πόρων,
6. Μέθοδος Proctor,
7. Μέθοδος Κώνου – Άμμου,
8. Άμεση Διάτμηση,
9. Ανεμπόδιστη θλίψη,
10. Διαπερατότητα,
11. Μονοδιάστατη Στερεοποίηση,
12. Βελτιστοποίηση – Σταθεροποίηση εδαφών, Δοκιμή CBR.

Παρακάτω περιγράφεται και αναλύεται η κάθε δοκιμή ξεχωριστά.

4.2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

4.2.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες – Σκοπός:

Η υγρασία είναι μία από τις χαρακτηριστικές τιμές του εδάφους, που προσδιορίζεται με στόχο την εκτίμηση τόσο της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους όσο και των διαφόρων προβλημάτων πιέσεων, καθιζήσεων και ευστάθειας της εδαφομηχανικής.

Πιο συγκεκριμένα με την δοκιμή αυτή μετράμε την υγρασία μιας εδαφικής μάζας όπου καθορίζεται σαν τον λόγο του βάρους του νερού που υπάρχει μέσα στους πόρους W_w προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους W_s , δηλαδή

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

4.2.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Κλίβανος ξήρανσης με θερμοκρασία περίπου 110°C.
2. Ζυγαριά ευαισθησίας ανάλογη προς το βάρος του εδαφικού δείγματος.
3. Υποδοχέας ειδικά κατασκευασμένος για να αντέχει σε διάβρωση και θερμοκρασία (υαλοί ωρολογίου).
4. Ξηραντήρας.



Εικόνα 4.1. Κλίβανος ξήρανσης (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α Τ.Ε.Ι.
Πάτρας)

4.2.3. Υλικά:

Παίρνουμε μια ποσότητα δείγματος εδαφικού υλικού με προσοχή ούτως ώστε η ποσότητα αυτή να είναι αντιπροσωπευτική και να μην έχει υποστεί επιφανειακή ξήρανση. Το βάρος του αντιπροσωπευτικού αυτού δείγματος εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους. Έτσι ανάλογα με το μέγιστο κόκκο λαμβάνεται ίση ποσότητα με βάση το παρακάτω πίνακα.

| Μέγιστος κόκκος εδάφους (κόσκια) | Συνιστώμενη ποσότητα δείγματος Γρ |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| No 40 | 10 |
| No 4 | 100 |
| 1/2" | 300 |
| 1" | 500 |
| 2" | 1000 |

Πίνακας 4.1. Μέγιστος Κόκκος Εδάφους-Συνιστώμενη Ποσότητα



Εικόνα 4.2. Εδαφικό υλικό (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.2.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-2216/80,

Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/2.

4.2.5. Πορεία εργασίας:

Επιλέγουμε τρία τουλάχιστον εδαφικά δείγματα από το εδαφικό υλικό. Στην συνέχεια ζυγίζουμε κατευθείαν τα τρία αυτά εδαφικά δείγματα ούτως ώστε να αποφύγουμε την εμφάνιση επιφανειακής ξήρανσης, σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν δοκίμια από περισσότερες από μία στρώσεις από το εδαφικό δείγμα.

Στην συνέχεια τοποθετούμε τα δείγματά μας σε κλίβανο θερμοκρασίας 105 °C - 110 °C έτσι ώστε αυτά να ξηρανθούν μέχρι σταθερού βάρους. Ο χρόνος ξήρανσης εξαρτάται από τον τύπο, το σχήμα και την ποσότητα του δείγματος. Ωστόσο ο μέσος χρόνος ξήρανσης είναι μία μέρα, χρόνος που είναι αρκετός για την ξήρανση εντελώς των δειγμάτων μας.

Μετ' έπειτα βγάζουμε τα δείγματα μας από τον κλίβανο/φούρνο και το ψύχουμε. Τέλος τα ξανά ζυγίζουμε. Πρέπει να σημειωθεί ότι όταν τα δείγματα μας προέρχονται από φυσική θέση τότε η μέτρηση μας αυτή λέγεται "φυσική υγρασία".

4.2.6. Υπολογισμοί:

Πιο συγκεκριμένα βάσει του πειράματος που εκτελείται στο εργαστήριο η εδαφική υγρασία ισούται με :

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} * 100$$

όπου w : περιεκτικότητα σε νερό του ξηρού εδάφους εκφραζόμενη επί τοις εκατό,

W_1 : βάρος υποδοχέα,

W_2 : βάρος υποδοχέα και υγρού δείγματος και

W_3 : βάρος υποδοχέα και ξηρού δείγματος.

Αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται ξεχωριστά και για τα τρία δείγματα ωστόσο το τελικό αποτέλεσμα της εδαφικής υγρασίας είναι ο μέσος όρος των τριών δειγμάτων όπου οι τιμές τους δεν πρέπει να διαφέρουν σημαντικά. Σε περίπτωση που η τιμή κάποιου από τα δείγματα μας έχει μεγάλη απόκλιση τότε δεν την λαμβάνουμε υπόψη στο παρακάτω τύπο.

$$w = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{3}$$

4.2.7. Παρατηρήσεις- Συμπεράσματα:

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως τα δείγματα που παίρνουμε από το έδαφος πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά, να μην έχουν υποστεί επιφανειακή ξήρανση κατά την λήψη τους με σκοπό την σωστή εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας για ακριβέστερα αποτελέσματα και τέλος να ζυγίζονται αυτά κατευθείαν μετά την απομάκρυνση τους από τους ξηραντήρες για να είμαστε σίγουροι ότι δεν θα υπάρξει απώλεια ή πρόσληψη υγρασίας από την ατμόσφαιρα.

Επίσης η εδαφικά υγρασία εκφράζεται επί τοις εκατό (%), αριθμός με ακρίβεια δέκατου.

4.2.8. Έντυπα μετρήσεων :

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΤΕ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ Ε/Υ | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΩΝ AASHO T 265-93 | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
|--|--|--------------------------------------|

| | |
|---------------------------------------|------------------------|
| Δειγματοληψία: | Ημ/νία Δοκιμής: |
| Θέση: | |
| Ημερομηνία Δειγματοληψίας: | Αρ. δείγματος: |

| Είδος δείγματος: | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----------|---|---------|---|---|---|---|---|
| Αριθμός δοκιμής | | | | | | | | |
| Αριθμός κάψας | | | | | | | | |
| Βάρος κάψας + υγρό δείγμα W₂ | g | Α | --- | | | | | |
| Βάρος κάψας + ξηρό δείγμα W₃ | g | Β | --- | | | | | |
| Βάρος νερού | g | Γ | Α-Β | | | | | |
| Βάρος κάψας W₁ | g | Δ | --- | | | | | |
| Βάρος ξηρού δείγματος | g | Ε | Β-Δ | | | | | |
| Υγρασία | % | Ζ | Γ*100/Ε | | | | | |
| Μέση τιμή υγρασίας | % | Η | --- | | | | | |

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Εκτέλεση από:

Παρατηρήσεις:

| | | |
|--|--|--------------------------------------|
| ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΤΕ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ Ε/Υ | ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΩΝ AASHO T 265-93 | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
|--|--|--------------------------------------|

| | | | | | | | | |
|---|----------|---|---------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Δειγματοληψία: | | | | Ημ/νία Δοκιμής: | | | | |
| Θέση: | | | | | | | | |
| Ημερομηνία Δειγματοληψίας: | | | | Αρ. δειγματος: | | | | |
| Είδος δείγματος: | | | | | | | | |
| Αριθμός δοκιμής | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Αριθμός κάψας | | | | Λ1 | Λ2 | Λ3 | | |
| Βάρος κάψας + υγρό δείγμα W₂ | g | Α | --- | 442.3 | 442.0 | 452.0 | 0.0 | 0.0 |
| Βάρος κάψας + ξηρό δείγμα W₃ | g | Β | --- | 432.6 | 433.0 | 442.0 | 0.0 | 0.0 |
| Βάρος νερού | g | Γ | Α-Β | 9.7 | 9.0 | 10.0 | 0.0 | 0.0 |
| Βάρος κάψας W₁ | g | Δ | --- | 200.1 | 211.4 | 211.3 | 0.0 | 0.0 |
| Βάρος ξηρού δείγματος | g | Ε | Β-Δ | 232.5 | 221.6 | 230.7 | 0.0 | 0.0 |
| Υγρασία | % | Ζ | Γ*100/Ε | 4.2 | 4.1 | 4.3 | 0.0 | 0.0 |
| Μέση τιμή υγρασίας | % | Η | --- | 4.2 | | | | |

| |
|----------------------|
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: |
|----------------------|

| |
|----------------------|
| Εκτέλεση από: |
|----------------------|

| |
|----------------------|
| Παρατηρήσεις: |
|----------------------|

4.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

4.3.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Στην δοκιμή αυτή προσδιορίζεται το ειδικό βάρος, βοηθητική τιμή για τον προσδιορισμό άλλων χαρακτηριστικών του εδάφους. Με τον προσδιορισμό αυτού του μεγέθους γίνεται ταξινόμηση και καθορισμός του εδάφους αφού τα ειδικά βάρη κυμαίνονται μεταξύ στενών ορίων.

Γενικότερα το ειδικό βάρος στερεών ενός εδάφους είναι ο λόγος του βάρους ορισμένου όγκου κόκκων εδάφους προς το βάρος ίσου όγκου αποσταγμένου νερού συγκεκριμένης θερμοκρασίας 4 °C δηλαδή

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s * \gamma_w}$$

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή το ειδικό βάρος του νερού σε κανονικές πάντα θερμοκρασίες ισούται με το 1 τότε το γ_s δίνεται από τον ακόλουθο τύπο.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

Τέλος θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το ειδικό βάρος ενός εδάφους συνήθως χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του.

4.3.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Πυκνόμετρο.
2. Ζυγαριά ακριβείας.
3. Κάψες - Υποδοχείς.
4. Εστία θερμάνσεως.
5. Θερμόμετρο.
6. Σταγονόμετρο.
7. Δοχεία βρασμού.



Εικόνα 4.3. Ζυγαριά ακριβείας (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.3.3. Υλικά:

1. Εδαφικό δείγμα.
2. Αποσταγμένο νερό.



Εικόνα 4.4. *Εδαφικό δείγμα (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)*

4.3.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-854/83.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή AASHTO T-100/75.
3. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/4

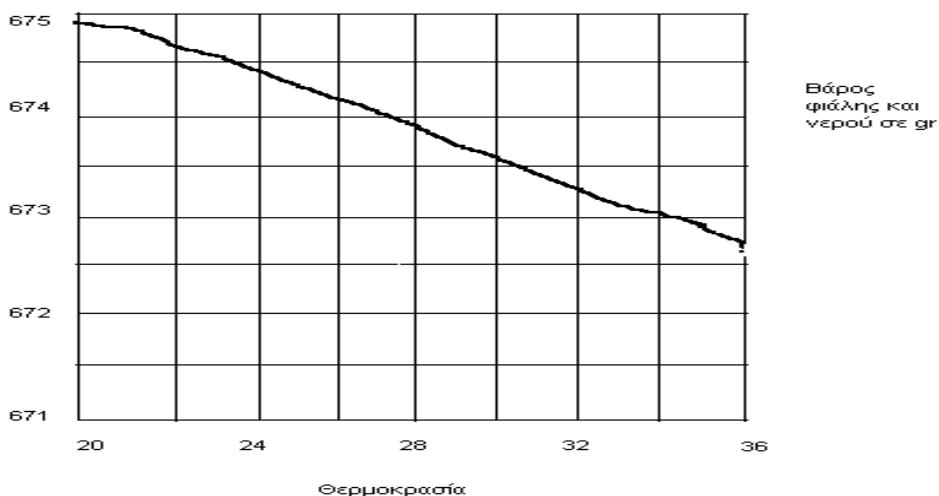
4.3.5. Πορεία Εργασίας:

Κατά την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας βαθμολογούμε την φιάλη μας πειραματικά με τρεις τουλάχιστον διαδοχικές θερμοκρασίες (μεταξύ των τιμών θερμοκρασίας 20°C - 35°C). Έτσι παίρνουμε έναν ογκομετρικό κύλινδρο όπου τον καθαρίζουμε και στη συνέχεια τοποθετούμε μέσα σε αυτόν αποσταγμένο νερό. Ξηραίνουμε την εξωτερική επιφάνεια της φιάλης και στην συνέχεια τοποθετούμε την φιάλη στην ζυγαριά ακριβείας όπου και

την μετράμε με το νερό. Επίσης μετράμε και την θερμοκρασία του αποσταγμένου νερού που βρίσκεται μέσα στην φιάλη. Σε περίπτωση που το νερό δεν έχει ομοιόμορφη θερμοκρασία τότε βάζουμε τον αντίχειρα στο στόμιο του κυλίνδρου και την ανετρεύουμε για να πετύχουμε την καλή ανάμειξη του νερού και ξανά μετράμε την θερμοκρασία έτσι ώστε να επιτευχθεί η ομοιομορφία αυτής μέσα στον κύλινδρο.

Τέλος θερμαίνουμε ελαφρά την φιάλη μέσα σε λουτρό θερμού νερού. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία 2 με 3 φορές και κάθε φορά απομακρύνουμε το περίσσιο νερό.

Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζουμε την καμπύλη βαθμολογίας έτσι όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 4.1. Καμπύλη βαθμολογίας της φιάλης

Το ειδικό βάρος προσδιορίζεται τόσο σε συνεκτικά όσο και σε μη συνεκτικά εδάφη.

ο **Συνεκτικό έδαφος:**

Λαμβάνουμε εδαφικό δείγμα εν ξηρώ σε ποσότητα ίση περίπου 50 γραμμαρίων και το αναμειγνύουμε με συγκεκριμένη ποσότητα αποσταγμένου νερού. Πραγματοποιείται βρασμός του δείγματος μας σε θερμοκρασία T περίπου 28 - 30 °C ούτως ώστε να αποδεσμευθεί ο αέρας και εν συνεχεία ψύχουμε την φιάλη στην αρχική μας θερμοκρασία και ζυγίζουμε το δείγμα μας.

ο **Μη συνεκτικό έδαφος:**

Παίρνουμε περίπου 150 γραμμάρια ξηρού εδαφικού δείγματος. Στην πορεία της δοκιμής ψύχουμε το δείγμα μας μέχρι μια θερμοκρασία που να βρίσκεται μέσα στα όρια της καμπύλης βαθμολογίας της φιάλης (βλέπε σχ.4.1).

4.3.6. Υπολογισμοί:

Ο τύπος που χρησιμοποιούμε στην συγκεκριμένη δοκιμή για την μέτρηση του ειδικού βάρους σε ένα εδαφικό δείγμα είναι

$$\gamma_s = \frac{W_s \cdot G_t}{W_s - W_1 + W_2}$$

όπου G_t : ειδικό βάρος του αποσταγμένου νερού σε συγκεκριμένη θερμοκρασία όπου η τιμή του δίνεται από καθορισμένο πίνακα,

W_s : ξηρό βάρος εδάφους,

W_1 : βάρος ογκομετρικού κυλίνδρου μαζί με το εδαφικό δείγμα και το νερό,

W_2 : βάρος ογκομετρικού κυλίνδρου και νερού.

4.3.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα:

Στην πειραματική αυτή διαδικασία για τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους θα πρέπει να προσέχουμε η θερμοκρασία του δείγματος να παραμένει σταθερή. Το εδαφικό δείγμα που θα χρησιμοποιηθεί μπορεί να περιέχει την φυσική υγρασία ή να έχει ξηρανθεί.

4.3.8. Έντυπα μετρήσεων :

ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ

| | | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|-----------------|
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | | ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | |
| ΓΕΩΤΡΗΣΗ: | ΒΑΘΟΣ: | ΕΙΔΟΣ: | ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΟΥ: |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ | | | |
| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝΑΡΞΕΩΣ: | | |
| | ΛΗΞΕΩΣ: | | |
| | ΥΠΟΓΡΑΦΗ: | | |

| ΔΟΚΙΜΗ | 1 ^Η | 2 ^Η | 3 ^Η |
|--|---|----------------|----------------|
| Τρόπος δοκιμής [με βρασμό (Β) ή με συσκευή κενού (Σ.Κ.)] | | | |
| Αριθμός χρησιμοποιημένης φιάλης | | | |
| Θερμοκρασία Δοκιμής σε °C | | | |
| Βάρος φιάλης, νερού και ξηρού υλικού W_1 (gr) | | | |
| Βάρος φιάλης και νερού W_2 (gr) | | | |
| Αριθμός Υποδοχέα | | | |
| Βάρος Υποδοχέα και Ξηρού υλικού (gr) | | | |
| Βάρος Υποδοχέα (gr) | | | |
| Βάρος Ξηρού υλικού W_3 (gr) | | | |
| Ειδικό Βάρος νερού σε T °C G_t | | | |
| Ειδικό Βάρος στερεών γ_s | | | |
| Ειδικό Βάρος στερεών: | $\gamma_s = \frac{G \cdot W}{W_s - W_1 + W_2} \quad (\text{gr/cm}^3)$ | | |

| |
|----------------------|
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: |
| |
| |

ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ

| | | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|-----------------|
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | | ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | |
| ΓΕΩΤΡΗΣΗ: | ΒΑΘΟΣ: | ΕΙΔΟΣ: | ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΟΥ: |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ | | | |
| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝΑΡΞΕΩΣ: | | |
| | ΛΗΞΕΩΣ: | | |
| | ΥΠΟΓΡΑΦΗ: | | |

| ΔΟΚΙΜΗ | | 1 ^H | 2 ^H | 3 ^H |
|--|---------------------|--|----------------|----------------|
| Τρόπος δοκιμής [με βρασμό (B) ή με συσκευή κενού (Σ.Κ.)] | | Δια βρασμού | | |
| Αριθμός χρησιμοποιημένης φιάλης | | 1 | | |
| Θερμοκρασία Δοκιμής σε °C | | 22 | | |
| Βάρος φιάλης, νερού και ξηρού υλικού | W ₁ (gr) | 434,43 | | |
| Βάρος φιάλης και νερού | W ₂ (gr) | 342,50 | | |
| Αριθμός Υποδοχεία | | 3 | | |
| Βάρος Υποδοχεία και Ξηρού υλικού | (gr) | 351,20 | | |
| Βάρος Υποδοχεία | (gr) | 95,43 | | |
| Βάρος Ξηρού υλικού | W ₃ (gr) | 255,77 | | |
| Ειδικό Βάρος νερού σε T °C | G _t | 0,9977 | | |
| Ειδικό Βάρος στερεών | γ _s | 1,556 | | |
| Ειδικό Βάρος στερεών: | | $\gamma_s = \frac{G_t \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2} \text{ (gr/cm}^3\text{)} = 1.56$ | | |

| |
|----------------------|
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: |
| |
| |

4.4. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

4.4.1. Εισαγωγή.

Το έδαφος περιέχει κόκκους διαφόρων μεγεθών και σε διάταξη που ποικίλλει. Από αυτή τη σύνθεση και την δομή τους εξαρτώνται οι μηχανικές του ιδιότητες του εδάφους, δηλαδή η αντοχή του και οι καθιζήσεις που εκδηλώνονται όταν ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις.

Η κατάταξη των εδαφών διακρίνεται σε αμμώδη ή χαλικώδη, όπου είναι εδάφη χωρίς συγκόλληση μεταξύ των κόκκων, καθώς επίσης σε υλώδη ή αργιλώδη, τα οποία είναι εδάφη με συγκόλληση μεταξύ των κόκκων τους. Τα πρώτα είδη εδαφών που προαναφέρθηκαν ονομάζονται «μη συνεκτικά εδάφη ή εδάφη χωρίς συνοχή», ενώ τα δεύτερα είδη εδαφών λέγονται «συνεκτικά εδάφη». Συνοπτικά έχουμε δύο είδη εδαφών με βάση το μέγεθος των κόκκων:

1. Τα **συνεκτικά εδάφη** που περιέχουν λεπτόκοκκα υλικά τα λεγόμενα αργιλώδη εδάφη με διάμετρο κόκκων μικρότερη των 7mm.
2. Τα **μη συνεκτικά εδάφη** που περιέχουν χονδρόκοκκα υλικά τα λεγόμενα χαλικώδη με διάμετρο κόκκων μεγαλύτερη των 7mm.

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία βασική μέθοδος κατάταξης των εδαφών και χρησιμοποιείται διεθνώς. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού θεμελίωσης ή ως δομικού υλικού εξαρτάται από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή από τον προσδιορισμό της συμμετοχής των διαμέτρων των κόκκων, ως ποσοστών, στο συνολικό όγκο του θεωρούμενου εδάφους.

Τα αποτελέσματα και οι πληροφορίες που παίρνουμε από την κοκκομετρική ανάλυση μας βοηθάει στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς των εδαφών όσον αφορά την αντοχή και την παραμόρφωση τους και συμπεραίνουμε

την δυνατότητα κίνησης του υπόγειου νερού (διήθηση) μέσα από τα κενά μεταξύ των κόκκων και να εκτιμήσουμε την επιρροή του παγετού στο έδαφος.

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία διαδικασία η οποία μπορεί να επιτευχθεί με δύο μεθόδους:

1. Στην **ανάλυση με κόσκινα** χονδρόκοκκα για συνεκτικά εδάφη.
2. Στην **ανάλυση με υδρόμετρο** – Μέθοδο Stokes για λεπτόκοκκα συνεκτικά εδάφη.

4.4.2. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα

4.4.2.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζουμε την κατανομή των διαφόρων μεγεθών των κόκκων σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή υλικά με την χρησιμοποίηση των κόσκινων τετραγωνικών οπών.

Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε χονδρόκοκκα εδάφη, των οποίων οι ιδιότητες σε αντοχή σε διάτμηση, διαπερατότητα, κλπ εξαρτώνται από την ποσοστιαία αναλογία των στερεών κόκκων σε σχέση με τις διαστάσεις τους, όπου η διάμετρος των κόκκων δεν είναι μικρότερη των 7mm.

4.4.2.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Ζυγός ευαισθησίας 0,1% του βάρους του δείγματος που θα εξεταστεί.
2. Πρότυπα αμερικάνικα κόσκινα στα οποία τα πλέγματα τους αποτελούνται από τετραγωνικές οπές. Τα κόσκινα χρησιμοποιούνται με σειρά μεγέθους αυξανόμενη από κάτω προς τα πάνω (όπως φαίνεται στον πίνακα 4.2).
3. **Δοχεία** (λεκάνες) διαφόρων και κατάλληλων μεγεθών.
4. **Κλίβανος** με σταθερή θερμοκρασία 110-5 °C.
5. **Μηχανή κοσκινίσματος.**

| Αριθμός κοσκίνου | Άνοιγμα κοσκίνου (m) |
|---------------------|----------------------------|
| No 200 | 0,075 |
| No 100 | 0,150 |
| No 50 | 0,300 |
| No 40 | 0,425 |
| No 10 | 2,000 |
| No 4 | 4,750 |
| 1/4" | 6,300 |
| 1/2" | 12,500 |
| 3/4" | 19,000 |
| 1" | 25,400 |

Πίνακα 4.2. Αριθμός Κοσκίνου – Άνοιγμα κατά ASTM



Εικόνα 4.5. Κόσκινα (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.6. Μηχανή κοσκίνισματος (εργαστηρίου εδαφικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.4.2.3. Υλικά:

Δείγματα λεπτόκοκκου και χονδρόκοκκου ανδρανούς υλικού.

4.4.2.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. «Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε 105-86), δημοσιευμένες στο Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβέρνησης Φ.Ε.Κ. αρ. 955/31-12-87, τεύχος δεύτερο.
2. Αμερικάνικη Προδιαγραφή ASTM D422-1980.
3. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/7
4. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/8

4.4.2.5. Πορεία Εργασίας:

Ξηραίνουμε το εδαφικό υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε στην πειραματική δοκιμή. Στην συνέχεια πραγματοποιείται τετραμερισμός του

δείγματος, δηλαδή το χωρίζουμε σε τέσσερις ίσες ποσότητες, και παίρνουμε ελάχιστη ποσότητα του δείγματος, αν το δείγμα μας είναι κυρίως άμμος επιλέγουμε μία ποσότητα των 500 γραμμαρίων εάν όμως το δείγμα μας περιέχει χαλίκια τότε επιλέγουμε ποσότητα 1500 έως 5000 γραμμαρίων ανάλογα με την διάμετρο των κόκκων.

| Μέγιστος κόκκος εδάφους κόσκινο | Ελάχιστο βάρος δείγματος kg |
|--|--|
| 3 1/2" | 35 |
| 3" | 30 |
| 2 1/2" | 25 |
| 2" | 20 |
| 1 1/2" | 15 |
| 1" | 10 |
| 3/4" | 5 |
| 1/2" | 2.5 |
| 3/8" | 1 |

Πίνακας 4.3. *Μέγιστος Κοσκίνου – Ελάχιστο Βάρος*

Στις περιπτώσεις όπου το υλικό με κατ' ελάχιστο 90% διερχόμενο του κοσκίνου No 4 και 5% συγκρατούμενο στο No 8 το ελάχιστο βάρος που παίρνουμε είναι 500 gr όπως και στο υλικό με κατ' ελάχιστο 95% διερχόμενο του κοσκίνου No 8.

Ειδικότερα για τα δείγματα χονδρόκοκκου αδρανούς υλικού η κοκκομετρική ανάλυση πρέπει να έχουν βάρη, μετά την ξήρανση, όχι μικρότερα αυτών που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

| Ονομαστικό Μέγιστο Μέγεθος κόκκο σε cm | Ελάχιστο Βάρος Δείγματος σε gr |
|---|---|
| 0,965 | 1,000 |
| 1,270 | 2,500 |
| 1,930 | 5,000 |
| 2,540 | 10,000 |
| 3,810 | 15,000 |
| 5,080 | 20,000 |
| 6,350 | 25,000 |
| 7,620 | 30,000 |
| 8,890 | 35,000 |

Πίνακας 4.4. *Μέγιστο Μέγεθος Κόκκου – Ελάχιστο Βάρος*

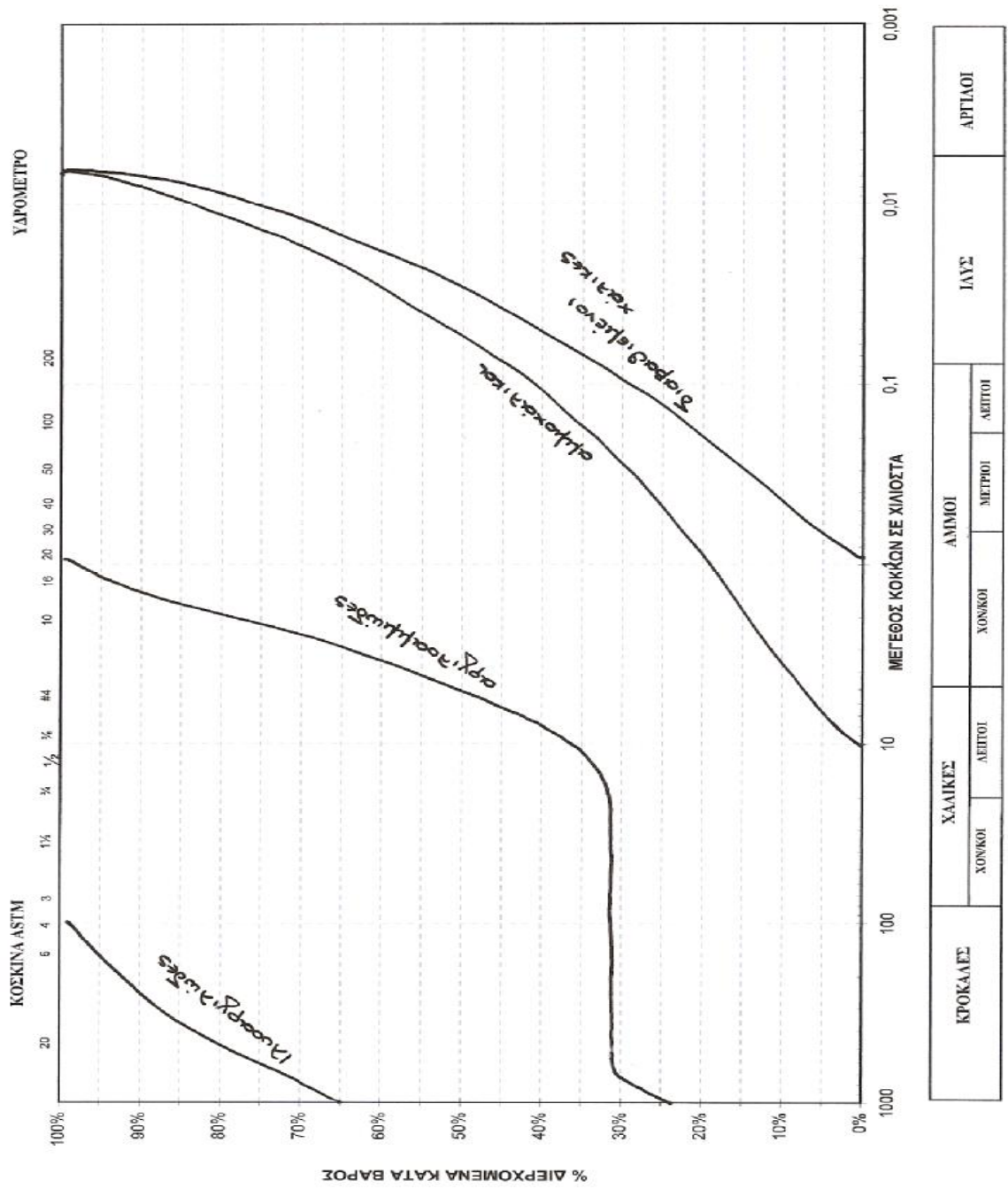
Τοποθετούμε τα κόσκινα στην συσκευή με τις διαμέτρους να αυξάνουν από κάτω προς τα πάνω. Το δείγμα τοποθετείται πάνω στα κόσκινα και ξεκινάμε την διαδικασία του κοσκινίσματος ενεργοποιώντας τον δονητή της συσκευής για 5 έως 10 λεπτά.

Μετά το τέλος της παραπάνω διαδικασίας αφαιρούμε τα κόσκινα και ζυγίζουμε την ποσότητα του εδάφους που έχουν συγκρατήσει. Υπολογίζουμε το ποσοστό του συγκρατούμενου υλικού σε κάθε κόσκινο διαιρώντας το βάρος του συγκρατούμενου με το συνολικό βάρος του δείγματος. Υπολογίζουμε το ποσοστό του διερχόμενου ξεκινώντας από το 100 και αφαιρώντας σταδιακά το ποσοστό του συγκρατούμενου σε κάθε κόσκινο.

Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στο Δελτίο Κοκκομετρικής Ανάλυσης και το συμπληρώνουμε. Τέλος τοποθετούμε τα αποτελέσματα μας σε διάγραμμα παρουσιάζοντας τα σε ημιλογαριθμικό χαρτί και σχεδιάζουμε την καμπύλη που διέρχεται από τα σημεία.

Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα που δείχνει τις τυπικές καμπύλες κοκκομετρικής ανάλυσης.

ΤΥΠΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



4.4.2.6. Υπολογισμοί:

Έστω W είναι το ξηρό βάρος υλικού πρώτης ύλης και W' το ξηρό βάρος του υλικού μετά την πλύση τότε μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό P επί τοις εκατό διερχόμενο από το κόσκινο No 200. Άρα,

$$P = \frac{W - W'}{W} * 100$$

4.4.2.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα :

Κατά την εκτέλεση της πειραματικής αυτής δοκιμής της κοκκομετρικής ανάλυσης θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στο εδαφικό δείγμα που θα χρησιμοποιήσουμε ούτως ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό, στην χρονική διάρκεια που απαιτείται για την διαδικασία του κοσκινίσματος, στον θρυμματισμό των εδαφικών κόκκων καθώς και στην αποφυγή απώλειας του υλικού μας κατά τις μεταγίσεις των εδαφικών δειγμάτων.

4.4.2.8. Έντυπο Μετρήσεων:

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

| | | |
|--------|-------------------------|------------------|
| ΤΜΗΜΑ: | ΟΜΑΔΑ: | ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: |
| | ΗΜ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ : |

| | | |
|-------------|-------------------|---------------------------|
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ : | ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : | ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΥΛΙΚΟΥ(g.) : |
|-------------|-------------------|---------------------------|

| ΠΡΟΤΥΠΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ | ΣΕΙΡΑ ISO 3310-2 | ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ | ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ | | |
|---------------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|--|
| | | | (gr.) | (%) | |
| (mm) | (in) | (gr.) | (gr.) | (%) | |
| 37.00 | 37.00 | | | | |
| 25.00 | 25.00 | | | | |
| 19.00 | 19.00 | | | | |
| 12.50 | 12.50 | | | | |
| 9.50 | 9.50 | | | | |
| ΥΛΙΚΟ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ 4,75 mm → | | ΒΑΡΟΣ (gr.) : | ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ | | |
| -ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ- | | | (gr.) | (%) | |
| 4.75 | 4.75 | | | | |
| 2.36 | 2.36 | | | | |
| 2.00 | 2.00 | | | | |
| 0.075 | 0.075 | | | | |

| |
|----------------|
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : |
|----------------|

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ : | ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
|-------------------------|----------------------------------|

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ I : | ΤΜΗΜΑ : | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΕΝΤΥΠΟΥ : |
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ : | ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : | | |

| | | | |
|--------------------------|--|--|--|
| Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ | | | |
|--------------------------|--|--|--|

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

| | | |
|--------|-------------------------|------------------|
| ΤΜΗΜΑ: | ΟΜΑΔΑ: | ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: |
| | ΗΜ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ : |

| | | |
|-------------|-------------------|---------------------------|
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ : | ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : | ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΥΛΙΚΟΥ(g.) : |
|-------------|-------------------|---------------------------|

| ΠΡΟΤΥΠΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ | ΣΕΙΡΑ ISO 3310-2 | ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ | ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ | |
|--|------------------|------------------------|-----------------------------|-------|
| | | | (gr.) | (%) |
| (mm) | (in) | (gr.) | (gr.) | (%) |
| 37.00 | 37.00 | 0 | 1,234 | 100.0 |
| 25.00 | 25.00 | 0 | 1,234 | 100.0 |
| 19.00 | 19.00 | 0 | 1,234 | 100.0 |
| 12.50 | 12.50 | 0 | 1,234 | 100.0 |
| 9.50 | 9.50 | 100 | 1,134 | 91.9 |
| ΥΛΙΚΟ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ 4,75 mm → -ΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ- | | | ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ | |
| ΒΑΡΟΣ (gr) : 1,134 | | | (gr.) | (%) |
| 4.75 | 4.75 | 45 | 1,089 | 96.0 |
| 2.36 | 2.36 | 0 | 1,089 | 96.0 |
| 2.00 | 2.00 | 3 | 1,086 | 95.8 |
| 0.075 | 0.075 | 3 | 1,083 | 95.5 |

| |
|----------------|
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : |
|----------------|

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ : | ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
|-------------------------|----------------------------------|

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

| | | | |
|---------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------|
| ΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Ι : | ΤΜΗΜΑ : | | |
| ΜΙΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ : | ΗΜ/ΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΕΝΤΥΠΟΥ : |
| ΜΕΛΕΣΗ : | ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ : | | |

ISO 3310-2

• • •

| | | | |
|---------------------|--|--|--|
| ΓΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ : | | | |
|---------------------|--|--|--|

4.4.3. Κοκκομετρική ανάλυση με υδρόμετρο – Μέθοδο Stokes για λεπτόκοκκα συνεκτικά υλικά.

4.4.3.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Η μέθοδος αυτή στοχεύει στον ποσοτικό προσδιορισμό της κατά μεγέθους κατανομής των κόκκων στα λεπτόκοκκα εδάφη όπου η διάμετρος των κόκκων δεν υπερβαίνει τα 0.07 mm. Η πειραματική διαδικασία αυτή στηρίζεται στην θεωρία του Stokes όπου έλεγε ότι «οι κόκκοι ίδιας πυκνότητας αλλά διαφορετικής διαμέτρου καθιζάνουν στο νερό με διαφορετική ταχύτητα».

Για την απόδειξη αυτού χρησιμοποιούμε υδρόμετρο ή πυκνόμετρο ή αραιόμετρο όπου γίνεται η καταγραφή της πυκνότητας ενός διαλύματος νερού – εδάφους καθώς οι κόκκοι καθιζάνουν.

4.4.3.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Ζυγός ακρίβειας 0.1 gr.
2. Συσκευή αναδεύσεως που αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα προσαρμοσμένο για την περιστροφή του στον κατακόρυφο άξονα με ταχύτητα περίπου 10.000 στροφές το λεπτό χωρίς επιπρόσθετο φορτίο και επίσης από ένα πτερύγιο αναδεύσεως από μέταλλο ή σκληρό ελαστικό.
3. Υδρόμετρο που αποτελείται από ένα κυλινδρικό σώμα και ένα στέλεχος. Το στέλεχος έχει υποδιαιρέσεις που οι τιμές τους αυξάνονται από το ανώτερο προς το κατώτερο σημείο αυτού. Όταν η συγκέντρωση του υλικού που έχει αραιωθεί είναι μεγάλη τότε το στέλεχος του πυκνόμετρου συναντά την επιφάνεια του νερού μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο στο κατώτερο τμήμα του.

Σε αντίθετη περίπτωση το στέλεχος βυθίζεται μέσα στο αιώρημα πράγμα που δείχνει μικρές τιμές της πυκνότητας. Η ταχύτητα καθίζησης των κόκκων εξαρτάται από το μέγεθος αυτών. Οι μεγάλοι κόκκοι καθιζάνουν στον πυθμένα πρώτοι και εν συνεχεία οι μικρότεροι. Άρα μετρώντας την πυκνότητα σε κάποιο χρονικό διάστημα βρίσκουμε την καθίζηση και από εκεί το μέγεθος των κόκκων.

4. Θερμόμετρο ακρίβειας 95°C.
5. Κόσκινο Νο 10 με τετραγωνικές οπές.
6. Υδατόλουτρο όπου αποτελείται από μικρή δεξαμενή νερού καλά μονωμένη που διατηρεί σταθερή θερμοκρασία.
7. Γυάλινος κύλινδρος χωρητικότητας 250ml.
8. Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι.



Εικόνα 4.7. Υδατόλουτρο (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.4.3.3. Υλικά:

Δείγμα λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού.

4.4.3.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή AASHO T-88/78
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-422/72

4.4.3.5. Πορεία εργασίας :

Παίρνουμε το εδαφικό δείγμα που απαιτείται για την πραγματοποίηση της δοκιμής όπου είναι η ποσότητα του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο No 10.

Η ποσότητα αυτή είναι 50 gr ενώ για αμμώδη εδάφη είναι μεγαλύτερη. Η ποσότητα του υλικού τοποθετείται στο γυάλινο ποτήρι χωρητικότητας 250 ml και καλύπτεται από έτοιμο διάλυμα του παράγοντα διασποράς που έχει επιλεγεί σε ποσότητα 125 ml. Το συνηθέστερο διάλυμα που χρησιμοποιούμε είναι πολυφωσφορικό νάτριο. Ανακατεύουμε καλά το μείγμα με γυάλινη ράβδο και το αφήνουμε 12 ώρες ούτως ώστε να επιτευχθεί η αποσυσσωμάτωση των κόκκων. Μετ' έπειτα μεταφέρεται με τον γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο όπου τοποθετείται στο υδατόλουτρο και προσθέτουμε απεσταγμένο νερό και το ανακατεύουμε βάζοντας σε λειτουργία την συσκευή ανάδευσης για 1 λεπτό με σκοπό να επιτευχθεί η διασπορά. Διαβάζουμε τις ενδείξεις του υδρομέτρου με βάση το χρονοδιάγραμμα σε χρόνους 5, 15, 30, 60, 250, 1440 λεπτά και γίνεται καταγραφή.

Μετά το πέρας της καταγραφής και της τελευταίας μέτρησης πλένεται το αιώρημα επάνω στο κόσκινο No 200. Το κλάσμα που συγκρατείται ξηραίνεται και πραγματοποιείται κοκκομετρική ανάλυση χρησιμοποιώντας τα κόσκινα No 4, No 100 και No 200.

4.4.3.6. Υπολογισμοί:

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας του δείγματος όπου πλύθηκε χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$P = \frac{W - W'}{W} * 100$$

όπου P το ποσοστό επί τοις εκατό του εδάφους που βρίσκεται σε μορφή αιωρήματος, W και W' το βάρος του εδάφους που ξηράνθηκε στον αέρα και στον κλίβανο αντίστοιχα.

Ενώ ο υπολογισμός της διαμέτρου των κόκκων σε αιώρηση υπολογίζεται μαθηματικά από την σχέση:

$$d = d' * K_L * K_G * K_N$$

όπου d είναι η διορθωμένη διάμετρος των κόκκων σε mm, d' είναι η μέγιστη διάμετρο των κόκκων υπολογιζόμενη από τον νόμο του Stokes όπου τα αποτελέσματα βρίσκονται στους αντίστοιχους πίνακες, K_L είναι ο συντελεστής διορθώσεως με την ανάγνωση του υδρομέτρου, K_G είναι ο συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος του εδάφους και τέλος K_N είναι ο συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με την θερμοκρασία. Εκτός από τον μαθηματικό τύπο λαμβάνουμε υπόψη και τον παρακάτω πίνακα.

| Χρόνος (min) | Μέγιστη διάμετρος κόκκων (mm) |
|---------------------|--------------------------------------|
| 1 | 0,058 |
| 2 | 0,040 |
| 5 | 0,026 |
| 15 | 0,015 |
| 30 | 0,010 |
| 60 | 0,0074 |
| 250 | 0,0036 |
| 1440 | 0,0015 |

Πίνακας 4.5. *Μέγιστη Διάμετρος Κόκκων σε αιώρημα
κάτω από τις δεδομένες συνθήκες*

Οι συντελεστές διορθώσεως λαμβάνονται από τους παρακάτω πίνακες. Οι δύο τελευταίοι συντελεστές είναι ανεξάρτητοι από το σχήμα του υδρομέτρου σε αντίθεση με τον πρώτο συντελεστή διόρθωσης.

| Θερμοκρασία του διαλύματος Βαθμοί °C | Διόρθωση της ενδείξεως του υδρόμετρου για τους παρακάτω παράγοντες διασποράς | | | |
|---|---|--|--|--|
| | NaPO ₃ gr/L | Na ₁₂ P ₁₀ O ₃₁ gr/L | Na ₅ P ₃ O ₁₀ gr/L | Na ₆ P ₄ O ₁₃ gr/L |
| 19 | -7,4 | -3,5 | -3,5 | -5,5 |
| 19 1/2 | -7,2 | -3,3 | -3,3 | -5,3 |
| 20 | -6,9 | -3,1 | -3,1 | -5,1 |
| 20 1/2 | -6,7 | -2,9 | -2,9 | -4,9 |
| 21 | -6,5 | -2,7 | -2,7 | -4,7 |
| 21 1/2 | -6,3 | -2,6 | -2,6 | -4,6 |
| 22 | -6,1 | -2,4 | -2,4 | -4,4 |
| 23 | -5,8 | -2,2 | -2,2 | -4,2 |
| 23 1/2 | -5,6 | -2,0 | -2,0 | -4,0 |
| 24 | -5,4 | -1,8 | -1,8 | -3,8 |
| 24 1/2 | -5,2 | -1,6 | -1,6 | -3,6 |
| 25 | -4,9 | -1,4 | -1,4 | -3,4 |
| 25 1/2 | -4,7 | -1,2 | -1,2 | -3,2 |
| 26 | -4,5 | -1,1 | -1,1 | -3,0 |
| 26 1/2 | -4,3 | -0,9 | -0,9 | -2,8 |
| 27 | -4,1 | -0,7 | -0,7 | -2,6 |
| 28 | -3,8 | -0,5 | -0,5 | -2,4 |
| 28 1/2 | -3,6 | -0,3 | -0,3 | -2,2 |
| 29 | -3,4 | -0,1 | -0,1 | -2,1 |
| 29 1/2 | -3,2 | 0,1 | 0,1 | -1,9 |

| | | | | |
|--|------|-----|-----|------|
| 30 | -3,0 | 0,2 | 0,2 | -1,7 |
| 30 1/2 | -2,7 | 0,4 | 0,4 | -1,6 |
| 31 | -2,5 | 0,6 | 0,6 | -1,3 |
| 31 1/2 | -2,3 | 0,8 | 0,8 | -1,1 |
| 32 | -2,1 | 1,0 | 1,0 | -0,9 |
| 33 | -1,9 | 1,2 | 1,2 | -0,7 |
| 33 1/2 | -1,7 | 1,4 | 1,4 | -0,5 |
| 34 | -1,4 | 1,6 | 1,6 | -0,4 |
| 34 1/2 | -1,2 | 1,8 | 1,8 | -0,2 |
| 35 | -1,0 | 2,0 | 2,0 | 0,0 |
| 35 1/2 | -0,8 | 2,1 | 2,1 | 0,2 |
| 36 | -0,6 | 2,3 | 2,3 | 0,4 |
| 36 1/2 | -0,4 | 2,5 | 2,5 | 0,6 |
| (1) Τα διαλύματα παρασκευάζονται δι' αραιώσεις 125 ml έτοιμου διαλύματος παράγοντα διασποράς μέχρι συμπλήρωσεως 1000 ml. | | | | |

Πίνακας 4.6. Σύνθετες διορθώσεις επί των ενδείξεων που διαβάζονται στο πρότυπο, κατά A.A.S.H.O., υδρόμετρο εδάφους 152 H, για τις αναγραφόμενες θερμοκρασίες και διαλύματα διασποράς (I), ώστε να γίνει αναγωγή αυτών σε ενδείξεις μέσα σε αποσταγμένο νερό θερμοκρασίας 20^oC.

| gr/L | KL | gr/L | KL | gr/L | KL | gr/L | KL |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 1 | | 31 | 0,830 | 61 | 0,650 | 91 | 0,465 |
| 2 | | 32 | 0,825 | 62 | 0,643 | 92 | 0,459 |
| 3 | | 33 | 0,819 | 63 | 0,636 | 93 | 0,453 |
| 4 | 0,996 | 34 | 0,814 | 64 | 0,629 | 94 | 0,448 |
| 5 | 0,990 | 35 | 0,805 | 65 | 0,625 | 95 | 0,442 |
| 6 | 0,985 | 36 | 0,800 | 66 | 0,621 | 96 | 0,437 |
| 7 | 0,979 | 37 | 0,794 | 67 | 0,614 | 97 | 0,429 |
| 8 | 0,971 | 38 | 0,789 | 68 | 0,608 | 98 | 0,424 |
| 9 | 0,967 | 39 | 0,783 | 69 | 0,601 | 99 | 0,418 |
| 10 | 0,962 | 40 | 0,778 | 70 | 0,596 | 100 | 0,413 |
| 11 | 0,955 | 41 | 0,770 | 71 | 0,590 | 101 | 0,408 |
| 12 | 0,950 | 42 | 0,764 | 72 | 0,584 | 102 | 0,403 |
| 13 | 0,944 | 43 | 0,758 | 73 | 0,578 | 103 | 0,398 |
| 14 | 0,938 | 44 | 0,752 | 74 | 0,572 | 104 | 0,394 |
| 15 | 0,931 | 45 | 0,748 | 75 | 0,565 | 105 | 0,390 |
| 16 | 0,924 | 46 | 0,743 | 76 | 0,560 | 106 | |
| 17 | 0,918 | 47 | 0,737 | 77 | 0,552 | | |
| 18 | 0,911 | 48 | 0,731 | 78 | 0,547 | | |
| 19 | 0,904 | 49 | 0,725 | 79 | 0,542 | | |
| 20 | 0,897 | 50 | 0,718 | 80 | 0,535 | | |
| 21 | 0,890 | 51 | 0,712 | 81 | 0,529 | | |
| 22 | 0,884 | 52 | 0,705 | 82 | 0,523 | | |
| 23 | 0,878 | 53 | 0,699 | 83 | 0,518 | | |
| 24 | 0,872 | 54 | 0,693 | 84 | 0,513 | | |
| 25 | 0,867 | 55 | 0,686 | 85 | 0,506 | | |
| 26 | 0,860 | 56 | 0,680 | 86 | 0,50 | | |
| 27 | 0,855 | 57 | 0,674 | 87 | 0,492 | | |
| 28 | 0,849 | 58 | 0,669 | 88 | 0,485 | | |
| 29 | 0,841 | 59 | 0,662 | 89 | 0,479 | | |
| 30 | 0,835 | 60 | 0,655 | 90 | 0,472 | | |

Πίνακας 4.7. Εξέυρεση Παράγοντα K_L για Πυκνόμετρο 152Η.

| Ειδικό βάρος | K_G | Θερμοκρασία $^{\circ}C$ | K_n |
|--------------|-------|-------------------------|-------|
| 2,60 | 1,016 | 15,00 | 1,053 |
| 2,61 | 1,013 | 15,50 | 1,046 |
| 2,62 | 1,010 | 16,00 | 1,043 |
| 2,63 | 1,007 | 16,50 | 1,034 |
| 2,64 | 1,003 | 17,00 | 1,028 |
| 2,65 | 1,000 | 17,50 | 1,020 |
| 2,66 | 0,998 | 18,00 | 1,014 |
| 2,67 | 0,995 | 18,50 | 1,008 |
| 2,68 | 0,990 | 19,00 | 1,000 |
| 2,69 | 0,987 | 19,50 | 0,995 |
| 2,70 | 0,985 | 20,00 | 0,988 |
| 2,71 | 0,983 | 20,50 | 0,984 |
| 2,72 | 0,980 | 21,00 | 0,980 |
| 2,73 | 0,978 | 21,50 | 0,975 |
| 2,74 | 0,975 | 22,00 | 0,967 |
| 2,75 | 0,972 | 22,50 | 0,962 |
| | | 23,00 | 0,956 |
| | | 23,50 | 0,950 |
| | | 24,00 | 0,946 |
| | | 24,50 | 0,940 |
| | | 25,00 | 0,935 |
| | | 25,50 | 0,930 |
| | | 26,00 | 0,925 |
| | | 26,50 | 0,920 |

Πίνακας 4.8. Συντελεστής διόρθωσης K_G σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος του εδάφους και Συντελεστής K_n σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία (για να ληφθεί υπόψη η μεταβολή του ιξώδους του μέσου διασποράς).

4.4.3.7. Έντυπα μετρήσεων:

**ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ
(ΜΕΘΟΔΟΣ STOKES'S)**

Έργο : ΑΡΟΗΣ

Βαθμός δείγμ. : 3,20 – 3,80

Θέση λουτρού αρ.....

Πυκνόμετρο...152 ΗΔιόρθωση μηνίσκου.....Αντιθρομβωτική ουσία

Διόρθωση.....Συνολ. διόρθ.....Ειδ.Βάρος κόκκων G_rΣυντελ.διόρθ. α.....

Βάρος εδάφους

Αριθ.δοχείου.....

Βάρος δοχ. + εδάφους.....gr

Βάρος δοχείου.....gr

Βάρος εδάφους υγρού.....gr

Βάρος ξηρού εδάφους $W_s = 60gr$

Περιεχόμενη υγρασία

Αριθ.δοχείου.....

Βάρος δοχ.+ εδάφ. υγρ.....gr

Βάρος δοχ.+εδά. ξηρ.....gr

Βάρος νερού.....gr

Βάρος κάψας.....gr

Βάρος ξηρού δειγμ.....gr

Υγρασία W%

| Ημερομηνία | Χρόνος (λεπτά) | Θερμοκρ. °C | Ανάγνωση R | Διορθωμέν αναγν R | Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση W % | Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση dmm | Ποσοστό κόκκων σε αρχικό W_o % |
|------------|----------------|-------------|------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | 15" | 20 °C | | | | | |
| | 30" | | | | | | |
| | 45" | | | | | | |
| | 1 | | 45 | 41,9 | 75,0 | 42,86 | 75,0 |
| | 2 | | 43 | 39,9 | 71,7 | 30,70 | 71,7 |
| | 5 | | 41 | 37,9 | 68,3 | 19,78 | 68,3 |
| | 15 | | 36 | 32,9 | 60,0 | 11,86 | 60,0 |
| | 30 | | 32 | 28,9 | 53,3 | 8,97 | 53,3 |
| | 60 | | 28 | 24,9 | 46,7 | 6,21 | 46,7 |
| | 250 | | 21 | 17,9 | 35,0 | 3,25 | 35,0 |
| | 1440 | 6 | 2,9 | 10,0 | 1,46 | 10,0 | |

Υπολογισμός Διαμέτρου Κόκκων

$$d = d_o * K_G * K_n * K_L$$

$$W \% = (W_{10} * \alpha) / W_s * R$$

(W_{10} = Ποσοστό του συνολικού δείγματος διερχόμενου στο κόσκινο No 10)

| Χρόνος (λεπτά) | Μέγιστη διάμετρος κόκκων dmm | K_n | K_L | K_G | Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση dmm |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| 15" | 0,11 | 0,988 | | 1,000 | |
| 30" | 0,080 | | | | |
| 45" | 0,065 | | | | |
| 1 | 0,058 | | 748 | | 42,86 |
| 2 | 0,041 | | 758 | | 30,70 |
| 5 | 0,026 | | 770 | | 19,78 |
| 15 | 0,015 | | 800 | | 11,86 |
| 30 | 0,011 | | 825 | | 8,97 |
| 60 | 0,0074 | | 849 | | 6,21 |
| 250 | 0,0037 | | 890 | | 3,25 |
| 1440 | 0,0015 | 985 | 1,46 | | |

Παρατηρήσεις:.....

.....

.....

.....

.....

**ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ
(ΜΕΘΟΔΟΣ STOKES'S)**

Έργο : ΑΡΟΗΣ

Βαθμός δείγμ. : 4,25 – 5,20

Θέση λουτρού αρ.....

Πυκνόμετρο...152 ΗΔιόρθωση μηνίσκου.....Αντιθρομβωτική ουσία

Διόρθωση.....Συνολ. διόρθ.....Ειδ.Βάρος κόκκων G_rΣυντελ.διόρθ. α

Βάρος εδάφους

Αριθ.δοχείου.....

Βάρος δοχ. + εδάφους.....gr

Βάρος δοχείου.....gr

Βάρος εδάφους υγρού.....gr

Βάρος ξηρού εδάφους $W_s = 60gr$

Περιεχόμενη υγρασία

Αριθ.δοχείου.....

Βάρος δοχ.+ εδάφ. υγρ.....gr

Βάρος δοχ.+εδά. ξηρ.....gr

Βάρος νερού.....gr

Βάρος κάψας.....gr

Βάρος ξηρού δειγμ.....gr

Υγρασία W%

| Ημερομηνία | Χρόνος (λεπτά) | Θερμοκρ. °C | Ανάγνωση R | Διορθωμέν αναν R' | Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση W % | Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση dmm | Ποσοστό κόκκων σε αρχικό W_o % |
|------------|----------------|-------------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | 15" | 25 °C | 4,25-5,20 | | | | |
| | 30" | | Shelby | | | | |
| | 45" | | | | | | |
| | 1 | | 29 | 28,9 | 48,3 | 45,61 | 48,3 |
| | 2 | | 25 | 24,9 | 41,5 | 33,24 | 41,5 |
| | 5 | | 23 | 22,9 | 38,2 | 21,34 | 38,2 |
| | 15 | | 20 | 19,9 | 33,2 | 12,58 | 33,2 |
| | 30 | | 18 | 17,9 | 29,8 | 9,37 | 29,8 |
| | 60 | | 16 | 15,9 | 26,5 | 6,93 | 26,5 |
| | 250 | | 11,5 | 11,4 | 19,0 | 3,30 | 19,0 |
| | 1440 | 7 | 6,9 | 11,5 | 1,37 | 11,5 | |

Υπολογισμός Διαμέτρου Κόκκων

$$d = d_o * K_G * K_n * K_L$$

$$W \% = (W_{10} * \alpha) / W_s * R$$

(W_{10} = Ποσοστό του συνολικού δείγματος διερχόμενου στο κόσκινο No 10)

| Χρόνος (λεπτά) | Μέγιστη διάμετρος κόκκων dmm | K_n | K_L | K_G | Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση dmm |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| 15" | 0,11 | 0,935 | | 1,000 | |
| 30" | 0,080 | | | | |
| 45" | 0,065 | | | | |
| 1 | 0,058 | | 841 | | 45,61 |
| 2 | 0,041 | | 867 | | 33,24 |
| 5 | 0,026 | | 878 | | 21,34 |
| 15 | 0,015 | | 897 | | 12,58 |
| 30 | 0,011 | | 911 | | 9,37 |
| 60 | 0,0074 | | 924 | | 6,93 |
| 250 | 0,0037 | | 952,5 | | 3,30 |
| 1440 | 0,0015 | 979 | 1,37 | | |

Παρατηρήσεις:.....

.....

.....

.....

.....

4.5. ΟΡΙΑ ATTERBERG

4.5.1. Εισαγωγή

Σημαντικό ρόλο στην αντοχή και την στερεότητα του εδάφους παίζει η περιεκτικότητα αυτού σε νερό. Στα κοκκώδη εδάφη δηλαδή στα μη συνεκτικά εδάφη η μεταβολή του περιεχόμενου νερού δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία όσο στα συνεκτικά εδάφη που μπορεί να προκαλέσει μεγάλες και σημαντικές αλλαγές. Για αυτό τον λόγο εισάγουμε την έννοια των ορίων Atterberg ούτως ώστε να γίνει κατάταξη των αργιλικών εδαφών ανάλογα με την περιεκτικότητα τους σε νερό.

Έτσι χρησιμοποιούμε τρεις χαρακτηριστικές με βάση την περιεκτικότητα σε νερό που ανάλογα τις καταστάσεις του εδαφικού υλικού παρέχουν τα εξής τρία όρια: το όριο υδαρότητας, το όριο πλαστικότητας και το όριο συρρίκνωσης.

Παρακάτω παραθέεται η πειραματική διαδικασία κάθε ορίου και η ανάλυση της κάθε έννοιας ξεχωριστά. Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει ενδεικτικά τις καταστάσεις ενός εδαφικού δείγματος και το όριο που χρησιμοποιείται για την κάθε μία ξεχωριστά.

- όριο υδαρότητας W_L
- όριο πλαστικότητας W_p
- όριο συρρικνώσεως W_s

Ορισμοί:

Δείκτης πλαστικότητας **PI** ή **IP** = $W_L - W_p$

Δείκτης υδαρότητας **LI** ή

$$IL = \frac{W_L - W_p}{IP}$$

Δείκτης αντιστάσεως $I_C=1-IP$

$$\text{Ενεργότητα εδάφους} = \frac{IP}{\text{ποσοστό αργίλου του εδάφους \%}}$$

| | | | |
|--------------|------------------------------|--------------------|-------|
| υγρό εδάφους | ρευστή κατάσταση | | |
| σε ρευστή | | όριο υδαρότητας | W_L |
| κατάσταση | πλαστική κατάσταση | | |
| αύξηση | στερεή κατάσταση με μεταβολή | | |
| W ο/ο | όγκου | όριο πλαστικότητας | W_P |
| | στερεή κατάσταση χωρίς | | |
| | μεταβολή όγκου | όριο συρρικνώσεως | W_S |
| ξηρό στερεό | | | |
| έδαφος | | | |

| Τιμή δείκτη πλαστικότητας IP | 0-5 | 5-15 | 15-40 | >40 |
|---|---------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|
| Βαθμός πλαστικότητας | Έδαφος όχι πλαστικό | Έδαφος λίγο πλαστικό | Έδαφος πλαστικό | Έδαφος πολύ πλαστικό |

Πίνακας 4.9. Χαρακτηρισμός της πλαστικότητας του εδάφους.

| Ένεργότητα | 0,75 | 0,75-1,25 | 1,25 |
|------------------------------|-------------|------------------|-------------|
| Χαρακτηρισμός του εδάφους | Μη ενεργό | Κανονικό | Ενεργό |

Πίνακας 4.10. Χαρακτηρισμός βαθμού *ενεργότητας* του εδάφους.

Ενιαίο σύστημα κατάταξης εδαφών ASTM D-2487

| Βασικός Διαχωρισμός | | Σύμβολα | Περιγραφή | Κριτήρια Κατάταξης | | |
|---|---|-------------------------------|---|--|--|--|
| Χονδρόκοκκα εδάφη Περισσότερο από 50% παραμένει στο κόσκινο No 200 | Χάλικες 50% ή περισσότερα παραμένουν επί του κοσκίνου No 4 | Χάλικες | GW | Καλά διαβαθμισμένοι χάλικες ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα | Κατάταξη με βάση το λεπτόκοκκο κλάσμα | $C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $I < C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{40}) < 3$ |
| | | | GP | Ομοιόμορφοι χάλικες ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα | | Δεν ισχύουν τα δύο πιο πάνω κριτήρια για GW |
| | | Χάλικες με λεπτόκοκκα | GM | Ιλυώδεις χάλικες. Μίγματα χαλίκων - άμμου - ιλύος | Διερχόμενο από το κόσκινο No 200 < 5% GW, GP, SW, SP | $PI < 4$ η θέση στο σχήμα κάτω από την γραμμή A |
| | | | GC | Αργιλώδεις χάλικες. Μίγματα χαλίκων - άμμου - αργίλου | Διερχόμενο από το κόσκινο No 200 > 12% GM, GC, SM, SC | $PI > 7$ η θέση στο σχήμα επάνω από την γραμμή A |
| | Άμμοι 50% ή περισσότερα διέρχονται από το κόσκινο No 4 | Άμμοι | SW | Καλά διαβαθμισμένες άμμοι ή αμμοχάλικα με λίγα λεπτόκοκκα | | Διερχόμενο από το κόσκινο No 200 μεταξύ 5% και 12% οριακή περίπτωση χρήση διπλού συμβολισμού |
| | | | SP | Ομοιόμορφα άμμοι ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα | Δεν ισχύουν τα δύο πιο πάνω κριτήρια για SW | |
| | | Άμμοι με λεπτόκοκκα | SM | Ιλυώδεις άμμοι. Μίγματα άμμου - ιλύος | | $PI < 4$ η θέση στο σχήμα κάτω από την γραμμή A |
| | | | SC | Αργιλώδεις άμμοι. Μίγματα άμμου - αργίλου | | $PI > 7$ η θέση στο σχήμα επάνω από την γραμμή A |
| | Λεπτόκοκκα εδάφη Λιγότερο από 50% παραμένει στο κόσκινο No 200 | Ιλεις και άργιλοι WL < 50% | ML | Ανόργανες ιλεις, πολύ λεπτές άμμοι, ιλυώδεις και αργιλώδεις άμμοι | <p align="center">Διάγραμμα πλαστικότητας (Όριο υδαρότητας-Δείκτης πλαστικότητας)</p> | |
| | | | CL | Ανόργανες άργιλοι χαμηλής πλαστικότητας (ενίοτε χαλικώδεις, αμμώδεις ή ιλυώδεις) | | |
| OL | | | Οργανικές ιλεις ή ιλυώδεις άργιλοι χαμηλής πλαστικότητας | | | |
| Ιλεις και άργιλοι WL > 50% | | MH | Ανόργανες, συχνά μαρμαρυγιακές ιλεις υψηλής πλαστικότητας | | | |
| | | CH | Ανόργανες άργιλοι υψηλής πλαστικότητας | | | |
| | | OH | Οργανικές άργιλοι μέσης έως υψηλής πλαστικότητας | | | |
| | | Pt | Βουρκώδη και τυρφώδη εδάφη | Ινώδη οργανικά γεωλογικά προϊόντα απανθράκωσης | | |

4.5.2.Όριο Υδαρότητας:

4.5.2.1.Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Στην δοκιμή αυτή προσδιορίζεται το όριο υδαρότητας του εδάφους όπου είναι εκείνο το σημείο όπου η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό μεταβαίνει από την πλαστική στην υδαρή κατάσταση ή αλλιώς όπως την λέμε στερεή κατάσταση.

4.5.2.2.Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. **Κάψα** από πορσελάνη διαμέτρου 12 εκ - Υποδοχείς.
2. **Σπαθίδα** ή μικρό μαχαίρι με λεπίδα.
3. Συσκευή ορίου υδαρότητας γνωστή ως συσκευή **Cassagrande** (που είναι ο μετρητής που συνοδεύει πάντα το όργανο χάραξης).
4. **Όργανο χάραξης.**
5. **Υποδοχείς.**
6. **Ζυγαριά** ευαισθησίας 0.1 gr.
7. **Κλίβανος** σταθερής θερμοκρασίας 110°C.



Εικόνα 4.8. Συσκευή ορίου υδαρότητας (Cassagrande) εργαστηρίου εδαφ/κής Τ.Ε.Ι. Πάτρας



Εικόνα 4.9. Ζυγαριά (εργαστηρίου εδαφ/κής Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.10. Κλίβανος (εργαστηρίου εδαφ/κής Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.5.2.3.Υλικά:

Δείγμα βάρους περίπου 100 γραμμαρίων από το ένα κλάσμα του εδαφικού υλικού μας που το έχουμε αναμείξει καλά και έχει διέλθει από το κόσκινο Νο 40.

4.5.2.4.Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή AASHTO T-89/76.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-4318/83.
3. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/5.

4.5.2.5.Πορεία Εργασίας:

Πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας πρέπει να κάνουμε τον απαραίτητο έλεγχο και ρύθμιση της συσκευής του ορίου της Υδαρότητας.

Κατ' αρχήν η συσκευή αυτή λέγεται συσκευή Casagrande. Αποτελείται από ένα ορειχάλκινο κύπελλο και από μια βάση που είναι κατασκευασμένη σύμφωνα με τις πρότυπες διαστάσεις.

Η συσκευή λοιπόν αυτή πριν την έναρξη της δοκιμής πρέπει να ελεγχθεί για την όσο καλύτερη κατάσταση λειτουργία της δηλαδή να μην έχει υποστεί οποιοδήποτε είδους φθοράς στον πείρο που συγκρατεί την μεταλλική κάψα , οι κοχλίες συνδέσεως της να είναι σφιγμένοι καλά και να μην έχει χαραχθεί λόγω του χρόνου χρήσης της. Αφού πραγματοποιηθεί έλεγχος τότε ρυθμίζουμε το ύψος από το οποίο θα πέφτει η μεταλλική κάψα με την βοήθεια του μετρητή που βρίσκεται στο πίσω μέρος του οργάνου χάραξης. Το ύψος αυτό είναι καθορισμένο στο ένα εκατοστό από την βάση.

Στην συνέχεια σταθεροποιούμε την πλάκα ρύθμισης με το να σφίξουμε τους κοχλίες και κάνουμε έναν έλεγχο για την ρύθμιση με την βοήθεια του στρόφαλου εάν τον περιστρέψουμε μερικές φορές. Σε περίπτωση που έχουμε κάνει την διαδικασία αυτή σωστά και η ρύθμιση είναι ακριβής τότε

θα πρέπει να ακούγεται ένας ελαφρύς ήχος στη θέση εκείνη που η προεξοχή του στρόφαλου εφάπτεται με την προεξοχή της κάψας. Σε αντίθετη περίπτωση και αν η μεταλλική κάψα δεν ανυψώνεται θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η ρύθμιση της συσκευής από την αρχή.

Αφού εκτελεστεί με επιτυχία η παραπάνω διαδικασία είμαστε έτοιμοι να πραγματοποιήσουμε την δοκιμή μας. Παίρνουμε το δείγμα μας που είναι περίπου 100 γραμμάρια και το κοσκινίζουμε χρησιμοποιώντας το κόσκινο Νο. 4 έτσι ώστε το μέγεθος των κόκκων του δείγματος να μην υπερβαίνουν τα 0.4 χιλιοστά. Το δείγμα που έχει περάσει από το κόσκινο το αναμειγνύουμε με την βοήθεια της σπαθίδας με όση ποσότητα αποσταγμένου νερού χρειάζεται (περίπου 15-20 κυβικά νερού) με σκοπό να σχηματιστεί μια μαλακή μάζα. Προσέχουμε ιδιαίτερα την ανάμειξη του εδαφικού δείγματος με το αποσταγμένο νερό για να επιτύχουμε την ομοιομορφία του μίγματος.

Στην συνέχεια παίρνουμε ένα μέρος του μίγματος και το τοποθετούμε στο κύπελλο της συσκευής Casagrande και στο πάνω μέρος πάνω από το σημείο που ακουμπά η μεταλλική κάψα στη βάση της συσκευής. Απλώνουμε το υλικό και προσέχουμε το πάχος του μίγματος να μην υπερβαίνει το ένα εκατοστό. Με την βοήθεια του οργάνου χάραξης διαιρούμε το μίγμα μας με μια σταθερή διαδρομή κατά μήκος της διαμέτρου που διέρχεται από το μέσο του στηρίγματος του κυπέλλου με στόχο τον σχηματισμό μιας καθαρής και απότομης χαραγής κατάλληλων πάντα διαστάσεων. Η χάραξη γίνεται το πολύ 6 φορές για να αποφύγουμε την δημιουργία σχισμών επί των πλευρών της χαραγής ή ολισθήσεως του εδάφους. Σε κάθε χάραξη πρέπει να αυξάνεται το βάθος αλλά στην τελευταία χάραξη δεν πρέπει να φαίνεται ο πυθμένας του κυπέλλου.

Επόμενο βήμα είναι να γυρίσουμε τον στρόφαλο, 2 γύρους ανά sec, με αποτέλεσμα η λεκάνη να πέφτει ρυθμικά πάνω στο βάθρο του οργάνου μέχρι το σημείο όπου η χάραξη κλείσει περίπου στα 12.7 χιλιοστά. Διαβάζουμε και σημειώνουμε τον αριθμό των κτύπων και παίρνουμε ένα μέρος του δείγματος για να βρούμε την περιεκτικότητα σε νερό. Για κάθε δείγμα πραγματοποιούμε τουλάχιστον τρεις δοκιμές για διαφορετικές περιεκτικότητες σε νερό. Προτιμητέο είναι να υπάρχουν μετρήσεις μεταξύ 10-20 , 20-30 , 30-40 κτύπων.

Με βάση τα αποτελέσματα μας φτιάχνουμε ένα διάγραμμα σε ημιλογαριθμικό χαρτί όπου στον άξονα χ τοποθετούμε τον αριθμό των κτύπων και στον άξονα ψ την περιεχόμενη υγρασία. Έτσι από αυτή την ευθεία μπορούμε να βρούμε το όριο της υδαρότητας όπου είναι η τιμή του σημείου στον άξονα ψ που τέμνεται από την ευθεία στο σημείο των 25 κτύπων του άξονα χ. Πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι το όριο της υδαρότητας που από εδώ και στο εξής θα το συμβολίζουμε ως LL δίδεται σε ακέραιες μονάδες.

4.5.2.6.Υπολογισμοί:

Στις τρεις δοκιμές που εκτελούμε κατά την διάρκεια του πειράματος βρίσκουμε την περιεκτικότητα σε νερό από τον τύπο

$$w = \frac{W_1}{W_2} * 100$$

όπου w: η περιεκτικότητα σε νερό,

W_1 : το βάρος του νερού σε γραμμάρια και

W_2 : το βάρος του ξηρού εδαφικού δείγματος.

Τέλος χαράσσουμε την καμπύλη και βρίσκουμε το όριο υδαρότητας όπως αναφέραμε στην διαδικασία του πειράματος.

4.5.2.7. Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα:

Κατά την διαδικασία της πειραματικής διαδικασίας πρέπει να είμαστε προσεκτικοί και να μην λαμβάνουμε υπόψη αποτελέσματα από δοκιμή που έχουν πραγματοποιηθεί κτύποι περισσότεροι από 35 και λιγότεροι από 15.

Θα πρέπει επίσης να προσέξουμε ότι τα αποτελέσματα του ορίου υδαρότητας πρέπει να δίνονται σε ακέραιες μονάδες . Όταν το υλικό μας έχει δείκτη πλαστικότητας μικρότερο του 10 τότε το όριο υδαρότητας δίνεται ως αποτέλεσμα με ακρίβεια 0,1.

Με τα αποτελέσματα του ορίου υδαρότητας είμαστε σε θέση να συμπεράνουμε κατά πόσο κοντά είναι ένα φυσικό έδαφος στο όριο υδαρότητας και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο

$$I.L.= \frac{W_U - W_P}{W_L - W_P}$$

όπου W_u είναι η φυσική υγρασία.

Με βάση τα αποτελέσματα που παίρνουμε μπορούμε να συμπεράνουμε τα ακόλουθα. Εάν το όριο υδαρότητας είναι υψηλό τότε μας δείχνει ότι το έδαφος είναι κακό για θεμελίωση, σε περίπτωση όπου το μέτρο συμπίεσεως και η γωνία εσωτερικής τριβής είναι μικρά τότε υπάρχει σοβαρός κίνδυνος καθιζήσεων και ολισθήσεων.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδος AASHTO πρέπει να πραγματοποιηθούν τρεις διαδικασίες προσδιορισμού του ορίου υδαρότητας: την μηχανική μέθοδο κατά εναλλαγή ή μέθοδο με ένα σημείο, την μηχανική μέθοδο με τρία σημεία (που πραγματοποιείται στο εργαστήριο της εδαφομηχανικής και περιγράψαμε παραπάνω) και την μέθοδο με το χέρι.

4.5.3.Όριο πλαστικότητας:

4.5.3.1.Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Στην δοκιμή αυτή υπολογίζουμε το όριο της πλαστικότητας του εδάφους όπου είναι εκείνο το σημείο που το έδαφος έχει την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε νερό, δηλαδή το χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας, και μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεά κατάσταση.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθούν τα αποτελέσματα της έρευνας του κ. Δημόπουλου (1986) όπου ανέφερε ότι <<Αν η περιεκτικότητα του δείγματος σε νερό αρχίζει να ελαττώνεται τότε τα τεμάχια του εδάφους πλησιάζουν μεταξύ τους με αποτέλεσμα το υλικό να συρρικνώνεται και το έδαφος να συρρικνώνεται. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η συνοχή του εδάφους και μ' αυτή η αντοχή του σε πίεση. Αν εξακολουθήσει να ελαττώνεται η υγρασία του, τότε εισέρχεται μέσα στους πόρους αέρας. Αν το ζυμώσουμε με το χέρι κόβεται σε μικρούς κυλίνδρους. Σε αυτό το σημείο χάνει τις πλαστικές του ιδιότητες και προσδιορίζουμε την περιεκτικότητα του σε νερό κατά το όριο πλαστικότητας υλικού>>.

4.5.3.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. **Κάψα** από πορσελάνη διαμέτρου 12 εκατοστών – Υποδοχείς.
2. **Σπάτουλα** με λεπίδα διαστάσεων 8 εκατοστά μήκος και πλάτος 2 εκατοστών περίπου.
3. Επιφάνεια για κυλίνδρωση όπως είναι **γυάλινη πλάκα** σμυριδωμένη ή κομμάτι ομαλού και αστίλβωτου χαρτιού για την πραγματοποίηση της κυλίνδρωσης του δείγματος.
4. **Υποδοχείς** που είναι κατασκευασμένοι από γυαλί έτσι ώστε να μην υπάρξει απώλεια υγρασίας κατά την διαδικασία της ζύγισης.
5. **Ζυγαριά** ευαισθησίας 0.001 gr.

6. Κλίβανος σταθερής θερμοκρασίας 110°C.



Εικόνα 4.11. Σπάτουλες (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.5.3.3.Υλικά:

1. Εδαφικό δείγμα βάρους περίπου 20 γραμμαρίων όπου έχει διέλθει από το κόσκινο Νο 40.
2. Αποσταγμένο νερό.

4.5.3.4.Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή AASHO T-90/70.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-4318/83.
3. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/6.

4.5.3.5.Πορεία Εργασίας:

Παίρνουμε ποσότητα εδάφους, όπως αναφέραμε και προηγουμένως, περίπου 20 γραμμαρίων όπου έχει διέλθει από το κόσκινο Νο 40. Ανακατεύουμε καλά το δείγμα μας με τόση ποσότητα νερού όση χρειάζεται για να μορφώνεται η μάζα του δείγματος σε βώλους, μέχρι το σημείο εκείνο δηλαδή όπου η μάζα του εδαφικού δείγματος να καταστεί πλαστική. Η ποσότητα

δοκιμής που χρησιμοποιούμε για την εκτέλεση του πειράματος αυτού είναι περίπου 8 γραμμάρια. Κυλινδρώνουμε την ποσότητα αυτή μεταξύ των δακτύλων και της σφυριδωμένης γυάλινης πλάκας με την απαιτούμενη πίεση ούτως ώστε να διαμορφωθεί η μάζα σε ραβδίσκο ομοιόμορφου διαμέτρου σε όλο το μήκος του.

Στο σημείο όπου η διάμετρος του ραβδίσκου καταστεί 3 χιλιοστά ο ραβδίσκος θραύεται πάλι σε έξι με οκτώ τεμάχια. Συμπιέζουμε τα τεμάχια μεταξύ τους για να δημιουργηθεί μία ομοιόμορφη μάζα και να επαναληφθεί η κυλίνδρωση. Οι εργασίες που ακολουθούν είναι επαναλαμβανόμενες και με την ακόλουθη σειρά κυλίνδρωση σε ραβδίσκο διαμέτρου τριών χιλιοστών, συνένωση, αναζύμωση και ξανά κυλίνδρωση μέχρι που ο ραβδίσκος θα θρυμματισθεί με την απαιτούμενη πίεση που θα ασκηθεί από την κυλίνδρωση και το έδαφος θα φτάσει στο σημείο που δεν θα μπορεί να κυλινδρωθεί άλλο σε ραβδίσκο. Ο θρυμματισμός μπορεί να επέλθει όταν ο ραβδίσκος έχει διάμετρο μεγαλύτερη από τρία χιλιοστά.

Το όριο πλαστικότητας έτσι, όπου θα το συμβολίζουμε ως PL, υπολογίζεται ως την υγρασία που διέρχεται στον ραβδίσκους των τριών χιλιοστών και προκύπτει από τα αποτελέσματα του μέσου όρου των τριών δοκιμών που εκτελέστηκαν.

4.5.3.6.Υπολογισμοί:

Το όριο πλαστικότητας είναι καθαρός αριθμός εκφραζόμενος επί τοις εκατό και ισούται με το κλάσμα του βάρους του νερού δια το βάρος του εδάφους που ξηράνθηκε στον κλίβανο επί 100. Αριθμητικά αυτό ισούται με την παρακάτω πράξη:

$$W_P = \frac{W_W}{W_S}$$

Επίσης μπορούμε να υπολογίσουμε τον δείκτη πλαστικότητας που είναι

$$I_P = \frac{W_L}{W_P}$$

όπου W_L είναι το όριο υδαρότητας και W_P το όριο πλαστικότητας.

4.5.3.7. Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα:

Η διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας και του ορίου πλαστικότητας είναι στον δείκτη πλαστικότητας. Αναλυτικότερα όταν το δύο όρια δεν μπορούν να υπολογιστούν αναφέρουμε τον δείκτη πλαστικότητας ως NP (μη πλαστικό).

Επίσης όταν το έδαφος είναι αμμώδες πρώτα πρέπει να εκτελούμε την δοκιμή του ορίου πλαστικότητας και μετά τη δοκιμή του ορίου υδαρότητας και αναφέρουμε το όριο υδαρότητας και το όριο πλαστικότητας σαν NP (μη πλαστικό). Τέλος όταν το όριο πλαστικότητας είναι μεγαλύτερο από το όριο υδαρότητας ($W_P > W_L$) τότε αναφέρεται ο δείκτης πλαστικότητας ως NP.

Το όριο και ο δείκτης πλαστικότητας εκφράζονται σαν ακέραιοι αριθμοί με μόνη εξαίρεση για τα υλικά που έχουν $IP < 10$ τότε εκφράζονται με ακρίβεια δεκάτου.

Ο συνδυασμός του ορίου πλαστικότητας και του δείκτη πλαστικότητας μπορεί να μας δείξει την καταλληλότητα του εδάφους όπου και θα χρησιμοποιήσουμε σαν υλικό επιχωμάτων. Ένα συνεκτικό έδαφος με περιεκτικότητα σε νερό κάτω από το όριο πλαστικότητας συμπυκνώνεται πολύ εύκολα.

4.5.4. Όριο συρρίκνωσης:

4.5.4.1. Εισαγωγικές πληροφορίες- Σκοπός :

Στην δοκιμή αυτή υπολογίζουμε το όριο συρρίκνωσης που είναι το σημείο εκείνο που το έδαφος έχει τόση περιεκτικότητα σε νερό όση χρειάζεται για να πληρώσει τα κένα του ξηραθέντος δείγματος.

4.5.4.2.Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. Ογκομετρικός κύλινδρος.
2. Κάψες - Υποδοχείς.
3. Σπαθίδα.
4. Δοχείο τήξεως παραφίνης.
5. Ζυγαριά ακριβείας.
6. Κλίβανος.
7. Θερμόμετρο.
8. Πυκνόμετρο.

4.5.4.3.Υλικά:

1. Δείγμα εδαφικού υλικού.
2. Νερό αποσταγμένο.
3. Παραφίνη.

4.5.4.4.Πορεία Εργασίας:

Στην αρχή αυτής της πειραματικής διαδικασίας παίρνουμε τον ογκομετρικό κύλινδρο τον καθαρίζουμε και γεμίζουμε τα $\frac{3}{4}$ αυτού με αποσταγμένο νερό. Διαβάζουμε και καταγράφουμε την αρχική στάθμη του νερού.

Στην συνέχεια παίρνουμε ένα κομμάτι εδαφικό δείγμα σε σχήμα τέτοιο που να χωράει μέσα στη φιάλη μας. Βαφτίζουμε το δείγμα μέσα στην παραφίνη όπου πρώτα την έχουμε λιώσει με σκοπό το δείγμα να καλυφθεί ολόκληρο από ένα λεπτό υμένα παραφίνης.

Μετ' έπειτα ζυγίζουμε το δείγμα μας με την παραφίνη και το τοποθετούμε μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο όπου περιέχει το αποσταγμένο νερό, διαβάζουμε την ένδειξη και την σημειώνουμε.

Έτσι προσδιορίζουμε την υγρασία και το ειδικό βάρος και τέλος τα μεγέθη αυτού του πειράματος. Η διαδικασία αυτή πρέπει να εκτελεστεί τουλάχιστον 3 φορές ούτως ώστε τα αποτελέσματα μας να είναι πιο αξιόπιστα.

4.5.4.5.Υπολογισμοί:

Το όριο συρρίκνωσης υπολογίζεται από τον τύπο

$$S_w = \frac{V - V_s}{W_t} * G_t$$

όπου:

V: ο όγκος του εδαφικού δείγματος,

V_s: ο όγκος του ξηρού εδαφικού δείγματος,

W_s: το βάρος του εδαφικού δείγματος

$$W_s = \frac{W_{\text{υγρ}} * 100}{100 + w}$$

και G_t: είναι το ειδικό βάρος του νερού σε συγκεκριμένη θερμοκρασία.

4.5.4.6. Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα:

Το όριο συρρίκνωσης εάν υπερβαίνει την τιμή 0,15 τότε το έδαφος μας χαρακτηρίζεται ως κακό έδαφος με αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή όταν στεγνώσει το έδαφος δημιουργούνται ρωγμές και με την εμφάνιση βροχής γεμίζουν αυτές με νερό και υπάρχει σοβαρός κίνδυνος κατολίσθησης και εκτίναξης από τον παγετό.

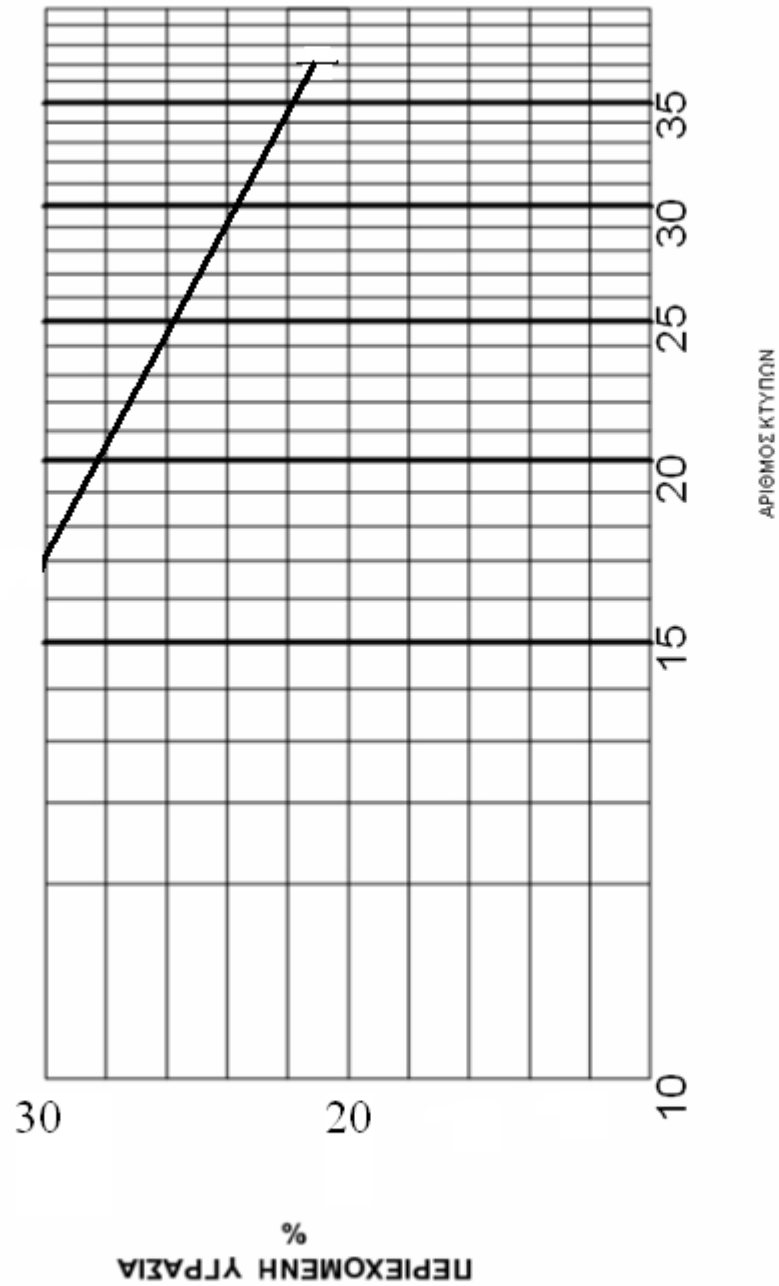
Τέλος σε όλες τις δοκιμές των ορίων θα πρέπει να προσέξουμε οι συσκευές μας να είναι στεγνές και καθαρές.

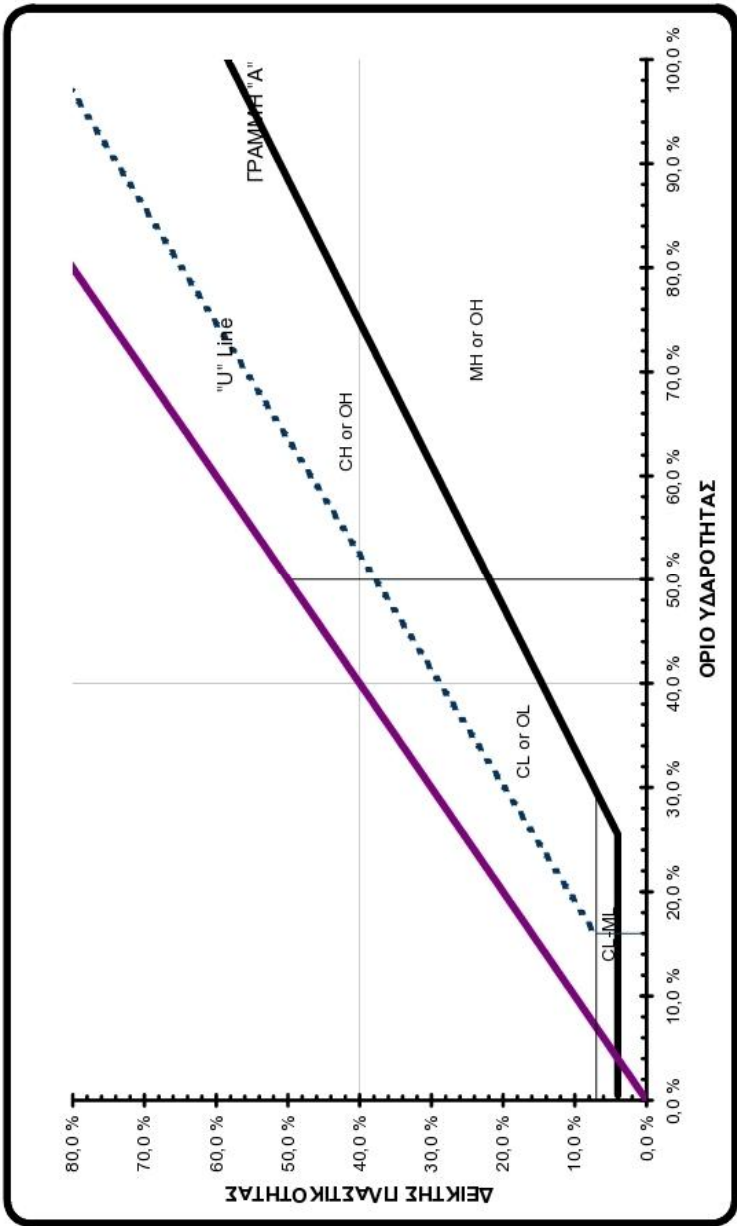
4.5.4.7. Έντυπα μετρήσεων:

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|---|--|---------------------------|
| A.T.E.I. Πάτρας | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΑΑΣΗΟ Τ-89, Τ-90 | | | | | | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
| Δεγματοληψία: | | | | | | | |
| Θέση: | | | | | | | Ημερομηνία Ελέγχου: |
| Ημερομηνία Δείγματος: | | | | | | | Σελίδα 1/2 |
| Είδος Δείγματος: | | | | | | | Αρ. Δείγματος: |
| ΔΟΚΙΜΗ | | | Προσδιορισμός Όριου Υδαρότητας | | | Προσδιορισμός Όριου Πλαστικότητας | |
| | Αριθμός Δοκιμής | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | Αριθμός Υποδοχέα | | | | | | |
| | Αριθμοί κτύπων | | | | | | |
| A | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | | | | | | |
| B | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | | | | | | |
| Γ | Βάρος Ύδατος (g) (Γ=A-B) | | | | | | |
| Δ | Βάρος Υποδοχέα (g) | | | | | | |
| E | Βάρος Ξηρού Δείγματος (g) (E=B-Δ) | | | | | | |
| Z | Περιεχόμενη υγρασία % (Z=Γ*100/E) | | | | | | |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: | | | | | | | |
| Μ.Ο. Υγρασίας: | | | | | | | |
| Όριο Υδαρότητας LL ή $W_L=$ | | | | | | | |
| Όριο Πλαστικότητας PL ή $W_P=$ | | | | | | | |
| Δείκτης Πλαστικότητας PI ή $I_P=$ | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------|---------------------------------------|-------|-------|--|---------------------------|
| A.T.E.I. Πάτρας | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΩΝ ΑΑSHO T-89, T-90 | | | | | | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
| Δειγματοληψία: | | | | | | | |
| Θέση: | | | | | | | Ημερομηνία Ελέγχου: |
| Ημερομηνία Δείγματος: | | | | | | | Σελίδα 1/2 |
| Είδος Δείγματος: | | | | | | | Αρ. Δείγματος: |
| ΔΟΚΙΜΗ | | | Προσδιορισμός Όριου Υδαρότητας | | | Προσδιορισμός Όριου Πλαστικότητας | |
| | Αριθμός Δοκιμής | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | Αριθμός Υποδοχέα | | | | | | |
| | Αριθμοί κτύπων | 37 | 17 | 16 | | | |
| A | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | 30,50 | 25,00 | 22,00 | 15,00 | 15,70 | 15,19 |
| B | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | 29,00 | 23,50 | 20,50 | 14,80 | 15,60 | 15,12 |
| Γ | Βάρος Ύδατος (g) (Γ=A-B) | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 0,20 | 0,10 | 0,07 |
| Δ | Βάρος Υποδοχέα (g) | 22,00 | 18,50 | 14,50 | 13,50 | 15,00 | 14,67 |
| E | Βάρος Ξηρού Δείγματος (g) (E=B-Δ) | 7,00 | 5,00 | 6,00 | 1,30 | 0,60 | 0,45 |
| Z | Περιεχόμενη υγρασία % (Z=Γ*100/E) | 21,4 | 30,0 | 25,00 | 15,40 | 16,70 | 15,6 |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: | | | | | | | |
| Μ.Ο. Υγρασίας: | | | | | | | |
| Όριο Υδαρότητας LL ή $W_L=25.47$ | | | | | | | |
| Όριο Πλαστικότητας PL ή $W_P=19.32$ | | | | | | | |
| Δείκτης Πλαστικότητας PI ή $I_P=6.15$ | | | | | | | |

| | | |
|---|---|------------------------------|
| Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ AASHO T-89, T-90 | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ |
| Δεγματοληψία | | |
| Θέση: | | |
| Ημερομηνία δειγμ.: | | |
| Είδος δείγματος: | | |
| Ημέρα ελέγχου: Σελίδα 2 / 2 Αρ. Δειγμ.: | | |





| | | | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------------------|---|---|--|--|---|
| Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ AASHO T-89, T-90 | | | | | | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ | |
| Δειγματοληψία: Δ3 Περιοχή Αρόης Πατρών | | | | | | | | |
| Θέση: 4.25 - 5.20 m | | | | | | | Ημερομηνία Ελέγχου: | |
| Ημερομηνία Δείγματος: | | | | | | | Σελίδα 1/1 | |
| Είδος Δείγματος: Selby | | | | | | | Αρ. Δείγματος: | |
| ΔΟΚΙΜΗ | | | Προσδιορισμός Ορίου Υδαρότητας | | | Προσδιορισμός Ορίου Πλαστικότητας | | |
| | Αριθμός Δοκιμής | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | Αριθμός Υποδοχέα | | 65 | | | 3 | 30 | |
| | Αριθμοί κτύπων | | 25 | | | | | |
| A | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | | 28.299 | | | 20.248 | 19.102 | |
| B | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | | 25.685 | | | 19.813 | 18.697 | |
| Γ | Βάρος Ύδατος (g) (Γ=A-B) | | 2.614 | | | 435 | 405 | |
| Δ | Βάρος Υποδοχέα (g) | | 16.609 | | | 16.47 | 15.607 | |
| E | Βάρος Ξηρού Δείγματος (g) (E=B-Δ) | | 9.076 | | | 3.343 | 3.09 | |
| Z | Περιεχόμενη υγρασία % (Z=Γ*100/E) | | 28.8 | | | 13 | 13.1 | |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Λόγω εμπειρίας η ποσότητα του νερού που προστέθηκε στο υλικό ήταν η κατάλληλη κι έτσι είχαμε επιτυχία της δοκιμής στους 25 κτύπους. | | | | | | | M.O. Υγρασίας: | |
| Το έδαφος έχει μέση πλαστικότητα 7 < I _p < 17 | | | | | | | Όριο Υδαρότητας LL ή W _L = 28.8 | |
| | | | | | | | Όριο Πλαστικότητας PL ή W _P = 13.1 | |
| | | | | | | | Δείκτης Πλαστικότητας PI ή I _P = 15.7 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------------------|---|---|--|---|---|
| Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας | ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΛΑΣΗΟ Τ-89, Τ-90 | | | | | | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ | |
| Δειγματοληψία: Δ3 Περιοχή Αρόης Πατρών | | | | | | | | |
| Θέση: 3,20 – 3,80 m | | | | | | | Ημερομηνία Ελέγχου: | |
| Ημερομηνία Δείγματος: | | | | | | | Σελίδα 1/1 | |
| Είδος Δείγματος: Selby | | | | | | | Αρ. Δείγματος: | |
| ΔΟΚΙΜΗ | | | Προσδιορισμός Ορίου Υδαρότητας | | | Προσδιορισμός Ορίου Πλαστικότητας | | |
| | Αριθμός Δοκιμής | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | Αριθμός Υποδοχέα | | 2 | | | 29 | 32 | |
| | Αριθμοί κτύπων | | 25 | | | | | |
| A | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | | 26,243 | | | 16,130 | 18,415 | |
| B | Βάρος Ξηρού Δείγματος + Υποδοχέα (g) | | 22,630 | | | 15,675 | 17,910 | |
| Γ | Βάρος Υδατος (g) (Γ=A-B) | | 3,613 | | | 455 | 505 | |
| Δ | Βάρος Υποδοχέα (g) | | 12,650 | | | 13,135 | 15.170 | |
| E | Βάρος Ξηρού Δείγματος (g) (E=B-Δ) | | 9,980 | | | 2,540 | 2,790 | |
| Z | Περιεχόμενη υγρασία % (Z=Γ*100/E) | | 36,2 | | | 17,9 | 18,1 | |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Λόγω εμπειρίας η ποσότητα του νερού που προστέθηκε στο υλικό ήταν η κατάλληλη κι έτσι είχαμε επιτυχία της δοκιμής στους 25 κτύπους. | | | | | | | M.O. Υγρασίας: | |
| Το έδαφος σ' αυτό το έχει μεγάλη πλαστικότητα $I_p > 7$ | | | | | | | Όριο Υδαρότητας LL ή $W_L = 36,2$ | |
| | | | | | | | Όριο Πλαστικότητας PL ή $W_p = 18$ | |
| | | | | | | | Δείκτης Πλαστικότητας PI ή $I_p = 18,2$ | |

4.6.ΠΟΡΩΔΕΣ – ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ

4.6.1.Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Μεταξύ των κόκκων του εδάφους υπάρχουν κενά. Το μέγεθος αυτών των κενών προσδιορίζεται από το πορώδες, από εδώ και στο εξής θα το συμβολίζουμε ως n , και τον δείκτη πόρων, συμβολιζόμενο ως e .

Με τα μεγέθη αυτά θα ασχοληθούμε σε αυτή την πειραματική διαδικασία διότι σχετίζονται άμεσα με την διαπερατότητα, το φαινόμενο βάρους, την τριχοειδή ανύψωση και άλλα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους.

Αναλυτικότερα, πορώδες n ονομάζεται ο λόγος των κενών V_v ενός εδαφικού δείγματος προς τον συνολικό όγκο V δηλαδή

$$n = \frac{V_v}{V} * 100$$

όπου ο όγκος των κενών ισούται με την διαφορά του συνολικού όγκου με τον όγκο των στερεών που αριθμητικά αυτό σημαίνει

$$V_v = V - V_s$$

Δείκτης πόρων είναι ο λόγος του όγκου των κενών ενός εδαφικού δείγματος προς τον όγκο των στερεών αυτού άρα θα ισχύει

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

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι και τα δύο αυτά μεγέθη είναι καθαροί αριθμοί και είναι εκφραζόμενοι επί τοις εκατό. Οι τιμές του πορώδες κυμαίνονται από 20-85% ενώ οι τιμές του δείκτη πόρων είναι γύρω στην μονάδα.

Ωστόσο τα δύο μεγέθη αυτά δεν είναι αρκετά για να διακρίνουμε αν το έδαφος είναι συμπαγές ή χαλαρό. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε ακόμα ένα μέγεθος τον δείκτη σχετικής πυκνότητας D_r που σχετίζεται με την μηχανική συμπεριφορά των κοκκώδων εδαφών. Ο δείκτης σχετικής πυκνότητας δίνεται από τον παρακάτω τύπο

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

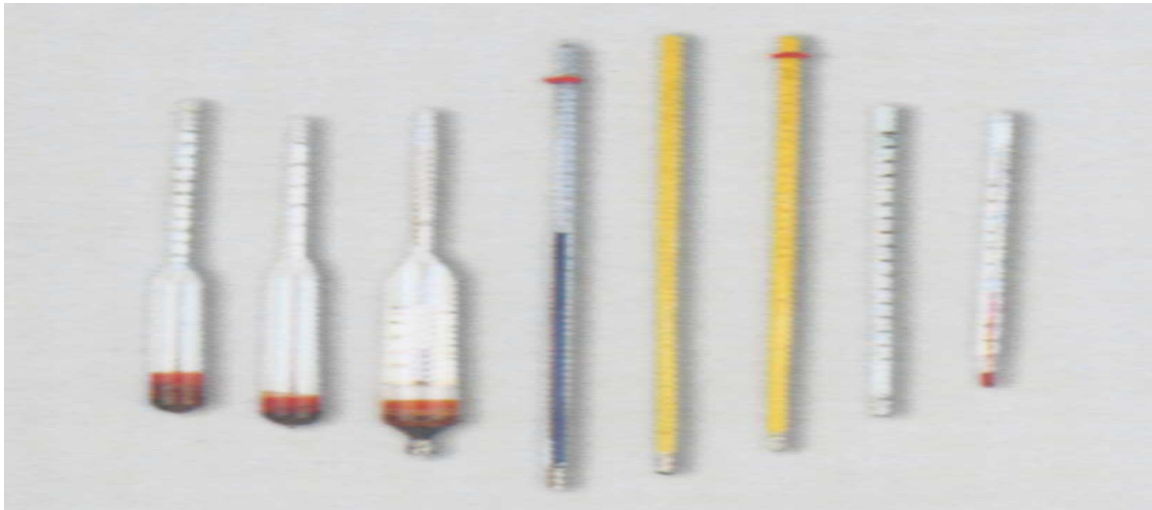
όπου: e_{\max} είναι η τιμή του δείκτη πόρων για την χαλαρή κατάσταση του εδάφους και

e_{\min} η τιμή του δείκτη πόρων που αντιστοιχεί για την συμπαγή κατάσταση του εδάφους.

Αν $e = e_{\max}$ τότε $D_r = 0\%$ και εάν $e = e_{\min}$ τότε $D_r = 100\%$.

4.6.2.Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. **Ογκομετρικός κύλινδρος των 200 ml.**
2. **Πυκνόμετρο**, το οποίο θα μας διευκολύνει στον προσδιορισμό του ειδικού βάρους.
3. **Θερμόμετρο.**
4. **Σπαθίδα.**
5. **Κάψες - Υποδοχείς.**
6. **Κλίβανος.**
7. **Δοχείο τήξεως παραφίνης.**
8. **Ζυγαριά** είτε ικανότητας 200 γραμμαρίων είτε ακρίβειας 0.01gr.



Εικόνα 4.12. *Θερμόμετρα*



Εικόνα 4.13. *Κλίβανος*

4.6.3.Υλικά:

1. Εδαφικό δείγμα αδιατάρακτο.
2. Απεσταγμένο νερό.
3. Παραφίνη.

4.6.4.Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή AASHTO T-147.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM C-29.

3. Ελληνική προδιαγραφή Ε 103-84/2.

4.6.5. Πορεία Εργασίας:

Στην αρχή αυτής της πειραματικής διαδικασίας παίρνουμε τον ογκομετρικό κύλινδρο τον καθαρίζουμε και γεμίζουμε τα $\frac{3}{4}$ αυτού με αποσταγμένο νερό. Διαβάζουμε και καταγράφουμε την αρχική στάθμη του νερού.

Στην συνέχεια παίρνουμε ένα κομμάτι εδαφικό δείγματος σε σχήμα τέτοιο που να χωράει μέσα στη φιάλη μας. Βαφτίζουμε το δείγμα μέσα στην παραφίνη όπου πρώτα την έχουμε λιώσει με σκοπό το δείγμα να καλυφθεί ολόκληρο από ένα λεπτό υμένα παραφίνης.

Μετ' έπειτα ζυγίζουμε το δείγμα μας με την παραφίνη και το τοποθετούμε μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο όπου περιέχει το αποσταγμένο νερό, διαβάζουμε την ένδειξη και την σημειώνουμε. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζουμε την υγρασία και το ειδικό βάρος και τέλος τα μεγέθη όπου και απασχολούμαστε σε αυτό το πείραμα. Η διαδικασία αυτή πρέπει να εκτελεστεί τουλάχιστον 3 φορές ούτως ώστε τα αποτελέσματα μας να είναι πιο αξιόπιστα.

4.6.6. Υπολογισμοί:

Με την διαδικασία που αναφέραμε παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο του εδαφικού δείγματος. Επίσης γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα της παραφίνης είναι $B=0,892 \text{ gr/cm}^3$. Ακόμη μπορούμε να υπολογίσουμε το ειδικό βάρος του ξηρού εδάφους από τον τύπο :

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_s - W_1} \cdot \frac{\gamma_w}{W_2}$$

όπου

$$W_s = \frac{W_{\text{υγρ}}}{1 + W}$$

και με τον τύπο

$$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s}$$

υπολογίζουμε το πορώδες και τον δείκτη πόρων από τους τύπους.

Επίσης,

$$n = 1 - \frac{W_s}{V_s}$$

και

$$e = \frac{V_s}{W_s} - 1$$

Τέλος το πορώδες και ο δείκτης πόρων σχετίζονται μεταξύ τους σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους:

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

και

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

4.6.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα:

Ο ακριβής προσδιορισμός του πορώδους και του δείκτη πόρων γίνεται σε αδιατάρακτα εδάφη με αποτέλεσμα στα κοκκώδη εδάφη να είναι αδύνατη η ακριβής μέτρηση αυτών.

Με την μέτρηση των n και e επίσης μπορούμε να υπολογίσουμε το φαινόμενο βάρος γ , τον δείκτη σχετικής πυκνότητας D_r , την διαπερατότητα k , την συμπιεστικότητα και την συμπύκνωση του εδάφους.

4.6.8. Έντυπα μετρήσεων:

| ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ e, n, S_w | | | | | |
|---|--|--------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Α/Α | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ | ΜΟΝΑΔΕΣ | ΔΟΚΙΜΗ | | |
| | | | 1 ^Η | 2 ^Η | 3 ^Η |
| A | Βάρους υγρού δείγματος και παραφίνης | gr | | | |
| B | Βάρους εδάφους | gr | | | |
| Γ | Βάρους παραφίνης (Γ=A-B) | gr | | | |
| Δ | Πυκνότητα παραφίνης | gr/cm³ | | | |
| E | Όγκος παραφίνης (E=Γ/Δ) | cm³ | | | |
| Z | Αρχική ανάγνωση στάθμης νερού | cm³ | | | |
| H | Τελική ανάγνωση στάθμης νερού | cm³ | | | |
| Θ | Όγκος εδάφους & παραφίνης (Θ=H-Z) | cm³ | | | |
| I | Όγκος εδαφικού δείγματος (I=Θ-E) | cm³ | | | |
| K | Περιεχόμενη υγρασία εδάφους | % | | | |
| Λ | Βάρους ξηρού εδαφικού δείγματος (Λ= 100*B/100+K) | gr | | | |
| M | Ειδικό βάρος εδάφους | gr/cm³ | | | |
| N | Όγκος στερεού εδάφους (N=Λ/M) | cm³ | | | |
| Ξ | Όγκος κενών (Ξ=I-N) | cm³ | | | |
| n | Πορώδες (n=Ξ/I*100) | % | | | |
| e | Δείκτης Πόρων (e=Ξ/N*100) | % | | | |
| G_T | Ειδικό βάρος νερού | gr/cm³ | | | |
| S_w | Όριο συρρίκνωσης S _w =(Ξ *100/Λ)* G _T | % | | | |
| SW | Μέσος όρος ορίου S _w =S _{w1} +S _{w2} +S _{w3} / 3 | | | | |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΠΟΡΩΔΕΣ | | | | | |
| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΚΕΝΩΝ | | | | | |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ e, n, S_w | | | | | |
|---|--|--------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Α/Α | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ | ΜΟΝΑΔΕΣ | ΔΟΚΙΜΗ | | |
| | | | 1 ^Η | 2 ^Η | 3 ^Η |
| A | Βάρους υγρού δείγματος και παραφίνης | gr | 45 | 42 | 48 |
| B | Βάρους εδάφους | gr | 40 | 33 | 46 |
| Γ | Βάρους παραφίνης (Γ=A-B) | gr | 5,00 | 9,00 | 2,00 |
| Δ | Πυκνότητα παραφίνης | gr/cm³ | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| E | Όγκος παραφίνης (E=Γ/Δ) | cm³ | 5,62 | 10,11 | 2,25 |
| Z | Αρχική ανάγνωση στάθμης νερού | cm³ | 330 | 420 | 480 |
| H | Τελική ανάγνωση στάθμης νερού | cm³ | 360 | 450 | 510 |
| Θ | Όγκος εδάφους & παραφίνης (Θ=H-Z) | cm³ | 30 | 30 | 30 |
| I | Όγκος εδαφικού δείγματος (I=Θ-E) | cm³ | 24,38 | 19,89 | 27,75 |
| K | Περιεχόμενη υγρασία εδάφους | % | 12 | 12 | 12 |
| Λ | Βάρους ξηρού εδαφικού δείγματος (Λ= 100*B/100+K) | gr | 35,71 | 29,46 | 41,07 |
| M | Ειδικό βάρος εδάφους | gr/cm³ | 1,95 | 1,95 | 1,95 |
| N | Όγκος στερεού εδάφους (N=Λ/M) | cm³ | 18,32 | 15,11 | 21,06 |
| Ξ | Όγκος κενών (Ξ=I-N) | cm³ | 6,07 | 4,78 | 6,69 |
| n | Πορώδες (n=Ξ/I*100) | % | 24,88 | 24,02 | 24,11 |
| e | Δείκτης Πόρων (e=Ξ/N*100) | % | 33,13 | 31,62 | 31,77 |
| G_T | Ειδικό βάρος νερού | gr/cm³ | 0,998 | 0,998 | 0,998 |
| S_w | Όριο συρρίκνωσης S _w =(Ξ *100/Λ)* G _T | % | 16,95 | 16,18 | 16,26 |
| SW | Μέσος όρος ορίου S _w =S _{w1} +S _{w2} +S _{w3} / 3 | | 16,46 | | |
| | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΠΟΡΩΔΕΣ | | 24,34 | | |
| | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΚΕΝΩΝ | | 32,17 | | |
| ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

4.7. ΜΕΘΟΔΟΣ PROCTOR

4.7.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Την μέθοδο αυτή την χρησιμοποιούμε σε δοκιμές των εργαστηρίων της εδαφομηχανικής με στόχο τον προσδιορισμό της σχέσεως μεταξύ της περιεκτικότητας σε υγρασία και της πυκνότητας των εδαφών με την συμπύκνωση αυτών.

Με τον όρο συμπύκνωση των εδαφών χαρακτηρίζουμε την τεχνική αύξηση της πυκνότητας του εδάφους με τεχνητά μέσα. Με την συμπύκνωση ενός εδάφους καταφέρνουμε την αύξηση της διατμητικής αντοχής και της φέρουσας ικανότητας του εδάφους, την μείωση της συμπιεστότητας και των προκαλούμενων καθιζήσεων που μπορεί να υποστεί το έδαφος κάτω από τις συνθήκες εξωτερικής φόρτισης, μείωση της υδροπερατότητας του εδάφους χαρακτηριστικό του εδάφους μέγιστης σημασίας για την κατασκευή φραγμάτων και επίστρωσης του πυθμένα των ταμιευτήρων και τέλος αύξηση της αντίστασης του εδάφους σε περίπτωση αποσάθρωσης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω τα συμπυκνωμένα εδάφη χρησιμοποιούνται για την σταθεροποίηση εδαφών στην θεμελίωση τεχνικών έργων, για την ομογενοποίηση του εδάφους έδρασης μιας κατασκευής και τέλος για την δημιουργία στέρεων εδαφών επιχωμάτων, για την κατασκευή δρόμων, χωμάτινων φραγμάτων και για άλλες πολλές κατασκευές.

Συμπερασματικά, η δοκιμή αυτή έχει μέγιστη σημασία και στοχεύει στην βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους πάνω στο οποίο θα εκτελεστούν έργα.

Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται κυρίως μόνο σε συνεκτικά εδάφη κι αυτό γιατί η δοκιμή αυτή εκτελείται για καθορισμένη περιεκτικότητα σε νερό. Αυτό συμβαίνει γιατί αν έχουμε πολύ νερό από την μία το υλικό μας θα είναι πολύ μαλακό και από την άλλη δεν θα είναι δυνατή η προσέγγιση

των κόκκων. Σε αντίθετη δε περίπτωση δηλαδή αν έχουμε λίγο νερό θα υπάρξει πρόβλημα της καλής περάτωσης του πειράματος γιατί τότε η τριβή των κόκκων θα είναι μέγιστη και υπάρχει μεγάλη περίπτωση σχηματισμού γρόμπων.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό πρέπει να είναι συγκεκριμένη και λέγεται “ιδανική” και η αντίστοιχη πυκνότητα λέγεται “πυκνότητα Proctor”.

4.7.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. **Τύπος** που έχει σχήμα κυλινδρικό, μεταλλική κατασκευή και περιλαμβάνει ένα πρόσθετο δακτύλιο ύψους περίπου 60.3 χιλιοστών. Οι διαστάσεις του καθώς και η χωρητικότητα του είναι καθορισμένες σύμφωνα με τις προδιαγραφές.
2. **Ηλεκτρικός μεταλλικός κόπανος** με κυκλική διάμετρο και εφοδιασμένος με κατάλληλο οδηγό για τον έλεγχο του ύψους πτώσεως.
3. **Εξολκέας** δείγματος όπου είναι κατάλληλη κατασκευή για την εξαγωγή των συμπυκνωμένων δοκιμίων από τον τύπο.
4. **Ζυγαριές** ακριβείας και αντοχής συγκεκριμένων κιλών.
5. **Κλίβανος** ξηράνσεως σταθερής θερμοκρασίας.
6. **Χαλύβδινος κανόνας** μήκους 30 εκατοστών όπου η μία πλευρά του να είναι λοξά κομμένη.
7. **Εργαλεία αναμείξεως** όπως λεκάνη, σπάτουλα, μυστρί, κ.λ.π.



Εικόνα 4.14. Ηλεκτρικός κόπανος (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.15. Μήτρες Proctor (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.16. Εξολκέας (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.7.3. Υλικά:

Δείγμα εδαφικού υλικού όπου έχει διέλθει από το κόσκινο $\frac{3}{4}$ ”.

4.7.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή AASHTO T-99/74.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-698/78.
3. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/10.

4.7.5. Πορεία εργασίας:

Παίρνουμε εδαφικό δείγμα βάρους περίπου 12 kg το οποίο έχει διέλθει από το κόσκινο $\frac{3}{4}$ ” και έχει ξηρανθεί στον κλίβανο ξηράνσεως με στόχο την απόκτηση σταθερού βάρους. Χωρίζουμε το δείγμα αυτό σε ίσα μέρη, συνήθως πέντε, και αναμειγνύουμε καλά με τα αντίστοιχα εργαλεία με το αποσταγμένο

νερό σε διαφορετική περιεκτικότητα νερού το κάθε μέρος. Η περιεκτικότητα σε υγρασία είναι αντίστοιχα για κάθε μέρος 55%, 10%, 15%, 20% και 25%.

Στην συνέχεια το αντιπροσωπευτικό αυτό δείγμα τοποθετείται σε τρεις στρώσεις μέσα στον μεταλλικό τύπο με το δακτύλιο προσαρμοσμένο για την παρασκευή υλικού συμπυκνωμένου βάρους περίπου 127 χιλιοστών. Η κάθε στρώση συμπυκνώνεται με 25 ομοιόμορφα διανεμημένους κτύπους με τον κόπανο.

Το επόμενο βήμα είναι να αφαιρέσουμε τον δακτύλιο και να κόψουμε με το μαχαίρι το συμπυκνωμένο έδαφος μέχρι το χείλη του δοχείου το παίρνουμε και το ζυγίζουμε. Προσδιορίζουμε στην συνέχεια το βάρος του δοκιμίου χωρίς το βάρος του μεταλλικού τύπου, το υγρό φαινόμενο βάρος, την περιεχόμενη υγρασία και το ξηρό φαινόμενο βάρος.

Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία και για τα υπόλοιπα μέρη του εδαφικού δείγματος. Τα αποτελέσματα της παραπάνω διαδικασίας δίνονται σε διάγραμμα όπου στον άξονα των τετμημένων τοποθετούμε τις τιμές της ξηρής πυκνότητας και στον άξονα των τεταγμένων η υγρασία των μερών του εδαφικού δείγματος.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι αν η περιεχόμενη υγρασία είναι μεγαλύτερη από αυτή που χρειαζόμαστε με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να εκτελέσουμε την διαδικασία της συμπύκνωσης του δείγματος τότε προβαίνουμε είτε σε αποστράγγιση του εδαφικού χώρου είτε στην σταθεροποίηση του εδάφους με χημικά πρόσθετα τα οποία αυξάνουν την απαιτούμενη βέλτιστη υγρασία για συμπύκνωση.

Τέλος αν φύγουμε από τα όρια του εργαστηρίου και δούμε την εκτέλεση της δοκιμής αυτής σε ένα εργοτάξιο θα δούμε ότι η επιδιωκόμενη συμπύκνωση είναι περίπου το 90% της μέγιστης εργαστηριακής ξηρής πυκνότητας. Έτσι γίνεται αύξηση της υγρασίας του εδάφους ώστε να βρίσκεται μέσα στα όρια που

δίνονται στο σχετικό διάγραμμα που αναφέραμε προηγουμένως και για ξηρή πυκνότητα ίση με το 90% της μέγιστης.

4.7.6. Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα:

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται βάσει κάποιων προδιαγραφών όπου η βασική διαφορά τους εντοπίζεται στις διαφορετικές τιμές βάρους κοπάνου καθώς και διαφορετικού ύψους πτώσεως του κοπάνου και κάθε φορά αποφασίζουμε ποια από τις δύο θα επιλέξουμε από την συμπύκνωση του εδάφους. Ανεξάρτητα από ποια προδιαγραφή θα επιλέξουμε η κάθε μία περιλαμβάνει τέσσερις μεθόδους δοκιμής.

Τέλος θα πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στις μετρήσεις μας για να μην έχουμε στα αποτελέσματα μεγάλη απόκλιση της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας, σε περίπτωση που υπάρχει τότε δεν την λαμβάνουμε υπόψη.

4.7.7. Έντυπα μετρήσεων :

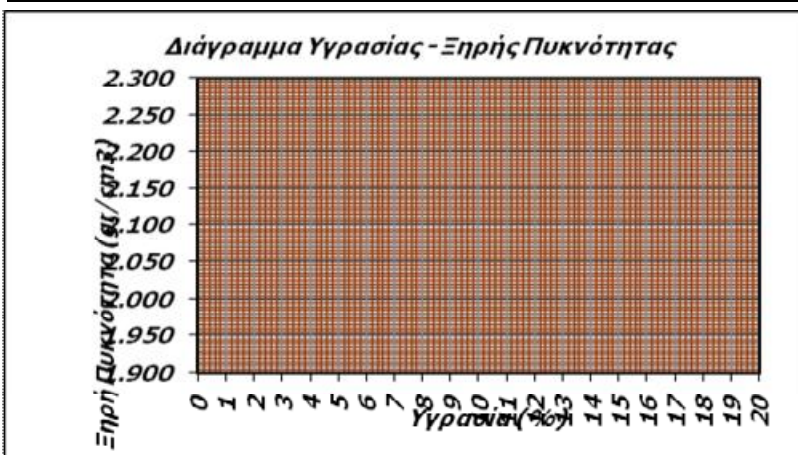
| | |
|---|--|
| ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Ι |
| ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ | |
| ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ | |

**ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ
(PROCTOR STANDARD) (Ε105-86 (10), ASTM D 698-78, Α.Α.Σ.Η.Τ.Ο. Τ-99)**

| | | |
|--------------|----------------------------|---------------------|
| ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: |
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: | ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: | |

Μέθοδος :

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Αριθ. Δοκιμής / Υγρασία % | (No) / υ% | | | | | | | | |
| Όγκος τύπου | (εκ ³) | | | | | | | | |
| Βάρος υγρού δειγμ. + τύπου | (γρ.) | | | | | | | | |
| Βάρος τύπου | (γρ.) | | | | | | | | |
| Βάρος υγρού δείγματος | (γρ.) | | | | | | | | |
| Υγρή πυκνότητα | (γρ/εκ ³) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Αριθμός κάψας | (No) | | | | | | | | |
| Βάρος υγρού δειγμ. + κάψας | (γρ.) | | | | | | | | |
| Βάρος ξηρού δειγμ. + κάψας | (γρ.) | | | | | | | | |
| Βάρος νερού | (γρ.) | | | | | | | | |
| Βάρος κάψας | (γρ.) | | | | | | | | |
| Βάρος ξηρού δείγματος | (γρ.) | | | | | | | | |
| Περιεχόμενη υγρασία | (%) | | | | | | | | |
| Περιεχόμενη υγρασία | (%) | | | | | | | | |
| Ξηρά εργαστηρ. πυκνότητα | (γρ/εκ ³) | | | | | | | | |



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | |
|--------------------------|--|
| Μέγιστη Ξηρή Πυκνότητα | |
| Βέλτιστη Υγρασία | |
| Φαιν. Βάρ. Χαλίκων +3/4" | |

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

| | | | |
|-----------------------|--|--|--|
| Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ | | | |
| | | | |

| | |
|--|--|
| ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Ι |
|--|--|

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ
(PROCTOR STANDARD) (E105-86 (10), ASTM D 698-78, A.A.S.H.T.O. T-99)

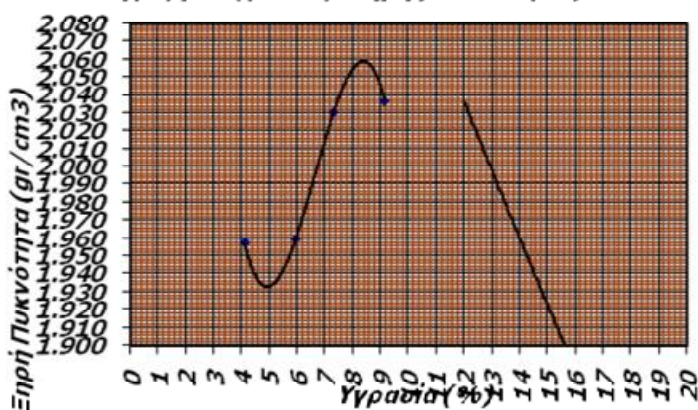
| | | |
|--------------|----------------------------|---------------------|
| ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: |
| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: | ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: | |

Μέθοδος : **A**

| Αριθ. Δοκιμής / Υγρασία % | (No)/ υ% | 1/ 4% | 2/ 6% | 3/ 8% | 4/ 10% |
|----------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Όγκος τύπου | (εκ ³) | 2120.0 | 2120.0 | 2120.0 | 2120.0 |
| Βάρος υγρού δειγμ. + τύπου | (γρ.) | 7236.9 | 7317.2 | 7535.8 | 7628.8 |
| Βάρος τύπου | (γρ.) | 2916.5 | 2916.5 | 2916.5 | 2916.5 |
| Βάρος υγρού δειγματος | (γρ.) | 4320.4 | 4400.7 | 4619.3 | 4712.3 |
| Υγρή πυκνότητα | (γρ/εκ ³) | 2.038 | 2.076 | 2.179 | 2.223 |

| Αριθμός κάψας | (No) | ΛΦ70 | ΛΦ41 | ΛΦ71 | ΛΦ65 | ΛΦ102 | ΛΦ30 | ΛΦ31 | ΛΦ38 |
|----------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Βάρος υγρού δειγμ. + κάψας | (γρ.) | 442.3 | 442.0 | 464.7 | 431.5 | 482.4 | 603.4 | 609.0 | 659.4 |
| Βάρος ξηρού δειγμ. + κάψας | (γρ.) | 432.6 | 433.0 | 449.1 | 420.2 | 461.7 | 577.3 | 576.7 | 623.0 |
| Βάρος νερού | (γρ.) | 9.7 | 9.0 | 15.6 | 11.3 | 20.7 | 26.1 | 32.3 | 36.4 |
| Βάρος κάψας | (γρ.) | 200.1 | 211.4 | 189.2 | 228.3 | 176.9 | 223.2 | 223.2 | 225.5 |
| Βάρος ξηρού δειγματος | (γρ.) | 232.5 | 221.6 | 259.9 | 191.9 | 284.8 | 354.1 | 353.5 | 397.5 |
| Περιεχόμενη υγρασία | (%) | 4.2 | 4.1 | 6.0 | 5.9 | 7.3 | 7.4 | 9.1 | 9.2 |
| Περιεχόμενη υγρασία | (%) | 4.1 | | 5.9 | | 7.3 | | 9.1 | |
| Ξηρά εργαστηρ. πυκνότητα | (γρ/εκ ³) | 1.957 | | 1.959 | | 2.030 | | 2.036 | |

Διάγραμμα Υγρασίας - Ξηρής Πυκνότητας



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Μέγιστη Ξηρή Πυκνότητα | 2.140 γρ/εκ ³ |
| Βέλτιστη Υγρασία | 8.0 % |
| Φαιν. Βάρ. Χαλίκων +3/4" | 2.700 τόν/μ ³ |

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ | | |
|-----------------------|--|--|

4.8. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΩΝΟΥ ΚΑΙ ΑΜΜΟΥ

4.8.1. Εισαγωγικές πληροφορίες - Σκοπός:

Μία ακόμα δοκιμή που πραγματοποιείται στα εργαστήριο και έχει άμεση σχέση με την μέθοδο Proctor είναι η μέθοδος κώνου και άμμου. Η μέθοδος “Κώνου και Άμμου” έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό της επιτευχθείσας συμπίκνωσης και σύγκρισης αυτής με την εργαστηριακή συμπίκνωση που προσδιορίσαμε την μέθοδο Proctor.

Η μέθοδος αυτή εκτελείται επί τόπου του έργου σε εδάφη κυρίως ρηχά και ιδιαίτερα συμπαγή. Τέτοια εδάφη συναντάμε στην κατασκευή των εθνικών οδών, των χωμάτινων φραγμάτων και σε άλλες πολλές κατασκευές.

4.8.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. **Συσκευή προσδιορισμού πυκνότητας** η οποία αποτελείται από δύο ελαστικά δοχεία άμμου χωρητικότητας 5 λίτρων, από μία μεταλλική χοάνη όπου στην βάση της προσαρμόζεται μία ειδική βαλβίδα επιτρέποντας με την δική μας παρέμβαση την εκροή ή όχι της άμμου από το δοχείο και έχει διάμετρο κώνου 6 ίντσες και τέλος από μία μεταλλική βάση κυκλικού σχήματος.
2. **Ζυγαριά ακριβείας.**



Εικόνα 4.17. *Μεταλλική χοάνη (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)*



Εικόνα 4.18. *Δοχεία άμμου (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)*



Εικόνα 4.19. Πάγκος εργασίας (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.8.3. Υλικά:

1. Άμμος καθαρή και ρέουσα ,
2. Δείγμα εδαφικού υλικού.

Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη Προδιαγραφή AASHOT T191-61.
2. Ελληνική Προδιαγραφή Ε 106-86/2

4.8.4. Πορεία Εργασίας:

Η διαδικασία αυτή της δοκιμής περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα. Στο πρώτο μέρος του πειράματος προσδιορίζουμε τον όγκο της συσκευής μέχρι το σημείο της βαλβίδας, στην συνέχεια προσδιορίζουμε το φαινόμενο βάρος της

άμμου, του βάρους της άμμου που χρειάζεται για το γέμισμα της χοάνης και τον όγκο και το βάρος του υλικού που θα εξέλθει από την οπή της δοκιμής.

Αναλυτικότερα, ζυγίζουμε το δοχείο κενό που θα χρησιμοποιήσουμε για την δοκιμή. Τοποθετούμε το δοχείο αυτό σε όρθια θέση και ανοίγουμε την βαλβίδα, στην συνέχεια γεμίζουμε το δοχείο με αποσταγμένο νερό μέχρι το σημείο της βαλβίδας και προσέχουμε να μην υπάρχουν υπολείμματα νερού πάνω από την βαλβίδα και κλείνουμε αυτή. Παίρνουμε ένα θερμόμετρο με σκοπό τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας του νερού καταγράφοντας την και ξανά ζυγίζουμε το δοχείο και το νερό. Παρακάτω (στον πίνακα 4.11.) φαίνονται οι τιμές του ειδικού βάρους που παίρνουμε ανάλογα με την θερμοκρασία του απεσταγμένου νερού.

| ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑΛΟΓΩΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΥΤΟΥ | | |
|---|----------|--------------------------------|
| Θερμοκρασία | | $\gamma_w=1/k_w$ |
| °C | F | KW=1/ειδικό βάρος νερού |
| 12 | 53,6 | 1,00048 |
| 14 | 57,2 | 1,00073 |
| 16 | 60,8 | 1,00103 |
| 18 | 64,4 | 1,00138 |
| 20 | 68,6 | 1,00177 |
| 22 | 71,6 | 1,00221 |
| 24 | 75,2 | 1,00268 |
| 26 | 78,8 | 1,0032 |
| 28 | 82,4 | 1,00375 |
| 30 | 86,0 | 1,00435 |
| 32 | 89,6 | 1,00497 |

Πίνακας 4.11. Ειδικό βάρος νερού ανάλογα την θερμοκρασία.

Αφού υπολογίσαμε τον όγκο της συσκευής όπως περιγράψαμε και παραπάνω, συνεχίζουμε με τον προσδιορισμό του φαινόμενου βάρους της άμμου ως εξής. Έχουμε αδειάσει το δοχείο μας το ξανά τοποθετούμε σε ορθή θέση, συνδέουμε την βαλβίδα με την χοάνη, κλείνουμε την βαλβίδα και γεμίζουμε την χοάνη με άμμο. Ανοίγουμε την βαλβίδα και αφήνουμε έτσι να γεμίσει το δοχείο με άμμο προσέχοντας ωστόσο να μην ξεπερνά η στάθμη της άμμου της χοάνης το μέσο αυτής κατά την εκροή της άμμου στο δοχείο. Με το τέλος της εκροής της άμμου κλείνουμε την βαλβίδα και απομακρύνουμε περισεύματα άμμου που τυχόν έχουν απομείνει στην χοάνη. Ζυγίζουμε το δοχείο μας με την άμμου και βρίσκουμε με αυτό τον τρόπο το βάρος της άμμου και της συσκευής.

Συνεχίζουμε ανατρέποντας την συσκευή πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια και να ανοίγουμε την βαλβίδα με αποτέλεσμα να αδειάσει το δοχείο από την περιεχόμενη άμμο. Κλείνουμε την βαλβίδα όταν σταματήσει η ροή της άμμου μέσα στην φιάλη όταν δηλαδή το χωνί έχει γεμίσει με άμμο και ζυγίζουμε έτσι το δοχείο με όση άμμο έχει απομείνει μέσα. Με τον παραπάνω τρόπο προσδιορίζουμε το βάρος της άμμου που απαιτείται για να γεμίσει η χοάνη.

Επόμενο βήμα είναι ο προσδιορισμός του όγκου και του βάρους του υλικού που θα εξαχθεί από την οπή δοκιμής. Έχουμε επιλέξει μια επιφάνεια εδάφους όπου την προετοιμάζουμε για να είναι επίπεδη και καθαρή. Παίρνουμε το δοχείο μας όπου και το αναστρέφουμε έτσι ώστε η χοάνη να είναι στην επιφάνεια του εδάφους και χαράσσουμε το περίγραμμα της. Σκάβουμε την οπή της επιφάνειας του εδάφους που έχουμε χαράξει με προσοχή για τυχόν διακίνηση του υπόλοιπου εδάφους, παίρνουμε το δείγμα που έχουμε σκάψει και την τοποθετούμε σε ένα δοχείο όπου το ζυγίζουμε, γεμίζουμε το δοχείο του πειράματος μας με άμμο και το ζυγίζουμε. Στην συνέχεια πάμε στην χαραγμένη και σκαμμένη επιφάνεια τοποθετούμε το δοχείο μας και ανοίγουμε την βαλβίδα και την κλείνουμε όταν σταματήσει να πέφτει άμμος. Ζυγίζουμε το δοχείο με

την άμμο που έχει παραμείνει μέσα σε αυτό και προσδιορίζουμε έτσι με τον τρόπο αυτό το βάρος της άμμου που χρειάστηκε για να γεμίσει η οπή ελέγχου της επιφάνειας του εδάφους. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τον συσχετισμό του μεγέθους των κόκκων, του ελάχιστου όγκου της οπής και του ελάχιστου βάρους δείγματος υγρασίας.

| Μέγιστο μέγεθος κόκκων (mm) | Ελάχιστος όγκος οπής (lt) | Ελάχιστο βάρος δείγματος υγρασίας (gr) |
|--|--------------------------------------|---|
| 4,75 | 0,7000 | 100 |
| 15,5 | 1,4000 | 250 |
| 25,00 | 2,1000 | 500 |
| 50,00 | 2,8000 | 1000 |
| 63,00 | 3,8000 | 1500 |

Πίνακας 4.11. Μέγιστο μέγεθος κόκκων συναρτήσει του ελάχιστου όγκου και του ελάχιστου βάρους δείγματος υγρασίας.

Τέλος ζυγίζουμε το δείγμα που μετακινήσαμε, το αναμειγνύουμε με νερό και παίρνουμε μια αντιπροσωπευτική ποσότητα αυτού όπου και ξηραίνουμε για να υπολογίσουμε με αυτό τον τρόπο την υγρασία του εδάφους. Με το τέλος αυτής της διαδικασίας ολοκληρώσαμε την δοκιμή της μεθόδου κώνου και άμμου έχοντας πια αποτελέσματα που μπορούμε να τα συγκρίνουμε με την μέθοδο Proctor.

4.8.5. Υπολογισμοί:

Σύμφωνα με την πορεία της δοκιμής υπολογίζουμε τα παρακάτω:

1. Προσδιορισμός του όγκου της συσκευής μέχρι το σημείο της βαλβίδας.

$W=W_2-W_1$ όπου W είναι το βάρος του νερού συσκευής σε γραμμάρια, W_1 το βάρος του δοχείου και W_2 είναι το βάρος του δοχείου με το νερό μέσα.

Οπότε $V=W \cdot K_w$ όπου V ο όγκος της συσκευής και K_w σταθερά που δίνεται από τον παρακάτω πίνακα σε συνάρτηση με την θερμοκρασία.

2. Προσδιορισμός του φαινόμενου βάρους (Φ.Β.) της άμμου.

$W_4=W_3-W_1$ όπου W_4 είναι το βάρος άμμου συσκευής σε κιλά και W_3 βάρος άμμου και της συσκευής. Οπότε

$$V_{υλικού} = V_{av} = \frac{W_9}{V_{υλικού}}$$

$$\Phi B = V_{av} = \frac{W_4}{V}$$

σε kg/dm^3 .

3. Προσδιορισμός του βάρους της άμμου που απαιτείται για να γεμίσει η χοάνη.

$W_6=W_3-W_5$ όπου W_6 είναι βάρος άμμου και W_5 είναι το βάρος της άμμου με την συσκευή.

4. Προσδιορισμός όγκου και βάρους του υλικού που θα εξαχθεί από την οπή της δοκιμής.

$W_9=W_3-(W_8+W_6)$ όπου W_9 είναι το βάρος της άμμου που εισήλθε στην οπή δοκιμής και W_8 είναι το βάρος του δοχείου με την άμμο που έχει παραμείνει μέσα σε αυτό.

$$W_{10} = \frac{W_7}{W_{υγρού} + 100} * 100$$

σε kgr όπου W_{10} είναι το βάρος ξηρού υλικού της οπής της δοκιμής και W_7 είναι το βάρος της ποσότητας χόματος που πήραμε για δείγμα.

$$\gamma_d = \frac{W_{10}}{V_{\text{υλικού}}}$$

σε kgr/dm^3 .

4.8.6. Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα:

Στην πειραματική αυτή διαδικασία πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί τόσο στην επί τόπου δειγματοληψία του εδαφικού δείγματος με την πλάκα έδρασης όσο και στην πλήρη επαφή με την επιφάνεια παραλαβής του δείγματος. Όπως επίσης πρέπει να είμαστε σίγουροι ούτως ώστε να μην υπάρξει απώλεια υλικού κατά την διάρκεια της δοκιμής.

Με το πέρας της δοκιμής συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μας με αυτά της δοκιμής κατά Proctor.

4.8.7. Έντυπα μετρήσεων :

| Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ | | ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΚΩΝΟΥ ΚΑΙ ΑΜΜΟΥ | | |
|--|-----------------------|--|----------|----------|
| ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ | | ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΑΣΗΤΟ Τ191, ΑΣΤΜ D1556 | | |
| ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ | ΜΟΝΑΔΕΣ | ΔΟΚΙΜΗ 1 | ΔΟΚΙΜΗ 2 | ΔΟΚΙΜΗ 3 |
| Α. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ | | | | |
| A1. Βάρος συσκευής | (gr) | | | |
| A2. Βάρος συσκευή με νερό | (gr) | | | |
| A3. Θερμοκρασία νερού/ Ειδικό βάρος νερού | (gr) | | | |
| A4. Όγκος συσκευής | (cm ³) | | | |
| A5. Βάρος συσκευής + Κώνος | (gr) | | | |
| A6 Βάρος συσκευής + Κώνος + Άμμος | (gr) | | | |
| A7. Βάρος άμμου πλήρωσης κώνου | (gr) | | | |
| A8. Φαινόμενο βάρος άμμου | (gr/cm ³) | | | |
| A9. Βάρος υποδοχέα | (gr) | | | |
| Β. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ | | | | |
| B1. Αρχικό βάρος άμμου + συσκευή | (gr) | | | |
| B2. Βάρος υπόλοιπου άμμου + συσκευή | (gr) | | | |
| B3. Βάρος χρησιμοποιημένης άμμου | (gr) | | | |
| B4. Όγκος οπής | (gr/cm ³) | | | |
| B5. Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα | (gr) | | | |
| B6. Βάρος υγρού δείγματος | (gr) | | | |

| Γ. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ | | | | | |
|---|--|-----------------------|--|--|--|
| Γ1. Βάρος κάψας | | (gr) | | | |
| Γ2. Βάρος κάψας + υγρό δείγμα | | (gr) | | | |
| Γ3. Βάρος κάψας + ξηρό δείγμα | | (gr) | | | |
| Γ4. Βάρος νερού | | (gr) | | | |
| Γ5. Βάρος ξηρού δείγματος | | (gr) | | | |
| Γ6. Περιεχόμενη Υγρασία % | | % | | | |
| Δ. Επί τόπου Υπολογισμός Ξηρής Πυκνότητας | | | | | |
| Δ1. Υγρή πυκνότητα δείγματος | | (gr/cm ³) | | | |
| Δ2. Ξηρή πυκνότητα δείγματος | | (gr/cm ³) | | | |
| Δ3. Μέγιστη ξηρή πυκνότητα (PROCTOR) | | (gr/cm ³) | | | |
| Δ4. Βέλτιστη υγρασία % | | % | | | |
| Δ5. Δείκτης Συμπύκνωσης % | | % | | | |
| Δ6. Απαιτούμενη Συμπύκνωση % | | % | | | |

| Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ | | ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΑΑΣΗΤΟ Τ-191 | | | | | | | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ | | | | | |
|--------------------------|---------|---|-----------|---------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|----------|---------|
| Δειγματοληψία | | Ημερ. δοκιμής: | | | | | | | | | | | | |
| Θέση: | | Αριθμός δειγματος : | | | | | | | | | | | | |
| Ημερομηνία δειγ.: | | | | | | | | | | | | | | |
| Είδος δειγματος: | | | | | | | | | | | | | | |
| Σχετική αναφορά Proctor: | | ε = ειδικό βάρος χονδρόκοκκων (t/m ³) 2,70 δ' = φαινόμενο ξηρό βάρος άμμου (t/m ³) 1,335 | | | | | | | | | | | | |
| A/A | Διατομή | Πλευρά οδού | Βάθος οπή | Βάρος χρησιμ. άμμου | Βάρος προϊόντων από την οπή | Βάρος χον/κου υλικού | Ποσοστό χον/κου υλικού | Εργαστ. πυκν. PROCTOR R | (100-P)/δ +P/ε | Εργαστ. πυκν. διορθ. | Εργαστ. πυκν. Δείκτης συμπίκνωσης | Εργαστ. πυκν. D' = Q' * δ' / Q' | Απαιτηση | Υγρασία |
| - | - | - | H (cm) | Q' (gr) | Q (gr) | Qx (gr) | P = Qx * 100 / Q | δ (t/m ³) | m ³ /t | D = 100 / [(100 - P) / δ + P / ε] (t/m ³) | E = D * 100 / D | % | % | % |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Εκτέλεση από:

Παρατηρήσεις:

Όνομα
Ημ/νία
Υπ/φυή

| | | |
|-----------------------|--|------------------------------------|
| Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ | ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ AASHTO T-191 | ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Ι |
|-----------------------|--|------------------------------------|

Δειγματοληψία

Θέση:

Ημερομηνία δειγ.: Ημερ. δοκιμής:

Είδος δείγματος: Αριθμός δείγματος: Α

Σχετική αναφορά Proctor: ϵ = ειδικό βάρος χονδρόκοκκων (t/m³) 2,70
 δ' = φαινόμενο ξηρό βάρος άμμου (t/m³) 1,339

| A/A | Διατομή | Πλευρά οδού | Βάθος οπή | Βάρος χρησιμ. άμμου | Βάρος προϊόντων από την οπή | Βάρος χον/κου υλικού | Ποσοστό χον/κου υλικού | Εργαστ. ΠΥΚΝ. PROCTOR R | (100-P)/δ +P/ε | Εργαστ. ΠΥΚΝ. διορθ. | Εργαστ. ΠΥΚΝ. D'=Q*δ'/Q' | Δείκτης συμπύκνωσης | Απαίτηση | Υγρασία |
|-----|---------|-------------|-----------|---------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|--|--------------------------|---------------------|----------|---------|
| | | | H (cm) | Q' (gr) | Q (gr) | Qx (gr) | P=Qx*100/Q | δ (t/m ³) | m ³ /ft | D=100/[(100-P)/δ +P/ε] (t/m ³) | E=D**100/D | % | % | % |
| 1 | | | 12 | 2945 | 4789 4916 | 311 | 6,5 | 2,138 | 46,1 | 2,167 | 2,177 | 100,5 | | 2,7 |
| 2 | | | 10 | 2688 | 4563 4723 | 655 | 14,4 | 2,303 | 42,5 | 2,353 | 2,273 | 96,6 | | 3,5 |
| 3 | | | 12 | 3010 | 4998 5128 | 1244 | 24,9 | 2,184 | 43,6 | 2,293 | 2,223 | 97,0 | 96% | 2,6 |
| 4 | | | 10 | 2455 | 4125 4286 | 485 | 11,8 | 2,262 | 43,4 | 2,306 | 2,250 | 97,6 | | 3,9 |
| 5 | | | 10 | 2316 | 3875 4030 | 292 | 7,5 | 2,303 | 42,9 | 2,329 | 2,240 | 96,2 | | 4,0 |
| 6 | | | 11 | 2961 | 5096 5301 | 1116 | 21,9 | 2,303 | 42,0 | 2,380 | 2,304 | 96,8 | | 4,0 |

| | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| Εκτέλεση από: | Έλεγχος από: | Παρατηρήσεις: |
| Όνομα | Όνομα | |
| Ημ/νία | Ημ/νία | |
| Υπ/φρή | Υπ/φρή | |

4.9. ΔΟΚΙΜΗ ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

4.9.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Η δοκιμή της άμεσης διάτμησης έχει σαν στόχο τον προσδιορισμό της αντοχής του εδάφους. Ο προσδιορισμός αυτός είναι απαραίτητος για να αποφύγουμε προβλήματα ευστάθειας των εδαφών όπως αυτά παραδείγματος χάριν εμφανίζονται στον σχεδιασμό θεμελιώσεων, τοίχων αντιστηρίξεως και αναχωμάτων.

Κατά την πορεία της δοκιμής αυτής το έδαφος οδηγείται σε θραύση με την επιβολή μετακίνησης του ενός τμήματος του υποδοχέα που περιέχει το δοκίμιο σε σχέση με το άλλο τμήμα. Με αυτόν τον τρόπο το έδαφος θραύεται δηλαδή εξαναγκάζεται να αστοχήσει πάνω σε μία προκαθορισμένη οριζόντια-επίπεδη επιφάνεια, η οποία λέγεται επιφάνεια διάτμησης, εξαιτίας μίας οριζόντιας τάσης η οποία συμβολίζεται και ισούται με $\tau=Q/A$. Σε εκείνο το σημείο που ασκείται η οριζόντια αυτή τάση και η Q αυξάνεται μέχρι το δοκίμιο να φτάσει στο σημείο αστοχίας, η κατακόρυφη τάση που ισούται με $\sigma=P/A$ παραμένει σταθερή.

Με τα παράνω συμπεραίνουμε ότι η δοκιμή άμεσης διάτμησης έχει σαν σκοπό την μέτρησης της μεταβολής της διατμητικής αντοχής του εδάφους με την μεταβολή της ορθής τάσης που εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια διάτμησης. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι λόγοι που μεταβάλλεται η διατμητική αντοχή είναι τόσο οι ελκτικές δυνάμεις που υπάρχουν μεταξύ των σωματιδίων του εδάφους όσο και η τριβή μεταξύ των σωματιδίων του εδάφους που εκφράζεται ως εσωτερική τριβή του εδάφους.

Η δοκιμή αυτή στηρίζεται πάνω στην εξίσωση του Coulomb σύμφωνα με την οποία η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι το άθροισμα των διατμητικών αντοχών του εδάφους που οφείλεται στη συνοχή και στην εσωτερική τριβή κι αυτό μαθηματικά εκφράζεται ως $\tau=c+\sigma\phi$ όπου τα είναι

η διατμητική αντοχή σε kg/cm^2 , c είναι η συνοχή σε kg/cm^2 , σ είναι η κάθετη τάση στο επίπεδο διάτμησης και φ η γωνία εσωτερικής τριβής.

Ο συντελεστής c όπως αναφέραμε και παραπάνω είναι η συνοχή του εδάφους δηλαδή η ελκτική δύναμη που ασκείται μεταξύ των κόκκων. Ως γνωστόν η συνοχή του εδάφους εμφανίζεται στα συνεκτικά εδάφη και όχι στα μη συνεκτικά. Δηλαδή για τα συνεκτικά εδάφη έχουμε c διάφορο του μηδενός και στα μη συνεκτικά εδάφη το c ισούται με το μηδέν.

Ο συντελεστής φ είναι η γωνία εσωτερικής τριβής όπου εσωτερική τριβή είναι η αντίσταση που ασκείται στις επιφάνειες των κόκκων κατά την κίνηση διαφόρων εδαφικών στρωμάτων. Η εσωτερική τριβή εξαρτάται από την τραχύτητα των επιφανειών, την συμπύκνωση του εδάφους και τον βαθμό λίπανσης των κόκκων.

Τέλος με βάση τα παραπάνω στην δοκιμή αυτή της άμεσης διάτμησης έχοντας ως αρχή την εξίσωση του Coulomb $\tau=c+\sigma\varphi$ όπου γνωρίζουμε τις τάσεις θραύσεως τ και σ μπορούμε να υπολογίσουμε τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής εδάφους c και φ .

4.9.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. Συσκευή άμεσου διάτμησης.
2. Ζυγαριές ακριβείας.
3. Κλίβανος ξηράνσεως.
4. Συσκευή για αναζύμωση και συμπύκνωση του δοκιμίου.



Εικόνα 4.20. Συσκευή άμεσου διάτμησης (εργαστ. εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.9.3. Υλικά:

1. Τρία αδιατάρακτα εδαφικά δείγματα.
2. Τρία δείγματα άμμου.



Εικόνα 4.21. Δείγματα (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.22. Κιβώτιο Άμεσης Διάτμησης (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.9.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή ASTM D-3080/79.
2. Ελληνική προδιαγραφή Ε 105-86/16.

4.9.5. Πορεία Εργασίας:

Για την δοκιμή της άμεσης διάτμησης υπάρχουν τρεις τύποι δοκιμών: α) η ταχεία δοκιμή μη στερεοποιημένου δοκιμίου, β) η ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου και γ) η βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου.

Οι δύο πρώτοι τύποι δοκιμής εφαρμόζονται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου και προσπαθούμε να εξετάσουμε και να περιορίσουμε την θραύση του εδάφους λόγω επιβολής φορτίου σε μικρό χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η εκτόνωση της πίεσης του νερού των πόρων που δημιουργείται λόγω της φόρτισης.

Ο τρίτος τύπος της δοκιμής εφαρμόζεται πάλι σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου αυτή την φορά το έδαφος οδηγείται σε θραύση μετά από πολύ μεγάλο

χρονικό διάστημα όπου είναι δυνατή η εκτόνωση της πίεσης του νερού των πόρων. Το πρόβλημα των δύο πρώτων τύπων δοκιμής λαμβάνει χώρα στο στάδιο αμέσως μετά την κατασκευή ενώ του τρίτου τύπου δοκιμής εμφανίζεται στο στάδιο της λειτουργίας.

Πριν την έναρξη του πειράματος πρέπει να προπαρασκευάσουμε τα δοκίμια και να κάνουμε έλεγχο για την σωστή λειτουργία της συσκευής άμεσης διάτμησης. Έτσι αν η δοκιμή που πραγματοποιούμε γίνεται με αδιατάρακτο δείγμα θα πρέπει να προσέχουμε δύο πράγματα, το πρώτο είναι ότι η ποσότητα του εδαφικού δείγματος θα πρέπει να είναι τόση ούτως ώστε να το να μπορεί να χωριστεί σε τρία δοκίμια με ίδιες διαστάσεις και το δεύτερο είναι κατά την τοποθέτηση των δειγμάτων και η μόρφωση τους μέσα στη διάμετρο του δακτυλίου της συσκευής μας όπου δεν πρέπει να υπάρξει καμία διατάραξη και απώλεια της υγρασίας.

Επίσης αν η δοκιμή πραγματοποιείται με δείγμα που έχει αναζυμωθεί και επανασυμπυκνωθεί τότε τα δείγματα θα πρέπει να συμπυκνωθούν στην επιθυμητή υγρασία και πυκνότητα. Η συμπύκνωση μπορεί να γίνει μέσα στον ίδιο το δακτύλιο άμεσης διάτμησης ή μέσα σε καλούπι ίδιων ή μεγαλύτερων διαστάσεων.

Στο σημείο αυτό θα ήταν απαραίτητο να αναφέρουμε τις πρότυπες διαστάσεις των δοκιμίων οι οποίες αναφέρουν ότι η ελάχιστη επιθυμητή διάμετρος του κυκλικού δοκιμίου ή το πλάτος της ορθογωνικής διατομής δοκιμίου είναι 50 χιλιοστά περίπου, το ελάχιστο πάχος δοκιμίου είναι περίπου 12.5 χιλιοστών αλλά να μην είναι μικρότερο από 6 φορές την μέγιστη διάμετρο των κόκκων του εδαφικού μας δείγματος και τέλος ο ελάχιστος όγκος διαμέτρου προς το πάχος δοκιμίου να είναι 2:1.

Αφού έχουμε προπαρασκευάσει το δοκίμιο μας τότε πραγματοποιούμε έλεγχο της συσκευής άμεσης διάτμησης με στόχο την σωστή και ομαλή διεκπεραίωση του πειράματος. Κάποια πράγματα που πρέπει να γνωρίζουμε και

κάποιες λειτουργίες που πρέπει να μάθουμε όσον αφορά την συσκευή αναφέρονται παρακάτω. Για να ξεκινήσει η αρχική διάτμηση θα πρέπει να βάλουμε την μηχανή στην θέση “forward” και ο χειριστής οφείλει να εφαρμόσει και να ελέγξει ένα δακτύλιο φόρτισης καλιμπραρισμένο σε συμπίεση. Κατά την διάρκεια της δοκιμής πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος των εξαρτημάτων της συσκευής όπως και να αναγράφουμε τα δεδομένα και να πιέζουμε το κουμπί “stop” μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής. Μετά το πέρας της δοκιμής μπορεί να καθιστεί απαραίτητη η επανάληψη της δοκιμής για τον καθορισμό της απομείνουσας διάτμησης.

Ακόμη ένα πράγμα που θα πρέπει να κάνουμε για την ορθή εκτέλεση της δοκιμής είναι να γυρίζουμε το κιβώτιο διάτμησης στη θέση εκκίνησης κάτω από κανονικό φορτίο, έτσι όταν τα δύο ήμισυ του κιβωτίου διάτμησης έχουν αποχωρίσει κινούμε την κύρια βίδα μπροστά μέχρι ένα πολύ μικρό φορτίο να σημειωθεί στο δακτύλιο φόρτισης πράγμα που μας κάνει να διαπιστώνουμε ότι όλη η αδράνεια του συστήματος έχει απορροφηθεί. Κάνουμε μετά τους απαραίτητους ελέγχους της δοκιμής και επαναλαμβάνουμε την διαδικασία της δοκιμής όπως και προηγουμένως.

Συνεχίζουμε την δοκιμή της απομείνουσας διάτμησης, διαδικασία που πραγματοποιείται για την καταγραφή πληροφοριών για την διάτμηση και στις δύο διευθύνσεις κάνοντας όσες επαναλήψεις χρειάζονται με στόχο τα επιθυμητά αποτελέσματα. Με την ολοκλήρωση της δοκιμής κλείνουμε την συσκευή, σε περίπτωση όμως που θέλουμε επανάληψη όλης της διαδικασίας θέτουμε την συσκευή στην κατάσταση “reverse”.

Μετά από την προπαρασκευή του εδαφικού δείγματος καθώς και τον έλεγχο της συσκευής πραγματοποιούμε την δοκιμή της άμεσης διάτμησης.

Ρυθμίζουμε το σύστημα της διάτμησης στην θέση παύσης και παραλαμβάνουμε αδιατάρακτο εδαφικό δείγμα και το διαμορφώνουμε μέσα στους δακτύλιους της συσκευής διάτμησης στις συγκεκριμένες διαστάσεις. Στην συνέχεια

συναρμολογούμε τα κιβώτια διάτμησης με βάση τις προδιαγραφές όπου είναι και προμηθευμένα με πορώδεις δίσκους (είτε δύο πορώδεις δίσκοι ένας πάνω κι ο άλλος κάτω για πάχη δειγμάτων 25 χιλιοστών είτε τρεις ένας πάνω και δύο κάτω για πάχη δειγμάτων 20 χιλιοστών) και ένα λεπτότερο κάτω δίσκο μέσης.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι πριν την έναρξης της δοκιμής οι δίσκοι αυτή πρέπει να διαβραχούν με βράσιμο μέσα σε νερό για να απομακρυνθούν όλες οι φυσαλίδες αέρα από τους δίσκους. Για να κόψουμε το αδιατάρακτο δείγμα μας χρησιμοποιούμε τον δακτύλιο κοπής. Αφού το κόψουμε μεταφέρουμε το δείγμα μας στο κιβώτιο διάτμησης και ακολουθούμε τις ακόλουθες διαδικασίες. Τοποθετούμε τον κάτω πορώδη δίσκο ή τους δίσκους (ανάλογα εάν έχουμε τρεις ή δύο) μέσα στο κιβώτιο διάτμησης, στην συνέχεια τοποθετούμε τον κόπτη με το δείγμα μας μέσα στο κιβώτιο διάτμησης με την επιφάνεια κοπής προς τα πάνω. Βάζουμε το δείγμα μας μέσα στο κιβώτιο και προσέχουμε να εφαρμόζει καλά στον κάτω πορώδη δίσκο ή τους δίσκους. Έτσι τοποθετούμε τον πάνω πορώδη δίσκο. Ασκούμε στο εδαφικό δείγμα μας ορθή τάση όπου η τάση που απαιτείται να εφαρμοστεί στο δείγμα είναι σχετική με την μάζα που περιλαμβάνει το ζυγό φόρτισης και τα βάρη w και δίνεται από τον τύπο $w = \sigma_n \cdot L_2 / 9810$ (kg) όπου L το αντιπροσωπευτικό μήκος του κουτιού σε χιλιοστά και σ_n η τάση σε KN/m^2 .

Η μηχανή διάτμησης είναι εφοδιασμένη με ένα μοχλό όπου η σωστή ρύθμισή του επιτυγχάνεται με το βάρος εξισορρόπησης. Για να φέρουμε τον ζυγό φόρτισης στην αρχική του θέση ρυθμίζουμε την λαβή του κοχλία μεταφοράς φορτίου. Με αυτό τον τρόπο για να εφαρμόσουμε το φορτίο στο δείγμα προσθέτουμε στον υποδοχέα των βαρών τα βάρη με την λαβή κάτω ή με την λαβή να στηρίζει την ράβδο ορθής τάσης βαρών γυρίζοντας αργά την λαβή κάτω για την μεταφορά του φορτίου στο δείγμα.

4.9.6. Υπολογισμοί:

Κατά την διαδικασία του πειράματος υπολογίζουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

1. Αρχική φυσική υγρασία,
2. Αρχικό ξηρό και υγρό φαινόμενο βάρος του εδαφικού υλικού,
3. Τα στοιχεία της διατμητικής τάσης και παραμόρφωσης,
4. Τον δείκτη πόρων και
5. Τον βαθμό κορεσμού.

4.9.7. Παρατηρήσεις Συμπεράσματα :

Η δοκιμή της άμεσης διάτμησης μετρά την μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους με την μεταβολή σταθερής ορθής τάσης που εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια διάτμησης. Η δοκιμή εφαρμόζεται και στα συνεκτικά και στα μη συνεκτικά εδάφη. Παραπάνω αναφέραμε και τους τρεις τρόπους με τους οποίους υπολογίζεται η άμεση διάτμηση (ταχεία δοκιμή μη στερεοποιημένου δοκιμίου, ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου και βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου). Από τους τρεις τρόπους δοκιμών ο πιο αντιπροσωπευτικός είναι ο τρίτος όπου και συνιστάται σε αντίθεση με τους άλλους δύο που πρέπει να αποφεύγονται.

Επίσης για τον προσδιορισμό των παραμέτρων της εξίσωσης του Coulomb της συνοχής και της γωνίας εσωτερικής τριβής απαιτούνται τουλάχιστον τρεις δοκιμές. Από κάθε δοκιμή προκύπτει ένα ζεύγος τιμών της μέγιστης διατμητικής τάσης τ και της εφαρμοζόμενης ορθής τάσης σ κατά την διάτμηση του δοκιμίου οι οποίες και τοποθετούνται σε ένα διάγραμμα.

Για κάθε δοκιμή διάτμησης παρουσιάζονται οι καμπύλες «διατμητική τάσης – διατμητική παραμόρφωση» και «διατμητική τάση – μεταβολή ύψους δοκιμίου».

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δοκιμή αυτή δεν είναι ακριβής μέθοδο αν και δίνει προσεγγιστικές τιμές της συνοχής και της γωνίας εσωτερικής τριβής σε μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό το γεγονός οφείλεται είτε στην μεταβαλλόμενη επιφάνεια δοκιμίου πάνω στην οποία και εφαρμόζεται η οριζόντια τάση ή αλλιώς διατέμνουσα δύναμη είτε επειδή αναγκάζουμε το δείγμα, το έδαφος και το κιβώτιο διάτμησης να αστοχήσει σε συγκεκριμένη οριζόντια διεύθυνση πράγμα που δεν μπορεί να συμβεί στην πραγματικότητα.

4.9.8. Έντυπα μετρήσεων :

| ΔΕΛΤΙΟ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|---|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| ΕΡΓΟ: | | | | | | | Βάθος δείγματος: | |
| ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ d= | | | cm | Διατομή δοκιμίου (π*d ² /4): | | cm ² | | |
| Υψος δοκιμίου H= | | | cm | Βάρος δοκιμίου W | | gr | | |
| Περιγραφή δείγματος: | | | | | | | | |
| Δακτύλιος φόρτισης: | | | ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΥΝΑΜΗ | | | Συντελεστής δακτυλίου: | | |
| ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΤΑΣΗ | | | ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ | | | kg/cm ² | | |
| ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ 10 ⁻⁴ | kg/cm ² | | kg/cm ² | | kg/cm ² | | kg/cm ² | |
| | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² |
| 10 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | |
| 230 | | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | |
| 260 | | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | | |
| 280 | | | | | | | | |
| 290 | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | |
| ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ | | | | | | | | |
| ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ | | | ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ | | | ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ | | |
| ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ | | | | | | | | |
| ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ & ΥΓΡΟ ΔΕΙΓΜΑ | | | | | | | | |
| ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ & ΞΗΡΟ ΔΕΙΓΜΑ | | | | | | | | |
| ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ | | | | | | | | |
| ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ | | | | | | | | |
| ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | | | | | | | | |
| W ΥΓΡΑΣΙΑ (%) | | | | | | | | |
| ΣΧΕΔΙΟ ΘΡΑΥΣΕΩΣ: | | | | | | | | |

ΔΕΛΤΙΟ ΔΟΚΙΜΗ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΕ ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

ΕΡΓΟ: Στοιχεία δείγματος

Στοιχεία δοκιμίου: Βάθος: m

Διάμετρος d= cm// Επιφάνεια A= cm²// Ύψος H= cm// Βάρος w= gr

Περιγραφή:

Μετρήσεις:

Δακτύλιος φορτίσεως Άριθμ. 1 //Συντελεστής (kg/cm²)=

| ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ 10 ⁻⁴ | kg/cm ² | | kg/cm ² | | kg/cm ² | | kg/cm ² | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² |
| 10 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | |
| 110 | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | |
| 130 | | | | | | | | |
| 140 | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | |

| Προσδιορισμός περιεχόμενης υγρασίας | |
|-------------------------------------|--|
| Πριν από την δοκιμή | |
| Αριθμ. δοχείου | |
| Βάρος δοχ. + υγρ. δείγμα | |
| Βάρος δοχ. + ξηρ. δείγμα | |
| Βάρος νερού | |
| Βάρος δοχείου | |
| Βάρος ξηρ. Δείγματος | |
| w υγρασία (%) | |
| Μετά την δοκιμή | |
| Αριθμ. δοχείου | |
| Βάρος δοχ. + υγρ. δείγμα | |
| Βάρος δοχ. + ξηρ. δείγμα | |
| Βάρος νερού | |
| Βάρος δοχείου | |
| Βάρος ξηρ. Δείγματος | |
| w υγρασία (%) | |

Σχέδιο θραύσεως:

| | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 200 | | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | |
| 230 | | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | |
| 260 | | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | | |
| 280 | | | | | | | | |
| 290 | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | |

Παρατηρήσεις:

Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ

Αριθμ. Εντύπου Κ.Ε.Δ.Ε. 100α

ΔΕΛΤΙΟ ΔΟΚΙΜΗ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΕ ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

ΕΡΓΟ: Περιοχή Αρόης

Στοιχεία δείγματος Γ3

Στοιχεία δοκιμίου:

Βάθος 1.10 - 1.70m

Διάμετρος d= cm// Επιφάνεια A= cm²// Ύψος H= cm// Βάρος w=172.8 ,171.0, 174.8 gr

Περιγραφή Γκριζόχρους άργιλος με φυτικά

Μετρήσεις:

//Συντελεστής (kg/cm²)=

Δακτύλιος φορτίσεως Άριθμ. 1

0.0046

| ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ 10 ⁻¹ | 0.25 kg/cm ² | | 0.50 kg/cm ² | | 0.75 kg/cm ² | | kg/cm ² | |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² | ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ | kg/cm ² |
| 10 | 50 | 0.233 | 66 | 0.308 | 65 | 0.303 | | |
| 20 | 74 | 0.345 | 88 | 0.41 | 98 | 0.457 | | |
| 30 | 90 | 0.419 | 108 | 0.503 | 112 | 0.522 | | |
| 40 | 101 | 0.471 | 120 | 0.559 | 126 | 0.587 | | |
| 50 | 111 | 0.517 | 128 | 0.596 | 138 | 0.643 | | |
| 60 | 120 | 0.559 | 137 | 0.638 | 148 | 0.69 | | |
| 70 | 128 | 0.596 | 143 | 0.666 | 156 | 0.727 | | |
| 80 | 135 | 0.629 | 148 | 0.69 | 162 | 0.755 | | |
| 90 | 140 | 0.652 | 151 | 0.704 | 166 | 0.774 | | |
| 100 | 143 | 0.666 | 153 | 0.713 | 169 | 0.787 | | |
| 110 | 144 | 0.671 | 154 | 0.719 | 170 | 0.792 | | |
| 120 | 144 | 0.671 | 154 | 0.718 | 171 | 0.797 | | |
| 130 | | | | | 172 | 0.801 | | |
| 140 | | | | | 173 | 0.806 | | |
| 150 | | | | | 173 | 0.806 | | |
| 160 | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | |

| Προσδιορισμός περιεχόμενης υγρασίας | |
|---|-------|
| Πριν από την δοκιμή | |
| Αριθμ. δοχείου | |
| Βάρος δοχ. + υγρ. δείγμα | 242.8 |
| Βάρος δοχ. + ξηρ. δείγμα | 225.6 |
| Βάρος νερού | 17.2 |
| Βάρος δοχείου | 144.2 |
| Βάρος ξηρ. Δείγματος | 81.4 |
| w υγρασία (%) | 21.1 |
| Μετά την δοκιμή | |
| Αριθμ. δοχείου | |
| Βάρος δοχ. + υγρ. δείγμα | |
| Βάρος δοχ. + ξηρ. δείγμα | |
| Βάρος νερού | |
| Βάρος δοχείου | |
| Βάρος ξηρ. Δείγματος | |
| w υγρασία (%) | |

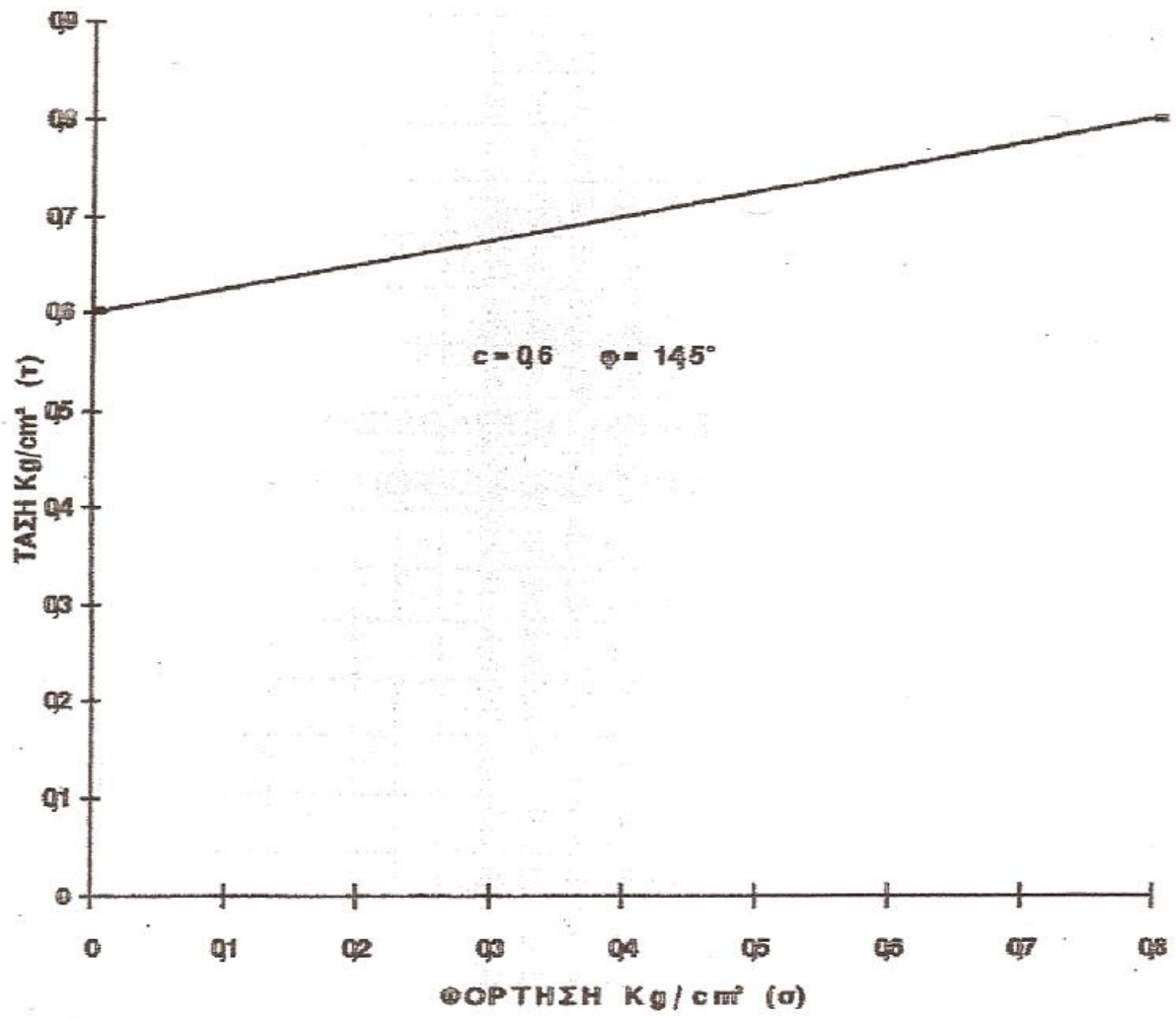
Σχέδιο θραύσεως:

| | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 200 | | | | | | | | |
| 210 | | | | | | | | |
| 220 | | | | | | | | |
| 230 | | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | |
| 260 | | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | | |
| 280 | | | | | | | | |
| 290 | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | |

Παρατηρήσεις: Το φορτίο P (kg/cm^2) δίνεται από το γινόμενο της ανάγνωσης του δακτυλίου επί τον συντελεστή.

Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ

Αριθμ. Εντύπου Κ.Ε.Δ.Ε. 100α



4.10. ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ

4.10.1. Εισαγωγικές πληροφορίες - Σκοπός:

Με την μέθοδο της ανεμπόδιστης θλίψης προσδιορίζουμε την ανεμπόδιστη αντοχή ή όπως αλλιώς λέμε την διατμητική αντοχή ενός αδιατάρακτου συνεκτικού εδαφικού δείγματος. Η δοκιμή αυτή αφορά μόνο συνεκτικά εδάφη όπου με την εφαρμογή της δοκιμής διατηρούν την γεωμετρία του δοκιμίου και δεν εφαρμόζονται πλευρικές πιέσεις σ' αυτό ενώ σε μη συνεκτικά εδάφη δεν είναι δυνατή η παρασκευή εδαφικών δειγμάτων.

Ειδικότερα αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη εννοούμε τη θραύση ενός δείγματος αφού ασκηθεί πάνω σε αυτό κατακόρυφη πίεση ενώ πλευρικά είναι ελεύθερο το δοκίμιο μας και μπορεί να επεκταθεί χωρίς κανένα εξωγενή περιορισμό.

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής το εδαφικό μας δείγμα αρχίζει να παρουσιάζει επιφάνεια θραύσεως και στην συνέχεια η παραμόρφωση συνεχίζεται χωρίς να αυξήσουμε το φορτίο. Σε περίπτωση που το δείγμα μας δεν παρουσιάσει καμία από τις δύο παραπάνω καταστάσεις παίρνουμε εκείνη την τάση δηλαδή την αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη που αντιστοιχεί σε ανηγμένη παραμόρφωση 20%.

4.10.2. Υλικά:

Εδαφικό δείγμα από αδιατάρακτο συνεκτικό έδαφος ή αναζυμωμένο δοκίμιο. Παρακάτω αναφέρουμε πώς γίνεται η παραλαβή και η παρασκευή των εδαφικών δειγμάτων.

Στην πρώτη κατηγορία των δειγμάτων δηλαδή στα δοκίμια των αδιατάρακτων δειγμάτων η παραλαβή γίνεται από μία οπή όπου είναι καθαρισμένη με ένα τρύπανο στο οποίο κατά την χρησιμοποίησή του δεν προκαλεί διαταράξεις στο εδαφικό μας δείγμα. Στην συνέχεια παίρνουμε τον

εξοπλισμό της δειγματοληψίας όπου χρησιμοποιούμε τον δειγματοληπτικό σωλήνα και τον συναρμολογούμε με τον δειγματολόγο αφού τον έχουμε τοποθετήσει μέσα στην οπή. Ο δειγματολόγος τοποθετείται στο πυθμένα της οπής και ο σωλήνας ή πιέζεται ή ωθείται από το έδαφος. Εν συνεχεία τον περιστρέφουμε με σκοπό να σπάσει το πυρήνα του εδάφους και τον αποσύρουμε. Σε τέτοιου είδους δείγμα θα πρέπει να προσέχουμε να μην υπάρχουν αναταράξεις του δείγματος, να μην πιέζουμε πολύ τον σωλήνα και η πειραματική αυτή διαδικασία πρέπει να εκτελείται αμέσως χωρίς καθυστερήσεις.

Στην δεύτερη κατηγορία παρασκευάζουμε εδαφικό δείγμα που έχει αναζυμωθεί ή θραυσμένο αδιατάρακτο αλλά και διαταραγμένο που έχει ήδη χρησιμοποιηθεί. Στην περίπτωση που το δοκίμιο μας είναι θραυσμένο και αδιατάρακτο το τυλίγουμε σε αεροστεγής μεμβράνη και το αναπλάθουμε με τα χέρια μας για να αναζυμωθεί. Στην συνέχεια το τοποθετούμε σε καλούπια με διαστάσεις που είναι συγκεκριμένες και θα αναφερθούμε παρακάτω κι έτσι επανασυμπυκνώνουμε το δοκίμιο με στόχο ο δείκτης πόρων και η φυσική υγρασία του δείγματος μας να είναι ίδιες με ένα αδιατάρακτο εδαφικό δείγμα.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω οι διαστάσεις των δοκιμίων/καλουπιών είναι συγκεκριμένες όπου η μικρότερη διάμετρος του δοκιμίου πρέπει να είναι 33 χιλιοστά και η μέγιστη διάμετρο των κόκκων θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 1/10 της διαμέτρου του δοκιμίου μας. Επίσης ο λόγος ύψους προς την διάμετρο θα πρέπει να είναι 2 το πολύ 3. Οι παραπάνω μετρήσεις των διαστάσεων θα πρέπει να γίνονται με παχύμετρο συγκεκριμένου τύπου, τύπου Vernier.

4.10.3. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. Συσκευή θλίψεως.
2. Εξοπλισμός διάτρησης.

3. Εξοπλισμός δειγματοληψίας.
4. Εξοπλισμός προετοιμασίας δοκιμίου.
5. Εξοπλισμός συσκευής.



Εικόνα 4.23. Εξοπλισμός προετοιμασίας δοκιμίου (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.10.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

Για την δειγματοληψία:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή: AASHO T-2/60.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή: ASTM D-75/82.

Για την προπαρασκευή αδιατάρακτων δοκιμίων:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή: AASHO T-146/49.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή: ASTM D-2217/88.

Για την πορεία της δοκιμής:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή: AASHTO T-208/70.
2. Αμερικάνικη προδιαγραφή: ASTM D-2216/79.
3. Ελληνική προδιαγραφή: E105-86/14

4.10.5. Πορεία Εργασίας:

Πρώτο βήμα για την εκτέλεση αυτής της πειραματικής διαδικασίας είναι να πάρουμε το καλούπι διαχωρισμού, να το λιπάνουμε και να το τοποθετήσουμε μέσα σ' αυτό το δείγμα μας χρησιμοποιώντας τον εξαγωγέα. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται κατά την διαδικασία αυτή για να μην μετακινηθεί το δείγμα μας κατά την ρήξη του μέσα στο καλούπι δηλαδή να μην υπάρξει διατάραξη του δείγματος και η διεύθυνση εξολκεύσεως πρέπει να είναι ίδια με αυτή της δειγματοληψίας σύμφωνα και με τις αμερικάνικες προδιαγραφές.

Οι διαστάσεις του δοκιμίου πρέπει να είναι συγκεκριμένες όπως αναφέραμε και παραπάνω στα υλικά. Ωστόσο πρέπει να έχουμε υπόψη ότι το μήκος του δοκιμίου πρέπει να μετρηθεί με γνώμονα με ακρίβεια 0.02 in και το αναγραφόμενο βάρος με ακρίβεια 0.5 gr.

Κατά την πορεία της δοκιμής για να πραγματοποιηθεί η θραύση του δείγματος μας παίρνουμε ένα ελατήριο το οποίο έχει δυνατότητα μεγάλης δυσκαμψίας. Η δυσκαμψία του ελατηρίου πρέπει να είναι τόση όση χρειάζεται για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ευαισθησίας. Το ελατήριο συναρμολογείται στην συσκευή μεταξύ του ανώτερου και του μεσαίου κινούμενου δοκού. Στην συνέχεια τοποθετούμε ένα έντυπο διαγράμματος στον σκελετό και το συγκρατούμε από τις συνδετικές ράβδους.

Μετ' έπειτα τοποθετούμε το δείγμα μας στο κέντρο του χαμηλότερου δίσκου και περιστρέφουμε το χερούλι της συσκευής ούτως ώστε να φέρει σε επαφή τον δίσκο που βρίσκεται πάνω με το δείγμα μας. Ρυθμίζουμε την συσκευή ούτως ώστε το μολυβί που χρησιμοποιούμε για την καταγραφή των

αποτελεσμάτων όπου είναι συνδεδεμένο με τον χαμηλότερο βραχίονα να είναι πάνω από τον άξονα του διαγράμματος που δείχνει την παραμόρφωση και σημειώνουμε το μηδενικό φορτίο. Περιστρέφουμε το χερούλι με σταθερή αναλογία και με αυτό τον τρόπο συμπιέζουμε το δείγμα μέχρι το σημείο της θραύσης. Στόχος του πειράματος είναι να φτάσει το δοκίμιο μας σε θραύση στο 20% της τάσεως που θα του ασκήσουμε σε χρονικό όριο περίπου 2 λεπτών.

Μετά το πέρας των παραπάνω διαδικασιών η δοκιμή ολοκληρώνεται με το διάγραμμα όπου μας δίνει την καμπύλη της παραμόρφωσης του δείγματος σε συνάρτηση με την έκταση του ελατηρίου με την βοήθεια του οποίου κινείται το έμβολο της συσκευής. Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι όταν έχουμε πλαστική θραύση και δεν πετύχουμε μέγιστη δύναμη σε τάση μικρότερη από 20% τότε θα πρέπει να καταγράψουμε την τάση του 20%.

4.10.6. Υπολογισμοί:

- Ανηγγμένη παραμόρφωση, $\epsilon = \Delta l / L_0$ όπου Δl είναι η παραμόρφωση του δοκιμίου και L_0 είναι το αρχικό ύψος του δοκιμίου.
- Μέση επιφάνεια του δοκιμίου, $S = S_0 / (1 - \epsilon)$ όπου S_0 είναι η αρχική μέση επιφάνεια του δοκιμίου (Pr^2).
- Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη, $\sigma = P/S \text{ (N/mm}^2\text{)}$ όπου P είναι το μέγιστο φορτίο που εφαρμόστηκε στο δείγμα μας.
- Μέτρο ελαστικότητας, $E = \sigma * L_0 / \Delta L = \sigma / \epsilon$

4.10.7. Αποτελέσματα – Συμπεράσματα:

Η δοκιμή της ανεμπόδιστης θλίψης είναι μία γρήγορη διαδικασία και θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί σε περίπτωση κορεσμένου δείγματος όπου η επιβαλλόμενη τάση αναλαμβάνεται από το νερό των πόρων.

Τέλος αφού γνωρίζουμε το βάρος του δείγματος W και τον όγκο του V ($V=S_0 \cdot H = \pi r^2 H$) τότε μπορούμε να υπολογίσουμε δύο ακόμα μεγέθη, γνωστά μας από τις προηγούμενες δοκιμές, το φαινόμενο βάρος $\gamma = W/V$ και την ξηρή πυκνότητα $\gamma_d = \gamma/(1+w)$.

4.10.8. Έντυπα μετρήσεων :

Δοκιμή Ανεμπόδιστης Θλίψης (Μονοαξονική Φόρτιση)

Στους Πίνακες 1 και 2 που ακολουθούν δίνονται οι διαστάσεις δοκιμίου και οι μετρήσεις από δοκιμή Ανεμπόδιστης Θλίψης: Στη στήλη [1] η αξονική μετακίνηση (mm) και στην στήλη [4] το αντίστοιχο φορτίο (kg).

Ζητείται:

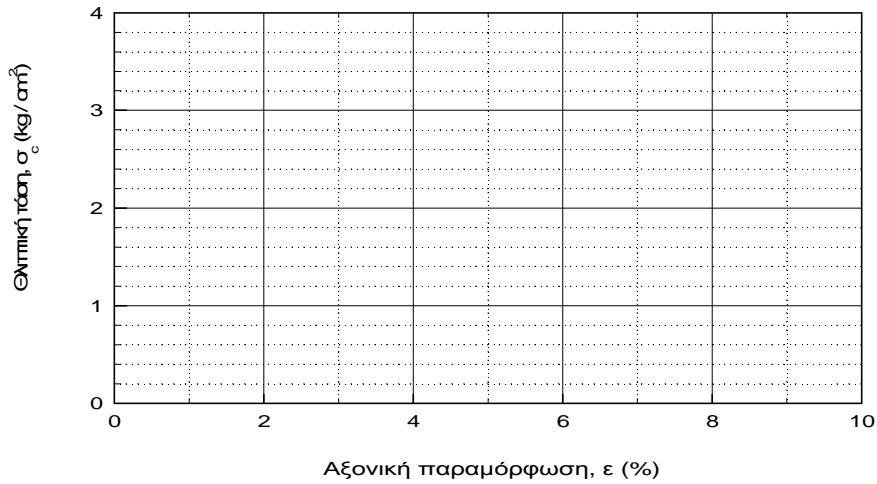
- I. Να γίνουν οι υπολογισμοί και να συμπληρωθεί ο Πίνακας 2.
- II. Να σχεδιαστεί η καμπύλη $\sigma - \epsilon$ (Θλιπτικής τάσης – Αξονικής παραμόρφωσης) και να υπολογιστεί το μέγιστο θλιπτικό φορτίο (θλιπτική αντοχή)
- III. Να σχεδιαστεί ο κύκλος Mohr των τάσεων στην αστοχία και να σχεδιαστεί η περιβάλλουσα αστοχία Mohr – Coulomb για τις εξής δύο περιπτώσεις:
 - 1) Αστράγγιστες συνθήκες ($\varphi=0^\circ$).
 - 2) Στραγγιζόμενες συνθήκες ($c + \varphi$), αν το επίπεδο αστοχίας στο δοκίμιο μετρήθηκε να σχηματίζει γωνία $\alpha = 63^\circ$ με το οριζόντιο επίπεδο.

Και για τις δύο περιπτώσεις να βρεθούν οι ορθές και διατμητικές τάσεις που ενεργούν πάνω στο επίπεδο αστοχίας (σ_α και τ_α).

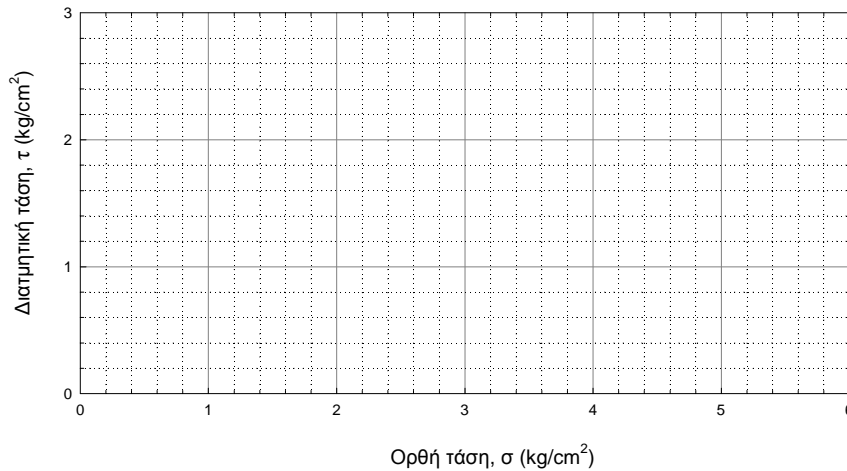
| ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ | |
|---|-------|
| Ύψος Δοκιμίου, L (cm) | 16 |
| Διάμετρος Δοκιμίου, D (cm) | 7,6 |
| Επιφάνεια Διατομής Δοκιμίου, A (cm ²) | 45,34 |

| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Αξονική Μετακίνηση, | Αξονική Παραμόρφωση, | Διορθωμένη Διατομή, | Αξονική Δύναμη, | Θλιπτική Τάση, |
| ΔL | $\varepsilon = \Delta L / L$ | $A' = A / (1 - \varepsilon)$ | P | $\sigma_c = P / A'$ |
| (mm) | (%) | (cm ²) | (kg) | (kg/cm ²) |
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] |
| 0 | | | 0,0 | |
| 0,2 | | | 14,0 | |
| 0,4 | | | 25,1 | |
| 0,7 | | | 37,7 | |
| 0,9 | | | 48,9 | |
| 1,1 | | | 57,6 | |
| 1,5 | | | 70,7 | |
| 1,9 | | | 82,2 | |
| 2,4 | | | 92,7 | |
| 2,8 | | | 102,2 | |
| 3,2 | | | 110,4 | |
| 3,7 | | | 118,0 | |
| 4,3 | | | 126,9 | |
| 4,9 | | | 134,5 | |
| 5,6 | | | 140,9 | |
| 6,2 | | | 145,6 | |
| 6,8 | | | 148,8 | |
| 7,6 | | | 153,1 | |
| 8,7 | | | 157,0 | |
| 9,3 | | | 159,1 | |
| 10,2 | | | 160,5 | |
| 11,3 | | | 161,7 | |
| 12,3 | | | 158,4 | |
| 13,4 | | | 152,4 | |
| 14 | | | 148,8 | |

A. Διάγραμμα $\sigma - \epsilon$ (Θλιπτικής τάσης – Αξονικής παραμόρφωσης)



B. Κύκλος MOHR – Περιβάλλουσα Αστοχίας MOHR – COULOMB

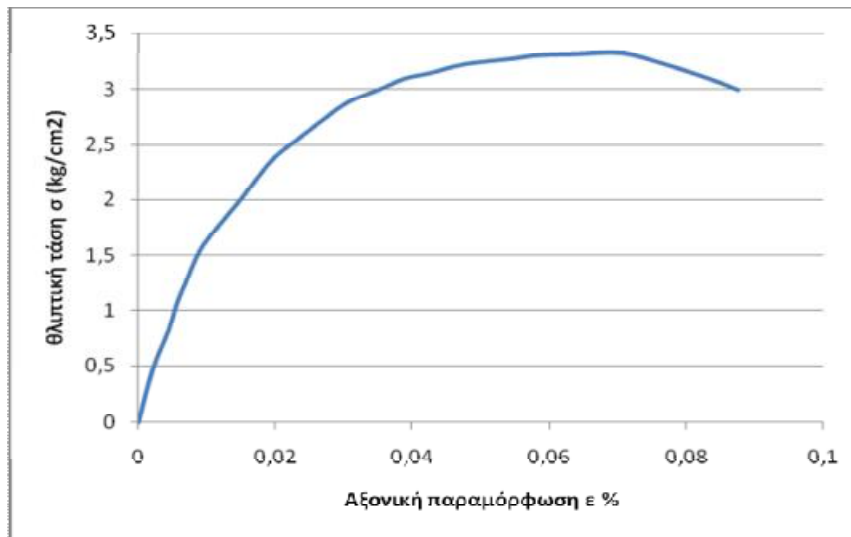


1) Αστράγγιστες συνθήκες ($\phi=0^\circ$)
Αστράγγιστη Διατμητική Αντοχή (συνοχή)
 $c_u = \underline{\hspace{2cm}}$ (kg/cm^2)

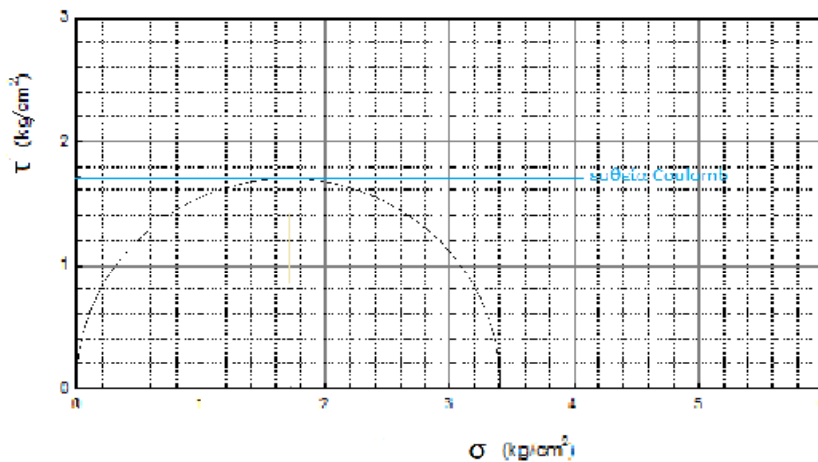
2) Στραγγιζόμενες συνθήκες (c & ϕ)
Γωνία εσωτερικής τριβής, $\phi = \underline{\hspace{2cm}}$
Συνοχή, $c = \underline{\hspace{2cm}}$ (kg/cm^2)

| ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Αξονική Μετακίνηση, | Αξονική Παραμόρφωση, | Διορθωμένη Διατομή, | Αξονική Δύναμη, | Θλιπτική Τάση, |
| ΔL | $\varepsilon = \Delta L / L$ | $A' = A / (1 - \varepsilon)$ | P | $\sigma_c = P / A'$ |
| (mm) | (%) | (cm ²) | (kg) | (kg/cm ²) |
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] |
| 0 | 0 | 45,34 | 0,0 | 0,00 |
| 0,2 | 0,0013 | 45,40 | 14,0 | 0,31 |
| 0,4 | 0,0025 | 45,45 | 25,1 | 0,55 |
| 0,7 | 0,0044 | 45,54 | 37,7 | 0,83 |
| 0,9 | 0,0056 | 45,59 | 48,9 | 1,07 |
| 1,1 | 0,0069 | 45,65 | 57,6 | 1,26 |
| 1,5 | 0,0090 | 45,75 | 70,7 | 1,55 |
| 1,9 | 0,0120 | 45,89 | 82,2 | 1,79 |
| 2,4 | 0,0150 | 46,03 | 92,7 | 2,01 |
| 2,8 | 0,0175 | 46,15 | 102,2 | 2,21 |
| 3,2 | 0,0200 | 46,27 | 110,4 | 2,39 |
| 3,7 | 0,0231 | 46,41 | 118,0 | 2,54 |
| 4,3 | 0,0269 | 46,59 | 126,9 | 2,72 |
| 4,9 | 0,0306 | 46,77 | 134,5 | 2,88 |
| 5,6 | 0,0350 | 46,98 | 140,9 | 2,99 |
| 6,2 | 0,0388 | 47,17 | 145,6 | 3,09 |
| 6,8 | 0,0425 | 47,35 | 148,8 | 3,14 |
| 7,6 | 0,0475 | 47,60 | 153,1 | 3,22 |
| 8,7 | 0,0544 | 47,95 | 157,0 | 3,27 |
| 9,3 | 0,0581 | 48,14 | 159,1 | 3,30 |
| 10,2 | 0,0638 | 48,43 | 160,5 | 3,31 |
| 11,3 | 0,0706 | 48,78 | 161,7 | 3,32 |
| 12,3 | 0,0769 | 49,12 | 158,4 | 3,22 |
| 13,4 | 0,0838 | 49,49 | 152,4 | 3,08 |
| 14 | 0,0875 | 49,69 | 148,8 | 2,99 |

Α. Διάγραμμα σ – ε (Θλιπτικής τάσης – Αξονικής παραμόρφωσης)



Β. Κύκλος MOHR – Περιβάλλουσα Αστοχίας MOHR – COULOMB



1) Αστράγγιστες συνθήκες ($\varphi=0^\circ$)
Αστράγγιστη Διατμητική Αντοχή (συνοχή)
 $c_u=1.66 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

2) Στραγγιζόμενες συνθήκες (c & φ)
Γωνία εσωτερικής τριβής, $\varphi = 18^\circ$
Συνοχή, $c = _ \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΛΑΦΩΝ

ΕΡΓΟ: Περιοχή Αρόης

Στοιχεία δείγματος: Γ3 , Βάθος: 1.70 - 2.15 m

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΑΠΛΗ ΘΛΙΨΗ

1. Στοιχεία

Δοκιμίου:

Επιφάνεια: A= cm²- Ανηγμένη Επιφάνεια: A= cm²- Ύψος: H= 7.15 cm- Βάρος W= 150.2 gr

Περιγραφή: Γκριζόχρους άργιλος

D= 3.58 cm

2. Πίνακας παρατηρήσεων

Δακτύλιος φορτίσεως

Αριθμ.

Εφαρμοσθείσα παραμόρφωση

| Αριθμός | Παραμ. ΔL mm | Ανάγν. Δακτυλ. Rp | Φορτίο P kg | Τάση kg cm ² | Παρατηρήσεις |
|---------|-----------------|----------------------|----------------|----------------------------|--------------|
| 1 | 71,5 | 10 | 1,43 | 0,14 | |
| 2 | 143 | 23 | 4,86 | 0,32 | |
| 3 | 214,5 | 34 | 7,15 | 0,47 | |
| 4 | 286 | 43 | 6,15 | 0,59 | |
| 5 | 357,5 | 50 | 7,15 | 0,67 | |
| 6 | 429 | 57 | 8,15 | 0,76 | |
| 7 | 500,5 | 62 | 8,87 | 0,82 | |
| 8 | 572 | 67 | 9,38 | 0,88 | |
| 9 | 643,5 | 71 | 10,15 | 0,92 | |
| 10 | 715 | 75 | 10,73 | 0,96 | |
| 11 | 786,5 | 79 | 11,3 | 1 | |
| 12 | 858 | 83 | 11,87 | 1,04 | |
| 13 | 929,5 | 86 | 12,3 | 1,06 | |
| 14 | 1001 | 89 | 12,73 | 1,09 | |
| 15 | 1072,5 | 92 | 13,16 | 1,11 | |
| 16 | 1144 | 94 | 13,44 | 1,12 | |
| 17 | 1215,5 | 96 | 13,73 | 1,13 | |
| 18 | 1287 | 98 | 14,01 | 1,14 | |
| 19 | 1308,5 | 100 | 14,3 | 1,15 | |
| 20 | 1430 | 102 | 14,59 | 1,16 | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |

| | |
|---|--|
| Προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας | |
|---|--|

| Πριν τη Δοκιμή | |
|----------------|-------|
| Αριθμ. | |
| Bδ+ε+ο | 264,5 |
| Bδ+ε | 241,6 |
| Bυ | 229 |
| Bδ | 149,9 |
| Bε | 31,7 |
| W% | 25 |

| Μετά τη Δοκιμή | |
|------------------|--|
| Δοχ. Αριθμ. | |
| Bδ+ε+ο | |
| Bδ+ε | |
| Bυ | |
| Bδ | |
| Bε | |
| W% | |
| Σχέδιο θραύσεως: | |

| | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | | | | | |
| 29 | | | | | |
| 30 | | | | | |

Παρατηρήσεις: Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο δοκιμών παρατηρούμε ότι το δοκίμιο που βρισκόταν πιο κοντά στην επιφάνεια του εδάφους χρειάστηκε λιγότερο φορτίο για να σπάσει.

Ο εξεταστής

Αριθμός Εντύπου Κ.Ε.Δ.Ε.
35β

ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΔΑΦΩΝ

ΕΡΓΟ: Περιοχή Αρόης

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Γ3

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ: ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗ ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

1. Χαρακτηριστικά Δοκιμίου και Υπολογισμοί

Δοκίμια:

Συσκευή Αριθμ.:

Διαστάσεις συσκευής: Ύψος= mm Διάμετρος= mm Επιφάνεια A= cm²Ειδικό βάρος G_s= 2.66

Τύπος εδάφους

Παρατηρήσεις

Μέση υδατοπερατότητα

W= Βάρος συσκευής + υγρού εδάφους= 129.9g

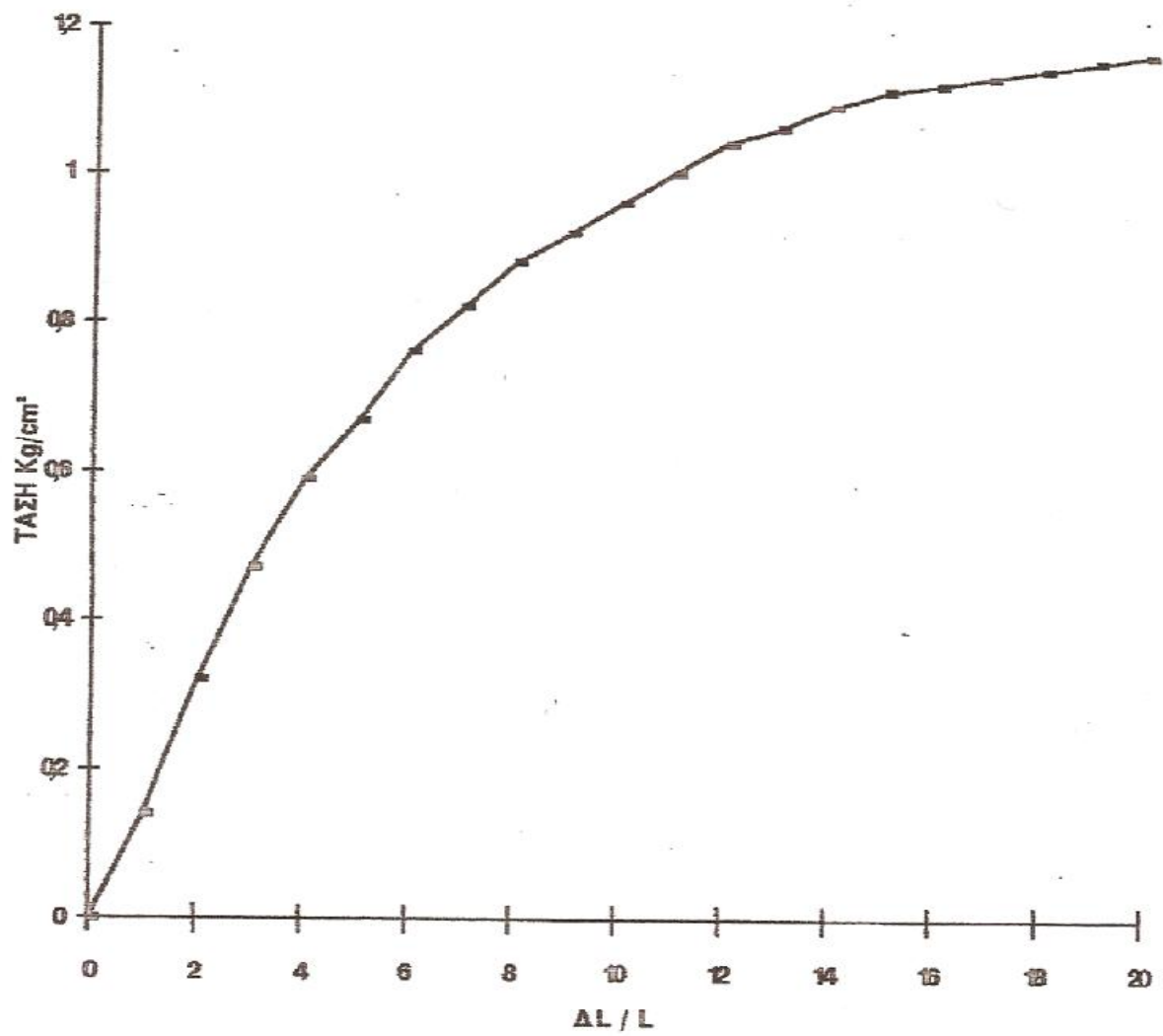
W_U= Βάρος συσκευής= grW_S= Βάρος υγρού εδάφους= 566.4 grW_T= Βάρος ξηρού εδάφους= grR₁= Συσκευή μετά τύπου 30mm= grR₂= Συσκευή χωρίς φορτίο= grR₃= Συσκευή με φορτίο= kg/cm²H₀= Αρχικό ύψος δοκιμίου= mmH_s= Ύψος κόκκων= 63.09mm

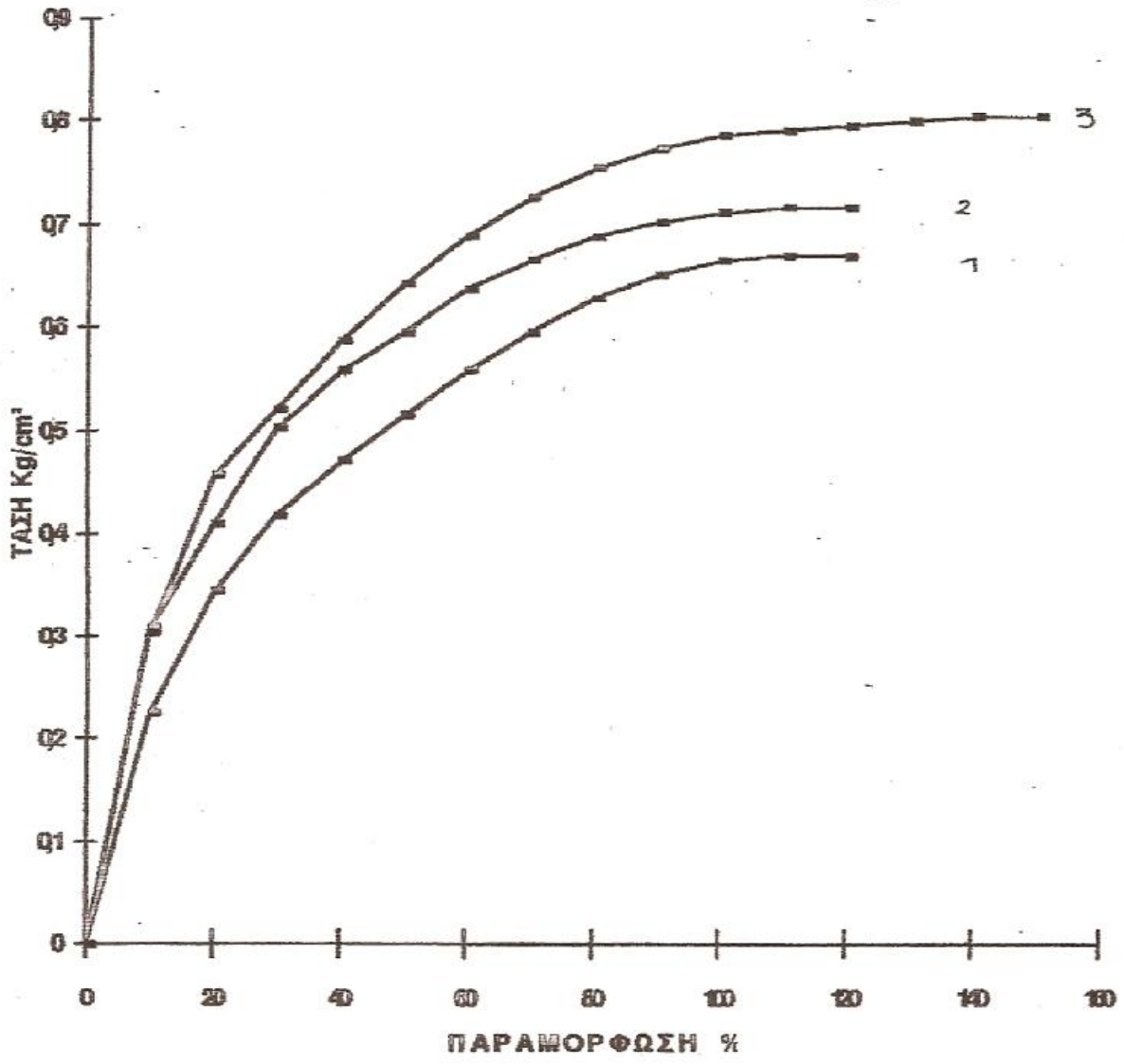
| Υγρασία % | Πριν τη δοκιμή | Μετά τη δοκιμή |
|------------|----------------|----------------|
| Δοχ. Αρ. | | |
| Bδ + ε + υ | 242,8 | |
| Bυ | | |
| Bδ | 144,2 | |
| Bε | | |
| w% | 21,1 | |

| Πίεση kg/cm ² | Τελ. Ανάγν. R | Υποχώρ. σε 0.0001 ΔR | H=H ₀ -ΔR | Διάκενα H ₀ -H _S | Λόγ. Διακ. e=(H-H _S)/H _S | Ξηρό φαιν. Βάρος kg/m ³ | Στερεοπ. % | Παρατηρήσεις |
|--|------------------|-------------------------|----------------------|---|--|--|---------------|--------------|
| 0 | | 36 | 104 | 3691 | 0,585 | | | |
| 0,125 | | | 9964 | 3655 | 0,58 | | | |
| 0,25 | | 75 | 9925 | 3616 | 0,573 | | | |
| 0,5 | | 144 | 9856 | 3547 | 0,562 | | | |
| 1 | | 225 | 9775 | 3466 | 0,55 | | | |
| 2 | | 295 | 9705 | 3396 | 0,538 | | | |
| 4 | | 390 | 9610 | 3292 | 0,522 | | | |
| 8 | | 534 | 9466 | 3157 | 0,5 | | | |
| 2 | | 494 | 9506 | 3197 | 0,507 | | | |
| 0,125 | | 455 | 9545 | 3236 | 0,513 | | | |
| | | | Αρχική κατάστασ | Τελική κατάσταση | | | | |
| Ξηρό φαινόμενο βάρος kg/m ³ | | | | | | 1= Κατά παράδοση H _a αμετάβλητα κατόπιν κορεσμού | | |
| Συνολικό ύψος H mm | | | | | | 2= [(H _w *A)/W _s]*100 | | |
| Ύψος νερού H _w mm | | | | | | 3= S= [(H _w *100)/(H-H _s)] | | |
| Ύψος αέρος H _a mm | | | | | | 1 H _w = [(W _T *w%)/A] | | |
| Περιεχόμενη υγρασία % | | | | | | 2 H _a = H-H _s -H _w | | |
| Βαθμός κορεσμού % | | | | | | 3 | | |

Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ

Αριθμ.Εντόπου 25α





4.11 ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

4.11.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Σε αυτό το πείραμα ασχολούμαστε με την έννοια της διαπερατότητας. Η διαπερατότητα είναι η δυσκολία με την οποία το νερό διαπερνά το εδαφικό υλικό. Μέσα από αυτή την πειραματική διαδικασία προσδιορίζουμε τον συντελεστή διαπερατότητας k ο οποίος μετριέται σε 10^{-7} cm/sec.

4.11.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. Διαπερατόμετρο.
2. Μέτρο.
3. Χρονόμετρο.
4. Συλλέκτης.
5. Ζυγός ευαισθησίας.



Εικόνα 4.24. Διαπερατόμετρο (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.25. κυψέλη διαπερατότητας (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.26. διάταξη διαπερατότητας (εργαστηρίου εδαφομηχανικής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.11.3. Υλικά:

Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιούμε δείγμα εδαφικού υλικού άμμου και χαλικιών.

4.11.4. Πορεία Εργασίας:

Η διαδικασία για τον προσδιορισμό του συντελεστή k είναι ίδια και για τα δύο είδη εδαφικών υλικών τόσο για το αμμώδες έδαφος όσο και το χαλικώδες.

Από τον συλλέκτη υπολογίζουμε το ύψος της εισόδου του νερού και ύψος της εξόδου αυτού, η αφαίρεση αυτών μας δίνει το υδραυλικό φορτίο. Στην συνέχεια και με την βοήθεια του διαπερατόμετρου υπολογίζουμε την διατομή A και το μήκος l αυτού, στοιχεία που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του ύψους του δοκιμίου. Στο τέλος του πειράματος βρίσκουμε την παροχή Q όπου ζυγίζουμε το βάρος του υποδοχέα με το νερό καθώς και το απόβαρο του υποδοχέα και έτσι υπολογίζουμε το βάρος του νερού που χρειάστηκε για την εκτέλεση και την ολοκλήρωση της δοκιμής αυτής.

4.11.5. Υπολογισμοί:

Όπως αναφέραμε και παραπάνω ο υπολογισμός του συντελεστή της διαπερατότητας είναι ίδιος τόσο για αμμώδη όσο και τα χαλικώδη εδάφη. Ο τύπος του συντελεστή k είναι

$$k = \frac{Q * l}{A * h}$$

όπου Q η παροχή του νερού,

l το μήκος του διαπερατόμετρου,

A η διατομή του διαπερατόμετρου και

h είναι το (h εισόδου – h εξόδου).

4.11.6. Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις:

Με τα αποτελέσματα του πειράματος συμπεραίνουμε ότι ο συντελεστής διαπερατότητας κ της άμμου είναι μικρότερος από αυτό του χαλικιού. Κι αυτό γιατί η άργιλος είναι αδιαπέρατη όταν βρίσκεται σε μεγάλο πάχος .

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι η ροή του νερού μέσα στην άργιλο προχωρεί με ταχύτητα εκατοστών του μέτρου τον χρόνο. Η ποσότητα ωστόσο του νερού που περιέχεται μέσα στην άργιλο μπορεί να είναι πολύ μεγάλη.

4.11.7. Έντυπα μετρήσεων :

Έντυπο για μεταβλητό φορτίο

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ
ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ
ΔΟΚΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ (ΚΑΤΕΡΧΟΜΕΝΟΥ) ΦΟΡΤΙΟΥ**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: _____

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| Βάρος κελιού (σε gr) | | | | $k = 2.303 \times \frac{a \times L}{A \times t} \times \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$ $K = \frac{\mu_w \times k}{\gamma_w}$ |
| Βάρος κελιού + νερού (σε gr) | | | | |
| Βάρος κελιού + νερού + δείγματος (σε gr) | | | | |
| Βάρος δείγματος (σε gr) | | | | |
| Διατομή δοκιμίου, A (σε cm ²) | | | | |
| Ύψος δοκιμίου, L (σε cm) | | | | |
| Θερμοκρασία νερού (°C) | | | | |
| Μανομετρική διαφορά h ₁ (σε cm) | | | | |
| Μανομετρική διαφορά h ₂ (σε cm) | | | | |
| Χρόνος πτώσης στάθμης, t (σε sec) | | | | |
| Διατομή μανομετρικού σωλήνα, a (cm ²) | | | | M. O. |
| Συντελεστής διαπερατότητας, k (σε cm/sec) | | | | → |
| Εγγενής Διαπερατότητα, K (σε cm ²) | | | | → |
| Πορώδες, n (%) | | | | |
| Λόγος κενών, e | | | | |
| Παρατηρήσεις | | | | |

Έντυπο για σταθερό φορτίο

| Όγκος δοκιμίου μήτρας, V_t ($\pi r^2 \cdot h$) | 804,05137 | Θερμοκρασία νερού (°C) | | Πυκνότητα νερού gr/cm ³ | | μ_w |
|---|-----------|---------------------------|--|---------------------------------------|--|----------|
| Όγκος κόκκων δείγματος, V_s | 547,40936 | 10 | | 0,9997 | | 0,013077 |
| Όγκος κενών στο δοκίμιο, V_v | 256,64201 | 11 | | 0,999605 | | 0,012713 |
| Ξηρό φαινόμενο βάρος | 17,062697 | 12 | | 0,999498 | | 0,012363 |
| | | 13 | | 0,999377 | | 0,012028 |
| | | 14 | | 0,999244 | | 0,011709 |
| | | 15 | | 0,999099 | | 0,011404 |
| | | 16 | | 0,998943 | | 0,011111 |
| | | 17 | | 0,998774 | | 0,010828 |
| | | 18 | | 0,998595 | | 0,010559 |
| | | 19 | | 0,998405 | | 0,010299 |
| | | 20 | | 0,998203 | | 0,01005 |
| | | 21 | | 0,997992 | | 0,00981 |
| | | 22 | | 0,99777 | | 0,009579 |
| | | 23 | | 0,997538 | | 0,009358 |
| | | 24 | | 0,997296 | | 0,009142 |
| | | 25 | | 0,997044 | | 0,008937 |
| | | 26 | | 0,996783 | | 0,008737 |
| | | 27 | | 0,996512 | | 0,008545 |
| | | 28 | | 0,996232 | | 0,00836 |
| | | 29 | | 0,995944 | | 0,00818 |
| | | 30 | | 0,995646 | | 0,008007 |
| | | | | | | |
| | | | | 0,996512 | | 0,008545 |

4.12. ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.12.1. Εισαγωγικές πληροφορίες - Σκοπός:

Σ' αυτή την πειραματική διαδικασία ασχολούμαστε με τη μονοδιάστατη στερεοποίηση που έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό του βαθμού στερεοποίησης και τη συμπιεστότητα του εδαφικού υλικού όταν πλευρικά δεν παραμορφώνεται καθώς φορτίζεται και στραγγίζεται αξονικά.

Πριν να περιγράψουμε και να αναλύσουμε τόσο τον σκοπό όσο και τον τρόπο της δοκιμής της μονοδιάστατης στερεοποίησης θα ήταν απαραίτητο να αναφέρουμε την προέλευση του προβλήματος που μας οδήγησε στην πειραματική αυτή διαδικασία.

Καθίζηση είναι η υποχώρηση του επιπέδου όπου εδράζεται μία κατασκευή που οφείλεται στην παραμόρφωση του εδάφους αυτού. Πιο συγκεκριμένα οφείλεται στην αναδιάταξη των κόκκων του εδάφους στο πέρας του χρόνου με αποτέλεσμα να μειώνεται ο δείκτης πόρων στην περιοχή όπου υπάρχει φόρτιση κι αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι δεν έχουμε πλευρική διόγκωση του υλικού. Η παραμόρφωση αυτή των κόκκων αντιστοιχεί σε μία εκροή νερού των πόρων πράγμα που σημαίνει ότι η ολική καθίζηση χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για να πραγματοποιηθεί.

Οπότε η διαδικασία της ολικής καθίζησης αποτελείται από τα εξής τρία στάδια: **α)** αρχική καθίζηση, **β)** καθίζηση εξαιτίας στερεοποίησης και **γ)** δευτερογενής καθίζηση.

Αναλυτικότερα, η αρχική καθίζηση λαμβάνει χώρα μετά την εφαρμογή του φορτίου, είναι σαν αποτέλεσμα των διατμητικών τάσεων που αναπτύσσονται, πραγματοποιείται με σταθερό όγκο, χωρίς αποστράγγιση του νερού των πόρων και το μέγεθος της είναι σχετικά μικρό. Η αρχική καθίζηση εμφανίζεται εξαιτίας διαφυγής του αέρα, την ελαστική παραμόρφωση και την επαναδιάταξη των κόκκων του εδάφους.

Η καθίζηση λόγω στερεοποίησης είναι το επόμενο στάδιο από την αρχική καθίζηση. Οφείλεται στην απομάκρυνση του νερού από τους πόρους του εδάφους που αυτό έχει σαν συνέπεια να σταματά η φόρτιση στο νερό και να φορτίζεται πια ο σκελετός της κατασκευής μας. Το στάδιο αυτό χρειάζεται προσοχή και συνεχή παρακολούθηση αφού πρέπει να γίνονται συνέχεια μετρήσεις για να παρατηρείται η μεταβολή της πίεσης στους πόρους. Το δεύτερο αυτό στάδιο τελειώνει όταν η πίεση του νερού των πόρων γίνει ίση με τις υπάρχουσες υδραυλικές συνθήκες. Η διαδικασία της καθίζησης είναι βαθμιαία, σε φθίνουσα εξέλιξη και παίρνει αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία αυτή του δεύτερου σταδίου είναι μεγαλύτερη όταν πρόκειται για κορεσμένο συνεκτικό έδαφος.

Τρίτο και τελευταίο στάδιο της ολικής καθίζησης είναι η δευτερογενής καθίζηση. Αυτό το στάδιο παρατηρείται με το πέρας του χρόνου, τα αίτια και ο τρόπος εμφάνισης του διαφέρει ανάλογα το είδος του εδάφους.

Η δοκιμή της μονοδιάστατης στερεοποίησης πραγματοποιείται στο δεύτερο στάδιο της ολικής καθίζησης.

4.12.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. Συσκευή φόρτισης.
2. Συσκευή στερεοποίησης,
3. Πορόλιθοι,
4. Μηκυνσιόμετρο δυνατότητα μέτρησης μέχρι 25.4mm και με προσέγγιση 0.02 mm.

4.12.3. Υλικά:

Δείγμα εδαφικού υλικού.

4.12.4. Τεχνικές Προδιαγραφές:

1. Αμερικάνικη προδιαγραφή: ASTM D-2435/80.
2. Ελληνική Προδιαγραφή: Ε 105-86/13.

4.12.5. Πορεία Εργασίας:

Παίρνουμε το εδαφικό δείγμα με την βοήθεια ενός οδηγού δακτύλου με κοφτερές άκρες και το τοποθετούμε με προσοχή μέσα στην συσκευή προσέχοντας να μην υπάρξει καμία ανατάραξη ή απώλεια υγρασίας. Χρησιμοποιούμε τον δακτύλιο αυτό διότι με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχει διόγκωση ή πλευρική αποστράγγιση. Ζυγίζουμε το δείγμα με το δακτύλιο και καταγράφουμε την μέτρηση.

Βρέχουμε τους πορόλιθους για να μην υπάρξει απώλεια υγρασίας ή υπερβολική ποσότητα νερού στο δείγμα μας δηλαδή να μην απορροφήσουν νερό από το δοκίμιο ή να αποδώσουν σε αυτό ποσότητα νερού. Τοποθετούμε το δείγμα μέσα στους πορόλιθους και συναρμολογούνται με τους δακτύλιους, τέλος τα καλύπτουμε με αεροστεγή μεμβράνη για να μην υπάρξει απώλεια υγρασίας. Φορτίζουμε το δοκίμιο αξονικά με φορτία όπου κάθε φορά διπλασιάζουμε την πίεση δηλαδή με φορτία 0.25, 0.5, 1 και 2 kg/cm² όπου κάθε πίεση παραμένει σταθερή για 24 ώρες. Μετά το πέρας της εκάστοτε πίεσης και πριν την εφαρμογή της επόμενης καταγράφουμε την μεταβολή του πάχους του εδαφικού δείγματος. Σε κάθε πίεση που ασκείται παίρνουμε μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα μέχρι να συμπληρωθεί το διάστημα των 24 ωρών. Πιο συγκεκριμένα παίρνουμε μετρήσεις κάθε 30'', 1', 2', 4', 8', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 8h, 24h. Μετά από το αυτό το χρονικό διάστημα αυξάνουμε την πίεση όπως αναφέραμε προηγουμένως και επαναλαμβάνουμε την διαδικασία της καταγραφής των μετρήσεων.

Τα αποτελέσματα τα συντάσσουμε σε λογαριθμικό χαρτί όπου και σχηματίζεται έτσι η καμπύλη παραμόρφωσης και χρόνου. Η πειραματική

διαδικασία της μονοδιάστατης στερεοποίησης ολοκληρώνεται όταν με τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα εμφανιστεί στην καμπύλη ένα ευθύγραμμο τμήμα κατά την δευτερεύουσα στερεοποίηση. Αν το ευθύγραμμο τμήμα δεν εμφανιστεί μετά από την άσκηση των τεσσάρων πιέσεων που προδιαγράφονται είμαστε υποχρεωμένοι να συνεχίσουμε την διαδικασία και να επιβάλλουμε διπλάσια πίεση.

Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι η τελική τάση πρέπει να είναι διπλάσια από την τάση που αναπτύσσεται επί τόπου λόγω του βάρους του υπερκείμενου εδάφους και των εξωτερικών φορτίων. Σε περίπτωση που η δοκιμή πραγματοποιηθεί σε πλήρως κορεσμένο αδιατάρακτο δείγμα το δοκίμιο θα κατακλυζόταν με νερό στο στάδιο της φόρτισης που αντιστοιχεί σε κατακόρυφη πίεση ίση ή μεγαλύτερη από την πίεση του εδάφους στην θέση όπου λαμβάνεται το δείγμα.

Μετά το τέλος των φορτίσεων αφαιρούμε το επιβαλλόμενο βάρος και μετράμε την αποσυμπίεση του εδαφικού υλικού. Αποσυναρμολογούμε την συσκευή και βγάζουμε το δοκίμιο από τον δακτύλιο. Ζυγίζουμε το εδαφικό δείγμα, το ξηραίνουμε μέσα σε κλίβανο και στην συνέχεια το ξαναζυγίζουμε και υπολογίζουμε με αυτό τον τρόπο το ξηρό βάρος των κόκκων του εδάφους καθώς και την υγρασία του εδαφικού δείγματος.

4.12.6. Υπολογισμοί:

Στην πειραματική αυτή διαδικασία της δοκιμής της μονοδιάστατης στερεοποίησης προσδιορίζουμε τον συντελεστή στερεοποίησης C_v όπου δίνεται από τον τύπο

$$C_v = \frac{T_v * H_o^2}{t}$$

σε cm^2/sec .

Όπου T_v είναι ο χρονικός συντελεστής που είναι καθαρός αριθμός,

H_0 το ύψος του δοκιμίου όπου για απλή στράγγιση είναι H_0 και για διπλή στράγγιση το ύψος του δοκιμίου είναι $H_0/2$ και

t είναι ο χρόνος που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο βαθμό στερεοποίησης.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε για t_{50} δηλαδή για χρόνο που έχει συντελεσθεί το 50% της στερεοποίησης αντιστοιχεί στ $T_v = 0.196$ και για 90% $T_v = 0.848$ όπως φαίνεται και σε πίνακα παρακάτω που παραθέτεται παρακάτω που δείχνει τις τιμές που δείχνουν την αντιστοιχία του χρονικού συντελεστή T_v και του βαθμού στερεοποίησης U .

4.12.7. Συμπεράσματα – Αποτελέσματα:

Μετά το τέλος της δοκιμής αυτής θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι σε εδάφη με υψηλή διαπερατότητα κοκκώδη και σε μη συνεκτικά τα στάδια της ολικής καθίζησης παρουσιάζεται και παρακολουθεί την επιβολή της φόρτισης ενώ στην αντίθετη περίπτωση δηλαδή σε εδάφη μικρής διαπερατότητας και συνεκτικά παρατηρείται ότι μεγάλο τμήμα της καθίζησης επέρχεται αργά μετά από πολύ χρόνο από την επιβολή του φορτίου.

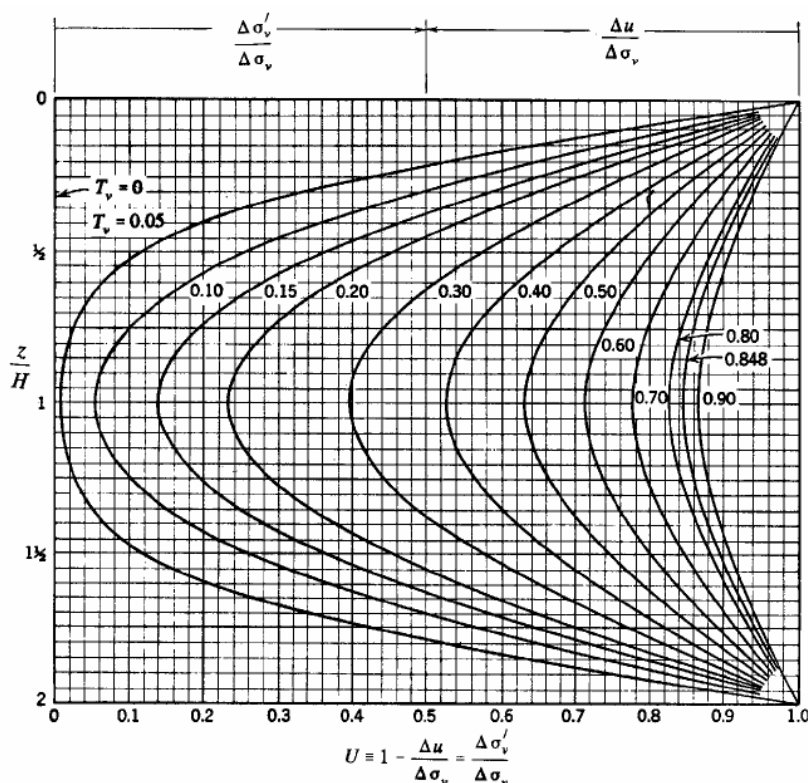
Με την μέθοδο της μονοδιάστατης στερεοποίησης όπου το δοκίμιο μας φορτίζεται και στραγγίζεται αξονικά διαπιστώνουμε ότι η καθίζηση είναι ίση με τη μεταβολή του όγκου του δοκιμίου δηλαδή είναι ανάλογη με την μεταβολή του δείκτη πόρων. Πράγμα που σημαίνει ότι όσο μεγαλώνει ο όγκος του δοκιμίου από την καθίζηση τόσο μεγαλώνει και ο δείκτης πόρων αυτού και αντιστρόφως. Τέλος η στερεοποίηση αναφέρεται σε αργιλικά εδάφη όπου έχουν μικρή διαπερατότητα.

Στο εργαστήριο πραγματοποιείται η δοκιμή της μονοδιάστατης στερεοποίησης σε δοκίμια για διπλή στράγγιση.

4.12.8. Έντυπα μετρήσεων :

Δοκιμή Μονοδιάστατης Στερεοποίησης.

Η δοκιμή στερεοποίησης γίνεται με σκοπό να διερευνηθεί η συμπεριφορά αργιλικών εδαφικών υλικών κατά την στερεοποίηση. Κυρίως ενδιαφερόμαστε να προβλέψουμε τον χρόνο που χρειάζεται το φαινόμενο να ολοκληρωθεί σε πραγματική κλίμακα καθώς και το μέγεθος της αναμενόμενης καθίζησης (συμπιεστότητα).



Συντελεστής στερεοποίησης C_v (cm^2/sec)

$$c_v = \frac{T_v H^2}{t}$$

όπου

T_v = χρονικός συντελεστής (καθαρός αριθμός που εξαρτάται από το βαθμό στερεοποίησης)

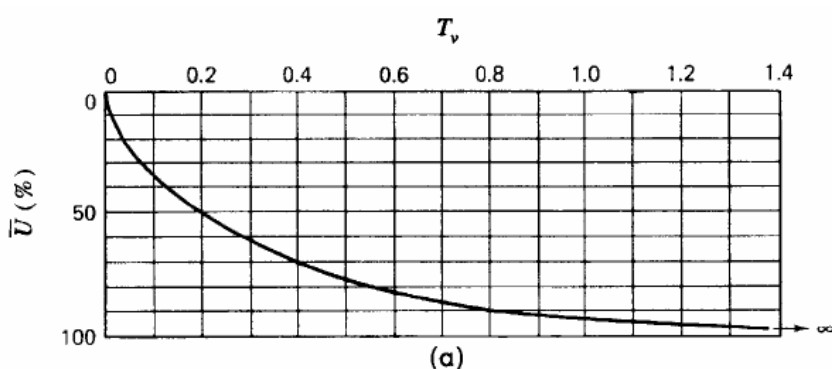
H = ύψος αργιλικού στρώματος

- Για απλή στράγγιση, H

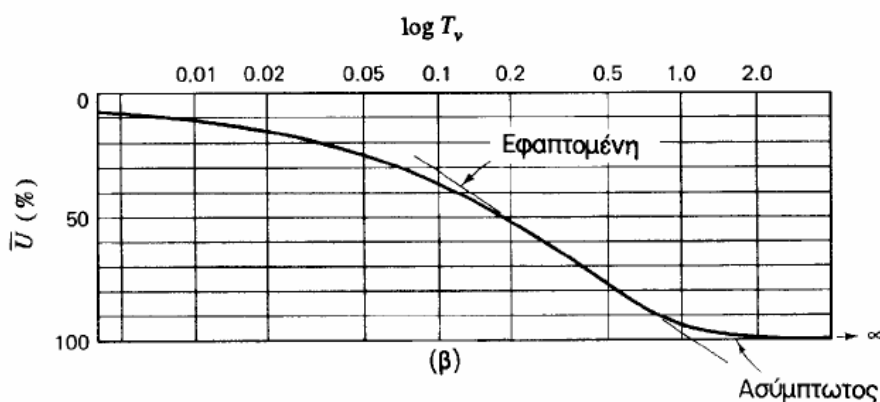
- Για διπλή στράγγιση, $H/2$

t = ο χρόνος που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο βαθμό στερεοποίησης.

Αντιστοίχια βαθμού στερεοποίησης $U(\%)$ και χρονικού συντελεστή (ή παράγοντα) T_v

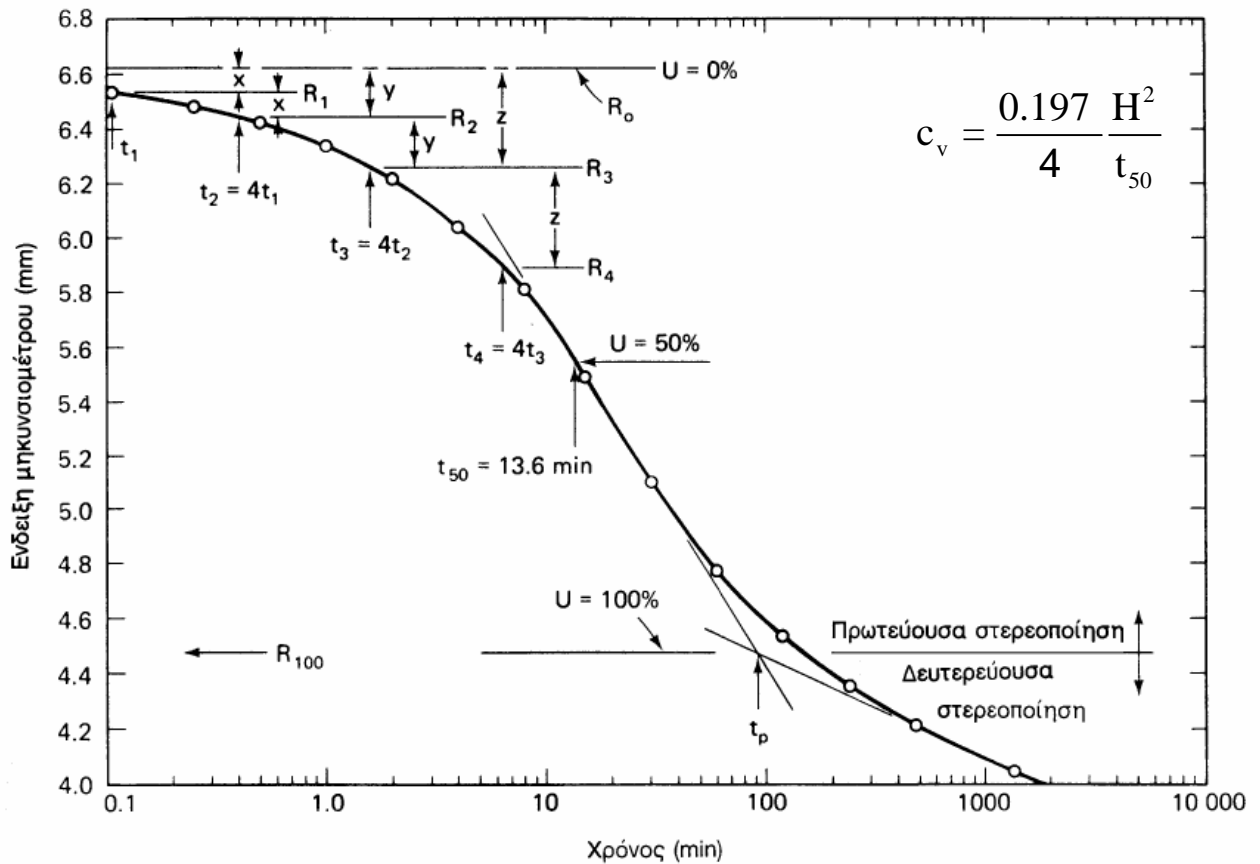


| \bar{U} | T_v |
|-----------|----------|
| 0 | 0 |
| 0.1 | 0.01 |
| 0.2 | 0.031 |
| 0.3 | 0.071 |
| 0.4 | 0.126 |
| 0.5 | 0.197 |
| 0.6 | 0.287 |
| 0.7 | 0.403 |
| 0.8 | 0.567 |
| 0.9 | 0.848 |
| 1 | ∞ |



Παρατηρούμε ότι θεωρητικά η στερεοποίηση τελειώνει σε άπειρο χρόνο. Πρακτικά, για χρονικό συντελεστή $T_v = \infty$ ο βαθμός στερεοποίησης $U = 99\%$. Συχνά επίσης θεωρείται ότι το 84% «τέλος της στερεοποίησης» αντιστοιχεί στην τιμή $T_v = 1$.

Επεξεργασία εργαστηριακής καμπύλης συμπίεσης – χρόνου με τη μέθοδο Λογαρίθμου του χρόνου



Υπολογισμός τελικών αναμενόμενων καθιζήσεων λόγω στερεοποίησης

Για κανονικά στερεοποιημένες αργίλους, η τελική αναμενόμενη καθίζηση ενός εδαφικού στρώματος, πάχους H, δίνεται από τη σχέση:

$$S = H \frac{\Delta e}{1 + e_0} = H \frac{C_c}{1 + e_0} \log \left(\frac{s'_{v0} + \Delta s'_{v0}}{s'_{v0}} \right)$$

Όπου:

C_c = ο δείκτης συμπίεσης

e₀ = ο αρχικός δείκτης κενών

s_{v0}' = η αρχική κατακόρυφη ενεργός τάση

Δs_{v0}' = η επιφόρτιση που προκαλεί την στερεοποίηση του εδαφικού στρώματος

ΑΣΚΗΣΗ

Στους πίνακες 1 και 2 που ακολουθούν δίνονται τα στοιχεία δοκιμίου και οι αντίστοιχες μετρήσεις για μια πλήρη δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης. Να γίνουν οι υπολογισμοί και τα απαραίτητα διαγράμματα ώστε να βρεθούν:

α) Ο Συντελεστής στερεοποίησης C_v

β) Ο δείκτης Συμπίεσης, C_c

Με τη βοήθεια των παραπάνω, να απαντηθούν τα ερωτήματα του εξής προβλήματος:

« Ένα πλήρως κορεσμένο εδαφικό στρώμα πάχους $H = 20\text{m}$ από το παραπάνω αργιλικό υλικό δέχεται επιφόρτιση $\Delta\sigma = 3 \text{ kg/cm}^2$. Να βρεθούν:

- Σε πόσο χρόνο θα ολοκληρωθούν οι καθιζήσεις λόγω στερεοποίησης; Υπολογίστε για περίπτωση απλής και για περίπτωση διπλής στράγγισης.

- Πόση εκτιμάται να είναι η τελική καθίζηση;

Δίνεται το κορεσμένο ειδικό βάρος της αργίλου $\gamma_k = 2000 \text{ kg/m}^3$

A) Πρωτογενή Δεδομένα - Μετρήσεις

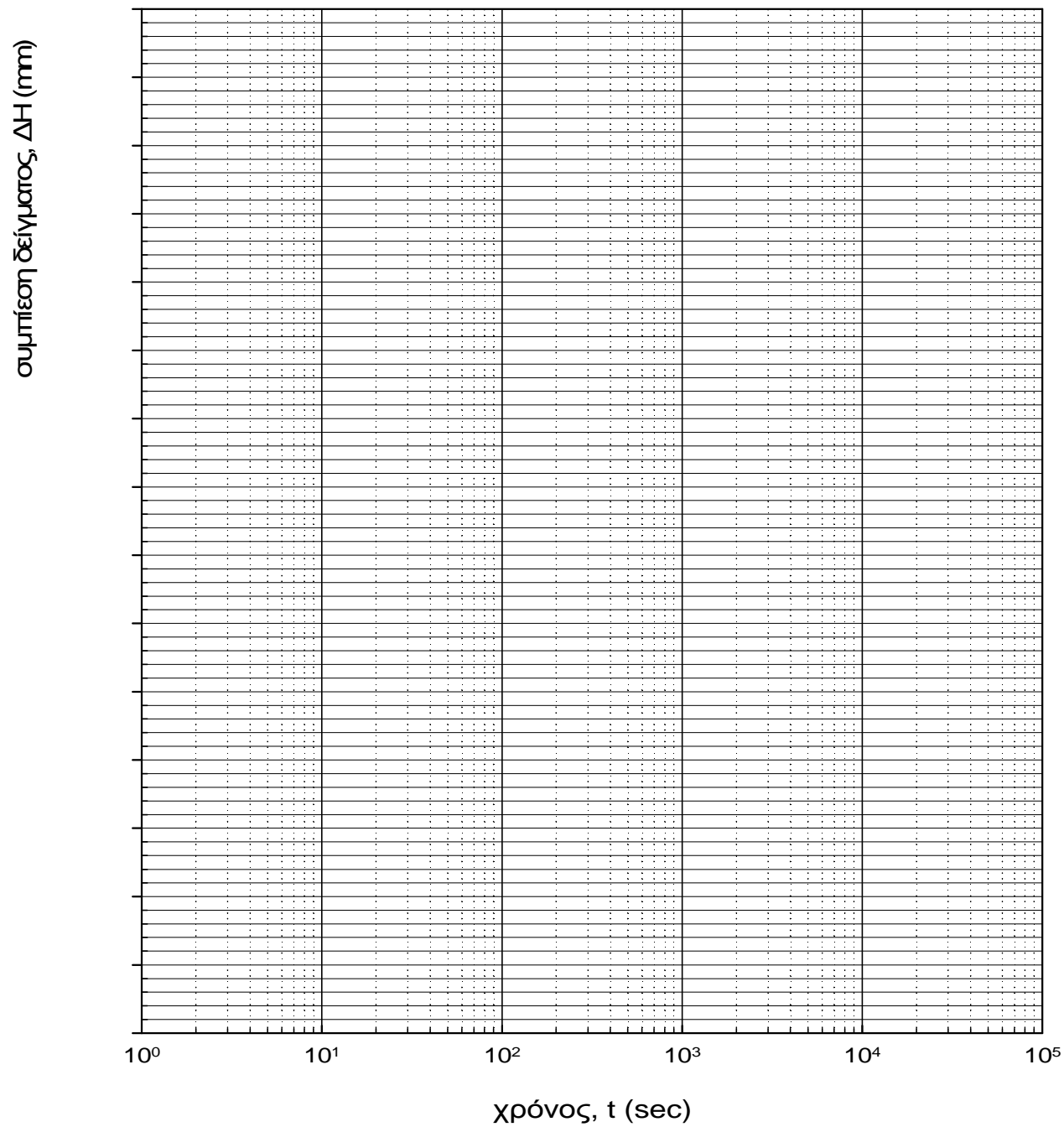
Πίνακας 1. Στοιχεία δοκιμίου

| ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ | | | |
|--|--------|--------------------------------------|-------|
| Διάμετρος Δακτυλίου, D (cm) | 6.35 | Ύψος Δακτυλίου, H (cm) | 1.91 |
| Επιφάνεια δακτυλίου, A (cm ²) | | Βάρος δακτυλίου, W (gr) | 75.83 |
| Ειδική πυκνότητα στερεών, G _s (gr/cm ³) | 2.65 | | |
| ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ | | | |
| Ύψος Δοκιμίου, H ₀ (cm) | | ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΝΕΡΟ | |
| Βάρος δακτυλίου και δοκιμίου (gr) | 183.63 | Βάρος δοχείου (gr) | 11.66 |
| Βάρος υγρού εδάφους, W _{t,0} (gr) | | Βάρος δοχείου και υγρού εδάφους (gr) | 29.54 |
| Βάρος ξηρού εδάφους, W _s = W _{t,0} / (1+w) (gr) | | Βάρος δοχείου και ξηρού εδάφους (gr) | 24.25 |
| Ύψος στερεών, H _s = W _s / (G _s A) | | Βάρος ξηρού εδάφους (gr) | |
| Ύψος κενών, H _{v,0} = H ₀ - H _s | | Βάρος νερού (gr) | |
| Δείκτης κενών, e ₀ = H _{v,0} / H _s | | Αρχική υγρασία, w ₀ (%) | |
| Βαθμός κορεσμού, S _r = w ₀ G _s / e ₀ (%) | | | |

Πίνακας 2. Μετρήσεις χρόνου - συμπίεσης

| Χρόνος (sec) | Συμπίεση Δείγματος (mm) για φορτία | | | | | | |
|--------------|------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 0.25 kg/cm ² | 0.5 kg/cm ² | 1 kg/cm ² | 2 kg/cm ² | 4 kg/cm ² | 2 kg/cm ² | 1 kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0.462 | 0.919 | 1.593 | 2.449 | 3.480 | 3.406 |
| 6 | 0.117 | 0.559 | 1.021 | 1.742 | 2.601 | 3.467 | 3.355 |
| 15 | 0.132 | 0.569 | 1.039 | 1.770 | 2.637 | 3.462 | 3.345 |
| 30 | 0.150 | 0.579 | 1.059 | 1.798 | 2.667 | 3.454 | 3.335 |
| 60 | 0.170 | 0.597 | 1.090 | 1.834 | 2.718 | 3.447 | 3.320 |
| 120 | 0.201 | 0.615 | 1.128 | 1.887 | 2.789 | 3.437 | 3.302 |
| 300 | 0.241 | 0.660 | 1.204 | 1.981 | 2.918 | 3.424 | 3.272 |
| 600 | 0.292 | 0.709 | 1.288 | 2.083 | 3.053 | 3.414 | 3.246 |
| 1200 | 0.345 | 0.765 | 1.387 | 2.205 | 3.205 | 3.409 | 3.223 |
| 2400 | 0.396 | 0.823 | 1.476 | 2.306 | 3.332 | 3.406 | 3.213 |
| 3600 | 0.419 | 0.851 | 1.516 | 2.355 | 3.399 | | |
| 7200 | 0.447 | 0.892 | 1.565 | 2.403 | 3.437 | | |
| 10800 | 0.457 | 0.909 | 1.582 | 2.433 | 3.465 | | |
| 14400 | 0.462 | 0.919 | 1.593 | 2.449 | 3.480 | | |

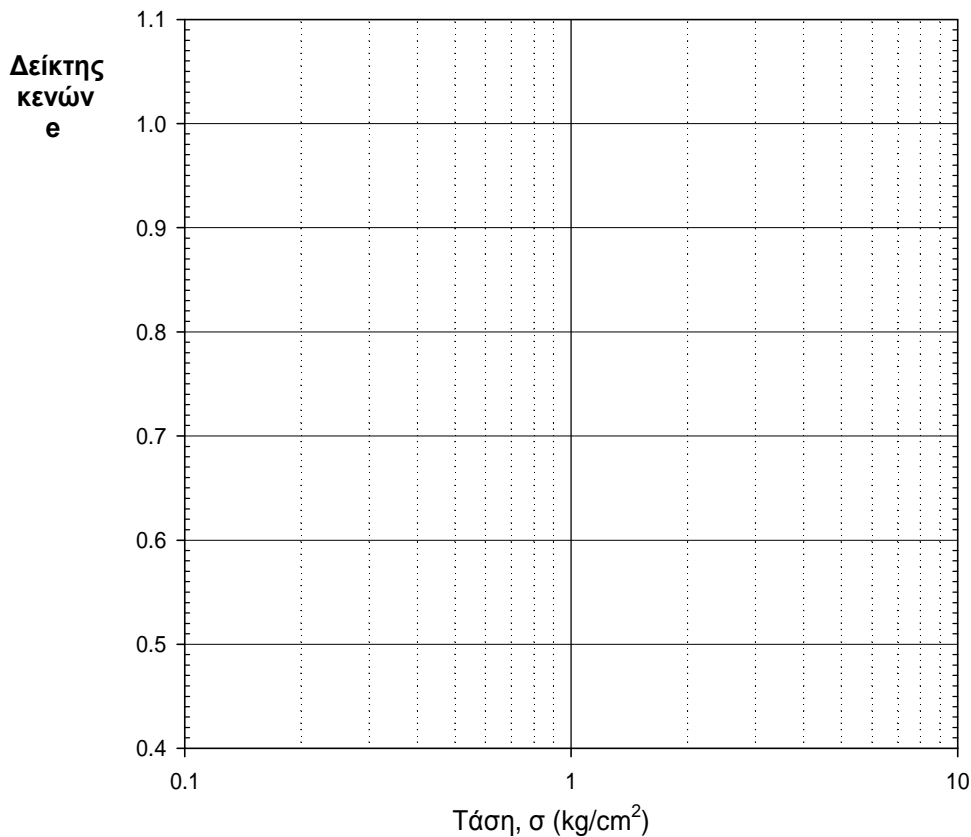
B. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΧΡΟΝΟΥ - ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ



Γ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

| ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ΚΕΝΩΝ (e) ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ (C _v) | | | | | | |
|---|--|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|--|---|
| Φορτίο (kg/cm ²) | Μεταβολή ύψους δοκιμίου ΔH (cm) | Μεταβολή δείκτη κενών Δe | Δείκτης κενών e | Μέσο ύψος δοκιμίου H (cm) | Χρόνος για 50% στερεοποίηση t ₅₀ (sec) | Συντελεστής στερεοποίησης C _v (cm ² /sec) |
| [1] | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] | [7] |
| 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0,25 | | | | | | |
| 0,5 | | | | | | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 2 | | | | | - | - |
| 1 | | | | | - | - |

[2] : Από πίνακα μετρήσεων χρόνου - συμπίεσης
 [3] = [2] : H_s
 [4] = e₀ - [3]
 [5] = H₀ - ([2₁] + [2₁]) / 2
 [6] : Από καμπύλες συμπίεσης χρόνου
 [7] = $\frac{0.197 [5]^2}{4 [6]} \left(c_v = \frac{0.197 H^2}{4 t_{50}} \right)$



$$C_c = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{s_2}{s_1}\right)} =$$

ΔΕΛΤΙΟ
 ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΟΣ

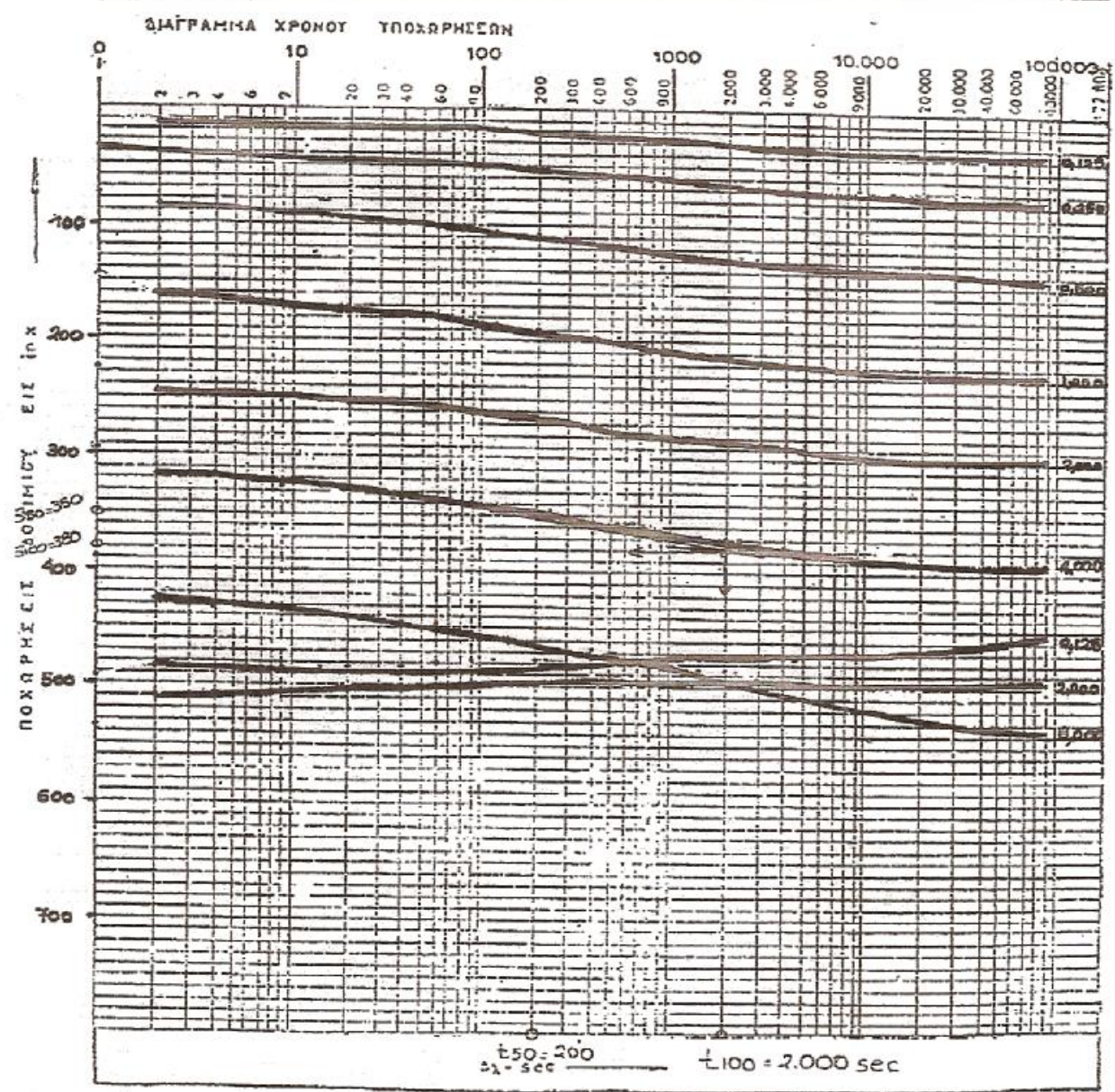
Μετρήσεις υποχωρήσεων με συνάρτηση του χρόνου σε 1 X 10 In

Στοιχεία δείγματος: ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΘΗΣ Γ3 Βίδας 110 - 1,70
 Αριθμός συσκευής: 34

| ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΕΩΣ | ΤΑΣΗ Kg/cm ² | ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟ ΤΗΣ ΕΝΑΡΞΕΩΣ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|-----|--------|-----|---------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----------------|-------------------|-------------------|------------|----|
| | | 0' | 2" | 4" | 9" | 16" | 20" | 40" | 1' | 1' 30" | 2' 16" | 3' 20" | 4' | 6' 40" | 9' | 12' 15" | 16' | 16' | 28' | 35' 20" | 56' | 40' | 1ωρου 6' 40" | 2 ωρου 33' 40" | 5 ωρου 33' 40" | 24 ώρου | |
| | 0.125 | 10 | 11 | 11 | 12 | 14 | 14 | 15 | 16 | 17 | 19 | 21 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 26 | 27 | 27 | 29 | 30 | 31 | 32 | 34 | 35 | 36 |
| | 0.250 | 36 | 40 | 41 | 43 | 44 | 45 | 46 | 48 | 49 | 50 | 52 | 53 | 55 | 57 | 59 | 60 | 60 | 62 | 64 | 65 | 66 | 68 | 69 | 70 | 75 | |
| | 0.500 | 75 | 84 | 88 | 92 | 94 | 95 | 99 | 101 | 103 | 105 | 108 | 110 | 114 | 119 | 120 | 122 | 123 | 125 | 127 | 128 | 129 | 130 | 132 | 134 | 14 | |
| | 1.000 | 144 | 161 | 165 | 169 | 173 | 175 | 177 | 180 | 183 | 186 | 190 | 192 | 196 | 199 | 205 | 207 | 208 | 210 | 212 | 213 | 215 | 216 | 218 | 220 | 22 | |
| | 2.000 | 225 | 245 | 247 | 251 | 252 | 254 | 256 | 259 | 261 | 264 | 268 | 269 | 272 | 276 | 278 | 280 | 280 | 282 | 283 | 283 | 284 | 285 | 287 | 290 | 29 | |
| | 4.000 | 295 | 319 | 316 | 326 | 328 | 329 | 336 | 338 | 340 | 343 | 346 | 350 | 356 | 358 | 360 | 363 | 364 | 367 | 369 | 370 | 372 | 375 | 379 | 384 | 39 | |
| | 8.000 | 390 | 425 | 430 | 432 | 437 | 441 | 445 | 449 | 455 | 459 | 463 | 464 | 469 | 473 | 476 | 478 | 479 | 484 | 486 | 488 | 491 | 494 | 497 | 500 | 53 | |
| | 2.000 | 534 | 510 | 508 | 507 | 505 | 503 | 501 | 500 | 499 | 498 | 498 | 498 | 498 | 497 | 496 | 496 | 496 | 495 | 494 | 494 | 494 | 494 | 494 | 494 | 49 | |
| | 0.125 | 494 | 485 | 484 | 483 | 482 | 481 | 481 | 480 | 479 | 478 | 478 | 477 | 476 | 476 | 475 | 475 | 475 | 474 | 473 | 473 | 472 | 471 | 469 | 467 | 45 | |

ΕΡΓΟΝ..... ΠΕΡΙΟΧΗ... ΑΡΩΜ.Σ..... ΓΕΩΤΡΗΣΙΣ..... Γ.Σ.....
 ΒΑΘΟΣ... 1.19... 1.70.....

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΕΩΣ



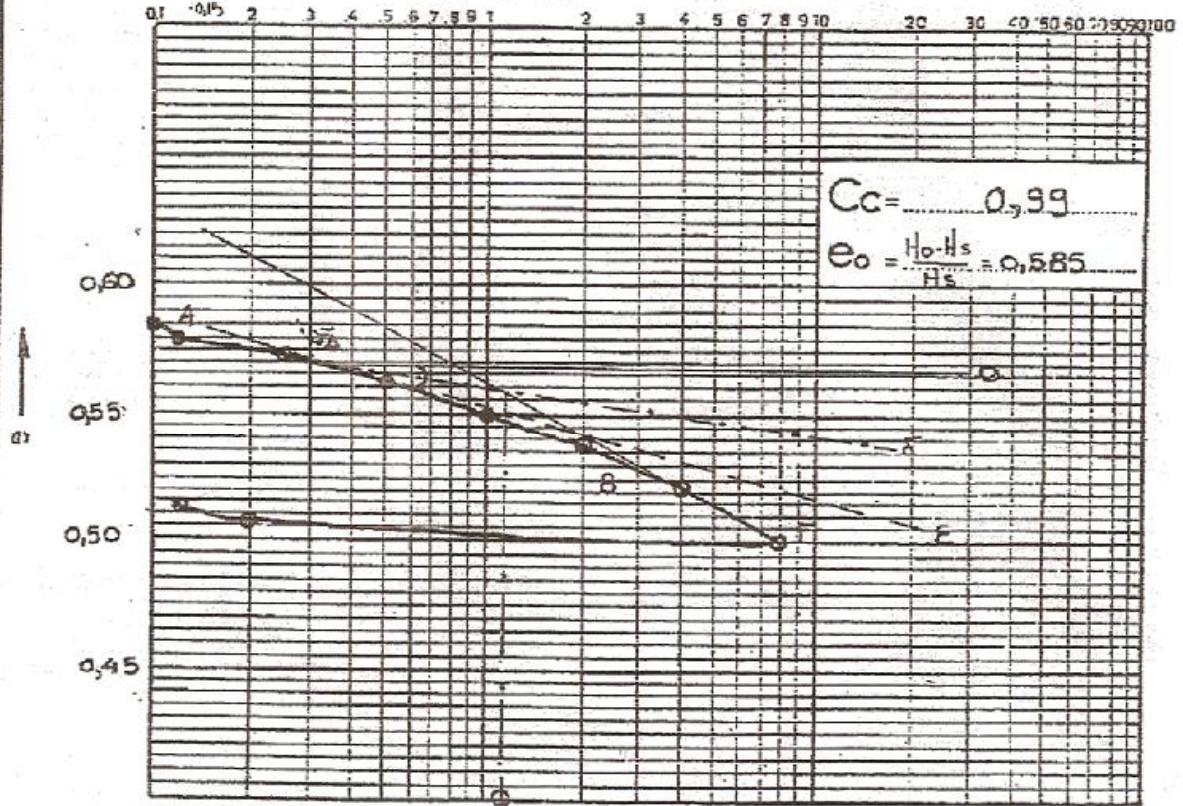
$H = 12,5 \text{ mm}$ $t(50) = 200 \text{ sec}$
 $C_v = \frac{0,049 H^2}{t_{50}} \Rightarrow C_v = 0,038 \text{ mm}^2/\text{sec}$

Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗΝ

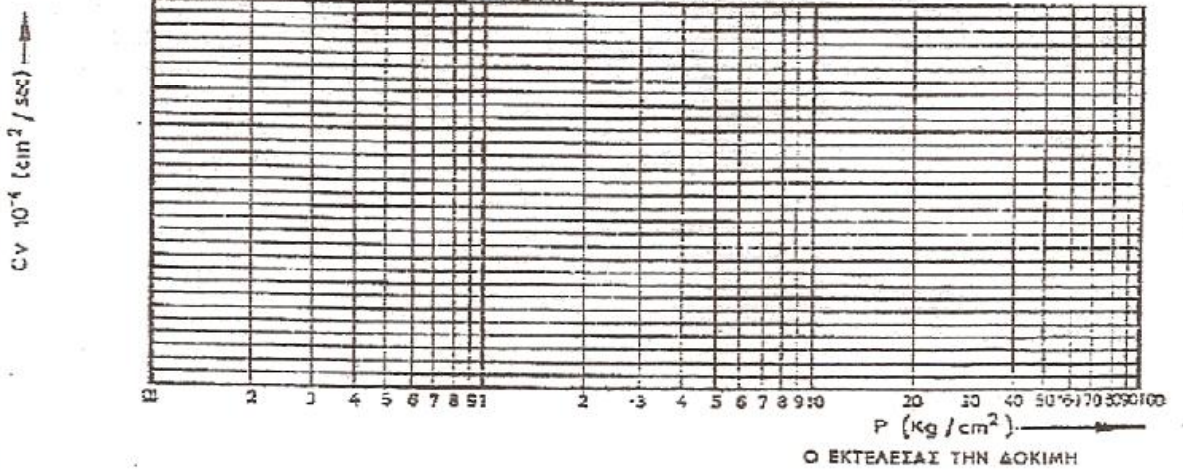
ΕΡΓΟ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΡΧΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ3
 ΒΑΘΟΣ 1.10 - 1.70

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

Α. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΟΓΟΥ ΚΕΝΩΝ-ΟΡΤΙΟΥ



Β. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤ. ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ - ΟΡΤΙΟΥ $\bar{\sigma}_{vm} = 1.02$



Ο ΕΚΤΕΛΕΣΑΣ ΤΗΝ ΔΟΚΙΜΗ

4.13. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ – ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΕΛΑΦΩΝ

ΔΟΚΙΜΗ CBR

4.13.1. Εισαγωγικές Πληροφορίες - Σκοπός:

Σκοπός της δοκιμής CBR ή όπως αλλιώς λέγεται Καλοφορνιακός Λόγος Φέρουσας Ικανότητας είναι ο προσδιορισμός της βέλτιστης υγρασίας ενός εδαφικού δείγματος με την τροποποιημένη δοκιμή Proctor. Στην πειραματική αυτή διαδικασία χρησιμοποιούμε εδαφικό δείγμα που αποτελείται από κόκκους διαμέτρου 20 χιλιοστών και μικρότερους στην συνέχεια συμπυκνώνεται στη μήτρα CBR και δέχεται επιφόρτιση.

Αναλυτικότερα η βασική προϋπόθεση της δοκιμής αυτής είναι ο προσδιορισμός της αντίστασης την οποία εμφανίζει ένα εδαφικό υλικό το οποίο συμπυκνώνεται με την διείδυση ενός εμβόλου και την συγκρίνουμε με την γνωστή αντίσταση σε διείδυση που παρουσιάζει ένα πρότυπο υλικό όπως επί παραδείγματι είναι ο βράχος. Δηλαδή CBR του εδάφους είναι η αντίσταση που προσδιορίστηκε με τη μέθοδο αυτή και διαιρείται με την στάνταρ αντίσταση του βράχου. Το μέγεθος μας είναι καθαρός αριθμός εκφραζόμενος επί τις εκατό. Ο τύπος δίνεται ως εξής:

$$\text{CBR} = \frac{P}{P_{στ}} * 100 (\%)$$

Όπου P είναι τα φορτία δοκιμής που αντιστοιχούν στα 2.5 mm διείδυση και P_{στ} είναι τα στανταρ φορτία.

4.13.2. Απαιτούμενος εξοπλισμός :

1. Συσκευή για την δοκιμή CBR.
2. Μήτρες κυλινδρικού δείγματος, τρεις τουλάχιστον για κάθε δοκιμή.
Παρέμβλημα.
3. Κόπανος.

4. Μηκυνσιόμετρο.
5. Υδατόλουτρο.
6. Κλίβανος ξήρανσης
7. Διάφορα άλλα εργαλεία όπως δοχεία ανάμιξης, σπάτουλες, διηθητικό χαρτί, ζυγοί, κτλ.



Εικόνα 4.27. Μήτρες (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.28. Κόπανοι (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)



Εικόνα 4.29. Συσκευή για CBR (εργαστηρίου εδαφ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

Υλικά:

1. Εδαφικό δείγμα.
2. Νερό.



Εικόνα 4.30. Εδαφικό δείγμα (εργαστήριο εδ/κής Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας)

4.13.4. Τεχνικές Προδιαγραφές :

1. Αμερικάνικες προδιαγραφές : A.A.S.H.T.O. T 193, ASTM – D 1883 ,
BS - 1377
2. Ελληνική προδιαγραφή : Ε 105- 86 /12

4.13.5. Πορεία Εργασίας:

Πρώτη εργασία στην δοκιμή CBR είναι να υπολογίσουμε την βέλτιστη υγρασία και την μέγιστη ξηρή πυκνότητα. Στην συνέχεια ζυγίζουμε το καλούπι και το βιδώνουμε στην διάτρητη βάση. Τοποθετούμε το διαχωριστικό δίσκο στο καλούπι και το χάρτινο φίλτρο. Βάζουμε την συσκευή στο δάπεδο και συμπυκνώνουμε το δείγμα μας σε πέντε στρώσεις όπου η συμπύκνωση κάθε στρώσης γίνεται με 55 κτύπους περίπου. Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας αφαιρούμε το έδαφος το οποίο περισσεύει καθώς και τον διαχωριστικό δίσκο και ζυγίζουμε το δείγμα που συμπυκνώθηκε. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε την υγρασία με τον τρόπο που έχει αναφερθεί στις προηγούμενες δοκιμές και το ξηρό ειδικό βάρος με το τύπο $\gamma_d = (\gamma_t / W + 100) * 100$.

Με τον προσδιορισμό και τον υπολογισμό των παραπάνω χαρακτηριστικών προετοιμάζουμε το δείγμα για δοκιμή. Παίρνουμε 20 κιλά περίπου εδαφικό δείγμα και προσθέτουμε τόση ποσότητα νερού όση χρειάζεται για να επιτύχουμε την βέλτιστη υγρασία. Επαναλαμβάνουμε την συμπύκνωση του εδάφους όπως και παραπάνω με την διαφορά του αριθμού των κτύπων. Συμπυκνώνουμε κάθε στρώση με 55, 25 και 10 κτύπους για κάθε στρώση. Στην συνέχεια αφαιρούμε το καλούπι από την συσκευή και το ζυγίζουμε με τα συμπυκνωμένα δείγματα.

Τέλος εμποτίζουμε το δείγμα και προχωρούμε στην διαδικασία της δοκιμής της διείδυσης όπου και υπολογίζουμε την αντίσταση που έχει το εδαφικό μας δείγμα.

4.13.6. Υπολογισμοί:

Όπως αναφέραμε παραπάνω στο σκοπό το CBR του εδάφους υπολογίζεται αν διαιρέσουμε τα φορτία που αντιστοιχούν στα 2.5 χιλιοστά διείσδυση με τα στάνταρ φορτία. Το CBR είναι καθαρός αριθμός εκφραζόμενος επί τοις εκατό.

$$\text{CBR} = \frac{P}{P_{στ}} * 100 (\%)$$

Όπου P είναι τα φορτία δοκιμής που αντιστοιχούν στα 2.5 mm διείσδυση και P_{στ} είναι τα στάνταρ φορτία.

4.13.7. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα:

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην οδοποιία και ειδικότερα στον καθορισμό εύκαμπτων οδοστρωμάτων και διαδρόμων αεροδρομίων. Για κάθε δοκίμιο σχεδιάζουμε ένα διάγραμμα όπου στον άξονα των χ έχουμε το βάθος της διείσδυσης σε χιλιοστά και στον άξονα των ψ την αντίσταση σε διείσδυση όπου αυτό μας δίνει την καμπύλη τάσεων και παραμορφώσεων.

4.13.8. Έντυπα μετρήσεων :

Ημερομηνία :
Κωδικός Δείγματος :

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (CBR)
(A.A.S.H.T.O T 193-1993, A.S.T.M. D 1883-1999)

Προέλευση Υλικού :
Περιγραφή Υλικού :
Δειγμ/ψία από :
Δοκιμή από :

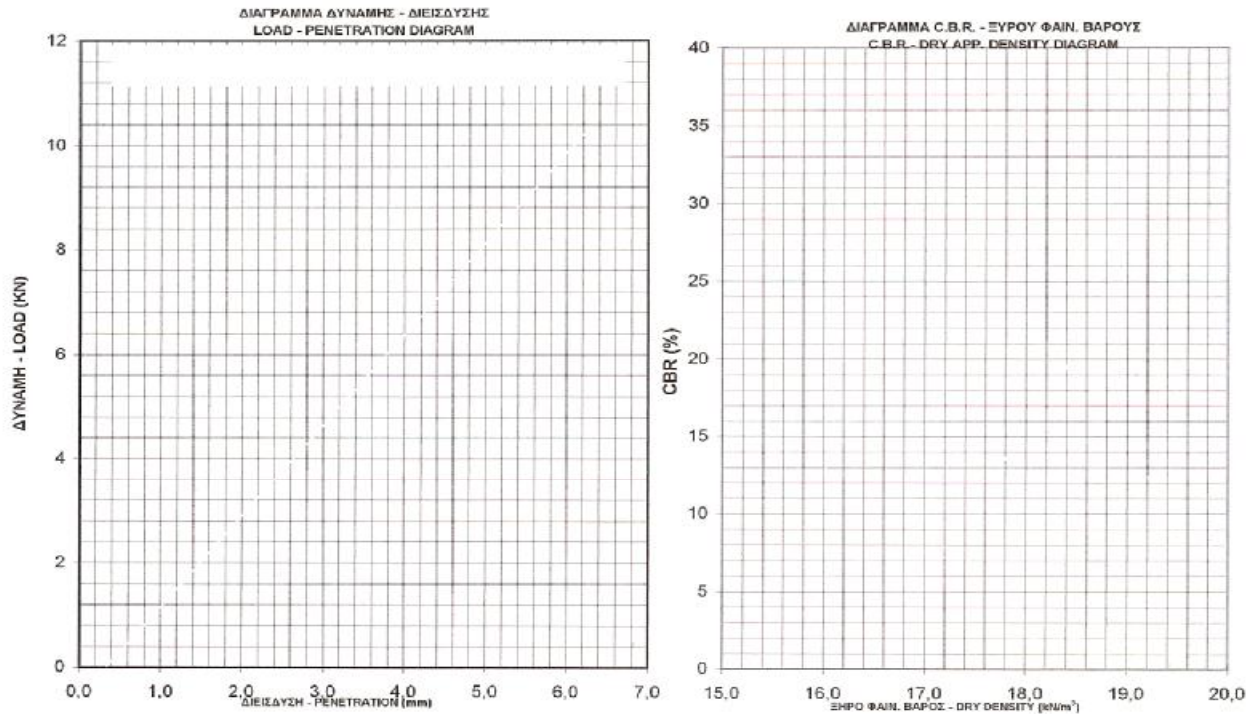
| | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| Αριθμός μήτρας | | | | | | | |
| Αριθμός δοκιμής | | | | | | | |
| Αριθμός κτύπων | | | | | | | |
| Βάρος μήτρας και εδαφικού υλικού (gr) | | | | | | | |
| Βάρος μήτρας (gr) | | | | | | | |
| Βάρος εδαφικού υλικού (gr) | | | | | | | |
| Χρόνος Υδρεμπτισμού (hours) | | | | | | | |
| Μετά τον υδρεμπτισμό | | | | | | | |
| Βάρος Μήτρας και υλικού (gr) | | | | | | | |
| Βάρος εδαφικού υλικού (gr) | | | | | | | |
| Χαρακτηριστικά Proctor (gr/cm ³ - %) | | | | | | | |
| Διείσδυση | | Ενδείξεις | Δύναμη (KN) | Ενδείξεις | Δύναμη (KN) | Ενδείξεις | Δύναμη (KN) |
| 0,000 in | 0,00 mm | | | | | | |
| 0,025 " | 0,64 " | | | | | | |
| 0,050 " | 1,27 " | | | | | | |
| 0,075 " | 1,91 " | | | | | | |
| 0,100 " | 2,54 " | | | | | | |
| 0,150 " | 3,81 " | | | | | | |
| 0,200 " | 5,08 " | | | | | | |
| 0,300 " | 7,62 " | | | | | | |
| 0,400 " | 10,16 " | | | | | | |
| 0,500 " | 12,70 " | | | | | | |
| Υγρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Προ Υδρεμπτ. | | | | | | |
| Υγρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Μετά Υδρεμπτ. | | | | | | |
| Ξηρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Προ Υδρεμπτ. | | | | | | |
| Ξηρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Μετά Υδρεμπτ. | | | | | | |
| Υγρασία (%) | Προ Υδρεμπτ. | Μετά Υδρεμπτ. | Προ Υδρεμπτ. | Μετά Υδρεμπτ. | Προ Υδρεμπτ. | Μετά Υδρεμπτ. | |
| Βάρος Υποδοχέα και Υγρού Υλικού (gr) | | | | | | | |
| Βάρος Υποδοχέα και Ξηρού Υλικού (gr) | | | | | | | |
| Βάρος νερού (gr) | | | | | | | |
| Βάρος Υποδοχέα (gr) | | | | | | | |
| Βάρος Ξηρού Υλικού (gr) | | | | | | | |
| Ποσοστό Υγρασίας (%) | | | | | | | |
| Μέσος Όρος (%) | | | | | | | |
| ΔΙΟΓΚΩΣΗ | | | | | | | |
| Αρχική Ενδειξη -Τελική Ενδειξη | ΔΗ1 = | ΔΗ2 = | ΔΗ3 = | | | | |
| | ΔΝ1 = | ΔΝ2 = | ΔΝ3 = | | | | |
| Διόγκωση | | | | | | | |

.....

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ Ι

Ημερομηνία :
 Κωδικός Δείγματος :
 Θέση Δειγματοληψίας :

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (CBR)
 (A.A.S.H.T.O T 193-1993, A.S.T.M. D 1883-1999)



| | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|
| ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ SP. GRAVITY OF SOLIDS | ΜΕΓ. ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ MAX. DRY DENSITY | ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΥΓΡΑΣΙΑ OPTIMUM MOISTURE | ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ Τροποπ. Μέθοδος κατά AASHO |
| gr/cm ³ | kN/m ³ | | |

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ
 PREPARATION METHOD

| ● ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ -- BLOWS No. | | 55 | 30 | 10 |
|-------------------------------|--|----|----|----|
| 1 | ΥΓΡΑΣΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ -- MOISTURE BEFORE SOAKING (%) | | | |
| 2 | ΥΓΡΑΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ -- MOISTURE AFTER SOAKING (%) | | | |
| 3 | ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ -- DRY DENSITY BEFORE SOAKING (kN/m ³) | | | |
| 4 | ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ -- DRY DENSITY AFTER SOAKING (kN/m ³) | | | |
| 5 | ΧΡΟΝΟΣ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ -- SOAKING TIME (ώρες - hours) | | | |
| 6 | ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ -- SATURATION BEFORE SOAKING (%) | | | |
| 7 | ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ -- SATURATION AFTER SOAKING (%) | | | |
| 8 | ΔΙΟΓΚΩΣΗ -- SWELLING (%) | | | |
| 9 | C.B.R. ΠΑ ΔΕΙΣΔΥΣΗ -- C.B.R. AT PENETRATION | | | |

...../...../.....

Ημερομηνία :
Κωδικός Δείγματος :

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (CBR)
(A.A.S.H.T.O T 193-1993, A.S.T.M. D 1883-1999)

Πρόελευση Υλικού :
Περιγραφή Υλικού :
Δειγμ/ψία από :
Δοκιμή από :

| | | | | | | | |
|---|--------------|-----------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| Αριθμός μήτρας | | 22 | | 13 | | 6 | |
| Αριθμός δοκιμής | | I | | II | | III | |
| Αριθμός κτύπων | | 55 | | 30 | | 10 | |
| Βάρος μήτρας και εδαφικού υλικού (gr) | | 12710 | | 11965 | | 12420 | |
| Βάρος μήτρας (gr) | | 8155 | | 7690 | | 8270 | |
| Βάρος εδαφικού υλικού (gr) | | 4555 | | 4275 | | 4150 | |
| Χρόνος Υδρεμπτισμού (hours) | | 96 | | 96 | | 96 | |
| Μετά τον υδρεμπτισμό | | | | | | | |
| Βάρος Μήτρας και υλικού (gr) | | 12755 | | 12145 | | 12655 | |
| Βάρος εδαφικού υλικού (gr) | | 4600 | | 4455 | | 4385 | |
| Χαρακτηριστικά Proctor (gr/cm ³ - %) | | $\omega = 10,5$ | | $\gamma_d = 1,99$ | | | |
| Διείσδυση | | Ενδείξεις | Δύναμη (KN) | Ενδείξεις | Δύναμη (KN) | Ενδείξεις | Δύναμη (KN) |
| 0,000 in | 0,00 mm | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 0,025 " | 0,64 " | 0,052 | 0,76 | 0,018 | 0,35 | 0,008 | 0,23 |
| 0,050 " | 1,27 " | 0,124 | 1,62 | 0,050 | 0,73 | 0,026 | 0,44 |
| 0,075 " | 1,91 " | 0,216 | 2,73 | 0,096 | 1,29 | 0,050 | 0,73 |
| 0,100 " | 2,54 " | 0,300 | 3,74 | 0,138 | 1,79 | 0,076 | 1,05 |
| 0,150 " | 3,81 " | 0,468 | 5,76 | 0,228 | 2,87 | 0,134 | 1,74 |
| 0,200 " | 5,08 " | 0,590 | 7,23 | 0,298 | 3,72 | 0,190 | 2,42 |
| 0,300 " | 7,62 " | 0,766 | 9,34 | 0,390 | 4,82 | 0,290 | 3,62 |
| 0,400 " | 10,16 " | 0,886 | 10,79 | 0,454 | 5,59 | 0,362 | 4,49 |
| 0,500 " | 12,70 " | 1,000 | 12,16 | 0,520 | 6,39 | 0,440 | 5,42 |
| Υγρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Προ Υδρεμπ. | 2,142 | | 2,019 | | 1,953 | |
| Υγρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Μετά Υδρεμπ. | 2,157 | | 2,097 | | 2,058 | |
| Ξηρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Προ Υδρεμπ. | 1,949 | | 1,842 | | 1,781 | |
| Ξηρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) | Μετά Υδρεμπ. | 1,906 | | 1,859 | | 1,811 | |

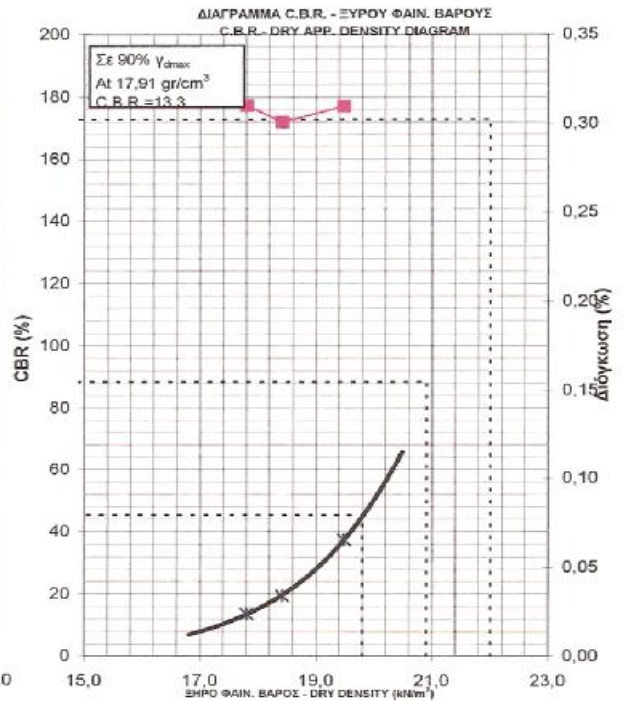
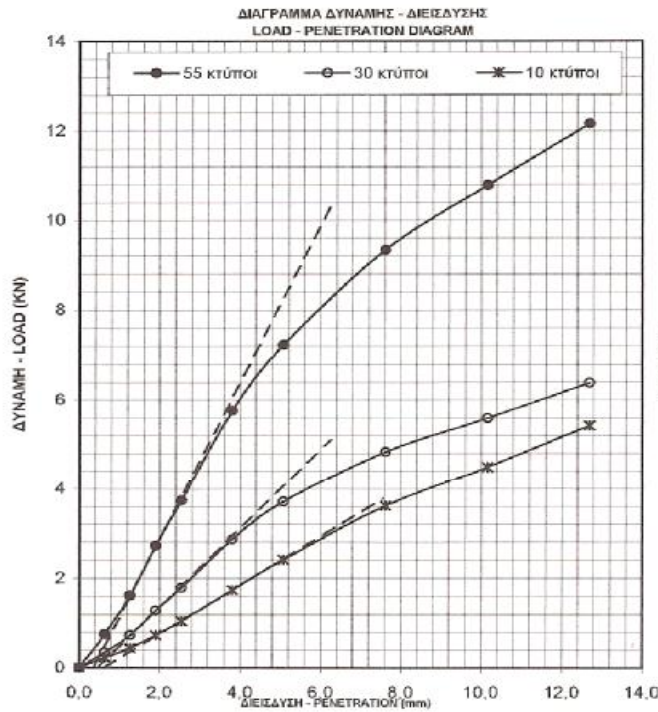
| | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Υγρασία (%) | Προ Υδρεμπ. | Μετά Υδρεμπ. | Προ Υδρεμπ. | Μετά Υδρεμπ. | Προ Υδρεμπ. | Μετά Υδρεμπ. |
| Βάρος Υποδοχέα και Υγρού Υλικού (gr) | 450,3 | 418,8 | 405,0 | 405,0 | 418,8 | 532,4 |
| Βάρος Υποδοχέα και Ξηρού Υλικού (gr) | 427,3 | 390,3 | 384,8 | 381,2 | 397,8 | 490,3 |
| Βάρος νερού (gr) | 23,0 | 28,5 | 20,2 | 23,8 | 21,0 | 42,1 |
| Βάρος Υποδοχέα (gr) | 195,7 | 173,9 | 174,2 | 195,4 | 180,4 | 180,4 |
| Βάρος Ξηρού Υλικού (gr) | 231,6 | 216,4 | 210,6 | 185,8 | 217,4 | 309,9 |
| Ποσοστά Υγρασίας (%) | 9,93 | 13,17 | 9,59 | 12,81 | 9,66 | 13,59 |
| Μέσος Όρος (%) | 9,73 | 13,19 | 9,73 | 13,19 | 9,73 | 13,19 |

ΔΙΟΓΚΩΣΗ

| | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Αρχική Ενδειξη -Τελική Ενδειξη | $\Delta H1 = 0,36 \text{ mm}$ | $\Delta H2 = 0,35 \text{ mm}$ | $\Delta H3 = 0,36 \text{ mm}$ |
| | $\Delta V1 = 6,59$ | $\Delta V2 = 6,37$ | $\Delta V3 = 6,59$ |
| Διόγκωση | 0,31 | 0,30 | 0,31 |

Ημερομηνία :
Κωδικός Δείγματος :
Θέση Δειγματοληψίας :

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (CBR)
(A.A.S.H.T.O T 193-1993, A.S.T.M. D 1883-1999)



| | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|
| ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ SP. GRAVITY OF SOLIDS | ΜΕΓ. ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ MAX. DRY DENSITY | ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΥΓΡΑΣΙΑ OPTIMUM MOISTURE | ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ Τροποπ. Μέθοδος κατά AASHO |
| gr/cm ³ | 22,00 kN/m ³ | 9,00% | |

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ
PREPARATION METHOD

| ● ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΤΥΠΩΝ - BLOWS No. | | | 55 | 30 | 10 |
|------------------------------|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|
| 1 | ΥΓΡΑΣΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ | -- MOISTURE BEFORE SOAKING (%) | 9,73 | 9,73 | 9,73 |
| 2 | ΥΓΡΑΣΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ | -- MOISTURE AFTER SOAKING (%) | 13,19 | 13,19 | 13,19 |
| 3 | ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ | -- DRY DENSITY BEFORE SOAKING (kN/m ³) | 19,49 | 18,42 | 17,81 |
| 4 | ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ | -- DRY DENSITY AFTER SOAKING (kN/m ³) | 19,06 | 18,59 | 18,11 |
| 5 | ΧΡΟΝΟΣ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ | -- SOAKING TIME (ώρες - hours) | 96 | 96 | 96 |
| 6 | ΚΟΡΕΙΣΜΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ | -- SATURATION BEFORE SOAKING (%) | | | |
| 7 | ΚΟΡΕΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΒΛΠΤΙΣΗ | -- SATURATION AFTER SOAKING (%) | | | |
| 8 | ΔΙΟΓΚΩΣΗ | -- SWELLING (%) | 0,31 | 0,30 | 0,31 |
| 9 | C.B.R. ΓΙΑ ΔΙΕΣΙΔΥΣΗ | -- C.B.R. AT PENETRATION | 37,5 | 19,5 | 13,6 |

...../...../.....

ΑΣΚΗΣΗ:

Να προσδιοριστεί η τιμή του CBR για ένα εδαφικό υλικό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν υλικό βάσης – υπόβασης ενός οδοστρώματος, με ξηρό φαινόμενο βάρους $1,90 \text{ gr/cm}^3$ (γ_d μελέτης).

Δίνεται ο παρακάτω πίνακας με τα στοιχεία των δοκιμών και τις μετρήσεις από τις δοκιμές διείσδυσης. Δίνονται επίσης:

A) Οι διαστάσεις των δοκιμών – Διάμετρος μήτρας $D = 152\text{mm}$ και ύψος $H = 116\text{mm}$.

B) Το εμβαδόν της διατομής του εμβόλου για την δοκιμή διείσδυσης, $A = 19\text{cm}^2$.

Γ) Τα αποτελέσματα της δοκιμής συμπίκνωσης (Proctor): $\gamma_{d,max} = 1.99\text{gr/cm}^2$ και $w_{\beta} = 10.5\%$.

A) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

| | | | | | | |
|--|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| Αριθμός δοκιμίου | I | | II | | III | |
| Αριθμός κτύπων | 10 | | 25 | | 55 | |
| Βάρος μήτρας και υγρού εδάφους (gr) | | | | | | |
| Βάρος μήτρας (gr) | | | | | | |
| Βάρος υγρού εδάφους (gr) | | | | | | |
| Υγρό φαινόμενο βάρος (gr/cm ³) | | | | | | |
| Υγρασία (%) | | | | | | |
| Ξηρό φαινόμενο βάρος (gr/cm ³) | | | | | | |
| | | | | | | |
| Διείσδυση | Δύναμη | Τάσεις | Δύναμη | Τάσεις | Δύναμη | Τάσεις |
| (in) | (kg) | (kg/cm ²) | (kg) | (kg/cm ²) | (kg) | (kg/cm ²) |
| 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | |
| 0,025 | 0,64 | 233 | 350 | | 760 | |
| 0,050 | 1,27 | 440 | 730 | | 1620 | |
| 0,075 | 1,91 | 730 | 1290 | | 2730 | |
| 0,100 | 2,54 | 1050 | 1790 | | 3740 | |
| 0,150 | 3,81 | 1740 | 2870 | | 5760 | |
| 0,200 | 5,08 | 2420 | 3720 | | 7230 | |
| 0,300 | 7,62 | 3620 | 4820 | | 9340 | |
| 0,400 | 10,16 | 4490 | 5590 | | 10790 | |
| 0,500 | 12,70 | 5420 | 6390 | | 12260 | |

Υπολογισμός C.B.R.

Δοκίμιο Νο I

$$CBR_{2,5}^I = \frac{\quad}{70 \text{ kg/cm}^2} =$$

$$CBR_{5,0}^I = \frac{\quad}{105 \text{ kg/cm}^2} =$$

Δοκίμιο Νο II

$$CBR_{2,5}^{II} = \frac{\quad}{\quad} =$$

$$CBR_{5,0}^{II} = \frac{\quad}{\quad} =$$

Δοκίμιο Νο III

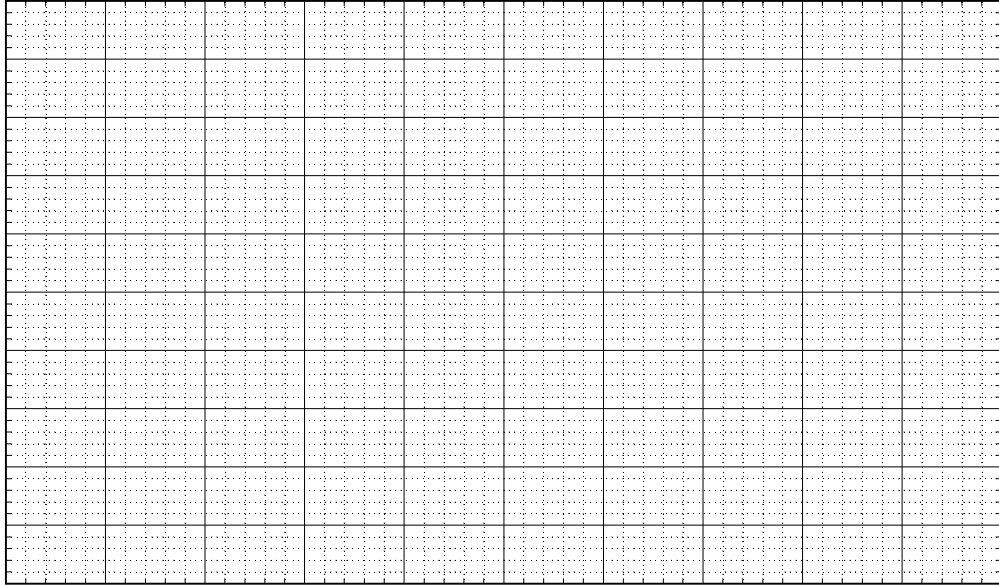
$$CBR_{2,5}^{III} = \frac{\quad}{\quad} =$$

$$CBR_{5,0}^{III} = \frac{\quad}{\quad} =$$

Επιλέγω CBR = (από διάγραμμα)

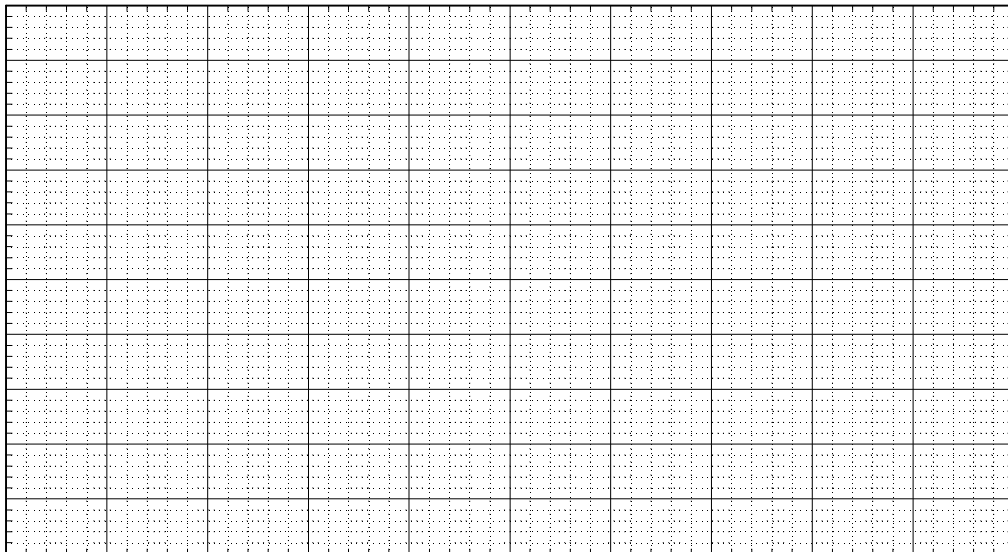
B) ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Τάση
(kg/cm²)



Διείσδυση εμβόλου (mm)

C.B.R.



Ξηρό φαινόμενο βάρος, γ_d (kg/cm²)

A) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

| <i>Αριθμός δοκιμίου</i> | <i>I</i> | | <i>II</i> | | <i>III</i> | |
|---|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| <i>Αριθμός κτύπων</i> | <i>10</i> | | <i>25</i> | | <i>55</i> | |
| <i>Βάρος μήτρας και υγρού εδάφους (gr)</i> | | | | | | |
| <i>Βάρος μήτρας (gr)</i> | | | | | | |
| <i>Βάρος υγρού εδάφους (gr)</i> | | | | | | |
| <i>Υγρό φαινόμενο βάρος (gr/cm³)</i> | | | | | | |
| <i>Υγρασία (%)</i> | | | | | | |
| <i>Ξηρό φαινόμενο βάρος (gr/cm³)</i> | | | | | | |
| | | | | | | |
| <i>Διείσδυση</i> | <i>Δύναμη</i> | <i>Τάσεις</i> | <i>Δύναμη</i> | <i>Τάσεις</i> | <i>Δύναμη</i> | <i>Τάσεις</i> |
| <i>(in)</i> | <i>(kg)</i> | <i>(kg/cm²)</i> | <i>(kg)</i> | <i>(kg/cm²)</i> | <i>(kg)</i> | <i>(kg/cm²)</i> |
| <i>0,000</i> | <i>0,00</i> | <i>0,00</i> | <i>0,00</i> | <i>0,00</i> | <i>0,00</i> | <i>0,00</i> |
| <i>0,025</i> | <i>233</i> | <i>12,26</i> | <i>350</i> | <i>18,42</i> | <i>760</i> | <i>40,00</i> |
| <i>0,050</i> | <i>440</i> | <i>23,16</i> | <i>730</i> | <i>38,42</i> | <i>1620</i> | <i>85,26</i> |
| <i>0,075</i> | <i>730</i> | <i>38,42</i> | <i>1290</i> | <i>67,89</i> | <i>2730</i> | <i>143,68</i> |
| <i>0,100</i> | <i>1050</i> | <i>55,26</i> | <i>1790</i> | <i>94,21</i> | <i>3740</i> | <i>196,84</i> |
| <i>0,150</i> | <i>1740</i> | <i>91,58</i> | <i>2870</i> | <i>151,05</i> | <i>5760</i> | <i>303,16</i> |
| <i>0,200</i> | <i>2420</i> | <i>127,37</i> | <i>3720</i> | <i>195,79</i> | <i>7230</i> | <i>380,53</i> |
| <i>0,300</i> | <i>3620</i> | <i>190,53</i> | <i>4820</i> | <i>253,68</i> | <i>9340</i> | <i>491,58</i> |
| <i>0,400</i> | <i>4490</i> | <i>236,32</i> | <i>5590</i> | <i>294,21</i> | <i>10790</i> | <i>567,89</i> |
| <i>0,500</i> | <i>5420</i> | <i>285,26</i> | <i>6390</i> | <i>336,32</i> | <i>12260</i> | <i>645,26</i> |

Υπολογισμός C.B.R.

Δοκίμιο Νο I

$$CBR_{2,5} = \frac{55,26}{70\text{kg/cm}^2} * 100 = 78,94$$

$$CBR_{2,5} = \frac{127,37}{105\text{kg/cm}^2} * 100 = 121,30$$

Δοκίμιο Νο II

$$CBR_{2,5} = \frac{94,21}{70\text{kg/cm}^2} * 100 = 134,59$$

$$CBR_{5,0} = \frac{195,79}{105\text{kg/cm}^2} * 100 = 186,47$$

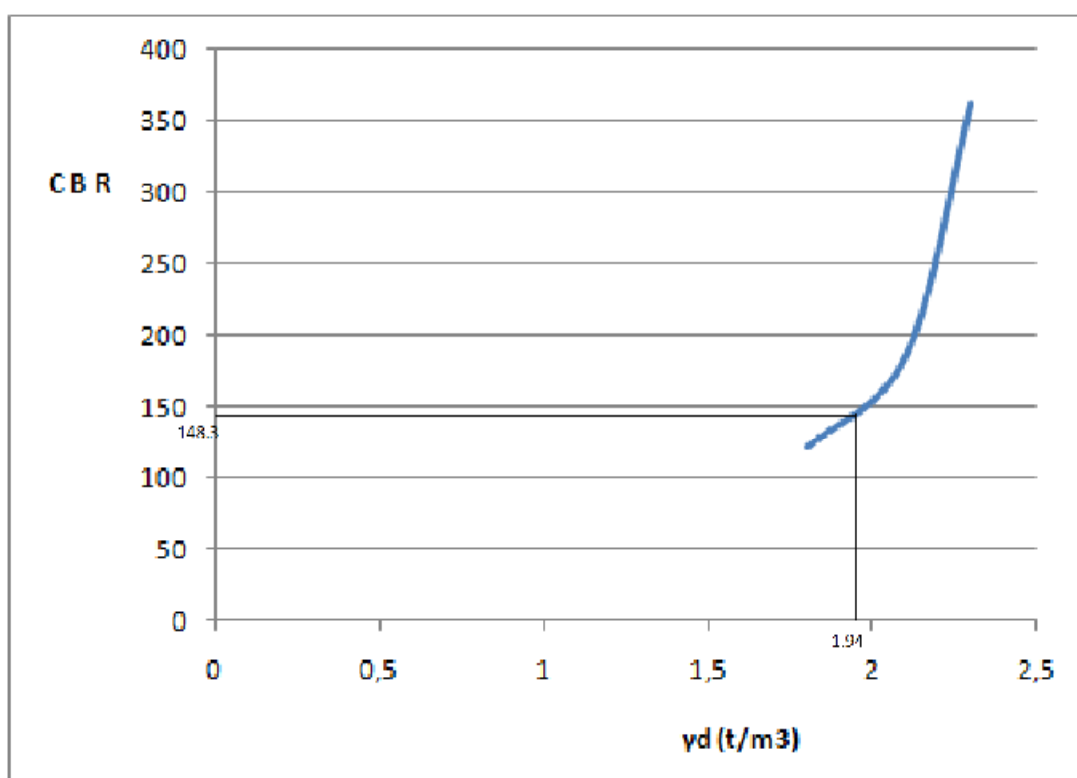
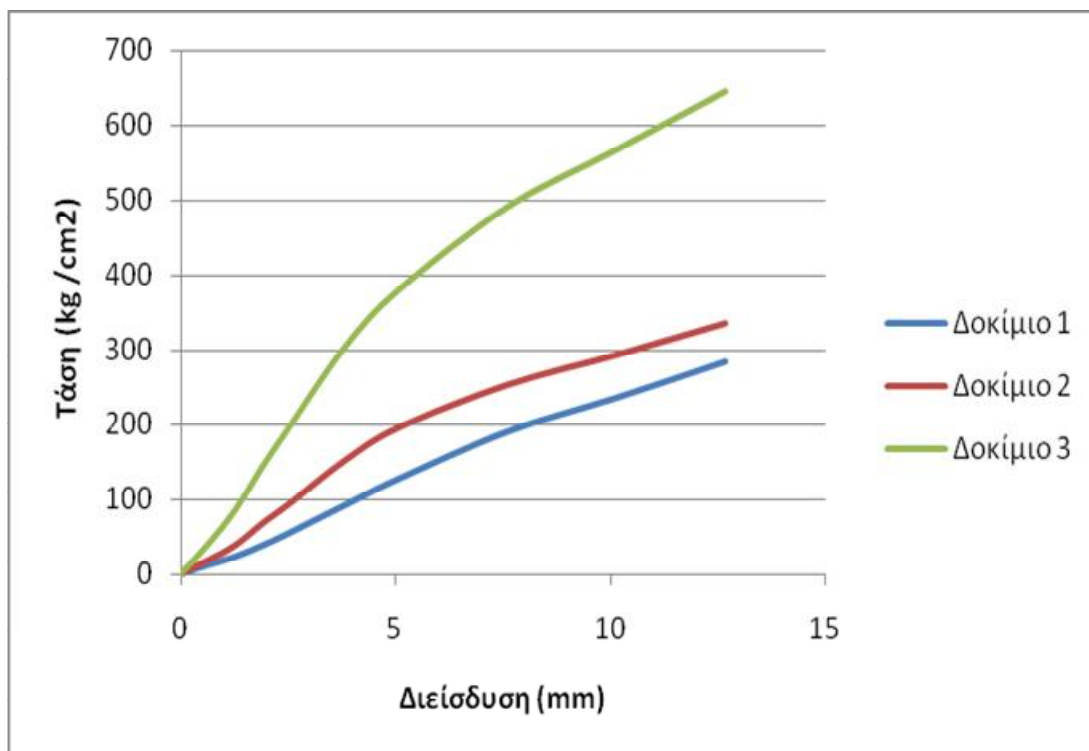
Δοκίμιο Νο III

$$CBR_{2,5} = \frac{196,84}{70\text{kg/cm}^2} * 100 = 281,2$$

$$CBR_{5,0} = \frac{380,55}{105\text{kg/cm}^2} * 100 = 362,4$$

Επιλέγω CBR = 148.3 (από διάγραμμα για γ_d μελέτης = 1,94)

B) ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



Ενδεικτικός Τιμοκατάλογος :

| ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ | ποσότητα | τιμή (€) |
|--|----------|-----------|
| Προπαρασκευή σε ξηρή κατάσταση δειγμάτων εδάφους για εργαστηριακές δοκιμές | τεμ. | 14.40 |
| Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας εδάφους | τεμ. | 11.08 |
| Προσδιορισμός φαινόμενου βάρους συνεκτικών υλικών | τεμ. | 28.81 |
| Προσδιορισμός ειδικού βάρους εδαφών | τεμ. | 35.46 |
| Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας, ορίου πλαστικότητας και δείκτη πλαστικότητας | τεμ. | 43.21 |
| Προσδιορισμός υλικού λεπτότερου του κόσκινου Νο 200 σε αδρανή υλικά | τεμ. | 14.40 |
| Κοκκομετρική ανάλυση με αραϊόμετρο | τεμ. | 63.16 |
| Προσδιορισμός οργανικών ουσιών σε εδάφη με ξηρή καύση | τεμ. | 24.38 |
| Προσδιορισμός οργανικών ουσιών σε εδάφη με υγρή καύση | τεμ. | 66.48 |
| ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ | | |
| Προσδιορισμός σχέσης υγρασίας – πυκνότητας εδαφών πρότυπος ή τροποποιημένη μέθοδος κατά Proctor | τεμ. | 66.48 |
| Προσδιορισμός καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας CBR στο εργαστήριο | τεμ. | 157.34 |
| Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης | τεμ. | 127.42 |
| Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης | τεμ. | 39.89 |
| Τριαξονική δοκιμή σε συνεκτικά εδάφη χωρίς στερεοποίηση και μέτρηση πιέσεως πόρων (UU) για δοκίμιο διαμέτρου : | | |
| α. D = 1 ½" | σημείο | 50.97 |
| β. D = 2" | σημείο | 64.26 |
| γ. D = 2 ½" | σημείο | 66.48 |
| δ. D = 3" | σημείο | 69.80 |
| ε. D = 3 ½" | σημείο | 72.02 |
| στ. D = 4" | σημείο | 76.45 |
| Τριαξονική δοκιμή με στερεοποίηση πιέσεως πόρων (CUPP) για δοκίμιο διαμέτρου : | | |
| α. D = 1 ½" | σημείο | 128.53 |
| β. D = 2" | σημείο | 160.66 |
| γ. D = 2 ½" | σημείο | 167.31 |
| δ. D = 3" | σημείο | 177.28 |
| ε. D = 3 ½" | σημείο | 182.82 |
| στ. D = 4" | σημείο | 192.79 |
| Τριαξονική δοκιμή με στερεοποίηση χωρίς μέτρηση πόρων | | |

| | | |
|--|--------|--------|
| (CD) για δοκίμιο διαμέτρου : | | |
| α. D = 1 ½" | σημείο | 173.96 |
| β. D = 2" | σημείο | 217.17 |
| γ. D = 2 ½" | σημείο | 226.03 |
| δ. D = 3" | σημείο | 240.44 |
| ε. D = 3 ½" | σημείο | 247.08 |
| στ. D = 4" | σημείο | 260.38 |
| Δοκιμή ταχείας διάτμησης χωρίς στερεοποίηση (UU) | σημείο | 47.64 |
| Δοκιμή ταχείας διάτμησης με στερεοποίηση | σημείο | 65.37 |
| Δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση (CD) | σημείο | 77.56 |
| Δοκιμή υδατοπερατότητας σταθερού ύψους | τεμ. | 60.94 |
| Δοκιμή υδατοπερατότητας μεταβαλλόμενου ύψους | τεμ. | 45.43 |
| Προσδιορισμός συντελεστού υδατοπερατότητας στη συσκευή στερεοποίησης | τεμ. | 12.19 |
| Προσδιορισμός της παραμένουσας διατμητικής αντοχής στη συσκευή άμεσης διάτμησης | σημείο | 149.58 |
| Προσδιορισμός παραμένουσας διατμητικής αντοχής στη δακτυλιοειδή συσκευή διάτμησης | σημείο | 90.86 |
| Δοκιμή διόγκωσης στα πλαίσια της δοκιμής στερεοποίησης | τεμ. | 49.86 |
| ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ | | |
| Εργασία προετοιμασίας κυλινδρικών δοκιμίων βραχωδών δειγμάτων | τεμ. | 60.94 |
| Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας δειγμάτων πετρώματος | τεμ. | 15.51 |
| Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας | τεμ. | 31.02 |
| Προσδιορισμός της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη | τεμ. | 45.43 |
| | τεμ. | 198.33 |
| Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης με προσδιορισμό μέτρου ελαστικότητας και του δείκτη του Poisson | τεμ. | 33.24 |
| Προσδιορισμό της αντοχής σε σημειακή φόρτιση | τεμ. | 33.24 |
| Προσδιορισμός της αντοχής σε τριαξονική θλίψη | τεμ. | 104.15 |
| Προσδιορισμός της σκληρότητας με το σφυρί Schmidt (L) | τεμ. | 22.16 |
| Προσδιορισμός της διατμητικής αντοχής φυσικών και τεχνητών ασυνεχειών | τεμ. | 239.33 |
| Προσδιορισμός του δείκτη χαλαρώσεως | τεμ. | 75.34 |
| Έμμεσος προσδιορισμός της αντοχής σε εφελκυσμό (θλίψη κατά γενέτειρα) | τεμ. | 45.43 |
| Ορυκτολογική ανάλυση δείγματος με τη μέθοδο XRD | τεμ. | 221.60 |
| Πετρογραφική ανάλυση δείγματος | τεμ. | 188.36 |
| Δοκιμή προσδιορισμού δείκτη φθοράς (Cerchar Abrasiveness Test) | τεμ. | 58.72 |
| ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ | | |
| Αντοχή πετρώματος σε τριβή και κρούση (Los Angeles) | τεμ. | 48.75 |
| Προσδιορισμός της αντοχής σε αποσάθρωση (υγεία) των αδρανών υλικών (μέθοδος θειικού Νατρίου) | τεμ. | 241.54 |

| | | |
|--|------|--------|
| Προσδιορισμός ειδικού βάρους αδρανών υλικών | τεμ. | 21.05 |
| Προσδιορισμός υγρασίας απορρόφησης αδρανών υλικών | τεμ. | 21.05 |
| Προσδιορισμός κοκκομετρικής ανάλυσης λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών | τεμ. | 48.75 |
| Προσδιορισμός ισοδύναμου άμμου | τεμ. | 48.75 |
| Προσδιορισμός φθοράς σε τριβή παρουσία νερού, αδρανών υλικών (Micro Deval) | τεμ. | 81.99 |
| Προσδιορισμός δείκτη πλακοειδούς | τεμ. | 41.00 |
| Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση αδρανών υλικών | τεμ. | 346.80 |
| Δοκιμή σε απότριψη αδρανών υλικών | τεμ. | 258.16 |
| Προσδιορισμός της αντοχής αδρανών υλικών σε τριβή (Deval) | τεμ. | 80.88 |
| Δειγματοληψία αδρανών υλικών | τεμ. | 18.84 |
| ΔΟΚΙΜΕΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ | | |
| Λήψη εδαφικού δείγματος | τεμ. | 22.16 |
| ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ | | |
| Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε ανθρακικό ασβέστιο | δοκ. | 33.24 |
| Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε θειικά άλατα και ιόντα | δοκ. | 53.18 |
| Προσδιορισμός περιεκτικότητας εδάφων σε χλωριόντα | δοκ. | 39.89 |
| Προσδιορισμός ενεργού οξύτητας (pH) | δοκ. | 16.62 |
| ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ – 1^ο ΣΤΑΔΙΟ | | |
| Προπαρασκευή εδαφικού διαλύματος | τεμ. | 99.72 |
| Προσδιορισμός Καδμίου | δοκ. | 44.32 |
| Προσδιορισμός Μολύβδου | δοκ. | 44.32 |
| Προσδιορισμός Νικελίου | δοκ. | 44.32 |
| Προσδιορισμός Χρωμίου | δοκ. | 44.32 |
| Προσδιορισμός Υδραργύρου | δοκ. | 66.48 |
| Προσδιορισμός Χαλκού | δοκ. | 38.78 |
| Προσδιορισμός Ψευδαργύρου | δοκ. | 38.78 |
| Προσδιορισμός Πετρελαϊκών Υδρογονανθράκων | δοκ. | 110.80 |
| ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ | | |
| Προσδιορισμός λοιπών Βαρέων Μετάλλων | δοκ. | 55.40 |
| Προσδιορισμός Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD) | δοκ. | 35.46 |
| Προσδιορισμός Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC) | δοκ. | 77.56 |
| Προσδιορισμός Πολυκυκλικού Αρωματικού Υδρογονάνθρακα (PAH) | δοκ. | 265.92 |
| Προσδιορισμός Πολυχλωριωμένων Διφαινυλίων (PCB) | δοκ. | 210.52 |
| Προσδιορισμός ΒΤΕΧ (Βενζόλιο, Τολουόλιο, Αιθυλοβενζόλιο, Ξυλόλιο) | δοκ. | 155.12 |
| Προσδιορισμός Τριχλωραιθυλενίου | δοκ. | 155.12 |

| | | |
|---|---------------|--------|
| Προσδιορισμός Βινυλοχλωριδίου | δοκ. | 155.12 |
| ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ | | |
| Προσδιορισμός αντοχής κυβικών δοκιμίων σκυροδέματος σε θλίψη | τεμ. | 11.08 |
| Αποκοπή και έλεγχος αντοχής σε θλίψη κυλινδρικού δοκιμίου (καρότου) σκυροδέματος από έτοιμες κατασκευές | τεμ. | 37.67 |
| Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος | τεμ. | 15.51 |
| Δοκιμή κάθισης σκυροδέματος | τεμ. | 11.08 |
| Έλεγχος σκυροδέματος με κρουσίμετρο | θέση μέτρησης | 8.86 |
| Έλεγχος σκυροδέματος με υπέρηχους | τεμ. | 24.38 |
| ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ & ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΩΝ | | |
| Προσδιορισμός διείδυσης ασφαλτικών υλικών | τεμ. | 41.00 |
| Προσδιορισμός σημείου μάλθωσης ασφαλτικών υλικών (μέθοδος δακτυλίου & σφαίρας) | τεμ. | 41.00 |
| Προσδιορισμός ασφαλτικού συνδετικού σε ασφαλτομίγματα | τεμ. | 56.51 |
| Προσδιορισμός θεωρητικού μέγιστου ειδικού βάρους ασφαλτομίγματος | τεμ. | 41.00 |
| Προσδιορισμός φαινόμενου ειδικού βάρους ασφαλτομιγμάτων έτοιμων δοκιμίων ή πυρήνων | τεμ. | 41.00 |
| Προσδιορισμός ευστάθειας και υποχώρησης κατά Marshall ασφαλτομιγμάτων | τεμ. | 48.75 |
| Προσδιορισμός πρόσφυσης ασφαλτικού συνδετικού σε αδρανή υλικά (υδροφιλία πετρώματος) | τεμ. | 41.00 |
| Δοκιμή υδρεμποτισμού – θλίψη | τεμ. | 201.66 |
| Δειγματοληψία ασφαλτομίγματος | τεμ. | 8.86 |
| Δειγματοληψία ασφαλτοτάπητα | τεμ. | 24.38 |

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- § Εργαστηριακές ασκήσεις Εδαφομηχανικής Ι και ΙΙ , Δημ. Παγουλάτος – Δημ. Παγανός (1998)
- § Εδαφομηχανική. Αρχές και Εφαρμογές ,G.E. Barnes (2008)
- § Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές εδαφομηχανικής , Β. Χρηστάρας (2002) Τ.Ε.Ε.
- § Εδαφομηχανική , Δ. Βαλαλάς (2001)
- § Εδαφομηχανική , Χ. Λαγγιώτης – Κ.Σπηλιωτόπουλος (Τ.Ε.Ε.)
- § Μέσω διαδικτύου , σημειώσεις εδαφομηχανικής – θεμελιώσεων Ε.Μ.Π. , Σακελλάριος (1999) και Εδαφομηχανική Α.Τ.Ε.
- § Εργαστήριο Εδαφομηχανικής «Γεωτεχνική» (πληροφορίες και τιμοκατάλογοι)
- § Πειραματική Γεωτεχνική Μηχανική , Σ.Δ. Κωστόπουλος (Τ.Ε.Ε.)
- § Προδιαγραφές Δειγματολογικών Μετρήσεων , Θ. Κοκολέτσος – Θ. Κοργιαλός (Τ.Ε.Ε.)

