

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ : Σ.Τ.ΕΦ.
ΤΜΗΜΑ : Πολ. Έργων Υποδομής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : Γεωτεχνική Έρευνα – Μελέτη. Για ανέγερση κτιρίων – παράδειγμα Γεωτεχνικής Έρευνας : Κτίριο Κοινωνικών Υπηρεσιών Δήμου Αρταίων.



**Σπουδάστριες : Αρχιμανδρίτη Βιργινία – Ευαγγελία
Λιανού Χριστίνα**

**Εισηγητές : Παγουλάτος Δημήτριος
Χρήστου Ζαχαρίας**

ΠΑΤΡΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....σελ.1
Εδαφοτεχνική Διερεύνηση.....σελ.2
Γεωτρήσεις.....σελ.4
Γεωτρύπανα.....σελ.13
Δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων.....σελ.19
Εδαφοτεχνικές δοκιμές.....σελ.21
Εισαγωγή – Αντικείμενο μελέτης.....σελ.51
Εργασίες Υπαίθρου.....σελ.52
Δειγματοληψία – Επι τόπου δοκιμές.....σελ.55
Γεωλογικές Συνθήκες στην περιοχή του έργου.....σελ.60
Αποτελέσματα γεωτρήσεων – Στρωματογραφία.....σελ.62
Αξιολόγηση αποτελεσμάτων γεωτεχνικών ερευνών.....σελ.65
Εργαστηριακές δοκιμές – Πίνακες.....σελ.77

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρακάτω εργασία πραγματεύεται την εδαφοτεχνική διερεύνηση. Αυτή γίνεται σε κάποιο βάθος ή στην επιφάνεια όταν πρόκειται για τη δόμηση κάποιου τεχνικού έργου. Γίνονται οι κατάλληλες γεωτρήσεις με τη χρήση γεωτρήπανων για τη λήψη εδαφικού δείγματος σε διάφορα βάθη. Έτσι συγκεντρώνονται στοιχεία για τη δομή και σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών και γίνεται εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων.

Συγκεκριμένο παράδειγμα εδαφοτεχνικής διερεύνησης γίνεται με την ανέγερση κτιρίου για τη στέγαση των Κοινωνικών Υπηρεσιών του Δήμου Αρταίων όπου παρουσιάζεται αναλυτικά.

Πρέπει να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους καθηγητές που εισηγήθηκαν αυτή την πτυχιακή κυρίως Παγουλάτο Δημήτριο και Χρήστου Ζαχαρία.

ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Για να κατανοήσουμε και να διερευνήσουμε τα χαρακτηριστικά του εδάφους μιας περιοχής σε κάποιο βάθος ή στην επιφάνεια, όταν πρόκειται για τη δόμηση κάποιου τεχνικού έργου ή για την εξέταση κάποιου φαινομένου θα πρέπει να κάνουμε κάποιες έρευνες.

Για τη διερεύνηση που αναφέρθηκε αποσκοπείται η λήψη πληροφοριών για τους παρακάτω παράγοντες:

1. Τη φύση των σχηματισμών που συγκροτούν το υπέδαφος της περιοχής (εδάφη, πετρώματα, νερά κ.τ.λ).
2. Την κατανομή τους στο χώρο.
3. Τη συμπεριφορά τους κάτω από συνθήκες που θα προκύψουν στο μέλλον (πιέσεις πόρων, αποστράγγιση, κυκλικά φορτία κ.α.).

Σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις όμως Γεωτεχνικών Ερευνών, που ανάγονται σε ειδικά θέματα μελέτης, οι δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις θα συμπληρώνονται από τον Μελετητή με ειδικές προδιαγραφές.

Σκοπός των υπόψη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων είναι:

1. Η συγκέντρωση στοιχείων για τη δομή και σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών.
2. Η λήψη δειγμάτων από διάφορα βάθη για εργαστηριακές δοκιμές.
3. Η εκτέλεση μέσα στη γεώτρηση δοκιμών για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των σχηματισμών στο φυσικό τους περιβάλλον.
4. Ο προσδιορισμός του προσανατολισμού των στρώσεων ρηγμάτων και άλλων τεκτονικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών.

Το είδος του υπεδάφους και οι απαιτήσεις του έργου που μελετάται, καθορίζουν το είδος και τον τρόπο της δειγματοληψίας ή των επί τόπου δοκιμών που πρέπει να γίνουν.

Την ευθύνη για τον καθορισμό του προγράμματος της γεωτεχνικής έρευνας και των διαφόρων στοιχείων που χαρακτηρίζουν μια προς εκτέλεση δειγματοληπτική γεώτρηση έχει ο Μελετητής του έργου, καθώς και ο ειδικός για τις υπόψη εργασίες Μελετητής.

Έτσι θα καθορίζεται απ'αυτόν :

1. Ο σκοπός της γεωτρητικής έρευνας.
2. Η θέση κάθε γεωτρήσεως, τόσο πάνω στον τοπογραφικό χάρτη με κατάλληλη κλίμακα, όσο και επί τόπου.
3. Το ενδεικτικό βάθος κάθε γεωτρήσεως.

4. Η ελάχιστη διάμετρος της οπής της γεωτρήσεως, η κλίμακα και η διεύθυνση της.
5. Το είδος, η διάμετρος και η συχνότητα των δειγμάτων που θα ληφθούν καθώς και τα είδη και η συχνότητα όλων των επί τόπου δοκιμών και μετρήσεων που θα γίνουν κατά τη διάρκεια της εκτελέσεως της γεωτρήσεως.
6. Σύνομη περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών που αναμένονται να βρεθούν στη γεώτρηση.

ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Σαν γεώτρηση ορίζεται η εργασία εκείνη όπου με ειδικό μηχανικό εξοπλισμό διανοίγεται " διάτρημα " με καθορισμένο βάθος, τελική διάμετρο και καθορισμένη διεύθυνση. Η εργασία γίνεται με περιστροφική ή κρουστική διάταξη για δειγματοληψία εδάφους ή πετρώματος, με τη βοήθεια συνήθως νερού ή αέρα.

Οι γεωτρήσεις διακρίνονται σε κατηγορίες που είναι δυνατόν να συνοψισθούν στα παρακάτω :

Ως προς το βάθος

1. Σε αβαθείς, με μέγιστο βάθος τα 500 μέτρα και με ιπποδύναμη κινητήρα γεωτρήσανου από 50 μέχρι 150 HP.
2. Σε βαθιές, με μέγιστο βάθος τα 4000 μέτρα και με ιπποδύναμη κινητήρα γεωτρήσανου από 1000 έως 2000 HP και
3. Σε υπερβαθείς, με μέγιστο βάθος που δυνατόν να υπερβεί τα 7000 μέτρα και με ιπποδύναμη κινητήρα γεωτρήσανου που υπερβαίνει τους 2000 HP.

Ως προς τον σκοπό

1. Σε ερευνητικές, που διακρίνονται σε μεταλλειολογικής έρευνας, για τον εντοπισμό και καθορισμό κοιτασμάτων και γεωτεχνικής έρευνας, με σκοπό τον καθορισμό των γεωτεχνικών δεδομένων, για την αντιμετώπιση προβλημάτων κυρίως έργων Πολιτικού Μηχανικού.
2. Σε παραγωγικές ή εκμετάλλευσης, κυρίως φυσικών αερίων και υγρών καυσίμων, ύδατος και στη διάνοιξη σηράγγων με τη μέθοδο της ολομέτωσης προσβολής.
3. Σε βοηθητικές, όπως τοποθέτησης οργάνων, τσιμεντενέσεων, αποστραγγίσεων, καταβίβασμού του υπόγειου ορίζοντα (well points), έρευνα διαπερατότητας .

Ως προς τη μέθοδο διάτρησης

1. Σε περιστροφικές, όπου η προχώρηση γίνεται με υδραυλική πίεση και περιστροφή της γεωτρητικής στήλης δειγματοληψίας.
2. Σε κρουστικές, όπου η προχώρηση γίνεται κρουστικά χωρίς τη λήψη πυρήνων (καρότων).

Ως προς τη μέθοδο εξαγωγής του υλικού

1. Με τη μέθοδο έκπλυσης (διοχέτευση υγρού διάτρησης) όπου διακρίνουμε τη:

i. Μέθοδο κανονικής έκπλυσης, με διοχέτευση υγρού διάτρησης υπό πίεση διαμέσου των κοίλων στελεχών της διατρητικής στήλης και τη

ii. Μέθοδο αντίθετης έκπλυσης, με διοχέτευση υγρού διάτρησης υπό πίεση δια μέσου των σωληνωμένων τοιχωμάτων του γεωτρήματος και επιστροφή του μέσω των κοίλων στελεχών της διατρητικής στήλης.

2. Με την ξηρά μέθοδο (φραγμός), με διακοπή των υγρών έκπλυσης.

Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις

Η ασφαλής εκτέλεση ενός έργου, ανεξαρτήτως μεγέθους, απαιτεί την επαρκή γνώση των επιφανειακών και υπόγειων συνθηκών που επικρατούν επί τόπου του έργου. Η γνώση αυτή αποκτάται μέσω μιας Γεωτεχνικής έρευνας που θα διεξαχθεί στην περιοχή κατασκευής του έργου.

Έργα στα οποία θα ήταν δυνατόν να αναφερθούμε ότι άμεσα η γνώση της γεωτεχνικής κατάστασης του εδάφους έχει μέγιστη επίδραση στην εκτέλεση τους, είναι :

- 1) Έργα όπου η αλληλεξάρτηση των κατασκευών και του εδάφους είναι το άμεσο πρόβλημα.
- 2) Έργα που το κύριο υλικό κατασκευής είναι το έδαφος και
- 3) Έργα διαμόρφωσης του φυσικού εδάφους και πετρωμάτων.

Κύριος τρόπος για την γνώση της γεωτεχνικής κατάστασης, σε όλες αυτές τις κατηγορίες έργων που έχουν αναφερθεί, είναι η δειγματοληψία και η διερεύνηση των δειγμάτων στο εργαστήριο.

Δειγματοληψία είναι μια μηχανική τεχνική, κατά την οποία με μια σειρά ενεργειών επιτυγχάνεται εξαγωγή τεμαχίων (δειγμάτων) εδάφους ή πετρώματος από μια εδαφική ή βραχώδη μάζα.

Κατ' αυτόν τον τρόπο η δειγματοληψία είναι μέρος μιας πολύ σπουδαίας λειτουργίας που εντάσσεται στα πλαίσια μιας Γεωτεχνικής έρευνας. Η δειγματοληψία καθίσταται η μέθοδος εξαγωγής και προσκόμισης δειγμάτων στο εργαστήριο για προσδιορισμό των χαρακτηριστικών παραμέτρων μιας εδαφικής ή βραχώδους μάζας. Η δειγματοληψία κατά κύριο λόγο σε υπόγεια στρώματα εδάφους ή πετρωμάτων γίνεται με τη χρήση " γεωτρητικών δειγματοληπτικών μεθόδων ", όπου με τη χρησιμοποίηση υδραυλικού γεωτρύπανου και δειγματολήπτου, " πυρηνοσύλεκτου ", αποσπάται δείγμα εδάφους από οποιοδήποτε βάθος στρώματος για εργαστηριακή χρήση. Τα δείγματα αυτά είναι δυνατόν υπό ορισμένες συνθήκες να είναι " αδιατάρακτα ", δηλαδή δείγματα χωρίς διατάραξης της υφής της δομής τους, ή " διαταραγμένα ", με διαταραγμένη υφή.

Ο κύριος εξοπλισμός που απαιτείται για μια γεωτεχνική έρευνα, αποτελείται από :

1) Υδραυλικό περιστροφικό δειγματοληπτικό γεωτρύπανο σε έλκηθρα ή σε αυτοκινούμενο όχημα.

2) Εξοπλισμό που περιλαμβάνει στελέχη, δειγματολήπτες, κοπτικά άκρα, σωληνώσεις και αντλίες νερού.

3) Εξοπλισμούς των επί τόπου δοκιμών, όπως π.χ. της πρότυπης δοκιμής διείσδυσης κατά Terzaghi (S.P.T.) και του προσδιορισμού του συντελεστού διαπερατότητας K , κατά Lugeon, Lefranc ή Maag.

4) Εργαστήριο εδαφομηχανικής.

Όπως έχει προαναφερθεί κυρίως, ο αριθμός, το μέγεθος, το είδος και η ποιότητα του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται σε μια έρευνα εξαρτάται από το διαθέσιμο χρόνο για το πέρας της έρευνας, το μέγεθος και είδος της και την πορεία και εξέλιξή της. Επίσης ο εξοπλισμός δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται κυρίως από το είδος των πληροφοριών που απαιτούνται, και το είδος των εδαφικών υλικών που θα διατρηθούν και εξεταστούν στο εργαστήριο σε κατάλληλες δοκιμές. Έτσι π.χ. θα πρέπει να εξετάζεται αν τα διατρήματα θα γίνονται σε αμμώδη, αμμοχαλικώδη ή αργιλικά εδάφη και αν για την έρευνα απαιτούνται δείγματα διαταραγμένα ή αδιατάρακτα.

Περιστροφικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις

Η επιτυχία μιας γεωτεχνικής έρευνας εξαρτάται κυρίως από την όσο το δυνατόν καλύτερη δειγματοληψία, σε όλο το βάθος του εδάφους που θα επηρεαστεί από την κατασκευή ενός έργου.

Η μέθοδος που αποδίδει την καλύτερη ποιότητα δειγμάτων εδάφους ή πετρώματος, με τις συνθήκες που δυνατόν να επικρατούν στο χώρο δειγματοληψίας, είναι η περιστροφική διάτρηση, και απόληψη πυρήνων με ειδικούς για κάθε περίπτωση πυρηνοσυλλέκτες (σωλήνες, δειγματολήπτες, καροταρίες), που ανασύρουν τα δείγματα στην επιφάνεια του εδάφους από το βάθος διάτρησης.

Η χρήση μιας από τις μεθόδους περιστροφικής διάτρησης εξαρτάται από την ποιότητα του εδάφους που διατρέεται. Έτσι κυρίως διακρίνουμε 2 μεθόδους :

1. Μέθοδος απευθείας διάτρησης με καροταρία

Η πρώτη αυτή μέθοδος διάτρησης και δειγματοληψίας, χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που τα εδαφικά στρώματα μετά τη διάτρηση είναι δυνατόν να παραμείνουν στη θέση τους, χωρίς στο διάτρημα να παρατηρηθούν καταπτώσεις ή διογκώσεις των τοιχωμάτων του.

Κατά τη μέθοδο αυτή, η διάτρηση των επιφανειακών εδαφικών σχηματισμών, μέχρι το συμπαγές υπόβαθρο, γίνεται με περιστροφή της διατρητικής στήλης μέσα από τις κοίλες κοπτικές κεφαλές (κορώνες) και με απόληψη του δείγματος με δειγματολήπτες εδάφους ή πυρηνοσυλλέκτες, ενώ στη συνέχεια γίνεται χρήση και εφαρμογή σωλήνων για την επένδυση και προστασία του διατρήματος από κατολισθήσεις των τοιχωμάτων.

Στην περίπτωση αυτή η διάτρηση είναι δυνατόν να γίνεται με μονή κυρίως καροταρία (σωλήνα), για τα εδάφη και κοπτικής κεφαλής σκληρών μετάλλων (π.χ. καρβίδια του τουγκστενίου), ή διπλή για τα πετρώματα, με κοπτική κεφαλή με κόκκους ή σκόνη διαμαντιών (διαμαντοκορώνα), ανάλογα της σκληρότητας τους.

2. Μέθοδος απευθείας διάτρησης και επένδυσης με σωλήνες επένδυσής

Η δεύτερη μέθοδος διάτρησης και δειγματοληψίας, χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που τα εδαφικά στρώματα που διατρήονται, δεν παραμένουν στη θέση τους και στο διάτρημα παρατηρούνται καταπτώσεις των τοιχωμάτων, με κίνδυνο απώλειας της γεώτρησης ή και του εξοπλισμού γεώτρησης.

Στην περίπτωση της δεύτερης αυτής μεθόδου, η διάτρηση των επιφανειακών σχηματισμών, μέχρι το συμπαγές πέτρωμα, γίνεται απ' ευθείας με τη χρησιμοποίηση σωλήνων επένδυσης που φέρουν στο πρόσθιο άκρο της στήλης κοπτική κεφαλή.

Στη μέθοδο αυτή, η διάτρηση κατά το δυνατόν γίνεται με τηλεσκοπική επένδυση του γεωτρήματος, με αρχική διάτρηση μονής κυρίως καροταρίας για τα εδάφη και κοπτικής κεφαλής σκληρών μετάλλων, ή διπλής για τα πετρώματα, κοπτικής κεφαλής με κόκκους ή σκόνη διαμαντιών. Στη συνέχεια ακολουθεί επαναδιάτρηση διεύρυνσης και προώθηση της σωλήνωσης επένδυσης μέχρι του πυθμένα του γεωτρήματος. Η κοπτική κεφαλή της σωλήνωσης επένδυσης (κορώνες πέλματος σωλήνων, Casing Shoe Bit),είναι συνήθως όμοια με την κοπτική κεφαλή του πυρηνοσυλλέκτη ή και μιας τάξης κατώτερης από άποψη κοπτικής ικανότητας. Αυτό γίνεται επειδή έχουμε μόνο διεύρυνση του διατρήματος για την εισχώρηση της σωλήνωσης επένδυσης.

Στις μεθόδους αυτές θα πρέπει να συνυπολογίζεται πάντοτε και η δυσμενής ή ευνοϊκή επιρροή που εξασκεί στα τοιχώματα του γεωτρήματος, για τη συγκράτηση του, η ροή του νερού ή των υγρών έκπλυσης (π.χ. λάσπη μπετονίτου), κατά τη γεώτρηση.

Χρήση άλλων μεθόδων

Εκτός από αυτές τις δύο κύριες μεθόδους διάτρησης και δειγματοληψίας, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούν ειδικά εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας, που συγκρατούν τα τοιχώματα του διατρήματος και διευκολύνουν τη δειγματοληψία.

Η μέθοδος διάτρησης Wire – Line

Κατά τη διάτρηση και δειγματοληψία αναπόφευκτο μειονέκτημα είναι η εισαγωγή και εξαγωγή της διατρητικής στήλης με τα δειγματοληπτικά εξαρτήματα. Η εργασία αυτή απαιτεί μεγάλο χρόνο και μάλιστα όταν το βάθος του διατρήματος είναι μεγάλο και τα πετρώματα κατακερματισμένα ο χρόνος διεξαγωγής της γεώτρησης αυξάνει πολλαπλάσια. Επί πλέον όταν κατά την αρχή της διάτρησης συναντώνται εναλλαγές στρωμάτων αργίλων, άμμων και αμμοχαλίκων ή και στη συνέχεια κατακερματισμένα πετρώματα, όπου και η διατήρηση του διατρήματος είναι σχεδόν αδύνατη και όπως έχει αναφερθεί, υπάρχει κίνδυνος απώλειας των γεωτρητικών οργάνων, τότε εκτός του παράγοντος χρόνου, υπάρχει και η απαίτηση επένδυσης του γεωτρήματος με αύξηση του κόστους της γεώτρησης.

Για την αποφυγή όλων αυτών των μειονεκτημάτων εισαγωγής και εξαγωγής της διατρητικής στήλης και επένδυσης του γεωτρήματος, εφαρμόζεται η μέθοδος " Wire Line drilling ".

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται εξοπλισμός που περιλαμβάνει πυρηνοσυλλεκτική ανεξάρτητο της γεωτρητικής στήλης που αποτελείται από ειδικούς σωλήνες επένδυσης. Η διάμετρος των ειδικών αυτών σωλήνων της στήλης διάτρησης είναι λίγο μεγαλύτερη απ'αυτή του πυρηνοσυλλεκτική.

Η διάτρηση γίνεται με τη διατρητική στήλη των σωλήνων, που στο άκρο της φέρει απ'ευθείας διατρητική κεφαλή (κορώνα), με εκγλύφανο (φρέζα) και στο εσωτερικό των σωλήνων κινείται ο πυρηνosuλλέκτης, σχηματίζοντας έτσι διπλό πυρηνosuλλέκτη. Ο πυρηνosuλλέκτης εισάγεται και ασφαρίζεται στο άκρο της στήλης των στελεχών και κατά τη διάτρηση λειτουργεί σαν υποδοχέας του πυρήνα (καρότου).

Η εισαγωγή και εξαγωγή του πυρηνosuλλέκτου γίνεται με διάταξη αρπάγης που προσαρμόζεται σε αιχμή ακοντίου που φέρει στην κεφαλή του ο πυρηνosuλλέκτης. Ο εξοπλισμός αλίευσης έχει την ίδια εξωτερική διάμετρο με τον πυρηνosuλλέκτη και απαιτεί βαρούλκο για την εισαγωγή και εξαγωγή του. Μετά την πλήρωση ή μη, περαιτέρω προχώρηση του συστήματος δειγματοληψίας σε διάτρηση, εισάγεται το σύστημα αλίευσης, απελευθερώνεται από τη διατρητική στήλη ο πυρηνosuλλέκτης και εξάγεται. Η εισαγωγή νέου κενού πυρηνosuλλέκτη γίνεται πάλι με το σύστημα αλίευσης ή εάν υπάρχει νερό στο γεώτρημα αφήνεται ελεύθερο να πέσει στο κενό των στελεχών.

Γεωτρητικός εξοπλισμός και τυποποίησή του

Μια δειγματοληπτική περιστροφική γεώτρηση, υδραυλικής προώθησης, αποσκοπεί στη λήψη εδαφικών ή βραχώδων δειγμάτων για τον καθορισμό μετά από τον Εργαστηριακό έλεγχο, της εδαφικής τομής και των χαρακτηριστικών παραμέτρων του εδάφους στη θέση του έργου. Για το λόγο αυτό στα γεωτρήματα χρησιμοποιείται ο κατάλληλος εξοπλισμός γεώτρησης και δειγματοληψίας. Τον εξοπλισμό αυτόν είναι δυνατόν να τον κατατάξουμε σε τρεις ομάδες :

Εξοπλισμός επιφανείας.

Στον εξοπλισμό επιφανείας περιλαμβάνονται: γεωτρήματα, αντλίες, πύργοι ή ιστοί ανύψωσης και άλλα βοηθητικά μηχανήματα.

Εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας.

Στα εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας, περιλαμβάνονται: στελέχη διάτρησης, σωλήνες επένδυσης, δειγματολήπτες και άλλα βοηθητικά εξαρτήματα.

Όργανα επί τόπου δοκιμών

Στα όργανα των επί τόπου δοκιμών, περιλαμβάνονται: συσκευές, εξαρτήματα, και όργανα ελέγχου, για την πραγματοποίηση δοκιμών εντός και εκτός γεωτρήσεων.

Δυστυχώς δεν υπάρχει τυποποίηση του κύριου εξοπλισμού γεωτρήσεων, εκτός από αυτές που αφορούν τη σχεδίαση διαφόρων εξαρτημάτων που εξυπηρετούν παρόμοιους σκοπούς. Έτσι έχουμε ότι:

Ένα γεωτρήματο χαρακτηρίζεται από την ικανότητα του για διάτρηση μέχρι ορισμένου βάθους σε μέτρα ή πόδια.

Οι μηχανισμοί προώθησης και περιστροφής χαρακτηρίζονται από τη μέγιστη διάμετρο στελέχους ή σωλήνα επένδυσης, που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί.

Οι αντλίες κατασκευάζονται για να παρέχουν ορισμένη ποσότητα νερού, για ορισμένη πίεση νερού.

Οι πύργοι για τη χρησιμοποίηση του συρματοσχοινίου του τυμπάνου έλξης, έχουν ορισμένο ύψος ανάλογα με την ικανότητα διάτρησης του γεωτρυπάνου.

Σχετική όμως τυποποίηση υπάρχει στα εξαρτήματα αδαμαντοφόρου γεωτρητικού εξοπλισμού. Η τυποποίηση αυτή αφορά τις διαστάσεις σε εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας, όπως η εξωτερική και εσωτερική διάμετρος από στελέχη, σωλήνες επένδυσης, δειγματολήπτες, κοπτικά άκρα και εκγλύφανα.

Η τυποποίηση αυτή προέρχεται από χώρες που παράγουν τα υλικά αυτά όπως οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Σουηδία, η πρώην Σοβιετική Ένωση, η Ιαπωνία και η Αυστραλία και αφορά τις ίδιες χώρες με διαστάσεις σε πόδια/ίντσες ή μέτρα/χιλιοστά, με κύρια χαρακτηριστική διάμετρο στις γεωτρήσεις 3" για τις Η.Π.Α., Μ. Βρετανία και 76mm για τη Σουηδία και Γαλλία.

Κατ' αυτό τον τρόπο έχουν καθιερωθεί δύο πρότυπα τυποποιήσεων :

1. Των Η.Π.Α., τυποποίηση DCDMA (DCDMA Standards) και
2. της Σουηδίας, μετρική τυποποίηση (Metric standards), που εφαρμόζεται από την CRAELIUS.

Η παρουσίαση των προτύπων διαστάσεων κατά DCDMA δίνεται με τα κεφαλαία γράμματα E, A, B, N σαν πρώτο γράμμα και σαν δεύτερο το γράμμα Ομάδος " X " ή " W ", ενώ σε περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και τα γράμματα σχεδιασμού " M ", " G ", και " T ".

Σήμερα ο οργανισμός τυποποιήσεων καλύπτει με προδιαγραφές στο σύνολο ή εν μέρει, διαμαντοκορώνες, εκγλύφανα (φρέζες), πυρηνοσυλλέκτες (καροταρίες), στελέχη διάτρησης, συνδέσμους (μούφες), περιβλήματα σωλήνων και δειγματολήπτες με τάσεις συνεχούς επέκτασης των τυποποιήσεων.

Στην Ελλάδα τεχνικές εταιρείες όπως π.χ. η Tecnodrill, κατασκευάζουν όλο το διατρητικό εξοπλισμό που απαιτείται σε γεωτρητικές εργασίες και κατά τις δύο τυποποιήσεις.

Η χρήση γραμμάτων σαν ονόματα για τον εξοπλισμό διαμαντοδιατρήσεων, έτσι ώστε να δίνεται η ευκαιρία σχετικής κατάταξης της διαμέτρου του διατρήματος ήταν λογική και εύχρηστη. Το σύστημα ονοματολογίας αυτό συνεχίζεται μέχρι σήμερα σε τρόπο που τα πρώτα γράμματα E, A, B και N που αντιστοιχούν στο μέγεθος της διαμαντοκορώνας, να προσδιορίζουν προσεγγιστικά και το μέγεθος του διατρήματος.

Με τη σταθεροποίηση αυτών των τεσσάρων διαμαντοκορώνων δημιουργήθηκαν και τέσσερις αντίστοιχοι σωλήνες επένδυσης για τη σταθεροποίηση του διατρήματος μέσα από τους οποίους και διέρχονται.

Το σύστημα αυτό των διαμαντοκορώνων και σωλήνων επένδυσης ανά ζεύγη, σημειώνεται με τη χρησιμοποίηση του δεύτερου γράμματος Ομάδος " X " και δημιουργούνται οι ομάδες EX, AX, BX και NX που αναφέρονται και

καλύπτουν το σύνολο των τυποποιημένων εξαρτημάτων που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα.

Για τα στελέχη διάτρησης μόνο που η διάμετρος τους αλληλεξαρτάται από το μέγεθος της διαμέτρου του πυρηνosuλλέκτου, έγινε επανασχεδίαση των στελεχών διάτρησης σε συμφωνία με τις βασικές διαμέτρους της ομάδας " X " από το γράμμα " W " . Οι νέες ονοματολογίες των στελεχών διάτρησης ανταποκρίνονται στις ομάδες EW, AW, BW και NW, με αντιστοιχία των δύο γραμμάτων " X " και " W " .

Εκτός από τις κύριες ονοματολογίες του ενός ή των δύο γραμμάτων για τις βασικές διαμέτρους δόθηκε δυνατότητα για ειδικές περιπτώσεις σχεδιασμού και άλλων διαστάσεων με αντιστοιχία τρίτου γράμματος. Τα γράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το M " , " G " , και " T " με προσάρτηση στην ομάδα " W " , δηλαδή έχουμε την εξελιγμένη σχεδίαση με ονοματολογία , EWM,, NWM, EWG,, NWG και EWT,, NWT, των τριών γραμμάτων.

Επί πλέον η σειρά των πρώτων γραμμάτων έχει αυξηθεί με την προσάρτηση και άλλων γραμμάτων με τελική εξέλιξη, κατά σειρά αυξημένης διαμέτρου διατρήματος, την σειρά R, E, A, B, N, K, H, P, S, U και Z. Στα γράμματα αυτά είναι δυνατόν να προστεθούν δεύτερα ή και τρίτα γράμματα κατά περίπτωση.

Το καλό είναι ότι τα τυποποιημένα εξαρτήματα σύμφωνα με τα δύο συστήματα, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν με κύριο εξοπλισμό οποιασδήποτε τυποποίησης π.χ. είναι δυνατόν εύκολα να εργαστεί κανείς με στέλεχος " B " και πυρηνosuλλέκτη CRAELIUS 56mm ή αντίστοιχα με στέλεχος CRAELIUS 50 mm και πυρηνosuλλέκτη " BX " , αρκεί να χρησιμοποιήσει σύνδεσμο εισαγωγής (μούφα) του πυρηνosuλλέκτη των 56 mm ή " BX " προς το στέλεχος " B " ή 50 mm. Στους σωλήνες επένδυσης και στους πυρηνosuλλέκτες κυρίως είναι εμφανείς οι διαφορές διαστάσεων και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται εξαρτήματα του ίδιου συστήματος τυποποίησης με τον κύριο εξοπλισμό, πράγμα που αποτελεί και πρακτικό κανόνα.

Η αλληλοσύνδεση των δύο συστημάτων τυποποίησης έχει σαν αποτέλεσμα από πρακτική άποψη, οι διάμετροι πυρήνων που παίρνουμε κατά τα δύο συστήματα τυποποιήσεων να είναι πρακτικά ίδιοι, όπως π.χ. χρησιμοποιώντας πυρηνosuλλέκτες NX, BX, AX ή EX του συστήματος DCDMA και 66, 56, 46, και 36 mm, του μετρικού συστήματος.

ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ

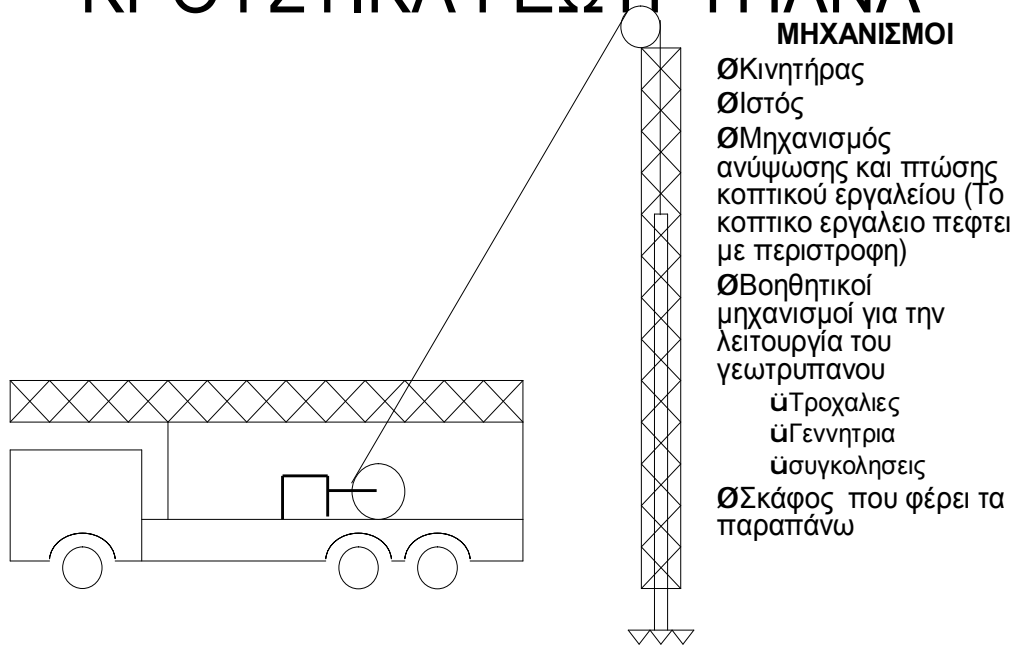
Είναι τα κατ'εξοχήν μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τη διάτρηση και δειγματοληψία εδαφών ή πετρωμάτων. Η κίνηση και η προώθηση της γεωτρητικής στήλης δειγματοληψίας, γίνεται με μηχανή εσωτερικής καύσης (DIESEL) μέσω συστήματος μετάδοσης κίνησης. Η παρακάτω αναφορά μας θα γίνει για δειγματοληπτικά γεωτρύπανα, περιστροφικά, υδραυλικής προώθησης.

Οι γεωτρήσεις δεν περιορίζονται μόνο στην ξηρά αλλά γίνονται και από πλωτά μέσα με τον ίδιο εξοπλισμό.

Γεωτρύπανα συνήθως χρησιμοποιούμενα στην Ελλάδα είναι διαφόρων τύπων των εργοστασίων: ACKER, JOY, LONG YEAR, CRAELIUS, BOYLES και άλλα.

Σ'ένα γεωτρύπανο διακρίνονται τα παρακάτω μέρη:

ΚΡΟΥΣΤΙΚΑ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ

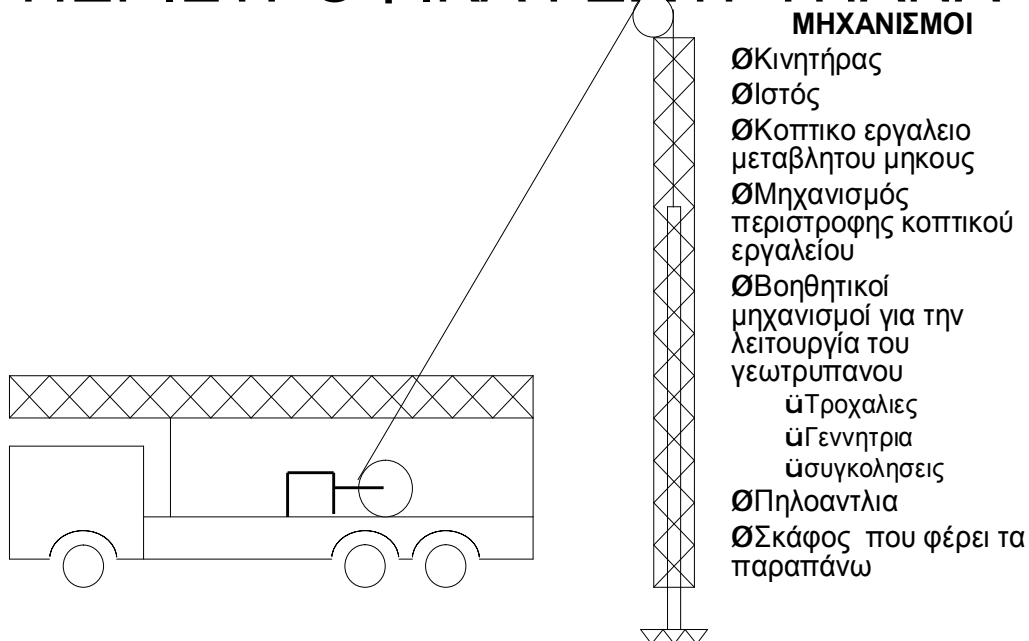


DER SNACKMARKT

5



ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΑ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ



DER SNACKMARKT

8

Πλαίσιο μηχανής και Έλκθρο

Αποτελείται από δύο άκαμπτες σιδηρές δοκούς σε σχήμα I ή II, υπό μορφή ελκθρών που συνδέονται μεταξύ τους, όπου φέρεται το πλαίσιο που στηρίζεται το όλο μηχανικό σύστημα του κινητήρα και των υπολοίπων μερών του γεωτρύπανου και που στο σύνολο του είναι δυνατόν να μετακινείται αυτοφερόμενο με το συρματόσχοινο του τυμπάνου από θέση σε θέση.

Κινητήρας

Τα γεωτρύπανα που χρησιμοποιούνται συνήθως σε γεωτεχνικές έρευνες φέρουν, κινητήρα εσωτερικής καύσης (Diesel) με ιπποδύναμη από 50 μέχρι 150 HP και με δυνατότητα διάτρησης σε μέγιστο βάθος 500 μέτρα.

Συμπλέκτης κίνησης, κιβώτιο ταχυτήτων

Συμπλέκτης κίνησης: Μεταξύ του κινητήρα και του κιβωτίου ταχυτήτων παρεμβάλλεται το σύστημα συμπλέκτου για τη σύμπλεξη ή αποσύμπλεξη του κινητήρα με το κιβώτιο ταχυτήτων. Το σύστημα είναι συνήθως μηχανικό και ενεργεί με την πίεση του ποδιού.

Κιβώτιο ταχυτήτων: Το κιβώτιο ταχυτήτων (speed transmission) είναι συνήθως κιβώτιο τεσσάρων κανονικών (έμπροσθεν) ταχυτήτων και μιας αντίστροφης (όπισθεν), που συνοδεύεται από σύστημα συμπλέκτου (clutsh).

Πίνακας οργάνων

Στο κάλυμμα του κινητήρα του γεωτρύπανου, υπάρχει πίνακας που περιλαμβάνει τα συστήματα : κλειδώματος και έναυσης του κινητήρα, θερμοκρασίας και πίνακα λαδιού της μηχανής ή και όργανα άλλων ενδείξεων.

Σύστημα μετάδοσης κίνησης

Η μετάδοση της κίνησης από το κιβώτιο ταχυτήτων στα κινούμενα μέρη του γεωτρύπανου γίνεται από ένα σύστημα αξόνων, γριναζιών, οδοντωτών τροχών και κωνικών οδοντωτών τροχών, που είναι :

1. Η πολυγωνική άτρακτος περιστροφής των στελεχών διάτρησης,
2. Το τύμπανο συρματόσχοινοῦ και το βοηθητικό τύμπανο
3. Η αντλία του υδραυλικού συστήματος και
4. Ο βοηθητικός άξονας περιστροφής προς την πλευρά της μηχανής στον οποίο συνήθως συμπλέκεται μια αντλία νερού ή ένα σύστημα τροχίσσης των φθαρμένων κοπτικών άκρων (κορώνες).

Κεφαλή μετάδοσης κίνησης

Το όλο σύστημα της κεφαλής του γεωτρύπανου που αποτελείται από το σύστημα σύμπλεξης, την άτρακτο και τους κυλίνδρους υδραυλικής προώθησης της ατράκτου είναι ανεξάρτητο και περιστρεπτό κατά οριζόντιο άξονα, κατά τρόπο που η άτρακτος να σχηματίζει οποιαδήποτε γωνία με την κατακόρυφο (κεκλιμένες γεωτρήσεις). Επίσης είναι δυνατό το άνοιγμα της κεφαλής όταν δεν υπάρχει περιστροφή της ατράκτου και που γίνεται γύρω από άξονα που υπάρχει στη μία πλευρά του, για να αποσυμπλέκεται από το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και να επιτρέπει εργασίες που δεν απαιτούν χρήση της κεφαλής, π.χ. εξαγωγή στελεχών. Από την άλλη πλευρά της κεφαλής υπάρχει σύστημα ασφάλισης της κεφαλής με κοχλίες και περικόχλια. Η σύμπλεξη και αποσύμπλεξη του συστήματος κινητών μερών της κεφαλής με τον κινητήρα του γεωτρύπανου γίνεται με σύστημα κωνικών οδοντωτών τροχών (γεωτρύπανα Craelius), ή με συμπλεκόμενα μέρη (γεωτρύπανα Boyles).

Πολυγωνική άτρακτος κίνησης

Αποτελεί το κινούμενο μέρος της κεφαλής του γεωτρύπανου και μεταδίδει την περιστροφική κίνηση και την κίνηση προώθησης στα καθορισμένης διαμέτρου στελέχη διάτρησης που διέρχονται μέσω του κοίλου εσωτερικού της. Το σύννηθες μήκος διαδρομής είναι 24", δυνατόν όμως να δεχτεί πρόσθετα μήκη διαδρομής 30" και 36". Επίσης είναι δυνατόν να γίνει επιλογή από κεφαλές διάτρησης και ατράκτους, που εκτείνονται από AW

(rod), σε NX σωλήνα (casing), απ'ευθείας μέσω της ατράκτου περιστροφής (spindle).

Στα δύο άκρα της ατράκτου είναι προσαρμοσμένα αντίστοιχα τα συστήματα:

1. Κεφαλής διάτρησης ή σύσφιξης στελεχών (σφικτήρας), όπου στο εσωτερικό της φέρει οδοντωτές σιαγώνες σκληρού μετάλλου (μάσκα), που συσφίγγονται από τρεις ή τέσσερις κοχλίες ώστε να ακινητοποιηθούν τα στελέχη (σύστημα choke)

2. Κεφαλής σύνδεσης υδραυλικού συστήματος προώθησης της ατράκτου μέσω εμβόλων των υδραυλικών κυλίνδρων.

Η όλη κίνηση της ατράκτου γίνεται με σύστημα μοχλών και βαλβίδων που υπάρχει στο χειριστήριο της θέσης του γεωτρυπανιστού.

Υδραυλικό σύστημα προώθησης

Στο γεωτρίπανο υπάρχει ενσωματωμένο υδραυλικό σύστημα με αντλία πίεσης, μοχλούς, βαλβίδες, άκαμπτους και εύκαμπτους σωλήνες για τη σύνδεση του υδραυλικού συστήματος προώθησης της ατράκτου μέσω των εμβόλων των υδραυλικών κυλίνδρων. Η πίεση προώθησης της ατράκτου μετρείται από πιεσόμετρο που είναι τοποθετημένο προς την πλευρά του χειριστού και σε εμφανή θέση. Επίσης στο σύστημα της κεφαλής υδραυλικής προώθησης υπάρχουν συμμετρικά δύο μεταλλικά ανοξείδωτοι ράβδοι, (δείκτες προώθησης), με τις οποίες είναι δυνατόν να μετρηθεί η ταχύτητα προώθησης από το μετρούμενο μήκος προώθησης.

Τύμπανο περιέλιξης συρματόσχοινου, βοηθητικό και τροχαλία μετακίνησης

Στο επάνω μέρος του γεωτρίπανου υπάρχει μόνιμα εγκατεστημένο σύστημα δύο τύμπανων, όπου στο μεν κύριο τύμπανο περιελίσσεται συρματόσχοινό, στο δε βοηθητικό που είναι κενό, περιελίσσεται σχοινί, όταν απαιτηθεί.

Το συρματόσχοινο μέσω ζεύγους τροχαλιών που υπάρχει στον πύργο ή ιστό του γεωτρίπανου βυθίζει ή ανελκύει τα συστήματα διάτρησης και δειγματοληψίας ή και ότι άλλο θεωρηθεί απαραίτητο μέσα στο διάτρημα.

Στο βοηθητικό τύμπανο περιελίσσεται σχοινό όταν απαιτηθεί κυρίως για την επί τόπου δοκιμή πρότυπης δεισδυσσης κατά Terzaghi (S.P.T.), όπου μέσω του ίδιου ή άλλου ζεύγους τροχαλιών ανασύρεται και στη συνέχεια αφήνετε ελεύθερο να πέσει το τυποποιημένο βάρος δοκιμής. Η χρησιμοποίηση του σχοινού θεωρείται απαραίτητη για τον λόγο ότι η απελευθέρωση του βάρους είναι άμεση σε σύγκριση με τη χρησιμοποίηση συρματόσχοινο.

Στη βάση του γεωτρίπανου είναι σταθερά τοποθετημένα ζεύγη μικρών τροχαλιών με κατάληξη στο μπρος και πίσω μέρος του ελκίθρου από όπου είναι δυνατόν να περάσει το συρματόσχοινο και με την πρόσδεση του σε

σταθερό αντικείμενο να μετακινηθεί αυτοδύναμα με την περιστροφή του τύμπανου.

Σύστημα μοχλών δίνει κίνηση ή συγκρατεί το συρματόσχοινο σε ζητούμενη θέση, ανεξάρτητα από την κίνηση της ατράκτου και του υδραυλικού συστήματος.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Όπως έχει αναφερθεί, σκοπός μιας γεώτρησης είναι η απόληψη δειγμάτων από όλο το βάθος του γεωτρήματος, για τον ακριβή καθορισμό των εδαφικών στρώσεων και τη σχεδίαση της Γεωτεχνικής τομής (profile), του εδάφους στη θέση της γεώτρησης. Όσο η δειγματοληψία είναι πληρέστερη και αντιπροσωπευτικότερη του εδάφους που συναντάτε, καθώς και με εξασφάλιση ελάχιστης κατά τον δυνατόν διατάραξης της υφής (ιστού), του εδάφους, τόσο τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δειγμάτων θα πλησιάζουν σε μέγιστο βαθμό τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του εδάφους και η σχεδίαση της Γεωτεχνικής τομής (profile), του εδάφους στη θέση της γεώτρησης, θα είναι πλήρως αντιπροσωπευτική.

Η προσπάθεια αυτή όμως για λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων σε όλο το βάθος της γεώτρησης, δεν είναι πάντοτε εφικτή, για διάφορους λόγους. Ένας από τους βασικούς λόγους είναι αυτό το ίδιο το έδαφος, που για λόγους π.χ κοκκομετρικής σύνθεσης ή πυκνότητας, δεν επιτρέπει την αδιατάρακτη δειγματοληψία. Ένας δεύτερος λόγος εξίσου σοβαρός είναι ότι και αν ακόμη ήταν δυνατή η λήψη αδιατάρακτων δοκιμών, η δαπάνη απόληψης θα ήταν αρκετά σημαντική, που πιθανόν να ήταν και ανασταλτική. Εξάλλου μια τέτοια ιδανική εργασία δειγματοληψίας δεν θεωρείται κατά τη γνώμη μας απαραίτητη, όταν είναι δυνατόν με προσεκτική και συστηματική εργασία να παρθούν δείγματα από τις θέσεις που πρέπει και σε αριθμό που καλύπτει τις ανάγκες τις έρευνας, όπως καθορίζεται από τον Γεωτεχνικό Μηχανικό.

Προσαρμόζοντας λοιπόν την δειγματοληψία με τις επί τόπου συνθήκες του εδάφους και τις ανάγκες της Γεωτεχνικής έρευνας, γίνεται προσπάθεια και παίρνονται, αν είναι δυνατόν τα αδιατάρακτα δείγματα που απαιτούνται. Στις υπόλοιπες θέσεις παίρνονται δείγματα διαταραγμένα ή κατά το δυνατόν αδιατάρακτα ή όπως συνήθως λέγονται ημιδιαταραγμένα. Λέγοντας δείγματα κατά το δυνατόν αδιατάρακτα, εννοούμε δείγματα που εξαιτίας της κατάστασης (συμπαγή κυρίως εδάφη), η διατάραξή τους θεωρείται μικρή.

Δειγματοληψία αδιατάρακτων δειγμάτων

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, αδιατάρακτα δείγματα είναι δυνατόν να ληφθούν κυρίως από μαλακά συνεκτικά εδάφη με την βοήθεια ειδικών δειγματοληπτών που εισχωρούν στο έδαφος, σχεδόν πάντοτε με τη βοήθεια της υδραυλικής πίεσης του γεωτρήπανου. Για να θεωρηθεί ένα δείγμα σαν "αδιατάρακτο", θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις και για τους δειγματολήπτες και για την τεχνική λήψη του δείγματος, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν επί τόπου.

Οι βασικές προϋποθέσεις για να θεωρηθεί ένα δείγμα αδιατάρακτο είναι :

1. Το γεώτρημα μέχρι τη θέση λήψης του αδιατάρακτου δείγματος θα πρέπει να έχει καθαριστεί με επιμέλεια.

2. Να χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση συνθηκών εδάφους, ο κατάλληλος δειγματολήπτης αδιατάρακτου δείγματος. Κυρίως χρησιμοποιούνται δειγματολήπτες λεπτών τοιχωμάτων. Για τους δειγματολήπτες αυτούς πρέπει να ισχύει η σχέση:

$$T = \frac{(O.D.)^2 - (I.D.)^2}{(I.D.)^2} * 100 < 13\%$$

(Κατά προτίμηση $T < 10\%$)
όπου:

O.D. = μήκος εξωτ. διαμέτρου
I.D. = μήκος εσωτ. διαμέτρου

3. Ο δειγματολήπτης να φέρει βαλβίδα σφαιριδίου, που κατά την εισχώρηση του δείγματος, επιτρέπει την εκτόνωση της πίεσης που δημιουργείται στο εσωτερικό του σωλήνα του δειγματολήπτη, από τα νερά της γεώτρησης ή του υπόγειου ορίζοντα όταν η δειγματοληψία γίνεται κάτω από τη στάθμη αυτή ή και από τον αέρα του σωλήνα όταν δεν υπάρχει νερό. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή κατά την εξαγωγή του δειγματολήπτη, η βαλβίδα κλείνει και η υποπίεση που δημιουργείται στο σωλήνα βοηθά στη συγκράτηση του δείγματος στο σωλήνα .

4. Η καλή συντήρηση και ο έλεγχος του δειγματολήπτη, πριν και μετά από κάθε δειγματοληψία, θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία τα δειγματοληψίας.

5. Η δειγματοληψία να γίνεται με αργή εισχώρηση του δειγματολήπτη στο έδαφος και μόνο με την πίεση του υδραυλικού συστήματος.

6. Κατά την εισχώρηση του δειγματολήπτη στο έδαφος θα πρέπει να μετρείται το μήκος έμπηξης, ώστε να μη γίνει υπέρβαση του και συμπιεσθεί το δείγμα, με αποτέλεσμα τη διαταραχή του.

7. Κάθε άλλη ενέργεια, όπως π.χ ελαφρές κρούσεις για εισχώρηση του δειγματολήπτη σε σκληρότερο έδαφος ή χρησιμοποίηση ελατηρίων συγκράτησης ή χρήση θιξοτροπικού υγρού διαλύματος (μπετονίτης), θα πρέπει να αναγράφεται στο μητρώο της γεώτρησης, το οποίο θεωρείται απαραίτητο στοιχείο της.

Μετά από όλα αυτά δίνεται στη συνέχεια μια σειρά δειγματοληπτών που χρησιμοποιούνται στη λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων εδάφους.

ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Για τη πλήρη διερεύνηση του εδάφους πρέπει να πραγματοποιηθεί μια σειρά από δοκιμές, όπως έχουν καθορισθεί από τη κρίση του μηχανικού ανάλογα το έδαφος και τη σπουδαιότητα του έργου που θα κατασκευαστεί.

Οι εδαφικές δοκιμές σαν σκοπό έχουν:

1. Να εξακριβώσουν τα φυσικά χαρακτηριστικά των εδαφών για να γίνει η κατάταξη τους.
2. Να καθορίσουν τις μηχανικές ιδιότητες του εδάφους.
3. Να αναλύσουν τα υδραυλικά χαρακτηριστικά τους.
4. Αλλά και να γίνουν χημικές αναλύσεις.

Πρότυπη δοκιμή διείσδυσεως (S.P.T.)

Αντικείμενο δοκιμής – Πεδίο εφαρμογής:

Αντικείμενο της δοκιμής είναι ο επί τόπου προσδιορισμός της αντιστάσεως που προβάλλει το έδαφος στη διείσδυση ενός προτύπου διαιρετού δειγματολήπτη που προωθείται κρουστικά και η λήψη διαταραγμένων δειγμάτων για σκοπούς κατατάξεως. Η δοκιμή περιέχει ενδείξεις για την πυκνότητα και συνεκτικότητα του εδάφους και εφαρμόζεται σε κάθε είδους έδαφος, δίνει όμως αξιόπιστες ποσοτικές συσχετίσεις με χαρακτηριστικά αντοχής και παραμορφωσιμότητας μόνο στην περίπτωση κοκκωδών εδαφών, για τα οποία κυρίως συνιστάται.

Θέση δοκιμής:

Η δοκιμή εκτελείται από τον πυθμένα γεωτρήσεως, (σε διάφορες στάθμες όπως προχωρεί η γεώτρηση).

Γενική περιγραφή της δοκιμής:

Η δοκιμή γίνεται αφήνοντας ένα βάρος 63.5 kg να πέφτει ελεύθερα από ύψος 0.76 m επάνω σε μια κεφαλή, προσαρμοσμένη στο πάνω μέρος της διατρητικής στήλης (στελέχη), που στο κατώτερο άκρο της φέρει του πρότυπο δειγματολήπτη. Ο αριθμός των κρούσεων N που απαιτείται για να επιτευχθεί διείσδυση 0.30 m (κάτω από μία αρχική σταθεροποιητική έμπηξη), θεωρείται σαν δείκτης της αντιστάσεως σε διείσδυση.

Απαιτούμενα εργαλεία:

Διατηρητικός εξοπλισμός: Το διατηρητικό μηχάνημα θα πρέπει να είναι ικανό να εξασφαλίσει μία αρκετά καθαρή οπή πριν από την εισαγωγή του δειγματολήπτη ώστε να υπάρχει βεβαιότητα ότι η δοκιμή εκτελείται σε σχετικά αδιατάρακτο έδαφος.

Κοπτικά που λειτουργούν με εκτόξευση νερού προς τα κάτω δεν επιτρέπονται. Όταν η γεώτρηση γίνεται σε υλικά που δεν εξασφαλίζουν την ευστάθεια των τοιχωμάτων η γεώτρηση θα σωληνώνεται ή θα χρησιμοποιείται μπετονιτικό αιώρημα.

Διαιρετός δειγματολήπτης: Ο πρότυπος δειγματολήπτης θα έχει τις διαστάσεις που φαίνονται στο σχήμα 1. Το κοπτικό άκρο θα αποτελείται από σκληρό χάλυβα και θα αντικαθίσταται όταν έχει υποστεί σημαντική φθορά. Το μεσαίο τμήμα θα αποτελείται από δύο χαλύβδινα τεμάχια ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να χωρίζεται στα δύο, παράλληλα προς τον άξονα, για την εύκολη εξέταση και αφαίρεση του δείγματος. Η κεφαλή του δειγματολήπτη (τεμάχιο συνδέσεως με τα στελέχη), θα έχει τέσσερις οπές διαφυγής αέρα διαμέτρου 13 mm το λιγότερο και θα διαθέτει χαλύβδινη βαλβίδα (παγίδα), για την συγκράτηση μη συνεκτικών εδαφικών τμημάτων.

Στελέχη: Τα στελέχη που χρησιμοποιούνται για την διείσδυση του πρότυπου δειγματολήπτη θα έχουν ακαμψία μεγαλύτερη ή ίση προς εκείνη του τύπου AW, (43.7 mm εξωτερική διάμετρο, 34.1 mm εσωτερική διάμετρο, και βάρος περίπου 6 kg/m). Σε γεωτρήσεις με βάθος μεγαλύτερο από 15 m θα τοποθετούνται στηρίγματα (αράχνες), κατά διαστήματα ύψους 3 m, ή εναλλακτικά θα χρησιμοποιούνται στελέχη με ακαμψία τουλάχιστον ίση προς εκείνη του τύπου BW, (54 mm εξωτερική διάμετρο, 44.4 mm εσωτερική διάμετρο, και βάρος περίπου 8 kg/m).

Τα στελέχη θα πρέπει να είναι σφικτά δεμένα.

Σύστημα διεισδύσεως. Το σύστημα διεισδύσεως θα περιλαμβάνει :

α) Μία σφύρα συνολικού βάρους 63.5 kg (+- 0.5 kg).

β) Έναν οδηγό που θα εξασφαλίζει ένα ύψος ελεύθερης πτώσεως της σφύρας 0.76 m (+- 0.002 m).

γ) Μια κεφαλή (άκμωνα), συνδεδεμένη στην κορυφή των στελεχών που θα δέχεται την κρούση και θα την μεταβιβάζει κατακόρυφα στα στελέχη. Θα λαμβάνονται μέτρα ώστε η ενέργεια του βάρους που πέφτει να μη μειώνεται από τις τριβές κατά μήκος του οδηγού.

δ) Η ανύψωση θα γίνεται με σχοινί τύπου Μανίλλας με μία ή δυο το πολύ περιστροφές γύρω από το τύμπανο.

Βοηθητικός εξοπλισμός: Αεροστεγή δοχεία χωρητικότητας 0.5 kg περίπου για την φύλαξη των δειγμάτων.

Προσωπικό

Η δοκιμή εκτελείται από τον χειριστή και τον βοηθό του γεωτρήσανου υπό την επίβλεψη πεπειραμένου εργοδηγού.

Εκτέλεση δοκιμής

Προετοιμασία γεωτρήσεως:

α) Η γεώτρηση καθορίζεται προσεκτικά μέχρι την στάθμη εκτελέσεως της δοκιμής με χρησιμοποίηση τέτοιων εργαλείων ώστε να αποφεύγεται κάθε διαταραχή στο έδαφος όπου θα γίνει η δοκιμή.

β) Η στάθμη του νερού στη γεώτρηση θα διατηρείται στη στάθμη του υπόγειου νερού στο περιβάλλον έδαφος ή λίγο ψηλότερα, ώστε να αποφεύγεται υδραυλική διατάραξη λόγω εισροής νερού στη γεώτρηση από τον πυθμένα.

γ) Το διατρητικό εργαλείο, (καροταρία), θα αποσύρεται αργά ώστε να αποφεύγεται χαλάρωση του εδάφους στην θέση της δοκιμής.

δ) Εάν χρησιμοποιείται σωλήνας επενδύσεως, αυτός δεν θα προωθείται κάτω από την στάθμη από την οποία πρόκειται να αρχίσει η δοκιμή.

ε) Η δοκιμή διενεργείται σε οπή διαμέτρου το πολύ 20 cm.

Δοκιμή διεισδύσεως

Ο πρότυπος δειγματολήπτης θα είναι τελείως καθαρός κατά την έναρξη κάθε δοκιμής. Θα προσαρμόζονται στα στελέχη και θα κατεβάζετε στον πυθμένα της γεωτρήσεως. Στην κορυφή των στελεχών θα προσαρμόζεται το σύστημα διεισδύσεως.

Θα καταγράφονται τα ακόλουθα στοιχεία :

- _ Βάθος και διάμετρος σωληνώσεως επενδύσεως.
- _ Βάθος πυθμένα γεωτρήσεως.
- _ Στάθμη νερού, (ή τυχόν χρησιμοποιούμενου μπετονιτικού αιωρήματος), στη γεώτρηση.
- _ Εάν χρησιμοποιείται ο συμπαγής κώνος αντί του κοπτικού άκρου στον δειγματολήπτη, αυτό θα σημειώνεται και η δοκιμή θα αναφέρεται σαν SPT (κώνος).
- _ Ο τύπος των στελεχών, η κατάσταση του σχοινιού και ο αριθμός των περιστροφών του γύρω από το τύμπανο.
- _ Το μέγεθος της τυχόν διεισδύσεων του δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος υπό την επενέργεια μόνο του βάρους του και του βάρους της στήλης των στελεχών.
- _ Ο τύπος της σφύρας.

Η διείσδυση του δειγματολήπτη θα γίνεται σε δύο στάδια:

α) Προκαταρκτική, (σταθεροποιητική), έμπηξη 0.15 m, όπου θα περιλαμβάνει και η αρχική διείσδυση υπό την επενέργεια του ίδιου βάρους, με κρούσεις της σφύρας των 63.5 kg από ύψος 0.76 m. Σημειώνεται ο αριθμός των κρούσεων που απαιτείται για την διείσδυση αυτή. Εάν απαιτούνται περισσότερες από 50 κρούσεις ο αριθμός αυτός λαμβάνεται σαν χαρακτηριστικός της προκαταρκτικής διεισδύσεως και σημειώνεται η διείσδυση που πραγματοποιήθηκε.

β) Διείσδυση στη συνέχεια του δειγματολήπτη κατά 0.30 m με κρούσεις της σφύρας των 63.5 kg από ύψος 0.76 m. Σημειώνεται ο αριθμός των κρούσεων που απαιτούνται για κάθε 15 cm διεισδύσεως. Το σύνολο των κρούσεων που χρειάζονται για την διείσδυση του δειγματολήπτη κατά 0.30 m εκτός από την προκαταρκτική έμπηξη ορίζεται σαν αντίσταση διεισδύσεως N. Εάν μετά από 50 κρούσεις, (ή 100 κρούσεις αν χρησιμοποιείται ο συμπαγής κώνος), έχει πραγματοποιηθεί διείσδυση μικρότερη από 0.30 m η δοκιμή διακόπτεται και σημειώνεται η διείσδυση που πραγματοποιήθηκε με τις 50 κρούσεις. Η ταχύτητα εκτελέσεως της δοκιμής δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 30 κρούσεις σε κάθε πρώτο λεπτό.

Εξαγωγή και φύλαξη του δείγματος:

Ο δειγματολήπτης ανασύρεται στην επιφάνεια και ανοίγεται. Αντιπροσωπευτικό τμήμα του εδαφικού δείγματος, (πυρήνα), από τα τελευταία 0.30 m διεισδύσεως, τοποθετείται μέσα σε αεροστεγές δοχείο και φυλάσσεται κατά τρόπο που να αποφευχθεί η διατάραξή του και η απώλεια της φυσικής υγρασίας. Το δείγμα θα συνοδεύεται με ετικέτα με τις ακόλουθες ενδείξεις :

- α) Εργοτάξιο
- β) Αριθμός γεωτρήσεως
- γ) Αριθμός δείγματος
- δ) Βάθος διεισδύσεως
- ε) Μήκος ληφθέντος πυρήνος
- στ) Ημερομηνία δοκιμής
- ζ) Ο αριθμός των κρούσεων για τα διάφορα στάδια διεισδύσεως.

Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας εδάφους

Πληροφορίες-Σκοπός : Ο προσδιορισμός της υγρασίας ενός εδάφους είναι απαραίτητος για την εκτίμηση της συμπεριφοράς του καθώς και την εκτίμηση όλων των προβλημάτων πιέσεων, καθιζήσεων και ευστάθειας της εδαφομηχανικής.

Η υγρασία παίζει μεγάλο ρόλο για τη μηχανική συμπεριφορά των εδαφών. Σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα σε νερό φαίνεται η διαφορά των μη συνεκτικών εδαφών, ενώ τα μ.σ.ε μόλις που επηρεάζονται στις ιδιότητες τους, τα δε συνεκτικά εδάφη εμφανίζουν σημαντικές διαφορές στις ιδιότητες αντοχής και τα χαρακτηριστικά τους.

Η υγρασία μιας εδαφικής μάζας καθορίζεται σαν ο λόγος (εκφρασμένος επί τοις εκατό) του βάρους του νερού προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους.

Εργαστηριακός εξοπλισμός:

α) Φούρνος ικανός να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$ για περίοδο τουλάχιστο 24 ωρών.

β) Υποδοχέας με αεροστεγές πώμα κατασκευασμένος από υλικό που αντέχει σε διάβρωση και θερμοκρασία.

γ) Κλίβανος ξηράνσεως για τη διατήρηση των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της ψύξεως.

δ) Ζυγός επαρκούς ικανότητας για τη ζύγιση του δείγματος με ακρίβεια 0,01% του βάρους του δείγματος.

Υλικά:

Αντιπροσωπευτική ποσότητα δείγματος εδαφικού υλικού που εξαρτάται από το μέγεθος των μέγιστων κόκκων και δίνεται από τον παρακάτω πίνακα:

Κόσκινα	No 35	No 4	1/2"	1"	2"
Βάρος εδαφικού δείγματος (gr)	10	100	300	500	1000

Τρόπος εκτέλεσης δοκιμής:

α) Προσδιορίζεται το βάρος(W1) του υποδοχέα αφού πρώτα καθαριστεί και ξηραθεί .

β) Γίνεται διαλογή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος που αποτελείται από 10 τεμάχια πετρώματος που η μάζα καθενός είναι μεγαλύτερη από 50 g ή το μέγεθος του είναι μεγαλύτερο από το δεκαπλάσιο του μέγιστου κόκκου των ορυκτών που συνιστούν το πέτρωμα.

γ) Τοποθετείται το δείγμα στον υποδοχέα, σφραγίζεται με το πώμα και προσδιορίζεται το βάρος(W2) του.

δ) Αποσφραγίζεται ο υποδοχέας και τοποθετείται στο φούρνο σε θερμοκρασία 105°C - 400°C (για υλικά που περιέχουν οργανικές ύλες σε 60°C μέγιστη) ώστε να ξηραθεί μέχρι σταθερού βάρους.

ε) Σφραγίζεται το δοχείο με το πώμα και τοποθετείται στο κλίβανο ξηράνσεως για 30 min. Προσδιορίζεται το βάρος του υποδοχέα και του ξηρού δείγματος (W3).

Υπολογισμοί:

Υπολογίζεται η περιεκτικότητα σε νερό του πετρώματος από τη σχέση:

$$W = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} * 100$$

Η φυσική υγρασία πρέπει να αναγράφεται επί τοις % με ακρίβεια δέκατου.

Προσδιορισμός ειδικού βάρους εδάφους

Πληροφορίες - Σκοπός: Το ειδικό βάρος ενός εδάφους είναι ο λόγος του βάρους ορισμένου όγκου κόκκων εδάφους προς το βάρος ίσου όγκου απεσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4 °C.

Το ειδικό βάρος ενός εδάφους συνήθως χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του (W_s / V_s). Το ειδικό βάρος είναι βοηθητική τιμή για τον προσδιορισμό άλλων χαρακτηριστικών. Είναι χρήσιμο για τον καθορισμό και την ταξινόμηση του εδάφους γιατί τα ειδικά βάρη κυμαίνονται συνήθως μεταξύ στενών ορίων. Γενικά όμως το χρειαζόμαστε στους υπολογισμούς των περισσότερων εργαστηριακών δοκιμών.

Εξοπλισμός:

1. Πυκνόμετρο χωρητικότητας 100 mL, είτε λήκυθος χωρητικότητας 50 ml
2. Απεσταγμένο νερό
3. Αντλία κενού (προαιρετικά)
4. Ζυγός (ακριβείας 0,01 g)
5. Εστία θερμάνσεως
6. Κλίβανος
7. Ξηραντήρας
8. Θερμόμετρο (με ακρίβεια 0,1 °C)
9. Δοχεία βρασμού
10. Σταγονόμετρο

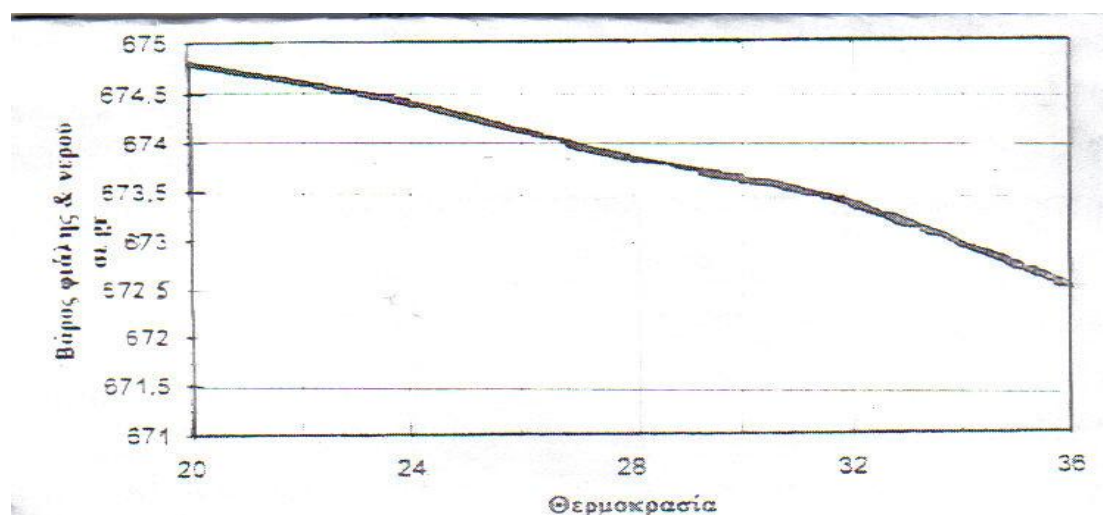
Τρόπος εργασίας (λεπτόκοκκου):

Το πυκνόμετρο καθαρίζεται, ξηραίνεται, ζυγίζεται και το βάρος αυτό αναγράφεται. Στη συνέχεια το πυκνόμετρο γεμίζεται με απεσταγμένο νερό πραγματικής θερμοκρασίας δωματίου. Προσδιορίζεται κατόπιν το βάρος του πυκνόμετρου με το νερό (W_a) και καταγράφεται.

Στη συνέχεια βυθίζεται ένα θερμόμετρο μέσα στο νερό και προσδιορίζεται η θερμοκρασία του (T_i) με προσέγγιση ακέραιου βαθμού.

Η πορεία εργασίας για τη βαθμολογία της φιάλης πειραματικά περιλαμβάνει τρεις τουλάχιστον μετρήσεις διαδοχικών θερμοκρασιών και βάρους φιάλης του νερού καθορισμένης στάθμης, ανά 4 °C περίπου μέσα στην περιοχή 20 °C – 35 °C (απομακρύνοντας κάθε φορά το επιπλέον νερό). Κάθε ζυγός τιμών αντιστοιχεί σε ένα σημείο της καμπύλης η οποία

χαράσσεται εύκολα.



Καμπύλη βαθμολογίας της φιάλης

Το έδαφος που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή του ειδικού βάρους το επεξεργαζόμαστε αναμειγνύοντας το με κατάλληλη ποσότητα απεσταγμένου νερού έως ότου σχηματισθεί ένα ομοιογενές μείγμα. Το δείγμα αυτό πρέπει να ζυγίζει περίπου 50gr εν ξηρώ.

Το δείγμα τοποθετείται μέσα στην ογκομετρική φιάλη. Εκεί προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρι που να γεμίσει περίπου κατά τα 3/4. Ο αέρας που έχει κατά τύχη παγιδευτεί απομακρύνεται θερμαίνοντας τη φιάλη στους 30 °C για περίπου 10 min. Στη συνέχεια γεμίζεται με απεσταγμένο νερό καθαρίζεται και ξηραίνεται εξωτερικά με τη βοήθεια καθαρού στεγνού υφάσματος. Λαμβάνεται το βάρος W_{β} του πυκνόμετρου με το περιεχόμενο του και την θερμοκρασία T_x του περιεχομένου σε °C.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων:

Το ειδικό βάρος εδάφους, ως προς νερό θερμοκρασίας T_x υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$\text{Ειδικό βάρος} \quad , \quad T_x/T_x^{\circ}C = \frac{W_o}{W_o + (W_a - W_b)}$$

όπου:

W_o = το βάρος του ξηρού σε κλίβανο δείγματος εδάφους σε g

W_a = το βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου με νερό θερμοκρασίας T_x , σε g

W_{β} = το βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου με νερό και έδαφος σε θερμοκρασία T_x , σε g και

T_x = η θερμοκρασία του περιεχομένου του πυκνόμετρου, κατά τη μέτρηση του βάρους W_{β} , σε °C.

Οι τιμές του ειδικού βάρους αναφέρονται ως προς νερό 20°C εκτός εάν υπάρχει διαφορετική απαίτηση. Η τιμή ως προς νερό 20°C υπολογίζεται από την τιμή για το νερό στην θερμοκρασία T_x που μετρήθηκε με τον ακόλουθο τρόπο:

(Ειδικό βάρος) $T_x/20^\circ C = K \cdot$ (ειδικό βάρος) $T_x/T_x^\circ C$

όπου:

K = αριθμός που προκύπτει από τη διαίρεση της σχετικής πυκνότητας του νερού θερμοκρασίας T_x δια της σχετικής πυκνότητας του νερού στους $20^\circ C$. Στον πίνακα I δίνονται διάφορες τιμές του **K** για την συνήθη περιοχή θερμοκρασιών.

Για την αναφορά της τιμής του ειδικού βάρους ως προς νερό $4^\circ C$, η τιμή αυτή μπορεί να υπολογισθεί δια πολ/σμού της τιμής του ειδικού βάρους σε θερμοκρασία T_x επί τη σχετική πυκνότητα του νερού σε θερμοκρασία T_x .

Όταν οποιοδήποτε τμήμα του αρχικού δείγματος του εδάφους έχει απομακρυνθεί κατά την προπαρασκευή του προς δοκιμή δείγματος, το μέρος όπου έγινε η δοκιμή είναι αναγκαίο να αναφέρεται.

Η δοκιμή εκτελείται σε δύο δοκίμια από το ίδιο δείγμα. Τα αποτελέσματα εκφράζονται με ακρίβεια 0,01. Αν τα αποτελέσματα διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 0,03 η δοκιμή επαναλαμβάνεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

Σχετική πυκνότητα νερού και συντελεστής αναγωγής **K** για διάφορες θερμοκρασίες

Θερμοκρασία $^\circ C$	Σχετική Πυκνότητα Νερού	Συντελεστής διορθώσεως (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

Ειδικό βάρος χονδρόκοκκου υλικού:

Εξοπλισμός:

1. Ζυγός ικανότητας. 5 kg ή και περισσότερο και ευαισθησίας 0,5 g.
2. Συρμάτινα καλάθια με πλέγμα, χωρητικότητας τουλάχιστον 5 g.
Κατάλληλο δοχείο για την εμβάπτιση του συρμάτινου καλάθιού μέσα σε νερό, με κατάλληλο εξάρτημα αναρτήσεώς του από το δίσκο του ζυγού.

Τρόπος εργασίας:

Λαμβάνεται δείγμα βάρους περίπου 5 Kg και πλένεται καλά μέχρι να φύγει η σκόνη από τους κόκκους.

Ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους σε θερμοκρασία 110 ± 5 °C και ψύχεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια αφού ζυγιστεί, βαπτίζεται στο νερό και παραμένει τουλάχιστον 15 ώρες. Βγάζουμε το υλικό από το νερό το τοποθετούμε σ' ένα απορροφητικό ύφασμα και το σκουπίζουμε δια κυλίσεως ή ένα έναν τους μεγαλύτερους κόκκους, μέχρις ότου απομακρυνθεί το επί της επιφανείας των κόκκων νερό.

Παίρνουμε το βάρος του δείγματος σε κορεσμένη και επιφανειακά ξηρά κατάσταση. Κατόπιν το τοποθετούμε στο συρμάτινο καλάθι και προσδιορίζουμε το βάρος του δείγματος μέσα σε νερό θερμοκρασίας 23 ± 1 °C. αφού αφαιρέσουμε το ήδη γνωστό βάρος του καλάθιού άδειου μέσα στο νερό. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην απομάκρυνση του αέρα που πιθανόν να έχει εγκλωβισθεί με την ανάρτηση του καλάθιού.

Το καλάθι βυθίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλυφθεί, μαζί με το δείγμα, από το νερό.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων:

Ο υπολογισμός του ειδικού βάρους χονδρόκοκκου γίνεται με τον ακόλουθο τύπο και εκφράζεται σαν αδιάστατος αριθμός με προσέγγιση εκατοστού.

$$\frac{A}{B - \Gamma}$$

όπου:

A το βάρος στον αέρα του εντός φούρνου ξηραθέντος δείγματος, σε g.

B το βάρος στον αέρα του κορεσμένου και επιφανειακά ξηρού δείγματος, σε g.

Γ το βάρος μέσα σε νερό του κεκορεσμένου δείγματος, σε g.

Η διαφορά B-Γ είναι η άνωση που υπέστη το υλικό και επομένως ο όγκος του.

Προσδιορισμός της αντοχής σε σημειακή φόρτιση δοκιμίου

Σκοπός:

Με τη μέθοδο αυτή πυρήνες δειγμάτων γεωτρήσεως υποβάλλονται σε αντιδιαμετρική σημειακή φόρτιση και προσδιορίζεται ο δείκτης σημειακής φορτίσεως I_s αυτών.

Εργαστηριακός εξοπλισμός:

Μια φορητή συσκευή σημειακής φορτίσεως που αποτελείται από ένα μεταλλικό πλαίσιο, δυο μεταλλικές πλάκες που φέρουν μεταλλικά κωνικά άκρα ακτίνας καμπυλότητας 5 mm, μία χειροκίνητη υδραυλική αντλία για την επιβολή της πίεσεως του εμβόλου ή του επιβαλλομένου φορτίου.

Εκτέλεση δοκιμής:

Για την δοκιμή χρησιμοποιούνται κυλινδρικά δοκίμια του πετρώματος διαμέτρου μεγαλύτερης των 42 mm και με αναλογία μήκους προς διάμετρο μεγαλύτερη του 1.4 .

Το δοκίμιο τοποθετείται μεταξύ των κωνικών άκρων φορτίσεως ώστε η φόρτιση να γίνεται στο μέσο μήκος του δοκιμίου και κατά διάμετρο.

Η φόρτιση γίνεται βαθμιαία και με σταθερή ταχύτητα μέχρι θραύσεως του δοκιμίου.

Η πίεση του μανομέτρου ή το αντίστοιχο φορτίο κατά τη θραύση, αναγράφεται στο δελτίο αποτελεσμάτων. Οι συνθήκες υγρασίας του δοκιμίου κατά την δόκιμη πρέπει να αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές επί τόπου συνθήκες. Είναι δυνατόν όμως οι συνθήκες υγρασίας να είναι διαφορετικές οπότε θα πρέπει να αναφέρονται στο δελτίο αποτελεσμάτων.

Υπολογισμοί:

Το μέγιστο φορτίο θραύσεως P , σε άλλο τύπο συσκευής δίνεται απ' ευθείας με την ανάγνωση της ενδείξεως του μανομέτρου, ενώ σε άλλο τύπο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = \sigma \cdot d^2 \quad \text{όπου } \sigma \text{ είναι η ένδειξη του μανομέτρου κατά την θραύση}$$

d είναι η διάμετρος του εμβόλου της συσκευής

Ο δείκτης σημειακής φορτίσεως I_s δίνεται σε MPa και υπολογίζεται από την σχέση :

$$I_s = P / D^2 \quad \text{όπου } D \text{ είναι η απόσταση των κωνικών άκρων}$$

Δελτίο αποτελεσμάτων:

Στο δελτίο αποτελεσμάτων θα πρέπει να περιλαμβάνονται τα εξής:

1. Η πετρογραφική περιγραφή του δείγματος
2. Η προέλευση του δείγματος (γεωγραφική θέση , η ημερομηνία και οι συνθήκες λήψεως).
3. Η ημερομηνία της δοκιμής .
4. Η υγρασία του δοκιμίου και εάν είναι ξηρό η μέθοδος ξηράνσεως (συνθήκες δωματίου ή θερμοκρασία ξηράνσεως, κτλ.).
5. Οι διαστάσεις του δοκιμίου .
6. Ο προσανατολισμός των ασυνεχειών (σχιστότητα, στρώση) ως προς τον άξονα φορτίσεως.
7. Ο δείκτης σημειακής φορτίσεως I_s .

Όρια Atterberg

Μέθοδος προσδιορισμού ορίου υδαρότητας

Εισαγωγή:

Το όριο υδαρότητας εδάφους αντιστοιχεί εξ ορισμού στην υγρασία στην οποία το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην υδαρή κατάσταση, όπως αυτή προσδιορίζεται από τη δοκιμή του ορίου υδαρότητας.

Εργαστηριακός εξοπλισμός:

1. Κάψα από πορσελάνη διαμέτρου περίπου 120 mm.
2. Σπαθίδα ή μικρό μαχαίρι με λεπίδα μήκους περίπου 80 mm και πλάτους 20 mm.
3. Συσκευή ορίου υδαρότητας. Μηχανική συσκευή που συνίσταται από ένα ορειχάλκινο κύπελλο και μία βάση που είναι κατασκευασμένη σύμφωνα με το σχέδιο και τις διαστάσεις που φαίνονται στο Σχ. 1.

4. Όργανο χαράξεως συνδυασμένο με μετρητή στο πίσω μέρος σύμφωνα με τις εμφανιζόμενες στο Σχ. 1 διαστάσεις.

5. Υποδοχείς γυάλινοι που παρεμποδίζουν την απώλεια υγρασίας κατά την ζύγιση.

6. Ζυγός με ευαισθησία 0,01 g.

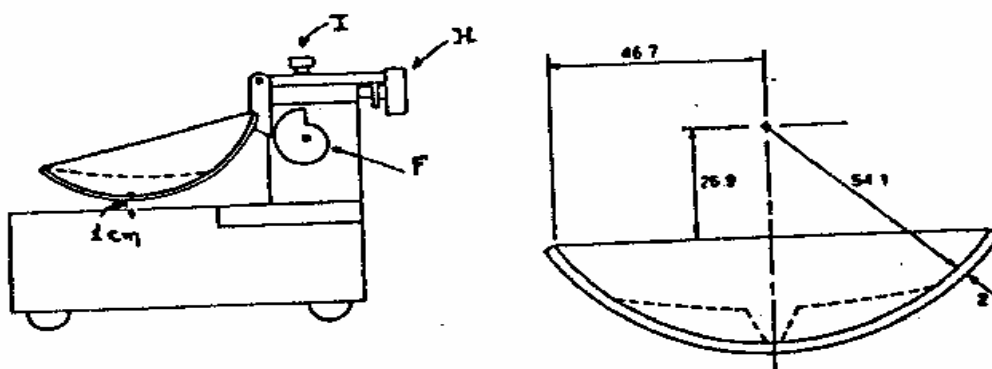
Μηχανική μέθοδος

Προκαταρκτικές εργασίες :

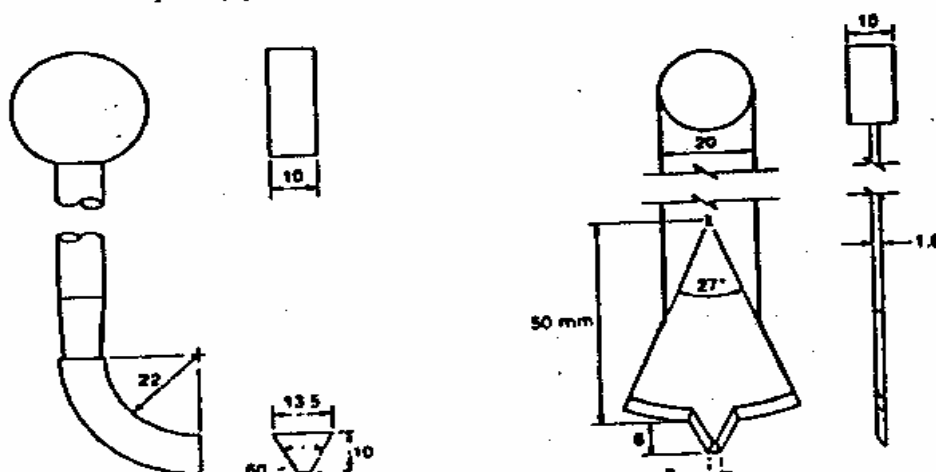
Παίρνουμε δείγμα βάρους περίπου 50-55 g από το κλάσμα του υλικού, που έχει καλά αναμιχθεί και διέρχεται από το κόσκινο Νο 40.

Η συσκευή του ορίου υδαρότητας πρέπει να επιθεωρείται για να διαπιστωθεί η καλή κατάσταση λειτουργίας, ότι δεν έχει επέλθει φθορά στον πείρο που συγκρατεί το κύπελλο, ότι είναι σφιγμένοι οι κοχλίες συνδέσεως του κυπέλλου και ότι δεν έχει χαραχθεί το κύπελλο λόγω μακράς χρήσεως.

Με τον μετρητή που υπάρχει στο πίσω μέρος του οργάνου χαράξεως ρυθμίζουμε το ύψος στο οποίο θα ανυψώνεται το κύπελλο έτσι ώστε το σημείο του κυπέλλου που έρχεται σ' επαφή με την βάση της συσκευής να είναι ακριβώς 1 εκατ. πάνω από τη βάση. Στη συνέχεια σταθεροποιούμε την πλάκα ρυθμίσεως Η (Σχ. 1) σφίγγοντας τους κοχλίες Ι (Σχ. 1). Με τον μετρητή ακόμη στη θέση ελέγχουμε την ρύθμιση περιστρέφοντας τον στρόφαλο μερικές φορές. Εάν η ρύθμιση είναι καλή θα ακούγεται ένας ελαφρύς ήχος, όταν η προεξοχή του στροφάλου εφάπτεται της προεξοχής του κυπέλλου. Εάν το κύπελλο ανυψώνεται ή δεν ακούγεται ο ελαφρύς ήχος πρέπει να γίνει ξανά η ρύθμιση.



α) Μηχανική συσκευή ορίου υδαρότητας



Σημείωση: Οι παραπάνω διαστάσεις είναι σε mm.
Σχήμα 1.

Τρόπος εργασίας:

Τοποθετούμε το δείγμα εδάφους μέσα σε μια κάψα και ρίχνουμε 20 - 35 cm³ απεσταγμένου νερού μέχρι λήψης ομοιογενούς πλαστικής μάζας. Ανακατεύουμε πάρα πολύ καλά με την σπαθίδα (σπάτουλα) μέχρις ότου κατανεμηθεί ομοιόμορφα το νερό στο δείγμα. Αν κριθεί απαραίτητη νέα προσθήκη νερού αυτή γίνεται σε ποσότητα 2 – 3 cm³ κάθε φορά. Κατόπιν το δείγμα τοποθετείται στον υγραντήρα επί 1 h για ωρίμανση. Στην συνέχεια παίρνουμε μέρος της ομοιόμορφης πηκτής μάζας και την τοποθετούμε στο κύπελλο της συσκευής και στο μέρος πάνω από το σημείο που ακουμπά το κύπελλο στη βάση της συσκευής. Απλώνεται το υλικό με τη βοήθεια της σπαθίδος (σπάτουλα) καταβάλλοντας προσπάθεια να μη εγκλείσουμε φυσαλίδες μέσα στο δείγμα. Μετά την ισοπέδωση το μεγαλύτερο βάθος του δείγματος πρέπει να είναι 1 cm. Το επί πλέον έδαφος απομακρύνεται. Με το όργανο χάραξης διαχωρίζεται το δείγμα σε δύο τμήματα με βάθος 1 cm και πλάτος χαραγής 2 cm.

Προς αποφυγή δημιουργίας σχισμών επί των πλευρών της χαραγής ή ολισθήσεως του εδάφους, επιτρέπονται μέχρι έξη (6) τέτοιοι χειρισμοί. Το βάθος της χαραγής πρέπει να αυξάνει με κάθε χειρισμό. Στο τέλος δε πρέπει να φαίνεται ο πυθμένας του κυπέλλου.

Με περιστροφή του στροφάλου F (σχ. 1) με συχνότητα 2 κτύπους στο δευτερόλεπτο, ανυψώνεται και πέφτει το κύπελλο με το παρασκεύασμα, μέχρις ότου οι δύο πλευρές του δείγματος ενωθούν στον πυθμένα της χαραγής και σε μήκος 12.5 χιλιοστά περίπου. Αναγράφεται ο αριθμός των κτύπων που χρειάστηκαν για να κλείσει έτσι η χαραγή. Όταν περιστρέφεται ο στρόφιλος η συσκευή πρέπει να κρατιέται με το άλλο χέρι.

Από το σημείο της συνένωσης παίρνεται με τη σπάτουλα υλικό που τοποθετείτε σε γυάλινο υποδοχέα ,γνωστού βάρους και ζυγίζεται και ξηραίνεται σε κλίβανο θερμοκρασίας 105 °C. Εκεί το αφήνουμε μέχρι να σταθεροποιηθεί το βάρος του αποβάλλοντας υγρασία και περίπου μετά από 24 h επαναζυγίζεται για να βρεθεί η περιεχόμενη υγρασία .

Η πιο πάνω διαδικασία, επαναλαμβάνεται σε δύο τουλάχιστον επί πλέον τμήματα του δείγματος, στα οποία έχει προστεθεί αρκετό νερό για να γίνει το δείγμα περισσότερο ρευστό.

Ο σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η επίτευξη δειγμάτων τέτοιας συστάσεως ώστε να γίνεται τουλάχιστον ένας προσδιορισμός σε κάθε μια από τις ακόλουθες τρεις περιοχές κτύπων: 25-35, 20-30, 15-25. Δοκιμές έξω από τα όρια αυτά απορρίπτονται.

Καμπύλη ροής:

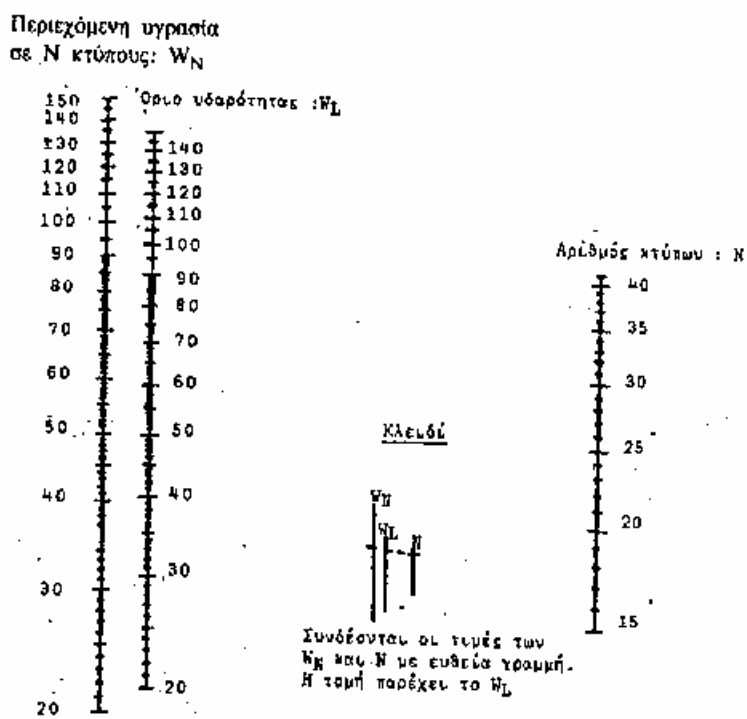
Η περιεκτικότητα σε νερό βρίσκεται όπως αναφέρεται στην προδιαγραφή προσδιορισμού φυσικής υγρασίας εδάφους. Στη συνέχεια επί ημιλογαριθμικού διαγράμματος σχηματίζεται η καμπύλη ροής, που παριστά την σχέση μεταξύ περιεχόμενης υγρασίας και αντίστοιχου αριθμού κτύπων, με τα ποσοστά υγρασίας σαν τετμημένες στην γραμμική κλίμακα και των αριθμών κτύπων ως τεταγμένες, στην λογαριθμική κλίμακα. Η καμπύλη ροής θα σχεδιάζεται ως ευθεία γραμμή όσον δυνατόν πλησιέστερα προς τα τρία αποτυπωθέντα σημεία. Το ποσοστό υγρασίας που αντιστοιχεί στην καμπύλη ροής με την τεταγμένη των 25 κτύπων λαμβάνεται σαν όριο υδαρότητας (W_L).

Μηχανική μέθοδος (εναλλακτική) :

Το δείγμα και ο τρόπος εργασίας είναι ίδιος με την προηγούμενη μέθοδο εκτός του ότι το υγρό δείγμα που παίρνουμε για ζύγιση πρέπει να λαμβάνεται μόνο από μία αποδεκτή δοκιμή. Δύο τουλάχιστον κλεισίματα χαραγής πρέπει να γίνονται προτού ένα από αυτά γίνει αποδεκτό. Για ακρίβεια ίση μ'αυτή που έχουμε με την μέθοδο των τριών σημείων, ο αποδεκτός αριθμός κτύπων για κλείσιμο χαραγής πρέπει να περιορίζεται μεταξύ 20 και 30 κτύπων.

Για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας χρησιμοποιείται το νομογράφημα του Σχ. 2. Το κλειδί στο Σχ. 2 δείχνει την χρησιμοποίηση του νομογραφήματος

που αποτελεί την απεικόνιση της λύσεως της εξίσωσης. $W_L = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$



Σχήμα 2. Νομογράφημα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας.

Κατά την εκτέλεση δοκιμών ελέγχου ή διαιτησίας, πρέπει να χρησιμοποιείται η Μηχανική μέθοδος τριών σημείων.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων:

Το όριο υδαρότητας αναφέρεται σε ακέραιες μονάδες (στρογγυλεμένο στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό). Για υλικά με δείκτη πλαστικότητας μικρότερο του 10 το όριο υδαρότητας εκφράζεται με ακρίβεια 0,1.

**Μέθοδος προσδιορισμού ορίου πλαστικότητας
και δείκτη πλαστικότητας**

Εισαγωγή:

Το όριο πλαστικότητας εδάφους αντιστοιχεί, εξ' ορισμού, στο χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας, στο οποίο το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεά κατάσταση και μπορεί να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm χωρίς ο ραβδίσκος να θραύεται.

Εξοπλισμός:

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός θα αποτελείται:

1. Κάψα από πορσελάνη διαμέτρου περίπου 120 mm.
2. Σπαθίδα ή σπάτουλα με λεπίδα μήκους 80 mm περίπου και πλάτους 20 mm περίπου.
3. Επιφάνεια για την κυλίνδρωση: Γυάλινη πλάκα σμυριδωμένη ή κομμάτι ομαλού και αστίλβωτου χαρτιού για κυλίνδρωση του δείγματος.
4. Υποδοχείς. Κατάλληλοι υποδοχείς, ώστε να προσαρμόζονται, ύαλοι υρολογίου για την πρόληψη απώλειας υγρασίας κατά την διάρκεια της ζυγίσεως.
5. Κλίβανος θερμοκρασίας 110 °C. 2.6.
6. Ζυγός ευαισθησίας 0.001 g.

Τρόπος εργασίας:

Από τα 15 gr που κρατήθηκαν από το υλικό που ζυμώθηκε για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας παίρνεται το μισό. Πλάθεται σε σβώλο ελλειψοειδούς περιπτου σχήματος.

Τοποθετείται στην γυάλινη πλάκα και με την παλάμη μορφώνεται σε κύλινδρο μικρής ομοιόμορφης διαμέτρου (μακαρόνι). Ο ρυθμός κυλίνδρωσης είναι 80-90 κινήσεις το λεπτό (πλήρης κίνηση μπρος πίσω).

Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρις ότου ο κυλινδρίσκος θραυσθεί σε 3 – 4 κομμάτια διαμέτρου 3 mm. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση το υλικό αναζυμώνεται και επανακυλινδρώνεται μέχρις να επιτευχθεί το ζητούμενο αποτέλεσμα.

Προσδιορίζεται η περιεχόμενη υγρασία από τα θραυσμένα τεμαχίδια.

Η περιεκτικότητα σε νερό κατά τη στιγμή της θραύσης, όπως αυτή πραγματοποιήθηκε κατά τα παραπάνω, αποτελεί το όριο πλαστικότητας. Η δοκιμή επαναλαμβάνεται και με το άλλο μισό δείγμα ζυμωμένου υλικού. Ο μέσος όρος των τιμών της περιεκτικότητας σε νερό κατά τις δυο δοκιμές, αποτελεί το όριο πλαστικότητας.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων:

Το όριο πλαστικότητας υπολογίζεται σαν το ποσοστό επί τοις εκατό (%) του νερού, κατά βάρος, που περιέχεται στους ραβδίσκους των 3 mm που ξηράθηκαν στον κλίβανο μέχρι σταθερού βάρους ως εξής:

Όριο πλαστικότητας = Βάρος Νερού/Βάρος εδάφους που ξηράθηκε στον κλίβανο x 100

Ο δείκτης πλαστικότητας εδάφους υπολογίζεται σαν η διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας και του ορίου πλαστικότητας, ως εξής:

Δείκτης πλαστικότητας = Όριο Υδαρότητας – Όριο Πλαστικότητας

Η διαφορά που αναγράφεται από τον υπολογισμό της παραγρ. 4.2. αναφέρεται ως «δείκτης πλαστικότητας», με εξαίρεση τις εξής περιπτώσεις:

Όταν το όριο υδαρότητας ή το όριο πλαστικότητας δεν μπορούν να προσδιοριστούν, αναφέρεται ο δείκτης πλαστικότητας σαν NP (μη πλαστικό).

Όταν το έδαφος είναι εξαιρετικά αμμώδες, η δοκιμή για το όριο πλαστικότητας πρέπει να εκτελείται πριν από το όριο υδαρότητας. Αν το όριο πλαστικότητας δεν μπορεί να προσδιοριστεί, αναφέρονται και το όριο υδαρότητας και το όριο πλαστικότητας σαν NP (μη πλαστικό).

Όταν το όριο πλαστικότητας είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το όριο υδαρότητας, αναφέρεται ο δείκτης πλαστικότητας σαν NP. Το όριο πλαστικότητας και ο δείκτης πλαστικότητας εκφράζονται στρογγυλεμένοι στον

πλησιέστερο ακέραιο αριθμό. Για υλικά με δείκτη πλαστικότητας μικρότερο του 10 εκφράζονται με ακρίβεια 0.1.

Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης

Εισαγωγή - Σκοπός:

Είναι μια απλή δοκιμή προσδιορισμού της διατμητικής αντοχής μόνο στη περίπτωση συνεκτικών εδαφών με εξαίρεση τα μαλακά αργιλικά εδάφη.

Η δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης συνίσταται στη βαθμιαία φόρτιση ενός κυλινδρικού εδαφικού δοκιμίου στα δύο άκρα του μέχρι τη θραύση του ή την πλαστική διαρροή του. Όταν δεν υπάρχει αρκετή συνοχή στις κατακόρυφες παρειές του δοκιμίου, τότε δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της ανεμπόδιστης θλίψης και απαιτείται η εφαρμογή της τριαξονικής θλίψης.

Σαν αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη ορίζεται η τάση στην οποία το δοκίμιο εμφανίζει 2 από τις ακόλουθες καταστάσεις:

1. Αρχίζει να παρουσιάζει επιφάνεια θραύσεως.
2. Η παραμόρφωση συνεχίζεται χωρίς αύξηση φορτίου.

Εάν καμιά από τις παραπάνω καταστάσεις δεν συμβαίνει, τότε σαν αντοχή λαμβάνεται η τάση που αντιστοιχεί σε ανοιγμένη παραμόρφωση 20%.

Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u που αντιστοιχεί στη θραύση του δοκιμίου ή στην υπερβολική παράπλευρη παραμόρφωση του (διόγκωση), αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των λεπτόκοκκων εδαφών και μπορεί να μας δώσει την επί τόπου αντοχή μιας εδαφικής στρώσης.

Με τη κατασκευή ενός κύκλου Mohr μπορούμε να έχουμε την τιμή της διατμητικής τάσης ή της συνοχής c από την σχέση, $c = \frac{q_u}{2}$.

Με τη δοκιμή μονοαξονικής θλίψης, μετράται η αντοχή σε θλίψη ενός κυλινδρικού δοκιμίου, συνεκτικού εδάφους, αδιατάρακτου, διαταραγμένου ή αναζυμωμένου, στο οποίο δεν αναπτύσσεται καμία πλευρική τάση κατά τη διάρκεια της δοκιμής, δηλ. $\sigma_3=0$.

Όργανα

1. Συσκευή μονοαξονικής ή ανεμπόδιστης θλίψης (χειροκίνητη ή μηχανοκίνητη) (πλαίσιο φόρτισης, μεταλλική βάση με κυκλική πλάκα στο κέντρο της οποίας τοποθετείται το δοκίμιο, μηκυσιόμετρα ακριβείας)
2. Ζυγός ακριβείας
3. Ηλεκτρικός φούρνος
4. Κάψες πορσελάνης, δοχεία γυάλινα ή υποδοχείς μεταλλικοί
5. Μορφοποιητής κοπής δειγμάτων διαμέτρων 1.4" και 2.8" με τα εξαρτήματά του
6. Κυλίνδρους διαφόρων διαμέτρων, με κοφτερό άκρο

Τρόπος εργασίας

Από αδιατάρακτο δείγμα εδάφους αποκόπτεται κυλινδρικό δείγμα διαστάσεων διαμέτρου ~4.0 cm και ύψους ~8.0 cm.

Το δείγμα τοποθετείται στον μορφοποιητή δειγμάτων και με τη σπάτουλα μορφοποιείται σε κυλινδρικό δοκίμιο διαστάσεων διαμέτρου 3.5 cm. Από το δείγμα αυτό με τη βοήθεια κυλίνδρου της ίδιας διαμέτρου και ύψους 7.0 cm, παίρνεται το τελικό δοκίμιο αποκόπτοντας το δείγμα στις δύο επιφάνειες που εξέχουν του δειγματολήπτη και προσέχοντας οι δύο βάσεις να είναι παράλληλες.

Το δοκίμιο ζυγίζεται και σημειώνονται οι διαστάσεις του. Από τα τεμάχια του δείγματος που παρέμειναν μετά την κατασκευή του τελικού δείγματος, με ζύγιση σε μεταλλικό υποδοχέα και ξήρανση στο φούρνο στους 105°C βρίσκουμε την φυσική υγρασία πριν από την δοκιμή.

Το δοκίμιο τοποθετείται με προσοχή ανάμεσα στις μεταλλικές πλάκες της συσκευής, στην άνω πλάκα που έχει δυναμομετρικό δακτύλιο, τοποθετείται με τρόπο ώστε το μηκυσιόμετρο να μην κινηθεί. Στη θέση αυτή το μηκυσιόμετρο μηδενίζεται και προσαρμόζεται το δεύτερο μηκυσιόμετρο στην ίδια πλάκα.

Το δοκίμιο αρχίζει να φορτίζεται προοδευτικά μέχρι τη θραύση του με απλή συμπίεση με φορτίο ή ελεγχόμενη μετατόπιση. Στο τέλος σημειώνεται η δύναμη που εφαρμόζεται κατά τη θραύση.

Υπολογισμοί – Διαγράμματα

Η δοκιμή μονοαξονικής θλίψης αποσκοπεί στον προσδιορισμό της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u δηλ. της συνοχής c_u σε ένα δοκίμιο συνεκτικού εδάφους. Για τον προσδιορισμό της συνοχής αυτής χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι και υπολογισμοί:

§ *Ανηγμένη παραμόρφωση, ε* :

$$\varepsilon = \frac{\Delta h_i}{h_o} \quad \text{όπου: } h_o = \text{Αρχικό ύψος δοκιμίου σε cm}$$
$$\Delta h_i = \text{Βράχυνση σε cm, του δοκιμίου σύμφωνα με τις ενδείξεις του μηκυσιομέτρου}$$

§ *Μέση επιφάνεια δοκιμίου, A_i* :

$$A_i = \frac{A_o}{(1-\varepsilon)} \quad \text{όπου: } A_o \text{ η αρχική μέση επιφάνεια του δοκιμίου σε cm}^2$$

§ *Διατμητική τάση, τ* :

Η διατμητική τάση κατά τη θεωρία του Coulomb δίνεται από τη σχέση:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad \text{όπου: } c = \text{η συνοχή του εδάφους}$$
$$\varphi = \text{η γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους}$$
$$\sigma = \text{η ορθή τάση στο επίπεδο διάτμησης}$$

Κατά τη δοκιμή μονοαξονικής θλίψης ο παράγοντας $\sigma * \text{tg}\varphi$ της σχέσης Coulomb μηδενίζεται και έτσι έχουμε:

$$\tau = c_u = q_u/2 \quad \text{όπου: } c_u = \text{η αστράγγιστη συνοχή του δοκιμίου}$$

$$q_u = \text{η αστράγγιστη ανεμπόδιστη αντοχή του δοκιμίου}$$

Επίσης έχουμε:

$$q_u = \frac{F}{A} \quad \text{όπου: } F \text{ το εφαρμόζόμενο αξονικό φορτίο}$$

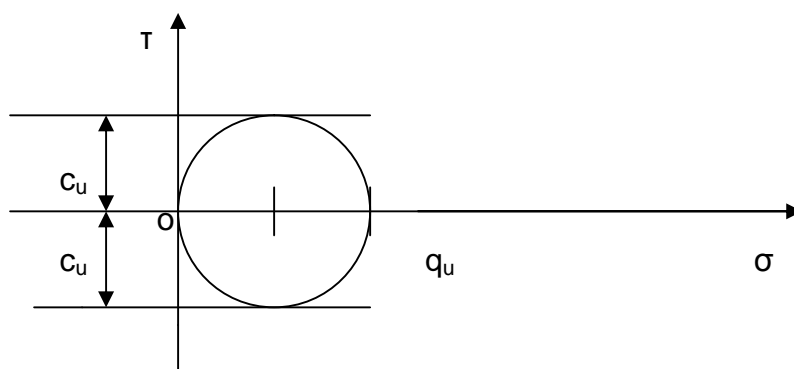
$$A \text{ η επιφάνεια}$$

Τις ενδείξεις του δυναμόμετρου του αξονικού φορτίου, τις πολλαπλασιάζουμε με το συντελεστή C του δακτυλίου του δυναμόμετρου, δηλ. έχουμε:

$$F = (\text{ενδείξεις}) * C \text{ (Kg)} \quad \text{και τελικά προκύπτει,}$$

$$\tau = c_u = q_u/2 = F/2A$$

Η περιβάλλουσα του Coulomb αποτελείται από παράλληλες ευθείες. (σχήμα)



Σχήμα: Διάγραμμα $\tau - \sigma$.

Μετά τους υπολογισμούς, σε διάγραμμα με άξονες την τάση σ_1 και την ανηγμένη παραμόρφωση ϵ , παίρνουμε την καμπύλη της ανεμπόδιστης θλίψης.

Αποτελέσματα της δοκιμής

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με τη καμπύλη τάσεων – ανηγμένων παραμορφώσεων. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη είναι η μέγιστη τιμή της τάσης ή η τάση που αντιστοιχεί σε ανηγμένη παραμόρφωση 20%.

Το έντυπο συμπληρώνεται με στοιχεία που αφορούν:

1. Το βάθος λήψης του δείγματος.
2. Τις διαστάσεις του δοκιμίου.
3. Τη σύσταση του εδαφικού υλικού .
4. Την αρχική πυκνότητα, φυσική υγρασία και βαθμό κορεσμού.
5. Την αντοχή του υλικού σε ανεμπόδιστη θλίψη.
6. Τη μέση ανηγμένη παραμόρφωση κατά τη θραύση του δοκιμίου $\epsilon = \Delta h_i / h_o$.
7. Τη μεταβολή του ύψους του δοκιμίου (Δh).
8. Υπολογισμός της θλιπτικής δύναμης F .
9. Υπολογισμός της διορθωμένη επιφανείας του δοκιμίου $A_i = A_o (1 - \epsilon)$.
10. Υπολογισμός της τάσης $\sigma_1 = F / A_i$.
11. Υπολογισμός της συνοχής $c_u = q_u / 2$.

Πρότυπη μέθοδος δοκιμής κοκκομετρικής ανάλυσεως λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών

Σκοπός:

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την διαδικασία για τον προσδιορισμό της κατανομής των διαφόρων μεγεθών κόκκων σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή υλικά, με τη χρησιμοποίηση κοσκίνων τετραγωνικών οπών. Επίσης η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη και για τη χρησιμοποίηση εργαστηριακών κόσκινων κυκλικών οπών.

Η μέθοδος αυτή, δεν μπορεί να εφαρμοσθεί για τα λεπτόκοκκα εδάφη ή γενικά για εδάφη των οποίων η πλειοψηφία των κόκκων είναι διαμέτρου μικρότερης από 0.07mm. Επίσης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κοκκομετρική ανάλυση αδρανών υλικών που ανακτήθηκαν από ασφαλτικά μείγματα.

Εργαστηριακός εξοπλισμός:

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός πρέπει να αποτελείται από τα παρακάτω:

1. Ζυγός : Ο ζυγός πρέπει να είναι ευαισθησίας 0.1% του βάρους του δείγματος που εξετάζεται.

2. Κόσκινα : Τα πλέγματα των κοσκίνων τετραγωνικών οπών πρέπει να είναι προσαρμοσμένα σε στερεά πλαίσια κατασκευασμένα κατά τρόπο, που να αποφεύγεται απώλεια υλικού κατά το κοσκίνισμα. Πρέπει επίσης να εκλέγονται κόσκινα κατάλληλων διαστάσεων, για την παροχή των πληροφοριών που απαιτούνται από τις προδιαγραφές που αναφέρονται στο υλικό που εξετάζεται. Τα κόσκινα με συρμάτινο πλέγμα να είναι σύμφωνα με τις Πρότυπες Προδιαγραφές Κοσκίνων για δοκιμές (A.A.S.H.T.O. M-92).

Σημείωση:

Αν χρησιμοποιούνται κόσκινα κυκλικών οπών από διάτρητα ελάσματα, τα ανοίγματα πρέπει να συμφωνούν με τις διαστάσεις που εφαρμόζονται και τις ανοχές που περιγράφονται στις Πρότυπες Προδιαγραφές Κοσκίνων για δοκιμές (A.A.S.H.T.O. T-92).

3. Κλίβανος : Ο κλίβανος πρέπει να είναι ικανός να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία 110 °C.

4. Μηχανή κοσκίνισματος.

5. Αναδευτήρας.

Υλικά:

Τα δείγματα για κοκκομετρική ανάλυση πρέπει να παίρνονται από τα προς εξέταση υλικά με τη χρησιμοποίηση συσκευής διαχωρισμού δειγμάτων ή με τη μέθοδο του τετραμερισμού. Λεπτόκοκκο αδρανές υλικό που παίρνεται σαν δείγμα με τη μέθοδο του τετραμερισμού, πρέπει να αναμιγνύεται καλά και να είναι ελαφρώς υγρό. Το δείγμα που εξετάζεται πρέπει να έχει κατά προσέγγιση το επιθυμητό βάρος και να είναι το τελικό αποτέλεσμα εφαρμογής της μεθόδου δειγματοληψίας. Η εκλογή δειγμάτων με βάρος που να καθορίζεται με ακρίβεια από προηγούμενα, πρέπει να αποφεύγεται.

Τα δείγματα λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού, για κοκκομετρική ανάλυση, πρέπει μετά την ξήρανση να έχουν κατά προσέγγιση τα βάρη που αναφέρονται πιο κάτω:

Υλικό με κατ' ελάχιστο 95% διερχόμενο του κόσκινου No 8 (2380 μ.):
500 g

Υλικό με κατ' ελάχιστο 95% διερχόμενο του κόσκινου No 4 (4760 μ.) και περισσότερο των 5% συγκρατούμενο στο κόσκινο No 8: 500 g.

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

Ονομαστικό Μέγιστο Μέγεθος κόκκου σε cm	Ελάχιστο Βάρος Δείγματος σε gr (1)
0.965	1.000
1.270	2.500
1.930	5.000
2.540	10.000
3.810	15.000
5.080	20.000
6.350	25.000
7.620	30.000
8.890	35.000

(1) Για δείγματα που ζυγίζουν 500 g ή περισσότερο, συνίσταται η χρησιμοποίηση κοσκίνων που έχουν διάμετρο πλαισίου (περίπου 40cm) ή μεγαλύτερη.

Στην περίπτωση μιγμάτων λεπτοκόκκων και χονδροκόκκων αδρανών ,το υλικό πρέπει να διαχωρίζεται με το κόσκινο No 4 (4760 m) σε δύο μεγέθη και τα δείγματα λεπτόκοκκων και χονδροκόκκων αδρανών υλικών πρέπει να προετοιμάζονται όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Στην περίπτωση λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού, το υλικό που είναι λεπτότερο του κόσκινου No 200 (74 m) πρέπει να προσδιορίζεται σύμφωνα με τη Πρότυπη Μέθοδο Προσδιορισμού της Ποσότητας Υλικού Λεπτότερου του κόσκινου No 200 σε Αδρανή Υλικά και η Κοκκομετρική ανάλυση να εκτελείται στο υλικό που είναι χονδρότερο του κόσκινου No 200 (74 m).

Προετοιμασία δείγματος:

Τα δείγματα πρέπει κατ' αρχήν να εξετάζονται σύμφωνα με την Πρότυπη Μέθοδο Προσδιορισμού υλικού λεπτότερου του Κόσκινου No 200 στα Αδρανή με πλύση. Η διαδικασία αυτή μπορεί να παραληφθεί με την προϋπόθεση ότι δεν απαιτείται η συνολική ποσότητα του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου No 200 και ότι απαιτήσεις ακριβείας της κοκκομετρικής ανάλυσεως δεν απαιτούν πλύση των κόκκων. Όλα τα δείγματα πρέπει να ξηραίνονται ουσιαστικά μέχρι σταθερού βάρους σε θερμοκρασία που να μην υπερβαίνει τους 110 °C.

Τρόπος εργασίας:

1. Ξήρανση εδαφικού υλικού σε φυσικό περιβάλλον.
2. Τετραμερισμός – παραλαβή ελάχιστης ποσότητας εδαφικού δείγματος βάσει του πίνακα.
3. Διαχωρισμός λεπτόκοκκου – χονδροκόκκου υλικού με βάση το κόσκινο No 4.
4. Ζύγιση ληφθέντων δειγμάτων.

5. Κοσκίνισμα του χονδρόκοκκου υλικού.
6. Ζύγιση της συγκρατούμενης ποσότητας σε κάθε ένα από τα κόσκινα και καταγραφή των βαρών στο Δελτίο Κοκκομετρικής Ανάλυσης και συμπλήρωση του.

Παρουσίαση αποτελεσμάτων:

Τα αποτελέσματα της Κοκκομετρικής αναλύσεως πρέπει να αναφέρονται ως εξής:

- (α) με τα ολικά % ποσοστά που διέρχονται από κάθε κόσκινο, ή
- (β) με τα ολικά % ποσοστά που συγκρατούνται σε κάθε κόσκινο, ή
- (γ) με τα % ποσοστά που συγκρατούνται μεταξύ των διαδοχικών Κοσκίνων, ανάλογα με τον τύπο των προδιαγραφών για τη χρησιμοποίηση του υλικού που εξετάζεται.

Τα ποσοστά πρέπει να αναφέρονται στρογγυλεμένα με τον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό, με εξαίρεση το ποσοστό που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200, το οποίο πρέπει να αναφέρεται με προσέγγιση 0, 1 %. Τα ποσοστά πρέπει να υπολογίζονται με βάση το ολικό βάρος του δείγματος, συμπεριλαμβανομένου και του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου Νο 200.

Πρότυπη μέθοδος προσδιορισμού υλικού λεπτότερου του κοσκίνου Νο 200 σε αδρανή υλικά (προσδιορισμός παιπάλης)

Σκοπός:

Η μέθοδος αυτή περιγράφει την διαδικασία προσδιορισμού της ολικής ποσότητας υλικού λεπτότερου του προτύπου κόσκινου Νο 200 (74μ) σε αδρανή υλικά

Σημείωση 1.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ολική ποσότητα του υλικού λεπτότερου του κόσκινου Νο 200 μπορεί να μην προσδιορισθεί με τη διαδικασία αυτή. Τέτοιος προσδιορισμός μπορεί να εκτελεστεί με το συνδυασμό υγρού και ξηρού κοσκινίσματος.

Εργαστηριακός εξοπλισμός:

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός πρέπει να αποτελείται από τα παρακάτω:

1. Κόσκινα. Συνδυασμός δύο Κοσκίνων, εκ των οποίων το κατώτερο είναι το κόσκινο Νο 200 (74 μ.) και το ανώτερο το κόσκινο Νο 16 (1 180 μ.) ή παραπλήσιο και τα δυο πρέπει να είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Πρότυπης Προδιαγραφής Κοσκίνων για δοκιμές (Α.Α.Σ.Η.Τ.Ο. Μ-92).

2. Υποδοχέας : υποδοχέας ικανού μεγέθους, ώστε να χωράει το δείγμα βυθισμένο όλο μέσα στο νερό και να επιτρέπει δυνατή ανατάραξη χωρίς απώλειες από απροσεξία.

3. Ζυγός : Ο ζυγός πρέπει να είναι ευαισθησίας μέχρι 0,1 % του βάρους του δείγματος που εξετάζεται.

4. Κλίβανος : Ο κλίβανος πρέπει να είναι ικανός να διατηρεί θερμοκρασία σταθερή 110°C.

Δείγμα δοκιμής:

Το δείγμα της δοκιμής πρέπει να προέρχεται από υλικό που αναμίχθηκε καλά και το οποίο περιέχει αρκετή υγρασία, ώστε να αποφεύγεται ο διαχωρισμός. Πρέπει να λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα, αρκετό για να δώσει ξηρό βάρος υλικού όχι λιγότερο εκείνου που απαιτείται για τη δοκιμή, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ονομαστικό μέγιστο μέγεθος κοσκίνου σε mm	Κατά προσέγγιση ελάχιστο βάρος δείγματος σε kg
No 4 4,75	0,50
9,50	1,00
19,00	2,50
37,50 ή μεγαλύτερο	5,00

Τρόπος εργασίας:

Το δείγμα για τη δοκιμή ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους 110 °C, και ζυγίζεται με προσέγγιση 0,1 %.

Το δείγμα της δοκιμής μετά την ξήρανση και τη ζύγιση, τοποθετείται μέσα στον υποδοχέα και καλύπτεται με αρκετό νερό, ώστε να εξασφαλίζεται ο πλήρης διαχωρισμός του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου Νο 200, από τα χοντρότερα τεμάχια.

Το περιεχόμενο του υποδοχέα αναταράσσεται ισχυρά και το νερό πλύσεως χύνεται αμέσως μέσα στα συνδυασμένα δύο κόσκινα, διευθετημένα με το χοντρότερο κόσκινο επάνω. Η χρησιμοποίηση κουτάλας για την ανατάραξη του υλικού μέσα στο νερό πλύσεως αποδείχθηκε ικανοποιητική.

Η ανατάραξη πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή, ώστε να επιτυγχάνεται ο πλήρης διαχωρισμός των κόκκων που διέρχονται από το κόσκινο Νο 200 (74 m) από τους χοντρότερους και να προκαλεί αιώρηση του λεπτού υλικού, για να απομακρύνεται με στράγγιση του νερού πλύσεως. Η εργασία αυτή επαναλαμβάνεται όσο απαιτείται, ώστε το νερό πλύσεως να γίνει διαυγές.

Όλο το υλικό που συγκρατήθηκε στα κόσκινα επαναφέρεται στο δείγμα που πλύθηκε. Το πλυμένο αδρανές υλικό ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους 110°C και ζυγίζεται με προσέγγιση 0,1%.

Υπολογισμός:

Τα αποτελέσματα υπολογίζονται με τον παρακάτω τύπο:

Ποσοστό υλικού λεπτότερου του κόσκινου Νο 200 :

$$100 * \frac{(\text{Αρχικό ξηρό βάρος} - \text{Ξηρό βάρος με πλύση})}{\text{Αρχικό ξηρό}}$$

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΕΩΣ

Όταν είναι επιθυμητή η εκτέλεση προσδιορισμού επαληθεύσεως, το νερό πλύσεως, είτε εξατμίζεται μέχρι ξηρού είτε διηθείται σε προζυγισμένο διηθητικό χαρτί το οποίο στη συνέχεια ξηραίνεται. Το υπόλειμμα ζυγίζεται, και το % ποσοστό υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$\{\text{Ξηρό Βάρος υπολείμματος}/\text{Ξηρό Βάρος αρχικού δείγματος}\} \times 100$$

Δοκιμή αμεσης διατμησης

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

Αντικείμενο της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός της διατμητικής αντοχής του πετρώματος όπως βρίσκεται επί τόπου του έργου και μάλιστα κατά προκαθορισμένη επιφάνεια κρίσιμη για το υπολογιζόμενο έργο (π.χ. επιφάνειες μικρότερης αντοχής, ασυνέχειες κτλ.)

ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

Η δοκιμή θα εκτελεσθεί σε αντιπροσωπευτική μάζα του βράχου σε σημεία που βρίσκονται επάνω στην επιφάνεια ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Η επιλογή της θέσεως, γίνεται ύστερα από λεπτομερή γεωλογική αποτύπωση της περιοχής και με προσεκτική αναζήτηση των σημείων που ενδιαφέρουν περισσότερο.

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Κατά την δοκιμή, απομονωμένος όγκος του πετρώματος διατέμνεται με τη βοήθεια οριζοντίου υδραυλικού εμβόλου, ενώ παράλληλα ένα άλλο υδραυλικό έμβολο επιβάλλει κάθετη φόρτιση.

Στη θέση δοκιμής που έχει επιλεγεί, διαμορφώνεται ύστερα από επιμελημένο καθαρισμό, ένα παραλληλεπίπεδο δοκίμιο που καθορίζει αρχικά και την σχετική επιφάνεια διατμήσεως.

Ιδιαίτερη μέριμνα θα ληφθεί ώστε η μόρφωση του επιζητούμενου δοκίμιου να γίνει με την μικρότερη δυνατή διαταραχή της καταστάσεως του σχηματισμού.

Κατασκευάζεται πλαίσιο που να εξασφαλίζει άκαμπτη συμπεριφορά και σχετικά ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων του δοκίμιου.

Πάνω από το πλαίσιο και πλευρικά σ' αυτό τοποθετούνται χαλύβδινες πλάκες για την εξασφάλιση ίσης κατανομής φορτίου.

Το υδραυλικό έμβολο που επιβάλλει κάθετο φορτίο, έχει σαν αντέρεισμα την οροφή της στοάς (εάν η δοκιμή εκτελείται μέσα σε στοά) ή κάποια κατάλληλη ανένδοτη διάταξη (εάν η δοκιμή εκτελείται στο ύπαιθρο).

Το υδραυλικό έμβολο που επιβάλλει την διάτμηση έχει σαν αντέρεισμα είτε τα τοιχώματα της στοάς (εάν η δοκιμή εκτελείται μέσα σε στοά) είτε τα πρηνή ορύγματος (εάν η δοκιμή εκτελείται στο ύπαιθρο), γενικά δε σε όλες τις περιπτώσεις μια μάζα ικανή να αναλάβει το πλάγιο φορτίο.

Με τα έμβολα θα εφαρμοσθούν πιέσεις επάνω στις πλάκες και με το πλάγιο φορτίο θα προκληθεί διατμητική θραύση κατά μήκος της προσχεδιασμένης επιφάνειας.

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ – ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Οι επιφάνειες που πρόκειται να φορτιστούν θα διαμορφώνουν επίπεδες με το χέρι ή με λιθοπρίονο ή με σειρά επαλλήλων διατρήσεων (εάν χρειαστεί) με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του δοκίμιου.

Οποσδήποτε αποκλείεται η χρήση εκρηκτικών υλών.

Ανάλογα με την φύση του εδάφους ενδέχεται να απαιτηθεί διάταξη που επιτρέπει την αποστράγγιση του δοκίμιου, ή αντίστροφα τον κορεσμό του.

Οι διαστάσεις του δοκίμιου είναι 0.70 m * 0.70 m και δεν μπορεί να είναι μικρότερο από 0.40 m * 0.40 m.

Το ύψος του δοκίμιου γενικά επιδιώκεται να είναι ίσο προς το μισό του πλάτους του.

Ύστερα από την πιο πάνω διαμόρφωση τοποθετείται το διατμήσεως.

Επάνω στην φορτιζόμενη επιφάνεια θα κατασκευαστεί εξισωτική στρώση από αμμοσιμεντοκονίαμα πάχους περίπου 30 mm.

Η πλάκα φορτίσεως θα τοποθετηθεί ύστερα από 3 ημέρες επάνω στην εξισωτική στρώση. Η χαλύβδινη αυτή πλάκα θα φέρει εγκάρσια χαλύβδινα ελάσματα ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής ακαμψία.

Επάνω στην πλάκα τοποθετείται διάταξη που να εξασφαλίζει μόνιμη καθετότητα της ορθής δυνάμεως.

Η διάταξη αυτή μπορεί να αποτελείται από διάφορες μορφές αρθρώσεων είτε από σύστημα πλακοειδών γρύλων είτε από οποιοδήποτε άλλο σύστημα.

Ακολουθεί υδραυλικό έμβολο που να τροφοδοτείται από αντλία λαδιού.

Η πίεση του λαδιού μέσα στο έμβολο θα μετρείται με μανόμετρο τοποθετημένο στην αντλία τροφοδοσίας. Η αντλία αυτή θα λειτουργεί (με χειροκίνηση ή μηχανοκίνηση) έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή πίεση στα έμβολα κατά την διάρκεια της δοκιμής.

Για τον έλεγχο της δυνάμεως που επιβάλλεται πάνω στην πλάκα φορτίσεως πρέπει να παρεμβληθεί δυναμόμετρο μεταξύ του εμβόλου και του αντερείσματός του, η όλη διάταξη πρέπει να επιτρέπει την ανενόχλητη σχετική μετατόπιση του δοκιμίου.

Στην περίπτωση δοκιμής μέσα στην σήραγγα, η φόρτιση της πλάκας με κατακόρυφο έμβολο, θα εξασφαλίζεται με την χρησιμοποίηση της οροφής της σήραγγας, σαν αντέρεισμα.

Η οροφή της σήραγγας στο σημείο αυτό θα διαμορφωθεί παράλληλα προς την επιφάνεια διατμήσεως. Το κενό μεταξύ οροφής και διατάξεως θα καλυφθεί από ανθεκτικό υλικό.

Στην περίπτωση δοκιμής στο ύπαιθρο, η κάθετη φόρτιση της πλάκας θα εξασφαλίζεται είτε με έναν βαρύ όγκο (κιβώτιο αδρανών ή ύδατος ή σχάρα δοκών κτλ) επάνω σε μία ανθεκτική εξέδρα είτε με κάποιο σύστημα αγκιρώσεων. Το φορτίο θα είναι αρκετό σε μέγεθος, για την ολοκλήρωση της δοκιμής. Χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη για την ασφαλή στήριξη της πιο πάνω διατάξεως.

Το φορτίο διατμήσεως εφαρμόζεται επίσης με υδραυλικό έμβολο. Θα πρέπει να υπάρχουν οι ίδιες διατάξεις όπως και στο υδραυλικό έμβολο για κάθετη φόρτιση.

Το οριζόντιο υδραυλικό έμβολο θα έχει έρεισμα από σπλισμένο σκυρόδεμα με χαλύβδινη πλάκα στα τοιχώματα της στοάς.

Οι μετακινήσεις θα μετριοούνται με μηκυσιόμετρα. Οι μετρήσεις θα γίνονται σε 4 σημεία για την κάθετη μετατόπιση και σε 4 σημεία στην οριζόντια.

Τα μηκυσιόμετρα θα είναι εξαρτημένα από σταθερά σημεία που θα βρίσκονται σε φορείς με επαρκή ακαμψία. Οι φορείς θα βρίσκονται σε σημεία που να μην επηρεάζονται από την εκτέλεση της δοκιμής.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ

Τα υδραυλικά έμβολα θα είναι ικανότητας τουλάχιστον 0.5 MN.

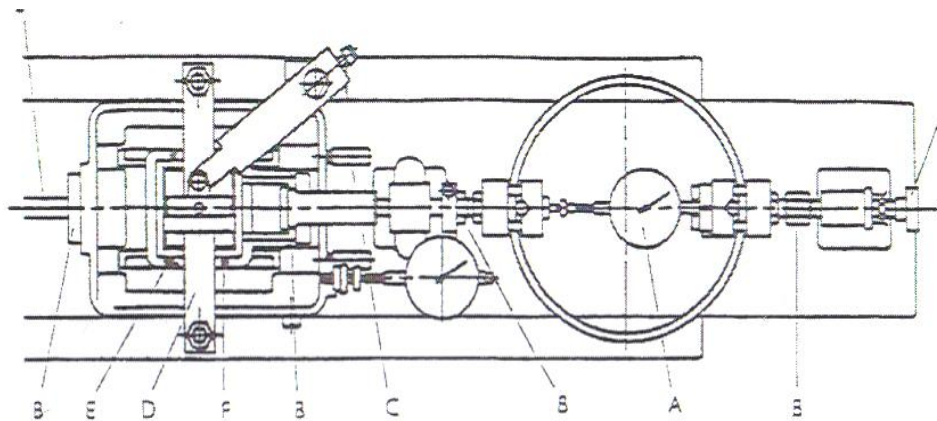
Κατά την δοκιμή θα είναι δυνατή η παρατήρηση μετακινήσεων τουλάχιστον 1 / 100 mm.

Η μέτρηση της πίεσεως των εμβόλων θα γίνεται με μανόμετρα που θα παρέχουν ευκρινή ένδειξη τουλάχιστον του ενός εικοστού πέμπτου (1/25) της μέγιστης επιβαλλόμενης πίεσεως.

Η σύνδεση των εμβόλων με τις αντλίες λαδιού θα γίνεται μέσω σωλήνων υψηλής πίεσεως ελάχιστης διαμέτρου 1/4". Η σύνδεση των σωλήνων θα γίνεται μέσω βαλβίδων αντεπιστροφής.

Τα δυναμόμετρα θα είναι μηχανικού ή υδραυλικού ή ηλεκτρικού τύπου και θα έχουν την ικανότητα ανάλογη προς την ικανότητα των εμβόλων.

Τα μηχανοσκόμια θα έχουν ευαισθησία 10^{-2} του mm και διαδρομή 10 mm.



- 1 Δακτύλιο ρύθμισης φορτίου
- 2 Άξονας φόρτισης.
- A. Δακτύλιος φόρτισης απαιτούμενης ικανότητας, ευαισθησίας.
- B. Το σύνολο των εξαρτημάτων είναι όλα σε επαφή.
- C. Κιβώτιο διάτμησης τοποθετημένο σφιχτά.
- D. Ζυγός φόρτισης.
- E. Αποσυρμένες βίδες.
- F. Βίδες αποχωρισμού στο κιβώτιο διάτμησης βιδωμένες ώστε μόλις να ανυψώνεται το πάνω μέρος από το κάτω.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Πριν από την έναρξη της δοκιμής μπορεί να χρειαστεί να εφαρμοστεί προσυμπίεση. Μια τέτοια στερεοποίηση των δειγμάτων είναι δυνατόν να απαιτήσει πολλές ημέρες.

Η κάθετη φόρτιση εφαρμόζεται σε διάφορα στάδια.

Η καθίζηση για τα διάφορα στάδια φορτίσεως καταγράφεται και στην συνέχεια συντάσσεται διάγραμμα καθιζήσεως σε σχέση με το χρόνο.

Κάθε φορτίο θα επιβάλλεται με μέγιστη ταχύτητα 0.1 MPa το δευτερόλεπτο.

Θα θεωρηθεί ότι σταμάτησε να αυξάνει η παραμόρφωση εάν η τελευταία μέτρηση δεν διαφέρει περισσότερο από 1 / 100 mm της μετρήσεως που έγινε πριν 15 πρώτα λεπτά.

Ανάλογα με το πρόγραμμα της δοκιμής, σε κάθε στάδιο κάθετης φορτίσεως το οριζόντιο φορτίο οδηγείται ή όχι μέχρι διατμητικής θραύσεως.

Μετά την διατμητική θραύση η δοκιμή συνεχίζεται με άλλα κάθετα φορτία ώστε να ληφθούν τιμές για την παραμένουσα (Residual) διατμητική αντοχή.

Οι αναγνώσεις των μηκυσιόμετρων θα γίνονται με προσοχή, ώστε να μη διαταραχθεί η όλη διάταξη. Ο χώρος της δοκιμής θα διαμορφωθεί έτσι ώστε να εξασφαλίζεται εύκολη προσπέλαση του παρατηρητή προς τα μηκυσιόμετρα.

Λαμβάνεται πρόνοια ώστε κατά την διάρκεια της δοκιμής να υπάρχει επαρκής αερισμός και φωτισμός του χώρου και να αποφεύγονται σοβαρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, στη θέση των μετρήσεων. Επίσης θα πρέπει να γίνει απαγόρευση της κυκλοφορίας κοντά της δοκιμής και αποκλεισμός κάθε πιθανής πηγής δονήσεων και ενοχλήσεως της διατάξεως.

Οι αναγνώσεις των μηκυσιόμετρων θα γίνονται κατά διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 15 πρώτων λεπτών

ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

Αμέσως μετά το τέλος της δοκιμής συντάσσεται δελτίο όπου αναφέρονται :

Οι ημερομηνίες και οι ώρες ενάρξεως της δοκιμής.

Οι καιρικές συνθήκες.

Ο αριθμός και η θέση της δοκιμής.

Οι υπεύθυνοι για την εκτέλεση της δοκιμής . το πρόγραμμα των σταδίων φορτίσεως.

Οι ενδείξεις των μανομέτρων και των μηνυσιόμετρων σε όλες τις αναγνώσεις κάθε σταδίου φορτίσεως, με την ακριβή ώρα μετρήσεως αυτών.

Στοιχεία βαθμονομήσεως των μανομέτρων.

Στοιχεία συμβάντων κατά την διάρκεια της δοκιμής που μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια και την πιστότητα των αποτελεσμάτων.

Στην τελική έκθεση της δοκιμής περιλαμβάνονται τα πιο κάτω στοιχεία:

Σχέδια της διατάξεως της δοκιμής και του χώρου εργασίας που περιέχουν με ακρίβεια :

a. Τις διαστάσεις και τον τρόπο αντιστηρίξεως του χώρου της δοκιμής.

b. Την θέση, τις διαστάσεις και τον τρόπο μορφώσεως του δοκιμίου.

- c. Γεωλογικό χαρακτηρισμό της ευρύτερης περιοχής της δοκιμής και τα γεωλογικά και εδαφοτεχνικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης θέσεως του ελεγχόμενου εδάφους.
- d. Την διάταξη με όλες τις λεπτομέρειες φορτίσεως και παρατηρήσεως των υποχωρήσεων.
- e. Διάγραμμα φορτίου σε συνάρτηση με το χρόνο.
- f. Αναλυτικά διαγράμματα παραμορφώσεων σε συνάρτηση με το χρόνο σε κάθε στάδιο φορτίσεως .
- g. Διάγραμμα της διατμητικής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου δοκιμίου.
- h. Περιγραφή χαρακτηριστικών της επιφανείας που να συνοδεύεται από φωτογραφίες πριν και μετά την δοκιμή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έκθεση αναφέρεται στη γεωτεχνική έρευνα και μελέτη που εκπονήθηκε στα πλαίσια της μελέτης " Μελέτη ανέγερσης κτιρίου για την εγκατάσταση των κοινωνικών υπηρεσιών του Δήμου Αρταίων ".

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

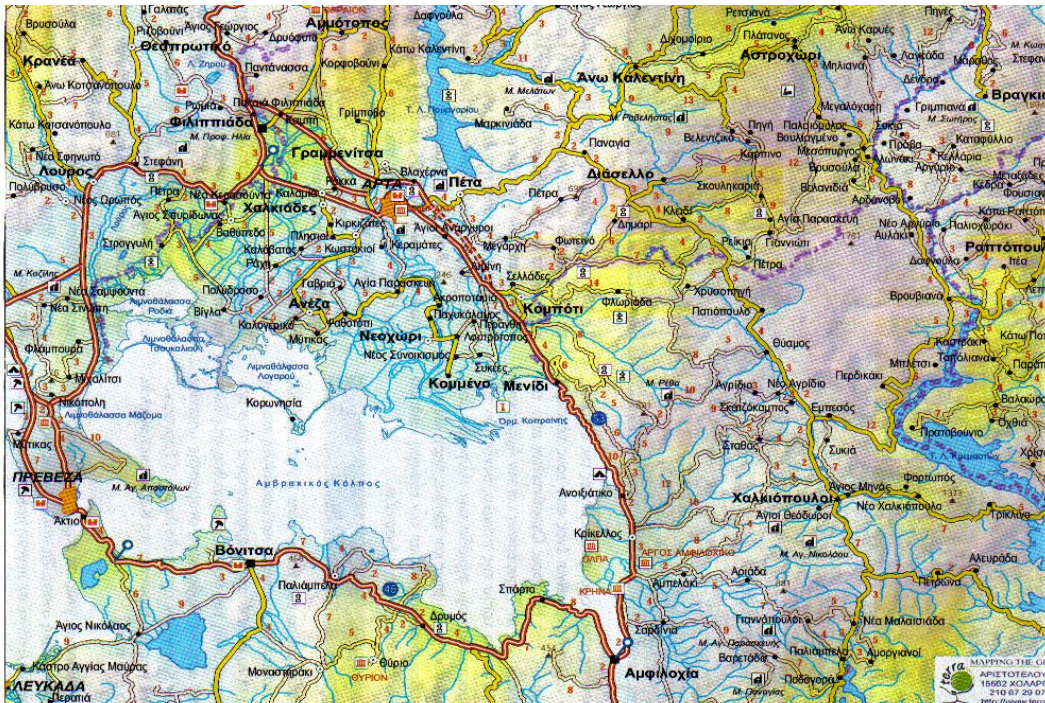
Το αντικείμενο της παρούσας Γεωτεχνικής μελέτης περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια.

- Εκτέλεση ερευνητικών εργασιών υπαίθρου (γεωτρήσεις).
- Εκτέλεση προγράμματος εργαστηριακών δοκιμών
- Παρουσίαση, επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των γεωτεχνικών ερευνητικών εργασιών.

Η γεωτεχνική έρευνα και μελέτη έγινε για να διαπιστωθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά, οι μηχανικές ιδιότητες του υπεδάφους και οι συνθήκες θεμελίωσης στη θέση κατασκευής του κτιρίου κοινωνικών υπηρεσιών του Δήμου Αρταίων. Η επιλογή των θέσεων ερευνών έγινε μετά από συνεννόηση με την Υπηρεσία και σύμφωνα με τα στοιχεία που παρασχέθηκαν για τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτιρίων από το μελετητή της Αρχιτεκτονικής μελέτης. Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελέστηκαν στα ποιο αντιπροσωπευτικά δείγματα που απολήφθηκαν ενώ η αξιολόγηση έγινε στο σύνολο των γεωτεχνικών ερευνών.

ΘΕΣΗ – ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

Η περιοχή που πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο κοινωνικών υπηρεσιών του Δήμου Αρταίων βρίσκεται στην είσοδο της πόλης της Άρτας σε κτίριο που αυτή τη στιγμή στεγάζεται η Υπηρεσία Ύδρευσης και Αποχέτευσης της πόλης.



ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

α) ΕΠΙΤΟΠΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

Στις 13/08/2004 πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στο χώρο του έργου, από τον Πολιτικό Μηχανικό υπεύθυνο της γεωτεχνικής μελέτης.

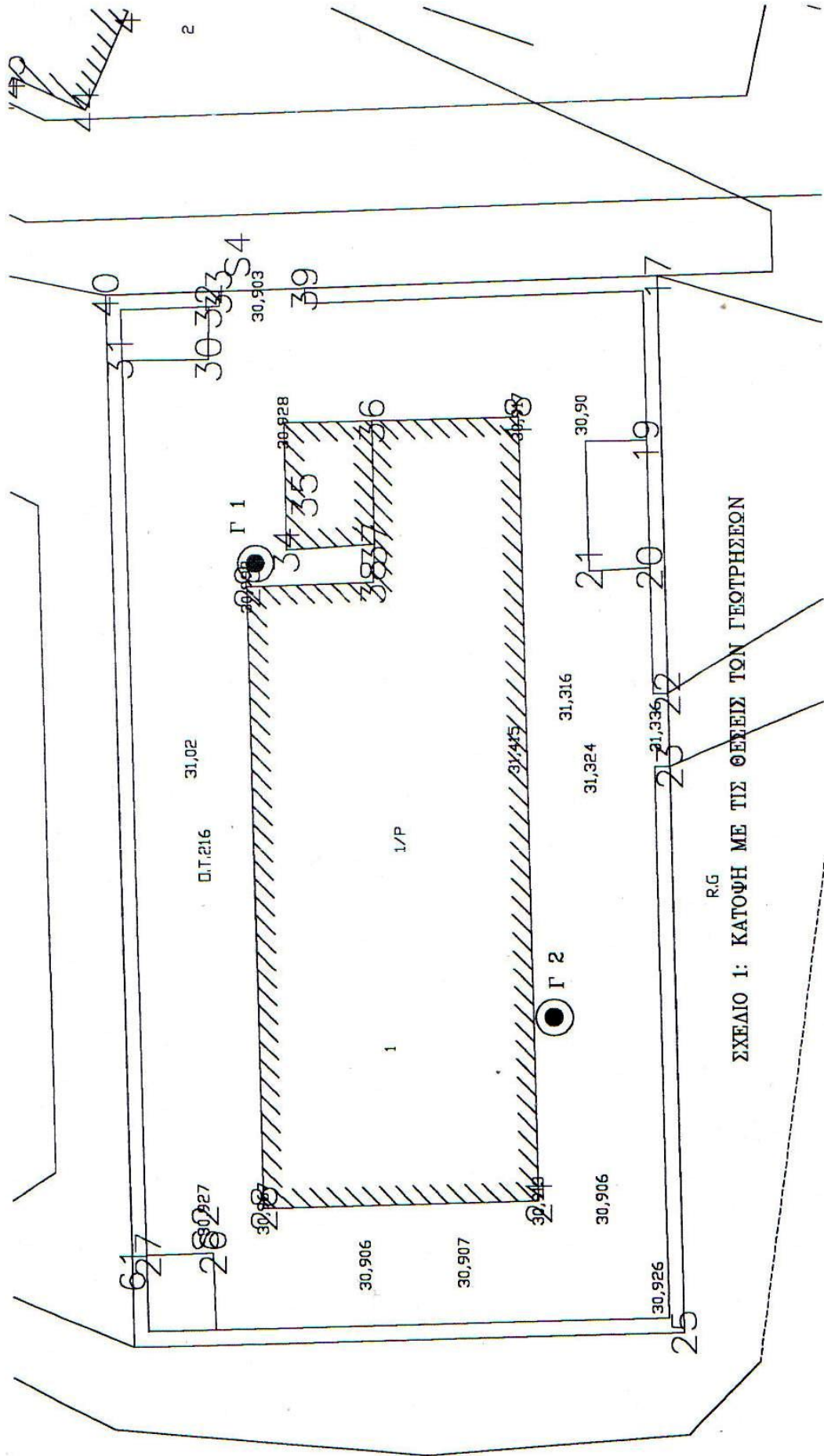
Η επίσκεψη είχε ως σκοπό την αναγνώριση της περιοχής ώστε να εντοπιστούν τυχόν ιδιαιτερότητες του χώρου του οικοπέδου, τον ακριβή προσδιορισμό των θέσεων των γεωτρήσεων, την εξεύρεση τρόπου τροφοδοσίας του γεωτρύπανου με νερό καθώς και την επιλογή τρόπου εισόδου και εγκατάστασης του γεωτρύπανου προς τις θέσεις των ερευνών.

β) ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Εκτελέστηκαν δύο (2) δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, οι Γ1 και Γ2 βάθους 15,00 m η κάθε μία σε θέσεις που φαίνονται στο Σχέδιο 1. Για τη διάτρηση χρησιμοποιήθηκε γεωτρύπανο τύπου LONG YEAR περιστροφικής δειγματοληψίας. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι εκτελεσθείσες δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και τα όργανα που τοποθετήθηκαν.

Πίνακας 1: Εκτελεσθείσες δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και πιεζόμετρα που τοποθετήθηκαν

Γεώτρηση	Ημερομηνία		Βάθος Διάτρησης (m)	Είδος οργάνου
	Έναρξης	Λήξης		
Γ1	1/9/2004	6/9/2004	15.00	Πιεζόμετρο απλού τύπου
Γ2	8/9/2004	9/9/2004	15.00	-



ΣΧΕΔΙΟ 1: ΚΑΤΟΨΗ ΜΕ ΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Η φύση των γεωλογικών σχηματισμών που συναντήθηκαν στις δύο διαφορετικές θέσεις έρευνας επέβαλαν τη δειγματοληψία τόσο με διπλή καροταρία, χρήση νερού και αδαμαντοκορώνας (D) όσο και με μονή καροταρία, χωρίς χρήση νερού (φραγμοί) και κορώνα με βίδια (W). Ο παραπάνω τρόπος που προσαρμόστηκε στις απαιτήσεις του είδους των σχηματισμών, είχε σαν αποτέλεσμα τη συνεχή δειγματοληψία και την επίτευξη πυρηνοληψίας σε ποσοστό περί το 100 %. Εξαιρέση αποτέλεσαν κάποια βάθη που συναντήθηκαν έγκοιλα εντός των ασβεστολιθικών εμφανίσεων ή πολύ μαλακές συγκεντρώσεις αργίλου που η δειγματοληψία απείχε του 100% λόγω της φύσης των εδαφικών σχηματισμών.

Για την εκτέλεση της γεώτρησης Γ1 χρησιμοποιήθηκαν οι εξής καροταρίες:

- Φ114_W mm (μονού τοιχώματος) μέχρι βάθους 2.00m
- Φ101_W mm (μονού τοιχώματος) σε βάθος από 2.00 έως 12.40 m
- T101_D mm (διπλού τοιχώματος) σε βάθος από 12.40 έως 15.00 m

Κατά τη διάρκεια της προχώρησης απαιτήθηκε η σωλήνωση της οπής της γεώτρησης με σωλήνα διαμέτρου Φ114-104mm μέχρι το βάθος των 4.00 m.

Λόγω της φύσης των ασβεστολιθικών εμφανίσεων (έντονα βραχώδεις) που συναντηθήκαν κυρίως στη γεώτρηση Γ1 και λιγότερο στη γεώτρηση Γ2 απαιτήθηκε η χρησιμοποίηση νερού για τη διάτρηση που προμηθεύτηκε από κοντινή παροχή εντός των υφιστάμενων κτιριακών εγκαταστάσεων.

Μετά το πέρας των επί τόπου ερευνών το σύνολο των δειγμάτων των γεωτρήσεων, που είχε ήδη τοποθετηθεί εντός ξύλινων κιβωτίων (κασάκια γεωτρήσεων) με κατάλληλη σήμανση, φωτογραφήθηκαν και με ευθύνη του επί τόπου γεωλόγου μεταφέρθηκαν σε συνεργαζόμενο εργαστήριο για την επιλογή των πιο αντιπροσωπευτικών για εργαστηριακές δοκιμές.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ – ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ

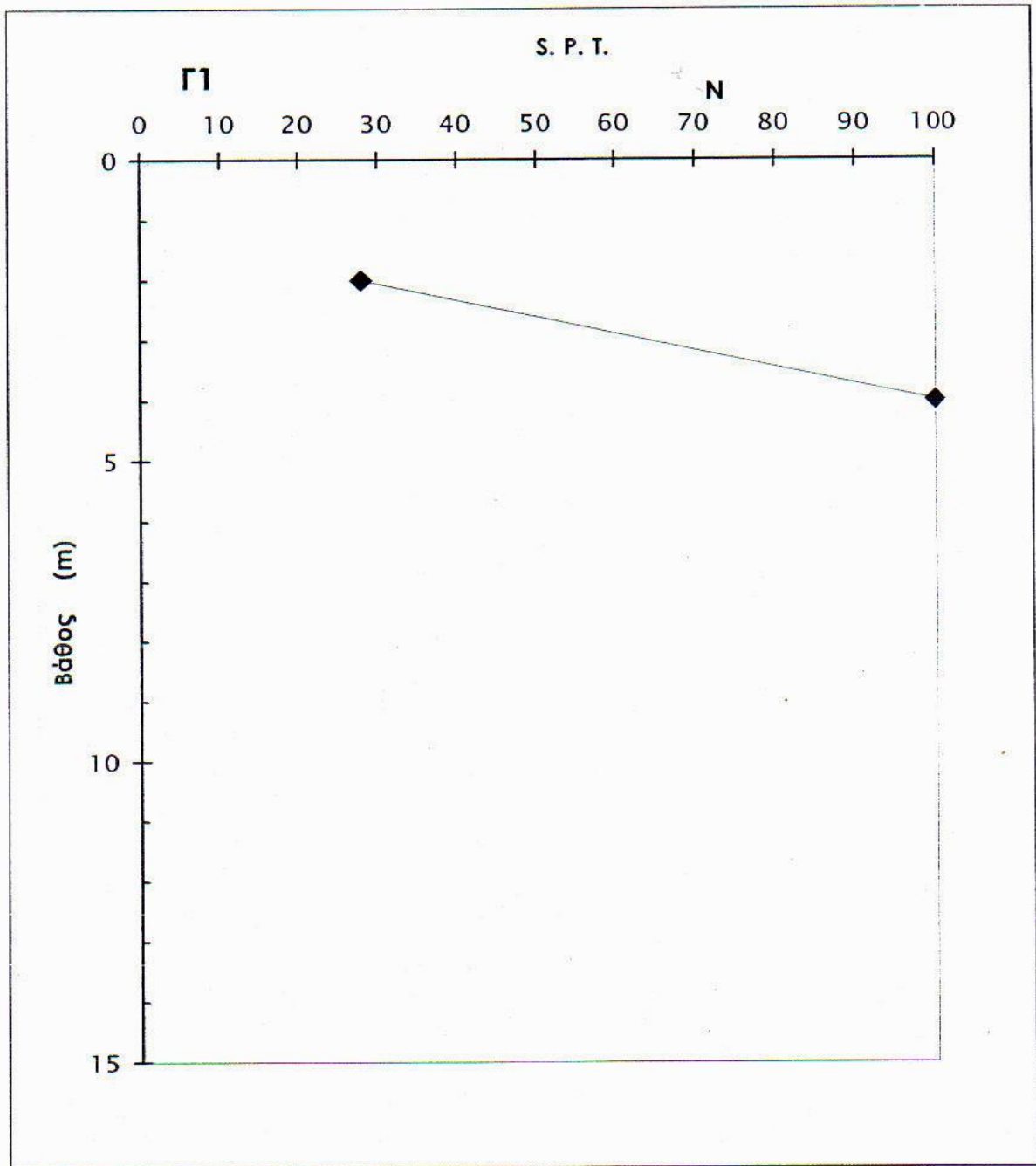
Κατά τη διάρκεια της διάτρησης απολήφθηκαν συνολικά εικοσιέξι δείγματα "εν ξηρω" (φραγμοί) επτά από τη γεώτρηση Γ1 και δεκαεννέα από τη γεώτρηση Γ2. Τα δείγματα αυτά πριν τοποθετηθούν εντός των ειδικών ξύλινων κιβωτίων συσκευάστηκαν κατάλληλα και περιτυλίχθηκαν με ζελατίνα και σακούλες προστασίας ώστε να διατηρηθεί η φυσική τους υγρασία μέχρι την εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών αλλά και αργότερα.

Σε ότι αφορά στις επί τόπου δοκιμές εδαφομηχανικής εκτελέστηκαν 5 δοκιμές πρότυπης διείδυσης (SPT), γεωτρήσεις όπου αυτό ήταν εφικτό από τη φύση των προς διάτρηση σχηματισμών.

Τα αποτελέσματα των επί τόπου αυτών δοκιμών είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά του εδάφους θεμελίωσης. Τα αποτελέσματα των επί τόπου αυτών δοκιμών παρουσιάζονται στον πίνακα 2 και η μεταβολή τους με το βάθος παρατίθεται στα σχήματα 1 και 2.

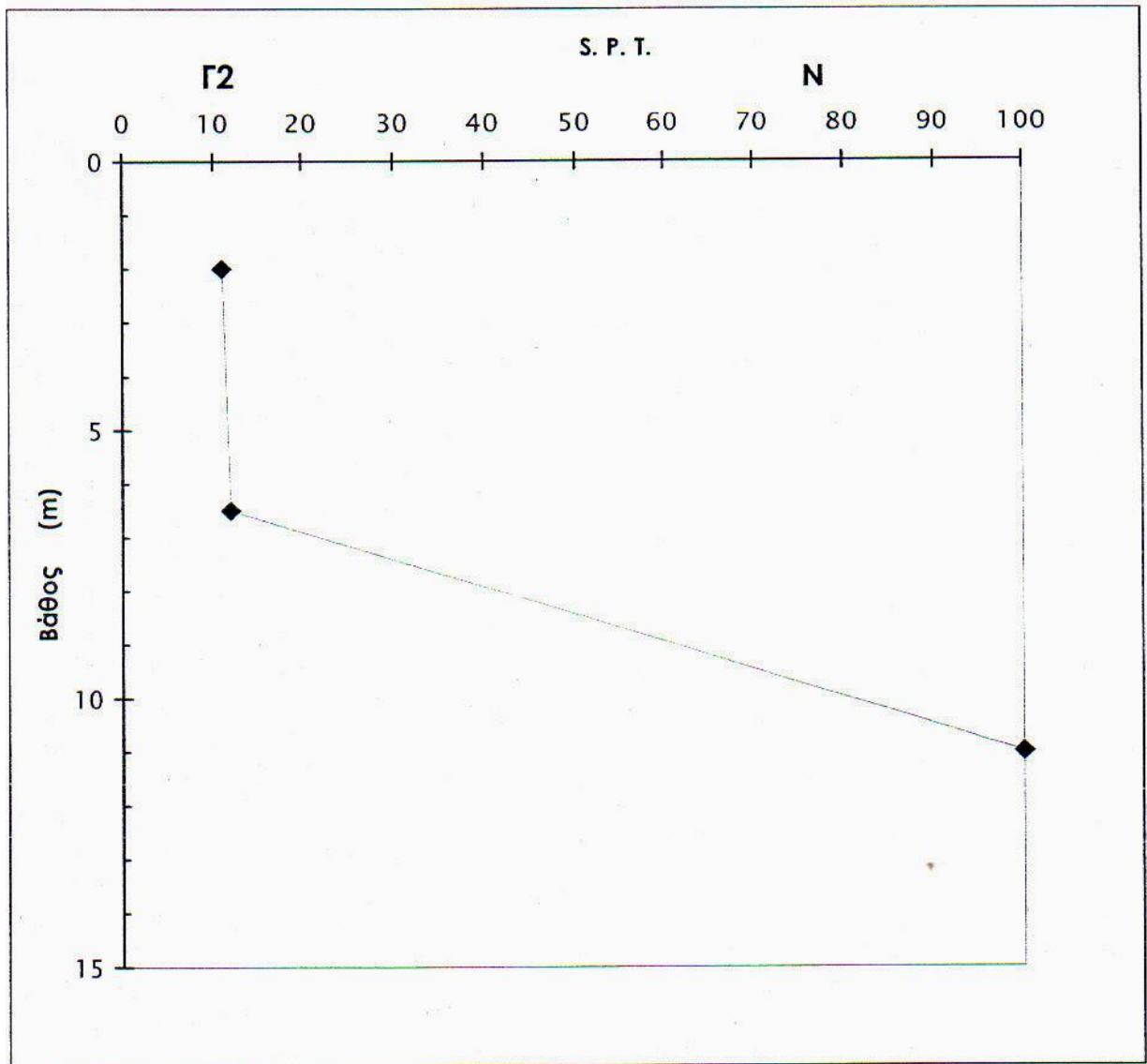
Πίνακας 2: Αποτελέσματα δοκιμών SPT

Γεώτρηση	Βάθος (m)	Κρούσεις			Αριθμός κρούσεων N
		1 ^η	2 ^η	3 ^η	
Γ1					
	2.00 – 2.45	8	12	16	28
	4.00 – 4.20	37	50/5		Άρνηση
Γ2	2.00 – 2.45	11	7	4	11
	6.50 – 6.95	3	6	6	12
	11.00 – 11.06	50/6			Άρνηση



N=100 (ΑΡΝΗΣΗ)

Σχήμα 1: Αριθμός κρούσεων S.P.T. στη γεωτρήση Γ1 - Βάθος (m)



Σχήμα 2: Αριθμός κρούσεων S.P.T. στη γεωτρήση Γ2 - Βάθος (m)



Γεώτρηση Γ1



Γεώτρηση Γ2

ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ

Κατά τη διάρκεια εργασιών λαμβάνονταν μετρήσεις της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα με ηλεκτρικό σταθμήμετρο σε τακτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα γίνονταν μετρήσεις μετά το πέρας της καθημερινής εργασίας και το επόμενο πρωί πριν την έναρξη εργασιών (πρωινή και βραδινή στάθμη) καθώς και μετά την ολοκλήρωση κάθε γεώτρησης. Αναλυτικά οι μετρήσεις στη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα τόσο κατά τη διάρκεια της διάτρησης εντός των γεωτρήσεων όσο και μετά το πέρας της διάτρησης εντός των τοποθετημένων πιεζόμετρων παρατίθενται στον πίνακα 3.

Από την αξιολόγηση των μετρήσεων της στάθμης του υπόγειου νερού διαπιστώθηκε ότι αυτή αναπτύσσεται σε βάθος περί τα 6.20m από την επιφάνεια στη γεώτρηση Γ1 και περί τα 4.30 από την επιφάνεια του εδάφους στη γεώτρηση Γ2. Η διαφοροποίηση αυτή έγκειται στο διαφορετικό γεωλογικό υπόβαθρο που συναντάται στις δύο διαφορετικές θέσεις ερευνών (γεωτρήσεις Γ1 και Γ2).

Πίνακας 3: Στάθμη υπογείου ύδατος στις γεωτρήσεις Γ1 και Γ2

Γεώτρηση	Ημερομηνία	Βάθος γεώτρησης (m)	Στάθμη υπογείου (m)	
			Πρωί	Βράδυ
Γ1	1/9/2004	5.00	-	2.40
	2/9/2004	9.00	4.10	2.10
	3/9/2004	13.50	6.00	1.80
	6/9/2004	15.0	6.30	-
Γ2	7/9/2004	4.30	-	-
	8/9/2004	10.0	-	2.20
	9/9/2004	15.0	3.10	1.60

ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το γεωλογικό υπόβαθρο στη στενή περιοχή της μελέτης ανήκει στην Ιόνιο γεωτεκτονική ζώνη. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε φύλλο Άρτα, κλίμακας 1: 50.000 οι γεωλογικοί σχηματισμοί υποβάθρου από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι εξής :

- **ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ** ηλικίας ανώτερου Σενώνιου μικρολατυποπαγείς έως λατυποπαγείς με θραύσματα ρουδιστών και παρεμβολές υπολιθογραφικών ασβεστόλιθων. Πάχος σχηματισμού στην ευρύτερη περιοχή από 200 m έως 250m.

- **ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΙ** ηλικίας ανώτερου Ηώκαινου – Παλαιόκαινου μικροκρυσταλλικοί, στιφροί, λεπτοστρωματώδεις, υποκίτρινοι έως μικρολατυποπαγείς, παχυστρωματώδεις κατά θέσεις με πάχος σχηματισμού στην ευρύτερη περιοχή από 250m έως 350m .

Ασύμφωνα στους σχηματισμούς του γεωλογικού υπόβαθρου συναντώνται νεώτερες τεταρτογενούς ηλικίας **ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΕΔΙΑΔΩΝ** οι οποίες συνίστανται από ελώδεις αποθέσεις και κατά κύριο λόγο από λεπτομερή, μαλακά, ιλυώδη ή αργιλώδη ιζήματα. Στη στενή περιοχή της έρευνας επικρατούν οι αλλουβιακές τεταρτογενείς αποθέσεις και οι ασβεστόλιθοι του ανώτερου Ηώκαινου – Παλαιόκαινου.

Γεωλογικοί αιώνες

Απόλυτη ηλικία	Αιώνες	Περίοδοι	Εποχές	
1 εκ.	ΚΑΙΝΟΣΩΙΚΟΣ	Τεταρτογενές	Ολόκαινο ή Αλλουβιο	
		1 εκ. χρόνια	Πλειστόκαινο ή Διλούβιο	
		Τρπογενές 69. εκ. χρόνια	Νεογενές	Πλειόκαινο Μειόκαινο
			Παλαιογενές	Ολιγόκαινο Ηώκαινο Παλαιόκαινο
70 εκ.	ΜΕΣΟΣΩΙΚΟΣ	Κρητιδικό 65 εκ. χρόνια	Άνω Κάτω	
		Ιουρασσικό 45 εκ. χρόνια	Μάλμιο Δογγέριο Λιάσιο	
		Τριαδικό 45 εκ. χρόνια	Άνω Μέσο Κάτω	
225 εκ.	ΠΑΛΑΙΟΣΩΙΚΟΣ	Πέρμιο 45 εκ. χρόνια	Κοζάνιο Κουγγούριο Αρτίνακιο	
		Λιθανθρακοφόρο 80 εκ. χρόνια	Ουράλιο Μοσχόβιο Κούλιμο	
		Δεβόνιο 50 εκ. χρόνια	Άνω Μέσο Κάτω	
		Σιλούριο 100 εκ. χρόνια	Γοτλάνδιο Ορδοβισιο	
		Κάμβιο 100 εκ. χρόνια	Άνω Μέσο Κάτω	
		600 εκ.		
2.500 εκ.	ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ	Προτεροζωϊκός 650 εκ. χρόνια		
		Αρχαϊκός 900 εκ. χρόνια		
		ΚΟΣΜΙΚΟΣ ΑΙΩΝΑΣ		

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ – ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των εκτελεσθέντων γεωτρήσεων προέκυψαν οι στρωματογραφικές τομές που περιγράφονται παρακάτω :

ΓΕΩΤΡΗΣΗ 1

Βάθος (m)	Περιγραφή
0.00 – 1.00	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ, αμμοχαλικώδους σύστασης.
1.00 – 4.20	ΑΡΓΙΛΟΑΜΜΩΔΗΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ, που άλλοτε εμφανίζεται με τη μορφή μιας ΑΜΜΟΥ λεπτόκοκκης αργιλώδους, καστανού χρώματος με πολύ λίγα λεπτά χαλίκια.
4.20 – 15.00	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ελάχιστα αποσαθρωμένος έως υγιής, πολύ λίγο κερματισμένος, με τραχείες επιφάνειες κλειστών ασυνχειών, χωρίς πλήρωση. Σε βάθος 11.50 – 12.00 m εμφανίστηκε καροτικό έγκοιλο χωρίς δευτερογενή πλήρωση.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ 2

Βάθος (m)	Περιγραφή
0.00 – 1.50	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ, αμμοχαλικώδους σύστασης.
1.00 – 3.80	ΑΡΓΙΛΟΑΜΜΩΔΗΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ, καστανού – καστανοκόκκινου χρώματος με παρουσία διάσπαρτων λεπτών χαλίκων.
3.80 – 12.40	ΑΡΓΙΛΟΣ, καστανού – καστανοκόκκινου χρώματος, μαλακή έως πολύ μαλακή, μικρής – μέσης συνεκτικότητας, μικρής - μέσης πλαστικότητας, τοπικά λεπτοαμμώδης.
12.40 – 15.00	ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ελαφρά – μέτριος αποσαθρωμένος, κατακερματισμένος, τοπικά λατυποπαγούς δομής. Από τα 11.00 m έως τα 12.40 m εμφανίζεται κατακερματισμένος με τη μορφή κορηματικού υλικού.

Τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων έρχονται σε πλήρη συμφωνία με τις παρατηρήσεις της γεωλογικής δομής της στενής περιοχής μελέτης.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντήθηκαν στη γεώτρηση Γ1 αρχίζουν με εμφάνιση ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ έως τα 1.00 m, συνεχίζουν με ΑΡΓΙΛΟΑΜΜΩΔΟΥΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ αλλουβιακές αποθέσεις έως τα 4.20 m και τελειώνουν με ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟ υπόβαθρο.

Αντίστοιχα οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντήθηκαν στη γεώτρηση Γ2 αρχίζουν με εμφάνιση ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΕΠΙΧΩΣΕΩΝ έως τα 1.50 m, συνεχίζουν με αλλουβιακές αποθέσεις ΑΡΓΙΛΟΑΜΜΩΔΟΥΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ έως τα 3.80 m και ΑΡΓΙΛΩΔΟΥΣ σύστασης έως τα 12.40 m και τελειώνουν με ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΟ υπόβαθρο.

Η μεγάλη διαφοροποίηση στις γεωλογικές συνθήκες και στα πάθη των συναντούμενων γεωλογικών σχηματισμών, έως το βάθος έρευνας, έγκειται στο γεγονός ότι στη στενή περιοχή της μελέτης το ανάγλυφο του βραχώδους υπόβαθρου χαρακτηρίζεται από μεγάλη κλίση γι'αυτό και συναντήθηκε στις δύο γεωτρήσεις σε σημαντικά διαφορετικό βάθος από την επιφάνεια. Η διαφοροποίηση αυτή συνδέεται και με τη διέλευση ρεύματος στο Ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Τόσο η δράση του ρεύματος μεμονωμένα όσο και αυτή της αλλουβιακής πεδιάδας που χαρακτηρίζει την ευρύτερη περιοχή της πόλης της Άρτας ευθύνονται για την απόθεση στην επιφάνεια των αργιλωδών και αργιλοαμμώδων αποθέσεων που συναντήθηκαν και στις δύο γεωτρήσεις.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Κατόπιν λεπτομερούς εξέτασης των δειγμάτων που απολήφθηκαν και μεταφέρθηκαν επί τόπου στο εργαστήριο επιλέχθηκαν αντιπροσωπευτικά στα οποία και εκτελέστηκε το πρόγραμμα των εργαστηριακών δοκιμών που παρουσιάζεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Είδος και ποσότητα εργαστηριακών δοκιμών που εκτελέσθηκαν

	Είδος δοκιμής	Γ1	Γ2
ΕΔΑΦ.	Προπαρασκευή διαταραγμένων δειγμάτων	2	
ΕΔΑΦ.	Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας	2	
ΕΔΑΦ.	Προσδιορισμός ορίων Atterberg	2	
ΕΔΑΦ.	Προσδιορισμός ειδικού βάρους εδαφών	1	
ΕΔΑΦ.	Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης	1	
ΕΔΑΦ.	Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης	1	
ΕΔΑΦ.	Δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση (CD)	3	
ΒΡΑΧ.	Προετοιμασία κυλινδρικού δοκιμίου βραχώδους δείγματος		1
ΒΡΑΧ.	Προσδιορισμός αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη		1
ΒΡΑΧ.	Προσδιορισμός αντοχής σε σημειακή φόρτιση		4

Έγιναν εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης και καθορισμού των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών που συναντήθηκαν.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Παρακάτω επιχειρείται η διάκριση των σχηματισμών υπόβαθρου σε εδαφικούς ορίζοντες κυρίως με βάση τα αποτελέσματα της γεωλογικής αναγνώρισης της περιοχής και των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων. Σημαντικό ρόλο στη διάκριση των στρωματογραφικών οριζόντων επιτέλεσαν και τα αποτελέσματα των επί τόπου και εργαστηριακών δοκιμών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων Γ1 και Γ2 στο υπέδαφος της περιοχής κατασκευής του κτιρίου κοινωνικών υπηρεσιών του Δήμου Αρταίων συναντήθηκαν οι εξής στρώσεις.

- **ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ**
- **ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ**

ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

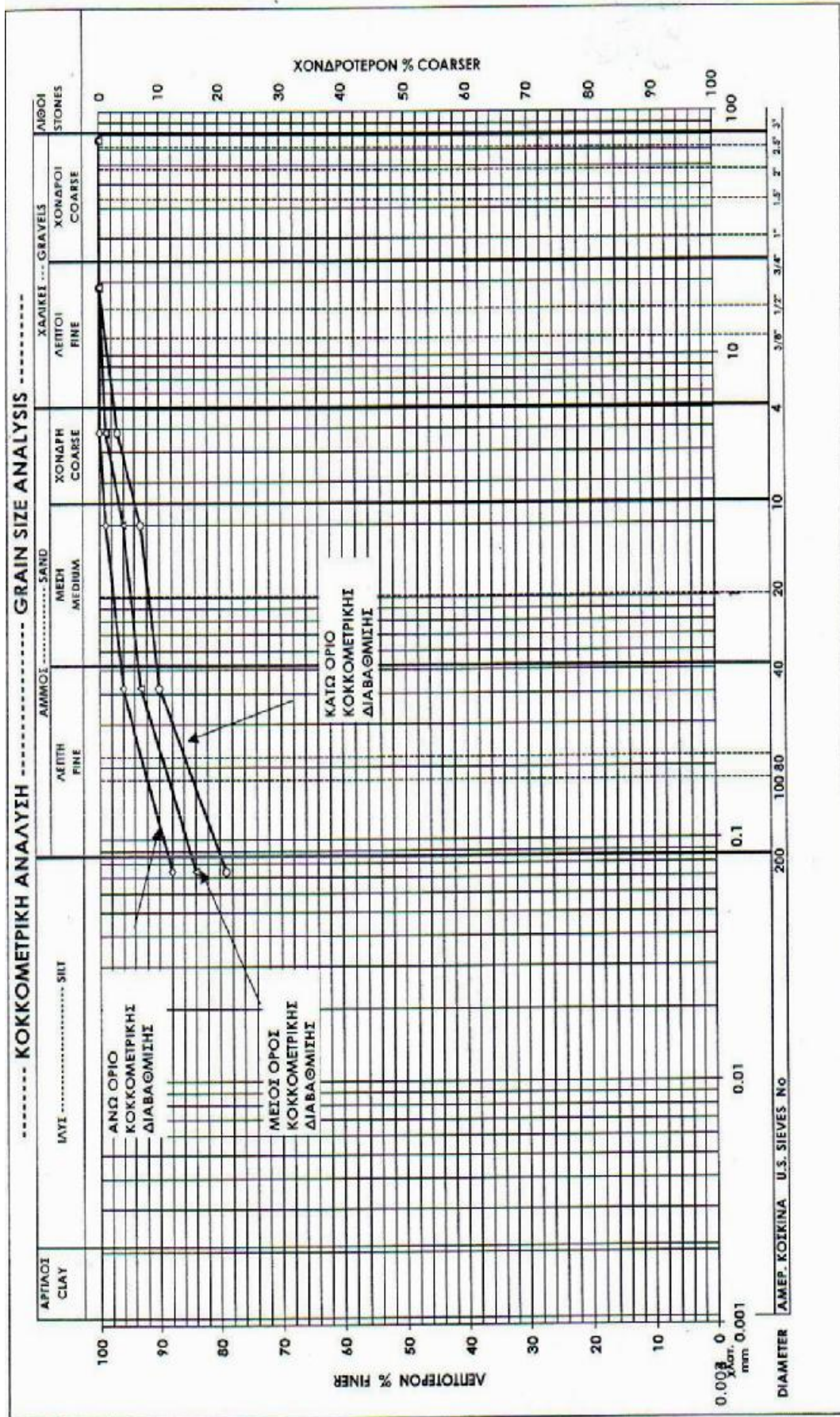
Αποτελούν τμήμα των αποθέσεων της εκτεταμένης αλλουβιακής πεδιάδας στην ευρύτερη περιοχή της Άρτας. Πρόκειται για αργιλώδους ή αργιλοαμμώδους σύστασης σχηματισμούς και συναντήθηκαν στις εκτελεσθείσες γεωτρήσεις με δύο διαφορετικούς επιμέρους ορίζοντες.

- Έναν αργιλοαμμώδους σύστασης που συναντήθηκε στη γεώτρηση Γ1 από το 1.00 m έως τα 4.20 m και στη γεώτρηση Γ2 από το 1.50 m έως τα 3.80 m.
- Έναν αργιλώδους σύστασης που συναντήθηκε στη γεώτρηση Γ2 από τα 3.80 m έως τα 12.40 m.

Ο επιφανειακός ορίζοντας σύστασης συνίσταται από άμμο αργιλώδη καστανού χρώματος με διάσπαρτα χαλίκια. Αποτελεί τον εδαφικό σχηματισμό που λόγω της θέσης ανάπτυξης του βρίσκεται σε άμεση επαφή με τη θεμελίωση του κτιρίου. Λόγω της φύσης του σχηματισμού δε στάθηκε εφικτή η εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών προσδιορισμού των μηχανικών ιδιοτήτων. Τα μόνα στοιχεία για τη μηχανική συμπεριφορά του προκύπτουν από την εκτέλεση επί τόπου δοκιμών SPT όπου προσδιορίσθηκε αριθμός κτύπων N ίσος με N=28 σε βάθος 2.00 m στη γεώτρηση Γ1 και N=11 σε βάθος 2.00 m στη γεώτρηση Γ2.

Σε ότι αφορά στον αργιλώδη ορίζοντα αυτός συναντήθηκε σε βάθος από τα 3.80 m έως τα 12.40 m στη γεώτρηση Γ2. Πρόκειται για μια άργιλο μαλακή έως πολύ μαλακή καστανού – καστανοκόκκινου χρώματος. Ενδεικτικό της μαλακής αυτής άργιλου είναι η περιορισμένη δειγματοληψία σε βάθη 4.30 – 6.00 m και 11.00 – 12.40 m με απώλεια δείγματος σε ποσοστό περί το 60 %. Με βάση τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών κατάταξης ο σχηματισμός αυτός χαρακτηρίζεται σαν Άργιλος μικρής πλαστικότητας (CL) σύμφωνα με το σύστημα κατάταξης A.U.S.C.S.

Από εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης βρέθηκε ότι η κοκκομετρική διαβάθμιση εδαφικού δείγματος του σχηματισμού αποτελείται από άργιλο-ιλύ (λεπτόκοκκο κλάσμα διερχόμενο από το κόσκινο Νο 200) σε ποσοστό 84 %, λεπτόκοκκη άμμο σε ποσοστό 9 %, μεσόκοκκη άμμο σε ποσοστό 3 %, χονδροκοκκη άμμο σε ποσοστό 3 % ενώ το ποσοστό λεπτών χαλικιών μετρήθηκε 1 %. Η μέση κοκκομετρική καμπύλη του εδαφικού αυτού σχηματισμού παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.



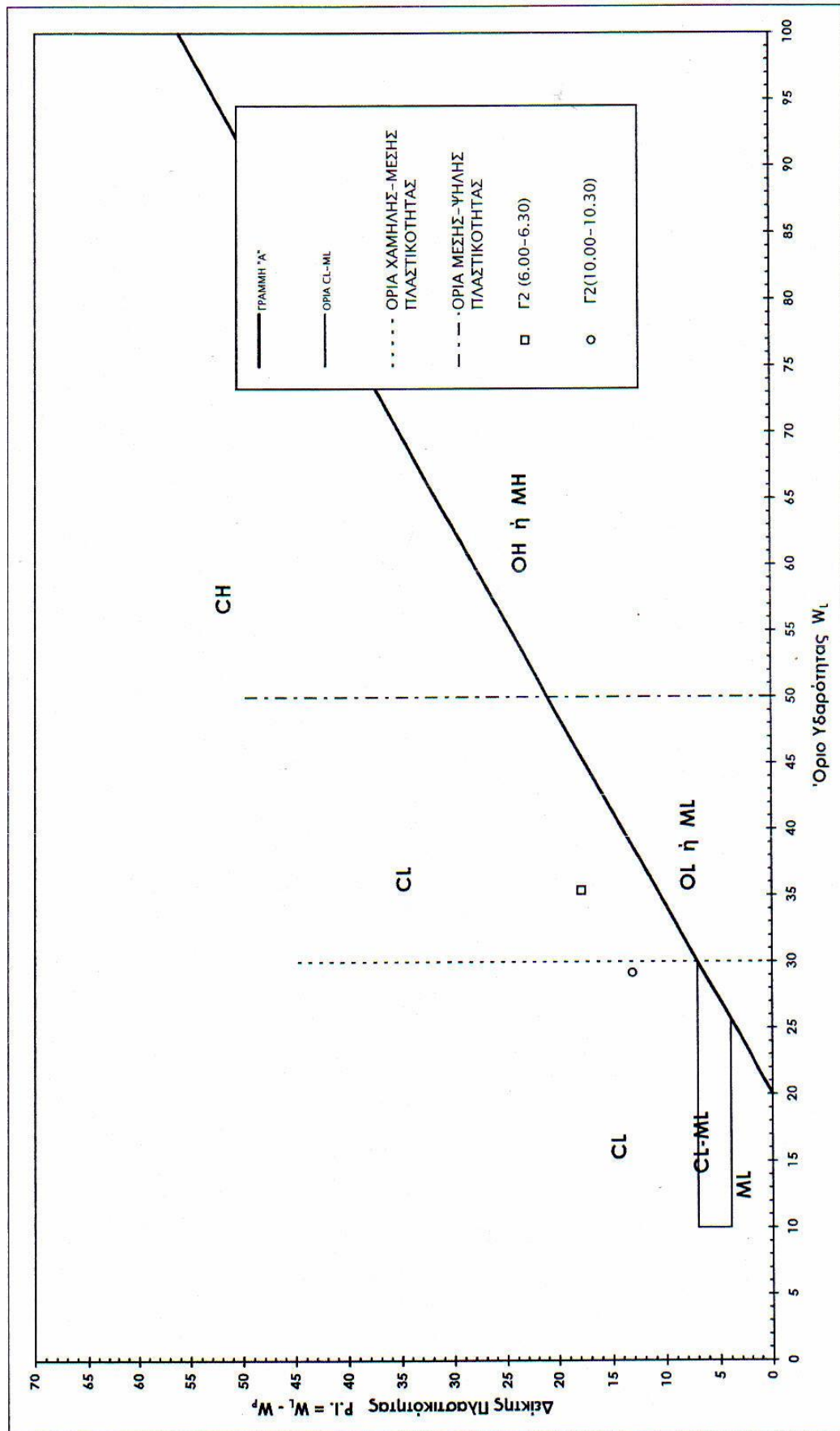
Σχήμα 3: Κοκκομετρική καμπύλη (μεση) και περιβάλλουσες στο σχηματισμό της ΑΡΓΙΛΟΥ.

Η φυσική υγρασία του εδαφικού δείγματος που εξετάστηκε εργαστηριακά μετρήθηκε ίση με 24.46 %. Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που αφορούν στα φυσικά χαρακτηριστικά του σχηματισμού. Το όριο υδαρότητας (W_L) βρέθηκε κυμαινόμενο από 29.20 % έως 35.40 % με μέση τιμή 32.30 %, το όριο πλαστικότητας (W_P) κυμαινόμενο από 16.10 % έως 17.60 % με μέση τιμή 16.85 %, ενώ ο δείκτης πλαστικότητας (PI) κυμαίνεται από 13.10 έως 17.80 με μέση τιμή ίση με 15.45.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής - φυσικά χαρακτηριστικά σε εδαφικά δείγματα ΑΡΓΙΛΟΥ.

Γεώτρηση	Βάθος (m)	Κοκκομετρική διαβάθμιση							Κατάταξη κατά A.U.S.C.S.	Ποσοστό Υγρασίας W (%)	Όρια Atterberg				Ειδικό βάρος στερεών G_s ·	Φαινόμενο βάρος γ (kN/m ³)	Ξηρό φαιν. βάρος γ_d (kN/m ³)	Λόγος κενών e ·
		Αργίλος (%)	Ιλύς (%)	Άμμος		Χάλικες					W_L (%)	W_P (%)	$P_I=W_L-W_P$					
				Λεπτή (%)	Μέση (%)	Χονδρή (%)	Λεπτοί (%)	Κονδροί (%)										
Γ2	6.00-6.30	88.00	8.00	3.00	1.00	0.00	0.00	CL	26.60	35.40	17.60	17.80						
									27.00						15.55	0.67		
	10.00-10.30	79.00	11.00	3.00	4.00	3.00	0.00	CL	24.70	29.20	16.10	13.10						
									20.30						16.78	0.55		
									23.70						16.38	0.62		
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ		79.00	8.00	3.00	1.00	0.00	0.00		20.30	29.20	16.10	13.10			15.55	0.55		
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ		88.00	11.00	3.00	4.00	3.00	0.00		27.00	35.40	17.60	17.80			16.78	0.67		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ		84.00	9.00	3.00	3.00	1.00	0.00		24.46	32.30	16.85	15.45			16.24	0.61		

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται η προβολή των αποτελεσμάτων των δοκιμών ορίων Atterberg επί του διαγράμματος πλαστικότητας.



Σχήμα 4 : Διάγραμμα πλαστικότητας (Casagrande) σε δείγματα της γεώτρησης Γ2.

Από δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων μετρήθηκε το ξηρό φαινόμενο βάρος γ_d και βρέθηκε κυμαινόμενο από 15.55 Kn/m^3 έως 16.78 Kn/m^3 με μέση τιμή ίση με 16.24 Kn/m^3 . Ο λόγος κενών βρέθηκε κυμαινόμενος από $e=0.55$ έως $e=0.67$ με μέση τιμή $e=0.61$.

Από την εκτέλεση επί τόπου δοκιμής SPT στο συγκεκριμένο σχηματισμό διαπιστώθηκε αριθμός κρούσεων N ίσος με $N=12$.

Πραγματοποιήθηκε μια δοκιμή συμπίεστότητας στο συγκεκριμένο σχηματισμό σε βάθος 10.00 – 10.30 m στη γεώτρηση Γ2 και βρέθηκε δείκτης συμπίεσης $C_c=0.19$, συντελεστής συμπίεστότητας με διακύμανση (8.68 – 32.64) $\times \text{cm}^2/\text{sec}$ και μέτρο ελαστικότητας E κυμαινόμενο από 1.56 Mpa έως 13.25 Mpa. Επιπλέον εκτελέστηκε μια δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση (C.D.) σε βάθος 6.00 – 6.30 m στη γεώτρηση Γ2 και μια δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης στην ίδια γεώτρηση σε βάθος 10.00 – 10.30 m. Από τη δοκιμή διάτμησης βρέθηκαν τιμές ενεργών παραμέτρων $c'=7.69 \text{ kPa}$ και $\phi'=24.4^\circ$ ενώ από τη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης βρέθηκε τιμή αξονικής τάσης ίση με $q_u=80.00 \text{ kPa}$ με αντίστοιχη παραμόρφωση $\epsilon=15 \%$.

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που αφορούν στα μηχανικά χαρακτηριστικά του σχηματισμού.

**Πίνακας 8: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής -
- μηχανικές ιδιότητες σε δείγματα ΑΡΓΙΛΟΥ.**

Γεώτρηση	Βάθος (m)	Κατάταξη κατά A.U.S.C.S.	Δοκιμή ανεμπόδιστης φόρτισης		Δοκιμή βραδείας διάτμησης			Συμπίεστότητα							
			Αξονική τάση	Παραμόρφωση	τύπος	c (kPa)	ϕ ($^\circ$)	p(kPa)=		50	100	200	400	800	
			q_u	ϵ				C_c	C_v	E_s					
			(kPa)	(%)	-	($10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$)	(MPa)								
Γ2	6.00-6.30	CL			C.D.	7.69	24.4	0.19							
	10.00-10.30		80.00	15.00					8.68 - 32.64	1.56	3.79	5.43	9.66	13.25	

Ασβεστόλιθος

Αποτελεί το βραχώδες υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής και συναντήθηκε στη γεώτρηση Γ1 από το βάθος των 4.20 m έως το πέρας της διάτρησης και στη γεώτρηση Γ2 από το βάθος των 12.40 m έως το πέρας της διάτρησης. Πρόκειται για ένα ασβεστόλιθο ελάχιστα αποσαθρωμένο έως υγιή, ελαφρά κερματισμένο με τραχείες και κλειστές επιφάνειες ασυνεχειών. Κύριο χαρακτηριστικό του παχυστρωματώδους αυτού ασβεστόλιθου, που επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό και τη μηχανική συμπεριφορά του είναι η καρστικοποίηση που τον χαρακτηρίζει. Σε βάθος 11.50 – 12.00 m στη γεώτρηση Γ1 βρέθηκε η παρουσία καρστικού εγκοίλου.

Καρστικά έγκοιλα δύναται να αναπτύσσονται ανομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του ασβεστόλιθου, γεγονός που δυσχεραίνει σε αυτές τις περιπτώσεις την εκτίμηση της συμπεριφοράς της βραχώμαζας στην περιοχή που αυτή υπόκεινται άμεσα κάτω από τη θεμελίωση.

Κατά τα άλλα για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του υγιούς και ομοιόμορφου ασβεστόλιθου εκτελέστηκαν στα δείγματα που απαλείφθηκαν δοκιμές σημειακής φόρτισης και μονοαξονικής θλίψης. Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών. Βρέθηκαν τιμές σημειακής φόρτισης I_s (50) κυμαινόμενες από 4.19 Mpa έως 5.10 Mpa με μέση τιμή ίση με 6.00 Mpa. Σε μία δοκιμή μονοαξονικής θλίψης που εκτελέστηκε σε βάθος 6.50 – 6.80 m στη γεώτρηση Γ1 βρέθηκε τιμή αντοχής σ_c ίση με 95.76 Mpa με αντίστοιχη παραμόρφωση ίση με $\epsilon=0.23\%$.

Για τον υπολογισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών του σχηματισμού έγινε κατάταξη βραχώμαζας και εφαρμόστηκε το κριτήριο Hoek – Brown για βραχώμαζα με ασυνέχειες. Σύμφωνα με τον πίνακα προσδιορισμού του εύρους διακύμανσης του GSI σε βραχώμαζες εκτιμάται ότι αυτός κυμαίνεται από 55 έως 65. Από τον πίνακα επίσης των τιμών της σταθεράς m_i (Hoek et al, 1995) φαίνεται ότι αυτή για τους ασβεστόλιθους λαμβάνει τιμή ίση με $m_i=8$. Με εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου HOEK – BROWN για βραχώμαζα με ασυνέχειες υπολογίσθηκαν τιμές παραμέτρων αντοχής για τον ασβεστόλιθο ίσες με:

$$\begin{aligned}\Phi' &= 54^\circ, \\ c' &= 1.59 \text{ Mpa}, \\ E &= 16870 \text{ Mpa}.\end{aligned}$$

Χαρακτηριστική τομή εδάφους

Εισαγωγή:

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αξιολόγηση όλων των στοιχείων που προέκυψαν από την γεωτεχνική έρευνα, επιλέγονται τα φυσικά χαρακτηριστικά και οι μηχανικές ιδιότητες των σχηματισμών που συνθέτουν το γεωτεχνικό περιβάλλον στην περιοχή μελέτης καθώς και οι άλλες παράμετροι γεωτεχνικού σχεδιασμού, όπως η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, και συντάσσεται το γεωτεχνικό προσομοίωμα για το υπέδαφος, στη θέση κατασκευής του κτιρίου των κοινωνικών υπηρεσιών του δήμου Αρταίων.

Από τα αποτελέσματα των δύο γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν διαπιστώθηκε ότι η γεωλογική δομή διαφέρει από θέση σε θέση σημαντικά. Στη θέση της γεώτρησης Γ1 το βραχώδες υπόβαθρο συναντήθηκε από τα 4.20 m ενώ στη θέση της Γ2 από τα 12.40 m ενώ πιο επιφανειακά συναντήθηκε μία εμφάνιση μαλακής αργίλου. Γίνεται φανερό ότι η εδαφική τομή της γεώτρησης Γ2 χαρακτηρίζεται από πιο ασθενείς σχηματισμούς γι'αυτό και στους γεωτεχνικούς υπολογισμούς, για λόγους ασφαλείας δεδομένου ότι δεν είναι σαφές το όριο του αργιλώδους ορίζοντα με το ασβεστολιθικό υπόβαθρο, υιοθετείται η εδαφική τομή της γεώτρησης Γ2.

Στο σχήμα 6 έχει σχεδιαστεί η χαρακτηριστική γεωλογική – γεωτεχνική τομή στη θέση της γεώτρησης Γ2 που αποτελεί και τη χαρακτηριστική τομή στη θέση κατασκευής κτιρίου.

Από την τομή αυτή συμπεραίνεται ότι το στενό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης αποτελείται από μία επιφανειακή εμφάνιση «τεχνιτών επιχώσεων» έως το βάθος των 1.50m, στη συνέχεια έως το βάθος των 3.80m από μία εμφάνιση αργιλοαμμωδών αλλουβιακών αποθέσεων, έως το βάθος των 12.40 m από μία εμφάνιση αργιλωδών αλλουβιακών αποθέσεων και στη συνέχεια έως το πέρας της γεώτρησης από εμφάνιση ασβεστόλιθου.

Τεχνητές επιχώσεις:

Θεωρείται ότι αναπτύσσεται από την επιφάνεια του εδάφους έως τα 1.50 m. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων που υιοθετούνται για την εμφάνιση των τεχνητών επιχώσεων:

$$\gamma_d = 17.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_t = 18.2 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$E_s = 5 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.30$$

Αλλουβιακές αποθέσεις (άργιλος):

Συναντήσαμε και στις δύο γεωτρήσεις κάτω από τις τεχνητές επιχώσεις. Συνίστανται από δύο διακριτούς οριζόντες έναν αργιλοαμμώδους και έναν αργιλώδους σύστασης. Ο πρώτος συναντήθηκε από τα 1.80 m έως τα 3.80 m και ο δεύτερος από τα 3.80 m έως τα 12.40 m. Για ευκολία εξετάζονται ενιαία σαν μία εμφάνιση αλλουβιακών αποθέσεων υιοθετώντας τα χαρακτηριστικά της αργιλώδους στρώσης.

Για την επιλογή γεωτεχνικών παραμέτρων (φυσικές ιδιότητες και μηχανικά χαρακτηριστικά) χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών SPT και των εργαστηριακών δοκιμών.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές γεωτεχνικών παραμέτρων που υιοθετούνται για την εμφάνιση των αλλουβιακών αποθέσεων της αργίλου:

$$\begin{aligned}\gamma_d &= 16.00 \text{ KN/m}^3 \\ \gamma_t &= 19.2 \text{ KN/m}^3 \\ c' &= 7 \text{ kPa} \\ \varphi' &= 20^\circ \\ c_u &= 40 \text{ kPa} \\ E_s &= 5 \text{ MPa} \\ \nu &= 0.30\end{aligned}$$

Ασβεστόλιθος:

Όπως αναφέρθηκε αποτελεί υπόβαθρο στη στενή περιοχή της μελέτης και συναντήθηκε στη γεώτρηση Γ1 μετά τα 4.20m και στη Γ2 μετά τα 12.40m. Πρόκειται για μία καλής ποιότητας βραχώμαζα ελάχιστα αποσαθρωμένη έως υγιή, αραιά κερματισμένη, με λίγες κλειστές και τραχείες επιφάνειες ασυνεχειών, παχυστρωματώδης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών στο σχηματισμό του ασβεστολίθου και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του γενικευμένου κριτηρίου Hoek – Brown για βραχώμαζα με ασυνέχειες προτείνονται οι ακόλουθες γεωτεχνικοί παράμετροι για το σχηματισμό των ασβεστολίθων:

$$\begin{aligned}\gamma_d &= 26.00 \text{ KN/m}^3 \\ \gamma_t &= 26.00 \text{ KN/m}^3 \\ c' &= 200 \text{ MPa} \\ \varphi' &= 35^\circ \\ N(\text{SPT}) &= 100 \\ E_s &= 100 \text{ MPa} \\ \nu &= 0.25\end{aligned}$$

Στάθμη υπόγειου ορίζοντα:

Όπως έχουμε αναφερθεί και πιο πριν, τόσο αμέσως μετά την ολοκλήρωση των γεωτρήσεων όσο και αργότερα κατά τη διάρκεια επισκέψεων για την παρακολούθηση της μεταβολής της στάθμης του υπογείου ορίζοντα διαπιστώθηκε ότι στο περιβάλλον της αργίλου αναπτύσσεται στάθμη υπογείου νερού σε βάθος περί τα 4.30 m από την επιφάνεια του εδάφους.

Εδαφική τομή Γεωτεχνικών υπολογισμών:

Με βάση τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών πεδίου η γεωλογική – γεωτεχνική τομή που υιοθετείται στη θέση κατασκευής του εν λόγω κτιρίου είναι αυτή της γεώτρησης Γ2 και δομείται από:

- a) Τεχνητές επιχώσεις από την επιφάνεια του εδάφους έως το βάθος των 1.50m
- b) Αλλουβιακές αποθέσεις αργιλώδους – αργιλοαμμώδους σύστασης από το βάθος των 1.50m έως το βάθος των 12.40m
- c) Ασβεστόλιθος από το βάθος των 12.40m έως το βάθος των 15.00m.

Ενδεικτικοί γεωτεχνικοί υπολογισμοί

Γενικά:

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται ενδεικτικοί γεωτεχνικοί υπολογισμοί σχετικά με τη φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης και τις αναμενόμενες καθιζήσεις.

Εξετάζεται η περίπτωση του κτιρίου που προβλέπεται να κατασκευαστεί ενός δηλ. κτιρίου με όροφο, ισόγειο και υπόγειο σε ένα τμήμα του.

Εξετάζεται επιφανειακή θεμελίωση με διασταυρούμενους πεδιλοδοκούς πλάτους έδρασης 2.00m και 2.50m και κάνναβο υποστυλωμάτων 6.70 * 6.00m. Ο υπολογισμός της θεμελίωσης γίνεται με βάθος εγκιβωτισμού της τάξεως του 1.00m.

Στις επόμενες ενότητες ακολουθούν γεωτεχνικοί υπολογισμοί φέρουσας ικανότητας. Τονίζεται ότι οι παρακάτω υπολογισμοί είναι ενδεικτικοί και ότι η παρούσα έκθεση δεν αποτελεί μελέτη θεμελίωσης αλλά δίνει στοιχεία ώστε να γίνει η μελέτη θεμελίωσης από τον στατικό μελετητή βάσει των τελικών φορτίων, του στατικού καννάβου και εν γένει της τελικής γεωμετρίας.

Φέρουσα ικανότητα:

Ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας γίνεται κατά Hansen (σύμφωνα με Bowles, 1997) όπως παρουσιάζεται παρακάτω για τα εδαφικά

προφίλ του σχήματος 1. Η υπολογισμοί της μεθόδου γίνονται για ύψη θεμελίων 1.00m περίπου και για συντελεστή ασφαλείας $FS = 3$ έναντι θραύσεως.

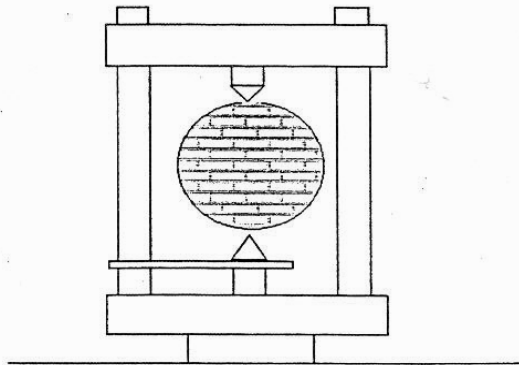
<u>Στάθμη εδάφους</u>	Βάθος από την επιφάνεια
$\gamma_d = 17.00 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_t = 18.20 \text{ kN/m}^3$ $c' = 0 \text{ kPa}$ $\phi' = 25^\circ$ $E = 5 \text{ MPa}$ $\nu = 0.30$ <p style="text-align: center;">ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ</p>	1.50m
$\gamma_d = 16.00 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_t = 19.20 \text{ kN/m}^3$ $c' = 7 \text{ kPa}$ $\phi' = 20^\circ$ $E_s = 5 \text{ MPa}$ $\nu = 0.30$ $c_u = 40 \text{ kPa}$ <p style="text-align: center;">ΑΡΓΙΛΟΣ</p>	Σ.Υ.Ο.:4.30m 12.40m
$\gamma_d = 26.00 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_t = 26.00 \text{ kN/m}^3$ $c = 200 \text{ MPa}$ $\phi = 35^\circ$ $E_s = 100 \text{ MPa}$ $\nu = 0.325$ $N(\text{SPT}) = 100$ <p style="text-align: center;">ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ</p>	

Σχήμα 1: Γεωτεχνικό προσομοίωμα – τομή εδάφους στην περιοχή μελέτης

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ:

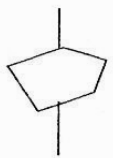

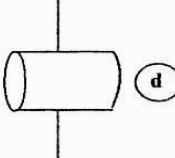
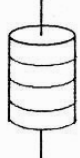
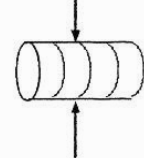
Γεώτρηση Γ1 => Σε βάθος 4,80 – 5,00m

ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΔΙΧΜΗΣ POINT LOAD TEST



A/A ΔΟΚΙΜΗΣ TEST No		I	II	III	IV	V	VI
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΚΙΑΩΝ LOADING POINTS DISTANCE	d (mm)	83					
ΛΟΓΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΠΡΟΣ ΑΠΟΣΤ. ΑΚΙΑΩΝ LENGTH - LOADING POINTS DIST. RATIO	L/d	1,33					
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ FAILURE LOAD	P (kN)	23,0					
ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΧΜΗΣ POINT LOAD STRENGTH	Is (MPa)	3,34					
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΔΙΧΜΗΣ SIZE CORRECTED POINT LOAD STRENGTH	Is ₅₀ (MPa)	4,19					
ΕΥΝΟΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΕΥΝΕΧΕΙΩΝ LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS							
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ - AVERAGE	Is ₅₀ (MPa)	4,19					

ΕΥΝΟΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ MOISTURE CONDITIONS	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ IN SITU 2. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΟΡΕΣΜΟ AFTER SATURATION 3. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΞΥΡΑΝΗ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ AIR DRIED 						
ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (%) MOISTURE CONTENT (%)							

ΕΥΝΟΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΕΥΝΕΧΕΙΩΝ LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS					
 i Ι ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΗ I IRREGULAR	 α α ΑΞΟΝΙΚΗ α AXIAL	 d d ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ d DIAMETRAL	 ⊥ ΚΑΘΕΤΗ PERPENTICULAR	 // ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ PARALLEL	

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
LITHOLOGICAL DESCRIPTION

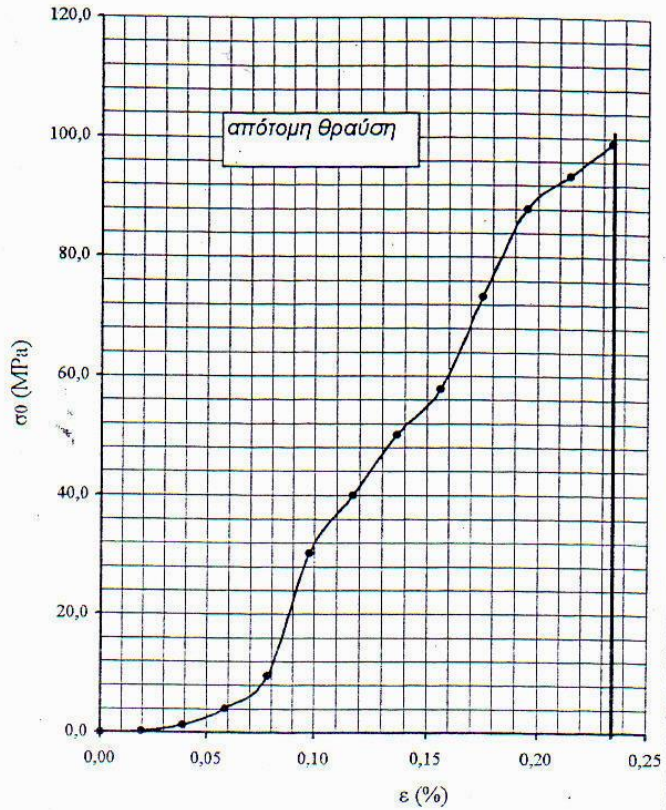
Ασβεστόλιθος συμπαγής καστανόλευκος, κρυσταλλικός

Γεώτρηση Γ1 => Σε βάθος 6,50 – 6,80m

**ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ
UNIAXIAL COMPRESSION TEST**

Α/Α ΔΟΚΙΜΗΣ - TEST No			
1	ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ FAILURE LOAD	P (kg)	54000
2	ΥΨΟΣ HEIGHT	H (cm)	13,03
3	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ DIAMETER	D (cm)	8,33
4	ΛΟΓΟΣ RATIO	H/D	1,56
5	ΑΝΤΟΧΗ (ΩΣ ΕΧΕΙ) STRENGTH (INITIAL)	σ_0 (MPa)	99,09
6	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ CORRECTED STRENGTH $\sigma_c = \frac{\sigma_0 * 0,889}{\frac{D * 0,222 + 0,778}{H}}$	σ_c (MPa)	95,76
7	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ FAILURE STRAIN	ϵ (%)	0,23
8	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ YOUNG MODULUS	E (MPa)	
9	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ POISSON POISSON RATIO	μ	
10	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ MOHS MOHS HARDNESS		
11	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ APP. WEIGHT	γ (kN/m ³)	26,48
12	ΥΓΡΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ MOISTURE OF TEST	(%)	0,9%
13	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΦΟΡΤΗΣΕΩΣ RATE OF SHEAR	(%/min)	0,05

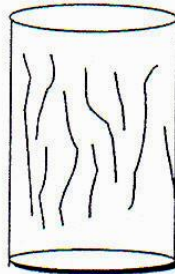
ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΕΜΙΟΔΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΗΣΗΣ



**ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ
LITHOLOGICAL DESCRIPTION**

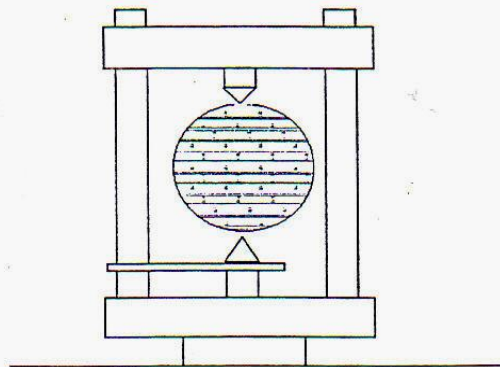
Ασβεστόλιθος, κρυσταλλικός, λευκός, συνεκτικός με ελάχιστες μικροδιαρρήξεις πληρωμένους με οξείδια

ΑΠΟΨΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ — SPECIMEN VIEW - REMARKS



Γεώτρηση Γ1 => Σε βάθος 7,80 – 8,00m

**ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΙΧΜΗΣ
POINT LOAD TEST**



A/A	ΔΟΚΙΜΗΣ	TEST No	I	II	III	IV	V	VI
	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΚΙΑΩΝ							
	LOADING POINTS DISTANCE	d (mm)	83	83				
	ΛΟΓΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΠΡΟΣ ΑΠΟΣΤ. ΑΚΙΑΩΝ							
	LENGTH - LOADING POINTS DIST. RATIO	L/d	1,83	1,29				
	ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ							
	FAILURE LOAD	P (kN)	35,0	31,0				
	ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ							
	POINT LOAD STRENGTH	Is (MPa)	5,08	4,50				
	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ							
	SIZE CORRECTED POINT LOAD STRENGTH	Is ₅₀ (MPa)	6,38	5,65				
	ΕΥΝΟΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ							
	LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS							
	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ - AVERAGE	Is ₅₀ (MPa)	6,02					

ΕΥΝΟΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ MOISTURE CONDITIONS	<ul style="list-style-type: none"> 1. ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ IN SITU 2. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΟΡΕΣΜΟ AFTER SATURATION 3. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΞΥΡΑΝΗ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ AIR DRIED 						
ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (%) MOISTURE CONTENT (%)							

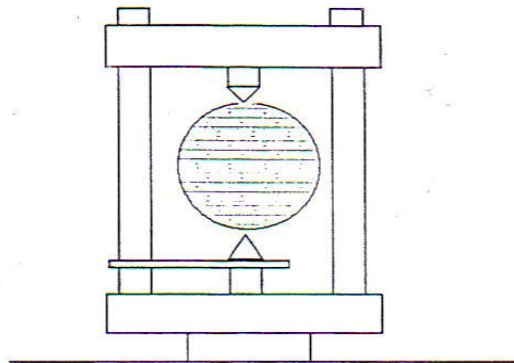
ΕΥΝΟΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ		LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS							
	i		α		d		⊥		//
ΙΑΚΑΝΟΝΕΣΤΗ i IRREGULAR		α. ΑΞΟΝΙΚΗ α. AXIAL		δ. ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ d. DIAMETRAL		ΚΑΘΕΤΗ PERPENDICULAR		ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ PARALLEL	

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
LITHOLOGICAL DESCRIPTION

Ασβεστόλιθος καστανότεφρος συμπαγής, κατά τόπους λατυποποιημένος

Γεώτρηση Γ1 = Σε βάθος 12,50 – 12,60m

**ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΙΧΜΗΣ
POINT LOAD TEST**



Α/Α ΔΟΚΙΜΗΣ	TEST No	I	II	III	IV	V	VI
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΚΙΑΩΝ							
LOADING POINTS DISTANCE	d (mm)	83					
ΛΟΓΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΠΡΟΣ ΑΠΟΣΤ. ΑΚΙΑΩΝ							
LENGTH - LOADING POINTS DIST. RATIO	L/d	1,40					
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ							
FAILURE LOAD	P (kN)	28,0					
ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ							
POINT LOAD STRENGTH	Is (MPa)	4,06					
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ							
SIZE CORRECTED POINT LOAD STRENGTH	Is ₅₀ (MPa)	5,11					
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ							
LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS							
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ - AVERAGE	Is ₅₀ (MPa)	5,11					

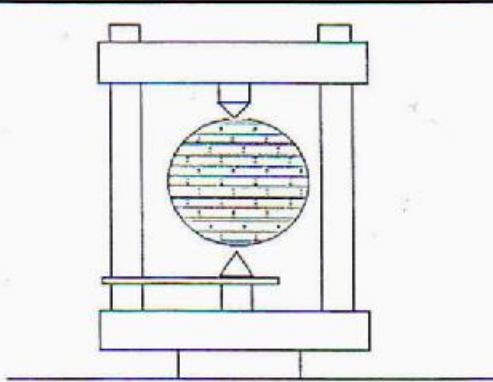


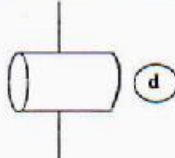

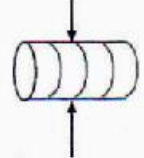
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ MOISTURE CONDITIONS	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ IN SITU 2. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΟΡΕΣΜΟ AFTER SATURATION 3. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΞΥΡΑΝΣΗ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ AIR DRIED 						
ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (%) MOISTURE CONTENT (%)							

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS

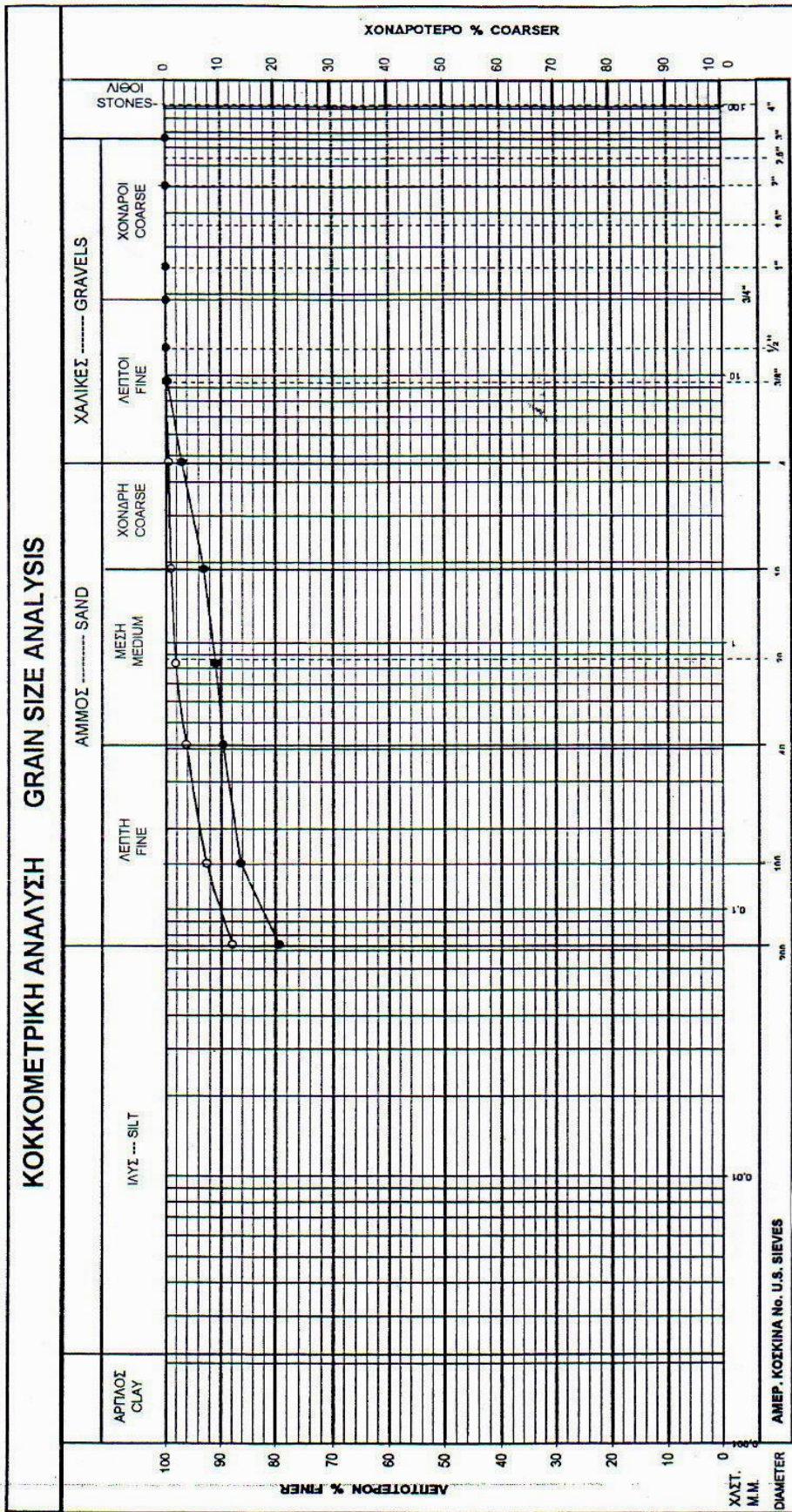
ι ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΗ i IRREGULAR	α ΑΞΟΝΙΚΗ α AXIAL	δ ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ d DIAMETRAL	⊥ ΚΑΘΕΤΗ PERPENTICULAR	// ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ PARALLEL

ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Ασβεστόλιθος καστανόλευκος συμπαγής, κρυσταλλικός
LITHOLOGICAL DESCRIPTION

Γεώτρηση Γ1 => Σε βάθος 14,50 – 14,80m

ΔΟΚΙΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΙΧΜΗΣ POINT LOAD TEST						
						
Α/Α ΔΟΚΙΜΗΣ TEST No	I	II	III	IV	V	VI
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΚΙΔΩΝ LOADING POINTS DISTANCE	d (mm)	83	83			
ΛΟΓΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΠΡΟΣ ΑΠΟΣΤ. ΑΚΙΔΩΝ LENGTH - LOADING POINTS DIST. RATIO	L/d	1,59	1,04			
ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ FAILURE LOAD	P (kN)	27,0	29,0			
ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ POINT LOAD STRENGTH	Is (MPa)	3,92	4,21			
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ ΑΙΧΜΗΣ SIZE CORRECTED POINT LOAD STRENGTH	Is ₂₀ (MPa)	4,92	5,29			
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS						
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ - AVERAGE	Is ₂₀ (MPa)	5,11				
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ MOISTURE CONDITIONS	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ IN SITU 2. ΜΕΤΑ ΑΦΟ ΚΟΡΕΙΣΜΟ AFTER SATURATION 3. ΜΕΤΑ ΑΦΟ ΣΥΡΑΝΗ ΕΤΟΝ ΑΕΡΑ AIR OMBED 					
ΠΟΣΟΣΤΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (%) MOISTURE CONTENT (%)						
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ - ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ LOADING - DISCONTINUITIES CONDITIONS						
    	i	α	d	⊥	//	
Ι ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΗ I IRREGULAR α ΑΞΟΝΙΚΗ α AXIAL d ΔΙΑΜΕΤΡΙΚΗ d DIAMETRAL ⊥ ΚΑΘΕΤΗ PERPENTICULAR // ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ PARALLEL						
ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ LITHOLOGICAL DESCRIPTION	Ασβεστόλιθος καστανάλευκος συμπαγής, με διαρρήξεις διαφόρων διευθύνσεων					

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ GRAIN SIZE ANALYSIS

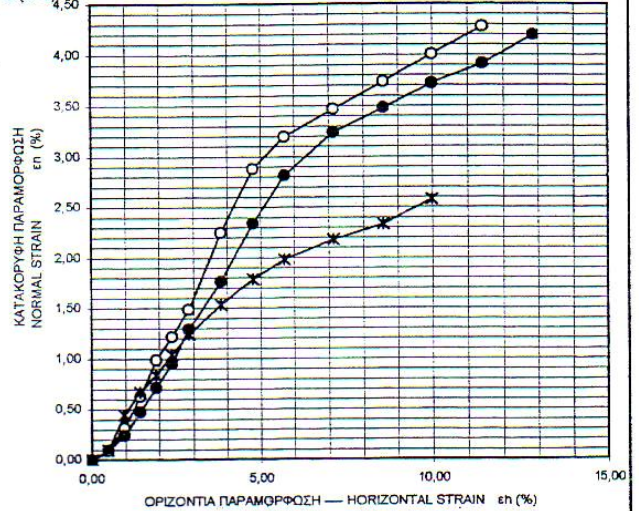
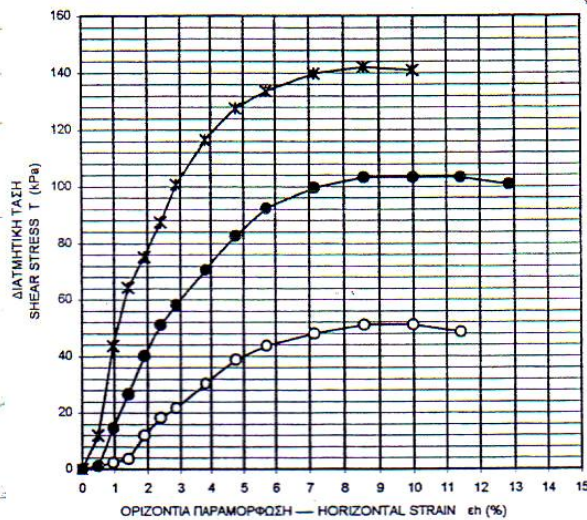
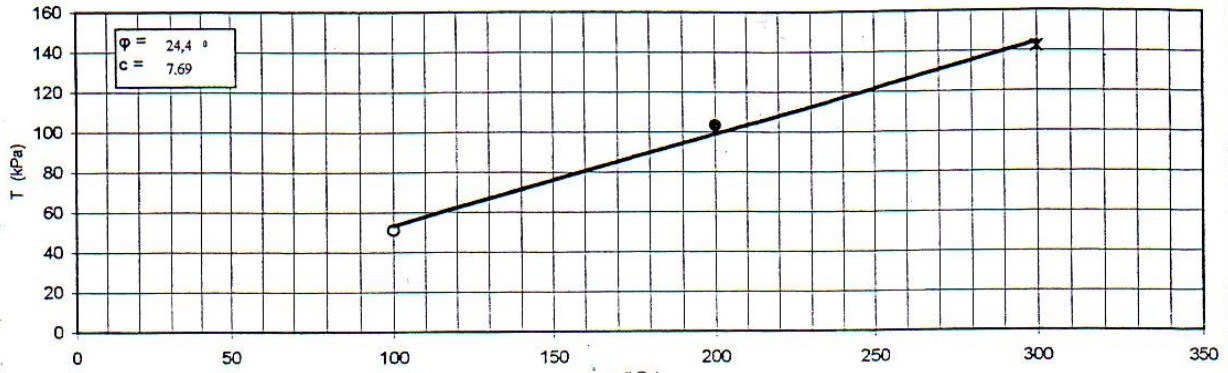


ΔΕΙΓΜΑ SAMPLE	ΒΑΘΟΣ DEPTH (m)	ΣΥΜΒΟΛΑ SYMBOLS	ΦΥΤΡΑΣΙΑ NAT. WATER CONTENT W (%)	ΟΡΙΑ ΑΤΤΕΡΒΕΡΓ ATTEMBERG LIMITS			Ειδικό Βάρος Specif. Gravity	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ A.U.S.C.S. CLASSIFICATION ACCORDING A.U.S.C.S.
				L.L. (%)	P.L. (%)	P.I. (%)		
Γ2	6,00-6,30	○—○	26,6	35,4	17,6	17,8	Gs	CL
	10,00-10,30	●—●	24,7	29,2	16,1	13,1		
		★—★						
		▲—▲						
		♦—♦						

Γεώτρηση Γ2 => Σε βάθος 6,00 – 6,30m

ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ — SHEAR TEST

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΘΩΝ - ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ / NORMAL - SHEAR STRESS DIAGRAM



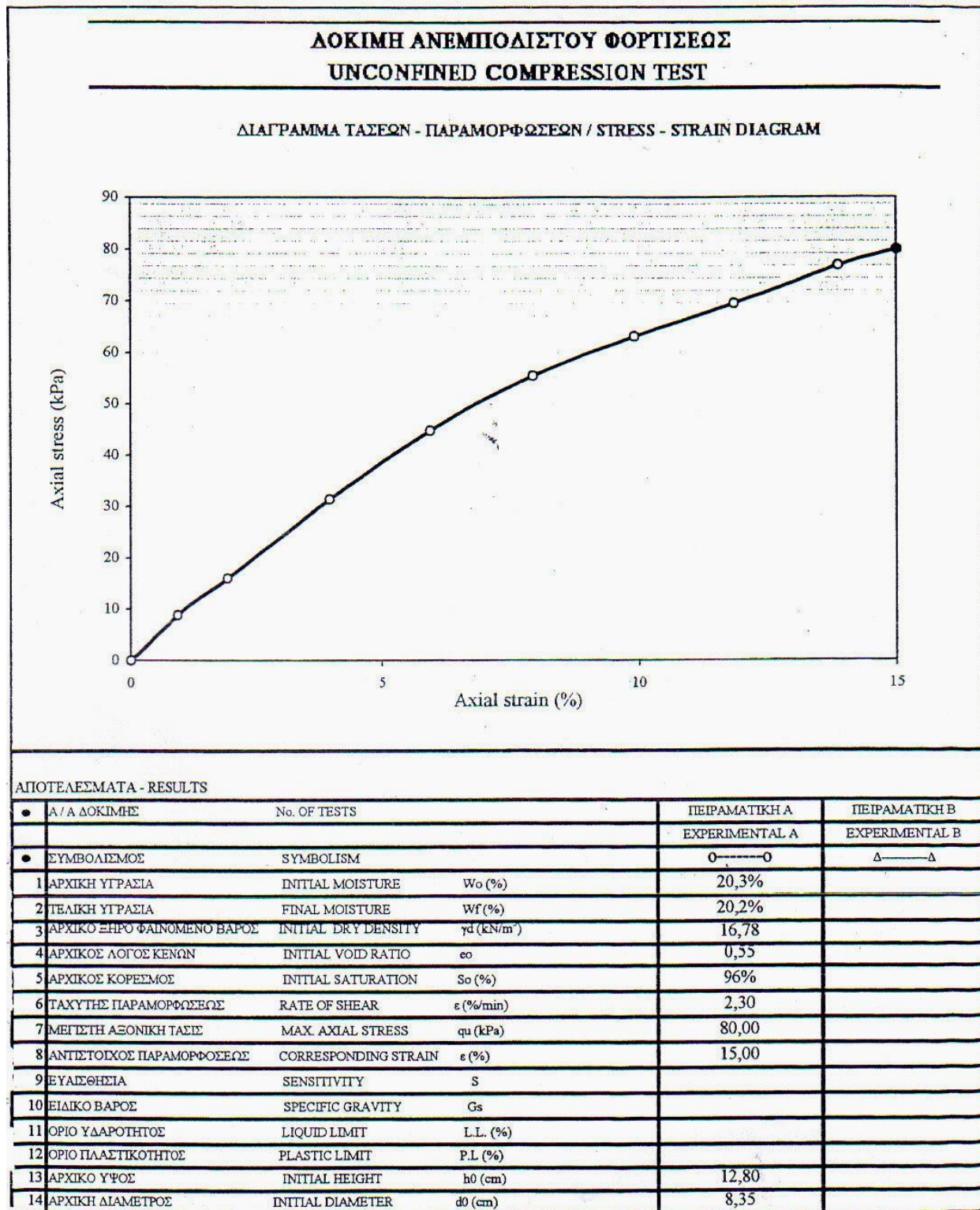
ΕΠΙΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΛΕΓΧΟΣ

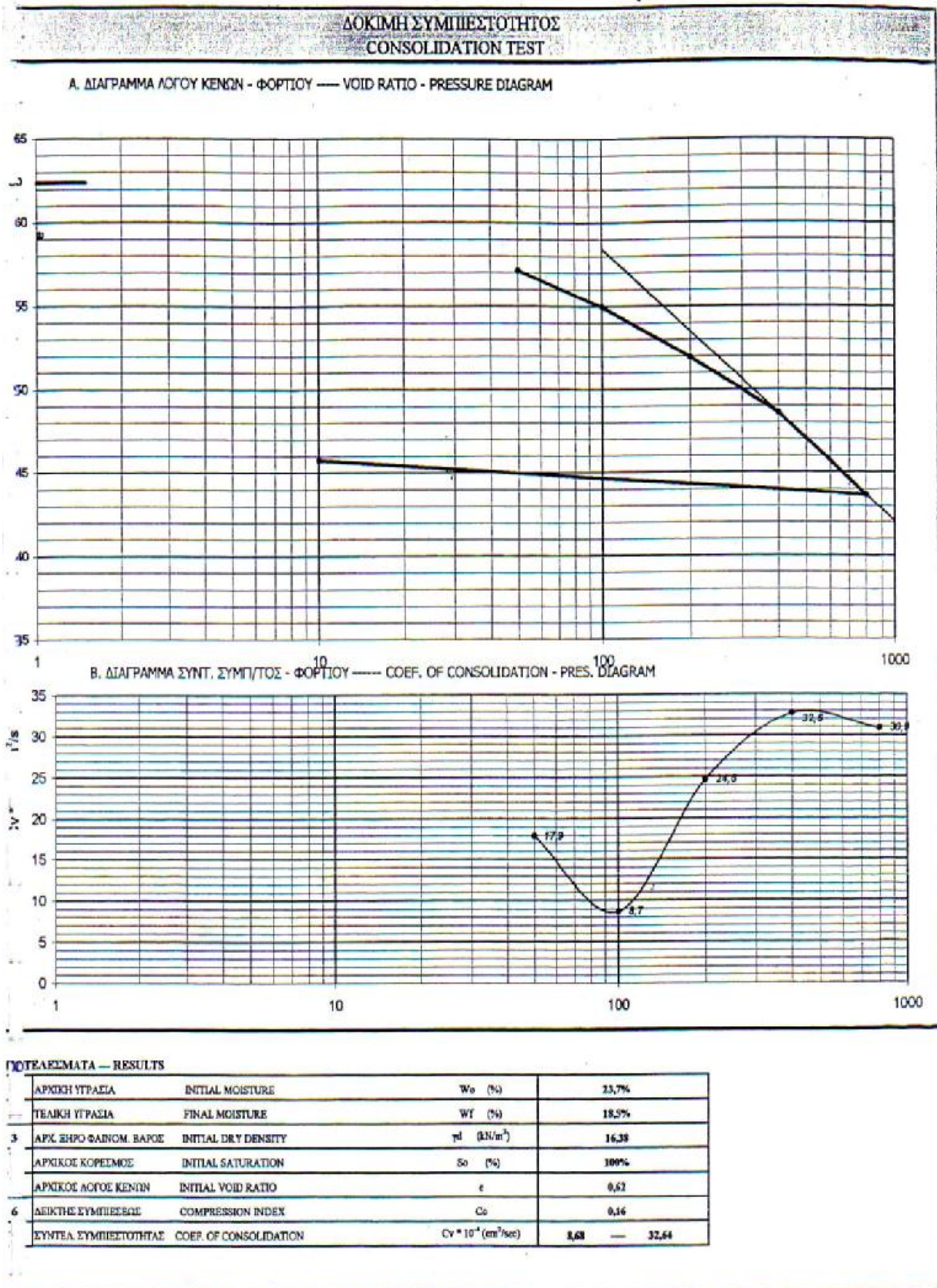
ΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - RESULTS

ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ — TYPE OF TEST			c.d.		
A/A ΔΟΚΙΜΗΣ	No. OF TESTS		I	II	III
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	SYMBOLISM		0	●	*
ΑΡΧΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	INITIAL MOISTURE	W ₀ (%)	25,8	27,3	27,9
ΤΕΛΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	FINAL MOISTURE	W _f (%)	26,6	26,0	25,7
ΑΡΧΙΚΟ ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	INITIAL DRY DENSITY	γ _d (kN/m ³)	15,70	15,47	15,49
ΑΡΧΙΚΟΣ ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ	INITIAL VOID RATIO	e ₀	0,66	0,68	0,68
ΑΡΧΙΚΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΣ	INITIAL SATURATION	S ₀ (%)	100,0	100,0	100,0
ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	AXIAL STRESS	σ (kPa)	100	200	300
ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	MAX. SHEAR STRESS	τ (kPa)	51,02	103,26	142,13
ΑΝΤ/ΧΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΠΑΡ/ΣΗ	CORRESP. HORIZ. STRAIN	ε _h (%)	8,56	8,56	8,56
ΑΝΤ/ΧΗ ΚΑΤΑΚΟΥΡΥΦΗ ΠΑΡ/ΣΗ	CORRESP. NORMAL STRAIN	ε _n (%)	3,74	3,48	2,33

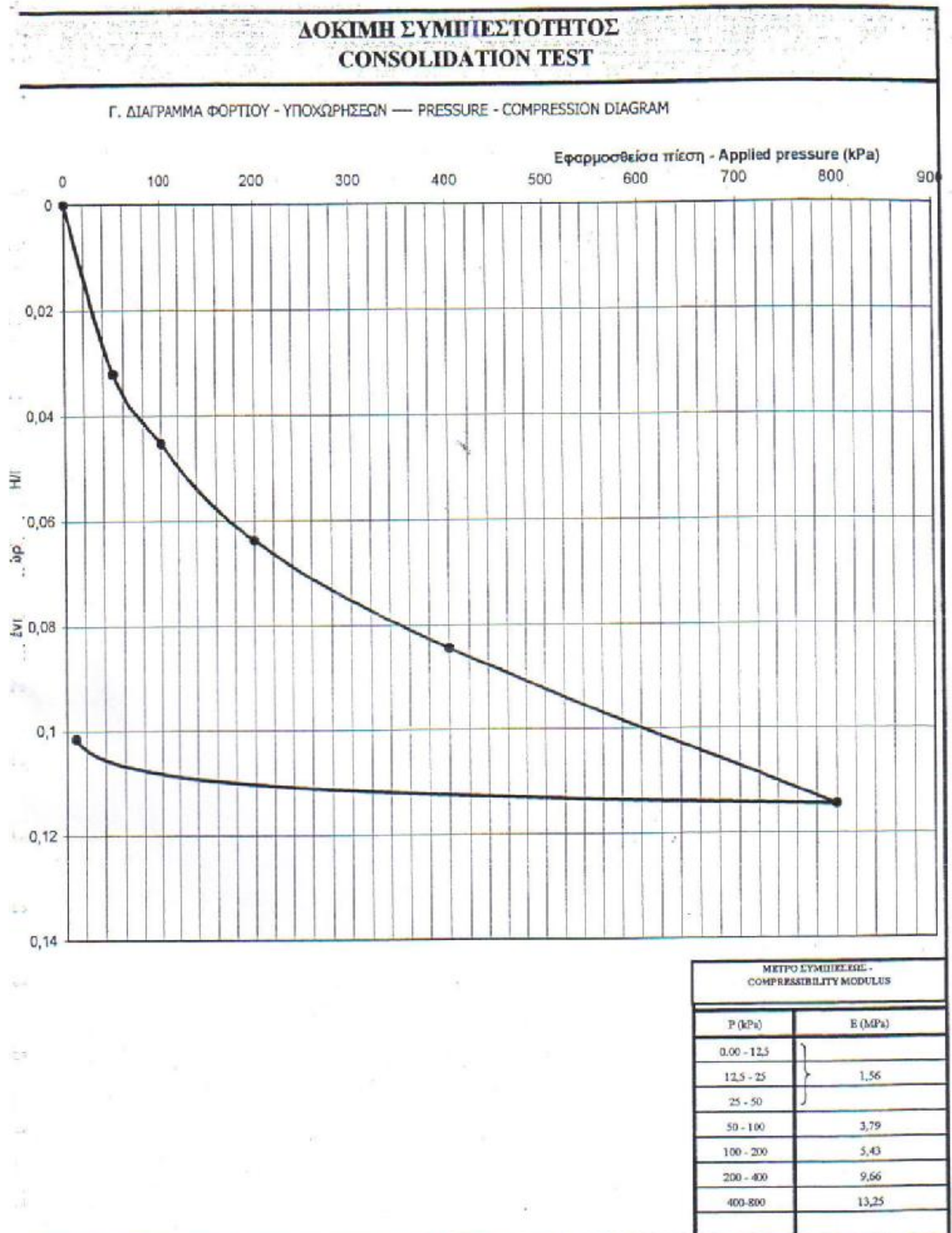
Γεώτρηση Γ2 => Σε βάθος 10,00 – 10,30m



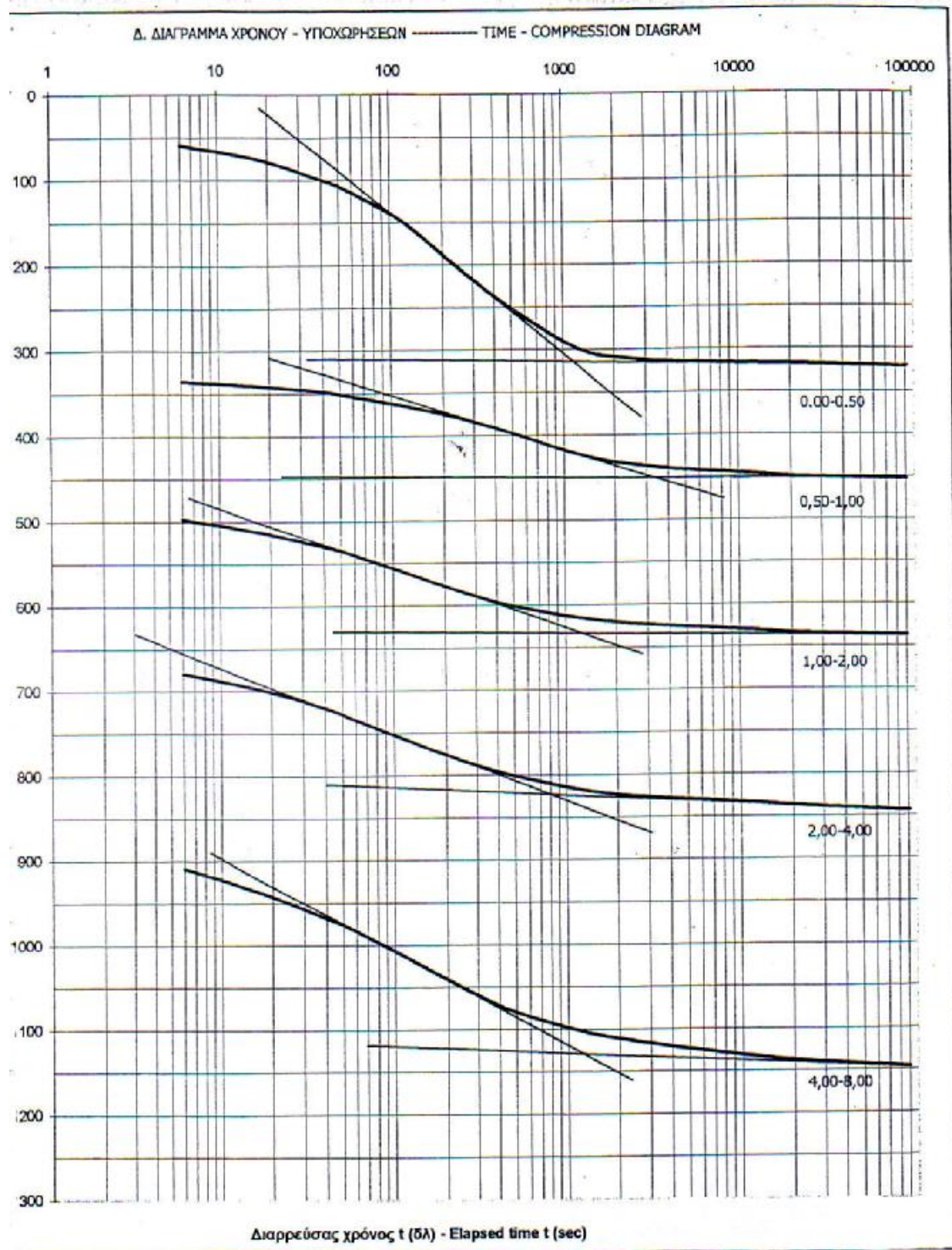
Γεώτρηση Γ2 => Σε βάθος 10,00 – 10,30m



Γεώτρηση Γ2 => Σε βάθος 10,00 – 10,30m



Γεώτρηση Γ2 => Σε βάθος 10,00 – 10,30m



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αποτελέσματα δοκιμών Εδαφομηχανικής και η αξιολόγηση τους. Γεώργιος Μονογιός, Δημήτριος Παγουλάτος.
- Γεωτεχνική Μηχανική : έρευνα, γεωτρήσεις, εργαστήριο. / Ν. Παπαχαρίσης, Ν. Μάνου Ανδρεάδη, Ι. Γραμματικόπουλος.
- Εδαφομηχανική / Δημητρίου Θ. Βαλάλα
- Εδαφομηχανική : Ασκήσεις και Προβλήματα / Γ. Γραμματικόπουλος, Ν. Μάνου Ανδρεάδη, Θ. Χατζηγιώργης.
- Εφηρμοσμένη Εδαφομηχανική / Ralph B. Peck, Karl Terzaghi, Αθανάσιος Β. Νικολαΐδης.
- Πτυχιακή Εργασία : « Βασικοί έλεγχοι εδαφών στην Οδοποιία. Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές ελέγχου εδαφών. » / Λιάκου Μαρία, Μελλίση Γιαννούλα, Μπάλτικα Δήμητρα.
- Σημειώσεις Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής Ι. / Παγουλάτος Δ. Παγανός Δ.
- Σημειώσεις – Αποτελέσματα επι τόπου δοκιμών και γεωτρήσεων από τη Γεωτεχνική Μελέτη : « Κατασκευή κτιρίου για τη στέγαση Κοινωνικών Υπηρεσιών του Δήμου Αρταίων. / Φ. Σωτηρόπουλος
- Σημειώσεις – Φωτογραφίες από πηγές στο Internet.