



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ
ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ ΚΟΜΒΟΣ
ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ (ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΟΣ ΜΕ ΕΓΝΑΤΙΑ
ΟΔΟ)»

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ:

ΣΤΟΪΤΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΖΗΣΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πριν και κατά την υλοποίηση ενός έργου οδοποιίας η μιας κατασκευής θεωρείτε απαραίτητο , άκρως αναγκαίο η εδαφοτεχνική μελέτη του έργου ή της κατασκευής. Η κατασκευή μετά το πέρας της να μην εμφανίση τυχόν αδυναμίες ή σφάλματα με τελικό αποτέλεσμα την αποτυχία του έργου και την εκ νέου κατασκευή. Όπως καταλαβαίνουμε αυτό είναι ανεπιθύμητο διότι είναι επιπλέον κόπος και επιπρόσθετα έξοδα.

Για τον λόγο αυτό έχουν εφευρεθεί πάμπολες δοκιμές για τον έλεγχο της κατασκευής , του υλικού όπου θα στεγαστεί η κατασκευή , όπως επίσης και του υλικού που θα χρησιμοποιήσουμε ως πρώτη υλη. Το πλήθος αυτών των δοκιμών εγκειάτε την καταλληλότητα του υλικού στεγάσεως και του υλικού κατασκευής. Το αποτέλεσμα αυτόν τον πολλαπλών διαδοχικών ελέγχων (δοκιμών) είναι η απόλυτη επιτυχία της κατασκευής.

Η παραπάνω δοκιμές στην ουσία είναι δοκιμές καταλληλότητας. Εκτός από τις δοκιμές καταλληλότητας έχουν επινοηθεί δοκιμές για την λύση διαφόρων γεωτεχνικών προβλημάτων που μπορούν να εμφανιστούν σαν εμπόδιο κατά την διάρκεια της κατασκευής. Η παραπάνω δοκιμές που σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις μπορεί να αποτελούν καινοτομία δίνουν στο έδαφος και στην κατασκευή επιπλέον ιδιότητες ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει και να δείχνει αντοχή στον χρόνο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία είχε σκοπό την εδαφομηχανική μελέτη της Εγνατίας οδού. Για την πραγματοποίηση των εργαστηριακών δοκιμών ελήφθησαν εδαφικά δείγματα από τον κόμβο Καλοχωρίου. Οι εργαστηριακές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας.

Ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής για την πολύτιμη βοήθειά τους καθώς μας πρότειναν συνεχώς βιβλιογραφία και συμβουλές για τον τρόπο εργασίας μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
Λίγα λόγια για την Εγνατία οδό	8
Υλικά	9
Λήψη δείγματος	12
Τεχνική υποστήριξη	15
Γενικά για τις δοκιμές εδαφομηχανικής	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Δοκιμές προσδιορισμού φυσικών χαρακτηριστικών εδάφους	
1.1 Φυσική υγρασία	18
1.1.1 Εισαγωγή - Σκοπός	18
1.1.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός	18
1.1.3 Διαδικασία δοκιμής	19
1.1.4 Υπολογισμοί	20
1.1.5 Αποτελέσματα	20
1.1.6 Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	22
1.2 Κώδωνας Speedy	23
1.2.1 Εισαγωγή - Σκοπός	23

1.2.2	Εργαστηριακός Εξοπλισμός	23
1.2.3	Διαδικασία δοκιμής	24
1.3	Ειδικό βάρος	25
1.3.1	Εισαγωγή - Σκοπός	25
1.3.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	25
1.3.3	Διαδικασία δοκιμής	26
1.3.4	Υπολογισμοί	28
1.3.5	Αποτελέσματα	28
1.3.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	28
1.4	Ειδικό βάρος (προσδιορισμός με συρμάτινο καλάθκι)	30
1.4.1	Εργαστηριακός εξοπλισμός	30
1.4.2	Διαδικασία δοκιμής	30
1.5	Πορώδες δείκτης κενού	31
1.5.1	Εισαγωγή – Σκοπός	31
1.5.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	32
1.5.3	Διαδικασία δοκιμής	33
1.5.4	Υπολογισμοί	33
1.5.5	Αποτελέσματα	34
1.5.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Δοκιμές κατάταξης εδαφών

2.1	Κοκκομετρική ανάλυση	35
2.1.1	Εισαγωγή – Σκοπός	35
2.1.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	37
2.1.3	Διαδικασία δοκιμής	38

2.1.4	Υπολογισμοί	40
2.1.5	Αποτελέσματα	43
2.1.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	44
2.2	Κοκκομετρική ανάλυση με υδρόμετρο - αραιόμετρο (Stokes)	47
2.2.1	Εισαγωγή – Σκοπός	47
2.2.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	47
2.2.3	Διαδικασία δοκιμής	49
2.2.4	Υπολογισμοί	50
2.2.5	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	55
2.3	Όρια Atterberg	56
2.3.1	Εισαγωγή – Σκοπός	56
2.3.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	57
2.3.3	Διαδικασία δοκιμής ορίου υδαρότητας	58
2.3.4	Διαδικασία δοκιμής ορίου πλαστικότητας	61
2.3.5	Διαδικασία δοκιμής ορίου συρρίκνωσης	62
2.3.6	Υπολογισμοί	62
2.3.7	Αποτελέσματα	67
2.3.8	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	68
2.4	Συμπύκνωση (Proctor)	71
2.4.1	Εισαγωγή – Σκοπός	71
2.4.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	72
2.4.3	Διαδικασία δοκιμής	73
2.4.4	Υπολογισμοί	76
2.4.5	Αποτελέσματα	78
2.4.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Δοκιμές προσδιορισμού αντοχής και παραμόρφωσης

3.1	Δοκιμή Καλιφορνιακού δείκτη (C.B.R.)	81
3.1.1	Εισαγωγή – Σκοπός	81
3.1.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	81
3.1.3	Διαδικασία δοκιμής	83
3.1.4	Υπολογισμοί	86
3.1.5	Αποτελέσματα	89
3.1.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	91
3.2	Αντοχή πετρώματος σε τριβή και κρούση (Los Angeles)	92
3.2.1	Εισαγωγή – Σκοπός	92
3.2.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	92
3.2.3	Διαδικασία δοκιμής	94
3.2.4	Υπολογισμοί	96
3.2.5	Αποτελέσματα	97
3.2.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	98
3.3	Φθορά σε τριβή παρουσίας νερού και αδρανών (Microdeval)	99
3.3.1	Εισαγωγή – Σκοπός	99
3.3.2	Εργαστηριακός εξοπλισμός	101
3.3.3	Διαδικασία δοκιμής	103
3.3.4	Υπολογισμοί	106
3.3.5	Αποτελέσματα	108
3.3.6	Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα	109

ΠΗΓΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

110

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Λίγα λόγια για την Εγνατία οδό



Η ύπαρξη της Εγνατίας οδού αρχικά ξεκινά από το 146-120 Π.Χ., όπου ήταν ένας από τους δύο σημαντικότερους δρόμους που κατέληγαν στη Ρώμη. Το όνομά της το πήρε προς τιμή του κατασκευαστή της Ρωμαίου Γναίου Εγνατίου. Εκτεινόταν ανάμεσα στις Ανδριατικές χώρες και στο Αιγαίο, με επεκτάσεις από τον Έβρο έως το Βυζάντιο και τη Ρώμη.

Η Εγνατία οδός αποτελούσε πάνω από 40 χρόνια ένα μεγάλο όνειρο των Βορειοελλαδιτών και όχι μόνο. Από το 1970 άρχισαν οι προσπάθειες για την κατασκευή τμημάτων της, που όμως δεν είχαν αίσιο τέλος αφού δεν υπήρχε η κατάλληλη χρηματοδότηση. Τελικά το 1994 ξεκίνησε η κατασκευή του μεγαλύτερου μέρους του άξονα. Κατά την κατασκευή της οδού για την αντιμετώπιση των διαφόρων γεωτεχνικών προβλημάτων σε τμήματα της οδού, έγινε εισαγωγή πλήθους καινοτομιών. Εκτός από τον κύριο άξονα κατασκευάζονται τμήματα των εννέα κάθετων αξόνων, που συνδέουν την ενδοχώρα της Βαλκανικής και της Νοτιοανατολικής Ευρώπης με την Εγνατία, τα λιμάνια του Αιγαίου και τα αεροδρόμια της Βόρειας Ελλάδας.

Η επιλογή του σημείου από όπου έγινε η παραλαβή του υλικού μας ήταν ένας κάθετος άξονας της Εγνατίας. Πρόκειται για την συνδετήρια οδό της Εγνατίας οδού με την εθνική Ε90-Ε75, η οποία και κατασκευάστηκε με σκοπό να εξυπηρετεί το Καλοχώρι και τη βαριά κυκλοφορία στην περιοχή (π.χ. βιομηχανίες, βιοτεχνίες, συνεργία, μάντρες) και να διευκολύνει την κυκλοφορία βαρέων οχημάτων προς το λιμάνι, παρακάμπτοντας το κέντρο της Θεσσαλονίκης.

Υλικά

Αδρανή υλικά καλούνται τα υλικά που αποτελούνται από λίθινους κόκκους, είτε φυσικούς οπότε ονομάζονται "φυσικά ή συλλεκτά" αδρανή, είτε από κόκκους που προκύπτουν από την θραύση όγκων πετρώματος ή την θραύση φυσικών αδρανών οπότε ονομάζονται "θραυστά" αδρανή. Η παραλαβή των αδρανών γίνεται από την φύση (αποθέσεις από νερό, αιολικές αποθέσεις, παγετώδη αποθέσεις) από λατομεία ή ορυχεία. Από τα λατομεία λαμβάνονται με εξόρυξη ενώ από τα ορυχεία λαμβάνονται ως έχουν. Τα περισσότερα είδη αδρανών υποβάλλονται σε διάφορες μορφές επεξεργασίας έως έρθουν στην τελική τους μορφή. Η ονομασία "αδρανή" δόθηκε στα υλικά αυτά με την έννοια ότι κατά την ανάμιξη των υλικών αυτών με συγκολλητικά υλικά (κονίες), όπως τσιμέντο, ασβέστης, άσφαλτος κλπ, ή το νερό, τα υλικά αυτά δεν συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες πήξης και σκλήρυνσης. Βέβαια αυτό δεν ανταποκρίνεται εντελώς στην πραγματικότητα διότι η χημική αδράνεια των υλικών αυτών εξαρτάται από την ορυκτολογική τους σύσταση και τα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή. Όλα τα αδρανή υλικά, πλην της παιπάλης, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε επιφανειακές στρώσεις και γενικά σε θέματα οδοποιίας προέρχονται από θραύση μητρικών πετρωμάτων και όχι από θραύση φυσικών αμμοχάλικων. Η παιπάλη μπορεί να προέρχεται από κονιορτοποίηση μητρικών πετρωμάτων από τα οποία παράγονται τα αδρανή για επιφανειακές στρώσεις ή από κονιορτοποίηση άλλων κατάλληλων υλικών συμπεριλαμβανομένων και των αμμοχάλικων, εφ' όσον πληρούνται απαραίτητες προδιαγραφές. Γενικά όλα τα αδρανή υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε έργα οδοποιίας πρέπει να είναι σκληρά, ανθεκτικά και καθαρά ως προς την σύστασή τους. Ειδικότερα, πρέπει: Να δείχνουν ιδανική συμπεριφορά στην στιλβωτική δράση των ελαστικών των οχημάτων, να μη θρυμματίζονται και να μη φθείρονται από την αναπτυσσόμενη τριβή μεταξύ τους κάτω από την επίδραση των φορτίων της κυκλοφορίας, να είναι ανθεκτικά ως προς τις ακραίες κλιματολογικές μεταβολές και να είναι απαλλαγμένα από λεπτότατα υλικά που είναι δυνατόν να διογκωθούν παρουσία ύδατος. Επίσης, το σχήμα των θραυστών αδρανών θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν κυβοειδούς μορφής και το πορώδες τους να κυμαίνεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Τα θραυστά αδρανή υλικά εάν πληρούν της παραπάνω ιδιότητες είναι κατάλληλα και για την παραγωγή ασφαλτομιγμάτων επιφανειακών στρώσεων. Τα αδρανή σε συνδυασμό με τη σύνθεση του ασφαλτομίγματος, προσδίδουν στην επιφάνεια κύλισης καλά επιφανειακά χαρακτηριστικά που αυξάνουν το συντελεστή τριβής μεταξύ της επιφάνειας του οδοστρώματος και των ελαστικών των τροχών, κατά συνέπεια χαρακτηρίζουν την επιφανειακή στρώση ως αντλιοστηρή. Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην χώρα μας είναι: τα ασβεστολιθικά, σκουριές υψικαμίνων, σμύριδα, αμίαντος, κίσηρη (ελαφρόπετρα), διογκωμένος περλίτης, μπετονίτης, μάρμαρο, δολομίτης κλπ. Τα αδρανή υλικά ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, τα

διακρίνουμε στις παρακάτω βασικές κατηγορίες :

- παιπάλη ή ιλύς η άργιλος. Μέγεθος κόκκων μικρότερο 0,1 mm.
- άμμος, χαλίκια. Μέγεθος κόκκων μέχρι 7 mm.
- σκύρα, χαλίκια. Μέγεθος κόκκων από 7 - 70 mm.

Πέρα από τις πιο πάνω κατηγορίες, τα αδρανή κατατάσσονται και σε ειδικότερες, ανάλογα με την προέλευση και το μέγεθος των κόκκων τους, όπως: άμμος λεπτόκοκκος, άμμος χονδρόκοκκος, άμμος ποταμίσια, ρυζάκι, γαρμπίλι, ψηφίδα, λεπτόκοκκα σκύρα, χονδρόκοκκα σκύρα, σκύρα οδοστρωσίας .κ.λ.π. Οι κύριες χρήσεις των αδρανών υλικών είναι σε όλες τις μορφές στους τομείς της κατασκευής δομικών και συγκοινωνιακών έργων η πιο συνήθεις χρήσεις είναι: Σκυροδέματα, ασφαλτικά σκυροδέματα, κονιάματα, ασφαλτομείγματα, ασφαλτοτάπητες, υλικά βάσης, υπόβασης, έδρασης, κατασκευή επιχωμάτων, αναχωμάτων, χρήση σε εξυγίανση / σταθεροποίηση εδάφους, χρήση σε αποστραγγίσεις, στραγγιστήρια κλπ. Τα υλικά υπόκεινται σε διάφορες δοκιμές εργαστηριακής κυρίως μορφής ώστε να προσδιοριστεί στο που είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν. Ο ποιοτικός έλεγχος των αδρανών περιλαμβάνει τόσο τον έλεγχο του μητρικού πετρώματος από το οποίο προέρχονται τα αδρανή, όσο και τον έλεγχο των ίδιων των αδρανών. Στην πρώτη κατηγορία ελέγχων περιλαμβάνονται:

- η μηχανική αντοχή του μητρικού πετρώματος.
- η δοκιμή υγείας ή αντοχή σε αποσάθρωση του πετρώματος.
- η αντοχή σε τριβή και κρούση (δοκιμή Los Angeles).
- η ορυκτολογική σύσταση, κ.ά.

Στην δεύτερη κατηγορία ελέγχων περιλαμβάνονται:

- η κοκκομετρική ανάλυση.
- ο προσδιορισμός των ειδικών βαρών, του φαινομένου βάρους και της υδροαπορροφητικότητας.
- ο προσδιορισμός της παιπάλης.
- η παρουσία επιβλαβών οργανικών προσμίξεων.
- ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε άργιλο, κ.ά.



Θέση από όπου έγινε η παραλαβή εδαφικού υλικού

Στην περίπτωση μας τα υλικά συγκεντρώθηκαν, με την βοήθεια του υπεύθυνου του εργαστηρίου του ΕΡΓΟΣΕ, προκειμένου να εκτελεστούν οι εργαστηριακές δοκιμές ήταν συνολικά 120 kg και αποτελούνταν από:

1) Χωματουργική σκάφη.



2) Χαλίκι 3α λατομείου Δριμού



3) Σκύρα έρματος



Λήψη δείγματος

Οι τρόποι λήψης υλικού χωρίζονται σε:

α) Αδιατάρακτα υλικά. Σε αυτά τα υλικά είναι εξιδανικευμένοι οι τρόποι παραλαβής του υλικού. Το υλικό λαμβάνεται σχετικά σε μικρή ποσότητα και με ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην διαταραχτεί και έτσι κατά την απομάκρυνσή του από τις φυσικές του συνθήκες παραμένει η υφή του, η πυκνότητά του, το πορώδες του, η υγρασία του και η εντατική του κατάσταση λόγω αποφόρτισής του.

Κάποιοι βασικοί τρόποι δειγματοληψίας αδιατάρακτων υλικών είναι:

- με χρήση δειγματολήπτη (κυλινδρικός μεταλλικός λεπτού τοιχώματος) που διεισδύει με την πίεση του εκσκαφέα
- με την βοήθεια γεωτρύπανου (γεώτρησης)



δείγμα αδιατάρακτου εδαφικού υλικού

β) Διαταραγμένα υλικά. Τα διαταραγμένα δείγματα υλικών παραλαμβάνονται με τρόπο τέτοιο όπου προκαλείτε διατάραξη του εδαφικού τους ιστού. Εδώ υπάρχει η δυνατότητα να γίνει ευκολότερη παραλαβή μεγαλύτερης ποσότητας υλικού και σε μεγαλύτερα τμήματα του έργου.

Βασικοί τρόποι παραλαβής δείγματος διαταραγμένων υλικών είναι:

- με σκαπτικά μηχανήματα η απλή εκσκαφή
- με γεωτρήσεις για μεγαλύτερα βάθη
- με κρούσεις

Η παραλαβή του υλικού στην περίπτωση μας ήταν παραλαβή διαταραγμένου δείγματος, όπου έγινε ως εξής:
Επιλέξαμε τα εργαλεία. Χρησιμοποιήθηκαν φτυάρι , τσουγκράνα, σκεπάρνι και σάκοι φύλαξης.



Εν συνεχεία έγινε καθαρισμός της επιφάνειας από τυχόν εμπόδια κτλ, κι έπειτα έγινε εκσκαφή λάκκου και παραλαβή υλικού σε σάκους φύλαξης.



Παραλαβή 3Α



Παραλαβή σκύρων και τοποθέτηση στους σάκους φύλαξης



Παραλαβή σκάφης



Τα σκαπτικά εργαλεία και οι σακοί φύλαξης μαζί με τα υλικά

Τεχνική Υποστήριξη

Η παραλαβή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του υπεύθυνου του εργαστηρίου του εργοταξίου της ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗΣ & ΕΡΓΟΣΕ. Η θέση του εργοταξίου που βρίσκεται στα Διαβατά Θεσσαλονίκης, ένα χιλιόμετρο από την παλιά σιδηροδρομική γραμμή. Το εργαστήριο του εργοταξίου λειτουργεί εδώ και τρία χρόνια στην συγκεκριμένη περιοχή. Το έργο με το οποίο ασχολούνταν οι εργαζόμενοι και οι τεχνικοί του εργαστηρίου το τελευταίο διάστημα στην περιοχή ήταν οι εργασίες αναβάθμισης των υπόλοιπων τμημάτων της υφιστάμενης σιδηροδρομικής γραμμής στην περιοχή Δομοκού Θεσσαλονίκης (Α.Δ.534).

Το εργαστήριο ήταν πλήρως εξοπλισμένο. Ο εργαστηριακός εξοπλισμός αποτελούνταν από τις παρακάτω συσκευές με τη βοήθεια των οποίων πραγματοποιούνταν στον συγκεκριμένο χώρο πολλά εργαστηριακά πειράματα. Επίσης εκτελούσαν και πολλές επί τόπου στο έργο δοκιμές. Η δοκιμές που έκαναν στο εργαστήριο ήταν οι εξής:

- 1) Όρια Atterberg
- 2) Proctor
- 3) Troxler
- 4) Κοκκομετρική Ανάλυση και Διάγραμμα
- 5) Άμμος-κόνος (συμπύκνωση)
- 6) Υγρασία
- 7) Βραχώδες
- 8) Μητρώο Επί τόπου σκυροδέτησης
- 9) S.E.
- 10) Δελτίο Δοκιμίου
- 11) Α.Π.Π.Ε (αναλυτικός)
- 12) Σ.Π.Π.Ε (συγκεντρωτικός)
- 13) L.A.RB
- 14) M.DE.RB
- 15) Πλακοειδές
- 16) Κοκκομετρική ανάλυση Stokes
- 17) Μήκος κόκκων
- 18) L.A.
- 19) C.B.R
- 20) Ειδικό Βάρος
- 21) Έλεγχος συγκολλήσεων (Ultrasonic)
- 22) Έλεγχος συγκολλήσεων (Straight Edge)



Χώροι εργαστηρίου

Γενικά για τις δοκιμές εδαφομηχανικής

Η δοκιμές εδαφομηχανικής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (κάποιες δοκιμές ανήκουν και στις δύο κατηγορίες):

α) Εργαστηριακές δοκιμές. Είναι οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιούνται σε πλήρως εξειδικευμένα εργαστήρια. Τα εργαστήρια όπως και ο εξοπλισμός που υπάρχει σε αυτά, πληρούν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές. Τις προδιαγραφές αυτές τις ορίζει το κράτος όπου και ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιεί έλεγχο για το αν πληρούνται. Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελούνται από υπεύθυνα άτομα τα οποία έχουν την ανάλογη ευθύνη και εμπειρία. Θεωρούνται ακριβείς ως προς τα αποτελέσματα όμως κοστίζουν.

β) Επί τόπου δοκιμές : Είναι οι δοκιμές που πραγματοποιούνται απ' ευθείας στο έργο. Κάποιες φορές είναι απαραίτητο η μέτρηση να γίνει εκείνη τη χρονική στιγμή. Παρόλα αυτά όλες η δοκιμές δεν μπορούν να γίνουν επί τόπου στο έργο, αλλά υπάρχουν και δοκιμές όπου γίνονται μόνο επί τόπου. Η δοκιμές που πραγματοποιήσαμε εμείς στα υλικά μας ήταν εργαστηριακές εκτός των δοκιμών του Καλιφορνιακού δείκτη C.B.R. και του προσδιορισμού της φυσικής υγρασίας που ανήκουν και στις δυο κατηγορίες δοκιμών.

Δοκιμές	Υλικά
Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας	3A, Σκάφη
Προσδιορισμός ειδικού βάρους	Σκάφη
Προσδιορισμός πορώδους δείκτη κενών	-
Δοκιμή συμπυκνώσεως Proctor	3A
Κοκκομετρική ανάλυση	3A, Σκάφη
Προσδιορισμός όριων Atterberg	Σκάφη
Δοκιμή του Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας (C.B.R.)	3A
Δοκιμή αντοχής πετρώματος σε τριβή και κρούση (Los Angeles)	Σκύρα
Προσδιορισμός φθοράς σε τριβή παρουσία νερού και αδρανών υλικών (Microdeval)	Σκύρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας εδαφών

1.1.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Το έδαφος είναι ένα υλικό το οποίο αποτελείται από εδαφικούς κόκκους και το νερό των εδαφικών πόρων. Η φυσική υγρασία είναι η περιεχόμενη υγρασία ενός εδαφικού δείγματος στην φυσική του κατάσταση. Η περιεχόμενη υγρασία ορίζεται ως το ποσοστό του βάρους του περιεχομένου νερού προς το βάρος των εδαφικών κόκκων. Το ποσό του εδάφους που θα παραλάβουμε για τον προσδιορισμό της υγρασίας εξαρτάται από τον τύπο του εδαφικού σχεδιασμού και την ποσότητα υλικού που έχουμε στην διάθεσή μας. Πάντως γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το δείγμα μας τόσο πιο ακριβής είναι ο προσδιορισμός. Η φυσική υγρασία επηρεάζει την συμπεριφορά των συνεκτικών κυρίως εδαφών οπότε ο προσδιορισμός της είναι απαραίτητος για την επίλυση γεωτεχνικών προβλημάτων.

1.1.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Κάψες μεταλλικές ή γυάλινες για την τοποθέτηση των δειγμάτων
2. Κλίβανος ξηράνσεως
3. Ζυγός ευαισθησίας
4. Σπάτουλα



Κάψες (μεταλλικές και γυάλινες) για τον προσδιορισμό υγρασίας και διάφορες λεκάνες και δοχεία



Κλίβανος ξηράνσεως όπου τοποθετήσαμε τα δείγματα για να ξηραθούνε

1.1.3 Διαδικασία δοκιμής

1. Καθαρίζουμε προσεχτικά της κάψες από τυχόν υπολείμματα από προηγούμενη χρήση τους
2. Αριθμούμε την κάθε κάψα χωριστά και την ζυγίζουμε, καταγράφουμε τα αντίστοιχα βάρη και τον αριθμό της κάψας
3. Γεμίζουμε τις κάψες με υλικό, τις ζυγίζουμε και καταγράφουμε τα αποτελέσματα
4. Τοποθετούμε τις κάψες με προσοχή στον κλίβανο ξηράνσεως όπου θα παραμείνουν έως ότου σταθεροποιηθούν τα βάρη τους. Η θερμοκρασία του κλίβανου ορίζεται στους 105° - 110° C για τα ανόργανα εδάφη και στους 60° C για τα οργανικά εδάφη
5. Βγάζουμε τις κάψες από τον κλίβανο, αφήνουμε τις κάψες να ψυχθούν και καταγράφουμε τα βάρη της κάθε κάψας



Τα υλικά από τα οποία πήραμε δείγμα για τον προσδιορισμό υγρασίας



Τοποθετούμε της κάψες με τα δείγματα στον κλίβανο



Οι αριθμημένες κάψες με το υλικό έτοιμες προς ζύγιση.

1.1.4 Υπολογισμοί

Σύμφωνα με τον ορισμό της υγρασίας, η περιεχόμενη υγρασία δείγματος είναι:
 $w = w_w / w_s$ ή $w = (B-\Gamma) / (\Gamma-A)$ ή αλλιώς $w\% = (B-\Gamma) * 100 / (\Gamma-A)$

Όπου :

w_w : το βάρος του νερού των πόρων

w_s : το βάρος των εδαφικών στερεών

B: βάρος δοχείου + βάρος υγρού δείγματος

Γ: ξηραμένα στον κλίβανο, βάρος δοχείου + βάρος δείγματος

A: βάρος δοχείου

Επίσης : $w_w = B - \Gamma$ και $w_s = \Gamma - A$

1.1.5 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
<u>ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΛΑΦΩΝ</u>		
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 17/2/09
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ		ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Σκάφη

	1	2	L
Αριθμός κάψας			
Βάρος υγρού δείγματος + κάψα	30,10	32,16	35,49
Βάρος ξηρού δείγματος + κάψα	29,77	31,75	34,96
Βάρος νερού	0,33	0,41	0,53
Βάρος κάψας	18,80	18,63	18,91
Βάρος ξηρού δείγματος	10,97	13,12	16,05

$$W_1 = 3,01$$

$$W_2 = 3,125$$

$$W_3 = 3,302$$

$$W_{ολ} = 3,146\%$$

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ		ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
<u>ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΛΑΦΩΝ</u>			
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 17/2/09	ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 3Α
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ			

Αριθμός κάψας	3	1,2	G
Βάρος υγρού δείγματος + κάψα	35,93	38,06	39,68
Βάρος ξηρού δείγματος + κάψα	35,66	37,81	39,35
Βάρος νερού	0,27	0,25	0,33
Βάρος κάψας	18,94	18,71	18,85
Βάρος ξηρού δείγματος	16,72	19,10	20,05

$$W_1 = 1,615$$

$$W_2 = 1,309$$

$$W_3 = 1,610$$

$W_{ολ} = 1,511 \%$

1.1.6 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

Πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή:

- 1) Στην παραλαβή του εδαφικού δείγματος και στη μεταφορά του στο εργαστήριο, το δείγμα να έχει μεταφερθεί προσεκτικά από την περιοχή της γεώτρησης στο εργαστήριο, ώστε να μην χαθεί υγρασία.
- 2) Η ποσότητα εδάφους που θα παραλάβουμε για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας εξαρτάται από το είδος εδάφους. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα δείγματος τόσο πιο ακριβείς είναι ο προσδιορισμός της φυσικής υγρασίας.
- 3) Η παραμονή του εδαφικού υλικού στον κλίβανο ξηράνσεως εξαρτάται από το είδος εδάφους, από το σχήμα του και την ποσότητά του.
- 4) Το ποσοστό υγρασίας είναι από τα κύρια χαρακτηριστικά των συνεκτικών εδαφών, που σημαίνει ότι εάν την προσδιορίσουμε παίρνουμε πάρα πολλά στοιχεία σχετικά με το υπό εξέταση υλικό.
- 5) Σε ορισμένα οργανικά εδάφη ή ευαίσθητες αργίλους η υγρασία μπορεί να φτάσει μέχρι και το 500 %.

1.2 Κώδωνας Speedy

1.2.1 Εισαγωγή – Σκοπός

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας σε επί τόπου μετρήσεις στην ύπαιθρο σε περιπτώσεις όπου δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την υγρασία με τον εργαστηριακό εξοπλισμό. Με τη δοκιμή αυτή παίρνουμε γρήγορα τιμές φυσικής υγρασίας με αρκετά ικανοποιητική ακρίβεια.

1.2.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Κώδωνας Speedy
2. Ειδική ζυγαριά η οποία μας επιτρέπει τη χρήση συγκεκριμένου βάρους δείγματος
3. Δυο μεταλλικές μπίλιες
4. Δοχείο κυλινδρικό
5. Μανόμετρο



Ο απαραίτητος εξοπλισμός για την πραγματοποίηση της δοκιμής

1.2.3 Διαδικασία δοκιμής

1. Τοποθετούμε το εδαφικό δείγμα στην ειδική ζυγαριά και ζυγίζουμε
2. Τοποθετούμε το εδαφικό υλικό στον κώδωνα, μαζί με αυτό προσθέτουμε ανθρακασβέστιο και μια χημική υγροσκοπική ουσία για να απορροφήσει το νερό και τις μεταλλικές μπίλιες
3. Ανακινούμε το δοχείο με 10 έως 20 παύσεις. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία της ανακίνησης ακόμα τρεις φορές
4. Πάμε στη βάση του κώδωνα όπου μπορούμε απ' ευθείας να διαβάσουμε το ποσοστό της φυσικής υγρασίας

Η παραπάνω διαδικασία τροποποιείτε ανάλογα με τον τύπο του εδαφικού υλικού που θα έχουμε στην διάθεση μας.

1.3 Προσδιορισμός ειδικού βάρους

1.3.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Το ειδικό βάρος των στέρεων είναι απαραίτητο να το γνωρίζουμε, διότι χρησιμοποιείται, σε συνδυασμό με τη γνώση και άλλων φυσικών χαρακτηριστικών των εδαφών, για την λύση πολλών γεωτεχνικών προβλημάτων. Επίσης είναι χρήσιμο για τον προσδιορισμό και την ταξινόμηση ενός εδάφους. Ως ειδικό βάρος του εδάφους ορίζεται ο λόγος του βάρους των κόκκων προς το βάρος ίσου όγκου απεσταγμένου νερού. Οι τιμές του ειδικού βάρους του εδάφους κυμαίνονται σε στενά όρια εκτός εάν υπάρχει στο υλικό περιεκτικότητα σε προσμίξεις βαρέων μετάλλων οι οργανικές.

1.3.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Ογκομετρική φιάλη
2. Απεσταγμένο νερό
3. Πηγή θερμότητας
4. Φούρνος ξηράνσεως
5. Θερμόμετρα ακρίβειας
6. Ζυγός ευαισθησίας
7. Δοχείο εξάτμισης
8. Σταγονόμετρο
9. Αντλία κενού



Διάφορες ογκομετρικές φιάλες και κύλινδροι



Κλίβανος ξηράνσεως

1.3.3 Διαδικασία δοκιμής

Στην συγκεκριμένη εργαστηριακή δοκιμή ανάλογα με το είδος του υλικού (ψαθυρά εδάφη(μη συνεκτικά), συνεκτικά εδάφη) υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση ως προς την διαδικασία δοκιμής. Παρακάτω Θα γίνει αναφορά των διαφορετικών βημάτων γι' αυτά τα υλικά.

1. Γίνεται καλός καθαρισμός της φιάλης και τη γεμίζουμε με απεσταγμένο νερό, θερμοκρασίας δωματίου
2. Επειδή πρέπει να υπάρχει ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλα τα στρώματα της φιάλης, κλείνουμε το στόμιο και αναποδογυρίζουμε την φιάλη
3. Μετράμε την θερμοκρασία σε διάφορα στρώματα ώστε να διαπιστώσουμε αν υπάρχει ομοιόμορφη θερμοκρασία
4. Με την βοήθεια του σταγονόμετρου διατηρούμε σταθερό τον όγκο και στεγνώνουμε την εσωτερική και την εξωτερική επιφάνεια της φιάλης
5. Ζυγίζουμε το περιεχόμενο της φιάλης, μετράμε την αντίστοιχη θερμοκρασία και τα καταγράφουμε
6. Μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία θερμαίνοντας την φιάλη και επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα



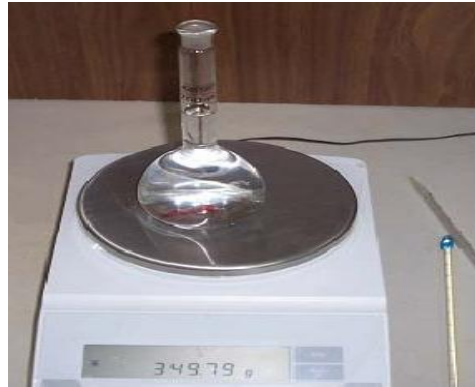
Έχουμε γεμίσει την φιάλη με νερό και μετράμε την θερμοκρασία της



Με την χρήση του σταγονόμετρου διατηρούμε σταθερό τον όγκο και στεγνώνουμε την εσωτερική επιφάνεια της φιάλης



Ζυγίζουμε τη φιάλη άδεια



Ζύγιση φιάλης με περιεχόμενο (στην άκρη διακρίνεται το θερμόμετρο και το σταγονόμετρο)

Για ψαθυρά εδάφη η διαδικασία είναι:

1. Γεμίζουμε τη φιάλη μέχρι το μέσο της και τοποθετούμε μια ποσότητα υλικού που έχει ήδη ξυρανθεί στον κλίβανο και έχει ζυγιστεί
2. Με την βοήθεια του βρασμού για 10 min απομακρύνουμε τον αέρα μεταξύ των κόκκων
3. Μετά την ψύξη του ύδατος γεμίζουμε την φιάλη στην επιθυμητή στάθμη
4. Τα υπόλοιπα βήματα είναι κοινά με τα άλλα υλικά



Γεμίζουμε την φιάλη με εδαφικό υλικό.

Για συνεκτικά εδάφη η διαδικασία είναι:

1. Γεμίζουμε τη φιάλη μέχρι το μέσο της με απεσταγμένο νερό
2. Προσθέτουμε στη φιάλη περίπου 50 gr δείγματος το οποίο έχει αναμιχθεί με νερό έως ότου γίνει σαν πάστα
3. Απομακρύνουμε τον εγκλωβισμένο αέρα



Απομάκρυνση εγκλωβισμένου αέρα από την φιάλη

Η παρακάτω διαδικασία είναι κοινή

1.3.4 Υπολογισμοί

Το ειδικό βάρος των στερεών δίδεται από τον τύπο:

$$\gamma_s = W_1 / W_1 + W - W_2$$

Όπου :

W_1 : το βάρος του ξηραμένου στον κλίβανο εδαφικού δείγματος

W : βάρος φιάλης + βάρος ύδατος

W_2 : βάρος φιάλης ύδατος + βάρος εδαφικών κόκκων

1.3.5 Αποτελέσματα

Στην περίπτωση μας το εδαφικό υλικό (Χωματοουργική σκάφη) που είχαμε στην διάθεση μας ώστε να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη δοκιμή ήταν ακατάλληλο.

1.3.6 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

Ιδιαίτερη έμφαση στην παραπάνω δοκιμή πρέπει να δοθεί :

- 1) Στο είδος του υλικού (Συνεκτικά - μη Συνεκτικά εδάφη), διότι η διαδικασία της δοκιμής είναι τελείως διαφορετική
- 2) Να προσέξουμε ώστε να έχουμε ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλα τα στρώματα του υγρού, γιατί σε περίπτωση λάθους η τιμές που θα βρούμε δεν θα είναι σωστές.
- 3) Να μην υπάρχει εγκλωβισμένος αέρας ανάμεσα στους κόκκους του υλικού και σε αυτήν την περίπτωση οι τιμές θα είναι λανθασμένες.

4) Το εδαφικό δείγμα μπορεί να περιέχει τη φυσική του υγρασία ή να έχει ξηραθεί σε κλίβανο

5) Στην περίπτωση που κατά την διάρκεια της δοκιμής η θερμοκρασία του δείγματος ήταν διαφορετική των 20 °C το ειδικό βάρος που αντιστοιχεί στους 20 °C υπολογίζεται: $G_{s20} = K * G_s$

K : ο λόγος των πυκνοτήτων του ύδατος, οι τιμές του K δίδονται από πίνακα

Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η σχετική πυκνότητα του νερού σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και ο συντελεστής K αναγωγής στους 20 °C

Θερμοκρασία °C	Σχετική πυκνότητα ύδατος	Συντελεστής αναγωγής K
18	0,9986244	1,0004
19	0,9984347	1,0002
20	0,9982343	1,0000
21	0,9980233	0,9998
22	0,9978019	0,9996
23	0,9975702	0,9993
24	0,9973286	0,9991
25	0,9970770	0,9989
26	0,9968156	0,9986
27	0,9965451	0,9983
28	0,9962652	0,9980
29	0,9959761	0,9977
30	0,9956780	0,9974

1.4 Ειδικό βάρος (προσδιορισμός με συρμάτινο καλάθι)



Προσδιορισμός ειδικού βάρους με το συρμάτινο καλάθι.

1.4.1 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Ζυγός ακριβείας και ικανότητας τουλάχιστον μέχρι 5 kg. Ο ζυγός πρέπει να έχει διάταξη ανάρτησης του καλάθιού στο κάτω μέρος του
2. Συρμάτινο καλάθι κυλινδρικού σχήματος κατασκευασμένο από ανοξείδωτο πλέγμα Νο 6
3. Δοχείο νερού που να επιτρέπει ανεμπόδιστα την βύθιση του καλάθιού

Ο υπόλοιπος εργαστηριακός εξοπλισμός είναι κοινός με την παραπάνω μέθοδο.

1.4.2 Διαδικασία δοκιμής

1. Τοποθετούμε το δείγμα σε δοχείο με νερό θερμοκρασίας περίπου 20° C για 24 ώρες
2. Βγάζουμε το δείγμα από το νερό το σκουπίζουμε με τη βοήθεια του απορροφητικού χαρτιού (με την κίνηση αυτή διώχνουμε την επιφανειακή υγρασία) και στη συνέχεια το ζυγίζουμε
3. Τοποθετούμε το δείγμα στο συρμάτινο καλάθι το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον ζυγό ακριβείας
4. Βυθίζουμε το καλάθι μέσα στον κύλινδρο με το νερό και το ζυγίζουμε πάλι. Λόγω άνωσης το δείγμα μέσα στο νερό ζυγίζει λιγότερο
5. Τοποθετούμε το δείγμα στον κλίβανο ξηράνσεως
6. Βγάζουμε το δείγμα από τον κλίβανο το ψύχουμε σε θερμοκρασία δωματίου και το ζυγίζουμε. Τέλος καταγράφουμε όλα τα αποτελέσματα

1.5 Πορώδες δείκτης κενού

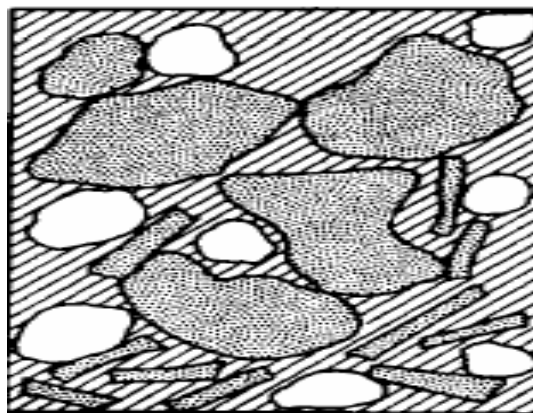
1.5.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Το έδαφος είναι ένα πολυφασικό υλικό, που αποτελείται από στερεούς κόκκους και από τα κενά (πόρους) που δημιουργούνται μεταξύ των κόκκων. Τα κενά περιέχουν νερό ή/και αέρα. Ο συνολικός όγκος (V) του εδάφους αποτελείται από τον όγκο (V_s) που καταλαμβάνουν οι στερεοί κόκκοι και τον όγκο (V_v) των πόρων. Ο όγκος των πόρων πληρούται από νερό (με όγκο V_w) και αέρα (με όγκο V_g). Οι αντίστοιχες μάζες (M) ή ισοδύναμα τα βάρη (W) των ανωτέρω ποσοτήτων είναι: M (ολική μάζα), M_s (μάζα στερεών κόκκων), M_w (μάζα νερού των πόρων) και M_g (μάζα του αέρα των πόρων). Όμως η μάζα του αέρα των πόρων αμελείται, επειδή η πυκνότητα του αέρα είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις πυκνότητες των υπολοίπων μεγεθών (στερεών κόκκων και νερού). Οπότε το πορώδες (n) είναι ο λόγος του όγκου των κενών προς τον ολικό όγκο του εδάφους. Το πορώδες συχνά εκφράζεται σαν ποσοστό επί % : $n = V_v/V$. Ο δείκτης κενών (πόρων) (e) είναι ο λόγος του όγκου των κενών προς τον όγκο των στερεών κόκκων. Επίσης ο δείκτης κενών συχνά εκφράζεται σαν ποσοστό επί % : $e = V_v/V_s$.

Το πορώδες με τον δείκτη κενών συσχετίζονται ως εξής:

$$n = e / 1 + e \quad \eta \quad e = n / 1 - n$$

Το πορώδες και ο δείκτης κενών είναι ευρείας χρήσης, σημασίας στον τομέα της εδαφομηχανικής διότι σχετίζονται και είναι βοηθητικά μεγέθη για την εύρεση άλλων μεγεθών όπως της διαπερατότητας, της συμπύκνωσης του εδάφους, της συμπιεστικότητας επίσης σχετίζεται με τη τριχοειδής ανύψωση, το ειδικό βάρος όπως με άλλα πολλά εδαφικά χαρακτηριστικά. Ο προσδιορισμός του e και του n στα συνεκτικά (λεπτόκοκκα) εδάφη είναι ακριβείς και εφικτός ενώ αντιθέτως στα μη συνεκτικά (κυρίως χονδρόκοκκα) εδάφη είναι αδύνατος για τον λόγο ότι η δοκιμή πραγματοποιείτε με αδιατάρακτο δείγμα εδάφους.



Έδαφος μαζί με κενά

1.5.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Κλίβανος ξηράνσεως
2. Υποδοχείς, δοχεία, κάψες
3. Απεσταγμένο νερό
4. Παραφίνη, δοχείο τήξης παραφίνης
5. Ζυγός ακριβείας
6. Θερμόμετρο
7. Πυκνόμετρο
8. Ογκομετρικοί κύλινδροι
9. Σπάτουλα



Εργαστηριακός εξοπλισμός για την πραγματοποίηση της δοκιμής



Κλίβανος

1.5.3 Διαδικασία δοκιμής



Αδιατάρακτα εδαφικά δείγματα έτοιμα για την δοκιμή

1. Ζυγίζουμε το δείγμα του προς εξέταση εδαφικού υλικού
2. Λιώνουμε την παραφίνη και βαπτίζουμε το δείγμα σε αυτήν. Η μορφή που πρέπει να έχει η παραφίνη στο δείγμα είναι αυτή του λεπτού υμένα
3. Ζυγίζουμε το παραφινομένο δείγμα
4. Γεμίζουμε με απεσταγμένο νερό τα 3/4 του ογκομετρικό κυλίνδρου και καταγράφουμε την μέτρηση
5. Τοποθετούμε στον κύλινδρο με το απεσταγμένο νερό το παραφινομένο δείγμα και καταγράφουμε τη μέτρηση
6. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία

1.5.4 Υπολογισμοί

Αρχικά υπολογίζουμε το ειδικό βάρος των στερεών δίδεται από τον τύπο:

$$G_s \text{ ή } \gamma_s = W_1 / W_1 + W - W_2$$

Όπου :

W_1 : το βάρος του ξηραμένου στον κλίβανο εδαφικού δείγματος

W : βάρος φιάλης + βάρος ύδατος

W_2 : βάρος φιάλης ύδατος + βάρος εδαφικών κόκκων

Έπειτα τον όγκο των στερεών (V_s): $V_s = W_1 / \gamma_s$

Το πορώδες (n) : $n = V_v / V$ ή αλλιώς $n = 1 - W_1 / V \gamma_s$

Όπου :

V_v : όγκος κενών

V : συνολικός όγκος

Ο δείκτης πόρων (e) : $e = n / 1 - n$ ή $e = V \gamma_s - 1 / W_1$

Σε συνθήκες κορεσμού ισχύει : $e = m \cdot \gamma_s / \gamma_w$

Ενώ για μερικά κορεσμένα εδάφη: $e = m \cdot \gamma_s / S$

Όπου :

γ_s : ειδικό βάρος στερεών συστατικών

γ_w : ειδικό βάρος νερού

m: μάζα

S: βαθμός κορεσμού σε κατάσταση κορεσμού η τιμή του είναι S=1

1.5.5 Αποτελέσματα

Η δοκιμή ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθεί γιατί τα υλικά που είχαμε για την πραγματοποίηση των δοκιμών ήταν διαταραγμένα.

1.5.6 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

1)Είναι μια δοκιμή που πραγματοποιείτε με αδιατάρακτα δείγματα

2)Ο υπολογισμός του πορώδους και δείκτη πόρων, είναι ακριβείς στα λεπτοκοκκα ενώ στα χονδροκοκκα δεν είναι

3)Προσοχή πρέπει να δοθεί στις συνθήκες που υπάρχουν στο δείγμα διότι η τύποι υπολογισμού διαφέρουν

4)Το σχήμα του εδάφους να είναι τέτοιο ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα στον κύλινδρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Κοκκομετρική ανάλυση

2.1.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Όλα τα εδάφη διακρίνονται σε χονδρόκοκκα (κροκάλες, χάλικες, άμμος) ή σε λεπτόκοκκα (άργιλος, ύλης). Τα χονδρόκοκκα προέρχονται κατά κύριο λόγο από μηχανική αποσάθρωση κυρίως βράχων. Ενώ οι κόκκοι τους είναι σφαιροειδείς, υποστρογγύλη ενώ η επιφάνειά τους ποικίλει αλλά κυμαίνεται μεταξύ γωνιώδης και λείας. Τα λεπτόκοκκα προέρχονται από χημική αποσάθρωση κυρίως πετρωμάτων. Οι κόκκοι τους είναι πεπλατυσμένοι σε πλακοειδή κυρίως μορφή. Επίσης τα χονδρόκοκκα εδάφη λέγονται μη συνεκτικά επειδή δεν παρουσιάζουν συνοχή μεταξύ των κόκκων τους. Αντίστοιχα το λεπτοκοκκα λέγονται συνεκτικά εδάφη επειδή παρουσιάζουν συνοχή μεταξύ των κόκκων τους(αυτό οφείλεται στις ηλεκτρικές έλξεις μεταξύ των αργιλικών πλακιδίων). Η μεγάλη διαφορά στην ειδική επιφάνεια μεταξύ των κόκκων των χονδρόκοκκων εδαφών σε σχέση με αυτούς των λεπτόκοκκων εδαφών καθορίζει την τελείως διαφορετική δομή τους και κατά συνέπεια της διαφορές της μηχανικής συμπεριφοράς τους. Γενικά το μέγεθος των κόκκων και η ποικιλία κατανομής τους σε ένα δείγμα εδαφικού υλικού επηρεάζουν την μηχανική συμπεριφορά κυρίως των μη συνεκτικών εδαφών, γι' αυτόν τον λόγο εξετάζουμε τα πλαίσια των φυσικών χαρακτηριστικών τους. Ο σχετικός διαχωρισμός ανάμεσα στις διάφορες κατηγορίες εδαφών γίνεται ανάλογα με την μέση διάμετρο του κόκκου του υπό εξέταση εδάφους και εξαρτάται από κάποιο σύστημα ταξινόμησης με βάση την διάμετρο του κόκκου. Τα δυο κυριότερα συστήματα ταξινόμησης εδαφών είναι το ASTM και το DIN. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται με μια ακολουθία κόσκινων όπου το κάθε ένα έχει διαφορετική διάμετρο όπως τα οποία επιλέγονται ανάλογα με το δείγμα που έχουμε στην διάθεση μας. Όπου ξεκινάει με την μεγαλύτερη και τελειώνει στην μικρότερη. Τα χονδροκοκκα κλάσματα έχουν διάμετρο μεγαλύτερη του No4 (0,06 mm DIN ή 4,75 mm ASTM) ενώ ποιο κάτω συγκρατούνται λεπτότερα κλάσματα.



Σκίτσο όπου μας δείχνει την συγκράτηση εδαφικού υλικού ανά κόσκινο

Η Κοκκομετρική ανάλυση είναι η πρώτη και η σημαντικότερη από της δοκιμές που γίνονται με σκοπό την ταξινόμηση των εδαφικών υλικών. Εκτός των άλλων ένας από τους λόγους της ευρείας προτίμησής της είναι ότι είναι εύκολη και σύντομη ως προς την πραγματοποίησή της. Προσδιορίζει την καταλληλότητα εδαφών για θεμελιώσεις, έργα οδοποιίας, συγκοινωνιακά έργα, κατασκευή φραγμάτων, αναχωμάτων, επιχωμάτων, προσχώσεων κ.λ.π. Επίσης οι πληροφορίες όπου μπορούμε να αντλήσουμε από την Κοκκομετρική ανάλυση με κοσκινά μπορούν να μας διευκολύνουν στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς των εδαφών ως προς την αντοχή, την παραμόρφωση, την διήθηση κ.α.

Κατηγορίες εδαφών σύμφωνα με το DIN:

Άργιλοι	Ιλεις			Άμμοι			Χάλικες			Κροκάλιας	
	Λεπτές	Μέσες	Χονδρές	Λεπτές	Μέσες	Χονδρές	Λεπτές	Μέσες	Χονδρές		
0,001	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200
		0,01		0,1		1		10		100	

Διαστάσεις κόκκων (mm)

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε ποια κόσκινα χωρίζουν τα εδαφικά υλικά κατηγοριών εδαφών σύμφωνα με το ASTM:

Λίθοι (πέτρες)	Το κόσκινο των 75 mm διαχωρίζει το εδαφικό υλικό από τους λίθους	-	-
Χάλικα	Τα χάλικα είναι η διαβάθμιση μεταξύ του κόσκινου των 75 mm και του κοσκινού Νο 4 (4,75 mm)	Χονδρόκοκκα χάλικα	Τα χονδρόκοκκα χάλικα συγκρατούνται μεταξύ των κόσκινων 75 mm και 19 mm
		Λεπτόκοκκα χάλικα	Τα λεπτόκοκκα χάλικα συγκρατούνται μεταξύ των κόσκινων 19 mm και Νο 4 (4,75 mm)
Άμμος	Η άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων Νο 4 (4,75 mm) και Νο 200 (0,075 mm)	Χονδρόκοκκη άμμος	Η χονδρόκοκκη άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων Νο 4 (4,75 mm) και Νο 10 (2 mm)
		Μεσόκοκκη άμμος	Η μεσόκοκκη άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων Νο 10 (2 mm) και Νο 40 (0,425 mm)
		Λεπτόκοκκη άμμος	Η λεπτόκοκκη άμμος συγκρατείται μεταξύ των κόσκινων Νο 40 (0,425 mm) και Νο 200 (0,075 mm)
Ιλεις-Άργιλος	Η Ιλεις και η Άργιλος είναι το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200 (0,075 mm)	Ιλεις (0,075 - 0,005 mm)	Για τον προσδιορισμό αυτών απαιτείται υδραυλική κοκκομετρική ανάλυση με τη χρήση αραιομέτρου
		Άργιλος (έως 0,005 mm)	

2.1.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Σειρά πρότυπων κόσκινων με επιφάνεια κοσκινίσματος κατασκευασμένη από συρμάτινο πλέγμα τετραγωνικών οπών. Με κάλυμμα πάνω από το πρώτο κόσκινο και συλλέκτη κάτω από το τελευταίο κόσκινο. Τα κόσκινα είναι κατασκευασμένα από κυλινδρικό μεταλλικό πλαίσιο. Ο αριθμός και τύπος των κόσκινων που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από ισχύοντες κανονισμούς όπου αλλάζουν ανά κράτος. Αναφορικά στην χώρα μας χρησιμοποιούνται τα αμερικανικά κόσκινα όπως αυτά περιγράφονται στα πρότυπα της ASTM και τα γερμανικά όπως περιγράφονται στα πρότυπα DIN 4187,4188 .
2. Συσκευή δονήσεως των κόσκινων
3. Ζυγός ακρίβειας.
4. Κλίβανος ξηράνσεως.
5. Ταψιά, λεκάνες και δοχεία
6. Γουδί και γουδοχέρι
7. Εργαλεία παραλαβής υλικού
8. Πινέλο ή βούρτσα για τον καθαρισμό των κόσκινων



Συσκευές αυτόματης κοσκίνισης με κοσκινά διαφορετικής οπής



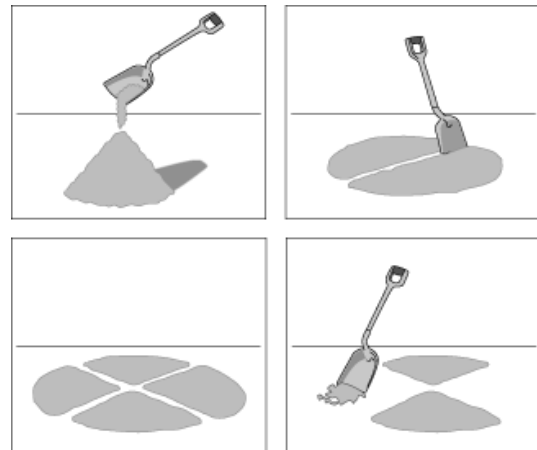
Κόσκινα διαφόρων οπών για χειροκίνητο κοσκίνισμα

2.1.3 Διαδικασία δοκιμής

Επειδή στο εργαστήριο η εξέταση μιας μεγάλης ποσότητας δείγματος πρακτικά είναι δύσκολο η ανέφικτο να πραγματοποιηθεί επιλέγεται μια μικρή ποσότητα αντιπροσωπευτική του δείγματος προς εξέταση. Η επιλογή του δείγματος πραγματοποιείται με δυο τρόπους: α) Με την βοήθεια συσκευών διαχωρισμού δειγμάτων και β) Με την διαδικασία του τετραμερισμού



Συσκευή διαχωρισμού δειγμάτων



Διαδικασία τετραμερισμού

Η διαδικασία του τετραμερισμού εκτελείτε ως εξής: Αδειάζουμε το δείγμα προς εξέταση σε μια επίπεδη επιφάνεια έτσι ώστε να σχηματιστεί ένας κώνος. Στη συνέχεια με την βοήθεια ενός φτυαριού η μιας σπάτουλας ανακατεύουμε καλά το υλικό μας. Επιπεδώνουμε την κορυφή του κώνου με την βοήθεια του φτυαριού ή της σπάτουλας και χωρίζουμε το υλικό σε τέσσερα τεταρτημόρια. Απομακρύνουμε τα δύο κατά κορυφή τεταρτημόρια, συγκρατούμε το υλικό των άλλων δύο. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία έτσι ώστε το υλικό μας να είναι το ένα τέταρτο του αρχικού.



Εδαφικά υλικά όπου θα πραγματοποιήσουμε την κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα

1. Το έδαφος που συλλέξαμε με μια από της δυο παραπάνω αναφερόμενες μεθόδους. Το βάζουμε στο κλίβανο ξηράνσεως (η συγκεκριμένη διαδικασία δεν είναι τόσο απαραίτητη διότι τα αποτελέσματα και χωρίς αυτήν δεν έχουν μεγάλη διαφορά). Η ελάχιστη ποσότητα του δείγματος που θα κοσκινίσουμε είναι περίπου 500 gr για άμμους και λεπτούς χάλικες, ενώ για τα ποιο χονδροκοκκα υλικά (σκύρα) περίπου 5 kg με διάμετρο μέγιστου κόκκου 30 mm. Γενικά το βάρος του δείγματος μεταβάλλεται ανάλογα την διάμετρο των κόκκων του δείγματος
2. Ζυγίζουμε το δείγμα στον ζυγό και τα κόσκινα
3. Τοποθετούμε τα κόσκινα και τον συλλέκτη στη μηχανή κοσκίνισης. Ρίχνουμε το δείγμα στο πρώτο κόσκινο και κλείνουμε το καπάκι
4. Ανάβουμε τη μηχανή τη ρυθμίζουμε στην επιθυμητή ταχύτητα κοσκίνισης και την αφήνουμε να κοσκινίζει από 5 έως δέκα λεπτά ανάλογα την δυσκολία του υλικού. Σε περίπτωση που δεν διαθέτουμε συσκευή κοσκίνισης θα προβούμε στην χειροκίνητη διαδικασία η οποία δεν διαφέρει με την αυτόματη το μόνο που πρέπει να προσέξουμε είναι τον χρόνο κοσκίνισης του υλικού
5. Μετά το τέλος της δονήσεως απομακρύνονται τα κόσκινα και ο συλλέκτης. Ζυγίζεται η συγκρατούμενη ποσότητα εδαφικού υλικού ανά κόσκινο. Καταγράφουμε τα αποτελέσματα



Ζυγίζουμε την ποσότητα συγκρατούμενου υλικού ανά κόσκινο

6. Αθροίζουμε τα βάρη, συγκρίνουμε τις ποσότητες του υλικού μετά το κοσκίνισμα με αυτήν πριν το κοσκίνισμα. Αυτό γίνεται για εντοπισμό τυχόν απώλειας, εάν εντοπίσουμε απώλειες δείγματος μεγαλύτερες του 2% η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί.

7. Το υλικό του συλλέκτη πρέπει να πλυθεί και να κοσκινιστεί ξανά με το κόσκινο Νο 200 έως ότου αποκολληθούν και ξεχωρίσουν οι λεπτόκοκκοι σβόλοι. Μετά το κοσκίνισμα του λεπτόκοκκου υλικού το υλικό ξηραίνεται.



Το υλικό του συλλέκτη πλένεται



Ξήρανση του εδαφικού υλικού

Συχνά είναι απαραίτητη η γνώση της κοκκομετρικής κατανομής του υλικού που διέρχεται από το λεπτότερο από τα κόσκινα το κόσκινο Νο 200(είναι το φίλτρο με τις μικρότερες διαστάσεις και ξεχωρίζει τα ιλυώδη-αργιλώδη από τα αμμώδη –χαλικώδη υλικά) και ιδίως όταν το διερχόμενο ξεπερνάει το 5% του όλου δείγματος. Στην περίπτωση αυτή εφαρμόζουμε την υδραυλική δοκιμή η οποία δεν βασίζεται στον μηχανικό διαχωρισμό αλλά στην ανάλυση με πυκνόμετρο και αραιόμετρο η λεγόμενη μέθοδος stokes.

2.1.4 Υπολογισμοί

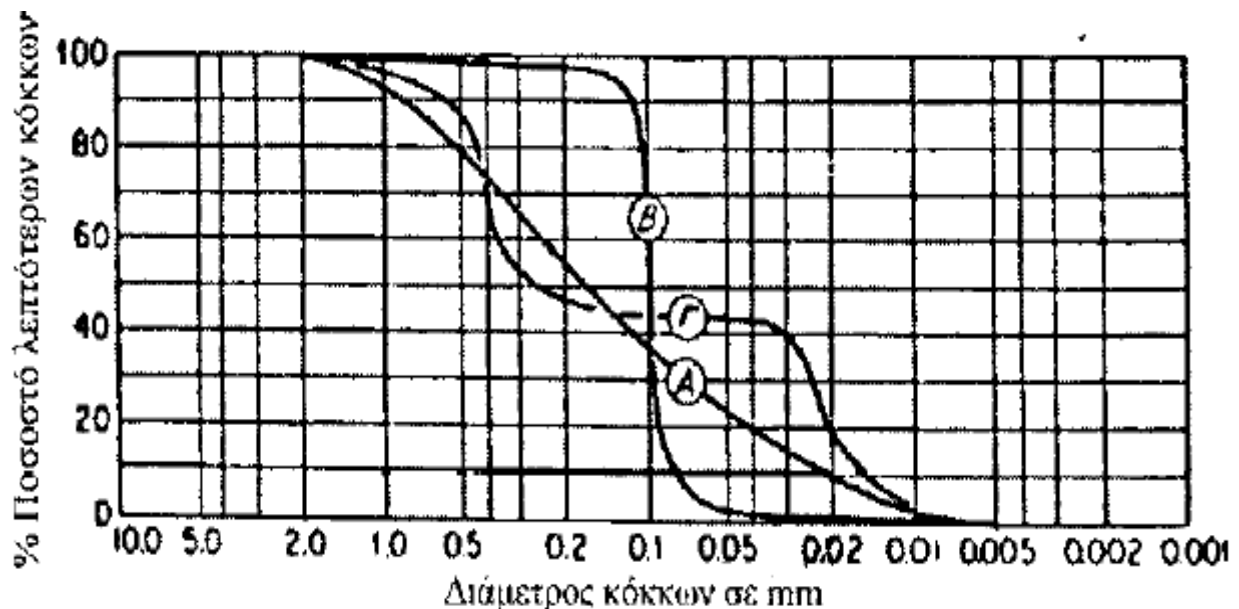
Αρχικά πρέπει να γίνει η συμπλήρωση του κοκκομετρικού δελτίου: υπολογίζουμε το συγκρατούμενο ποσοστό από το κάθε κόσκινο σε σχέση με το αρχικό του βάρος και το αθροιστικό συγκρατούμενο ποσοστό βάρους. Με βάσει τα παραπάνω βρίσκουμε το διερχόμενο. Αφαιρώντας από το συνολικό το ποσοστό που συγκρατείται ανά κόσκινο.

διερχόμενο % στο κόσκινο =διερχόμενο κόσκινο *100/αρχικο βάρος δείγματος

Στη συνέχεια σχεδιάζουμε το διάγραμμα όπου στον κατακόρυφο άξονα βρίσκονται οι τιμές των διερχόμενων ενώ στον οριζόντιο άξονα η διάμετρος κόσκινου. Μία σειρά κόσκινων αποτελείται εν γένει από 6-7 κόσκινα με άνοιγμα το οποίο διπλασιάζεται από το κατώτερο στο ανώτερα (6, 12, 24 mm)

ώστε να απεικονίζονται στο λογαριθμικό διάγραμμα σε ίσες αποστάσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κόσκινα Νο. 4 και Νο. 200 έχουν διαμέτρους που διαχωρίζουν τα χαλίκια από την άμμο και την άμμο από την ιλύς, ενώ οι κόκκοι που διαπερνούν το κόσκινο Νο. 200 είναι ιλύς και άργιλοι. Τελικώς αντιστοιχούμε της τιμές και σχεδιάζουμε την κοκκομετρική καμπύλη.

Ερμηνεία της κοκκομετρικής καμπύλης: Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την μορφή της κοκκομετρικής καμπύλης μπορούν να μας διευκολύνουν στο να προβλέψουμε την συμπεριφορά εδαφών, κυρίως όσον αφορά την αντοχή, την παραμόρφωση, την κίνηση του υπόγειου νερού (διήθηση) και την απόκριση σε παγετό, όπως και άλλα χρήσιμα στοιχεία. Στο παρακάτω σχήμα διακρίνονται τρεις οι κοκκομετρικές καμπύλες Α, Β και Γ τριών εδαφών. Με βάση την μορφή της κάθε καμπύλης ξεχωριστά μπορούμε να συμπεράνουμε διάφορα στοιχεία για το έδαφος. Με κριτήριο την καμπύλη Α παρατηρούμε ότι το έδαφος Α είναι καλά διαβαθμισμένο. Που σημαίνει ότι οι λεπτοί κόκκοι εισχωρούν στα κενά μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων με αποτέλεσμα το έδαφος να έχει αντοχή στη διάβρωση, να μπορεί να συμπυκνώνεται καλά, να παρουσιάζει μεγάλη αντοχή και να παραμορφώνεται λίγο. Αντίθετα η μορφή της καμπύλης Β δείχνει ότι το έδαφος έχει κακή διαβάθμιση, αφού επικρατεί ένα μέγεθος διαμέτρου, αυτό έχει σαν συνέπεια να παρουσιάζει μεγάλα κενά. Οπότε θα έχει μικρότερη αντοχή και θα παραμορφώνεται. Τέλος, το έδαφος Γ είναι γενικά κακής διαβάθμισης καθώς βλέπουμε ότι δεν έχει πληθώρα κόκκων με διαμέτρους που να καλύπτουν μεγάλο εύρος.



Γενικά: 1. Καμπύλη με ισχυρή κλίση δείχνει ότι οι κόκκοι του εδάφους είναι περίπου του ίδιου μεγέθους και άρα αυτό χαρακτηρίζεται ως ομοιόμορφο.

2. Καμπύλη ομαλής κλίσης δείχνει ευρεία σειρά μεγέθους των κόκκων και το έδαφος χαρακτηρίζεται σαν καλά διαβαθμισμένο.
3. Όταν η καμπύλη παρουσιάζει τμήματα διάφορης καμπυλότητας, το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μίγμα δύο ή περισσότερων ομοιομορφων υλικών.

Ένα καλά διαβαθμισμένο έδαφος, είναι σχετικά σταθερό, ανθίσταται στην φθορά και την διάβρωση, μπορεί να συμπυκνωθεί καλά και να αποκτήσει μεγάλη πυκνότητα με αποτέλεσμα να αναπτύσσει μεγάλη αντοχή στη διάτμηση και φέρουσα ικανότητα. Οι καλές ιδιότητες του υλικού προέρχονται από το γεγονός πως τα κενά μεταξύ των κόκκων συμπληρώνονται από κόκκους μικρότερης διαμέτρου. Στην συνέχεια τα κενά μεταξύ των κόκκων μικρότερης διαμέτρου συμπληρώνονται από κόκκους ακόμα μικρότερης διαμέτρου. Η κοκκομετρική καμπύλη έχει «σιγμοειδή» μορφή με γραμμικό το κύριο σκέλος. Ένα έδαφος όπου επικρατεί μία συγκεκριμένη διάσταση ή απουσιάζει μία γκάμα διαστάσεων είναι κακής διαβάθμισης. Ένα έδαφος όπου θα επικρατεί μία συγκεκριμένη διάσταση και δεν έχει επαρκής ποσότητα λεπτομερούς κλάσματος για να πληρώσει τα κενά μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων, δεν είναι δεκτικό συμπύκνωσης, θα έχει ανοικτή πορώδη δομή και ευκολότερη μετακίνηση των κόκκων και μικρότερη φέρουσα ικανότητα. Η κοκκομετρική καμπύλη ενός τέτοιου εδάφους θα παρουσιάζει ένα κατακόρυφο σκέλος. Επίσης ένα έδαφος όπου απουσιάζει μία γκάμα διαστάσεων θεωρείται και αυτό κακής διαβάθμισης. Εκτός των προβλημάτων που οφείλονται στην κακή συμπύκνωση, το έδαφος αυτό είναι ευαίσθητο στην διέλευση του νερού, το οποίο συμπαρασύρει τους κόκκους λεπτότερης διαμέτρου κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται κενά με δυσμενείς επιπτώσεις στις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους. Η κοκκομετρική καμπύλη ενός τέτοιου εδάφους θα παρουσιάζει ένα οριζόντιο σκέλος.

Αφού σχεδιάσουμε την κοκκομετρική καμπύλη πρέπει να υπολογίσουμε τρεις βασικούς παραμέτρους των εδαφών, οι οποίοι μας αποκαλύπτουν στοιχεία για το υλικό και το είδος του.

Έχουμε ως εξής: Ενεργή διάμετρος D_{10} : Είναι η διάμετρος που αντιστοιχεί σε διερχόμενο ποσοστό δείγματος 10% . Η χρησιμότητα της θεωρείται μεγάλη διότι συνδέεται με την δυνατότητα ροής του νερού μέσα στο έδαφος. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται σημαντικά από το λεπτόκοκκο υλικό που περιέχει.

Συντελεστής ομοιομορφίας C_u : Χαρακτηρίζει την ομοιομορφία των κόκκων του εδάφους.

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

Όπου:

D_{60} : Είναι η διάμετρος για την οποία διέρχεται το 60 % του δείγματος.

D₃₀: Είναι η διάμετρος για την οποία διέρχεται το 30 % του δείγματος.

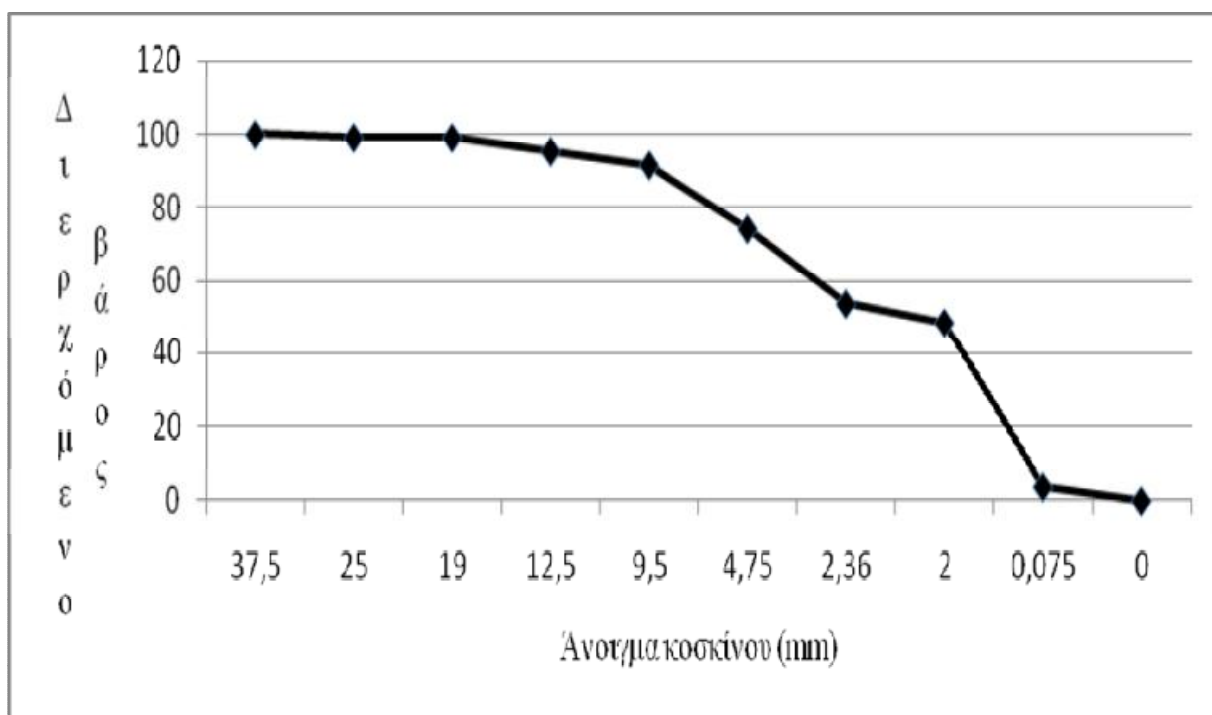
Συντελεστής καμπυλότητας C_c: Αποτελεί ένα μέτρο της καμπυλότητας της καμπύλης μεταξύ των σημείων D₆₀ και D₁₀.

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$$

2.1.5 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Κοκκομετρική Ανάλυση Σύνολο 1500 gr	
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 7/3/09 ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 3Α

Αριθμός κόσκινου	Άνοιγμα κόσκινου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (gr)	Διερχόμενο βάρος (gr)	Διερχόμενο βάρος (%)
1 1/2"	37,5	0	1500	100
1"	25	13	1487	99,133
3/4"	19	0	1487	99,133
1/2"	12,5	56	1431	95,4
3/8"	9,5	56	1375	91,66
No4	4,75	259	1116	74,4
No8	2,36	309	807	53,8
No10	2	78	729	48,6
No200	0,075	672	57	3,8
	παιπάλη	57	0	0



$$M_e : C_u = D_{60} / D_{10} = 900 / 150 = 6$$

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) = (450)^2 / 150 * 900 = 1,5$$

2.1.6 Παρατηρήσεις- Συμπεράσματα

1) Να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο σημείο της επιλογής της ποσότητας δείγματος για την πραγματοποίηση της δοκιμής. Η ποσότητα δείγματος πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική. Σε περίπτωση λάθους επηρεάζονται τα αποτελέσματα

2) Κατάλληλη επιλογή σειράς κόσκινων ανάλογα το υλικό που έχουμε στην διάθεσή μας. Πριν την επιλογή των κόσκινων για την πραγματοποίηση της δοκιμής πρέπει να προσέξουμε το υλικό ως προς το σχήμα των κόκκων του (συσσωματώσεις κόκκων, ανομοιομορφία στο σχήμα των κόκκων.) και την μορφή του υλικού (ποσοστό χονδρόκοκκων, λεπτόκοκκων). Εάν γίνει κακή επιλογή τα αποτελέσματα δεν θα είναι ορθά. Ένα σύνηθες πρόβλημα κακής επιλογής σειράς κόσκινων είναι όταν κάποιοι κόκκοι συγκρατούνται σε ένα κόσκινο λόγω ανομοιομορφου σχήματος, ενώ η διάμετρός τους είναι μικρότερη.

3) Ανάλογα το υλικό αλλάζει και η διάρκεια κοσκίνισής του. Ως συνήθως κυμαίνεται από 5 έως 10 λεπτά

- 4) Η ξήρανση του υλικού μπορεί να γίνει είτε σε φούρνο είτε σε ρεύμα θερμού αέρα. Μιας και δεν επηρεάζονται τα αποτελέσματα. Στα χονδροκοκκα υλικά δεν είναι καν απαραίτητη
- 5) Αν το δείγμα περιέχει μεγάλο ποσοστό από χαλίκια μπορεί να αποφευχθεί το πλύσιμο του δείγματος. Προσέχουμε επίσης ώστε να μην καταστρέψουμε το κόσκινο και να μην χάσουμε δείγμα
- 6) Αν στο δείγμα περιέχεται σημαντικό ποσοστό λεπτόκοκκου υλικό ακολουθεί κονιοποίηση, πλύσιμο του δείγματος, ξήρανση με φούρνο και η διαδικασία συνεχίζεται την επόμενη μέρα
- 7) Αν παρατηρήσουμε έλλειψη δείγματος μεγαλύτερη από 2% η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί.
- 8) Η κοκκομετρική διαβάθμιση με κόσκινα είναι μια από τις κύριες δοκιμές των μη συνεκτικών εδαφών. Που σημαίνει ότι εάν την πραγματοποιήσουμε παίρνουμε πάρα πολλά στοιχεία σχετικά με το υπό εξέταση υλικό.
- 9) Η σωστή ταξινόμηση των εδαφών βοηθά στην επιλογή των κατάλληλων υλικών για φίλτρα προστασίας και συγκράτησης σε τεχνητές και φυσικές αποστραγγίσεις, σε χωμάτινα φράγματα ή υδρογεωτρήσεις
- 10) Η ακρίβεια της κοκκομετρικής ανάλυσης θα μπορούσε να αμφισβητηθεί κυρίως για τα δείγματα με μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού
- 11) Επειδή στην πράξη μας ενδιαφέρει η κατ' όγκο ποσοστιαία κατανομή των κόκκων ενός υλικού, στην περίπτωση που έχουμε υλικά διαφορετικού φαινομένου ειδικού βάρους απαιτείται η μετατροπή των κατά βάρους αναλογιών σε κατ' όγκο. Στην πράξη αυτό συμβαίνει όταν έχουμε μείγμα αδρανών προερχόμενο από διαφορετικά πετρώματα
- 12) Μεγάλη τιμή του συντελεστή ομοιομορφίας δείχνει ότι τα μεγέθη των κόκκων είναι καλά κατανεμημένα από τους μικρότερους κόκκους προς τους μεγαλύτερους κόκκους και δίνει μία γενική εικόνα του μεγίστου μεγέθους κόκκων
- 13) Το έδαφος με συντελεστή ομοιομορφίας 1 αποτελείται από κόκκους της ίδιας διαμέτρου
- 14) ενώ όταν ο συντελεστής ομοιομορφίας παίρνει την τιμή 300 το έδαφος δείχνει καλή διαβάθμιση και έχει μέγιστο μέγεθος κόκκων 25.4 mm.
- 15) Εδάφη που έχουν τιμές Cu μικρότερους 4 ή 5 καλούνται ομοιόμορφα και αυτά με τιμές Cu μεγαλύτερες του 10 καλούνται καλώς διαβαθμισμένα
- 16) Μικρή τιμή του ενεργού μεγέθους δείχνει ότι το έδαφος περιέχει σημαντικό ποσοστό λεπτών κόκκων
- 17) Αν το ποσοστό που διέρχεται από το φίλτρο No200 είναι άνω του 12%, δεν μπορεί να προσδιοριστεί το D10, κατά συνέπεια ούτε τα Cu και Cc. Σε αυτήν την περίπτωση, η ταξινόμηση δεν λαμβάνει υπόψη τα παραπάνω μεγέθη
- 18) Τιμές του Cc διάφορες του 1, υποδηλώνουν ότι λείπουν κάποια μεγέθη κόκκων ανάμεσα σε αυτά τα όρια
- 19) Το υλικό μου με βάση τα κόσκινα No4 και No200 είναι αμοχάλικο.

20) Από την κοκκομετρική καμπύλη παρατηρώ ότι το έδαφος μου είναι καλά διαβαθμισμένο. Άρα έχει αντοχή στη διάβρωση, καλή συμπυκνώση, παρουσιάζει μεγάλη αντοχή και να παραμορφώνεται λίγο

21) Από τις τιμές των $C_u = 6$ και $C_c = 1,5$ συμπεραίνω ότι το έδαφος είναι ελαφρός καλός διαβαθμισμένο, αλλά λείπουν κάποια μεγέθοι κόκκων ανάμεσα στα όρια.

22) Η χωματουργική σκάφη απότι αποδείκτικε ήταν ακατάλληλη γιατίν πραγματοποίηση της δοκιμής.

2.2 Κοκκομετρική ανάλυση με υδρόμετρο-αραιόμετρο (Μεθοδος stokes)

2.2.1 Εισαγωγή-Σκοπός

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής διαβάθμισης των λεπτόκοκκων εδαφών που έχουν διάμετρο μικρότερη από αυτή του κόσκινου Νο 200 ή 0,06 - 0,075 mm (ιλύς - άργιλος) γίνεται με την μέθοδο stokes. Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στην μέθοδο του stokes για την κίνηση σφαιρών σε ιξώδες ρευστό με την επίδραση της βαρύτητας. Η οριακή ταχύτητα καθίζησης των σφαιρών εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού των σφαιρών και του ρευστού, από την διάμετρο του υλικού και από το ιξώδες του ρευστού. Δηλαδή οι κόκκοι που είναι μεγάλοι θα καθιζάνουν στον πυθμένα πρώτοι και οι μικροί τελευταίοι. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου stokes μετράται η πυκνότητα του μίγματος νερού και του εδάφους σε διάφορους χρόνους και προσδιορίζεται η ταχύτητα καταβύθισης των κόκκων του εδαφικού υλικού, από την οποία προκύπτει η κατανομή του μεγέθους των κόκκων.



Εδαφικό υλικό για την ανάλυση stokes

2.2.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

- 1)Υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας
- 2)Γυάλινα δοχεία, ογκομετρικές φιάλες
- 3)Χρονόμετρο
- 4)Αντιθρομβωτική ουσία όπως οι φωσφορικές ενώσεις του νατρίου
- 5)Θερμόμετρο
- 6)Συσκευή αναμίξεως: Αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα που είναι κατάλληλα προσαρμοσμένος έτσι ώστε να περιστρέφεται κάθετα στον άξονα του. Επίσης αποτελείται από ένα έλικα μεταλλικής κατασκευής ο συγκεκριμένος μπορεί να αντικατασταθεί από ένα κύπελλο διασποράς. Η ταχύτητα περιστροφής είναι περίπου 10.000 χιλιάδες στροφές ανά 60 sec.



Συσκευή ανάμιξης.

7) Πυκνόμετρο ή υδρόμετρο ή αραιόμετρο τύπου 152H. Με την βοήθεια της συγκεκριμένης συσκευής μετράμε την πυκνότητα του εν αιώρηση στερεού υλικού μέσα σε ένα υγρό. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό σώμα και ένα στέλεχος. Το στέλεχος έχει υποδιαιρέσεις που οι τιμές τους αυξάνονται από το ανώτερο προς το κατώτερο τμήμα του στελέχους. Όταν η συγκέντρωση του υλικού είναι μεγάλη, τότε το στέλεχος του αραιόμετρου συναντά την επιφάνεια του νερού μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο στο κατώτερο τμήμα του, δηλαδή δίνει μεγάλες τιμές πυκνότητας. Αντίθετα όταν η συγκέντρωση είναι μικρή τότε το στέλεχος βυθίζεται μέσα στο αιώρημα και αυτό δείχνει μικρές τιμές πυκνότητας. Το πυκνόμετρο ή υδρομετρο ή αραιόμετρο έχει κλίμακα με υποδιαιρέσεις από 0-60 gr/lit, η βαθμονόμησή του έγινε με βάση το ειδικό βάρος του νερού (1,00) στους 20°C και ότι το ειδικό βάρος του εδάφους που βρίσκεται σε διασπορά (2,65 gr/cm³).

8) Σπάτουλα, γουδί

9) Ζυγός ακριβείας

10) Κόσκινο Νο 10



Ο απαραίτητος εργαστηριακός εξοπλισμός για την πραγματοποίηση της δοκιμής.

2.2.3 Διαδικασία δοκιμής

- 1) Ξηραίνουμε το λεπτόκοκκο εδαφικό υλικό
- 2) Με τα την ξήρανσή του το υλικό κονιοροποιείται με προσοχή ώστε να μην διαλυθούν οι κόκκοι του
- 3) Πραγματοποιείτε διαχωρισμός των κόκκων με τη βοήθεια του κόσκινου Νο 10.
- 4) Από το διερχόμενο υλικό παίρνουμε ποσότητα από 50 έως 100 gr
- 5) Τα τοποθετούμε σε γυάλινο δοχείο τον 250 ml και το γεμίζουμε μέχρι τα 125 ml με αντιθρομβωτικό υλικό
- 6) Ανακατεύουμε πολύ καλά το μίγμα μας, τέλος το αφήνουμε μέχρι και 12 ώρες ώστε το υλικό να διαποτιστεί



Ανακατεύουμε το μίγμα μας με το αντιθρομβωτικό υλικό

- 7) Μετά το τέλος του διαποτισμού αδειάζουμε το μίγμα μας στο δοχείο της συσκευής ανάμιξης. Επιπλέον προσθέτουμε νερό μέχρι το μισό του δοχείου



Τοποθετούμε το μίγμα στη μηχανή ανάμιξης και ανακατεύουμε το υλικό

- 8) Ανακατεύεται το μίγμα στη μηχανή αναμίξεως για περίπου ένα λεπτό. Στη συνέχεια τοποθετείτε σε γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο, συμπληρώνουμε με

νερό μέχρι τα 1000 ml και τοποθετούμε τον ογκομετρικό κύλινδρο σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας έως ότου το αιώρημα αποκτήσει τη θερμοκρασία του λουτρού

9)Βγάζουμε τον κύλινδρο από το υδατόλουτρο. Κλείνουμε με την παλάμη μας καλά το στόμιο του κυλίνδρου και αναταράσσουμε τον κύλινδρο για περίπου 30 φορές

10)Προς το τέλος των αναταράξεων σημειώνονται οι χρόνοι των 2 ,5 ,15 ,30 ,60 ,250 ,1440 min. Αρχίζει η καταγραφή των ενδείξεων του πυκνόμετρου (οι ενδείξεις του πυκνόμετρου διορθώνονται για το κάθε είδος αντιθρομβωτικής ουσίας και το ύψος επάνω από το στέλεχος του πυκνόμετρου) όπως και των αντίστοιχων θερμοκρασιών του διαλύματος.

Μετά από κάθε ανάγνωση αφού απομακρύνουμε το αιώρημα από το πυκνόμετρο το τοποθετούμε σε ογκομετρικό κύλινδρο που περιέχει νερό και το περιστρέφουμε αργά για να απομακρυνθούν τυχόν αιωρήματα. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται σε όλες της μετρήσεις.



Τοποθετούμε το πυκνόμετρο στον ογκομετρικό κύλινδρο ώστε να πάρουμε της απαραίτητες μετρήσεις

11)Μόλις τελειώσει η διαδικασία των αναγνώσεων πλένουμε στο κόσκινο Νο 200 το αιώρημα. Στη συνέχεια το συγκρατούμενο υλικό ξηραίνεται στον αέρα και το υποβάλλουμε σε εκ νέου σε κοκκομετρική ανάλυση.

2.2.4 Υπολογισμοί

Αρχικά προσδιορίζουμε την υγροσκοπική υγρασία P_1 (ποσοστό εδάφους που βρίσκεται σε μορφή αιωρήματος)

με την βοήθεια του τύπου : $P_1 = W_{d\lambda\epsilon\pi\tau.} * 100 / W_{d\omicron\lambda.}$ η $P_1 = W - W_1 * 100 / W_1$

Όπου:

$W_{d\lambda\epsilon\pi\tau.}$: Συνολικό βάρος λεπτόκοκκου υλικού

$W_{d\omicron\lambda.}$: Συνολικό βάρος ξηρού δείγματος

W : βάρος δείγματος που έχει ξηραθεί στον αέρα

W₁: βάρος δείγματος που έχει ξηραθεί στον κλίβανο ξηράνσεως

Έπειτα το ποσοστό αιωρούμενων κόκκων επί του αρχικού ξηρού P₃ :

$P_3 = R' * 100 / W_{\text{δπυκν}}$ για το πυκνόμετρο 152H.

Όπου:

R': Διορθωμένη ένδειξη του υδρόμετρο για τη θερμοκρασία του διαλύματος, την αντιθρομβωτική ουσία και το είδος του πυκνόμετρο (δίδεται από πίνακες)

W_{δπυκν}: Βάρος του αρχικού δείγματος του εδαφικού υλικού ελαττωμένο κατά την υγροσκοπική υγρασία.

Σύμφωνα πάντα με τον νόμο του Stokes η ταχύτητα ελεύθερης πτώσης των σφαιρικών σωματιδίων (v) , πυκνότητας p_s σε υγρό με σταθερά πάντα θερμοκρασία με πυκνότητα υγρού p_L και με διάμετρο d δίδεται με την βοήθεια του τύπου :

$$V = d^2 * g * (p_s - p_L) / 18 \eta$$

Στην περίπτωση που το υγρό θα είναι νερό (άρα p_w =1) θα αντικαταστήσουμε την ταχύτητα πτώσης v του εδαφικού κόκκου με το L / T .

Η διάμετρος του κόκκου d' (mm) δίδεται από τον τύπο :

$$d' = 0,0055 [\eta * L / T (p_s - 1)]^{1/2} \quad \eta \quad d' = [30 L \eta / 980 T (G_s - G_w)]^{1/2}$$

Όπου:

n: Συντελεστής ιξώδους, εξαρτάται από τη θερμοκρασία του διαλύματος

L: Ενεργό βάθος, η απόσταση που διατρέχουν οι κόκκοι του εδάφους σε ορισμένη χρονική περίοδο. Μετράται σε cm

T: Χρόνος (min)

p_s: Πυκνότητα σφαιριδίων

G_s: Ειδικό βάρος κόκκων

G_w: Ειδικό βάρος διασποράς υγρού

Οι διόρθωση της διαμέτρου των κόκκων D :

$$D = d' K_L K_G K_n$$

Όπου:

d': Μέγιστη διάμετρος των κόκκων (δίδεται από πίνακα)

K_L: Συντελεστής διόρθωσης, εξαρτάται από το είδος του πυκνόμετρο και την πυκνότητα του υγρού (δίδεται από πίνακα)

K_G: Συντελεστής διόρθωσης, εξαρτάται από το ειδικό βάρος των κόκκων. δίδεται από πίνακα)

K_n : Συντελεστής διόρθωσης, εξαρτάται από τη θερμοκρασία του διαλύματος (δίδεται από πίνακα)

Επίσης οι τιμές της διαμέτρου των κόκκων D υπολογίζονται: $D = K (L / T)^{1/2}$

Στον πίνακα δίδονται οι τιμές του συντελεστή α για διάφορα ειδικά βάρη

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

Διορθώσεις των ενδείξεων του πυκνόμετρου 152H (Θερμοκρασία διαλύματος - συντελεστές διασποράς)

Θερμοκρασία διαλύματος $^{\circ}\text{C}$	NaPO_3	$\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$
19,0	-7,4	-3,5	-3,5	-5,5
19,5	-7,2	-3,3	-3,3	-5,3
20,0	-6,9	-3,1	-3,1	-5,1
20,5	-6,7	-2,9	-2,9	-4,9
21,0	-6,5	-2,7	-2,7	-4,7
21,5	-6,3	-2,6	-2,6	-4,6
22,0	-6,1	-2,4	-2,4	-4,4
23,0	-5,8	-2,2	-2,2	-4,2
23,5	-5,6	-2,0	-2,0	-4,0
24,0	-5,4	-1,8	-1,8	-3,8
24,5	-5,2	-1,6	-1,6	-3,6
25,0	-4,9	-1,4	-1,4	-3,4
25,5	-4,7	-1,2	-1,2	-3,2
26,0	-4,5	-1,1	-1,1	-3,0
26,5	-4,3	-0,9	-0,9	-2,8
27,0	-4,1	-0,7	-0,7	-2,6

Ο πίνακας μας δίνει την μέγιστη διάμετρο κόκκων εν αιώρηση

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκων (mm)
2	0,041
5	0,026
15	0,015
30	0,011
60	0,0074
250	0,0037
1440	0,0015

Τιμές του συντελεστή K_L για τις ενδείξεις g / L του πυκνόμετρου 152 H

g / L	K_L	g / L	K_L	g / L	K_L	g / L	K_L	g / L	K_L
1	-	22	884	43	758	64	639	85	506
2	-	23	878	44	752	65	625	86	500
3	-	24	872	45	748	66	621	87	492
4	996	25	867	46	743	67	614	88	485
5	990	26	860	47	737	68	608	89	4479
6	985	27	855	48	731	69	601	90	472
7	979	28	849	49	725	70	596	91	465
8	971	29	841	50	718	71	590	92	459
9	967	30	835	51	712	72	584	93	453
10	962	31	830	52	705	73	573	94	448
11	955	32	825	53	692	74	572	95	442
12	950	33	819	54	683	75	565	96	437
13	944	34	814	55	686	76	560	97	429
14	938	35	805	56	680	77	552	98	424
15	931	36	800	57	674	78	547	99	418
16	924	37	794	58	669	79	542	100	413
17	918	38	789	59	662	80	535	101	408
18	911	39	778	60	655	81	529	102	403
19	904	40	773	61	650	82	523	103	398
20	897	41	770	62	643	83	518	104	394
21	890	42	764	63	635	84	513	105	390

Πίνακας που δίνει τις τιμές των συντελεστών K_G και K_n .

Ειδικό βάρος	K_G	$^{\circ}C$	K_n	$^{\circ}C$	K_n
2,60	1,016	15	1,053	23	0,956
2,61	1,013	15,5	1,046	23,5	0,950
2,62	1,010	16	1,043	24	0,946
2,63	1,007	16,5	1,034	24,5	0,940
2,64	1,003	17	1,028	25	0,935
2,65	1,000	17,5	1,020	25,5	0,930
2,66	0,998	18	1,014	26	0,925
2,67	0,995	18,5	1,008	26,5	0,920
2,68	0,990	19	0,1000		
2,69	0,987	19,5	0,995		
2,70	0,985	20	0,988		
2,71	0,983	20,5	0,984		
2,72	0,980	21	0,980		
2,73	0,978	21,5	0,975		
2,74	0,975	22	0,967		
2,75	0,972	22,5	0,962		

Τιμές του συντελεστή K σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και το ειδικό βάρος

Θερμοκρασία $^{\circ}C$ Ειδικό βάρος	Τιμές συντελεστή K								
	2,45	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7	2,75	2,8	2,85
16	0,01511	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01374	0,01356
17	0,01510	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,01396	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01474	0,01449	0,01425	0,01403	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,01294	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01279	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01218	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01269	0,01244	0,01255	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01264	0,01230	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

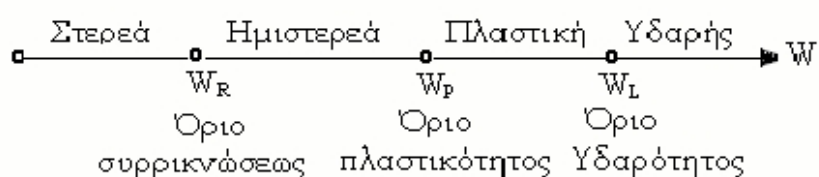
2.2.5 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

- 1) Πρέπει να προσέξουμε τους κόκκους του λεπτόκοκκου δείγματος ώστε να μην θρυμματιστούν
- 2) Πρέπει να δώσουμε προσοχή ώστε όταν τοποθετούμε το πυκνόμετρο στον ογκομετρικό κύλινδρο να απομακρυνθούν όλα τα αιωρήματα. Η ελάχιστη παραμονή είναι τουλάχιστον 30 sec
- 3) Η δοκιμή κοκκομετρικής ανάλυσης με την μέθοδο stokes επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί όταν το ποσοστό των λεπτόκοκκων στο συνολικό δείγμα ξεπερνάει το 10% με 12 %, ενώ όταν το ποσοστό των λεπτόκοκκων στο σύνολο του δείγματος κυμαίνεται και ξεπερνάει το 5% μπορεί να πραγματοποιηθεί η δοκιμή αλλά δεν επιβάλλεται

2.3 Εργαστηριακός προσδιορισμός των ορίων Atterberg

2.3.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Η περιεχόμενη υγρασία στο κάθε είδος εδάφους ξεχωριστά έχει κάποια επίδραση στην συμπεριφορά του η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα φορτίσεως και από την συμπίκνωσή του. Στα μη συνεκτικά (χαλαρά ψαθυρά) εδάφη για τον λόγο ότι η περιεκτικότητα σε νερό είναι αυξημένη η συμπεριφορά τους στην επιβολή φορτίου είναι η εξής, με αργή φόρτιση γίνεται καλή συμπίκνωση και υπάρχει αύξηση της αντοχής τους. Ενώ αντίθετα με γρήγορη επιβολή φορτίου θα επηρεαστεί αρνητικά η αντοχή τους. Αντίθετα με τα μη συνεκτικά στα συνεκτικά εδάφη η περιεκτικότητα τους σε νερό μπορεί να αλλάξει πλήρως την διατμητική τους αντοχή και της συνοχής τους, ο λόγος για αυτό το αποτέλεσμα είναι ότι τα σωματίδια τους έχουν την ιδιότητα να δεσμεύουν στην επιφάνειά τους το νερό. Τα όρια Atterberg καθορίζουν την μέγιστη ποσότητα υγρασίας που μπορεί να προσροφηθεί στην επιφάνεια των σωματιδίων. Περιγράφουν την μεταβολή του εδάφους ανάλογα με το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας του από την υγρή ή υδαρή κατάσταση στην πλαστική εν συνεχεία στην ημιστερεή κατάσταση και τέλος στην στερεή. Ουσιαστικά δείχνουν τη συμπεριφορά ενός εδάφους στη μεταβολή της υγρασίας του. Με αυτό τον τρόπο φαίνεται αν κάποιο έδαφος είναι ευαίσθητο στην επιβολή υγρασίας. Όπου αυτό είναι πολύ σημαντικό κυρίως για τα έργα οδοποιίας. Η κάθε κατάσταση του εδάφους χαρακτηρίζεται ως εξής η υδαρή κατάσταση από την παχύρρευστη όψη και την εμφάνιση οριζόντιας επιφάνειας όταν αυτή αφεθεί στο έδαφος. Η πλαστική κατάσταση από το ότι το υλικό πλάθεται (αυτό γίνεται με την μορφή του λεγόμενου μακαρονιού όπου το υλικό το μετατρέπουμε σε μορφή μακρόστενη κυλινδρική) χωρίς να θρυμματίζεται. Η ημιστερεή κατάσταση χαρακτηρίζεται από το ότι όταν πλάθεται το υλικό θρυμματίζεται και συρρικνώνεται όταν χάνει υγρασία. Τέλος η στερεά κατάσταση χαρακτηρίζεται από την δυσκολία του εδάφους στο να παραμορφώνεται. Για την κάθε κατάσταση υπάρχει και το αντίστοιχο όριο. Όπου τα όρια ανά περιοχή είναι από την στερεά στην ημιστερεά κατάσταση υπάρχει το όριο συρρίκνωσης W_R , από την ημιστερεά στην πλαστική το όριο πλαστικότητας W_P , τέλος από την πλαστική στην υδαρή κατάσταση το όριο υδαρότητας W_L .



Τα όρια υδαρότητας και πλαστικότητας σχετίζονται με ποικίλες μηχανικές ιδιότητες. Επίσης χρησιμοποιούνται διεθνώς για την αναγνώριση και κατάταξη των εδαφών με βάση το διάγραμμα Casagrande σε συνδυασμό με την μέθοδο κοκκομετρικής ανάλυσης σύμφωνα πάντα με της ανάλογες προδιαγραφές. Αντιθέτως με τα δυο παραπάνω το όριο συρρίκνωσης χρησιμοποιείται ποιο σπάνια όπου βρίσκει εφαρμογή παρά μόνον σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές όπου τα εδάφη υφίστανται μεγάλες αλλαγές στον όγκο τους όταν εναλλάσσονται κύκλοι υγρασίας και ξηρασίας.

2.3.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός



Εργαστηριακός εξοπλισμός για τον προσδιορισμό των ορίων Atterberg

- 1)Συσκευή ορίου υδαρότητας (συσκευή Casagrande): Αποτελείται από ένα ορειχάλκινο κύπελλο, ένα μοχλό και μια βάση, όλα αυτά συνδέονται αναμεταξύ τους με διάφορους κοχλίες, στο επάνω μέρος της συσκευής υπάρχει ένας μετρητής κτύπων. Η διάστασή της είναι με βάση πρότυπες προδιαγραφές.
- 2)Κατάλληλο εργαλείο για χάραξη
- 3)Κάψες για την μέτρηση υγρασίας
- 4)Γυάλινη πλάκα για τον προσδιορισμό ορίου πλαστικότητας
- 5)Ζυγός ακριβείας
- 6)Κλίβανος ξηράνσεως
- 7)Βαθιά πορσελάνινη κούπα για την ανάμιξη εδαφικού υλικού με το νερό
- 8)Σπάτουλες, γουδί
- 9)Απεσταγμένο νερό
- 10)Ογκομετρικό δοχείο
- 11)Κόσκινο Νο 40 και μικρό ταψάκι
- 12)Γυάλινη βάση
- 13)Δοχείο τήξης παραφίνης
- 14)Πυκνόμετρο

Διαδικασία δοκιμής

2.3.3 Όριο υδαρότητας (W_L ή LL)

Η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας (%) η οποία χωρίζει την πλαστική κατάσταση από την υδαρή. Κατά συνέπεια για υγρασία λίγο παραπάνω από το όριο υδαρότητας συμπεριφέρεται σαν ρευστή μάζα. Ενώ κάτω από το όριο έχει συμπεριφορά εύπλαστου υλικού. Ο προσδιορισμός του ορίου γίνεται με την βοήθεια της συσκευής Casagrande



Συσκευές Casagrande για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας

- 1) Ξηραίνουμε στον αέρα το εδαφικό μας υλικό
- 2) Κονιομετρούμε προσεκτικά το δείγμα εδαφικού υλικού που έχουμε και το κοσκινίζουμε με το κόσκινο No 40 η ποσότητα δείγματος που πρέπει να παραλάβουμε θα είναι περίπου 125 gr διερχόμενου
- 3) Υγραίνουμε το δείγμα μας με απεσταγμένο νερό στην κούπα αναμίξεως και το αναμιγνύουμε καλά με την βοήθεια της σπάτουλας. Το νερό στο εδαφικό υλικό πέφτει ανά τακτά χρονικά διαστήματα ενώ εμείς ανακατεύουμε συνεχώς το υλικό
- 4) Γεμίζουμε τις κάψες μας με εδαφικό υλικό και τις ζυγίζουμε, καταγράφουμε αποτελέσματα στο έντυπο



Ζυγίζουμε το εδαφικό υλικό



Υγραίνουμε το εδαφικό υλικό με απεσταγμένο νερό και ανακατεύουμε καλά

5) Πριν ξεκινήσουμε πρέπει να ρυθμίσουμε τη συσκευή Casagrande ελέγχοντας το ύψος πτώσης, αυτό γίνεται με την βοήθεια μιας βαλβίδας που βρίσκεται στο πίσω μέρος της συσκευής. Το ύψος πρέπει να είναι περίπου 10mm. Επίσης ελέγχουμε τις στροφές της συσκευής, όπου η ταχύτητα κρούσης πρέπει να είναι 2 φορές ανά δευτερόλεπτο. Άλλο ένα πράγμα που πρέπει να γίνει πριν ξεκινήσουμε τη συσκευή είναι να σφίξουμε τους κοχλίες της βάσης με τον τρόπο αυτόν σταθεροποιούμε την πλάκα. Μετά από αυτές της απαραίτητες ρυθμίσεις η συσκευή είναι έτοιμη για την δοκιμή όπου και ξεκινάει με την περιστροφή του στρόφαλού της

6) Γεμίζουμε την κάψα της συσκευής με εδαφικό υλικό έτσι ώστε να γεμίσει με δείγμα βάθους 1cm . Συμπιέζουμε ώστε να εξαφανιστούν τα τυχόν κενά στο δείγμα



Γεμίζουμε την κάψα της συσκευής με εδαφικό υλικό και συμπιέζουμε ώστε να μην υπάρχουν κενά



Με το εργαλείο χάραξης χαράσσουμε το εδαφικό υλικό

7) Με το εργαλείο χάραξης χαράζουμε το δείγμα σε όλο του το μήκος έτσι ώστε να είναι χωρισμένο σε δύο μέρη. Εν συνεχεία γυρίζουμε το μοχλό της συσκευής ώστε η κάψα να πραγματοποιεί πτώση. Εμείς χρειαζόμαστε τους κτύπους που θα πραγματοποιήσει η συσκευή έως ότου τα δυο τμήματα της χαραγής ενωθούν. Εάν η χαραγή κλείσει στους 25 κτύπους τότε η περιεχόμενη υγρασία του

δείγματος είναι το όριο υδαρότητας. Κάτι που πρακτικά είναι αδύνατο, ως συνήθως τα αποτελέσματα που θα λαμβάνουμε θα είναι η μεγαλύτερα ή μικρότερα του 25. 8) Παραλαμβάνουμε δείγμα εδάφους και από της δυο πλευρές του δείγματος. Τοποθετείται στις κάψες ζυγίζεται και το βάζουμε στον κλίβανο ξηράνσεως

9) Παραλαμβάνουμε όλο το υλικό από την συσκευή, το τοποθετούμε στο δοχείο αναμίξεως για να είναι έτοιμο για της επόμενες δοκιμές. Καθαρίζουμε προσεκτικά τη συσκευή και τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε



Η ένωση της προηγούμενης εγκοπής και η παραλαβή δείγματος για τον κλίβανο ξηράνσεως

Υπάρχουν δύο μέθοδοι προσδιορισμού του ορίου όπου και είναι οι παρακάτω:

A) Πραγματοποιούμε 3-5 δοκιμές με υγρασία αυξημένη σε κάθε δοκιμή. Στην κάθε δοκιμή θα καταγράφουμε τον αριθμό των κτύπων και την υγρασία του δείγματος. Οι τιμές θα τοποθετηθούν σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα όπου χαράσσεται η ευθεία με τις τιμές μας, μπορούμε να παρεμβάλουμε την τιμή υγρασίας για N=25 κτύπους.

B) Η κλίση της παραπάνω ευθείας είναι κοινή για τους περισσότερους τύπους εδαφών. Με την βοήθεια ενός τύπου και με μόνο μια μέτρηση έχουμε τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε το όριο υδαρότητας.

$$LL(\%) = w \cdot (N/25) \cdot 0.121$$

Όπου N αριθμός κτύπων, w περιεχόμενη υγρασία όπου μετράται παραπάνω.

2.3.4 Όριο πλαστικότητας (W_p η P_L)

Η περιεκτικότητα σε νερό η οποία καθορίζει τη μετάβαση από την ημιστερεά κατάσταση του εδάφους στην πλαστική. Εάν η περιεχόμενη υγρασία που υπάρχει στο έδαφος μας είναι ανάμεσα στο όριο πλαστικότητας και στο όριο υδαρότητας το έδαφος θα συμπεριφέρεται ως εύπλαστο. Όπου κάτω από αυτό το όριο το έδαφος τείνει να είναι εύθραυστο όταν επιχειρούμε να το πλάσουμε (δημιουργία του λεγόμενου μακαρονιού).

1)Υγραίνουμε το δείγμα μας και το πλάθουμε με τη βοήθεια των δακτύλων μέσα στην παλάμη μας. Πλάθουμε το υλικό μέχρι τη στιγμή που το υλικό πλέον δεν θα κολλάει στα δάκτυλά μας

2)Διαμορφώνουμε το δείγμα σε ελλειψοειδή μορφή, το τοποθετούμε στην γυάλινη βάση και το κυλούμε με την βοήθεια της παλάμης μας ή τον δακτύλων στη γυάλινη βάση. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας πιέζουμε ελαφρά το δείγμα όπου η διάμετρός του μικραίνει συνεχώς. Όταν η διάμετρός του φτάσει περίπου τα 3 mm, εάν δεν έχει θρυμματιστεί το διπλώνουμε σε δύο ίσα μέρη και συνεχίζουμε την ίδια διαδικασία έως το σημείο που λόγω της απώλειας υγρασίας το δείγμα θα θρυμματίζεται σε κομμάτια μήκους 25mm (1ιντσα) και διαμέτρου ίνας 3 mm

3)Ζυγίζουμε και αριθμούμε μια άδεια κάψα καταγράφουμε το αποτέλεσμα.

4)Τοποθετούμε μερικά από τα θρυμματισμένα κομμάτια στην κάψα και την ξανά ζυγίζουμε, καταγράφουμε τα αποτελέσματα

5)Τοποθετούμε με προσοχή την κάψα με το υλικό στον κλίβανο

6)Βγάζουμε την κάψα από τον κλίβανο και καταγράφουμε το αποτέλεσμα, όπου είναι το όριο πλαστικότητας



Μετατροπή του υλικού σε μακρόστενη κυλινδρική μορφή για τον προσδιορισμό του ορίου πλαστικότητας

2.3.5 Όριο συρρίκνωσης

- 1)Καθαρίζουμε τον ογκομετρικό κύλινδρο
- 2)Γεμίζουμε τον κύλινδρο μέχρι τα 3 /4 με απεσταγμένο νερό και καταγράφουμε τη στάθμη του.
- 3)Ζυγίζουμε το εδαφικό δείγμα
- 4)Τοποθετούμε το δείγμα στο δοχείο με την παραφίνη
- 5)Ζυγίζουμε το παραφινωμένο δείγμα
- 6)Τοποθετούμε το δείγμα στον ογκομετρικό κύλινδρο, καταγράφουμε τη νέα στάθμη
- 7)Η παραπάνω διαδικασίες επαναλαμβάνονται τουλάχιστον ακόμα 3 φορές
- 8)Προσδιορίζουμε την υγρασία και το ειδικό βάρος του δείγματος

2.3.6 Υπολογισμοί

Για τον υπολογισμό του ορίου υδαρότητας W_L : πρέπει να υπολογίσουμε τις υγρασίες των δειγμάτων, αυτό γίνεται με την βοήθεια του τύπου :

$$w (\%) = (B - \Gamma) * 100 / (\Gamma - A)$$

Όπου:

w%: περιεχόμενη υγρασία δείγματος %

A: βάρος αριθμημένης κάψας

B: βάρος κάψας + βάρος υγρού δείγματος

Γ: βάρος κάψας + βάρος δείγματος ξηραμένα στον κλίβανο

Με τα ζεύγη των τιμών: υγρασία δείγματος-αριθμός κτύπων κατασκευάζουμε την καμπύλη ροής φέρνοντας την βέλτιστη ευθεία που διέρχεται ανάμεσα από τα τρία σημεία, στη συνέχεια προσδιορίζουμε την υγρασία που αντιστοιχεί στους 25 κτύπους όπου είναι και το ζητούμενο του ορίου υδαρότητας W_L .

Το όριο υδαρότητας W_L συνδέεται άμεσα με το συντελεστή συμπίεσης C_c για τον υπολογισμό της τελικής καθίζησης των εδαφών.

Απαραίτητος είναι και ο εξής εμπειρικός τύπος: $C_c = 0,009 (W_L - 10)$

Για τον υπολογισμό του ορίου πλαστικότητας W_p :

Πρέπει να υπολογίσουμε τις υγρασίες των δυο δειγμάτων ο υπολογισμός γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$w (\%) = (B - \Gamma) * 100 / (\Gamma - A)$$

Παίρνουμε τον μέσο όρο των τιμών.

Μέσω των ορίων Atterberg προσδιορίζονται οι παρακάτω τιμές:

Δείκτης πλαστικότητας (PI): είναι το εύρος της περιοχής στην οποία το εδαφικό υλικό συμπεριφέρεται ως πλαστικό υλικό. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το υλικό τόσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης πλαστικότητας

$$PI = LL - PL \text{ η } PI = W_L - W_p$$

Όπου:

PI : δείκτης πλαστικότητας

W_L : όριο υδαρότητας

W_p : όριο πλαστικότητας

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι με βάση τα όρια Atterberg ο Casagrande πρότεινε το χάρτη πλαστικότητας. Ο συγκεκριμένος χάρτης χρησιμοποιείται για την κατάταξη λεπτόκοκκων εδαφών. Με την μεθοδολογία αυτή είναι δυνατή η ταξινόμηση των συνεκτικών εδαφών (με διερχόμενο από το No200 άνω του 50%) καθώς και η ακριβέστερη ταξινόμηση μη συνεκτικών εδαφών όπου το διερχόμενο από το No200 είναι άνω του 5%.

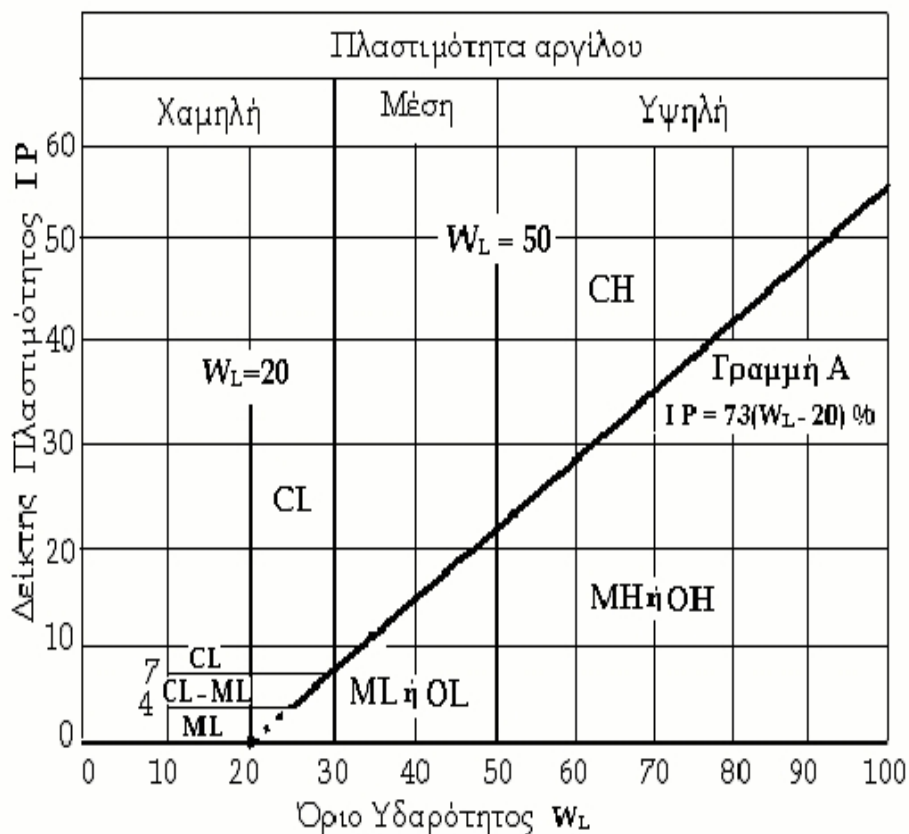
$$\text{Ισχύει : } PI = \alpha * W_L - \beta$$

Όπου $\alpha = 0,7 - 0,8$ και $\beta = 13 - 20$

Η ευθεία έχει εξίσωση $PI = \alpha * W_L - \beta$ και ονομάζεται ευθεία Casagrande.

Λειτουργεί ως εξής: στον κατακόρυφο άξονα είναι οι τιμές του PI ενώ στον κατακόρυφο αυτές του W_L με βάση αυτές τις τιμές γίνεται η κατάταξη του

εδάφους σε αντίστοιχη κατηγορία. Τα σημεία κάτω της γραμμής «Α» χαρακτηρίζουν κάποιο ιλυώδες υλικό ενώ τα σημεία μεταξύ της γραμμής «Α» και της γραμμής «U» χαρακτηρίζουν κάποιο αργιλώδες υλικό. το διάγραμμα χωρίζεται σε τέσσερις περιοχές με τη λεγόμενη γραμμή-Α και τη γραμμή που αντιστοιχεί σε όριο υδαρότητας 50%. Συνεκτικά εδάφη που αντιστοιχούν σε σημεία πάνω από τη γραμμή-Α ονομάζονται άργιλοι (C), ενώ αυτά που αντιστοιχούν σε σημεία κάτω από τη γραμμή-Α ονομάζονται Ιλεις (M). Αντίστοιχα, εδάφη που παριστάνονται με σημεία δεξιά από τη γραμμή με $LL = 50\%$ λέγονται εδάφη υψηλής πλαστιμότητας (H), ενώ αυτά που παριστάνονται με σημεία αριστερά από τη γραμμή με $LL = 50\%$ λέγονται εδάφη χαμηλής πλαστιμότητας (L). Ο Πίνακας παρουσιάζει συνοπτικά το Ενοποιημένο Σύστημα Κατάταξης Εδαφών.



Χάρτης πλαστιμότητας casagrande

Όπου:

CL: Άργιλοι χαμηλής πλαστιμότητας

ML: Ιλεις χαμηλής πλαστιμότητας

OL: Οργανικές ιλεις και οργανικές άργιλοι χαμηλής πλαστιμότητας

CH: Άργιλοι υψηλής πλαστιμότητας

MH: Ιλεις υψηλής πλαστιμότητας

OH: Οργανικές ιλεις και οργανικές άργιλοι υψηλής πλαστιμότητας

Δείκτης υδαρότητας(LI): Δίνει τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τη φυσική υγρασία ενός εδάφους σε σχέση με την πλαστιμότητας. Εάν έχουμε LI=100% η υγρασία του εδάφους μας βρίσκεται στο όριο υδαρότητας, ενώ αν LI=0% η υγρασία του εδάφους μας βρίσκεται στο όριο πλαστιμότητας.

$$LI=(W_L - PL)/PI$$

Όπου:

LI: Δείκτης υδαρότητας

W_L: όριο υδαρότητας

PL: όριο πλαστικότητα

PI: Δείκτης πλαστικότητα

Επίσης κάποιοι παραπάνω δείκτες που θα ήταν συνετό να αναφερθούν είναι:

Δείκτης ενεργότητας (A): Ο δείκτης PI αποτελεί γραμμική συνάρτηση του % ποσοστού καθαρής αργίλου του εδάφους. Η κλίση της ευθείας καλείται ενεργότητα και ισούται με PI / % αργίλου (d<0.002mm). Η ενεργότητα αποτελεί κατά κάποιο τρόπο μέτρο της δραστηριότητας του αργιλικού κλάσματος όσον αφορά την ικανότητά του να προσροφήσει νερό. Όταν η ενεργότητα είναι μικρότερη του 0,75 τότε το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μη ενεργό, όταν είναι μεταξύ 0,75 και 1,25 ως κανονικό και όταν είναι μεγαλύτερη του 1,25 ως ενεργό.

$$A= PI / \% \text{ (λεπτότερο κλάσμα των } 0,002 \text{ mm)}$$

Ενεργότητα. Δείκτης συνεκτικότητας (I_c) : Η αντοχή ενός εδάφους θεμελίωσης που αποτελείται από συνεκτικό χαλαρό πέτρωμα εξαρτάται από τον I_c του υλικού. Επομένως χαρακτηρίζει την διατμητική αντοχή ενός εδάφους η οποία αυξάνει καθώς ο I_c αυξάνει μεταξύ 0 και 1

Δείκτης συμπίεσης (C_c) : Είναι η κλίση του ημιλογαριθμικού διαγράμματος (επιβαλλόμενης πίεσης (P) - δείκτη πόρων (e)) (καμπύλη “ $\log p-e$ ”) που κατασκευάζεται με τα αποτελέσματα της δοκιμής στερεοποίησης. Η καθίζηση οφείλεται αποκλειστικά σε αναδιάταξη των κόκκων με το χρόνο και μείωση του δείκτη πόρων του εδάφους, με απομάκρυνση του νερού των πόρων στην περιοχή της φόρτισης. Ο συντελεστής C_c συνδέεται άμεσα με το όριο υδαρότητας του εδαφικού υλικού σύμφωνα με τη σχέση:

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

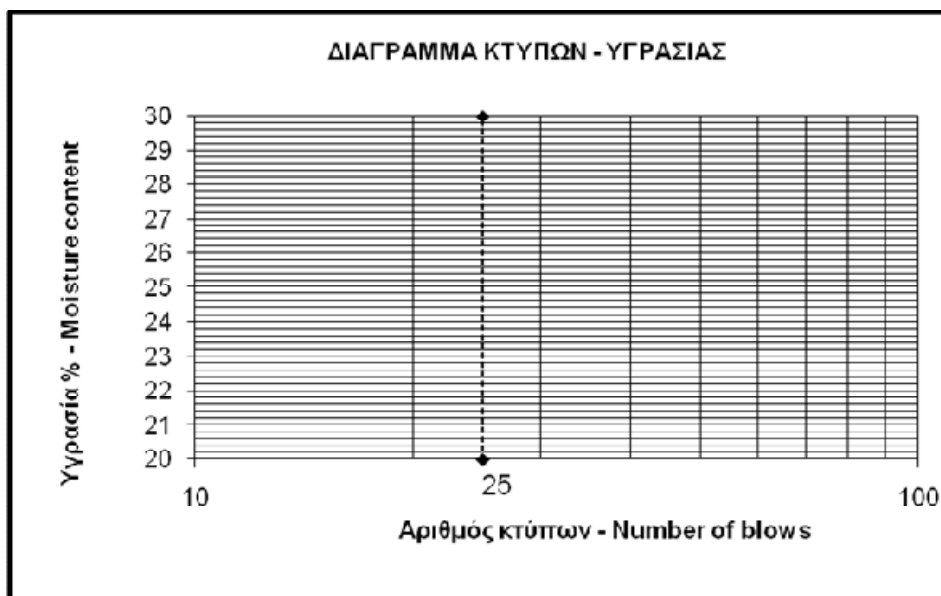
Σχέση μεταξύ των εδαφικών ιδιοτήτων και των ορίων Atterberg

Χαρακτηριστικά	Σύγκριση με εδάφη του ίδιου W_L (ορίου υδαρότητας.) με αυξανόμενο PI (Δείκτης πλαστικότητας)	Σύγκριση με εδάφη του ίδιου PI (Δείκτης πλαστικότητας.) με αυξανόμενο W_L (ορίου υδαρότητας)
Συμπιεστότητα	Περίπου η ίδια	αυξάνεται
Διαπερατότητα	Μειώνεται	αυξάνεται
Ξηρή αντοχή	αυξάνεται	Μειώνεται

2.3.7 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ		ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
<u>ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ</u> <u>PLASTICITY INDEX TEST</u>			
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 25/2/09	ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Σκάφη
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ			

	Όριο υδαρότητας			Όριο πλαστικότητας		
	1	2	3	1	2	3
Αρ.Δοκιμής	1	2	3	1	2	3
Αρ.Υποδοχέα	2	3	4	5	6	7
Αρ. κτύπων	-	-	-	-	-	-
Βάρος υγρού δειγματος και υποδοχέα (gr)						
Βάρος ξηρού δείγματος και υποδοχέα (gr)						
Βάρος Υποδοχέα (gr)	18,28	20,31	23,82	24,23	19,31	19,64
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)						
Απώλεια υγρασίας (gr)						
Περιεχόμενη Υγρασία %						



<u>Αποτελέσματα</u>
LL : -
PL : -
PI : N.P.(Μη πλαστικό υλικό.)

2.3.8 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Γενικά περί ορίων Atterberg

1)Συνήθως τα δείγματα που παίρνουμε από την γεώτρηση χρειάζονται ξήρανση έτσι ώστε να διέρχονται από το κόσκινο Νο40. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί είτε πραγματοποιώντας τη διαδικασία του κοσκινίσματος με το περιεχόμενο υγρασίας που έχει το δείγμα στο πεδίο, είτε αφήνοντας το δείγμα να ανακτήσει τα πραγματικά του όρια μετά από 24 ή και 48 ώρες.

2)Πρέπει να προσέξουμε το ποσοστό υγρασίας στο δείγμα. Σε περίπτωση που είναι λιγότερη ή περισσότερη η δοκιμή θα είναι αδύνατη

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

4) Τα όρια Atterberg είναι μια από τις δυο βασικές δόκιμες για τον προσδιορισμό των μη συνεκτικών εδαφών.

5) Με βάση τα όρια Atterberg, ορίζονται οι λεγόμενοι δείκτες συνεκτικότητας που εκφράζει τη σχέση του πραγματικού ποσοστού υγρασίας (w) ως προς το όριο υδαρότητας. Πράγματι, εάν το ποσοστό υγρασίας είναι ίσο με το όριο υδαρότητας τότε $IL = 1$, ενώ εάν είναι ίσο με το όριο πλαστιμότητας $IL = 0$.

Γενικά, τιμές του IL μεταξύ 0 και 1 αντιστοιχούν στην πλαστική περιοχή.

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

6) Στην περίπτωση μας μετά από μετατροπές στην υγρασία του δείγματος και στην ποσότητα του υπο εξέταση εδαφικού υλικού. Ο αριθμός των κτύπων δεν ήταν ικανοποιητικός, δοκιμάσαμε να πλάσουμε το υλικό σε μακρόστενη μορφή (μακαρονάκια). Το αποτέλεσμα ήταν να δούμε ότι το εδαφικό δείγμα δεν πλάθεται, χαρακτηρίσαμε το δείγμα NP (no plastic) και απορρίψαμε το δείγμα υπό εξέταση.

Όριο υδαρότητας

1) Το εδαφικό υλικό να πρέπει να συμπυκνωθεί καλά στο κύπελλο της συσκευής casagrande ώστε να μην υπάρχουν κενά.

2) Το εδαφικό υλικό δεν πρέπει παραμένει στην κάψα για μεγάλο χρονικό διάστημα γιατί υπάρχει κίνδυνος να μας προκύπτουν λάθος αποτελέσματα.

3) Αν τελειώσει η εκτέλεση της δόκιμης με λιγότερους από 15 κτύπους ή περισσότερους από 35 κτύπους. Η μέτρηση απορρίπτεται.

4) Σε αυτήν την περίπτωση προσθέτουμε υγρασία στο δείγμα η αφαιρούμε υγρασία προσφέροντας περισσότερο υλικό. Εάν πάλι ο αριθμός κτύπων δεν είναι ικανοποιητικός, δοκιμάζουμε να πλάσουμε το υλικό σε μακρόστενη μορφή (μακαρονάκια). Στην περίπτωση που δεν πλάθεται το εδαφικό δείγμα χαρακτηρίζουμε το δείγμα NP (no plastic) και απορρίπτουμε το δείγμα υπό εξέταση.

Όριο πλαστικότητας

1) Σε περίπτωση που η τιμή κάποιου από τα αποτελέσματα έχει διαφορά από τα άλλα παραπάνω από 2,6 % η συγκεκριμένη δόκιμη επαναλαμβάνεται.

2) Ο προσδιορισμός του ορίου πλαστικότητας δεν είναι πάντα εφικτός. Αυτό γίνεται όταν τα κυλινδρικά νήματα υλικού θρυμματίζονται πριν την διάμετρο των 3 mm, στη συγκεκριμένη περίπτωση αν αυξήσουμε την υγρασία του δείγματος θα οδηγηθούμε στο όριο υδαρότητας όπου το δείγμα μας θα έχει χάσει τις ιδιότητες της εύπλαστης μάζας. Οπότε στην περίπτωση αυτή το

έδαφος αυτό χαρακτηρίζεται ως μη πλαστικό – No plastic (NP). Στην περίπτωση αυτή για $PI=0\%$ το έδαφος θα ταξινομείται ως ML η MH.

3)Τα συνεκτικά εδάφη παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό πλαστικότητας που εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων του υλικού. Δηλαδή όσο πιο λεπτόκοκκο είναι στο σύνολό του ένα έδαφος τόσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης πλαστικότητάς του

4)Όταν το έδαφος είναι εξαιρετικά αμμώδες η δοκιμή για το όριο πλαστικότητας πρέπει να εκτελείτε πριν από τη δοκιμή για το όριο υδαρότητας

5)Όταν το όριο πλαστικότητας είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το όριο υδαρότητας, τότε ο δείκτης πλαστικότητας χαρακτηρίζεται ως NP.

2.4 Δοκιμή Συμπυκνώσεως Proctor

2.4.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Σε διάφορα γεωτεχνικά προβλήματα πριν την κατασκευή απαιτείται, έλεγχος συμπυκνώσεως ώστε να κρίνουμε αν τηρούνται οι απαιτούμενες προδιαγραφές. Η συμπύκνωση είναι μια διαδικασία όπου στην οποία οι εδαφικοί κόκκοι προσεγγίζονται μεταξύ τους, κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση των κενών. Με τη συμπύκνωση του εδάφους επιτυγχάνεται η αύξηση της διατμητικής αντοχής και της φέρουσας ικανότητας του εδάφους, μείωση της συμπιεστότητας επομένως των προκαλούμενων καθιζήσεων του εδάφους σε συνθήκες εξωτερικής φόρτισης. Επίσης επιτυγχάνεται μείωση της διαπερατότητας του εδάφους και αύξηση της αντίστασης. Η συμπύκνωση του εδάφους βρίσκει εφαρμογή: για τη σταθεροποίηση του εδάφους και για την ομογενοποίηση της θεμελίωσης τεχνικών έργων. Για την ανθεκτικότερη εδαφική επιφάνεια γενικών χώρων διαμόρφωσης. Για την κατασκευή φραγμάτων, δρόμων, στερεών εδαφικών επιχωμάτων κ.α.. Επίσης δίνει λύση σε διάφορα εδαφικά προβλήματα. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι συμπυκνώσεως κάποιοι από αυτούς είναι- με δόνηση, με κόπανο, όπως και συμπύκνωση με τη βοήθεια στατικών φορτίων.



Χειροκίνητη Συμπύκνωση Proctor

Ο βαθμός συμπύκνωσης του εδάφους εκφράζεται με την ξηρή πυκνότητα του εδάφους. Επομένως η μεταβολή της τιμής της ξηρής πυκνότητας του εδάφους

μετά από συμπύκνωση, εκφράζει τη μεταβολή του όγκου για το ίδιο ξηρό βάρος, δηλαδή εκφράζει το βαθμό συμπύκνωσης του υλικού και εξαρτάται από την περιεκτικότητα του εδαφικού υλικού σε νερό. Δηλαδή για να πετύχουμε την μέγιστη συμπύκνωση σε ένα εδαφικό υλικό πρέπει να προσθέσουμε συγκεκριμένη ποσότητα νερού.



Μηχανή αυτόματης συμπύκνωσης Proctor (στο πάνω μέρος φαίνεται ο μετρητής χτύπων)

2.4.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

- 1) κλίβανος ξηράνσεως
- 2) ζύγι ακριβείας
- 3) κόσκινα
- 4) εξολκέας δειγμάτων
- 5) Συσκευή για την συμπύκνωση κατά Proctor. Υπάρχουν δύο τρόποι για την πραγματοποίηση της συμπύκνωσης. Η χειροκίνητη συμπύκνωση Proctor που γίνεται χειροκίνητα με τον μεταλλικό κόπανο και η αυτόματη με την αυτόματη συσκευή συμπύκνωσης Proctor. Η παραπάνω έχει ενσωματωμένο κόπανο όπου ρυθμίζουμε το ύψος πτώσης του, ένα ταμπλό που μας δείχνει αυτόματα τον αριθμό κτύπων και το κουμπί όπου ανάβει ή σβήνει τη

συσκευή. Τους τύπους συμπύκνωσης τους αλλάζουμε ανάλογα την περίπτωση.

- 5) τύποι μεταλλικοί με αποσπώμενο περιλαίμιο
- 6) χαλύβδινος κανόνας για την διαμόρφωση του δείγματος
- 7) κάβες για τον προσδιορισμό υγρασίας
- 8) εργαλεία μίξεως



Εργαλεία για την πραγματοποίηση της δοκιμής.

2.4.3 Διαδικασία δοκιμής

Υπάρχουν δυο τύποι δοκιμών συμπύκνωσης- η πρότυπη δοκιμή proctor και η τροποποιημένη δοκιμή proctor. Στην πρότυπη δοκιμή η συμπύκνωση γίνεται με κόπανο βάρους 2,49 kg και πέφτει από ύψος 304,8 mm. Ο τύπος γεμίζεται με τρεις ίσες στρώσεις υλικού. Υπάρχουν δυο είδη τύπων διαφορετικής χωρητικότητας, αν χρησιμοποιηθεί ο πρώτος τύπος η κάθε στρώση θα συμπυκνωθεί με 25 κτύπους ενώ αν επιλέγει να χρησιμοποιηθεί ο δεύτερος τύπος η κάθε στρώση θα συμπυκνωθεί με 56 κτύπους. Στην τροποποιημένη δοκιμή η συμπύκνωση του εδάφους γίνεται με κόπανο βάρους 4,54 kg και πέφτει από το ύψος τον 457,2 mm όπου ο τύπος της επιλογής μας γεμίζεται με πέντε ίσες στρώσεις υλικού.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Δ Ο Κ Ι Μ Ω Ν P R O C T O R		
ΜΕΘΟΔΟΣ	STANDARD ή ΠΡΟΤΥΠΗ	MODIFIED ή ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ
A	Κόλλανος Βάρους 2,5 Kg Υψος πτώσεως 30,5cm Μεγάλη μήτρα (V=943±8) Διερχόμενος Νο 4 3 στρώσεις 25 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. Νο 4 > 93% αλλιώς η C	Κόλλανος Βάρους 4,54 Kg Υψος πτώσεως 45,7cm Μεγάλη μήτρα (V=943±8) Διερχόμενος Νο 4 5 στρώσεις 25 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. Νο 4 > 93% αλλιώς η C
B	Κόλλανος Βάρους 2,5 Kg Υψος πτώσεως 30,5cm Μεγάλη μήτρα (V=2124±21) Διερχόμενος Νο 4 3 στρώσεις 56 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. Νο 4 > 93% αλλιώς η D	Κόλλανος Βάρους 4,54 Kg Υψος πτώσεως 45,7cm Μεγάλη μήτρα (V=2124±21) Διερχόμενος Νο 4 5 στρώσεις 56 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. Νο 4 > 93% αλλιώς η D
C	Κόλλανος Βάρους 2,5 Kg Υψος πτώσεως 30,5cm Μικρή μήτρα (V=943±8) Διερχόμενος 3/4" 3 στρώσεις 25 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. 3/4" > 70% ή 40% < Διερχ. Νο 4 < 93%	Κόλλανος Βάρους 4,54 Kg Υψος πτώσεως 45,7cm Μικρή μήτρα (V=943±8) Διερχόμενος 3/4" 5 στρώσεις 25 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. 3/4" > 70% ή 40% < Διερχ. Νο 4 < 93%
D	Κόλλανος Βάρους 2,5 Kg Υψος πτώσεως 30,5cm Μεγάλη μήτρα (V=2124±21) Διερχόμενος 3/4" 3 στρώσεις 56 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. 3/4" > 70% ή 40% < Διερχ. Νο 4 < 93%	Κόλλανος Βάρους 4,54 Kg Υψος πτώσεως 45,7cm Μεγάλη μήτρα (V=2124±21) Διερχόμενος 3/4" 5 στρώσεις 56 κτύποι Χρησιμοποιείται όταν Διερχ. 3/4" > 70% ή 40% < Διερχ. Νο 4 < 93%

Πίνακας με προδιαγραφές για πρότυπη και τροποποιημένη συμπίκνωση Proctor

1) Κοσκινίζουμε το ξηρό εδαφικό μας δείγμα στο κόσκινο Νο 4 όπου η ποσότητα κοσκινίσματος είναι ανάλογη του τύπου που θα χρησιμοποιήσουμε.



Κοσκίνιση του δείγματος στο κόσκινο Νο 4

- 2) Ζύγιση και καταγραφή του βάρους του τύπου
- 3) Υπολογισμός της περιεκτικότητας σε νερό που πρέπει να προστεθεί στο δείγμα εδάφους μας

4) Αφού έχουμε υγράνει το μείγμα το ανακατεύουμε καλά έως ότου γίνει ομοιόμορφο



Υγραίνουμε το δείγμα και ανακατεύουμε καλά

5) Πραγματοποιείται η συναρμολόγηση του τύπου με τη βάση και το περιλαίμιο, όπου στη συνέχεια γεμίζουμε τον τύπο με την πρώτη στρώση του υλικού. Συμπυκνώνουμε την πρώτη στρώση του υλικού με την βοήθεια του κόπανου 25 κτύπους σε όλη την επιφάνεια του υλικού. Το ίδιο επαναλαμβάνεται και για την δεύτερη και τρίτη στρώση.

6) Στην τελευταία συμπύκνωση πρέπει να εξέχει η συμπυκνωμένη στρώση πάνω από το ύψος του περιλαίμιου.

7) Αφαιρούμε το περιλαίμιο και με την αιχμηρή άκρη του κανόνα, αφαιρούμε εδαφικό υλικό μέχρι να φτάσουμε το χείλος του τύπου.



Συμπλήρωση εδαφικού υλικού για κάθε στρώση



Μετά την τελευταία συμπύκνωση αφαιρούμε με τον κανόνα το εδαφικό υλικό που περισσεύει

- 8) Γίνεται αποσυναρμολόγηση του τύπου από τη βάση και ζύγιση του τύπου μαζί με το συμπυκνωμένο υλικό
- 9) Με τη βοήθεια του εξολκέα βγάζουμε το δοκίμιο από τον τύπο και παίρνουμε δείγμα από το υλικό για τον προσδιορισμό της υγρασίας
- 10) Θρυμματίζουμε το δοκίμιο και το τοποθετούμε στη λεκάνη
- 11) Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για άλλα τέσσερα δείγματα με νέα αύξηση της υγρασίας



Με τη βοήθεια του εξολκέα βγάζουμε το δείγμα



Ζυγίζουμε το δείγμα

2.4.4 Υπολογισμοί

Οι υπολογισμοί που πρέπει να γίνουν είναι:

Υγρό φαινόμενο βάρος : $\gamma = (E - \Delta) / V$

Όπου :

$$E = W_{\text{τυπ}} + W_{\text{υγρ.δειγμ.}} \text{ (gr)}$$

$W_{\text{τυπ}} + W_{\text{υγρ.δειγμ.}}$: είναι αντίστοιχα το βάρος τύπου και βάρος υγρού δείγματος

V : όγκος τύπου cm^3

Δ : Βάρος τύπου

Περιεκτικότητα σε νερό : $(W\%) = (B - A) * 100 / (\Gamma - A)$

Όπου:

B : βάρος δοχείου + υγρού δείγματος (gr)

A : βάρος κενού δοχείου (gr)

Γ : βάρος δοχείου + ξηρού εδάφους (gr)

Ξηρό φαινόμενο βάρος : $\gamma_d = \Gamma (1 + w)$

Γ : βάρος δοχείου + ξηρού εδάφους (gr)

w : περιεκτικότητα σε νερό

Με τη συμπλήρωση του πίνακα με τα παραπάνω, το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή της καμπύλης όπου: στον άξονα χ θα βάλουμε τις τιμές του w και στον άξονα ψ τις τιμές του γ_d .

Η καμπύλη θα διέρχεται μέσω αυτών. Η κορυφή της καμπύλης αντιστοιχεί στη μέγιστη συμύκνωση $\gamma_{d \max}$ και αντίστοιχα στη βέλτιστη υγρασία w_{opt} .

Στην γραφική παράσταση θα σχεδιάσουμε και την καμπύλη πλήρους κορεσμού ή αλλιώς καμπύλη μηδενικών κενών.

Οι τιμές του ξηρού φαινομένου βάρους υπολογίζονται:

$$\gamma_d = \gamma_w * G_s / (1 + w * G_s)$$

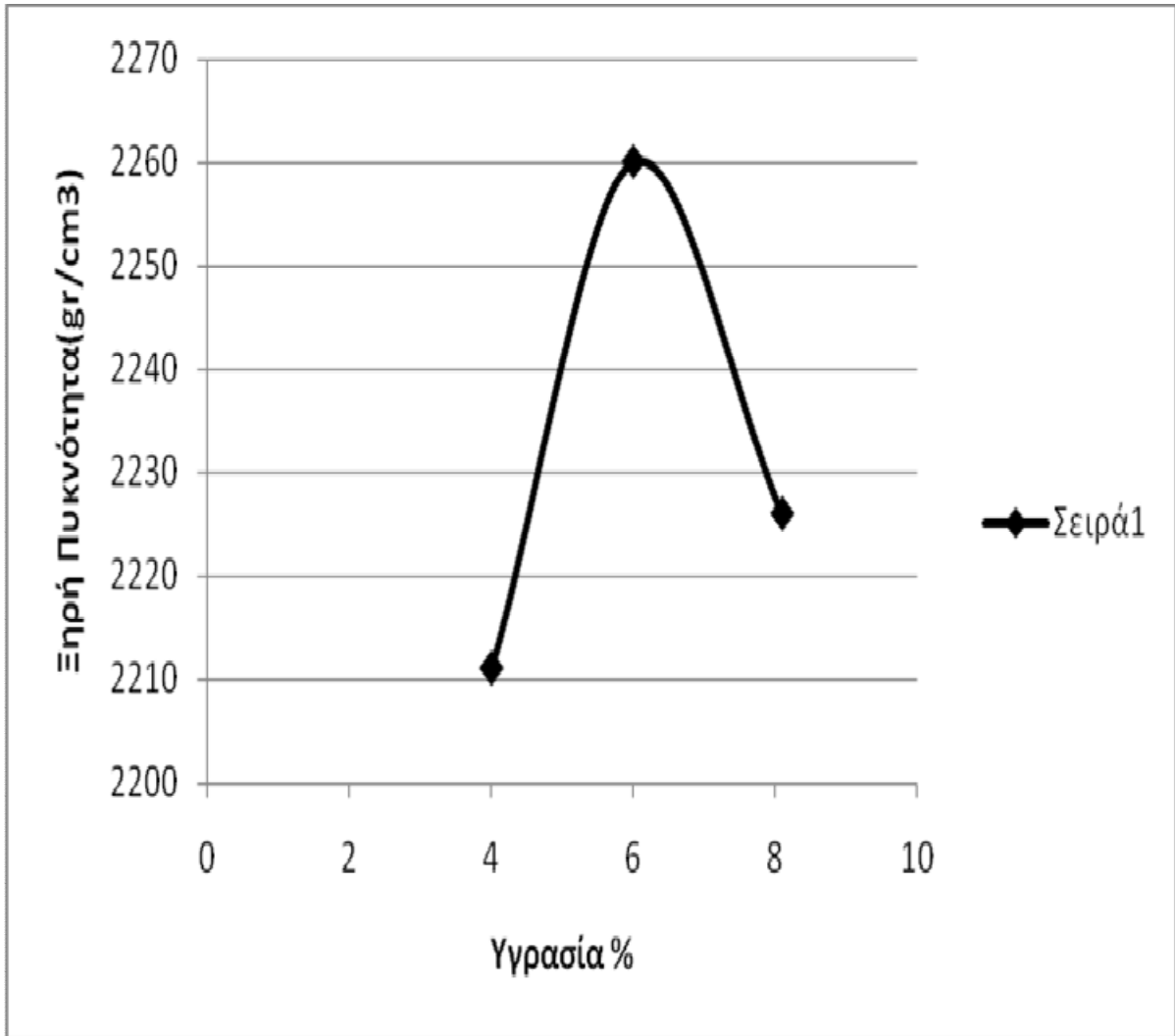
γ_d : ξηρό μοναδιαίο βάρος του εδάφους (gr / cm³)

G_s : η ειδική βαρύτητα

γ_w : ειδικό βάρος του νερού (gr / cm³)

2.4.5 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ		ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ		
ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΑΦΩΝ (PROCTOR STANDARD)				
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 18/11/09		
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ		ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 3A		
Αριθ. Δοκιμής	(No)	2	3	4
Όγκος τύπου	(cm ³)	2112	2112	2112
Βάρος υγρού δείγμ. + τύπου	(gr)	7489	7695	7715
Βάρος τύπου	(gr)	2633	2633	2633
Βάρος υγρού δείγματος	(gr)	4856	5062	5082
Υγρή πυκνότητα	(gr /cm ³)	2299	2397	2406
Αριθμός κάψας	(No)	2	3	4
Βάρος υγρού δείγμ. + κάψας	(gr)	655,0	824,0	965,0
Βάρος ξηρού δείγμ. + κάψας	(gr)	632,0	786,0	897,0
Βάρος νερού	(gr)	23,0	38,0	68,0
Βάρος κάψας	(gr)	57,0	156,0	57,0
Βάρος ξηρού δείγματος	(gr)	575,0	630,0	840,0
Περιεχόμενη υγρασία	(%)	4,0	6,0	8,1
Ξηρά εργαστηριακή Πυκνότητα	(gr /cm ³)	2211	2260	2226



Μέγ. Ξηρ. Πυκνότητα(gr/cm ³):	2261
---	------

Βέλτιστη Υγρασία (%) :	6,2
--------------------------	-----

2.4.6 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Κατά την πραγματοποίηση της δοκιμής ιδιαίτεροι προσοχή πρέπει να δοθεί:

- 1) Στην προσθήκη της υγρασίας στο εδαφικό υλικό
- 2) Στην περίπτωση που το εδαφικό υλικό που έχουμε στην διάθεσή μας είναι αργιλώδες και δεν είναι εύκολη η ενσωμάτωση του νερού, θα γίνει χρήση διαφορετικού δείγματος για κατά δοκιμή. Θα γίνεται καλή ανάμιξη, θα βάζουμε συγκεκριμένες και ακριβείς ποσότητες νερού οι οποίες θα δίνουν στα δείγματα υγρασίες αυξανόμενες κατά 2%
- 3) Η μορφή της καμπύλης συμπίκνωσης μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Η τιμή της βέλτιστης υγρασίας αυξάνει λογαριθμικά με την αύξηση των λεπτόκοκκων στο έδαφος, ενώ εμφανίζει γενικά γραμμική σχέση με την αύξηση του ποσοστού της λεπτής άμμου
- 4) Σε πολλές περιπτώσεις η υπάρχουσα υγρασία του εδάφους είναι μεγαλύτερη της βέλτιστης, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η συμπίκνωση του εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές επιχειρείται είτε αποστράγγιση του εδαφικού χώρου, είτε πιο απλά σταθεροποίηση του εδάφους με χημικά πρόσθετα που θα αυξήσουν την απαιτούμενη βέλτιστη υγρασία για συμπίκνωση
- 5) Ανάμιξη του εδάφους με υδράσβεστο αυξάνει τη βέλτιστη υγρασία του εδάφους κατά 2-5%, με αποτέλεσμα την ικανότητα συμπίκνωσης του σε συνθήκες μεγαλύτερης φυσικής υγρασίας
- 6) Μη σβησμένη άσβεστος, σε σκόνη, αναμειγνύομενη με το έδαφος απορροφά νερό σε ποσοστό 32% του βάρους του, λόγω εξώθερμης χημικής αντίδρασης που προκαλεί συγχρόνως εξάτμιση του νερού
- 7) Στο εργοτάξιο η επιδιωκόμενη συμπίκνωση είναι της τάξεως του 90% της μέγιστης εργαστηριακής ξηρής πυκνότητας έτσι αυτή γίνεται με αύξηση της υγρασίας του εδάφους ώστε να βρίσκεται μέσα στα όρια που δίδονται στο σχετικό διάγραμμα για ξηρή πυκνότητα ίση με 90% της μέγιστης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Δοκιμή του Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας (C.B.R.)

3.1.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Η δοκιμή του Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας (CBR) είναι μια μέθοδος που περιγράφει την αντοχή των εδαφών. Χρησιμοποιείται εδώ και πάρα πολλά χρόνια, στο να δίνεται μια εκτίμηση της ικανότητας του εδάφους ως υλικό έδρασης σε έργα οδοποιίας. Η χρήση της μεθόδου CBR βρίσκει μεγάλη εφαρμογή για τον καθορισμό, τη μελέτη και την κατασκευή εύκαμπτων οδοστρωμάτων, οδών και αεροδρομίων. Η συγκεκριμένη δόκιμη είναι και εργαστηριακή δοκιμή αλλά επίσης εφαρμόζεται και επί τόπου στο έργο. Η δοκιμή CBR εκτιμά την διατμητική αντοχή εδαφών ή μείγμα εδαφών-αδρανών κάτω από συγκεκριμένες και γνωστές σε εμάς συνθήκες. Δηλαδή συγκεκριμένη υγρασία όπου είναι η βέλτιστη υγρασία για το εδαφικό μας υλικό και συγκεκριμένη πυκνότητα. Το εδαφικό υλικό στο οποίο πραγματοποιείται η δοκιμή είναι διαταραγμένο, έχει ήδη συμπυκνωθεί. Η συμπύκνωση πραγματοποιείται με την πρότυπη κυρίως δοκιμή Proctor ενώ η συμπύκνωση με την τροποποιημένη μέθοδο πραγματοποιείται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις. Ο αριθμός CBR προκύπτει από τον λόγο της πίεσης (τάση) που απαιτείται ώστε να προκληθεί διείσδυση του εμβόλου της μηχανής συμπίεσης σε ένα συγκεκριμένο δείγμα προς την πίεση αναφοράς όπου είναι η απαιτούμενη πίεση ώστε να προκληθεί σε συγκεκριμένο υλικό (σπασμένη πέτρα) συγκεκριμένο βάθος.

3.1.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1) Συσκευή για την πραγματοποίηση της δοκιμής CBR: αποτελείται από μια βάση που πάνω της σε κατακόρυφη μορφή εδράζονται δυο σωλήνες κυλινδρικής μορφής, στο πάνω μέρος της συσκευής υπάρχει μια προέκταση που ενώνει τα δυο άκρα και την συσκευή που φέρει το έμβολο και το δείκτη φορτίσεων, όλα αυτά ασφαλίζονται με παξιμάδια όπου ρυθμίζουν και τις διάφορες αποστάσεις. Όλες η διαστάσεις της συσκευής είναι με βάση της πρότυπες τεχνικές προδιαγραφές. Στο κάτω μέρος της συσκευής πάνω από τη βάση υπάρχει ένας γρύλος, δίπλα του υπάρχει μια υποδοχή όπου τοποθετούμε την ειδική προέκταση που με τη βοήθειά της παράγονται δυνάμεις και έτσι ρυθμίζουμε και το ύψος της πλάκας. Όλα αυτά συνδέονται με ένα μηχανικό γκαζάκι, στο ακριανό τμήμα της συσκευής υπάρχει ένας διακόπτης ορίου διείσδυσης του εμβόλου, όπως κι ο διακόπτης που θέτει σε λειτουργία τη συσκευή.



Η συσκευή CBR έτοιμη προς χρήση

- 2) Τύποι μεταλλικοί με αποσπώμενο περιλαίμιο
- 3) Μεταλλικός κόπανος κυκλικής διατομής
- 4) Κυκλικός μεταλλικός δίσκος (παρέμβλημα)
- 5) Κλίβανος ξηράνσεως
- 6) Ζυγός ακριβείας
- 7) Λεκάνες με νερό η υδατολουτρο για την τοποθέτηση των δειγμάτων
- 8) Δοχεία ανάμιξης
- 9) Εργαλεία ανάμιξης
- 10) Διηθητικό χαρτί: αποτελείται από εύκαμπτα φύλλα από πολυμερή υλικά (PP,PET,PE,PA) που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές για την βελτίωση της συμπεριφοράς των εδαφών. Υπάρχουν πάρα πολλά διαφορετικά είδη, όπου έχουν πολλές εφαρμογές και χρήσεις στην περίπτωσή μας, μας ενδιαφέρουν οι υδραυλικές του ιδιότητες
- 11) Κάψες μεταλλικές ή γυάλινες
- 12) Ογκομετρικές φιάλες

3.1.3 Διαδικασία δοκιμής

1) Λαμβάνουμε το εδαφικό μας υλικό, το κοσκινίζουμε αρχικά με το κόσκινο Νο3/4.

2. Εάν το υλικό διέρχεται από το κόσκινο και συγκρατείται από το 3 /4 θα αντικατασταθεί το υλικό με άλλο το οποίο πρέπει να διέρχεται από το 3 /4 και να συγκρατείται από το Νο 4. Στη συνέχεια ζυγίζουμε το υλικό



Κοσκίνισμα του εδαφικού υλικού

2) Προσδιορίζουμε τη βέλτιστη υγρασία με τη μέθοδο Proctor και τη μέγιστη ξηρή πυκνότητα

3) Ζυγίζουμε το ειδικό καλούπι της συσκευής στη συνέχεια το βιδώνουμε στη διάτρητη βάση και μέσα σε αυτό τοποθετούμε το διαχωριστικό δίσκο πάνω στον οποίο βάζουμε ένα χάρτινο φίλτρο

4) Τοποθετούμε το δακτύλιο προέκτασης στο καλούπι

5) Αναμιγνύουμε ποσότητα εδάφους με νερό για τον προσδιορισμό της βέλτιστης υγρασίας η οποία έχει ήδη ξηραθεί για 12 ώρες στους 60 C



Ζύγιση του καλουπιού



Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης υγρασίας αναμιγνύουμε το εδαφικό υλικό με νερό

- 6) Στη συνέχεια συμπυκνώνουμε το έδαφος σε 5 στρώσεις εδαφικού υλικού, πρέπει να κάνουμε 3 δοκίμια με διαφορετικές ενέργειες συμπύκνωσης
- 7) Αφαιρούμε την προέκταση, τη βάση, το διαχωριστικό δίσκο όπως και το υλικό που περισσεύει. Ζυγίζουμε το δοκίμιο μαζί με το καλούπι
- 8) Από το υλικό που μας περίσσεψε υπολογίζουμε την υγρασία $W\%$, το ειδικό βάρος γ_d όπως και το ξηρό ειδικό βάρος γ_d
- 9) Τοποθετούμε πάνω στη βάση ένα χαρτί και πάνω σε αυτό το καλούπι ανάποδα έτσι ώστε το εδαφικό υλικό να ακουμπά πάνω στο χαρτί. Στο πάνω μέρος τοποθετούμε ένα ειδικό φίλτρο από χαρτί και την πλάκα διόγκωσης. Έπειτα εμποτίζουμε το δείγμα



Συμπυκνώνουμε το έδαφος σε 5 στρώσεις εδαφικού υλικού



Μετά το τέλος της συμπύκνωσης ζυγίζουμε το εδαφικό υλικό μαζί με το καλούπι

- 10) Τα δείγματα τοποθετούνται μέσα σε λουτρό με νερό μέχρι να σταματήσει η διόγκωση. Για ορισμένα αργιλικά εδάφη μπορεί να χρειαστούν ακόμα και 5 μέρες μέχρι να σταματήσει η διόγκωση



Δείγμα μέσα στο λουτρό

11) Μόλις σταματήσει η διόγκωση βγάζουμε τα δοκίμια από το νερό και τα αφήνουμε να στραγγίξουν, για περίπου 15 λεπτά. Αφαιρούμε τα βάρη και τη διάτρητη πλάκα διόγκωσης

12) Πριν τοποθετήσουμε το δοκίμιο στη συσκευή πρέπει πρώτα να κάνουμε σε αυτήν τις απαραίτητες ρυθμίσεις όπου έχουν ως σειρά: Ξεκινάμε με την πλάκα φόρτισης όπου πριν την τοποθετήσουμε στο επιλεγμένο επίπεδο τη στρέφουμε πρώτα δεξιόστροφα και στη συνέχεια αριστερόστροφα. Έπειτα ρυθμίζουμε το ύψος της κεφαλής με τη βοήθεια των παξιμαδιών που υπάρχουν στο συγκεκριμένο τμήμα πρέπει τα παξιμάδια να είναι με την ίδια ποσότητα σφιγμένα ή χαλαρωμένα ώστε η κεφαλή να είναι επίπεδη. Τέλος ρυθμίζουμε την κατάλληλη ταχύτητα (βάση προδιαγραφών), ανοίγουμε το διακόπτη λειτουργίας τοποθετούμε το δοκίμιο και πραγματοποιούμε τη δοκιμή



Κάνουμε τις απαραίτητες μετρήσεις στη συσκευή ώστε να είναι έτοιμη για τη δοκιμή

3.1.4 Υπολογισμοί

Αρχικά θα ξεκινήσουμε με τον υπολογισμό της υγρασίας W % του δείγματος:

$$W \% = (B-\Gamma) * 100 / (\Gamma-A)$$

ή

$$W = W_w / W_s$$

Όπου:

W_w : το βάρος του νερού των πόρων

W_s : το βάρος των εδαφικών στερεών

B: βάρος δοχείου + βάρος υγρού δείγματος

Γ : ξηραμένα στον κλίβανο, βάρος δοχείου + βάρος δείγματος

A: βάρος δοχείου

Υπολογίζουμε το ειδικό βάρος γ_f (βάρος δείγματος / όγκο δείγματος) όπως και το ξηρό ειδικό βάρος γ_d :

$$\gamma_f = (B-A) / V$$

ή

$$\gamma_f = W_{\text{υγρ.δειγμ.}} + W_{\text{δοχ.}} - \text{βάρος δοχείου} / V$$

$$\gamma_d = \gamma_f * 100 / W + 100$$

ή

$$\gamma_d = \Gamma (1 + w)$$

Όπου :

V: Όγκος δείγματος

$W_{\text{τυπ}} + W_{\text{υγρ.δειγμ}}$: Βάρος τύπου + Βάρος δείγματος

W: περιεκτικότητα σε νερό

Επίσης θα ήταν καλό να ξέρουμε και το ποσοστό διόγκωσης του δείγματος :

Διόγκωση δοκιμίου % = Αρχική ανάγνωση – τελική ανάγνωση / Ύψος δοκιμίου

Προσδιορισμός του CBR του εδάφους :

$$\text{CBR} = \text{πίεση δοκιμής} / \text{πίεση αναφοράς} * 100 (\%)$$

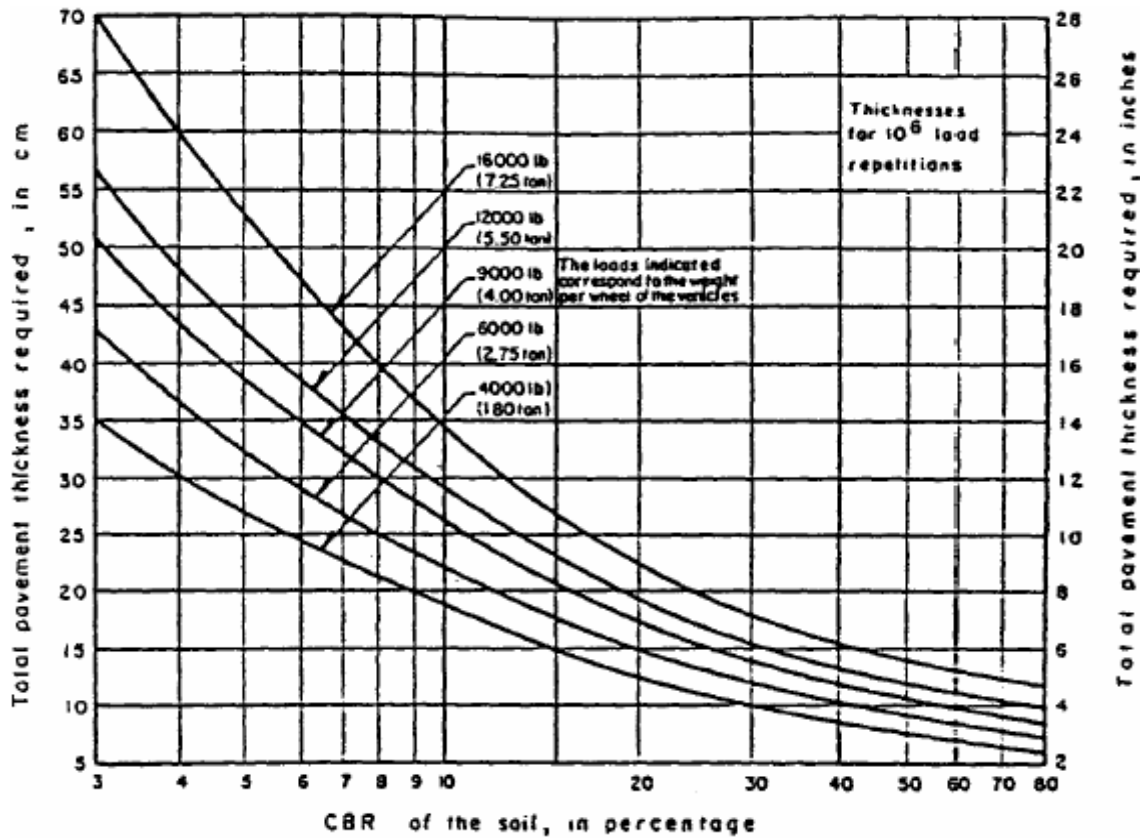
ή

$$\text{CBR} = \text{Μοναδιαία πίεση δοκιμής} / \text{Μοναδιαία πίεση αναφοράς}$$

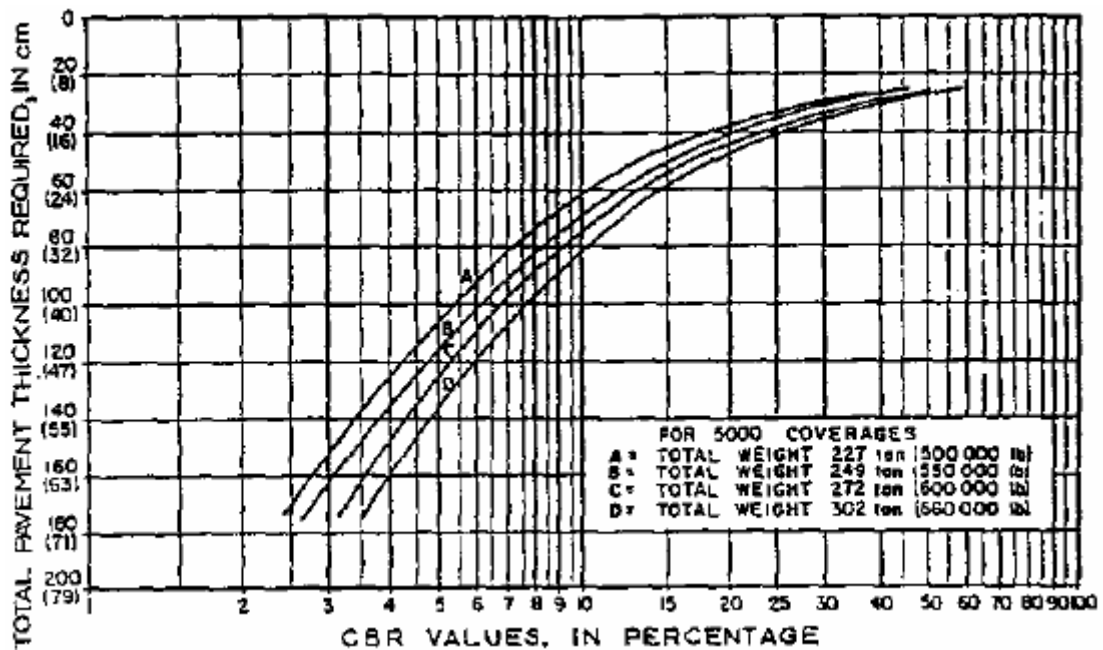
Διείσδυση (mm)	Μοναδιαία πίεση αναφοράς (Kg / cm ²)	Πίεση αναφοράς (Kg)
2,5	70	1.370
5,0	105	2.030
7,5	134	2.630
10,0	162	3.180
12,5	183	3.600

Πίνακας που μας δίνει τις τιμές της πίεσης αναφοράς και της μοναδιαίας ανάλογα με τη διείσδυση

Στη συνέχεια ακολουθεί ο σχεδιασμός των καμπύλων για κάθε δοκίμιο, όπου στον οριζόντιο άξονα βρίσκονται οι τιμές της διείσδυσης ενώ στον κατακόρυφο οι τιμές της πίεσης (αντίσταση κατά την διείσδυση). Υπάρχει περίπτωση η αρχική διείσδυση να μην έχει αύξηση της αντίστασης σε διείσδυση. Σε τέτοιες περιπτώσεις προσαρμόζουμε τη θέση της αρχής.



Καμπύλες σχεδιασμού εύκαμπτων οδοστρώματων σύμφωνα με τον λόγο CBR του εδάφους. Οι καμπύλες εκτιμούν το απαιτούμενο πάχος του οδοστρώματος συναρτήσει του CBR και το φορτίο ανά τροχό οχήματος (1.80 – 7.25 τόνους), για 10⁶ φορτίσεις

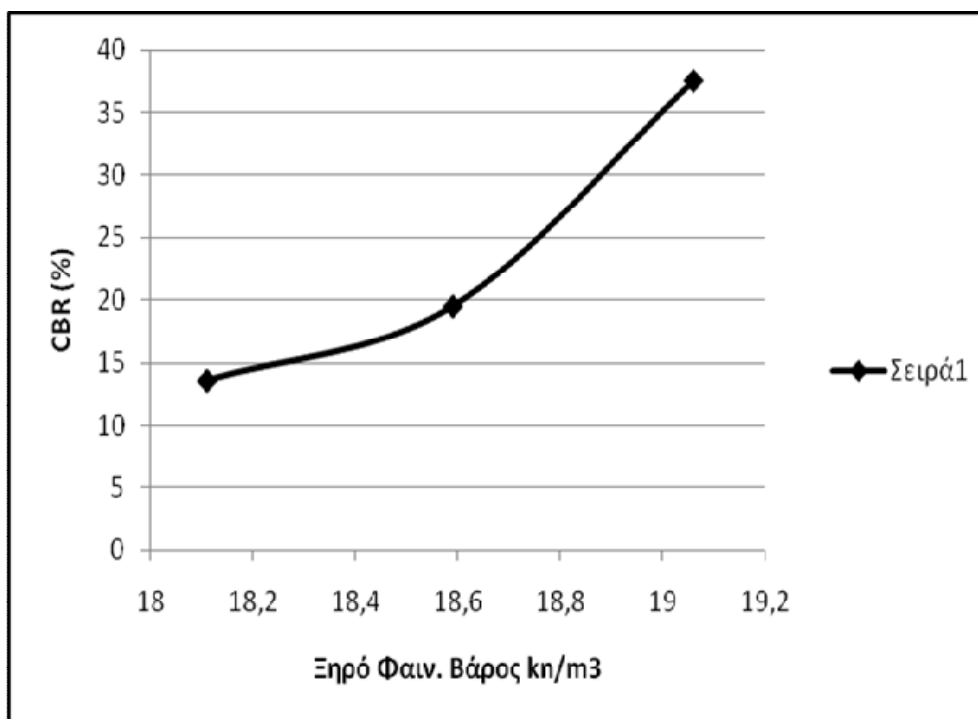
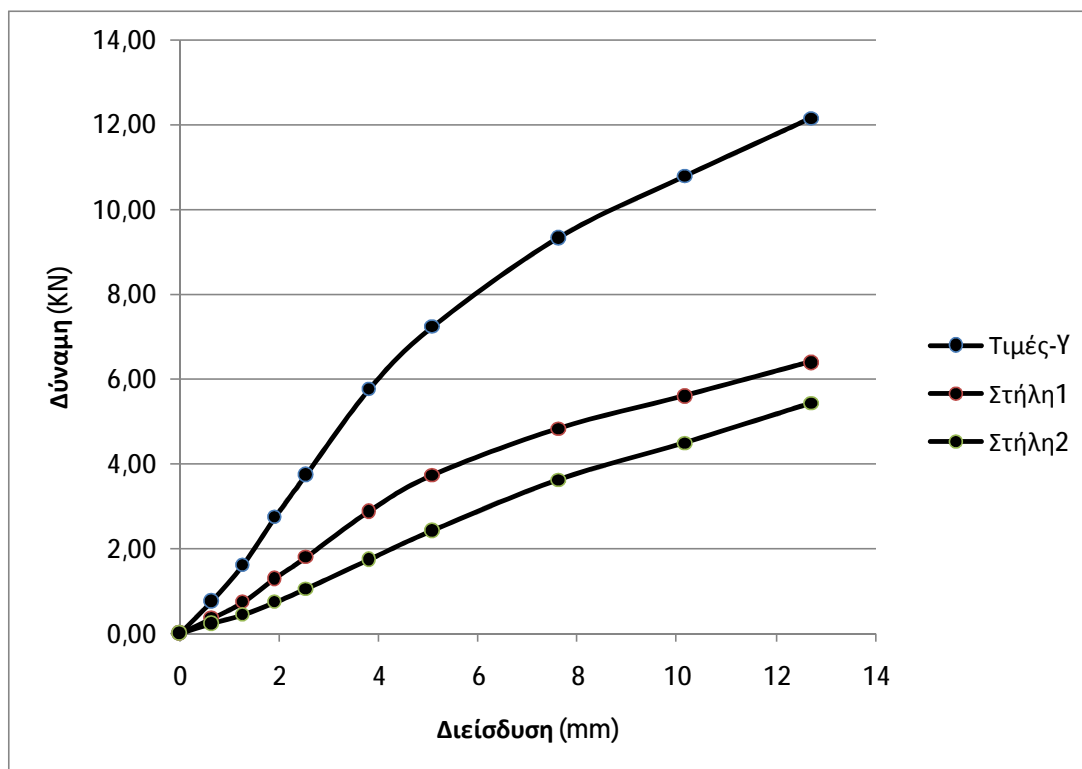


Καμπύλες σχεδιασμού εύκαμπτου οδοστρώματος διαδρόμου απογείωσης για φορτία αεροσκάφους Boeing 747, συναρτήσει του λόγου CBR. Συγκρίνετε την τάξη μεγέθους του πάχους του οδοστρώματος (30-180 cm) με το προηγούμενο διάγραμμα (10-70 cm)

3.1.5 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ				ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ			
ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (C.B.R.) (A.A.S.H.T.O T 193-1993, A.S.T.M. D 1883-1999)							
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 16/3/09		ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: 3Α	
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ							
Αριθμός μήτρας	22	13	6				
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 υδρεμοτισμού(hours)	96	96	96				
Μετά τον υδρεμοτισμού							
Βάρος μήτρας και εδαφικού υλικού(gr)	12755	12145	12655				
Βάρος εδαφικού υλικού(gr)	4600	4455	4385				
Χαρακτηρικά proctor(gr/cm ³ -%)	ω=10,5	Γd=1,99					
Διείσδυση	Ενδίδξεις	Δύναμη()	Ενδίδξεις	Δύναμη()	Ενδίδξεις	Δύναμη()	
0,00in 0,00 mm	0,000	0,00	0	0	0	0	0
0,025" 0,64 "	0,052	0,76	0,018	0,35	0,008	0,23	
0,050" 1,27"	0,124	1,62	0,05	0,73	0,026	0,44	
0,075" 1,91"	0,216	2,73	0,096	1,29	0,05	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	0,19	2,42	
0,300" 7,62"	0,766	9,34	0,39	4,82	0,29	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	0,52	6,39	0,44	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 υργού υλικού(gr)	450,3	418,8	405,0	405,0	418,8	532,4	
Βάρος υποδοχέα 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	
Ποσοστό υγρασίας(%)	9,93	13,17	9,59	12,81	9,66	13,59	
Μέσος Ορος (%)	9,73	13,19	9,73	13,19	9,73	13,19	

Αρχική ένδειξη – Τελική ένδειξη	$\Delta H1=0,36$ mm	$\Delta H1=0,35$ mm	$\Delta H3=0,36$ mm
	$\Delta V1=6,59$ mm	$\Delta V2=6,37$ mm	$\Delta V3=6,59$ mm
Διόγκωση	0,31	0,30	0,31



C.B.R. ΓΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ	37,5	19,5	13,6
Ξηρό Φαινόμενο Βάρος (gr/cm ³) (Μετά Υδρεμπ.)	1,906	1,859	1,811

3.1.6 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

- 1) Ανάλογα με τον τύπο εδάφους αλλάζει η παραμονή του υλικού στο λουτρό. Πρέπει να δοθεί προσοχή στο πότε θα διογκωθεί το δείγμα (μόνο τότε θα γίνει η εξαγωγή του δείγματος από το λουτρό)
- 2) Ένα μαλακό έδαφος θα έχει μικρό λόγο CBR σε σχέση με ένα σκληρό έδαφος
- 3) Η σπασμένη πέτρα έχει λόγο CBR σχεδόν 100 %, θεωρείται πως έχει την καλύτερη συμπεριφορά στα έργα οδοποιίας
- 4) Με βάση το λόγο CBR του εδάφους γίνεται η επιλογή του πάχους οδοστρώματος, με τη βοήθεια νομογραφημάτων. Όσο μικρότερες είναι οι τιμές του τόσο μεγαλύτερο θα είναι το πάχος του οδοστρώματος
- 5) Μεταξύ δυο τιμών CBR εάν η δεύτερη τιμή είναι μεγαλύτερη από την πρώτη η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί. Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα από την επανάληψη της δοκιμής είναι όμοια θα επιλέξουμε τη δεύτερη τιμή
- 6) Στην περίπτωση που η πρώτη τιμή CBR είναι μεγαλύτερη από την δεύτερη θα επιλέξουμε την πρώτη τιμή
- 7) Κατά την δοκιμή βγάζουμε τρεις τιμές CBR η τιμή που θα επιλέξουμε θα είναι αυτή που αντιστοιχεί στο ελάχιστο επιτρεπόμενο ποσοστό συμπύκνωσης κατά το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί στο έργο

3.2 Δοκιμή αντοχής πετρώματος σε τριβή και κρούση (LOS ANGELES)

3.2.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Ο προσδιορισμός αντοχής πετρώματος σε τριβή και κρούση με τη βοήθεια της συσκευής Los Angeles επινοήθηκε σε ένα εργαστήριο δοκιμών στην πόλη του Los Angeles από όπου και πήρε το όνομά της η δοκιμή. Η συγκεκριμένη δοκιμή θεωρείται η πιο κατάλληλη από οποιαδήποτε δοκιμή υπάρχει για τον προσδιορισμό σκληρότητας, δυσθραυστότητας και ποσοστού μαλακών τεμαχίων των αδρανών υλικών με κόκκο μικρότερο της 1,5 in. Οι λόγοι που η συγκεκριμένη δοκιμή θεωρείται τόσο καλή για τον προσδιορισμό των αδρανών είναι το ότι η δράση επί των αδρανών είναι πάρα πολύ ισχυρή έτσι ώστε να αποκαλύπτεται η παραμικρή αδυναμία του υλικού. Είναι σύντομη στη διάρκειά της, επίσης πραγματοποιείται σχετικά εύκολα και δείχνει κατάλληλη τόσο για τα φυσικά αδρανή όσο και για τα θραυστά. Ακόμα δεν επηρεάζεται η μεταβολή του ειδικού βάρους των αδρανών εξαιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του κυλίνδρου της μηχανής. Χρησιμοποιείται ευρέως και είναι από τους βασικότερους έλεγχους για την καταλληλότητα των αδρανών σε στρώσεις οδοποιίας ή δαπέδων υψηλής κυκλοφορίας.

3.2.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1) Μηχανή Los Angeles: Η μηχανή αποτελείται από ένα κοίλο χαλύβδινο κύλινδρο κλειστό και στις δυο βάσεις του, με εσωτερική διάμετρο που αλλάζει από μηχανή σε μηχανή. Πάντως κυμαίνεται μεταξύ 700-730 mm και εσωτερικό μήκος 500-530 mm. Ο κύλινδρος της μηχανής στηρίζεται εξωτερικά σε έδρανα έτσι ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια γύρω από τον άξονά του. Στην πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει μια θυρίδα για την εισαγωγή του δείγματος. Η θυρίδα κλείνει και ανοίγει αεροστεγώς με κινητό κάλυμμα όπου το τελευταίο επιπλέον βιδώνεται ώστε να αποφεύγεται η έξοδος της σκόνης. Η θυρίδα είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να διατηρείται η ίδια καμπυλότητα με τον κύλινδρο. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου εδράζεται μια χαλύβδινη προεξοχή (πετύγιο) μήκους όσο και του κυλίνδρου, όπου έχει τη δυνατότητα να απομακρύνεται και έχει τη διεύθυνση της ακτίνας του κυλίνδρου. Πάνω από τη μηχανή μας δείχνει αυτόματα τον αριθμό στροφών που πραγματοποιεί η μηχανή, αυτό συνδέεται με τη συσκευή με ένα καλώδιο.



Μηχανή Los Angeles



Εξοπλισμός για τη δοκιμή Los Angeles



Χαλύβδινες σφαίρες

2) Κόσκινα

3) Φορτίο τριβής αποτελείται από χαλύβδινες σφαίρες. Ο αριθμός των σφαιρών εξαρτάται από τη διαβάθμιση του υλικού όπου είναι:

Διαβάθμιση	Αριθμός σφαιρών	Βάρος φορτίου σφαιρών (gr)
A	12	5.000
B	11	4.584
Γ	8	3.330
Δ	6	2.500
E	12	5.000
Z	12	5.000
H	12	5.000

- 4) Ζυγός ακρίβειας
- 5) Κλίβανος ξηράνσεως
- 6) Λεκάνες υποδοχείς δειγμάτων και διάφοροι σάκοι υποδοχής δειγμάτων

3.2.3 Διαδικασία δοκιμής

- 1) Το δείγμα της δοκιμής παραλαμβάνεται και ξηραίνεται στον κλίβανο ξηράνσεως σε θερμοκρασία 105-110 C μέχρι να σταθεροποιηθεί το βάρος του.
- 2) Επιλέγουμε την κατάλληλη ποσότητα και την κατάλληλη διαβάθμιση βάση του παραπάνω πίνακα αφού ήδη έχει βγει το δείγμα από τον κλίβανο ξηράνσεως.
- 3) Λίγο πριν πραγματοποιήσουμε τη δοκιμή ζυγίζουμε με ακρίβεια το δείγμα.
- 4) Τοποθετούμε το δείγμα μαζί με τον αντίστοιχο αριθμό σφαιρών μέσα στη μηχανή.
- 5) Βιδώνουμε τη θυρίδα και βάζουμε σε λειτουργία τη συσκευή η οποία πρέπει να περιστρέφεται με 30-33 στροφές ανά λεπτό. Η δοκιμή διαρκεί έως ότου συμπληρωθούν η 500 στροφές για τις διαβαθμίσεις A, B, Γ, Δ και 1000 στροφές για τις E, Z, H.



Μηχανή Los Angeles εν ώρα λειτουργίας



Πίνακας όπου δείχνει τον αριθμό στροφών της μηχανής

- 6) Μόλις συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός στροφών αφού αφήσουμε τη μηχανή εξάγουμε το υλικό και το κοσκινίζουμε στο κόσκινο Νο 12
- 7) Το υλικό το οποίο συγκρατείται από το κόσκινο Νο 12 πλένεται, ξηραίνεται και εν συνεχεία ζυγίζεται



Δείγμα κατάλληλο για τη δοκιμή Los Angeles πριν το κοσκίνισμα



Κόσκινα για το κοσκίνισμα σκύρων



Χονδρόκοκκα υλικά σε σάκους φύλαξης τα οποία έχουν υποβληθεί στη δοκιμή Los Angeles.
(Στον κάθε σάκο ξεχωριστά έχουν καταγραφεί στοιχεία σχετικά με τα συμπεράσματα από τη δοκιμή Los Angeles)

3.2.4 Υπολογισμοί

Το ζητούμενο στη δοκιμή Los Angeles είναι ο προσδιορισμός του ποσοστού της φθοράς (H %) όπου βρίσκεται από τον τύπο :

$$H \% = A - B * 100 / A$$

Όπου:

A: Αρχικό βάρος του δείγματος

B: Τελικό βάρος δείγματος συγκρατούμενο από το κόσκινο Νο 12

3.2.5 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ					ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
<u>ΦΘΟΡΑ LOS ANGELES - LOS ANGELES ABRASION</u> <u>(AASHTO T-96)</u>						
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08		ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 12/4/09 ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Σκύρα		
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ						
ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ	A	B	C	D		
ΕΦΑΡΜ. ΦΟΡΤΙΑ	12	11	8	6	ΠΟΣΟΣΤΟ ΦΘΟΡΑΣ max.	50%
					ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ	500
ΜΕΓ. ΚΟΣΚΙΝΟΥ	mm	ΒΑΡΟΣ ΣΕ ΓΡΑΜ.			ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	
37.5 - 25.0		1250			TEST No.	ΦΘΟΡΑ / ΦΟΡΤΙΑ
25.0 - 19.0		1250				
19.0 - 12.5		1250	2500		1	$\frac{5000 - 3724}{5000} = 25,52\%$
12.5 - 9.5		1250	2500			
9.5 - 6.3				2500	2	$\frac{5000 - 3702}{5000} = 25,96\%$
6.3 - 4.75				2500		
4.75 - 2.36				5000	(MO) =	26 %

3.2.6 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

- 1) Η δοκιμή θεωρείται κατάλληλη αποκλειστικά για τον προσδιορισμό των χονδρόκοκκων αδρανών (φυσικά αδρανή και θραυστα) σε κρούση παρά μόνον σε ξηρές συνθήκες
- 2) Είναι ακατάλληλη για τον προσδιορισμό αντοχής αδρανών σε τριβή
- 3) Επίσης τα αποτελέσματα της δοκιμής είναι αναξιόπιστα για υλικά που πρόκειται να υποβληθούν σε ακραίες καιρικές συνθήκες (ψύχος, έντονη παρουσία νερού)
- 4) Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής (βαθμός σκληρότητας) χαρακτηρίζουμε ένα αδρανές υλικό ως σκληρό, μαλακό ή ενδιάμεσης σκληρότητας
- 5) Τα υλικά που παρουσιάζουν φθορά μεγαλύτερη του 40% θεωρούνται αμφιβόλου ποιότητας και χαρακτηρίζονται ως μαλακά και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιφανειακές στρώσεις αλλά βρίσκουν εφαρμογή σε αναμίξεις με ασφαλτικό υλικό
- 6) Για φθορά μικρότερη του 40% βρίσκει εφαρμογή σε Παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος, βιομηχανικά δάπεδα, στρώσεις σκυροδεμάτων οδοποιίας
- 7) Με φθορά όχι μεγαλύτερη του 50% για την κατασκευή βάσεων και υποβάσεων στην οδοποιία.
- 8) Το υλικό μου με ποσοστό της φθοράς $H \% = 26 \%$, χαρακτηρίζονται ως ενδιάμεσης σκληρότητας. Με βάση αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος, βιομηχανικά δάπεδα, στρώσεις σκυροδεμάτων οδοποιίας και για την κατασκευή βάσεων, υποβάσεων στην οδοποιία.

3.3 Προσδιορισμός φθοράς σε τριβή παρουσία νερού, αδρανών υλικών (MICRODEVAL)

3.3.1 Εισαγωγή - Σκοπός

Όλα τα αδρανή υλικά τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε έργα οδοποιίας πρέπει να πληρούν κάποιες απαραίτητες προδιαγραφές και να έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Γι' αυτόν το λόγο έχουν επινοηθεί αμέτρητες δοκιμές ώστε να υποβάλλονται τα υποψήφια υλικά σε διάφορες δοκιμές ώστε να διευκρινίζονται οι ιδιότητές τους, με αποτέλεσμα να ξέρουμε που είναι κατάλληλα και που δεν είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν. Σχετικά με τον προσδιορισμό αντοχής πετρωμάτων σε τριβή και κρούση τα οποία χρησιμοποιούνταν κυρίως σε έργα οδοποιίας εδώ και πάρα πολλά χρόνια ήταν ευρέως διαδεδομένη η δοκιμή Los Angeles σχεδόν σε όλα τα κράτη και η δοκιμή Nordic Ball Mill Test που ήταν κυρίως γνωστή στις σκανδιναβικές χώρες. Η δυο παραπάνω θεωρούνταν οι πλέον κατάλληλες για τον προσδιορισμό της αντοχής χονδρόκοκκων υλικών σε τριβή και κρούση. Όμως καμία από τις δυο δεν είχε τη δυνατότητα να μπορεί να δοκιμάσει την αντοχή των υλικών κάτω από ακραίες καιρικές συνθήκες. Οι δυο δοκιμές εφαρμόζονταν μόνο σε ξηρά υλικά. Όμως είναι γνωστό ότι κάποια υλικά εάν εμποτιστούν με νερό χάνουν ένα μεγάλο μέρος από τις ιδιότητές τους ή ακόμα διογκώνονται με αποτέλεσμα να έχουν τελείως διαφορετική συμπεριφορά ως προς την αντοχή τους όταν είναι βρεγμένα με νερό. Όλα ξεκίνησαν όταν σε κάποιες περιοχές της Αμερικής καταστράφηκαν κυρίως χιλιόμετρα αυτοκινητοδρόμων και πεζοδρομίων, ο λόγος ήταν οι ακραίες καιρικές συνθήκες για μεγάλη χρονική διάρκεια (δυνατή βροχή, παγετοί) τα αποτελέσματα της ζημιάς αυτής ήταν χιλιάδες δολάρια



Συσκευή MICRODEVAL και Los Angeles δυο



Δοκιμές που συγκρίθηκαν

Για το συγκεκριμένο λόγο ξεκίνησαν πάρα πολλές συγκρίσεις των παραπάνω δυο δοκιμών (ιδιαίτερα της δοκιμής Los Angeles που μέχρι τότε ήταν ευρέως διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο σε σημείο που για δεκαετίες θεωρούνταν αποκλειστική) με μια όχι μέχρι τότε τόσο διαδεδομένη δοκιμή την MICRODEVAL. Στις συγκρίσεις των παραπάνω δοκιμών έλαβαν μέρος εργαστήρια από όλο τον κόσμο και χρησιμοποιήθηκαν διάφορα υλικά, η διάρκειά τους ήταν υπό σειρά πολλών ετών. Τα αποτελέσματα των δοκιμών απέδειξαν ότι η δοκιμή MICRODEVAL είναι η πλέον κατάλληλη για τον προσδιορισμό της αντοχής των αδρανών υλικών. Από τότε και μέχρι σήμερα η δοκιμή MICRODEVAL σε συνδυασμό με τη δοκιμή ευρωστίας μαγνησίου θεωρούνται απαραίτητες. Ενώ η δοκιμή Los Angeles έχει αντικατασταθεί από πάρα πολλές χώρες τη θέση της φυσικά την πήρε η MICRODEVAL. Η Los Angeles θεωρείται δοκιμή προσδιορισμού αντοχής ξηρών υλικών μόνο σε κρούση. Η δοκιμή Microdeval αρχικά αναπτύχθηκε στη Γαλλία κατά τη δεκαετία του 1960 και βασίστηκε στην εξέταση Deval, η οποία αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1900 και τυποποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Αργότερα τροποποιήθηκε από τον Καναδά όπου ανέπτυξε τις δυο δοκιμές για χονδροκοκκα υλικά και τις διαμόρφωσε με βάση τα αμερικανικά πρότυπα προδιαγραφών. Στη συνέχεια επεκτάθηκε σε ολόκληρη την Αμερική όπου χρησιμοποιούνταν κυρίως στα ασφαλτικά. Με την πάροδο του χρόνου η υγρή δοκιμή Microdeval υιοθετήθηκε από πάρα πολλά κράτη. Τελικά εγκρίθηκε τον Ιανουάριο του 1999, αυτό το προσωρινό πρότυπο δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά το Μάιο του 1999. Η Microdeval δοκιμή παρέχει ένα μέτρο αντοχής, αντίστασης σε τριβή και λείανση χονδρόκοκκων αδρανών ορυκτών μέσω των ενεργειών της τριβής, μεταξύ του συνόλου σωματιδίων. Η αρχή της δοκιμής βασίζεται στο ότι πολλά μεγέθη είναι ασθενέστερα όταν υποβάλλονται σε υγρή μορφή απ' ότι σε ξηρά, και η χρήση του νερού σε αυτήν την δοκιμή μέτρα στην ουσία την συγκεκριμένη μείωση. Δηλαδή αναγνωρίζει την υποβάθμιση κάποιων υλικών όταν είναι σε υγρή μορφή, ενώ στην ξηρά μορφή έχουν ιδανικές ιδιότητες. Επομένως μας παρέχει πληροφορίες χρήσιμες, που κρίνει την ανθεκτικότητα (αντοχή) σε τριβή και λείανση των χονδρόκοκκων αδρανών υλικών που υποβάλλονται στην τριβή και στις καιρικές συνθήκες κατά την κατάλληλη δράση. Επίσης με την συγκεκριμένη δοκιμή μπορούν να δοκιμαστούν τα αδρανή και σε ποιο ακραίες συνθήκες π.χ. ψύχος. Κάποια άλλα θετικά στοιχεία της δοκιμής είναι ότι είναι σύντομη ως προς τη διάρκεια πραγματοποίησής της, σχετικά εύκολη στο να πραγματοποιηθεί από κάποιον, ακριβής ως προς τα αποτελέσματά της και σχετικά οικονομική ως προς το κόστος της. Η διαδικασία της δοκιμής της Microdeval είναι παρόμοια με αυτή της Los Angeles μόνο που πραγματοποιείται αποκλειστικά με την παρουσία νερού.

3.3.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

1) Συσκευή Microdeval: Στην αγορά υπάρχουν πολλά είδη συσκευών Microdeval που είναι όλες κατασκευασμένες με βάση διάφορες προδιαγραφές. Οι συσκευές που κυκλοφορούν είναι κατασκευασμένες με βάση τις εξής προδιαγραφές: τις παλιές πλέον Γαλλικές προδιαγραφές CEN, τις προδιαγραφές του Τέξας DOT και τις προδιαγραφές του Καναδά ASTM και AASHTO. Η συσκευή που θα περιγραφεί πληρεί τις προϋποθέσεις για τις τρεις από τις τέσσερις προδιαγραφές και είναι υψηλής τεχνολογίας. Αποτελείται εξωτερικά από ατσάλινο κάλυμμα τετραγωνικής μορφής ή κυλινδρικής που είναι σε όλα του τα σημεία στεγανό (σε μερικές συσκευές υπάρχει παράθυρο επίβλεψης της δοκιμής). Εσωτερικά της συσκευής υπάρχει ένα δοχείο κυλινδρικής μορφής από ανοξείδωτο χάλυβα χωρητικότητας 5 λίτρων, με εσωτερική διάμετρο που κυμαίνεται από 194 έως 202 mm και εσωτερικό ύψος 170 έως 177 mm. Το δοχείο κινείται ελεύθερα και είναι προσαρμοσμένο οριζόντια σε ένα χαλύβδινο κυλινδρικό σωλήνα. Ο συγκεκριμένος αποτελείται από ρουλεμάν και από δίσκους κατεύθυνσης, είναι περιστρεφόμενος και καλυμμένος με ελαστικό δακτύλιο κατά της φθοράς. Επιπλέον εσωτερικά υπάρχει ένας μαγνήτης για την καλύτερη λειτουργία των σφαιριδίων. Όλα τα σημεία της συσκευής που έχουν επαφή με το δοχείο είναι καλυμμένα με δικλίδες ασφαλείας. Η συσκευή τροφοδοτείται με ενέργεια από ένα μικρό κινητήρα. Επίσης υπάρχει προσαρμοσμένο στροφόμετρο και σε κάποιες συσκευές υπάρχει και ψηφιακό χρονόμετρο. Η συσκευή λειτουργεί με τρεις διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής, η εκκίνηση γίνεται με το κουμπί λειτουργίας ενώ σταματά αυτόματα μετά το πέρας των στροφών που έχει ρυθμιστεί να εκτελέσει.



Διάφοροι τύποι συσκευών Microdeval

2) Σφαιρίδια προδιαγραφών από ανοξείδωτο χάλυβα ή ατσάλι με διαστάσεις που κυμαίνονται από 9-10 mm, ο αριθμός των σφαιριδίων που θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από το υλικό που έχουμε στη διάθεσή μας, η πιο συνηθισμένη ποσότητα σφαιριδίων που χρησιμοποιούμε είναι 5000 gr



Σφαιρίδια διαφορετικών διαμέτρων

- 3) Κλίβανος ξηράνσεως θερμοκρασίας $110 \pm 5^\circ\text{C}$
- 4) Δεξαμενή για τον εμποτισμό των δειγμάτων χωρητικότητας τουλάχιστον 4 lit νερού
- 5) Ζυγός ακρίβειας
- 6) Πρότυπα κόσκινα τετραγωνικών οπών σύμφωνα με τις προδιαγραφές ASTM και AASHTO. Τα κόσκινα που θα χρειαστούμε στη δοκιμή θα έχουν άνοιγμα οπών: 19,0 mm, 16,0 mm, 13,2 mm, 9,5mm, 6,7 mm, 4,75 mm και 1,18 mm



Η απαραίτητη σειρά κόσκινων, για την διαδικασία κατάταξης των αδρανών

- 7) Λεκάνες για την τοποθέτηση των αδρανών
- 8) Μαγνήτης για να μας διευκολύνει στο χειρισμό των σφαιρών
- 9) Ψηφιακό χρονόμετρο, το συγκεκριμένο δεν είναι απαραίτητο παρόλα αυτά το χρησιμοποιούμε εάν θέλουμε να υπολογίσουμε τη διάρκεια της δοκιμής

3.3.3 Διαδικασία δοκιμής

- 1) Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται στη δοκιμή πρέπει να διέρχονται από το κόσκινο με άνοιγμα τετραγωνικής οπής 19 mm και να διατηρείται από το κόσκινο οπής 9,5 mm. Η συνολική ποσότητα δείγματος για την υλοποίηση της δοκιμής είναι περίπου 1500 gr. Διαχωρίζουμε τα υλικά που έχουμε στην διάθεσή μας με τα κόσκινα 19,0 mm, 16,0 mm, 13,2 mm, 9,5mm, 6,7 mm, 4,75 mm ανάλογα με το μέγεθός τους. Η διαδικασία αυτή χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες με κόσκινα διαφορετικών οπών, οι κατηγορίες φαίνονται στους παρακάτω πίνακες

Κατηγορία 1: Για μέγιστο μέγεθος κόκκου αδρανών 19 mm

ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΟΠΗΣ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ (GR)
19 mm μέχρι 16 mm	375 gr
16 mm μέχρι 12,5 mm	375 gr
12,5 mm μέχρι 9,5 mm	750 gr
Σύνολο	1500 gr

Κατηγορία 2: Για μέγιστο μέγεθος κόκκου 16 mm

ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΟΠΗΣ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ (GR)
12,5 mm μέχρι 9,5 mm	750 gr
9,5 mm μέχρι 6,7 mm	375 gr
6,7 mm μέχρι 4,75 mm	375 gr
Σύνολο	1500 gr

**Κατηγορία 3: Για την περίπτωση που το μέγεθος κόκκου των αδρανών
είναι μικρότερο των 12,5 mm**

ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗΣ ΟΠΗΣ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ (GR)
9,5 mm μέχρι 6,7 mm	750 gr
6,7 mm μέχρι 4,75 mm	750 gr
Σύνολο	1500 gr

- 2) Μετά τη διαλογή των δειγμάτων, ζυγίζουμε, πλένουμε το υλικό και το τοποθετούμε στον κλίβανο ξηράνσεως
- 3) Βγάζουμε το δείγμα από τον κλίβανο το ζυγίζουμε και καταγράφουμε τα αποτελέσματα
- 4) Τοποθετούμε τα αδρανή στη δεξαμενή και τη γεμίζουμε με 2 lit νερού βρύσης με θεοκρασία περίπου 20 +/- 5 C. Παραμένει στη δεξαμενή για 1 ώρα το ελάχιστο
- 5) Βάζουμε στο δοχείο της συσκευής το κορεσμένο πλέον υλικό μαζί με 5000 gr σφαιρίδια χάλυβα και 2 lt νερό



Το δοχείο της συσκευής Microdeval στο οποίο τοποθετούμε τα αδρανή, τα σφαιρίδια και το νερό



Ανοξειδωτα χαλύβδινα σφαιρίδια

6) Πριν ξεκινήσουμε τη δοκιμή ρυθμίζουμε τη συσκευή με βάση την κατηγορία των υλικών που προέκυψε από τον διαχωρισμό που πραγματοποιήσαμε προηγουμένως, η ρύθμιση έχει ως εξής: για την πρώτη κατηγορία δειγμάτων η συσκευή ρυθμίζεται να εκτελεί 100 στροφές το λεπτό για δυο ώρες. Για την δεύτερη κατηγορία 105 στροφές το λεπτό για δυο ώρες και για την τρίτη κατηγορία 95 στροφές το λεπτό για δυο ώρες. Μετά τις απαραίτητες ρυθμίσεις ασφαλίζουμε τα κλείστρα της συσκευής και εκτελούμε τη δοκιμή



Συσκευή έτοιμη για χρήση

- 7) Μετά το τέλος της δοκιμής με τη βοήθεια μαγνήτη αφού πρώτα αδειάσουμε το νερό από το δοχείο παίρνουμε τα σφαιρίδια
- 8) Αδειάζουμε με προσοχή το υλικό του δοχείου στα κόσκινα με άνοιγμα οπής 4,75 mm και 1,18 mm. Κοσκινίζουμε το υλικό ενώ ταυτόχρονα το ξεπλένουμε με νερό βρύσης
- 9) Απορρίπτουμε τα αδρανή που διαπέρασαν το κόσκινο με άνοιγμα 1,18, ενώ τα υπόλοιπα τα τοποθετούμε στον κλίβανο ξηράνσεως
- 10) Παραλαβή δείγματος από τον κλίβανο και ζύγιση του δείγματος, καταγραφή αποτελεσμάτων

3.3.4 Υπολογισμοί

Ο σκοπός μας σε αυτή τη δοκιμή είναι να υπολογίσουμε την φθορά / απώλεια των υπό εξέταση υλικών στην τριβή, ο τύπος για τον προσδιορισμό της φθοράς είναι: ποσοστό απώλειας % = $(A - B) / A * 100$

Όπου

A: Το βάρος των υλικών πριν τη δοκιμή

B: Το βάρος των υλικών μετά τη δοκιμή

Η ακρίβεια των μετρήσεων πρέπει να είναι 0,1 %

Οι χαρακτηρισμοί κάποιου υλικού ως προς το δείκτη φθοράς του με βάση το αποτέλεσμα είναι: καλός, δίκαιος, φτωχός.

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει το επιτρεπτό ποσοστό απώλειας για κάποια υλικά ευρείας χρήσης

ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΑΠΩΛΕΙΑ %
Χαλίκι, Σκύρο	5%
Διαβάσης, Ανδεσίτης	10%
Δολομίτης, Ψαμμίτης, Γρανίτης, Γνεύσιος	15%

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει την απώλεια που πρέπει να έχουν τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένες εργασίες οδοποιίας

Χρησιμοποίηση	Απώλεια %
Ασφαλτικό υλικό που προορίζεται για βάση σκυροδέματος και δευτεροβάθμια χρήση	21%
Υλικό για κοκκώδη βάση	25%
Υλικό για κοκκώδη υπόβαση	30%
Υλικό που χρησιμοποιείται σαν συμπληρωματικό σε σκυρόδεμα	17%

3.3.5 Αποτελέσματα

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ		ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
<u>ΔΟΚΙΜΗ MICRO-DEVAL</u>			
ΑΡΙΘ.ΔΕΙΓΜ.: ΠΤΥΧΙΑΚΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ: 13/11/08	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ: 16/4/09	
ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ: ΚΟΜΒΟΣ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ		ΕΙΔΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: Σκύρα	
Αριθμός στροφών : 14000 ± 10 , Προσθέστε νερό : $2 \pm 0,05$ lt		ΔΟΚΙΜΙΟ 1	ΔΟΚΙΜΙΟ 2
Κλάσμα $31,5 / 40,0 = (5000\text{gr} \pm 50\text{gr})$		5001	5002
Κλάσμα $40,0 / 50,0 = (5000\text{gr} \pm 50\text{gr})$		5001	5001
Βάρος του υλικού που υποβάλλεται σε έλεγχο ($10000\text{gr} \pm 100\text{gr})$: $M =$		10002	10003
Συγκρατούμενο βάρος στο κόσκινο 1,6mm μετά τη δοκιμή (gr) : $m' =$		8378	8359
Διερχόμενο βάρος στο κόσκινο 1,6mm μετά τη δοκιμή (gr) : $m = 10000 - m' =$		1622	1641
Συντελεστής MicroDeval (M_{DERB}) δοκιμίου = ($10000 - m') / 100 =$		16,2	16,4
Συντελεστής MicroDeval (M_{DERB}) δείγματος = $(M_{DERB}) \leq 20$ $(M_{DE} \text{ δοκ.1} + M_{DE} \text{ δοκ.2}) / 2 =$		16	

3.3.6 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Κατά την πορεία της δοκιμής εκεί που πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή και έμφαση είναι:

- 1) Στο διαχωρισμό των αδρανών υλικών με τα κόσκικα και στον προσδιορισμό του μεγέθους των κόκκων του. Διότι αυτό παίζει σημαντικό ρόλο στο αποτέλεσμα της δοκιμής
- 2) Η απώλεια υγρασίας των αδρανών δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 0,1 gr. Σε περίπτωση που κάποιο υλικό ξεπεράσει αυτό το όριο απορρίπτεται.
- 3) Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί λίγο πριν την πραγματοποίηση της δοκιμής το εσωτερικό (εκτός της επιφάνειας του βάζου) πρέπει να είναι ομαλό και να μην παρατηρούνται κορυφογραμμές ή εγχοπές
- 4) Η δοκιμή είναι η πλέον κατάλληλη για τον προσδιορισμό φθοράς σε τριβή των χονδρόκοκκων κλασμάτων των αδρανών υλικών
- 5) Τα υλικά που εγκρίνονται από τη δοκιμή Microdeval χαρακτηρίζονται ως "Α" ποιότητα
- 6) Σε περίπτωση που συγκρίνουμε ένα υλικό, πραγματοποιούμε παραπάνω από μια δοκιμή για το ίδιο δείγμα και παίρνουμε το μέσο όρο των τιμών του. Οι τιμές πρέπει να μην έχουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους
- 7) Το υπο εξέταση υλικό με ποσοστό απώλειας % = 16 % ,είναι κατάλληλο για χρήση σαν συμπληρωματικό σε σκυρόδεμα και ο χαραχτισμός του ως προς την ποιότητα του είναι μέτριο (δίκαιο).

ΠΗΓΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ν. Παπαχαρίσης - Ι. Γραμματικόπουλος - Ν. Μάνου-Ανδρεάδη: Γεωτεχνική Μηχανική Έρευνα - Γεωτρήσεις - Εργαστήριο Β΄
- Μιλτιάδη Κάπου: Υπόγεια Νερά – Υδροέρευνες – Γεωτρήσεις
- Σ. Σταματάκη, Μάθημα «Τεχνολογία Γεωτρήσεων» Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, www.metal.ntua.gr
- Γκαζέτα: Σημειώσεις Εδαφομηχανικής, Έκδοση Ε.Μ.Π., 2005
- G. Barnes: Εδαφομηχανική: Αρχές και εφαρμογές, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2005
- Μ. Καββαδά: Στοιχεία Εδαφομηχανικής, Έκδοση Ε.Μ.Π., 2005
- Σ. Κωστόπουλου: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ, Εκδόσεις Ιων, 2005
- Ν. Παπαχαρίσης: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ, Εκδόσεις Αφοι Κυριακίδη, 2003
- Β. Γεωργιάννου: ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ-ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: Έκδοση ΕΜΠ, 2007
- M. Budhu: SOIL MECHANICS & FOUNDATIONS, John Wiley & Sons, Inc, 2007
- R. F. Craig: SOIL MECHANICS, E & FN Spon, (6th edition), 1997
- R. D. Holtz, W.W.D. Kovacs: AN INTRODUCTION TO GEOTECHNICAL ENGINEERING, Prentice Hall, (2nd edition), 2008
- ASTM Standards in ASTM (1989). Annual book of ASTM Standards. Sec. 4 Construction, Vol. 04.08, Soil and Rock Building Stones, Geotextiles, Philadelphia, 997 p.
- Ε 105-86. Προδιαγραφές εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής. ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986, Αθήνα
- Κούκης Γ. και Σαμπατακάκης Ν. (2002). Τεχνική Γεωλογία. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Χρηστάρας Β. (2002). Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές εδαφομηχανικής. ΤΕΕ, Αθήνα,
- Budhu, M. (1999). Soil Mechanics and Foundations. John Wiley & Sons Inc. New York, 585 p.
- Dunn, I. S., Anderson, L. R. & Kiefer, F. W. (1980). Fundamentals of geotechnical analysis. John Wiley & Sons, New York, 414 p.
- Ε 105-86. Προδιαγραφές εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής. ΥΠΕΧΩΔΕ, 1986, Αθήνα
- www.odot.state.or.us/techserv/roadway/specs/supplement/0745supl.pdf
- Euro code 7 – ENV 1997
- Γεωτεχνικός Σχεδιασμός
- <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/edafomihaniki/>

- www.minenv.gr
- Σημειώσεις εργαστήριο οδοποιίας II Τμήμα Έργων Υποδομής ΤΕΙ Πατρών
- Σημειώσεις εργαστηρίων εδαφομηχανικής I & II Τμήμα Έργων Υποδομής ΤΕΙ Πατρών
- Εργαστήριο εδαφομηχανικής I & II
- Εργαστήριο του εργοταξίου της ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗΣ & ΕΡΓΟΣΕ.
- www.egnatia.gr
- pubs.nrc-cnrc.gc.ca/rp_ps/volumes
- www.igme.gr
- www.usgs.gov
- www.teicrete.gr/chemistry/matlab
- www.pavetest.gr
- www.orego.gov/ODOT/TD/TP_Res/docs/reports/Microdeval.pdf&rurl
- Προσωρινές εθνικές τεχνικές προδιαγραφές ΠΕΤΕΠ 05-03-01-00