

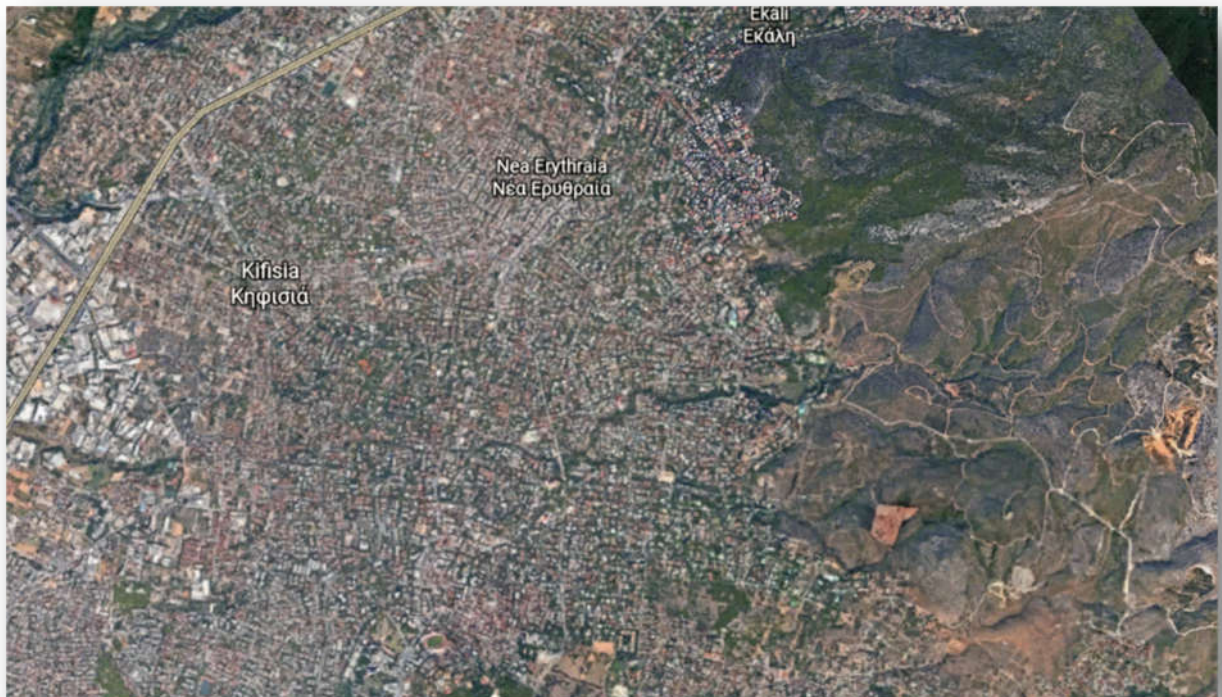


ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος
Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωτεχνική έρευνα και αξιολόγηση
Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή
της Κηφισιάς



ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΗΛΙΑΝΑ

ΑΜ : 1114201300117

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ, ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ, 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	7
2	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	10
2.1	ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	10
2.2	ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	10
2.3	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΦΡΕΑΤΑ.....	11
2.4	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	11
2.5	ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ	13
2.6	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	17
3	ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΡΕΥΝΩΝ.....	26
3.1	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	26
3.2	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΕ ΘΕΣΕΙΣ ΟΡΥΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ.....	27
3.3	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	27
3.9	ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 7: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	30
4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ	32
4.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	32
4.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΩΝ.....	32
4.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	33
5	«ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΗΦΙΣΙΑΣ»	37
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	37
5.2	ΣΚΟΠΟΣ.....	37
5.3	ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	37
5.3.1	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	37
5.3.2	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	37
5.3.3	ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	38
5.4	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ.....	39
5.5	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	40
5.5.1	ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	40
5.5.2	ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ	45
5.5.3	ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	46
5.6	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	47
5.7	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	51
5.7.1	ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ.....	51
5.7.2	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	52

5.7.3	ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	54
5.8	ΔΙΟΓΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ	56
5.9	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	59
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ -ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	60
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :	Γενική διάταξη - Θέσεις ερευνών και γεωτεχνικής τομής
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β :	Τομές υπεδάφους γεωτρήσεων
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ :	Στατιστική επεξεργασία επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ :	Γεωτεχνική Τομή
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε :	Διάταξη έργων υπόγειας αποστράγγισης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «**Γεωτεχνική έρευνα και αξιολόγηση. Περίπτωση μελέτης: Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς**», συντάχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Αφορά την παρουσίαση βασικών πληροφοριών των γεωτεχνικών ερευνών και την παρουσίαση της γεωτεχνικής έρευνας και αξιολόγησης για την ανέγερση ενός βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς, που εκτελέστηκε από την εταιρία NAMALAB Εργαστήριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Δομικών Υλικών και Ποιοτικού Ελέγχου Α.Ε στα πλαίσια εκπόνησης γεωτεχνικής μελέτης θεμελίωσης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την αναπληρώτρια καθηγήτρια κα. Σταυροπούλου Μαρία για την επίβλεψη, την καθοδήγηση καθώς και για το ενδιαφέρον και τις συμβουλές που μου έδωσε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη εταιρία NAMALAB Α.Ε. και ειδικότερα τον πολιτικό μηχανικό, κ. Στρατάκο Χρήστο και τον γεωλόγο – γεωτεχνικό Σιδέρη Νίκο, για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγηση τους. Τους ευχαριστώ θερμά για την συμβολή τους στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και δείχνουν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ την οικογένεια μου για την υποστήριξη τους ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Γεωτεχνική έρευνα και αξιολόγηση. Περίπτωση μελέτης: Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς», αποτελείται από επτά (7) Κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται σε γενικά στοιχεία σχετικά με τα στάδια μίας γεωτεχνικής μελέτης. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των γεωτεχνικών ερευνών, τον εξοπλισμό και τις συνήθειες επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για το πρόγραμμα των γεωτεχνικών ερευνών αναλόγως του τύπου του έργου και γίνεται εισαγωγή στον Ευρωκώδικα για τον γεωτεχνικό σχεδιασμό και πως αυτός εφαρμόζεται. Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά το στάδιο της αξιολόγηση μιας γεωτεχνικής έρευνας και των αποτελεσμάτων αυτής ώστε να γίνεται εκλογή των προτεινόμενων γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού. Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση του έργου, αναλυτική περιγραφή της γεωτεχνικής έρευνας, περιγραφή των γεωτεχνικών και γεωλογικών συνθηκών και αξιολόγηση αυτών. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις για το σύνολο του έργου. Έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο είναι η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την σύνταξη της διπλωματικής. Στο τέλος ακολουθούν παραρτήματα με σχέδια, τομές και υπολογισμούς.

ABSTRACT

This diploma thesis with title «Geotechnical investigation and evaluation. Case study : Construction of an industrial building at the area of Kifissia» consists of (7) seven chapters. The first chapter refers to general information about the phases of a geotechnical study. At the second chapter, the basic features of the geotechnical investigations, the equipment and the usual in situ and laboratory tests. The third chapter refers to geotechnical programming that depends on the type of the project and introduce us the Eurocode about geotechnical designing.and how it is applied. The forth chapter refers to the geotechnical evaluation of the investigation and its results so that selection of the proposed geotechnical characteristic properties. At the fifth chapter, the project is presented, analytical description of the geotechnical investigation, description of geotechnical and geological conditions at the area of the project and the evaluation of them. Sixth chapter presents ta conclusions and suggestions for the project. In the last (seventh) chapter, there is the bibliography that was used for the redaction of this diploma thesis. At the end, appendices with plan view, drawings and calculations.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωτεχνική έρευνα αποτελεί μία έρευνα που διεξάγεται στο γραφείο, στην ύπαιθρο, και στο εργαστήριο, με βάση το πρόγραμμα που συντάσσεται από γεωλόγο – γεωτεχνικό ή γεωτεχνικό μηχανικό, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες εκπόνησης μιας Γεωτεχνικής Μελέτης, για να αποφασισθούν, μετά από αξιολόγηση, οι τιμές παραμέτρων σχεδιασμού της μελέτης που αναφέρεται σε δεδομένο τεχνικό αντικείμενο - έργο πολιτικού Μηχανικού. ¹Οι γεωτεχνικές μελέτες αποτελούν υποστηρικτικές μελέτες στα πλαίσια άλλων μελετών έργων ενώ οι μελέτες γεωτεχνικών έργων αποτελούν αυτοτελείς μελέτες.

1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ

²Κατά τη διερεύνηση γεωτεχνικών θεμάτων μεγάλης σημασίας ή μεγάλης έκτασης, οι γεωτεχνικές έρευνες εκτελούνται συνήθως σε τρεις φάσεις: κατά την αναγνώριση, την προκαταρκτική έρευνα και τη λεπτομερή έρευνα. Οι φάσεις αυτές συνήθως συναρτώνται με τα στάδια εκπόνησης των μελετών (αναγνωριστική μελέτη, προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη και οριστική μελέτη). Οι εργασίες κάθε φάσης εκτελούνται κατά διάφορο τρόπο, ανάλογα με το είδος του τεχνικού έργου, τη φύση του εδάφους θεμελίωσης, το διατιθέμενο χρόνο κ.λπ. Οι επιμέρους εργασίες σε κάθε στάδιο έχουν ως εξής:

- *Αναγνωριστική μελέτη*

Η φάση της γεωτεχνικής αναγνώρισης συνήθως περιλαμβάνει κάθε είδους πληροφοριών για την φυσική κατάσταση της υπό εξέταση ζώνης και του ευρύτερου περιβάλλοντος της, τη συγκέντρωση και αξιολόγηση των διαθέσιμων τοπογραφικών δεδομένων, γεωλογικών στοιχείων, αεροφωτογραφιών, στοιχείων από προηγούμενες γεωτεχνικές έρευνες στην ευρύτερη περιοχή και επιτόπου επισκέψεις. Πρωταρχικές πηγές αυτών των πληροφοριών είναι η βιβλιογραφία και τα αρχεία της σχετικής δραστηριότητας (γεωλογικής, υδρογεωλογικής, γεωτρητικής και γεωφυσικής) δημοσίων και ιδιωτικών φορέων. Οι διάφοροι χάρτες (γεωλογικοί, γεωτεχνικοί, τοπογραφικοί) συμπληρώνουν την ανωτέρω πληροφοριακή αναφορά. ³Κυρίως απαντά στο ερώτημα της εφικτότητας και σκοπιμότητας κατασκευής και λειτουργίας του προβλεπόμενου έργου και στο ερώτημα περί κόστους – όφελους και γενικότερων θετικών ή αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, την παραγωγή, την απασχόληση, την οικονομία, τον τουρισμό, βιομηχανία κ.λπ. Σε ορισμένες περιπτώσεις κατά τη φάση της αναγνώρισης εκτελούνται και γεωφυσικές διασκοπήσεις.

- *Προκαταρκτική μελέτη*

³Η προκαταρκτική μελέτη συνήθως δεν περιλαμβάνει εργασίες υπαίθρου ή ίσως μόνο κάποιες απλές εργασίες. Κυρίως μελετώνται οι πιθανές θέσεις του έργου, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μίας, ο βαθμός εφικτότητας και γίνεται η τελική πρόταση και επιλογή της θέσης και των βασικών χαρακτηριστικών της.

¹ Οδηγία Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) 11 - Άρθρο 2

² Προδιαγραφές γεωλογικών εργασιών μέσα στα πλαίσια των μελετών Τεχνικών Έργων, ΥΠΕΧΩΔΕ

³ Γ.Κ.Στουρνάρας, Μ.Σταυροπούλου, *Τεχνική Γεωλογία*, Τζιόλα, Αθήνα, 2010, σελ. 6

- *Προμελέτη*

Πρόκειται για την φάση της μελέτης όπου περιλαμβάνει τη διάνοιξη ερευνητικών φρεάτων, την εκτέλεση γεωτρήσεων και εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής ή/και βραχομηχανικής. Σε ορισμένες περιπτώσεις κατά το στάδιο αυτό, εκτελούνται και γεωφυσικές διασκοπήσεις.

Περιλαμβάνει σειρά ερευνητικών εργασιών η έκταση των οποίων εξαρτάται από το είδος του έργου και τα αποτελέσματα των προηγούμενων σταδίων και τα στοιχεία αυτών θα βοηθήσουν στη λήψη απόφασης για αποδοχή ή απόρριψη ή και αλλαγή της περιοχής που αρχικά είχε επιλεγεί για την κατασκευή του μελετούμενου έργου. Επιπλέον γίνεται ο εντοπισμός πιθανών προβλημάτων που θα πρέπει να διερευνηθούν και η σύνταξη του προγράμματος των γεωτεχνικών ερευνών της επόμενης φάσης.

Η προμελέτη πρέπει να περιλαμβάνει *Τεύχος Τεχνικής Έκθεσης* που περιέχει:

- Δεδομένα, ιστορικό έργου, εντολές εργοδότη, ονόματα αυτών που συντάξαν την τεχνική έκθεση.
- Σύνταξη υπολογιστικής εδαφικής τομής με τις χαρακτηριστικές παραμέτρους μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών υλικών.
- Επισήμανση των κυρίων/κρίσιμων συνθηκών που πρέπει να τηρηθούν (ανεκτές παραμορφώσεις, επιτρεπτές επιπτώσεις στον περιβάλλοντα χώρο κλπ.).
- Διερεύνηση και περιγραφή πρόσφορων κατασκευαστικών λύσεων με εκτίμηση φορτίων και κριτηρίων βάσει των οποίων θα προτείνεται η κατάλληλη λύση. Θα καταγράφονται όλες οι οδηγίες και περιορισμοί που έχουν δοθεί από τον κύριο του έργου για την κατασκευή των έργων.
- Συνοπτικούς υπολογισμούς που περιλαμβάνουν *Τεύχος προμέτρησης* των κατ' είδος εργασιών
- Σχέδια που μπορούν να περιλαμβάνουν:
 - Οριζοντιογραφία υπό κλίμακα 1:500 στην οποία φαίνονται τα στοιχεία του εδάφους και των τυχόν υφισταμένων εγκαταστάσεων και λοιπών επιγείων ή υπογείων εμποδίων όπως προϋπάρχουν.
 - Σχέδιο οριζοντιογραφίας υπό κλίμακα 1:500 στην οποία φαίνεται η διάταξη των έργων.
 - Σχέδια διατομών υπό κατάλληλη κλίμακα (1:500 ή λεπτομερέστερη) σε χαρακτηριστικές θέσεις, όπου φαίνονται η αρχική επιφάνεια εδάφους, οι άξονες και τα τελικά επίπεδα χωματουργικών διαμορφώσεων και τα τυχόν δομικά στοιχεία αντιστήριξης.
 - Χαρακτηριστική διατομή σε κατάλληλη κλίμακα όπου φαίνονται ευκρινώς τα τυχόν δομικά στοιχεία με αναγραφή της σειράς και των σταδίων κατασκευής καθώς επίσης και την ποιότητα των υλικών.

- *Οριστική μελέτη*

Στο στάδιο αυτό, κατά το οποίο έχει οριστικοποιηθεί η ακριβής θέση και το είδος του τεχνικού έργου, μελετώνται σε λεπτομερέστερες κλίμακες οι γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής του έργου και του περιβάλλοντος που τυχόν θα επηρεαστεί από αυτό. Μελετώνται επίσης με μεγάλη ακρίβεια και με βάση τα στοιχεία της γεωτρητικής και γεωφυσικής έρευνας, οι περιοχές με

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ιδιαίτερα προβλήματα οι οποίες έχουν εντοπιστεί ήδη από τα προηγούμενα στάδια. Στις εργασίες του σταδίου αυτού ενίοτε προστίθεται και η υδρογεωλογική έρευνα. Η έκταση και το είδος της λεπτομερούς έρευνας εξαρτώνται από το είδος του έργου και τις εδαφικές συνθήκες.

Η Οριστική μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω τεύχη και σχέδια:

Τεύχος Τεχνικής Έκθεσης που περιλαμβάνει:

- Δεδομένα, ιστορικό έργου, εντολές εργοδότη, ονόματα αυτών που συνέταξαν τη μελέτη και αυτών που την έλεγξαν.
- Σύνταξη υπολογιστικής εδαφικής τομής με τις χαρακτηριστικές παραμέτρους μηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφικών υλικών.
- Επισήμανση των κυρίων/κρίσιμων συνθηκών που πρέπει να τηρηθούν (ανεκτές παραμορφώσεις, επιτρεπτές επιπτώσεις στον περιβάλλοντα χώρο κλπ.) και επιπλέον:
- Αναλυτική περιγραφή της λύσης και της διαδικασίας κατασκευής
- Προβλέψεις τρόπου ελέγχου συμπεριφοράς της κατασκευής τόσο κατά την διάρκεια εκτέλεσης των έργων όσο και μετά.
- Εφαρμοστέοι κανονισμοί
- Οδηγίες για μέτρα ασφαλείας κατά την διάρκεια των εργασιών
- Παρατηρήσεις και οδηγίες για την αποφυγή ή τον περιορισμό ενόχλησης στο περιβάλλον από την κατασκευή του έργου.

Τεύχος αναλυτικών υπολογισμών κατά στάδιο και στο τέλος της κατασκευής και διαστασιολόγησης όλων των στοιχείων του έργου με αναφορά επί των παραδοχών υπολογισμού και του τρόπου ανάλυσης. Επίσης θα αναφέρεται η χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία.

Τεχνικές προδιαγραφές μεθόδων και υλικών. Εάν υπάρχουν πρότυπες προδιαγραφές θα γίνεται παραπομπή σε αυτές άλλως θα δίνεται ειδική προδιαγραφή για το συγκεκριμένο έργο. Ιδιαίτερως θα ορίζονται οι ποιότητες υλικών και ο τρόπος παρακολούθησης ποιότητας και οι διαδικασίες ελέγχου.

Σχέδια σε πρόσφορη κλίμακα που θα περιλαμβάνουν οριστικώς προσαρμοσμένα όλα τα υπό στοιχεία της προμελέτης και επί πλέον:

- Κατασκευαστικά σχέδια με λεπτομέρειες προς εφαρμογή όλων των ειδών
- Σχέδια λεπτομερειών
- Διαγράμματα κοπής και αναπτύγματα οπλισμού όλων των δομικών στοιχείων που προβλέπει η μελέτη.

2 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

2.1 ΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

⁴Με τις πληροφορίες που προκύπτουν από την μελέτη στο γραφείο και την αναγνώριση της τοποθεσίας, εκτιμάται το μέγεθος της απαιτούμενης επιτόπου γεωτεχνικής έρευνας λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη μεταβλητότητα των εδαφικών συνθηκών και τον τύπο και την κλίμακα του έργου.

Η οικονομία στην διερεύνηση πεδίου μπορεί να είναι πολύ επικίνδυνη και σπάνια μειώνει το κόστος αφού σχεδόν για όλα τα έργα ο μεγαλύτερος κίνδυνος είναι οι συνθήκες του εδάφους.

Το τυπικό κόστος κυμαίνεται μεταξύ του 0.2 και 2.0% του συνολικού κόστους του έργου (Anon, 1991), ενώ νομικές απαιτήσεις για εδαφικές συνθήκες που δεν είχαν προβλεφθεί μπορεί να στοιχίσουν στον πελάτη πολύ περισσότερο από αυτό.

Ο σκοπός της επιτόπου γεωτεχνικής έρευνας είναι να ληφθεί μια τρισδιάστατη διατομή της τοποθεσίας. Γεωτρήσεις και ερευνητικά φρέατα παρέχουν τις εδαφικές συνθήκες μόνο σε ένα σημείο (μονοδιάστατα), οπότε οι διατομές πρέπει να συμπληρωθούν με παραδοχές για τις ενδιάμεσες συνθήκες. Για ομοιόμορφες ομογενείς συνθήκες και απλή γεωλογία, αυτό μπορεί να επιτευχθεί αρκετά αξιόπιστα μέσω διερευνητικών οπών σε μεγάλες αποστάσεις αλλά για μεταβλητές συνθήκες μπορεί να αποκτηθεί μία ακριβής εικόνα μόνο με γεωτρήσεις σε κοντινές αποστάσεις.

Για πολλές τοποθεσίες, ο βαθμός μεταβλητότητας δεν είναι γνωστός και έτσι είναι απαραίτητη μια σταθερή παρακολούθηση και αναθεώρηση της έρευνας για να εξασφαλιστεί ότι οι εδαφικές συνθήκες έχουν διερευνηθεί επαρκώς.για το σκοπό αυτό, μια χρήσιμη διαδικασία είναι να πραγματοποιηθεί προκαταρκτική και περιορισμένη έρευνα που θα δώσει βασικές γενικές πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σχεδιαστεί μια περισσότερο αναλυτική διερεύνηση. Η πραγματική απόσταση και οι θέσεις των γεωτρήσεων εξαρτώνται από την φύση του έργου, το μέγεθος του και το σχήμα του.

2.2 ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

⁵Οι γεωφυσικές έρευνες εκτελούνται για τη διερεύνηση μεγάλων εκτάσεων ταχέως και με μικρό κόστος, με σκοπό τον προσδιορισμό της κατά προσέγγιση στρωματογραφίας. Οι μέθοδοι βασίζονται στον εντοπισμό της διεπιφάνειας μεταξύ επάλληλων εδαφικών στρώσεων με σημαντική διαφορά ιδιοτήτων και αύξηση των τιμών των μηχανικών παραμέτρων με το βάθος. Κατά συνέπεια, οι γεωφυσικές μέθοδοι δεν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα στις περιπτώσεις που συμβαίνουν συχνές εναλλαγές εδαφικών στρώσεων με το βάθος, στις περιπτώσεις που οι ιδιότητες μεταξύ των γειτονικών στρώσεων δεν διαφέρουν σημαντικά (και συνεπώς δεν υπάρχει διακριτή επιφάνεια) καθώς και στις περιπτώσεις που μια στρώση με καλύτερες μηχανικές ιδιότητες υπέρκειται μιας στρώσης με υποδεέστερες ιδιότητες.Οι γεωφυσικές έρευνες απαιτούν και τη διάνοιξη ενός αριθμού γεωτρήσεων για τη βαθμονόμηση των αποτελεσμάτων τους. Χαρακτηριστική περίπτωση βέλτιστης

⁴ G.E.Barnes, *Εδαφομηχανική: Αρχές και Εφαρμογές*, Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2005, σελ. 493

⁵ Καββαδάς Μ.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ, Κεφάλαιο 11 Εκδοση Ε.Μ. Πολυτεχνείου, Σεπτέμβριος 2005

απόδοσης των γεωφυσικών μεθόδων είναι ο εντοπισμός της θέσης του βραχώδους υποβάθρου (π.χ. ασβεστολίθου) σε περίπτωση που οι στρώσεις που υπέρκεινται του υποβάθρου αποτελούνται από μαλακές αργίλους ή χαλαρές άμμους. Αντίθετα, οι γεωφυσικές μέθοδοι γενικώς δεν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα στην περίπτωση εναλλασσόμενων στρώσεων αποσαθρωμένων και υγιών βραχωδών σχηματισμών ή στην περίπτωση που οι σχηματισμοί που υπέρκεινται του βραχώδους υποβάθρου είναι συνεκτικά κορήματα, σκληρές άργιλοι, μάργες κλπ.

Οι κυριότερες γεωφυσικές μέθοδοι είναι:

- Σεισμικές μέθοδοι όπως: η μέθοδος της διάθλασης (refraction), της ανάκλασης υψηλής ευκρίνειας (high resolution reflection) και οι μέθοδοι που εκτελούνται εντός γεωτρήσεων (urhole, downhole, crosshole).
- Ηλεκτρικές μέθοδοι όπως η μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.
- Άλλες μέθοδοι όπως μαγνητικές μέθοδοι, μέθοδοι βαρύτητας κλπ.

2.3 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΦΡΕΑΤΑ

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

2.4 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Οι γεωτρήσεις ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο κατασκευάζονται χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις *Ερευνητικές* και στις *Παραγωγικές γεωτρήσεις ή γεωτρήσεις εκμετάλλευσης*. Οι πρώτες είναι γεωτρήσεις με μικρή σχετικά διάμετρο, οι οποίες αποσκοπούν στην έρευνα του εδάφους και του υπεδάφους, κυρίως με τη λήψη δειγμάτων και σε αυτές ανήκουν οι Εδαφοτεχνικές ή Γεωτεχνικές γεωτρήσεις που αποβλέπουν στη γνώση και διερεύνηση των μηχανικών κυρίως ιδιοτήτων του εδάφους και υπεδάφους (σύσταση, μορφολογία, περατότητα, στάθμη υπόγειου νερού, κ.λ.π.), προκειμένου να διαπιστωθεί η καταλληλότητά τους για κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων όπως, κτίρια, γέφυρες, δρόμοι, σήραγγες, φράγματα, κ.λ.π.).

Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν γεωτρήσεις στις οποίες δεν απαιτείται η λήψη δείγματος και η διάμετρός τους κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι πάνω από ένα μέτρο, όπως οι υδρογεωτρήσεις ή γεωτρήσεις αερισμού, τσιμεντενέσεων και τοποθέτησης καλωδίων ή αγωγών.

Οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση του υπεδάφους σε βάθη μεγαλύτερα από τα βάθη που διερευνώνται με ερευνητικά φρέατα. Για τη διάνοιξη των γεωτρήσεων χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- **Ελικοειδής διάτρηση (hollow-stem continuous flight auger)**. Η μέθοδος συνίσταται στην προώθηση μέσω περιστροφής ενός κοίλου σωλήνα με ελικοειδές σπείρωμα στην εξωτερική

πλευρά. Διαταραγμένα εδαφικά δείγματα λαμβάνονται από το υλικό που εισέρχεται στο εσωτερικό του σωλήνα αλλά και το υλικό που συγκρατείται στις σπείρες του τοιχώματος.

- **Υδραυλική διάτρηση (wash-type boring)**, κατά την οποία η προώθηση της γεώτρησης γίνεται μέσω ενός μεταλλικού στελέχους με την εισπίεση νερού που παρασύρει τα εδαφικά τεμάχια προς την επιφάνεια. Η μέθοδος είναι ταχεία και έχει μικρό κόστος. Το κύριο μειονέκτημά της είναι η αδυναμία λήψης αντιπροσωπευτικών εδαφικών δειγμάτων. Κυρίως χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απλώς ζητείται να εντοπισθεί η θέση του βραχύδους υποβάθρου που υπόκειται χαλαρών εδαφικών σχηματισμών.
- **Κρουστική διάτρηση (percussion drilling, shell and auger, cable tool, churndrilling)**, κατά την οποία η προώθηση της γεώτρησης γίνεται με θρυμματισμό των πετρωμάτων στον πυθμένα της οπής μέσω κρούσης. Η έξοδος των εδαφικών τεμαχίων από την οπή γίνεται συνήθως με την κυκλοφορία νερού που παρασύρει τα εδαφικά θραύσματα. Κατά τη μέθοδο αυτή λαμβάνονται μόνον διαταραγμένα εδαφικά δείγματα.
- **Περιστροφική διάτρηση (rotary drilling)** κατά την οποία η προχώρηση της οπής γίνεται με την περιστροφή της γεωτρητικής στήλης η οποία στο άκρο της φέρει ειδική κοπτική κεφαλή. Η κοπτική κεφαλή μπορεί να είναι συμπαγής (π.χ. “τρίφτερο”) ή κοίλη (κορώνα). Η ψύξη της κοπτικής κεφαλής γίνεται με νερό το οποίο κατά την κυκλοφορία του παρασύρει τα εδαφικά θραύσματα. Στην περίπτωση της χρήσης κοίλης κοπτικής κεφαλής, συνήθως η διάτρηση συνδυάζεται με ταυτόχρονη δειγματοληψία με την τοποθέτηση κατάλληλου δειγματολήπτη μεταξύ της κοπτικής κεφαλής και της διατρητικής στήλης. Η περιστροφική διάτρηση είναι η συνηθέστερη μέθοδος εκτέλεσης γεωτρήσεων στην Ελλάδα.

Κατά την εκτέλεση των γεωτρήσεων συνήθως γίνεται και εδαφική δειγματοληψία μέσω κατάλληλων δειγματοληπτών (samplers). Οι τύποι των δειγματοληπτών που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι:

- **Διαιρετός δειγματολήπτης (split barrel)** που συνδυάζεται με την εκτέλεση της επιτόπου δοκιμής Πρότυπης Διείσδυσης (Standard Penetration Test - SPT). Ο δειγματολήπτης αυτός έχει εσωτερική διάμετρο 35 mm και μήκος 45 - 75 cm. Τα εδαφικά δείγματα που λαμβάνονται είναι διαταραγμένα λόγω της κρουστικής μεθόδου προώθησης που συνδέεται με την εκτέλεση της δοκιμής SPT. Χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία εδαφικών υλικών.
- **Δειγματολήπτες με ελικοειδές σπείρωμα (hollow stem auger)**, η εσωτερική διάμετρος των οποίων είναι συνήθως 75 - 100 mm. Η προχώρηση του δειγματολήπτη γίνεται μέσω περιστροφής και το δείγμα που λαμβάνεται είναι διαταραγμένο. Χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία εδαφικών υλικών.
- **Δειγματολήπτες λεπτού τοιχώματος τύπου Shelby, Osterberg (υδραυλικού εμβόλου), Denison και σταθερού εμβόλου (stationary piston)**. Οι δειγματολήπτες αυτοί προωθούνται με πίεση και χρησιμοποιούνται για τη λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων σε σχετικώς μαλακά/χαλαρά εδαφικά υλικά. Η εσωτερική διάμετρος των δειγματοληπτών αυτών είναι 73 - 100mm και το μήκος τους συνήθως 75cm.
- **Δειγματολήπτες σκληρών πετρωμάτων (καροταρίες)** που χρησιμοποιούνται για τη δειγματοληψία σκληρών εδαφών και βράχων κατά την περιστροφική προώθηση της γεώτρησης. Οι καροταρίες είναι τριών τύπων: απλού τοιχώματος (single tube), διπλού τοιχώματος (double tube) και τριπλού τοιχώματος (triple tube). Οι καροταρίες διπλού και

τριπλού τοιχώματος χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση δειγμάτων καλύτερης ποιότητας (αδιαταράκτων), επειδή το εδαφικό δείγμα δεν επηρεάζεται από το νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη της κοπτικής κεφαλής κατά τη διάνοιξη της γεώτρησης.

Συχνά εδαφικά δείγματα ανακτώνται με την απλή καροταρία με χρήση της λεγόμενης “μεθόδου φραγμού”. Κατά τη μέθοδο αυτή η καροταρία προωθείται (με περιστροφή) χωρίς την κυκλοφορία νερού για την ψύξη της κοπτικής κεφαλής, με συνέπεια το εδαφικό δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό. Όμως, λόγω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται, το δείγμα ξηραίνεται και συνεπώς δεν μπορεί να θεωρηθεί ως αδιατάρακτο.

Τα σύγχρονα γεωτρήματα απαιτούν χειρονακτική εργασία για την εισαγωγή / εξαγωγή της διατρητικής στήλης και απόληψης των πυρήνων. Διαθέτουν εύρος επιλογών άσκησης πίεσης στο διατρητικό άκρο και ταχύτητας περιστροφής και έχουν τη δυνατότητα διάτρησης υπό οποιαδήποτε κλίση.

Με τις γεωτρήσεις παίρνουμε γραμμική πληροφορία γεωλογικών, τεχνικογεωλογικών και γεωτεχνικών πληροφοριών με το βάθος και έχουμε:

- Δυνατότητα γεωτεχνικής τομής και δημιουργία επαφών ή ζώνης με κοινά γεωλογικά, τεχνικογεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά.
- Δυνατότητα τρισδιάστατου μοντέλου (τρία σημεία) στο χώρο με κοινά γεωλογικά, τεχνικογεωλογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά
- Εκτίμηση του γεωλογικού και γεωτεχνικού μοντέλου στην ευρύτερη περιοχή του τεχνικού έργου.

2.5 ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές της εδαφομηχανικής έχουν τυποποιηθεί από διάφορους φορείς, ώστε να είναι δυνατή η αναπαραγωγή των δοκιμών και η εξαγωγή συμβατών αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών εταιριών και εργαστηρίων. Τέτοιοι φορείς είναι οι ΕΛΟΤ για την Ελλάδα αλλά και διεθνείς φορείς όπως οι ISO, ASTM, BS, DIN κ.α. Οι προδιαγραφές του ΕΛΟΤ για τις εργαστηριακές και επιτόπου δοκιμές εδαφομηχανικής, εκδίδονται από το ΚΕΔΕ (Κέντρο Ελέγχου Δημοσίων Έργων) σε έντυπα που περιγράφουν τις μεθόδους διεξαγωγής και επιπλέον αποτελούν νόμο του κράτους. Η τήρηση αυτών των προδιαγραφών είναι υποχρεωτική από τα εργαστήρια, προκειμένου τα αποτελέσματα των δοκιμών να χρησιμοποιηθούν στον σχεδιασμό έργων.

⁶Ως δοκιμές πεδίου ή επιτόπου δοκιμές χαρακτηρίζονται οι δοκιμές που διενεργούνται σε δείγματα που βρίσκονται στο φυσικό τους περιβάλλον και σε δείγματα που έχουν υποστεί την ελάχιστη δυνατή διαταραχή. Εκτελούνται στην επιφάνεια του εδάφους, εντός σκαμμάτων, εντός γεωτρήσεων και εντός σηράγγων. Είναι συχνά ένας πολύ αξιόπιστος τρόπος προσδιορισμού μηχανικών ιδιοτήτων των υπεδαφικών υλικών και σε μερικές περιπτώσεις ο πλέον ενδεδειγμένος μοναδικός τρόπος απόκτησης αξιόπιστων μετρήσεων.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ

- Μειώνεται δραστικά ο αριθμός των απαιτούμενων ερευνητικών γεωτρήσεων.

⁶ Λουπασάκης Κ., Σημειώσεις διαλέξεων μαθήματος «Τεχνική Γεωλογία Ι», Τεχνικογεωλογική – τεχνική έρευνα πεδίου
Πτυχιακή εργασία

- Αυξάνεται η ταχύτητα παροχής πληροφοριών. Απαλείφουν το χρόνο μεταφοράς και δοκιμής των δειγμάτων στο εργαστήριο και ελαχιστοποιούν το χρόνο επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων.
- Μειώνεται το κόστος των ερευνητικών προγραμμάτων.
- Μειώνεται σημαντικά η διαταραχή του δείγματος. Η διαταραχή του δείγματος αποφεύγεται ή περιορίζεται σε μικρή απόσταση γύρω από τον άξονα της γεώτρησης.
- Αποφεύγεται η διαταραχή του επιτόπιου πεδίου τάσεων.
- Οι επιτόπου δοκιμές με το πλήθος των εμπειρικών τύπων που τις συνοδεύουν, επιτρέπουν τον υπολογισμό παραμέτρων που απαιτούνται για την κατασκευή διαφόρων τεχνικών έργων χωρίς τον ενδιάμεσο υπολογισμό φυσικών και μηχανικών παραμέτρων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

Ανάλογα με τις παραμέτρους που προσδιορίζουν διακρίνονται σε δοκιμές προσδιορισμού υδραυλικών χαρακτηριστικών, π.χ. Maag, Lefranc, Lugeon, και σε δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών χαρακτηριστικών, π.χ. SPT, CPT, Vane test, κ.α.

Ανάλογα με τον τρόπο επιβολής των φορτίων διακρίνονται σε δοκιμές φόρτισης, κατά τη διάρκεια των οποίων πραγματοποιείται φόρτιση του άμεσου περιβάλλοντος μέσα στο οποίο είναι ήδη τοποθετημένος ο πρότυπος φορατής, και σε δοκιμές διείσδυσης, κατά τη διάρκεια των οποίων πραγματοποιείται φόρτιση κατά τη διείσδυση του πρότυπου φορατή. Οι δοκιμές διείσδυσης διακρίνονται περαιτέρω σε δοκιμές δυναμικής διείσδυσης, κατά την εκτέλεση των οποίων ο πρότυπος φορατής προωθείται στο έδαφος με κρούσεις, και σε δοκιμές στατικής διείσδυσης, κατά την εκτέλεση των οποίων ο πρότυπος φορατής προωθείται στο έδαφος με σταθερή ταχύτητα και με τη χρήση υδραυλικών συστημάτων.

⁷Οι κυριότερες επιτόπου δοκιμές που χρησιμοποιούνται κατά τις γεωτεχνικές έρευνες εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών είναι:

Δοκιμή Πρότυπης Διείσδυσης (Standard Penetration Test - SPT)

Η δοκιμή συνίσταται στην προώθηση του διαιρετού δειγματολήπτη Terzaghi με κρουστική μέθοδο συνολικά κατά 45cm σε 3 στάδια. Η προώθηση επιτυγχάνεται με πτώση βάρους 63.5 κιλών από ύψος 76cm και γίνεται καταγραφή του αριθμού (N_{SPT}) των κρούσεων που απαιτούνται για την προώθηση του δειγματολήπτη κατά 30 cm. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής λαμβάνεται και διαταραγμένο εδαφικό δείγμα στο εσωτερικό του διαιρετού δειγματολήπτη. Η εκτέλεση της δοκιμής περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D 1586. Η δοκιμή συνήθως εκτελείται σε τακτά διαστήματα προώθησης της γεώτρησης (π.χ. ανά 1.50 - 2.00 μέτρα βάθους) και έτσι προκύπτει διάγραμμα της κατανομής του αριθμού κρούσεων N_{SPT} με το βάθος. Η δοκιμή SPT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σχετικής πυκνότητας των αμμωδών εδαφών και της συνεκτικότητας (αντοχής) των αργιλικών εδαφών.

Δοκιμή Διείσδυσης Κώνου (Cone Penetration Test - CPT)

Η δοκιμή συνίσταται στη συνεχή προχώρηση εντός του εδάφους ενός μεταλλικού στελέχους με κωνική αιχμή (κώνος γωνίας 60°) εμβαδού 10 cm² με ταχύτητα 1-2cm/sec. Κατά την προχώρηση του

⁷ Γ.Κ.Στουρνάρας, Μ.Σταυροπούλου, *Τεχνική Γεωλογία*, Τζιόλα, Αθήνα, 2010, σελ. 114

στελέχους μετράται η αντίσταση στη διείσδυση της αιχμής και η πλευρική τριβή σε τμήμα της πλευρικής επιφάνειας του μεταλλικού στελέχους. Η εκτέλεση της δοκιμής περιγράφεται λεπτομερώς στην προδιαγραφή ASTM D3441. Από τις μετρούμενες τιμές της αντοχής αιχμής (q_c) και της πλευρικής τριβής (f_s) μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για το είδος και τη μηχανική αντοχή των εδαφικών σχηματισμών που συναντώνται κατά τη διείσδυση του κώνου. Η δοκιμή δεν επιτρέπει τη λήψη εδαφικών δειγμάτων. Σε ορισμένες διατάξεις της δοκιμής κώνου, εκτός από τα μεγέθη q_c και f_s μετράται και η πίεση πόρων στην περιοχή της αιχμής του κώνου.

Η συνεχής καταγραφή της αντίστασης αιχμής, της πλευρικής τριβής και της πίεσης των πόρων επιτρέπει την σχετικώς αξιόπιστη έμμεση εκτίμηση της στρωματογραφίας του εδάφους, τις συνθήκες του υπόγειου νερού και πιεζομετρικής στάθμης, της σχετικής πυκνότητας, των παραμέτρων διατμητικής αντοχής, τις παραμέτρους παραμορφωσιμότητας και στερεοποίησης και διαπερότητας του εδάφους.

Βασικό πλεονέκτημα της δοκιμής CPT είναι η συνεχής καταγραφή του εδαφικού προφίλ με το βάθος σε αντίθεση με την δοκιμή SPT όπου μας δίνει εικόνα της συμπεριφοράς του εδαφούς σε διακριτές στρώσεις. Στα λεονεκτήματα της μεθόδου ανήκουν η αδυναμία απόληψης δείγματος και η ευαισθησία της δοκιμής στην παρουσία μεγάλων χαλίκων οι οποίοι μπορούν να διακόψουν την δοκιμή ή /και να καταστρέψουν τον εξοπλισμό.

Δοκιμή Πρεσιομέτρου (Pressuremeter test - PMT)

Η δοκιμή συνίσταται στην πλευρική διόγκωση ενός κυλινδρικού στοιχείου το οποίο τοποθετείται στο εσωτερικό της γεώτρησης και αρχικά έχει διάμετρο ίση με τη διάμετρο της οπής της γεώτρησης. Κατά τη δοκιμή μετράται η διόγκωση που προκαλείται από μια συγκεκριμένη αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του κυλινδρικού στοιχείου. Από τις μετρούμενες τιμές της πίεσης και της αντίστοιχης διόγκωσης μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για το μέτρο ελαστικότητας και την αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους. Η δοκιμή PMT είναι αρκετά διαδεδομένη και εφαρμόζεται τόσο σε εδαφικά όσο και σε βραχώδη γεωυλικά. Είναι αρκετά αξιόπιστη δοκιμή αλλά απαιτεί τεχνογνωσία τόσο στην εκτέλεση όσο και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της. Περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D 4719.

Δοκιμή Πτερυγίου (Field Vane test)

Η δοκιμή συνίσταται στην τοποθέτηση εντός του εδάφους (π.χ. στον πυθμένα της γεώτρησης) ενός μεταλλικού στοιχείου που αποτελείται από δυο κατακόρυφα μεταλλικά ελάσματα κάθετα μεταξύ τους. Τα ελάσματα συνδέονται με κατακόρυφο μεταλλικό στέλεχος το οποίο φθάνει μέχρι την επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να περιστραφεί με ειδικό μηχανισμό. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής (που περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D2573) περιστρέφεται το μεταλλικό στέλεχος με τα μεταλλικά ελάσματα και μετράται η ροπή που απαιτείται για την περιστροφή. Από τα δεδομένα αυτά μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για την αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδαφικού υλικού.

Δοκιμή φόρτισης πλάκας

Κατά τη δοκιμή αυτή φορτίζεται με κατακόρυφο φορτίο μια μεταλλική πλάκα (διαμέτρου 30 cm) που τοποθετείται στην επιφάνεια του εδάφους και μετράται η υποχώρηση που αντιστοιχεί σε κάθε βαθμίδα της φόρτισης. Η δοκιμή περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D1194. Από τη δοκιμή

μπορούν να συνταχθούν συμπεράσματα για το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους ακριβώς κάτω από την πλάκα. Το κυριότερο μειονέκτημα της δοκιμής είναι ότι το βάθος επιρροής (δηλαδή το πάχος του εδαφικού στρώματος που επηρεάζεται από τη δοκιμή) είναι μικρό με συνέπεια οι μετρούμενες ιδιότητες να αντιπροσωπεύουν μια μικρή εδαφική στρώση πάχους της τάξεως των 50 cm κάτω από την πλάκα. Η εκτέλεση της δοκιμής σε μεγαλύτερα βάθη δεν είναι ευχερής λόγω των απαιτούμενων εκσκαφών.

Μέτρηση της στάθμης του υπογείου οριζοντα

Η μέτρηση της στάθμης του υπογείου οριζοντα γίνεται με όργανα που ονομάζονται πιεζόμετρα. Τα όργανα αυτά συνήθως είναι τεσσάρων τύπων:

1. Τα κοινά πιεζόμετρα ή πιεζόμετρα ανοικτού σωλήνα (stand-pipe piezometers) τα οποία αποτελούνται από ένα κατακόρυφο σωλήνα που διαθέτει οπές στο κατώτερο τμήμα του. Το νερό εισέρχεται στο σωλήνα και δημιουργεί στάθμη η οποία μετράται με κατάλληλη βολίδα. Από την παρατηρούμενη στάθμη υπολογίζεται η υδατική πίεση στην περιοχή μέτρησης του σωλήνα.
2. Τα πιεζόμετρα κεραμικής κεφαλής (ceramic tip piezometers), τα οποία αποτελούνται από μια κεραμική κεφαλή που επιτρέπει την είσοδο του νερού αλλά όχι και του αέρα. Η κεραμική κεφαλή που τοποθετείται στον πυθμένα μιας γεώτρησης συνδέεται με την επιφάνεια του εδάφους με δυο λεπτούς πλαστικούς σωλήνες μέσω των οποίων μετράται η υδατική πίεση στη στάθμη της κεραμικής κεφαλής.
3. Τα πιεζόμετρα με διεπιφάνεια αέρα - νερού (air-actuated piezometers). Τα πιεζόμετρα αυτά έχουν επίσης μια κεραμική κεφαλή εντός της οποίας υπάρχει μια ελαστική μεμβράνη. Η μεμβράνη πιέζεται από τη μια πλευρά από πεπιεσμένο αέρα και από την άλλη από το υπόγειο νερό. Η πίεση του αέρα ρυθμίζεται από την επιφάνεια μέχρις ότου γίνει ίση με την πίεση του υπόγειου νερού. Με τον τρόπο αυτό μετράται η πίεση του υπόγειου νερού.
4. Τα ηλεκτρικά πιεζόμετρα (electrical piezometers). Τα πιεζόμετρα αυτά περιέχουν μια εύκαμπτη μεταλλική μεμβράνη της οποίας η παραμόρφωση μετράται με ηλεκτρικούς μετρητές (strain gauges). Η πίεση του υπόγειου νερού ασκείται στη μεταλλική μεμβράνη η οποία παραμορφώνεται και το ηλεκτρικό σήμα που καταγράφεται λόγω της παραμόρφωσης της μεμβράνης επιτρέπει τον υπολογισμό της πίεσης του υπόγειου νερού.

Μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας. Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους συνήθως γίνεται με τις δοκιμές εισπίεσεως. Οι δοκιμές αυτές βασίζονται στην εισπίεση νερού στο εσωτερικό μιας γεώτρησης και τη μέτρηση των διαφυγών (απωλειών) που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη πίεση ή, ισοδύναμα, στη μέτρηση της πίεσης που αντιστοιχεί σε ορισμένες διαφυγές. Υπάρχουν τριών τύπων δοκιμές εισπίεσεως:

1. Η δοκιμή τύπου Maag, κατά την οποία η γεώτρηση πληρούται με νερό και στη συνέχεια η στάθμη του νερού αφήνεται να πέφτει λόγω των διαφυγών και μετράται ο ρυθμός πτώσης της στάθμης.
2. Η δοκιμή τύπου Lefranc, κατά την οποία η οπή της γεώτρησης διατηρείται πλήρης με νερό και μετράται η παροχή τροφοδοσίας που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση σταθερής στάθμης.

3. Η δοκιμή τύπου Lugeon, κατά την οποία γίνεται εισπίεση και μετρώνται οι διαφυγές, για ένα χρονικό διάστημα τουλάχιστον 10 min. Από υδραυλικής πλευράς έχει μία αναλογία με την δοκιμή σταθερού φορτίου Lefranc αλλά εφαρμόζεται στην περίπτωση των συμπαγών πετρωμάτων, ικανών να αντέξουν τις μεγάλες πιέσεις της δοκιμής.

Η αξιολόγηση των ανωτέρω μετρήσεων επιτρέπει την εκτίμηση του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους μπορεί να γίνει και με δοκιμαστικές αντλήσεις. Κατά τις δοκιμές αυτές αντλείται μια γεώτρηση με ορισμένη παροχή και μετράται η επιτυγχανόμενη ταπείνωση της στάθμης στην ίδια τη γεώτρηση και σε δορυφορικά πιεζόμετρα που κατασκευάζονται σε διάφορες αποστάσεις από την αντλούμενη γεώτρηση.

2.6 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

⁸Με την διαδικασία της δειγματοληψίας λαμβάνονται εδαφικά δείγματα τα οποία μεταφέρονται στον χώρο το εργαστηρίου. Με κατάλληλες εργαστηριακές μεθοδολογίες, προσδιορίζονται οι μηχανικές και οι φυσικές ιδιότητες των εδαφικών δειγμάτων (γεωτεχνικοί παράμετροι).

Προσδιορισμός περιεχόμενης υγρασίας (ASTM D-2216/80)

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τη μέτρηση της μάζας του νερού που περιέχεται στο δείγμα του εδαφικού σχηματισμού. Ορίζεται ως ο λόγος του βάρους του νερού που υπάρχει μέσα στους πόρους (w_w) προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους (w_s), δηλαδή:

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

Προσδιορισμός φαινόμενου βάρους (AASHTO-147, ASTM C-29)

Το φαινόμενο βάρος ορίζεται ως το πηλίκο του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του εδάφους:

$$\gamma = \frac{W}{V} \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

όπου W το συνολικό βάρος του δείγματος όπου συμπεριλαμβάνονται και οι πόροι με το περιεχόμενό τους (αέρας + νερό) και V ο συνολικός όγκος του δείγματος.

Προσδιορισμός ειδικού βάρους (ASTM D-854/83, AASHTO T-100/75)

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

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

Με δεδομένο ότι το ειδικό βάρος του νερού γ_w , σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας ισούται με 1, το ειδικό βάρος των στερεών συστατικών G_s ενός εδάφους ισούται αριθμητικά με το λόγο του βάρους της στερεάς ύλης (δηλαδή μόνο το βάρος των κόκκων) προς τον αντίστοιχο όγκο.

Προσδιορισμός των ορίων atterberg

Όριο υδαρότητας (LL). Ορίζεται ως η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό κατά την χρονική στιγμή που το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην υδαρή (ρευστή) κατάσταση. Αυτό προσδιορίζεται με τη συσκευή CASAGRANDE (AASHTO T-89/76, ASTM D-4318/83).

Μέθοδος πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.

Είναι εργαστηριακή μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για λεπτόκοκκα εδάφη. Κατά τη μέθοδο αυτή κωνικό βαρίδιο συγκεκριμένου βάρους και γωνίας ανοίγματος κρέμεται με την

⁸ Σακελλαρίου Μ., σημειώσεις «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ», ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ, Αθήνα, 2003

κορυφή του κώνου σε επαφή με το εδαφικό δείγμα. Το βαρίδιο απελευθερούμενο βυθίζεται εντός του εδάφους. Το βάθος διείσδυσης του κώνου, ανάλογα με το βάρος του, σχετίζεται με την διατμητική αντοχή του εδάφους. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον υπολογισμό του ορίου υδαρότητας. Χρησιμοποιείται το κωνικό βαρίδιο με βάρος 60 gr και γωνία 60° και εκτελείται η δοκιμή για διάφορα ποσοστά υγρασίας. Κατασκευάζεται δεκαδικό διάγραμμα «βάθος διείσδυσης (mm)» - «περιεκτικότητα σε νερό (%)» και το όριο υδαρότητας υπολογίζεται από την περιεκτικότητα σε νερό που αντιστοιχεί σε 10 mm βάθους διείσδυσης.

Όριο πλαστικότητας (PL). Το όριο πλαστικότητας αντιστοιχεί στο χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας στο οποίο το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεή κατάσταση και μπορεί να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm χωρίς αυτός να θραύεται (AASHO T-90/70, ASTM D-4318/83).

Όριο συρρίκνωσης (SL): Είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας κάτω από την οποία ο όγκος του εδαφικού δείγματος παραμένει σταθερός με συνεχιζόμενη ξήρανση. Για μικρότερη περιεκτικότητα νερού, το δείγμα παύει να είναι κορεσμένο.

Δείκτης πλαστικότητας (PI). Ορίζεται ως η περιοχή ανάμεσα στο όριο υδαρότητας και στο όριο πλαστικότητας ($PI = LL - PL$), όπου το υλικό είναι εύπλαστο. Τα συνεκτικά εδάφη παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό πλαστικότητας, ο οποίος εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων τους (όσο πιο λεπτόκοκκο είναι το έδαφος, τόσο ο δείκτης πλαστικότητας είναι μεγαλύτερος) και από την πετρογραφική τους σύσταση. Με ελαττούμενη περιεκτικότητα σε νερό τα εδάφη αυτά μεταβαίνουν από τη στερεή διαμέσου της πλαστικής στην ημιστερεή κατάσταση.

Δείκτης υδαρότητας (LI). Η συμπεριφορά ενός εδάφους θεμελίωσης εξαρτάται από τη φυσική υγρασία σε σχέση με τα όρια Atterberg και εκφράζεται με το δείκτη υδαρότητας.

$$LI = \frac{m - PL}{PI} * 100\%.$$

Όταν $LI = 100\%$, το έδαφος βρίσκεται στο όριο υδαρότητας, ενώ όταν $LI = 0\%$, το έδαφος βρίσκεται στο όριο πλαστικότητας.

Κοκκομετρική ανάλυση

Το μέγεθος των κόκκων ενός εδάφους εξετάζεται για την ονομασία του και την ταξινόμησή του. Τα μεγέθη αυτά των κόκκων κατανέμονται κατά ομάδες, όπου τα μέρη βάρους καθεμιάς προσδιορίζονται με τη μέθοδο των κόσκινων ή με την ανάλυση με αραιόμετρο. Το όριο ανάμεσα στη χρησιμοποίηση αυτών των δύο μεθόδων βρίσκεται στους κόκκους που έχουν διάμετρο 0.075 mm (όριο άμμου - ιλύος). Έτσι αν έχουμε κόκκους με $d > 0.075 \text{ mm}$ χρησιμοποιούμε τη μέθοδο με τα κόσκινα, ενώ αν έχουμε $d < 0.075 \text{ mm}$ χρησιμοποιούμε την ανάλυση με αραιόμετρο. Αν ένα δείγμα περιέχει περισσότερο από 25% κόκκους με $d < 0.075 \text{ mm}$ τότε είναι απαραίτητη μια συνδυασμένη ανάλυση, τόσο με κόσκινα όσο και με αραιόμετρο.

Κοκκομετρική ανάλυση με την μέθοδο κοσκινίσματος

Η κοκκομετρική διαβάθμιση υπολογίζεται στο εργαστήριο με σκοπό την ταξινόμηση των εδαφών (Unified Soil Classification System (USCS) - USAE, 1953, AASHO, 1961, IAEG, 1981). Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την διαδικασία για τον προσδιορισμό της κατανομής των διαφόρων μεγεθών κόκκων σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα υλικά με τη χρησιμοποίηση πρότυπων κόσκινων τετραγωνικών οπών (AASHO T-27/66, ASTM C-136). Η κοκκομετρική διαβάθμιση παριστάνεται με την κοκκομετρική καμπύλη. Από την κοκκομετρική καμπύλη μπορούμε να διακρίνουμε τον κύριο τύπο του εδάφους και τις υπάρχουσες προσμίξεις.

Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για τον ποσοτικό προσδιορισμό της κατά μέγεθος κατανομής των κόκκων στα λεπτόκοκκα εδάφη (AASHO T-88/78, ASTM D-422/72). Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιείται αραιόμετρο (ή υδρόμετρο ή πυκνόμετρο) τύπου 152H. Η κλίμακά του έχει υποδιαίρεσεις από 0 - 60 gr/lt και η βαθμονόμησή του έγινε με βάση την παραδοχή ότι το αποσταγμένο νερό έχει ειδικό βάρος 1.00 στους 20°C και ότι το ειδικό βάρος του εδάφους που βρίσκεται σε διασπορά είναι 2.65 gr/cm³. Το αραιόμετρο μετράει την πυκνότητα του εν αιώρηση στερεού υλικού μέσα σ' ένα υγρό μέσο. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό σώμα και να στέλεχος. Το στέλεχος έχει υποδιαίρεσεις που οι τιμές τους αυξάνονται από το ανώτερο προς το κατώτερο τμήμα του στελέχους. Όταν η συγκέντρωση του εν αιώρηση υλικού είναι μεγάλη, τότε το στέλεχος του αραιόμετρου συναντά την επιφάνεια του νερού μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο στο κατώτερο τμήμα του, δηλαδή δίνει μεγάλες τιμές πυκνότητας. Αντίθετα όταν η συγκέντρωση είναι μικρή τότε το στέλεχος βυθίζεται μέσα στο αιώρημα και αυτό μας δείχνει μικρές τιμές πυκνότητας. Η ταχύτητα καθίζησης των κόκκων μέσα στο νερό του ογκομετρικού κυλίνδρου εξαρτάται από το μέγεθός τους. Οι μεγάλοι κόκκοι θα καθιζήσουν στο πυθμένα του κυλίνδρου πρώτοι και οι μικροί τελευταίοι. Άρα οι διαφορές που παρατηρούνται κατά τη μέτρηση της πυκνότητας του αιωρήματος σε ορισμένα χρονικά διαστήματα δίνουν την καθίζηση των αιωρούμενων κόκκων και τελικά αποκαλύπτουν το μέγεθός τους. Τέλος, τα εδάφη χαρακτηρίζονται και ταξινομούνται με βάση τη γεωτεχνική ταξινόμηση των εδαφικών σχηματισμών USCS (Unified Soil Classification System,), σύμφωνα με τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά τους (ASTM D-2487/83).

Δοκιμή ανεμπόδιστης μοναξονικής θλίψης

Η μέθοδος αφορά τον ταχύ προσδιορισμό της ανεμπόδιστης αντοχής αδιατάρακτου συνεκτικού εδάφους κατά την εφαρμογή ενός αξονικού φορτίου. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συνεκτικότητα του εδάφους να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει τη διατήρηση της γεωμετρίας του δοκιμίου χωρίς την εφαρμογή πλευρικής πίεσεως. Η εκτέλεση της δοκιμής δεν είναι εφικτή στα μη συνεκτικά εδάφη, επειδή δεν είναι δυνατή η παρασκευή εδαφικών δοκιμίων. Με τον όρο αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη εννοούμε τη θραύση μετά από πίεση ενός δείγματος κατά μία μόνο κατακόρυφη), ενώ πλευρικά μπορεί να επεκτείνεται χωρίς κανένα εξωγενή προσδιορισμό.

Η συλλογή των δοκιμίων γίνεται επί τόπου με ειδικό δειγματολήπτη. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ειδικός εξολκέας δειγμάτων για την εξαγωγή τους από το δειγματολήπτη. Η εξαγωγή του δείγματος θα πρέπει να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του δείγματος και με διεύθυνση εξολκέσεως την ίδια με αυτή της δειγματοληψίας (AASHO T-2/60, ASTM D-75/82).

Το δοκίμιο δεν πρέπει να έχει διάμετρο μικρότερη από 33 mm ενώ η μέγιστη διάμετρος των κόκκων θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 1/10 της διαμέτρου του δοκιμίου. Ο λόγος ύψους προς τη διάμετρο του δοκιμίου θα πρέπει να είναι 2 ως 3. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δοκιμής σε ανεμπόδιστη θλίψη δίνεται στο αντίστοιχο έντυπο όπου εκτελούνται αυτοματοποιημένα όλοι οι σχετικοί υπολογισμοί καθώς και η καμπύλη του διαγράμματος τάσης-παραμόρφωσης. (AASHO T-208/70, ASTM D-2166/79)

Προσδιορισμός της βέλτιστης υγρασίας συμπύκνωσης των εδαφών με την πρότυπη μέθοδο Proctor

Με τον όρο συμπύκνωση εννοούμε την τεχνητή αύξηση της πυκνότητας του εδάφους με μηχανικά μέσα. Με την συμπύκνωση επιτυγχάνουμε αύξηση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, μείωση των καθιζήσεων και της διαπερατότητάς του. Η σημασία της διαδικασίας συμπύκνωσης έχει να κάνει με το γεγονός ότι τα συμπυκνωμένα εδάφη χρησιμοποιούνται στα τεχνικά έργα για ασφαλέστερες κατασκευές. Ο βαθμός συμπύκνωσης ενός εδάφους εκφράζεται με την ξηρή πυκνότητα του εδάφους. Επομένως μεταβολή της τιμής της ξηρής πυκνότητας μετά από συμπύκνωση, εκφράζει την μεταβολή όγκου για το ίδιο ξηρό βάρος, δηλαδή εκφράζει το βαθμό

Πτυχιακή εργασία

Σταυροπούλου Ηλιάννα

συμπύκνωσης του υλικού. Η μέγιστη συμπύκνωση, δηλαδή η μέγιστη ξηρή πυκνότητα του εδάφους επιτυγχάνεται με προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας ύδατος που ευνοεί τη μείωση της συνοχής και των τριβών μεταξύ των εδαφικών κόκκων, καθώς και της διατμητικής αντοχής του εδάφους έτσι ώστε να επιτυγχάνεται γρήγορη αναδιάταξη των κόκκων σε πυκνότερη δομή. Επομένως, αν μεταβάλλουμε την περιεκτικότητα σε νερό του εδαφικού δείγματος, διατηρώντας σταθερή την ενέργεια συμπύκνωσης (βάρος σφύρας, ύψος πτώσης, αριθμό κτύπων ανά στρώση, διατομή στρώσεων) και κάνουμε το διάγραμμα μεταβολής του ξηρού φαινόμενου βάρους γ_d σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα σε νερό m (%), τότε παίρνουμε μία καμπύλη που παρουσιάζει μία μέγιστη τιμή του γ_d για μια ορισμένη περιεκτικότητα σε νερό m , που χαρακτηρίζεται σαν βέλτιστη υγρασία m_{opt} κατά Proctor (optimum). Αν αυξήσουμε την ενέργεια συμπύκνωσης αυξάνεται και η μέγιστη τιμή του γ_d και μειώνεται η τιμή optimum της περιεκτικότητας σε νερό. Η μορφή της καμπύλης συμπύκνωσης μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Η τιμή της βέλτιστης υγρασίας αυξάνει λογαριθμικά με την αύξηση των λεπτόκοκκων στο έδαφος, ενώ εμφανίζει γενικά γραμμική σχέση με την αύξηση του ποσοστού της λεπτής άμμου.

Proctor πρότυπη μέθοδος (AASHTO T-99/74, ASTM D-698/78)

Η δοκιμή έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσης της περιεχόμενης υγρασίας και της ξηρής πυκνότητας του εδάφους με τη χρήση ενός μεταλλικού κόπανου με κυκλική διατομή διαμέτρου 50.8 ± 0.127 mm και βάρους 2.49 ± 0.01 kg που πέφτει ελεύθερα από ύψος 304.8 ± 1.524 mm από τη στάθμη του εδαφικού δοκιμίου. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε διάγραμμα ξηρού φαινόμενου βάρους - περιεκτικότητα σε νερό.

Δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται ο βαθμός στερεοποίησης και η συμπίεστικότητα εδαφικού υλικού όταν είναι πλευρικά μη παραμορφώσιμο, φορτίζεται δε και στραγγίζεται αξονικά (ASTM D-2435/80). Η καθίζηση είναι έτσι ίση με τη μεταβολή σε όγκο του δοκιμίου, δηλαδή είναι ανάλογη με τη μεταβολή του δείκτη πόρων. Οι κατακόρυφες παραμορφώσεις των εδαφών εξετάζονται στη συσκευή του οιδημέτρου η οποία αποτελείται από τη συσκευή φορτίσεως για την εφαρμογή κατακόρυφων φορτίων στο δοκίμιο, συσκευή στερεοποίησης και μηκυνσιόμετρο για την μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου κατά το στάδιο στερεοποίησης με ακρίβεια 0.0025mm.

Το δοκίμιο (ύψος: 2cm, διάμετρος: 50.8mm) συγκρατείται μέσα σε δακτύλιο, ο οποίος έχει συνδεθεί με τη βάση της συσκευής. Στην άνω και κάτω επιφάνεια του δοκιμίου προσαρμόζονται πορόλιθοι (Οι πορόλιθοι είναι υλικά που δεν διαβρώνονται από την υγρασία και το πάχος τους θα πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μην θραύονται κατά τη δοκιμή). Η συσκευή θα πρέπει να επιτρέψει συνεχή κορεσμό του δοκιμίου, επιβολή κατακόρυφου φορτίου και μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου.

Με την δοκιμή μονοδιάστατης στερεοποίησης υπολογίζονται όλοι οι απαραίτητοι συντελεστές της δοκιμής (συντελεστής συμπίεστικότητας, συντελεστής στερεοποίησης, συντελεστής υδροπερατότητας, συντελεστής μεταβολής όγκου κτλ.) και κατασκευάζονται τα διαγράμματα χρόνου - καθίζησης, λόγου κενών - κατακόρυφης τάσης και συντελεστή στερεοποίησης - κατακόρυφης τάσης.

Άμεση διάτμηση

⁹Τύποι δοκιμών

Στη δοκιμή της άμεσης διάτμησης το έδαφος οδηγείται σε θραύση με την επιβολή μετακίνησης του ενός τμήματος του υποδοχέα που περιέχει το δοκίμιο σε σχέση με το άλλο (παράλληλα στη διεπαφή τους). Έτσι το έδαφος θραύεται κατά μια προκαθορισμένη επίπεδη επιφάνεια που λέγεται επιφάνεια διάτμησης. Κατά τη δοκιμή αυτή μετριέται η μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους σε σχέση με τη μεταβολή σταθερής ορθής τάσης που εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια διάτμησης. Η δοκιμή εφαρμόζεται σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη.

Υπάρχουν τρεις τύποι δοκιμών:

- Ταχεία δοκιμή μη στερεοποιημένου δοκιμίου
- Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου
- Βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου

Οι δύο πρώτοι τύποι της δοκιμής εφαρμόζονται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου εξετάζεται η θραύση του εδάφους λόγω επιβολής φορτίου σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα έτσι ώστε να μην είναι δυνατή η εκτόνωση της πίεσης του νερού των πόρων που δημιουργείται λόγω της φόρτισης (στάδιο αμέσως μετά την κατασκευή). Ο τρίτος τύπος της δοκιμής εφαρμόζεται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου το έδαφος οδηγείται σε θραύση αργά ώστε να είναι δυνατή η εκτόνωση της πίεσης του νερού των πόρων (στάδιο λειτουργίας). Από τους τρεις τύπους των δοκιμών της άμεσης διάτμησης, ο πιο αντιπροσωπευτικός τύπος είναι η βραδεία δοκιμή σε στερεοποιημένα δοκίμια, γι' αυτό και η εκτέλεση της δοκιμής αυτής συνιστάται, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τύπους που πρέπει να αποφεύγονται.

Ταχεία δοκιμή χωρίς προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου

Σ' αυτό το τύπο της δοκιμής μετά την επιβολή της ορθής τάσης αρχίζει αμέσως η διάτμηση χωρίς να προηγηθεί στερεοποίηση του δοκιμίου. Η ταχύτητα της επιβαλλόμενης παραμόρφωσης θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η ολική διάρκεια της δοκιμής να μην ξεπερνά τα 15 με 20 min. Ο ρυθμός της επιβαλλόμενης διατμητικής παραμόρφωσης θα είναι της τάξεως των 0.5 ως 2% της διαμέτρου του δοκιμίου ανά λεπτό (min). Η διάτμηση του δοκιμίου συνεχίζεται μέχρις ότου η διατμητική τάση αποκτήσει σταθερή τιμή για αυξανόμενη διατμητική παραμόρφωση ή μέχρις ότου η διατμητική παραμόρφωση φτάσει το 10% της αρχικής διαμέτρου του δοκιμίου.

Ταχεία δοκιμή με προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου

Σ' αυτό το τύπο της δοκιμής γίνεται προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου υπό πίεση ίση με την ορθή τάση που θα εφαρμόζεται στο δοκίμιο κατά τη διάτμηση. Αμέσως μετά την τοποθέτηση του δοκιμίου και την εφαρμογή μιας μικρής αρχικής ορθής πίεσης, γεμίζεται με νερό ο υποδοχέας γύρω από το δακτύλιο του δοκιμίου και η στάθμη του διατηρείται σταθερή σ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής ώστε το δοκίμιο να είναι πάντα κορεσμένο. Η στερεοποίηση του δοκιμίου γίνεται είτε σ' ένα στάδιο με την εφαρμογή της επιθυμητής ορθής τάσης, είτε σε περισσότερα στάδια, όπου η φόρτιση γίνεται κατά βαθμίδες και η κάθε βαθμίδα πίεσης παραμένει στο δοκίμιο μέχρι πλήρους στερεοποίησής του υπό την πίεση αυτή. Το δοκίμιο θεωρείται στερεοποιημένο υπό πίεση σ' όταν έχει ολοκληρωθεί η πρωτεύουσα στερεοποίησή του υπό την πίεση αυτή. Κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης του δοκιμίου μετράται η μεταβολή του ύψους του δοκιμίου σε συνάρτηση με το χρόνο. Σχεδιάζεται η καμπύλη «παραμόρφωση - λογαρίθμου χρόνου».

⁹ Κούκης & Σαμπατακάκης, 2002, Χρηστάρας, 2002

Βραδεία δοκιμή με προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου

Μετά τη στερεοποίηση του δοκιμίου υπό την επιθυμητή ορθή τάση γίνεται διάτμηση του δοκιμίου με βραδεία επιβολή της διατμητικής παραμόρφωσης, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πλήρης εκτόνωση των πιέσεων του νερού των πόρων.

Για την εκλογή της κατάλληλης ταχύτητας (ρυθμού), επιβολής του φορτίου ή της παραμορφώσεως εκτιμάται ο απαιτούμενος χρόνος θραύσης από τη σχέση: $T = 50 \times t_{50}$

όπου:

t_{50} = ο απαιτούμενος χρόνος για 50% βαθμό στερεοποίησης του δοκιμίου.

Ο ρυθμός της παραμόρφωσης προσδιορίζεται με προσέγγιση διαιρώντας την εκτιμώμενη διατμητική παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη μέγιστη διατμητική τάση δια του χρόνου T. Η διάτμηση του δοκιμίου συνεχίζεται με το ρυθμό αυτό μέχρις ότου η διατμητική παραμόρφωση φτάσει το 10% της αρχικής διαμέτρου του δοκιμίου. Μετά το τέλος της δοκιμής, το δοκίμιο αφαιρείται από το δακτύλιο, ξηραίνεται και ζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

Για τον προσδιορισμό της συνοχής (c) και της γωνίας εσωτερικής τριβής (φ) από δοκιμή άμεσης διάτμησης απαιτούνται τουλάχιστον 3 δοκιμές. Από κάθε δοκιμή προκύπτει ένα ζεύγος τιμών τ, σ (τ = μέγιστη διατμητική τάση, σ = εφαρμοζόμενη ορθή τάση κατά τη διάτμηση του δοκιμίου), οι οποίες παρουσιάζονται σ' ένα αντίστοιχο διάγραμμα.

Τριαξονική Δοκιμή (ASTM D-2850/82, E 105-86, Budhu, 1999)

¹⁰Η δοκιμή αυτή καλύπτει τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής κυλινδρικών δοκιμών συνεκτικών εδαφών, σε αδιατάρακτη κατάσταση, ή ύστερα από αναζύμωση. Η εφαρμογή του κατακόρυφου φορτίου, που εξασκείται κατά τον άξονα του δοκιμίου, που υπόκειται ταυτόχρονα σε μια πλευρική πίεση, ελέγχεται με τη μέτρηση των παραμορφώσεων του δοκιμίου και των τάσεων που εξασκούνται σ' αυτό. Η δοκιμή αυτή παρέχει τα δεδομένα για τον προσδιορισμό των διατμητικών ιδιοτήτων και της σχέσεως τάσης - παραμόρφωσης των εδαφών. Είναι η πλέον αντιπροσωπευτική και αξιόπιστη δοκιμή διερεύνησης της συμπεριφοράς του εδάφους που υπόκειται σε εντατικές καταστάσεις.

Είδη τριαξονικών δοκιμών

Η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι συνάρτηση όχι μόνο του μεγέθους της πίεσης που εξασκείται σ' αυτό και της πίεσης του νερού των πόρων, αλλά εξαρτάται και από την εντατική κατάσταση που βρίσκονταν το έδαφος πριν από τη δοκιμή του. Από τη συμπεριφορά αυτή της διατμητικής αντοχής προέκυψε η ανάγκη ανάπτυξης μιας σειράς από τριαξονικές δοκιμές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

Ταχεία δοκιμή χωρίς στερεοποίηση - χωρίς αποστράγγιση (UU)

Κατά την πιο πάνω δοκιμή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων κατά τη θραύση ενός κυλινδρικού δοκιμίου εδάφους όπου δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων του δοκιμίου κατά την τριαξονική φόρτιση. Στην περίπτωση αυτή η περιβάλλουσα προκύπτει θεωρητικά παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα και τα μηχανικά χαρακτηριστικά έχουν $\phi = \phi_u \rightarrow 0$ και $c = c_u$. Κατά τη δοκιμή αυτή δεν μετράται η πίεση του νερού των πόρων. Αν ζητηθούν μετρήσεις της πίεσης του νερού των πόρων, η διάρκεια της δοκιμής αυξάνει ώστε η πίεση των πόρων να είναι περίπου η ίδια σε όλο το ύψος του δοκιμίου. Η τριαξονική UU δοκιμή πρακτικά συμπίπτει με τη δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης

¹⁰ Κούκης & Σαμπατακάκης, 2002, Χρηστάρας, 2002

στην οποία δεν υπάρχει διάταξη επιβολής πλευρικής τάσης σ_3 . Κατά τη δοκιμή ανεμπόδιστη θλίψης μετράται άμεσα η αντίστοιχη αντοχή του δοκιμίου σ και υπολογίζεται εύκολα η αστράγγιστη αντοχή c ή $\sigma/2$. Η κατάσταση αυτή για τις περιπτώσεις των κανονικά στερεοποιημένων και ελαφρά υπερστερεοποιημένων συνεκτικών εδαφών, κατά κανόνα είναι η πιο δυσμενής και αντιστοιχεί στη πράξη με περιπτώσεις στις οποίες μεγάλο τμήμα του συνολικού φορτίου προσάγεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

Δοκιμή με στερεοποίηση - χωρίς αποστράγγιση με μέτρηση της πίεσης του νερού των πόρων(CUPP)

Κατά τη δοκιμή αυτή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων σ' ένα προστεροποιημένο κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, όπου κατά την τριαξονική φόρτίσή του δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων. Κατά τη δοκιμή μετράται η πίεση του νερού των πόρων. Κατά το στάδιο της διάτμησης, η ταχύτητα φόρτίσής του θα πρέπει να είναι αρκετά βραδεία ώστε η πίεση των πόρων να είναι περίπου ίδια σε όλο το ύψος του δοκιμίου. Η τύπου CUPP δοκιμή φαίνεται να αντιστοιχεί στην πράξη σε αργιλικά εδάφη, στις περιπτώσεις που το κινητό φορτίο είναι σχετικά σημαντικό. Για την περίπτωση εδαφών που δεν αποστραγγίζονται οι κύκλοι του Mohr που χαράζονται αντιστοιχούν σε ενεργές τάσεις και οι παράμετροι που υπολογίζονται είναι οι c' , ϕ' .

Δοκιμή με στερεοποίηση και με αποστράγγιση (CD)

Κατά τη δοκιμή αυτή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων σ' ένα κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, όπου κατά την τριαξονική φόρτιση μετά από την στερεοποίηση λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων του δοκιμίου. Κατά το στάδιο της διάτμησης, η ταχύτητα φόρτισης του δοκιμίου θα πρέπει να είναι τόσο βραδεία, ώστε πρακτικά να μην αναπτύσσεται καμία πίεση του νερού των πόρων στο δοκίμιο ($u=0$).

Η δοκιμή αυτού του τύπου αντιστοιχεί στα αμμώδη εδάφη κάτω από οποιεσδήποτε πραγματικές συνθήκες (επειδή οδηγεί σε $c=0$ και $\phi \neq 0$), ενώ για τα συνεκτικά εδάφη αντιστοιχεί γενικά στην περίπτωση που ο χρόνος κατασκευής είναι αργός και το κινητό φορτίο είναι μικρό.

Ο χρόνος στερεοποίησης για τις δοκιμές CUPP και CD διαρκεί είτε μέχρι πλήρους αποστράγγισης του δοκιμίου, για το δεδομένο φορτίο προστεροποίησης, που ελέγχεται με τη βοήθεια μιας μπιουρέτας, όπου μαζεύεται το νερό αποστράγγισης, είτε μέχρι μηδενισμού της πίεσης του νερού των πόρων του δοκιμίου.

Οι εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής εκτελούνται σύμφωνα με τις ισχύουσες ελληνικές προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ (Ε103-84) και τις αντίστοιχες οδηγίες και προδιαγραφές της A.S.T.M. (American Society for testing and Materials), της I.S.R.M. (Διεθνής Ένωση Βραχομηχανικής) και της B.S. (Βρετανικά Πρότυπα).

Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας (water content) (σύμφωνα με την προδιαγραφή ΒΡΑΧ. Ε 103-84, παρ. 1 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D2216-80 και την ISRM, 1981). Είναι η ποσότητα του νερού που περιέχει ένα πέτρωμα στο φυσικό του περιβάλλον. Μετρείται σε %.

Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας σύμφωνα με την προδιαγραφή ΒΡΑΧ. Ε 103-84, παρ. 2 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D4404-84 και την ISRM, 1981. Πορώδες (porosity) ονομάζεται ο λόγος του όγκου των κενών V_v ενός δείγματος δια του συνολικού του όγκου

$$V_n = \frac{V_v}{V} (\%).$$

Οι υπολογισμοί των παραπάνω φυσικών παραμέτρων φαίνονται στο αντίστοιχο έντυπο των αποτελεσμάτων της δοκιμής.

Πτυχιακή εργασία

Σταυροπούλου Ηλιάννα

Ξηρό φαινόμενο βάρος (dry bulk gravity, γ , ASTM C97-47). Υπολογίζεται, ως ο λόγος του βάρους προς τον ολικό όγκο του δοκιμίου, μετά από ξήρανση 24 ωρών στους 110°C.

Φυσική υγρασία Απορροφητικότητα (absorption, ΕΛΟΤ 447, ASTM C 97-47). Υπολογίζεται ως ποσοστό του ξηρού φαινόμενου βάρους, μετά από 24ωρο εμποτισμό σε νερό, σε συνθήκες κενού. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ 583, η μέγιστη επιτρεπόμενη απορροφητικότητα για υλικά εξωτερικών επενδύσεων είναι 0.5%. Ο λόγος του όγκου των πόρων που είναι γεμάτοι με νερό προς τον ολικό όγκο των πόρων ονομάζεται βαθμός υδατοκορεσμού (degree of saturation).

Αντοχή σε επίδραση θειικών αλάτων (Na_2SO_4) – Δοκιμή υγείας (soundness test, DIN 2111). Η δοκιμή αυτή γίνεται με προσβολή θειικών αλάτων επί των δοκιμίων (διάλυμα 670 gr $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ gr Na_2SO_4 σε 1lt νερό).

Αντοχή πετρώματος (strength of rock). Αναφέρεται στην αντοχή του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη (UCS, ΒΡΑΧ. Ε103-84, παρ. 4 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D2938-95 και την ISRM, 1981). Υπολογίζεται σε κυλινδρικά δοκίμια πυρήνων με διάμετρο 2 in και ύψος διπλάσιο της διαμέτρου ή σε κυβικά δοκίμια διαστάσεων 5x5x5 cm (ή τουλάχιστον 4 cm) με καλά μορφοποιημένες παράλληλες έδρες. Η αντοχή υπολογίζεται ως ο λόγος της εφαρμοζόμενης δύναμης θραύσης προς την επιφάνεια εφαρμογής της δύναμης. Επίσης προσδιορίζεται η μονοαξονική θλίψη κυλινδρικών δοκιμίων, με παράλληλη μέτρηση του μέτρου ελαστικότητας E και του λόγου Poisson ν , σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΒΡΑΧ. Ε103-84, παρ. 4 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D3148-93 και την ISRM, 1981.

Αντοχή σε σημειακή φόρτιση (point load test) κυλινδρικών δοκιμίων σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΒΡΑΧ. Ε103-84, παρ. 5 του ΥΠΕΧΩΔΕ, ASTM D 5731-95 και ISRM (1972, 1985). Πρόκειται για μια απλή μέθοδο εφελκυσμού, όπου η απαιτούμενη θλιπτική δύναμη εφαρμόζεται σημειακά, σε αντιδιαμετρικά σημεία, επί της κυλινδρικής επιφάνειας των δοκιμίων. Δεν απαιτεί κατάλληλα διαμορφωμένα δοκίμια και για το λόγο αυτό η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της αντοχής σε θλίψη, δοκιμίων που για διάφορους λόγους δε μπορούσαν να μορφοποιηθούν κατάλληλα. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται ο συντελεστής $I_s = P/d_2$, όπου P είναι το φορτίο και d είναι η διάμετρος το δοκιμίου μετρούμενη ως απόσταση μεταξύ των δύο αντιδιαμετρικών σημείων εφαρμογής της δύναμης και κατόπιν ο δείκτης σημειακής φόρτισης $I_{s(50)}$ και η μονοαξονική αντοχή, λαμβάνοντας υπόψη την προβλεπόμενη (κατά ISRM) διόρθωση (f) της διαμέτρου των δοκιμίων, σύμφωνα με τη σχέση $f = (D_e/50) \cdot 0.45$. Έτσι, $I_{s(50)} = f \cdot I_s$ και $\sigma_c = 22 I_{s(50)}$ (κατά ISRM, 1985).

Αντοχή σε εφελκυσμό [Tensile strength, Brasilian Test - Συνοχή (cohesion, c) και γωνία εσωτερικής τριβής (angle of internal friction, ϕ)]. Υπολογίζονται με τη μέθοδο "Brasilian" (ASTM D3967-86 και ISRM, 1981). Η μέθοδος αναφέρεται στη θραύση ενός κυλινδρικού δοκιμίου κατά τη γενέτειρα. Επομένως, η εφελκυστική αντοχή του δοκιμίου υπολογίζεται από τη σχέση $\sigma_t = 2P/\pi LD$, όπου P είναι η εφαρμοζόμενη δύναμη θραύσης, D είναι το πάχος του δοκιμίου και L είναι του μήκος του. Έτσι με την κατασκευή των κύκλων του Mohr υπολογίζονται τα c (Mpa) και ϕ (°).

Ταχύτητα υπερήχων (V_p , ASTM 597, ASTM D 2845-83). Πρόκειται για αξιόπιστη μέθοδο υπολογισμού τόσο των δυναμικών παραμέτρων ελαστικότητας, όσο και του βαθμού αποσάθρωσης των υλικών. Στις δοκιμές υπολογίζεται ο χρόνος διέλευσης ενός υπερηχητικού παλμού συχνότητας 54 kHz μέσω των δοκιμίων, με τοποθέτηση ειδικών ακροδεκτών (transducers) επί των εκατέρωθεν παράλληλων εδρών των δοκιμίων. Με τη μέθοδο αυτή είναι δυνατός ο υπολογισμός τόσο των

ελαστικών παραμέτρων (Young modulus, Poisson's ratio, shear modulus) όσο και του βάθους αποσάθρωσης επί της επιφάνειας ενός βραχώδους υλικού.

Δοκιμές με το σφυρί Schmidt (Schmidt Rebound Hammer Test). Το σφυρί αναπήδησης Schmidt είναι μία φορητή συσκευή η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ύπαιθρο για την επί τόπου εκτίμηση της μοναξονικής θλιπτικής αντοχής και του μέτρου ελαστικότητας από τις επιφάνειες των πετρωμάτων (ΒΡΑΧ. Ε103-84, παρ. 7 του ΥΠΕΧΩΔΕ και την ISRM, 1981). Σχεδιάστηκε για να εκτελεί άμεσες επί τόπου δοκιμές σε μπετόν και σε επιφάνειες πετρώματος χωρίς να τις καταστρέφει. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να προκαλέσει ρωγματώσεις των δοκιμών που έχουν αντοχή μικρότερη των 50 MPa. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο ότι η μετρούμενη αναπήδηση της ατσάλινης μάζας του εμβόλου, όταν προσκρούει με ενέργεια 0.075kgf/m, πάνω στην επιφάνεια του πετρώματος είναι ανάλογη της σκληρότητας του υλικού, η οποία σχετίζεται γραμμικά με την αντοχή του (Deere and Miller, 1966). Έχει προταθεί ότι η αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη μπορεί να εκτιμηθεί πολλαπλασιάζοντας την τιμή του σφυριού Schmidt (SHV) με το ξηρό φαινόμενο βάρος του δοκιμίου (Geological Society, 1977). Γενικά, ωστόσο, έχει υπολογιστεί (Geological Society, 1977) ότι υπάρχει μόνο 75% πιθανότητα ο εργαστηριακός προσδιορισμός της μοναξονικής θλιπτικής αντοχής να συμπίπτει με την αντοχή που προέρχεται από τα διαγράμματα συσχέτισης που πρότειναν οι Deere και Miller (1966). Έτσι η δοκιμή με το σφυρί Schmidt θεωρείται μικρότερης ακρίβειας δοκιμή προσδιορισμού της αντοχής του πετρώματος απ' ότι η δοκιμή σημειακής φόρτισης.

3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

3.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Στόχοι του γεω-ερευνητικού προγράμματος

Το γεω-ερευνητικό πρόγραμμα διερευνά και εκτιμά τις συνθήκες του εδάφους πριν ξεκινήσει ο τελικός σχεδιασμός και κατασκευή ενός τεχνικού έργου. Οι στόχοι ενός γεω-ερευνητικού προγράμματος ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος και τη φύση του υπό μελέτη - κατασκευή τεχνικού έργου αλλά συνήθως περιλαμβάνουν ένα από τα παρακάτω.

- Καταλληλότητα της θέσης για το προτεινόμενο έργο
- Επιτόπου συνθήκες και ιδιότητες εδάφους
- Πιθανά προβλήματα στο έδαφος ή/και αστάθειες

Σχεδιασμός του προγράμματος

Η Έκθεση του Προγράμματος των γεωτεχνικών ερευνών περιλαμβάνει την περιγραφή των διαθέσιμων αποτελεσμάτων ερευνών στην εξεταζόμενη περιοχή και την λεπτομερή περιγραφή και αιτιολόγηση των προτεινόμενων ερευνών ανά είδος έργου. Αναλυτικότερα καλύπτει τα ακόλουθα:

- Αναγκαιότητα διάνοιξης οδών προσπέλασης
- Θέσεις, είδος, διάμετρος και βάθη ερευνητικών διανοίξεων
- Απαιτήσεις δειγματοληψίας
- Απαιτήσεις εγκατάστασης οργάνων και πρόγραμμα παρακολούθησης αυτών
- Επί τόπου δοκιμές (θέσεις, είδος, πυκνότητα εκτέλεσης δοκιμών κ.τ.λ.)
- Ενδεικτικό πρόγραμμα εργαστηριακών δοκιμών
- Προδιαγραφές εκτέλεσης των προτεινόμενων ερευνών
- Οριζοντιογραφία με τις θέσεις όλων των υφισταμένων και προτεινόμενων σημείων έρευνας καθώς και το είδος αυτών
- Προμέτρηση, Προϋπολογισμό και Χρονοδιάγραμμα των ερευνών

Οι θέσεις των ερευνητικών εργασιών θα πρέπει να είναι τέτοιες που να μπορούν να αποδώσουν ικανοποιητικά την γεωλογική δομή της υπό μελέτη περιοχής, τα μηχανικά χαρακτηριστικά των γεωυλικών και την κατάσταση των υπογείων νερών. Ανάλογα με τα αποτελέσματα της γεωλογικής αναγνώρισης αποφασίζεται το είδος των ερευνών που θα εκτελεστούν.

Τα στοιχεία του προγράμματος των γεωτεχνικών ερευνών μπορούν να τροποποιηθούν κατά την κρίση του Μελετητή ανάλογα με την ομοιογένεια ή την μεταβλητότητα των γεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών τόσο κατά το στάδιο του προγραμματισμού όσο και κατά τη διάρκεια της εκτελούμενης έρευνας κατόπιν εγκρίσεως του Κύριου του Έργου.

3.2 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΣΕ ΘΕΣΕΙΣ ΟΡΥΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

¹¹Οι έρευνες στις θέσεις ορυγμάτων γίνονται με εκτέλεση ερευνητικών γεωτρήσεων ή φρεάτων με σκοπό τον καθορισμό της κλίσης των πρηνών, της εκσκαψιμότητας των πετρωμάτων, της καταλληλότητας των προϊόντων εκσκαφής για την κατασκευή επιχωμάτων, της τυχόν διογκωσιμότητας των συναντώμενων εδαφών και της διαστασιολόγησης του οδοστρώματος ύστερα από κατάταξη των συναντώμενων εδαφών της υποκείμενης στρώσης κάτω από το οδόστρωμα για οδικά έργα.

Ως ελάχιστες θέσεις ερευνών θεωρούνται οι ακόλουθες:

Υψηλά βραχώδη ή γαιώδη ορύγματα (ύψους πρηνούς $h \geq 10.0$ m): μία θέση έρευνας ανά 500 m σε επιλεγμένη διατομή. Ανά θέση έρευνας εκτελούνται δύο δειγματοληπτικές γεωτρήσεις εκ των οποίων η μία σε θέση που θα είναι κοντά στο μεγαλύτερο ύψος του ορύγματος (φρύδι) και η άλλη στην κρισιμότερη θέση από την πλευρά είτε της γεωμετρίας είτε της γεωλογίας, εκτός εάν τα στοιχεία που αναμένονται να ληφθούν από προϋπάρχουσες έρευνες ή εμφανίσεις ή υφιστάμενες τομές καλύπτουν την έρευνα στη θέση αυτής της γεώτρησης.

Το ελάχιστο βάθος γεώτρησης (L) θα είναι ίσο με το ύψος (h) της κατακόρυφης απόστασης της κεφαλής της από τον πυθμένα της εκσκαφής αυξημένο κατά 3.0 m ($L \geq h+3.00$ m) για τα βραχώδη ορύγματα και αυξημένο κατά το 1/3 του h για γαιώδη πρηνή ($L \sim h+h/3$).

Το είδος και η έκταση των επί τόπου και εργαστηριακών δοκιμών εξαρτώνται από τη φύση των εδαφών και το είδος των δειγμάτων.

3.3 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Οι έρευνες θεμελίωσης τεχνικών έργων νπροβλέπονται σε γέφυρες, σε ορισμένους οχετούς και σε τοίχους αντιστήριξης. Περιλαμβάνουν την εκτέλεση ερευνητικών γεωτρήσεων, επί τόπου δοκιμών (π.χ. στατικές πενετρομετρήσεις, πρεσσιομετρήσεις, ντιλατομετρήσεις) καθώς και διασκοπήσεων με διατρητικό φορείο (διατρήσεις με Wagon Drill).

Η πυκνότητα των επί τόπου και εργαστηριακών δοκιμών στις παραπάνω γεωτρήσεις είναι τέτοια ώστε να αποδίδεται με στατιστική αξιοπιστία η εικόνα της εδαφικής τομής με τα γεωτεχνικά της χαρακτηριστικά σε συσχετισμό και με το στατικό μοντέλο του εξεταζόμενου τεχνικού έργου.

Σε περίπτωση θεμελίωσης τεχνικού σε χαλαρά κορεσμένα κοκκώδη εδάφη, ενδεχομένως ρευστοποιήσιμα, πραγματοποιούνται δοκιμές στατικής πενετρομέτρησης.

Σε θέσεις βάθρων γεφυρών που κατασκευάζονται σε ασβεστολιθικά πετρώματα ή σε άλλες θέσεις για τις οποίες υπάρχουν υπόνοιες ότι μπορεί να παρουσιάζονται έγκοιλα θα γίνονται, επιπρόσθετα των γεωτρήσεων, και διατρήσεις με WAGON DRILL. Οι γεωτρήσεις και διατρήσεις διατάσσονται με τρόπο ώστε να γίνεται μεγαλύτερη συλλογή στοιχείων.

3.4 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ - ΓΕΦΥΡΕΣ

Ως ελάχιστες θέσεις ερευνών θεωρούνται οι ακόλουθες:

Για γέφυρες με άνοιγμα $6.0 \text{ m} \leq S \leq 8.0 \text{ m}$ προβλέπεται μια θέση έρευνας

Για γέφυρες με άνοιγμα $S > 8.0 \text{ m}$ προβλέπεται μια θέση έρευνας ανά βάθρο γέφυρας.

Ως ελάχιστο βάθος έρευνας θεωρείται:

11 Σχεδιασμός - Πρόγραμμα Γεωτεχνικών ερευνών, Οδηγία Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) 11 - Άρθρο 2b

Επιφανειακή θεμελίωση: κάτω από τη στάθμη έδρασης επιφανειακής θεμελίωσης το βάθος της έρευνας είναι ίσο με 15 m (και τουλάχιστον 2B όπου B το πλάτος του θεμελίου) για γαιώδεις σχηματισμούς ή 5.0 m για βραχώδεις σχηματισμούς. Για την περίπτωση βραχώδων σχηματισμών με επικάλυψη αποσαθρωμένου μανδύα, το παραπάνω ελάχιστο βάθος έρευνας από τη στάθμη έδρασης επιφανειακής θεμελίωσης είναι ίσο προς το πάχος του αποσαθρωμένου μανδύα και επί πλέον 5.0 m διάτρησης βραχώδους υποβάθρου.

Θεμελίωση με πασσάλους: κάτω από την κατώτερη πιθανή στάθμη έδρασης των πασσάλων (βαθιάς θεμελίωσης) το βάθος έρευνας θα είναι ίσο με 5 m για γαιώδεις σχηματισμούς ή το πάχος της εδαφικής στρώσης και επί πλέον 5.0 m διάτρησης του βραχώδους υποβάθρου.

Ως απολύτως ελάχιστο βάθος έρευνας ορίζεται 10.0 m από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους στη θέση του χαμηλότερου σημείου του τοπογραφικού αναγλύφου στην περιοχή του αντίστοιχου βάθρου.

3.5 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ - ΟΧΕΤΟΙ

Ως ενδεικτικές θέσεις ερευνών θεωρούνται οι ακόλουθες:

Για οχετούς με άνοιγμα μεγαλύτερο ή ίσο προς 3.0 m προβλέπεται μία θέση έρευνας στο τμήμα με το μεγαλύτερο ύψος επίχωσης.

Ως ελάχιστο βάθος έρευνας για γαιώδεις σχηματισμούς τίθεται 1.5 φορά το μέγιστο ύψος επίχωσης μεταξύ της στάθμης της ερυθράς και του φυσικού εδάφους (κοίτης) και σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον 10.0 m.

Σε περίπτωση συνάντησης βραχώδους σχηματισμού, το ελάχιστο βάθος γεώτρησης μπορεί να περιορισθεί στην διάτρηση του μανδύα με ελάχιστη διείδυση στο βραχώδες υπόβαθρο ίση προς 5.0 m.

3.6 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ - ΤΟΙΧΟΙ

Ως ελάχιστες θέσεις ερευνών θεωρούνται οι ακόλουθες:

Για τοίχους με ολικό ύψος (ανωδομή και επιφανειακή θεμελίωση) μεγαλύτερο από 6.0 m προβλέπεται μια θέση έρευνας ανά 100 m μήκους τοίχου.

Ως ελάχιστο βάθος έρευνας για γαιώδεις σχηματισμούς τίθεται ίσο με 1.5 φορά το ολικό ύψος του τοίχου κάτω από την στάθμη θεμελίωσης και σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον 10.0 m. Σε περίπτωση συνάντησης βραχώδους σχηματισμού, το ελάχιστο βάθος γεώτρησης μπορεί να περιορισθεί στην διάτρηση του μανδύα με ελάχιστη διείδυση στο βραχώδες υπόβαθρο ίση προς 5.0 m.

3.7 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ - ΠΑΣΣΑΛΟΤΟΙΧΟΙ / ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ

Ως ελάχιστες θέσεις ερευνών θεωρούνται οι ακόλουθες:

Για τοίχους από πασσάλους ή θεμελιωμένους σε πασσάλους ή για διαφράγματα, ανεξάρτητα από το ύψος τους, προβλέπεται μία θέση έρευνας ανά 75 m μήκους τοίχου (ή διαφράγματος) και κατ' ελάχιστο δύο γεωτρήσεις ανά τοίχο.

Ως ελάχιστο βάθος έρευνας θεωρείται:

- Γαιώδεις σχηματισμοί: κάτω από το ελεύθερο ύψος, το βάθος της έρευνας είναι ίσο με 2 φορές το ελεύθερο ύψος και τουλάχιστον 10 m. Σε περίπτωση συνάντησης βραχώδους σχηματισμού, το ελάχιστο βάθος γεώτρησης μπορεί να περιορισθεί με ελάχιστη διείδυση στο βραχώδες υπόβαθρο ίση προς 5.0 m.

- Βραχύδεις σχηματισμοί: κάτω από το ελεύθερο ύψος, το βάθος της έρευνας είναι ίσο με 1.5 φορές το ελεύθερο ύψος και τουλάχιστον 5.0 m.

3.8 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ - ΥΠΟΓΕΙΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

Σήραγγες με διάτρηση

Σκοπός των γεωτεχνικών ερευνών είναι ο καθορισμός των γεωλογικών συνθηκών καθώς και των γεωτεχνικών παραμέτρων μηχανικής συμπεριφοράς των σχηματισμών της περιοχής της σήραγγας. Οι γεωτεχνικές έρευνες περιλαμβάνουν γεωτρήσεις και όταν απαιτείται εκτελούνται συμπληρωματικά ερευνητικά φρέατα και στοές. Μέσω των ερευνητικών εργασιών, εκτελούνται επί τόπου δοκιμές και λαμβάνονται δείγματα, επί των οποίων εκτελούνται οι δοκιμές για τον προσδιορισμό των γεωτεχνικών παραμέτρων που είναι αναγκαίες για τη διαστασιολόγηση και εκτέλεση των έργων.

Ως ελάχιστες έρευνες θεωρούνται οι ακόλουθες:

Σε κάθε στόμιο εκτελούνται δύο δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και ενδιάμεσα 1 δειγματοληπτική γεώτρηση ανά 500 m σήραγγας (ελάχιστος αριθμός 1 γεώτρηση) κατά μήκος του άξονα της σήραγγας που θα διατηρηθεί. Ο αριθμός των γεωτρήσεων είναι ικανός ώστε να προσδιορίζεται η στρωματογραφία στην περιοχή κατά μήκος της χάραξης της σήραγγας. Οι γεωτρήσεις εκτείνονται γενικά σε βάθος τουλάχιστον ίσο με μία (ισοδύναμη) διάμετρο, της εγκάρσιας τομής της σήραγγας, κάτω από την αναμενόμενη βαθύτερη εκσκαφή του πυθμένα. Αν απαιτείται, ορισμένες γεωτρήσεις μπορεί να είναι κεκλιμένες,.

Σήραγγες με εκσκαφή και επανεπίχωση

Οι έρευνες σήραγγων με εκσκαφή και επανεπίχωση γίνονται με εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και ερευνητικών φρεάτων με σκοπό την επιλογή των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού, τον καθορισμό της κλίσης των προσωρινών πρανών εκσκαφών και την καταλληλότητα των υλικών εκσκαφής έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν για την επανεπίχωση.

Ως ελάχιστες έρευνες θεωρούνται οι ακόλουθες:

- Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις ανά 50 m σήραγγας και βάθος $L = 2 \times H$ όπου H το ύψος του διαμορφωμένου πρανού της προσωρινής εκσκαφής.
- Σε επιμήκεις σήραγγες με εκσκαφή και επανεπίχωση είναι απαραίτητο να ελέγχονται διατομές με 2 γεωτρήσεις ανά διατομή. Οι διατομές αυτές είναι τουλάχιστον μία ανά 100 m.
- Ερευνητικά φρέατα ανά 50 m υπόγειου έργου, βάθους 5.00 m.

3.9 ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 7: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

¹²Ο Ευρωκώδικας 7 είναι μία σειρά Ευρωπαϊκών Προτύπων, που ορίζει τις αρχές και απαιτήσεις για την ασφάλεια και λειτουργικότητα, περιγράφει τις αρχές σχεδιασμού νέων έργων και ελέγχου παλαιών και δίνει οδηγίες για θέματα αξιοπιστίας σε γεωτεχνικά θέματα που αφορούν το σχεδιασμό κτηρίων και άλλων δομημάτων πολιτικού μηχανικού. Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το Πρότυπο EN 1990: Βάσεις του σχεδιασμού δομημάτων. Κάθε Ευρωκώδικας αποτελείται από διάφορα μέρη (parts). Το κύριο μέρος του Ευρωκώδικα είναι το 1ο μέρος (part 1), το οποίο συχνά απαλείφεται κατά την αναφορά (π.χ. η αναφορά EC7-Part 1 ή EC7-1 συχνά γίνεται απλώς ως EC7, θεωρώντας δεδομένο πως αναφερόμαστε στο part 1 του συγκεκριμένου Ευρωκώδικα.

Συγκεκριμένα ο Ευρωκώδικας 7 αποτελείται από:

- a) EN 1997-1: Ευρωκώδικας 7 – Γεωτεχνικός Σχεδιασμός – Μέρος 1: Γενικοί Κανόνες (CEN 2004).
- b) EN 1997-2: Ευρωκώδικας 7 – Γεωτεχνικός Σχεδιασμός – Μέρος 2: Γεωτεχνικές Έρευνες και Δοκιμές (CEN 2007).

Τα περιεχόμενα του Ευρωκώδικα 7 ικανοποιούν δύο προϋποθέσεις:

1. Εναρμόνιση του τρόπου μελέτης των γεωτεχνικών έργων στην Ε.Ε. με τη σύνταξη ενός ενιαίου κώδικα σχεδιασμού, ο οποίος θα αντικαθιστούσε τους μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενους κώδικες ή μεθοδολογίες σχεδιασμού στις διάφορες χώρες μέλη της Ε.Ε. και
2. Εναρμόνιση του γεωτεχνικού με τον δομικό σχεδιασμό των έργων Πολιτικού Μηχανικού σύμφωνα με το σύστημα των Ευρωκωδίκων.

Εκτός του «Ευρωκώδικα 7: Γεωτεχνικός Σχεδιασμός», στοιχεία για τον σχεδιασμό έργων Γεωτεχνικής Μηχανικής λαμβάνονται και από άλλους Ευρωκώδικες (π.χ.αναφορικά με τα φορτία-δράσεις, τον αντισεισμικό σχεδιασμό κτλ). Οι βασικότεροι από αυτούς είναι:

- Ευρωκώδικας EN 1990 (EC0): Βάσεις σχεδιασμού
- Ευρωκώδικας EN 1991 (EC1): Δράσεις
- Ευρωκώδικας EN 1998 Part 5 (EC8-5): Αντισεισμικός σχεδιασμός θεμελιώσεων, κατασκευών αντιστηρίξεων, γεωκατασκευών.

Ο Ευρωκώδικας 7 (EC7 ή EN 1997) απαιτεί για τον Γεωτεχνικό σχεδιασμό τον έλεγχο σε δυο καταστάσεις (EC7 §2.4.7-§2.4.8):

- (1) Την Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (ULS: Ultimate Limit State): Αποφυγή δημιουργίας «δυσμενών καταστάσεων» που αφορούν υπέρβαση αντοχής κάποιου στοιχείου ή του συνόλου του έργου.
- (2) Την Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (SLS: Serviceability Limit State): Αποφυγή δημιουργίας καταστάσεων που αφορούν υπέρβαση των λειτουργικών απαιτήσεων του έργου όπως υπερβολική καθίζηση, μετακίνηση,ρηγμάτωση, παραμόρφωση κτλ.

Ο Ευρωκώδικας 7 – Μέρος 1 (EN 1997-1) είναι ένα συνοπτικό κείμενο (118 σελίδες) το οποίο εστιάζεται κυρίως στις αρχές (principles) του γεωτεχνικού σχεδιασμού των έργων Πολιτικού Μηχανικού. Αποτελεί ουσιαστικά ένα πλαίσιο κανόνων για την εναρμόνιση των μεθόδων σχεδιασμού στις χώρες της Ε.Ε. και δεν αποτελεί ένα εγχειρίδιο σχεδιασμού. Καλύπτει επίσης την

¹² Αναγνωστόπουλος Α., Καββαδάς Μ., Παπαδόπουλος Β. (2009), "Σημειώσεις για τον Ευρωκώδικα 7 (EN 1997)", Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα

εκτέλεση και τον έλεγχο των κατασκευών, ως προς το σκέλος ότι οι κατασκευές είναι σύμφωνες προς τις παραδοχές των κανόνων σχεδιασμού που περιέχει. Τέσσερις είναι οι κύριες απαιτήσεις που θα πρέπει να καλύπτει ένας Κώδικας Γεωτεχνικής Μηχανικής κατά το σχεδιασμό ενός «συνήθους γεωτεχνικού έργου»:

- Εκτίμηση των φορτίων και επιλογή των αντιπροσωπευτικών τους τιμών
- Επιλογή αντιπροσωπευτικών τιμών των εδαφικών παραμέτρων
- Επιλογή μιας αποδεκτής μεθόδου αναλύσεως του προβλήματος
- Επιλογή του αποδεκτού βαθμού ασφαλείας

Έτσι και ο Ευρωκώδικας 7-1 δίνει απαντήσεις και στις τέσσερις ανωτέρω απαιτήσεις, ικανοποιώντας επί πλέον τις απαιτήσεις των Ευρωκωδίκων 1990 και 1991 (Βάσεις Σχεδιασμού, Δράσεις), οι οποίες ισχύουν και χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τους λοιπούς Δομικούς Ευρωκώδικες (Structural Eurocodes), άρα και με τον EC7. Επιπλέον, ο Ευρωκώδικας 7-1 «εξομαλύνει» τυχόν διαφορές που υφίστανται μέχρι σήμερα ως προς την φιλοσοφία σχεδιασμού, μεταξύ των ισχυόντων κανονισμών γεωτεχνικής στις διάφορες χώρες της Ε. Ε.

Ο EN 1997-2 δίνει οδηγίες για το σχεδιασμό και την μετέπειτα ανάλυση εργαστηριακών δοκιμών και δοκιμών στην ύπαιθρο οι οποίες χρησιμοποιούνται υποστηρικτικά κατά τον γεωτεχνικό σχεδιασμό δομημάτων και άλλων έργων πολιτικού μηχανικού.

4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

4.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της γεωτεχνικής αξιολόγησης είναι η αξιολόγηση των στοιχείων της γεωτεχνικής έρευνας, συνεκτιμώντας και τα σχετικά στοιχεία από τη γεωλογική μελέτη, με σκοπό την σύνταξη του γεωτεχνικού προσομοιώματος. Η σύνταξη της έκθεσης γεωτεχνικής αξιολόγησης και το περιεχόμενό της καθορίζονται από την υφιστάμενη νομοθεσία και ειδικότερα με την κοινή υπουργική απόφαση ΔΜΕΟ/δ/ο/1759/1998 (ΦΕΚ 1221/Β/1998).

Η αξιολόγηση σύμφωνα με την απόφαση αυτή περιλαμβάνει:

- Ταξινόμηση, πινακοποίηση και παρουσίαση σε κατάλληλα διαγράμματα των αποτελεσμάτων των ερευνών υπαίθρου και των εργαστηριακών δοκιμών και εφόσον κρίνεται απαραίτητο, παρουσίαση της στατιστικής κατανομής και του εύρους μεταβολής των κυριότερων στοιχείων σε ιστογραφήματα.
- Προσδιορισμό της στάθμης του νερού των γεωτρήσεων.
- Τομές υπεδάφους με τις παραλλαγές του υπεδάφους με το βάθος σε συσχέτισμό με τα αποτελέσματα δομικών τυποποιημένης διεισδύσεως, φυσικής υγρασίας αντοχής, συμπίεστικότητας κ.λ.π. Διαχωρισμό στρώσεων με απόλυτα υψόμετρα όπου είναι δυνατόν, αλλιώς με σχετικά υψόμετρα από τα σχέδια της μελέτης.
- Λεπτομερή περιγραφή των διαφόρων στρώσεων υπεδάφους με βάση τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών υπαίθρου και των εργαστηριακών δοκιμών με ιδιαίτερη έμφαση στα χαρακτηριστικά αντοχής και συμπίεστικότητας.
- Παρουσίαση των ορίων μεταβολής των γεωτεχνικών παραμέτρων υπεδάφους σε συσχέτισμό με τη στρωματογραφία του υπεδάφους. Η παρουσίαση αυτή γίνεται κατά τρόπο σαφή και εποπτικό ώστε να επιτρέπει την επιλογή των πιο κατάλληλων παραμέτρων για τους γεωστατικούς υπολογισμούς.
- Υποβολή αιτιολογημένων προτάσεων σχετικά με το είδος και τον αριθμό των πρόσθετων γεωτεχνικών ερευνών που κρίνεται σκόπιμο να εκτελεσθούν για να καλύψουν τυχόν ανεπαρκή στοιχεία της έρευνας ή να απαντήσουν σε τυχόν ερωτηματικά που προέκυψαν από τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, εφόσον απαιτηθεί από την παραπάνω αξιολόγηση.

4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΩΝ

Τα εδάφη αξιολογούνται και χαρακτηρίζονται βάσει των αποτελεσμάτων SPT και τον συντελεστή διαπερατότητας σύμφωνα με τις προτάσεις των *Terzaghi & Peck (1967)*, όπως παρουσιάζεται στους Πίνακες 4.1 και 4.2 για συνεκτικά και κοκκώδη εδάφη και στον Πίνακα 4.3 αντιστοίχως.

N_{SPT}	Χαρακτηρισμός Εδάφους
< 2	Πολύ μαλακό
2 – 4	Μαλακό
4 – 8	Μέτρια συνεκτικό
8 – 15	Συνεκτικό

Πτυχιακή εργασία

Σταυροπούλου Ηλιάννα

N_{SPT}	Χαρακτηρισμός Εδάφους
15 – 30	Πολύ συνεκτικό
> 30	Σκληρό

Πίνακας 4.1 : Χαρακτηρισμός συνεκτικών εδαφών βάσει SPT

N_{SPT}	Χαρακτηρισμός Εδάφους
< 4	Πολύ χαλαρό
4 – 10	Χαλαρό
10 – 30	Μέσης πυκνότητας
30 – 50	Πυκνής απόθεσης
> 50	Πολύ πυκνής απόθεσης

Πίνακας 4.2 : Χαρακτηρισμός κοκκωδών εδαφών βάσει SPT

k (m/sec)	Χαρακτηρισμός Εδάφους
$\geq 10^{-3}$	Υψηλή περατότητα
$10^{-5} \leq k < 10^{-3}$	Μέση περατότητα
$10^{-7} \leq k < 10^{-5}$	Χαμηλή περατότητα
$10^{-9} \leq k < 10^{-7}$	Πολύ χαμηλή περατότητα
$< 10^{-7}$	Πρακτικά αδιαπέρατο

Πίνακας 4.3 : Χαρακτηρισμός εδαφών βάσει των τιμών συντελεστή περατότητας

4.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών τιμών των εδαφικών παραμέτρων γίνεται με συνδυασμό αξιολόγησης των τιμών των παραμέτρων που προκύπτουν άμεσα από επιτόπου και εργαστηριακές δοκιμές και παράγωγων τιμών, που προκύπτουν από τον συσχετισμο των αποτελεσμάτων των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών, μέσω κατάλληλων ημι-εμπειρικών τύπων και διαγραμμάτων. Φυσικά λαμβάνεται υπόψη και η σχετική βιβλιογραφία.

Οι τιμές που προκύπτουν από τις δοκιμές, την συσχέτιση αποτελεσμάτων δοκιμών και αυτές που προτείνονται από τη βιβλιογραφία συγκρίνονται μεταξύ τους και επιλέγεται η χαρακτηριστική τιμή. Σύμφωνα με τον *Ευρωκώδικα EN 1997-1* η χαρακτηριστική τιμή αποτελεί μία συντηρητική εκτίμηση της συγκεκριμένης παραμέτρου, η οποία επηρεάζει την εμφάνιση της οριακής κατάστασης. Ο ορισμός αυτός εξειδικεύεται στις περιπτώσεις όπου τα διαθέσιμα στοιχεία είναι επαρκή για την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων, οπότε ως χαρακτηριστική τιμή θεωρείται η τιμή της παραμέτρου με πιθανότητα υπέρβασης 5%, ήτοι διάστημα εμπιστοσύνης 95%.

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

Σε περίπτωση που υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός εργαστηριακών δοκιμών αντοχής, μπορεί να επιλεγεί η κατανομή *t-Student*. Η χαρακτηριστική τιμή κάθε παραμέτρου υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$\bar{X} = X_m \pm t_c \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{N}}$$

όπου:

- \bar{X} : χαρακτηριστική τιμή
 X_m : μέση τιμή παραμέτρου
 σ_{n-1} : τυπική απόκλιση
 t_c : παράμετρος *t-Student* κατανομής
 N : αριθμός δοκιμών

Σε περίπτωση που ο αριθμός των εργαστηριακών δοκιμών δεν είναι μεγάλος, η χαρακτηριστική τιμή κάθε παραμέτρου υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση (*Schneider, 1999*):

$$\bar{X} = X_m \pm \frac{1}{2} \sigma_{n-1}$$

όπου:

- \bar{X} : χαρακτηριστική τιμή
 X_m : μέση τιμή παραμέτρου
 σ_{n-1} : τυπική απόκλιση

ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Στον πίνακα 4.4 και 4.5 για συνεκτικά και κοκκώδη εδάφη αντίστοιχα, παρουσιάζονται οι ημι-εμπειρικοί τύποι που σχετίζουν τα αποτελέσματα των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών και από τους οποίους προκύπτουν οι τιμές των εδαφικών παραμέτρων.

Παράμετρος	Συμβολισμός	Ημι-εμπειρικός τύπος	
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή	c_u	$c_{u,i} = 6.25 \times N$ (kPa) Terzaghi	$c_{u,j} = \frac{q_{u,j}}{2}$ Terzaghi
Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής	ϕ'	$\tan \phi' = 0.58 - 0.0045 \times PI$ Scheiding	
Μέτρο συμπίεστικότητας	E_s	$E_s = 300 (N'+6)$ Bowles.J.E.	$E_s = 4000 + 300 (N-6), N > 15$ Begemann
		$E_s = 3200 + 490 \times N$ Papadopoulos	

Πίνακας 4.4 : Ημι-εμπειρικοί τύποι παραμέτρων συνεκτικών εδαφών

Παράμετρος	Συμβολισμός	Ημι-εμπειρικός τύπος	
Ενεργός γωνία εσωτερικής τριβής	ϕ'	$\phi' = \sqrt{20N'} + 15$ <small>Oshaki Y., 1962</small>	$\phi' = 27.1 + 0.30 \times N - 0.00054 \times N^2$ <small>Peck</small>
Μέτρο συμπίεσότητας ΑΜΜΟΣ	E_s	$E_s = 450(N+6), N \leq 15$ <small>Begemann</small>	$E_s = 4000 + 450(N-6), N > 15$ <small>Begemann</small>
		$E_s = 3900 + 450 \times N$ <small>Schultze & Menzenbach</small>	$E_s = 7500 + 800 \times N$ <small>Papadopoulos</small>
Μέτρο συμπίεσότητας ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟ	E_s	$E_s = 3800 + 1050 N$ <small>Schultze & Menzenbach</small>	
		$E_s = 1200(N+6), N \leq 15$ <small>Begemann</small>	$E_s = 1200(N-6) + 4000, N > 15$ <small>Begemann</small>
		$E_s = 600(N'+6), N \leq 15$ <small>Bowles J.E.</small>	$E_s = 600(N'+6) + 2000, N > 15$ <small>Bowles J.E.</small>

Πίνακας 4.5 : Ημι-εμπειρικοί τύποι παραμέτρων κοκκωδών εδαφών

ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Η εκτίμηση των παραμέτρων αντοχής της βραχομάζας (c, ϕ) των βραχωδών γεωτεχνικών ενοτήτων, γίνεται με γεωμηχανική ταξινόμηση βραχομάζας σύμφωνα με το *GSI (Geological Strength Index, Hoek & Marinos 2001)* και εφαρμογή του κριτηρίου “*Hoek & Brown*” (*Hoek & Brown Failure Criterion - 2002 Edition*, E. Hoek, C. Carranza-Torres, B. Corkum). Η εκτίμηση του μέτρου ελαστικότητας, E_s της βραχομάζας γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο που προτάθηκε από τους *Hoek & Diederichs 2006 (Empirical estimation of rock mass modulus)*.

Ταξινόμηση κατά Bieniawski (RMR)

Σύμφωνα με αυτό το σύστημα ταξινόμησης ο δείκτης RMR προκύπτει από το άθροισμα τιμών 6 παραμέτρων:

- Αντοχή άρρηκτου πετρώματος (MPa)
- Δείκτης ποιότητας βράχου RQD (%)
- Απόσταση (mm) μεταξύ ασυνεχειών
- Κατάσταση ασυνεχειών
- Υπόγειο νερό
- Προσανατολισμός ασυνεχειών

Δίνεται διαφορετική βαθμονόμηση για τις επιμέρους παραμέτρους της κατάστασης των ασυνεχειών όπως είναι το μήκος, το άνοιγμα, η τραχύτητα, το υλικό πλήρωσης και η κατάσταση αποσάθρωσης των επιφανειών των ασυνεχειών ανά διαφορετικό σύστημα ασυνέχειας. Ο χαρακτηρισμός κάθε παραμέτρου προκύπτει από τη στατιστική επεξεργασία των καταγραφών υπαίθρου και τη μακροσκοπική εικόνα των πυρήνων των γεωτρήσεων.

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

Το εύρος τιμών του δείκτη RMR εκτείνεται από 0 έως 100 και ταξινομείται σε 6 κατηγορίες ποιότητας, από πολύ φτωχή (θεωρείται έδαφος) έως πολύ καλή.

Οι μηχανικές ιδιότητες της βραχομάζας υπολογίζονται με βάση το δείκτη RMR και εμπειρικές σχέσεις και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.

Παράμετρος	Συμβολισμός	Ημι-εμπειρικός τύπος	
Γωνία τριβής	ϕ	$\phi = 0.5 * RMR + 5[\text{deg}]$	
Συνοχή	c	$c = 0.005 * RMR[\text{MPa}]$	
Μέτρο Ελαστικότητας	E_s	$E = 2 * RMR - 100,$ $RMR > 50[\text{GPa}]$	$E = 10^{\frac{RMR-10}{40}}$ $RMR < 50[\text{GPa}]$

Πίνακας 4.6 : Ημι-εμπειρικές σχέσεις RMR – παραμέτρων

Όλες οι παραπάνω παράμετροι, ήτοι RQD, αντοχή συμπαγούς πετρώματος, κατάσταση ασυνεχειών κλπ., λαμβάνονται από τα στοιχεία των γεωτρήσεων, μακροσκοπικές παρατηρήσεις πεδίου και βιβλιογραφικά δεδομένα.

Οι μαθηματικοί υπολογισμοί του κριτηρίου “Hoek & Brown” γίνονται μέσω του προγράμματος H/Y “RocLab, ver 1.031, του University of Toronto, Rock Engineering Group, 12.01.2007”. Με την εν λόγω μεθοδολογία εκτιμώνται η γωνία τριβής, η συνοχή, η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη και το μέτρο παραμορφωσιμότητας της βραχομάζας.

5 «ΑΝΕΓΕΡΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΗΦΙΣΙΑΣ»

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το έργο αφορά την ανέγερση ενός βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς και την γεωτεχνική έρευνα υπαίθρου και εργαστηρίου που εκτελέστηκε στα πλαίσια της γεωτεχνικής μελέτης/θεμελίωσης. Το κτήριο θα αποτελείται από 2 επίπεδα. Ο φορέας του υπό μελέτη κτηρίου θα είναι σύμμικτος. Η θεμελίωση και τα περιμετρικά τοιχεία του υπογείου θα αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ η ισόγεια ανωδομή θα αποτελείται από μεταλλική κατασκευή. Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται οι θέσεις των γεωτεχνικών ερευνών και των γεωτεχνικών τομών (κλίμακα 1:200) καθώς και τοπογραφικό διάγραμμα.

5.2 ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση και αξιολόγηση της γεωτεχνικής έρευνας που διενεργήθηκε στα πλαίσια της γεωτεχνικής μελέτης του έργου και των στοιχείων που προκύπτουν όπως:

- Την περιγραφή των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν στη θέση κατασκευής του νέου κτηρίου.
- Την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας.
- Τη στατιστική επεξεργασία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της γεωτεχνικής έρευνας.
- Τη διαμόρφωση του τελικού γεωτεχνικού προσομοιώματος
- Την επιλογή των μηχανικών παραμέτρων σχεδιασμού των γεωτεχνικών στρώσεων.
- Τα συμπεράσματα – προτάσεις.

5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

5.3.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

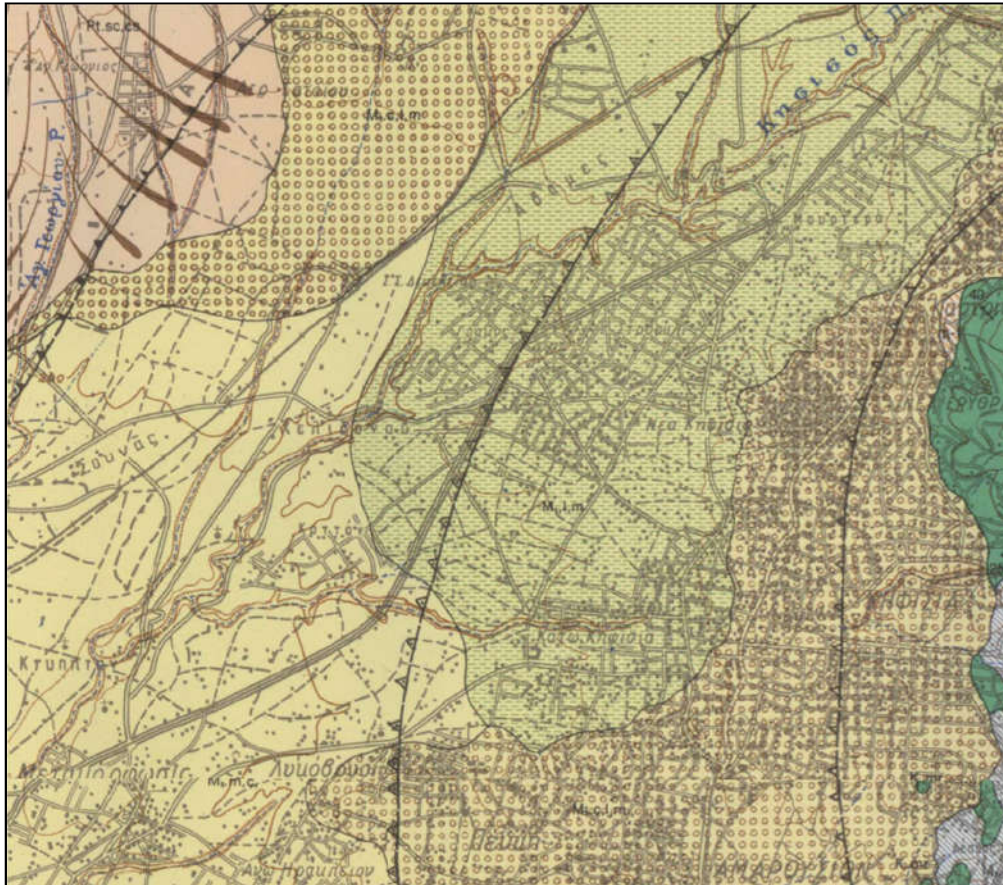
Η υπό μελέτη περιοχή στο βόρειο τμήμα του λεκανοπεδίου Αθηνών, στην περιοχή της Κηφισιάς. Η άμεση περιοχή του έργου χαρακτηρίζεται από ομαλό, πεδινό ανάγλυφο με υψόμετρα εδάφους που κυμαίνονται από +210 έως +214, ενώ 1km περίπου δυτικά συναντάται η κοίτη του Κηφισού ποταμού που αποτελεί τον κύριο αποδέκτη όμβριων υδάτων του λεκανοπεδίου.

5.3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Στην σημερινή διαμόρφωση του λεκανοπεδίου, που αποτελεί επίμηκες τεκτονικό βύθισμα γενικής διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ, συνέβαλαν οι εφελκυστικές δυνάμεις που έδρασαν στην περιοχή κατά το Μειόκαινο. Σημαντική γεωλογική δομή είναι η ρηξιγενής ζώνη αποκόλλησης που γενικά ταυτίζεται με τον Κηφισό και οριοθετεί τους μεταμορφωμένους αλπικούς σχηματισμούς στα ανατολικά από τους μη μεταμορφωμένους σχηματισμούς στα δυτικά. Οι σχηματισμοί στα δυτικά της τεκτονικής ζώνης ανήκουν στην αλλόχθονη ενότητα της Υποπελαγονικής, και επικάθονται στους σχηματισμούς του μεταμορφωμένου Αυτόχθονου της Αττικής, που εμφανίζονται ανατολικά της τεκτονικής ζώνης.

5.3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Συμφώνα με τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο «Κηφισιά» (Σχέδιο 5.3.1), η περιοχή μεταξύ της αυτόχθονης ενότητας Αττικής και της Υποπελαγονικής ενότητας, δομείται από αμεταμόρφωτους έως ελαφρά μεταμορφωμένους αλπικούς σχηματισμούς της ενότητας Αφιδνών – Τουρκοβουνίων και της ενότητας του νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος. Η γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής, περιλαμβάνει ως επί το πλείστον μεταλλικούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και του Νεογενούς που καλύπτουν το αλπικό υπόβαθρο. Οι αλπικοί σχηματισμοί εμφανίζονται κυρίως στους ορεινούς όγκους της Πάρνηθας στα βόρεια και της Πεντέλης στα ανατολικά.



Σχήμα 5.3.1 : Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ, φύλλο «Κηφισιά»

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής του έργου συνίσταται κυρίως από:

Νεογενείς λιμνοχερσαίους σχηματισμούς του Κηφισού (Ms.l.m), οι οποίοι αποτελούνται από καστανέρυθρου χρώματος, λεπτομερείς αποθέσεις πηλών, αργίλων και αργιλοαμμώχων υλικών, με, κατά θέσεις διάσπαρτες κροκάλες και παρεμβολές ψηφιδωπαγών και κροκαλοπαγών. Τα λεπτομερή αυτά καστανέρυθρα υλικά χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα για την κατασκευή τούβλων και στην τσιμεντοβιομηχανία. Το ορατό πάχος τους είναι περίπου 150m.

Το αλπικό βραχώδες υπόβαθρο της περιοχής αναμένεται σε μεγάλο βάθος και αποτελείται από ασβεστόλιθους και φλυσχοειδείς σχηματισμούς με ανθρακικές ενστρώσεις ανωκρητιδικής ηλικίας της ενότητας Αφιδνών – Τουρκοβουνίων.

Ολοκαινικές προσχωματικές αποθέσεις (al), οι οποίες καλύπτουν τους νεογενείς σχηματισμούς και περιλαμβάνουν κυρίως χαλαρά καστανόχρωμα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες και κατά θέσεις με παρεμβολές χαλαρών κροκαλολατυποπαγών.

Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Pt.sc.cs), πολύ συνεκτικά από αδρομερή, γωνιώδη στοιχεία, ποικίλου μεγέθους. Μερικές φορές συνοδεύονται από ογκόλιθους.

Αδρομερείς ποταμολιμναίοι σχηματισμοί παρηφών Πάρνηθας και Πεντελικού (M_{s,c,l,m}), κυρίως παλαιοί (ανωμειοκαινικοί) σχηματισμοί δέλτα, ριπιδίων και κώνων κορημάτων. Είναι λατυποπαγείς και κροκαλολατυποπαγείς σχηματισμοί στις περιοχές που γειτνιάζουν με τις παρυφές της Πάρνηθας και του Πεντελικού, εναλλασσόμενοι με λεπτομερέστερους σχηματισμούς στις πιο απομακρυσμένες περιοχές από τις παρυφές.

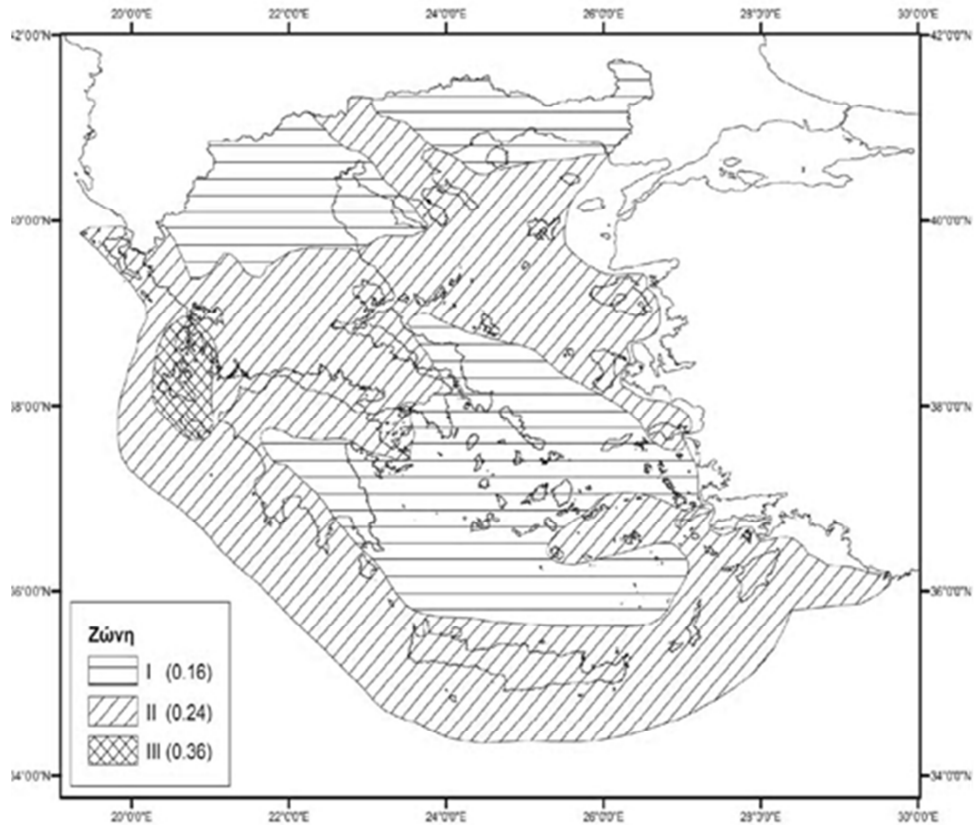
Δυτικά της περιοχής ενδιαφέροντος εντοπίζονται και τα **Μάρμαρα ΒΑ/κής Αττικής (K_{i,mr})**, που ανήκουν στη αυτόχθονη ενότητα Αλμυροποτάμου – Αττικής.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των νεογενών σχηματισμών του υποβάθρου του υπό εξέταση έργου, χαρακτηρίζεται από χαμηλή περατότητα ή είναι πρακτικά αδιαπέρατοι και δεν αναμένεται οποιαδήποτε υπόγεια υδροφορία, τουλάχιστον στο βάθος επιρροής του έργου.

5.4 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

Σύμφωνα με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ) 2184B/20.12.1999, από την άποψη της γεωγραφικής κατανομής της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα (Σχ. 5.6.1) η περιοχή του έργου εντάσσεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι. Η μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους (A) δίνεται από τη σχέση $A = \alpha \times g$, όπου α είναι η εδαφική επιτάχυνση ανηγμένη στην επιτάχυνση της βαρύτητας g. Για τη Ζώνη Ι η εδαφική επιτάχυνση ισούται με $\alpha = 0.16$ και συνεπώς η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση εδάφους είναι $A = 0.16 g$, με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα επόμενα 50 χρόνια.

Σύμφωνα με τον ισχύοντα Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ), ΦΕΚ 2184B/20.12.1999, όπως τροποποιήθηκε με την υπουργική απόφαση αριθμ. Δ17α/115/9/φν275 (ΦΕΚ 1154B/12.8.2003), από την άποψη της γεωγραφικής κατανομής της σεισμικής επικινδυνότητας στην Ελλάδα (Σχ. 5.4.1), η περιοχή του έργου βρίσκεται στη Ζώνη Ι σεισμικής επικινδυνότητας



Σχ. 5.4.1 : Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος

5.5 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

5.5.1 ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Στα πλαίσια των εργασιών διερεύνησης των συνθηκών υπεδάφους στην θέση κατασκευής του νέου κτηρίου, εκτελέστηκαν τρεις (3) δειγματοληπτικές, περιστροφικές γεωτρήσεις, με σήμανση Γ-1, Γ-2 και Γ-3, βάθους 12.45 m, 12.00 m και 12.45 m αντίστοιχα, συνολικού βάθους 36.90 m.

Προδιαγραφές:

- «Τεχνικές Προδιαγραφές Δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων Ξηράς για Γεωτεχνικές Έρευνες» (Ε 101-83), Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Γ.Γ.Δ.Ε. / Διεύθυνση Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1), Φ.Ε.Κ. 363/24.06.83, Τεύχος Β.
- «Τεχνικές Προδιαγραφές Επιτόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε 106-86), Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Γ.Γ.Δ.Ε. / Διεύθυνση Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1), Φ.Ε.Κ. 995/31.12.86, Τεύχος Β.

Διάτρηση:

Για τη διάτρηση των γεωτρήσεων χρησιμοποιήθηκε η κατάλληλη τεχνική διάτρησης ανάλογα με τον εδαφικό σχηματισμό, ώστε να αυξηθεί στο μέγιστο η δειγματοληψία και να ελαχιστοποιηθεί η διαταραχή του δείγματος. Για την αποφυγή κατάπτωσης των τοιχωμάτων της γεώτρησης χρησιμοποιήθηκε σωλήνωση κατάλληλης διαμέτρου.

Εδαφικοί σχηματισμοί:

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

Η διάτρηση των εδαφικών σχηματισμών έγινε με χρήση μονής καροταρίας με κοπτικό άκρο από βίδια T101-W. Κατά τη διάρκεια της διάτρησης των εδαφικών στρώσεων, η δειγματοληψία ήταν συνεχής και ελήφθησαν ημιδιαταραγμένα δείγματα “φραγμού” με διακοπή του νερού διάτρησης, τουλάχιστον ανά 2m.

Βραχώδεις σχηματισμοί:

Δεν εντοπίστηκαν βραχώδεις σχηματισμοί στο σύνολο των διατρήσεων.

Τα χαρακτηριστικά των γεωτρήσεων , ήτοι σήμανση, βάθος, συντεταγμένες και υψόμετρο κεφαλής δίνονται στον Πίνακα 5.5.1.

ΣΗΜΑΝΣΗ	ΕΙΔΟΣ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ (m)
Γ-1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	12.45	+213.30
Γ-2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	12.00	+213.00
Γ-3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	12.45	+212.95

Πίνακας 5.5.1 : Χαρακτηριστικά γεωτρήσεων

Οι θέσεις των γεωτρήσεων παρουσιάζονται σε απόσπασμα γενικής διάταξης, κλίμακας 1:200, στο Παράρτημα Α.

Οι τομές υπεδάφους των γεωτρήσεων δίνονται στο Παράρτημα Β μαζί με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 5.5.2.

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

Γεώτρηση Γ1 (+213.30)				
ΒΑΘΟΣ (m)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ SPT	N _{SPT}	ΒΑΘΟΣ MAAG
0.00 - 0.20	Επιφανειακή στρώση από τεχνητές επιχώσεις (σκυρόδεμα και αμμοχάλικα)	-	-	-
0.20 - 2.50	Ερυθροκάστανη - καστανή ιλυώδης-αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με χάλικες, μέσης πυκνότητας.	2.00 - 2.46	12	-
2.50 - 4.40	Ερυθροκάστανη - καστανή ιλυώδης-αργιλώδης ΑΜΜΟΣ, λίγοι χάλικες, πολύ πυκνής απόθεσης.	4.00 - 4.10	A	-
4.40 - 5.00	Ανοιχτοκάστανη ιλυώδης ΑΡΓΙΛΟΣ, χαμηλής πλαστικότητας, λίγη άμμος, λίγοι χάλικες.	-	-	-
5.00 - 12.45	Καστανή ΙΛΥΟΑΡΓΙΛΟΣ μέσης έως υψηλής πλαστικότητας, σκληρή.	6.00 - 6.45	69	-
		8.00 - 8.45	39	-
		10.00 - 10.45	50	-
		12.00 - 12.45	36	-
Γεώτρηση Γ2 (+213.00)				
ΒΑΘΟΣ (m)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ SPT	N _{SPT}	ΒΑΘΟΣ MAAG
0.00 - 0.30	Επιφανειακή στρώση από τεχνητές επιχώσεις (αμμοχάλικα).	-	-	-
0.30 - 3.00	Ερυθροκάστανη - καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας και αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με χάλικες, πολύ χαλαρή.	2.00 - 2.45	3	-
3.00 - 5.00	Ερυθροκάστανη - καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας, λίγοι χάλικες, πολύ συνεκτική	4.00 - 4.45	21	-
5.00 - 12.00	Καστανή ΙΛΥΟΑΡΓΙΛΟΣ, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας, λίγη άμμος, σκληρή.	6.00 - 6.29	A	6.50 - 7.00
		8.00 - 8.45	42	
		10.00 - 10.41	A	
Γεώτρηση Γ3 (+212.95)				
ΒΑΘΟΣ (m)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΒΑΘΟΣ SPT	N _{SPT}	ΒΑΘΟΣ MAAG
0.00 - 0.10	Επιφανειακή στρώση από τεχνητές επιχώσεις (αμμοχάλικα).	-	-	-
0.10 - 4.00	Ερυθροκάστανη - καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας, μαλακή.	2.00 - 2.45	4	-
4.00 - 5.00	Ερυθροκάστανη - καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης πλαστικότητας, σκληρή.	4.00 - 4.45	45	-
5.00 - 7.00	Ανοιχτοκάστανι αμμώδεις ΧΑΛΙΚΕΣ, πολύ πυκνής απόθεσης.	6.00 - 6.29	A	-
7.00 - 12.45	Καστανή ΙΛΥΟΑΡΓΙΛΟΣ, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας, σκληρή.	8.00 - 8.45	49	6.50 - 7.00
		10.00 - 10.45	35	
		12.00 - 12.45	31	

Πίνακας 5.5.2 : Συνοπτική περιγραφή των γεωτρήσεων

Φωτογραφική αποτύπωση των γεωτρήσεων:

Γεώτρηση Γ-1

Βάθος 0.00m – 5.00m



Βάθος 5.00m – 10.00m



Βάθος 10.00m – 12.45m



Γεώτρηση Γ-2

Βάθος 0.00m – 5.00m



Βάθος 5.00m – 10.00m



Βάθος 10.00m – 12.00m



Γεώτρηση Γ-3

Βάθος 0.00m – 5.00m



Βάθος 5.00m – 10.00m



Βάθος 10.00m – 12.45m



5.5.2 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ

Κατά τη διάτρηση των γεωτρήσεων εκτελέστηκαν επί τόπου δοκιμές τυποποιημένης διείδουσας **SPT (Standard Penetration Test)** κατά Terzaghi κάθε 2.00 m, σύμφωνα με το πρότυπο **ASTM D 1586**, κατά τις οποίες ελήφθησαν και τα αντίστοιχα δείγματα με διαιρετό δειγματολήπτη **SS-2 (split spoon)**. Επιπλέον, στις γεωτρήσεις Γ-2 και Γ-3 εκτελέστηκαν δύο επί τόπου **δοκιμές διαπερατότητας μεταβλητού φορτίου (MAAG)**.

Προδιαγραφές:

- «Τεχνικές Προδιαγραφές Επιτόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε106-86), Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Γ.Γ.Δ.Ε. / Διεύθυνση Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1), Φ.Ε.Κ. 955/31.12.86, Τεύχος Β.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των δοκιμών SPT παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.3. και των δοκιμών διαπερατότητας (MAAG) στον Πίνακα 5.5.4.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΠΟ - ΕΩΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΚΤΥΠΟΙ / 15 cm	N _{SPT}	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ
Γ-1	2.00-2.45	Κοκκώδες	2 - 2 - 10	12	Μέσης πυκνότητας
	4.00-4.10	Κοκκώδες	50/10	A	Πολύ πυκνής απόθεσης
	6.00-6.45	Συνεκτικό	15 - 32 - 37	69	Σκληρό
	8.00-8.45	Συνεκτικό	8 - 14 - 25	39	Σκληρό
	10.00-10.45	Συνεκτικό	14 - 25 - 25	50	Σκληρό
	12.00-12.45	Συνεκτικό	14 - 17 - 19	36	Σκληρό
Γ-2	2.00-2.45	Κοκκώδες	2 - 1 - 2	3	Πολύ χαλαρό
	4.00-4.45	Συνεκτικό	5 - 7 - 14	21	Πολύ συνεκτικό
	6.00-6.29	Συνεκτικό	15 - 50/14	A	Σκληρό
	8.00-8.45	Συνεκτικό	8 - 17 - 25	42	Σκληρό
	10.00-10.41	Συνεκτικό	10 - 22 - 50/11	A	Σκληρό
Γ-3	2.00-2.45	Συνεκτικό	2 - 2 - 2	4	Μέσης συνεκτικότητας
	4.00-4.45	Συνεκτικό	12 - 20 - 25	45	Σκληρό
	6.00-6.29	Κοκκώδες	22 - 50/14	A	Πολύ πυκνής απόθεσης
	8.00-8.45	Συνεκτικό	11 - 22 - 27	49	Σκληρό
	10.00-10.45	Συνεκτικό	12 - 16 - 19	35	Σκληρό
	12.00-12.45	Συνεκτικό	14 - 15 - 16	31	Σκληρό

Πίνακας 5.5.3 : Αποτελέσματα δοκιμών SPT

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΣΩΛΗΝΩΤΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	Σ.Υ.Υ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ
	(m)	(m)	(m)	(m/sec)	
Γ-2	6.50 - 7.00	0.50	-	9.28E-07	Χαμηλής Περρατότητας
Γ-3	6.50 - 7.00	0.50	-	1.13E-06	Χαμηλής Περρατότητας

Πίνακας 5.5.4 : Δοκιμές υδροπερατότητας *Maag*

5.5.3 ΣΤΑΘΜΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Από μετρήσεις υπογείων υδάτων που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου, δεν εντοπίστηκε στάθμη υπογείων υδάτων.

5.6 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Η παρούσα εργαστηριακή έρευνα περιέλαβε δοκιμές εδαφομηχανικής, προκειμένου να διερευνηθούν επαρκώς οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των γεωτεχνικών σχηματισμών του υπεδάφους.

Προδιαγραφές:

- «Τεχνικές Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής», (Ε 105 - 86), Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. / Γ.Γ.Δ.Ε. / Διεύθυνση Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1) Φ.Ε.Κ. 955/31.12.86, Τεύχος Β.
- ASTM (American Society for Testing and Materials)

Για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων εκτελέστηκαν οι εξής δοκιμές κατάταξης:

- ✓ κοκκομετρική διαβάθμιση με κόσκινα και αραιόμετρο
- ✓ όρια Atterberg : όριο υδαρότητας LL και όριο πλαστικότητας PL
- ✓ φυσική υγρασία
- ✓ ειδικό βάρος του στερεού υλικού των κόκκων

Με βάση τις παραπάνω δοκιμές, τα δείγματα κατατάσσονται σύμφωνα με το αμερικάνικο σύστημα κατάταξης USCS.

Για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των εδαφικών δειγμάτων έγιναν οι παρακάτω εργαστηριακές δοκιμές:

- ✓ Δοκιμές αντοχής σε ανεμπόδιση θλίψη
- ✓ Δοκιμή βραδείας διάτμησης με στερεοποίηση (DS:CD)
- ✓ Δοκιμή τριαξονικής θλίψης χωρίς στερεοποίηση-χωρίς στράγγιση (TX:UU)
- ✓ Δοκιμές μονοδιάστατης στερεοποίησης
- ✓ Δοκιμές ελεύθερης διόγκωσης

Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους πίνακες από 5.6.1 έως 5.6.7 και στις τομές υπεδάφους των γεωτρήσεων Παράρτημα Β.

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ w (%)	ΟΡΙΑ ATTERBERG			ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ					ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ Gs	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ γ _s (kN/m ³)	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ e _o	ΚΑΤΑΤΑΞΗ AUSCS
				LL (%)	PL (%)	PI (%)	ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠ-ΚΑ (%)	ΙΛΥΣ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)				
Γ-1	T1	2.00 - 2.45	11.2	19.4	14.5	4.9	18	47	34	34	1	2.69			SC-SM
	Δ1	2.50 - 3.00	13.5	18.4	14.0	4.4	6	48	46	42	4	2.70			SC-SM
	Δ2	4.60 - 4.80	14.0	26.6	17.9	8.7	7	9	85	68	17	2.70			CL
	Δ3	6.50 - 7.00	17.9	49.0	21.0	28.0	0	2	97	71	27	2.70	20.5	0.562	CL
	Δ4	8.50 - 9.00	36.3	54.0	21.0	33.0	0	4	96	67	29	2.70	18.3	1.014	CH
	Δ5	10.50 - 11.00	28.5	53.0	20.0	33.0	0	4	96	74	22	2.71	19.8	0.762	CH
	T6	12.00 - 12.45	20.4	42.0	18.0	24.0	1	9	90	58	32	2.71			CL
Γ-2	Δ0	1.00 - 1.50	19.5	33.0	13.0	20.0	5	28	67	53	14	2.71			CL
	T1	2.00 - 2.45	12.1	24.0	12.0	12.0	11	45	45	41	4	2.69			SC
	Δ1	3.20 - 3.50	13.2	21.7	12.8	8.9	6	31	63	60	2	2.68	20.8	0.460	CL
	Δ2	5.30 - 5.50	21.0	43.0	18.0	25.0	0	5	95	76	19	2.69			CL
	Δ3	7.70 - 8.00	19.2	57.0	18.0	39.0	0	4	96	60	36	2.72	20.7	0.568	CH
	Δ4	9.70 - 10.00	19.2	45.0	16.0	29.0	0	5	94	60	34	2.73			CL
	Δ5	11.60 - 12.00	19.8	42.0	16.0	26.0	0	8	92	58	34	2.72	21.5	0.517	CL
Γ-3	Δ1	2.50 - 3.00	14.2	24.0	13.0	11.0	4	35	61	50	11	2.69	20.8	0.476	CL
	Δ2	4.50 - 5.00	19.1	37.0	11.0	26.0	6	22	72	63	9	2.72	20.7	0.562	CL
	Δ3	6.30 - 6.60	11.3	34.0	15.0	19.0	41	20	39	36	3	2.69			GC
	Δ4	8.50 - 9.00	24.4	47.0	19.0	28.0	0	5	95	68	27	2.69	20.5	0.631	CL
	Δ5	10.50 - 11.00	22.7	50.0	20.0	30.0	0	3	97	66	31	2.72	20.5	0.625	CH
	T6	12.00 - 12.45	21.7	52.0	20.0	32.0	0	3	97	75	22	2.72			CH

Πίνακας 5.6.1 : Αποτελέσματα δοκιμών κατάταξης

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ No4	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ No200	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ	ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣ Η	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ
			w %	LL %	PI %	%	%	G _s	S _r %	γ _d kN/m ³	γ _s kN/m ³	ε _{fn} %	q _u kPa
Γ-1	Δ4	8.50-9.00	36.3	54.0	33.0	100	96	2.70	96.3	13.4	18.2	3.20	27.8
Γ-2	Δ1	3.20-3.50	13.6	21.7	8.9	94	63	2.68	79.2	18.4	20.8	5.00	200.9
	Δ5	11.60-12.00	19.8	42.0	26.0	100	92	2.72	104.3	17.9	21.5	6.60	191.9
Γ-3	Δ1	2.50-3.00	14.2	24.0	11.0	96	62	2.69	80.2	18.2	20.8	4.40	163.0
	Δ2	4.50-5.00	19.1	37.0	26.0	94	72	2.72	92.5	17.4	20.7	10.80	110.1
	Δ5	10.50-11.00	22.7	50.0	30.0	100	97	2.72	98.8	16.7	20.5	10.80	479.2

Πίνακας 5.6.2 : Αποτελέσματα δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ No200	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΞΗΡΟ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΟΡΘΗ ΤΑΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΧΗ	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ
			w (%)	LL (%)	PI (%)	(%)	G_s	γ_d (kN/m ³)	σ_v (kPa)	τ_{max} (kPa)	c' (kPa)	ϕ' ($^\circ$)
Γ-1	Δ3	6.50-7.00	17.9	49.0	28.0	97	2.70	17.3	63.00	62.00	34.7	23.6
			17.4					17.5	126.00	90.00		
			17.4					17.5	252.00	145.00		
Γ-2	Δ1	3.20-3.50	13.1	21.7	8.9	63	2.68	18.5	36.00	38.00	17.3	30.8
			13.0					18.4	72.00	62.00		
			13.2					18.4	144.00	103.00		
Γ-3	Δ1	2.50-3.00	14.6	24.0	11.0	62	2.69	17.9	27.00	25.00	11.5	28.4
			14.6					18.0	54.00	42.00		
			14.6					18.0	108.00	69.00		

Πίνακας 5.6.3 : Αποτελέσματα δοκιμών άμεσης διάτμησης βραδείας με στερεοποίηση (DS:CD)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ No200	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΚΟΚΚΩΝ	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ	ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΑΣΗ	ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΤΑΣΗ	ΛΟΓΟΣ	ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΤΑΣΗ	ΣΥΝΟΧΗ	ΓΩΝΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ
			w (%)	LL (%)	PI (%)	(%)	G_s	γ_s (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e_o	S_r (%)	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	σ_1/σ_3	τ (kPa)	c_e (kPa)	ϕ_e ($^\circ$)
Γ-1	Δ3	6.50-7.00	18.8	49.0	28.0	97	2.70	20.5	17.3	0.563	90.1	604	71	8.5	267	198.7	12.8
			18.7					20.5	17.3	0.560	90.1	727	141	5.2	293		
			18.9					20.5	17.3	0.562	90.8	936	281	3.3	327		
Γ-1	Δ5	10.50-11.00	27.9	53.0	33.0	96	2.71	19.9	15.5	0.744	101.6	347	111	3.1	118	81.2	10.4
			28.0					19.9	15.5	0.744	101.9	524	221	2.4	152		
			28.0					19.8	15.5	0.748	101.5	825	441	1.9	192		
Γ-2	Δ3	7.70-8.00	19.2	57.0	39.0	96	2.72	20.4	17.1	0.587	89.0	1012	81	12.5	465	386.8	8.7
			19.1					20.4	17.1	0.586	88.6	1338	321	4.2	508		
			-					-	-	-	-	-	-	-	-		
Γ-3	Δ4	8.50-9.00	23.9	47.0	28.0	95	2.69	20.4	16.5	0.634	101.4	412	91	4.5	160	98.3	15.1
			24.1					20.5	16.5	0.630	102.9	872	361	2.4	256		
			-					-	-	-	-	-	-	-	-		

Πίνακας 5.6.4 : Αποτελέσματα δοκιμών τριαξονικής θλίψης χωρίς στερεοποίηση και χωρίς στράγγιση (TX:UU)

Πτυχακή εργασία

Σταυροπούλου Ηλιάννα

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ Νο200	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ	ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΤΑΣΗ ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΤΑΣΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ
			w (%)	LL (%)	PI (%)	(%)	γ_s (kN/)	G_s	S_r (%)	e_o	C_c	$C_v \times 10^{-4}$ (cm ² /s)	p_o (kPa)	p_d (kPa)
Γ-1	Δ4	8.50-9.00	36.5	54.0	33.0	96	18.3	2.70	97	1.014	0.230	1.85	85	-
	Δ5	10.50-11.00	28.5	53.0	33.0	96	19.8	2.71	101	0.762	0.180	2.87	70	-
Γ-2	Δ3	7.70-8.00	19.1	57.0	39.0	96	20.7	2.72	91	0.568	0.042	4.67	400	150.0
Γ-3	Δ4	8.50-9.00	24.6	47.0	28.0	95	20.5	2.69	105	0.631	0.145	4.43	200	25.0

Πίνακας 5.6.5 : Αποτελέσματα δοκιμών στερεοποίησης

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	E_s kPa	E_s kPa	E_s kPa	E_s kPa	E_s kPa	E_s kPa	E_s kPa
			πίεση 25 (kPa)	πίεση 50 (kPa)	πίεση 100 (kPa)	πίεση 200 (kPa)	πίεση 400 (kPa)	πίεση 800 (kPa)	πίεση 1 600 (kPa)
Γ-1	Δ4	8.50-9.00	1462	2 212	2 849	3 565	6 260	11 628	-
	Δ5	10.50-11.00	779	1984	2 532	3 279	7 005	13 029	-
Γ-2	Δ3	7.70-8.00	-	-	-	19 608	25 974	24 390	35 242
Γ-3	Δ4	8.50-9.00	-	9615	9 174	8 197	11 331	18 433	29 851

Πίνακας 5.6.6 : Μέτρο συμπίεστούτητας (E_s) από τη δοκιμή στερεοποίησης

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΚΑΤΑΤΑΞΗ AUSCS	ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ	ΤΑΣΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ
				w (%)	LL (%)	PI (%)	(%)	σ_{sp} (kPa)
Γ-1	Δ4	8.50-9.00	CH	36.3	54.0	33.0	0.23	7
Γ-2	Δ3	7.70-8.00	CH	19.2	57.0	39.0	7.16	320
Γ-3	Δ4	8.50-9.00	CL	24.4	47.0	28.0	1.14	40

Πίνακας 5.6.7 : Αποτελέσματα δοκιμών ελεύθερης διόγκωσης

5.7.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

Στους Πίνακες 5.7.3 και 5.7.4. δίνονται η ελάχιστη (x_{\min}), η μέση (x_m), η μέγιστη τιμή (x_{\max}) και η τυπική απόκλιση (σ_{n-1}) των φυσικών ιδιοτήτων των γεωτεχνικών στρώσεων CS1, CS2 και GC1 και C1 αντίστοιχα, οι οποίες προέκυψαν μετά από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών. Στο Παράρτημα Γ δίνονται πίνακες για κάθε στρώση ξεχωριστά με τη στατιστική επεξεργασία των επιτόπου και εργαστηριακών δοκιμών.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ											
	CS1					CS2						
	N	X_{\min}	X_{\max}	X_m	σ_{n-1}	N	X_{\min}	X_{\max}	X_m	σ_{n-2}		
Ποσοστό χάλικων	%	4	4	18	9	6.5	4	6	7	6	0.3	
Ποσοστό άμμου	%	4	28	47	39	9.0	4	9	48	27	16.6	
Ποσοστό λεπτόκοκκων	%	4	34	67	52	15.0	4	46	85	66	16.3	
Ποσοστό αργίλου	%	4	1	14	7	6.0	4	2	17	8	6.5	
Φυσική υγρασία	w	%	4	11.2	19.5	14.3	3.7	4	13.2	19.1	15.0	2.8
Όριο υδαρότητας	LL	%	4	19.4	33.0	25.1	5.7	4	18.4	37.0	25.9	8.1
Δείκτης πλαστικότητας	PI	%	4	4.9	20.0	12.0	6.2	4	4.4	26.0	12.0	9.6
Υγρό φαινόμενο βάρος	γ_s	kN/m	1	20.8	20.8	20.8	-	2	20.7	20.8	20.8	0.1
Ειδικό βάρος	G_s		4	2.69	2.71	2.70	0.01	4	2.68	2.72	2.70	0.02
Λόγος κενών	e_0		1	0.476	0.476	0.476	-	2	0.460	0.562	0.511	0.072
Ανεμπόδιση θλίψη	q_u	kPa	1	163.0	163.0	163.0	-	2	110.1	200.9	155.5	64.2
	ϵ	%	1	4.4	4.4	4.4	-	2	5.0	10.8	7.9	4.1
Δοκιμή άμεσης διάτμησης CD	c	kPa	1	11.5	11.5	11.5	-	1	17.3	17.3	17.3	-
	ϕ	($^\circ$)	1	28.4	28.4	28.4	-	1	30.8	30.8	30.8	-
Τιμές SPT	N / 30 cm		3	3	12	6	5	3	21	50	39	16

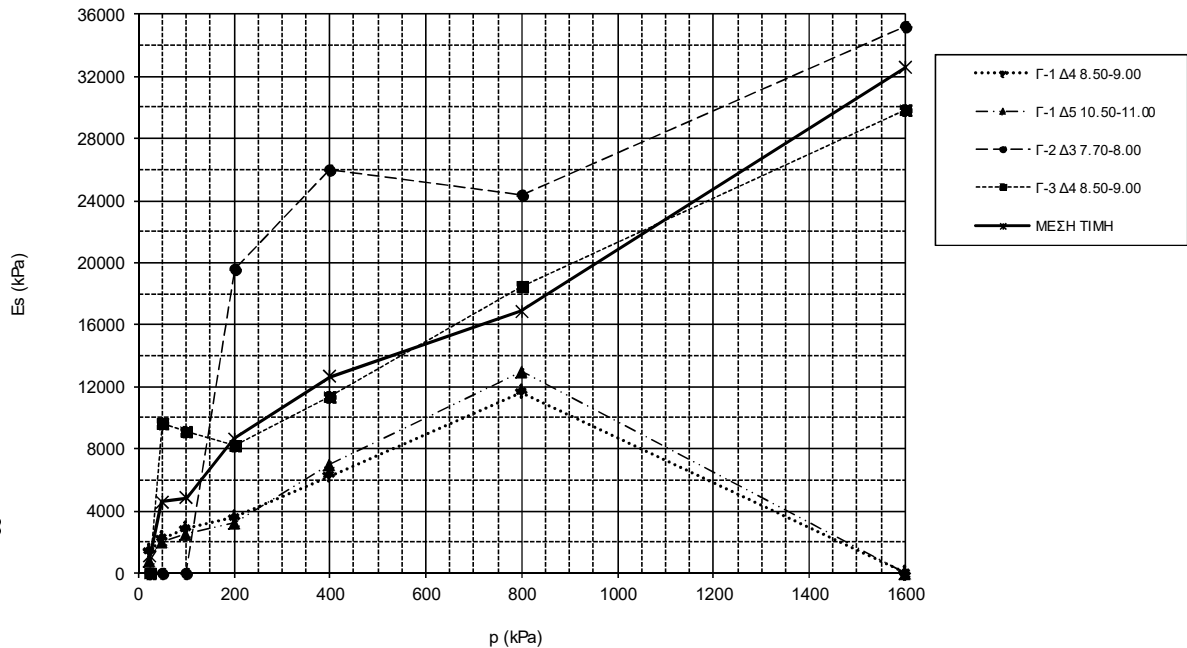
Πίνακας 5.7.3 :Ιδιότητες γεωτεχνικών στρώσεων CS1 & CS2

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ											
	GC1					C1						
	N	X_{min}	X_{max}	X_m	σ_{n-1}	N	X_{min}	X_{max}	X_m	σ_{n-1}		
Ποσοστό χάλικων	%	1	41	41	41	-	11	0	1	0	0.3	
Ποσοστό άμμου	%	1	20	20	20	-	11	2	9	5	2.1	
Ποσοστό λεπτόκοκκων	%	1	39	39	39	-	11	90	97	95	2.3	
Ποσοστό αργίλου	%	1	3	3	3	-	11	19	36	28	5.6	
Φυσική υγρασία	w	%	1	11.3	11.3	11.3	-	11	17.9	36.3	22.8	5.4
Όριο υδαρότητας	LL	%	1	34.0	34.0	34.0	-	11	42.0	57.0	48.5	5.2
Δείκτης πλαστικότητας	PI	%	1	19.0	19.0	19.0	-	11	24.0	39.0	29.7	4.3
Υγρό φαινόμενο βάρος	γ_s	kN/m	-	-	-	-	7	18.3	21.5	20.3	1.0	
Ειδικό βάρος	G_s		1	2.69	2.69	2.69	-	11	2.69	2.73	2.71	0.01
Λόγος κενών	e_0		-	-	-	-	7	0.517	1.014	0.668	0.171	
Περιεχόμενο οργανικών	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ανεμπόδιση θλίψη	q_u	kPa	-	-	-	-	3	27.8	479.2	233.0	228.5	
	ε	%	-	-	-	-	-	3.2	10.8	6.9	3.8	
Τριαξονική δοκιμή UU	c_u	kPa	-	-	-	-	4	81.2	386.8	191.3	140.3	
	ϕ_u	($^\circ$)	-	-	-	-	-	8.7	15.1	11.8	2.8	
Δοκιμή άμεσης διάτμησης	c	kPa	-	-	-	-	-	34.7	34.7	34.7	-	
CD	ϕ	($^\circ$)	-	-	-	-	1	23.6	23.6	23.6	-	
Δείκτης συμπίεστότητας	C_c		-	-	-	-	4	0.042	0.230	0.149	0.080	
Συντελεστής στερεοποίησης	C_v	$\times 10^{-4}$ cm ² /s	-	-	-	-	4	1.85	4.67	3.46	1.33	
Μέτρο συμπίεστότητας (δοκιμή πίεσης 100 kPa)	E_s	kPa	-	-	-	-	3	2532	9174	4852	3746.6	
Τάση διόγκωσης	P_δ	kPa	-	-	-	-	4	25	150	88	88.4	
Ποσοστό διόγκωσης	%	-	-	-	-	-	3	0.23	7.16	2.84	3.77	
Τάση διόγκωσης	σ_{sp}	kPa	-	-	-	-	3	7	320	122	172.0	
Συντελεστής διαπερατότητας	k	m/sec	1	1.13E-06	1.13E-06	1.13E-06	-	1	9.28E-07	9.28E-07	9.28E-07	-
Τιμές SPT	N / 30 cm		1	50	50	50	-	10	31	69	45	11

Πίνακας 5.7.4 :Ιδιότητες γεωτεχνικών στρώσεων GC1 & C1

Για την στρώση C1 δίνεται διάγραμμα μεταβολής του μέτρου συμπίεσότητας E_s σε σχέση με το φορτίο p όπως προέκυψε από τις δοκιμές μονοδιάστατης στερεοποίησης που εκτελέστηκαν σε 4 δείγματα της στρώσης καθώς και η μέση τιμή αυτών.



Σχ. 5.7.1 Μεταβολή του μέτρου συμπίεσότητας E_s συναρτήσει του φορτίου p της γεωτεχνικής στρώσης C1

5.7.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Ακολουθώντας και εφαρμόζοντας την μεθοδολογία που έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 4 και σε συνδυασμό με την σχετική βιβλιογραφία, οι χαρακτηριστικές παράμετροι σχεδιασμού κάθε γεωτεχνικής στρώσης δίνονται στους Πίνακες 5.7.4 έως 5.7.7:

➤ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ CS1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ
$N_{SPT,k}$	3
γ_k (kN/m ³)	20
ϕ'_k (°)	26
c'_k (kPa)	7
c_u (kPa)	25
$E_{s,k}$ (kPa)	2 500
k (m/sec)	$10^{-8} - 10^{-9}$

Πίνακας 5.7.4 : Προτεινόμενες παράμετροι της γεωτεχνικής στρώσης CS1

➤ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ CS2

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ
$N_{SPT,k}$	25
γ_k (kN/m ³)	21
ϕ'_k (°)	27
c'_k (kPa)	12
c_u (kPa)	6
$E_{s,k}$ (kPa)	8 000
k (m/sec)	$10^{-8} - 10^{-10}$

Πίνακας 5.7.5 : Προτεινόμενες παράμετροι της γεωτεχνικής στρώσης CS2

➤ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ GC1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ
$N_{SPT,k}$	50
γ_k (kN/m ³)	21
ϕ'_k (°)	29
c'_k (kPa)	3
c_u (kPa)	6
$E_{s,k}$ (kPa)	25 000
k (m/sec)	$10^{-8} - 10^{-19}$

Πίνακας 5.7.6 : Προτεινόμενες παράμετροι της γεωτεχνικής στρώσης GC1

➤ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΣΤΡΩΣΗ C1

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΙΜΗ
$N_{SPT,k}$	39
γ_k (kN/m ³)	20
ϕ'_k (°)	23
c'_k (kPa)	25
c_u (kPa)	90
$E_{s,k}$ (kPa)	10 000
k (m/sec)	$10^{-8} - 10^{-10}$

Πίνακας 5.7.7 : Προτεινόμενες παράμετροι της γεωτεχνικής στρώσης C1

Πτυχιακή εργασία

Σταυροπούλου Ηλιάννα

5.8 ΔΙΟΓΚΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΩΝ

Η διόγκωση των αργιλικών εδαφών είναι ένα φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται λόγω της απορρόφησης υδάτων από το υλικό και εκδηλώνεται μέχρι βάθους τέτοιου που η εφαρμοζόμενη πίεση λόγω υπερκείμενων γαιών εξισορροπεί την τάση διόγκωσης.

1^{ος} τρόπος προσδιορισμού διογκωσιμότητας : Οιδήμετρο

Στη θέση της γεώτρησης Γ1, σε βάθος 8.50-9.00 m (δείγμα Δ4), στη θέση της γεώτρησης Γ2, σε βάθος 7.70-8.00 m (δείγμα Δ3), όπως επίσης και στη θέση της γεώτρησης Γ3 σε βάθος 8.50-9.00 m (δείγμα Δ4), ο σχηματισμός της αργίλου παρουσίασε τάση διόγκωσης $p_s=7$ kPa, $p_s=320$ kPa και $p_s=40$ kPa αντίστοιχα, όπως μετρήθηκε στη συσκευή του οιδημέτρου, ενώ το ποσοστό διόγκωσης ήταν 0.23%, 7.16% και 1.14%, αντίστοιχα.

2^{ος} τρόπος προσδιορισμού διογκωσιμότητας : Δοκιμές κατάταξης

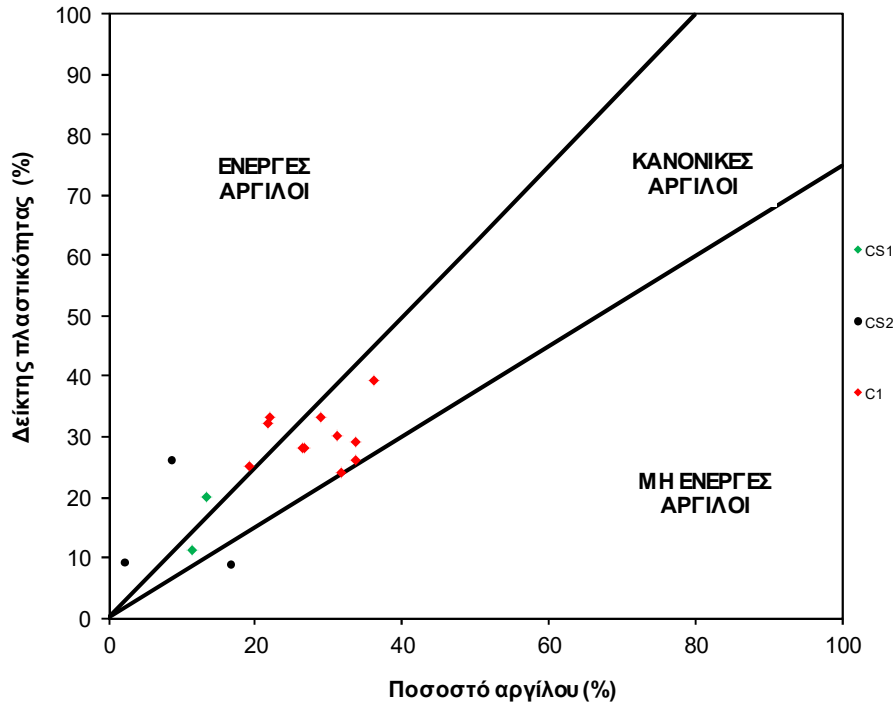
Επιπρόσθετα του προσδιορισμού του δυναμικού διόγκωσης στη συσκευή του οιδημέτρου, η εκτίμηση της διογκωσιμότητας γίνεται σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών κατάταξης των εδαφικών υλικών. Η διογκωσιμότητα των αργίλων εκτιμάται από την ενεργότητα κατά *Skempton*, η οποία συναρτάται με το δείκτη πλαστικότητας και το ποσοστό του αργλικού κλάσματος. Επίσης η διογκωσιμότητα των αργίλων εκτιμάται από το διάγραμμα του *Van der Merwe*, στο οποίο απεικονίζεται ο ποσοστιαίος δείκτης πλαστικότητας, I_{pW} (*weighted I_p, I_{pW}*) σε σχέση με το ποσοστό του αργλικού κλάσματος.

Στον Πίνακα 5.8.1 δίνονται τα αποτελέσματα κατάταξης δειγμάτων, η ενεργότητα και ο σταθμισμένος δείκτης πλαστικότητας. Στο Σχ. 5.8.1 δίνεται η κατάταξη, ως προς την διογκωσιμότητα των εδαφικών υλικών, η οποία συναντάται όπως προκύπτει από την εφαρμογή του κριτηρίου του *Skempton*, ενώ στο Σχ. 5.8.2 δίνεται η κατάταξη, ως προς την διογκωσιμότητα, των εδαφικών υλικών όπως προκύπτει από την εφαρμογή του κριτηρίου του *Van der Merwe*.

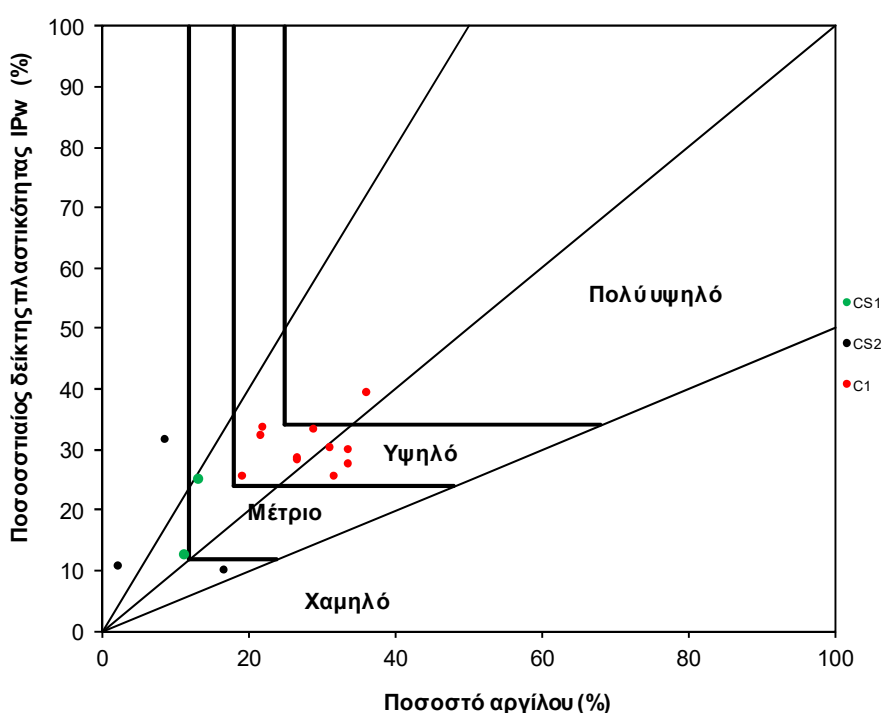
Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΔΕΙΓΜΑ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΟΡΙΑ ATTERBERG		ΚΟΜΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ					ΚΑΤΑΤΑΞΗ AUSCS	ΕΝΕΡΓΟ- ΤΗΤΑ	ΣΤΑΘΜΙ- ΣΜΕΝΟ PI	ΤΑΣΗ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ	ΗΞΥΔΙΣ ΣΤΡΩΣΗ
			LL (%)	PI (%)	ΧΑΛΙΚΕΣ (%)	ΑΜΜΟΣ (%)	ΛΕΠ-ΚΑ (%)	ΑΡΓΙΛΟΣ (%)	Νο4 (%)		A _c	IP _w %	P ₅ (kPa)	%	
Γ-2	Δ0	1.00 - 1.50	33.0	20.0	5	28	67	14	80.5	CL	1.48	24.84			CS1
Γ-3	Δ1	2.50 - 3.00	24.0	11.0	4	35	61	11	88.4	CL	0.96	12.44			
Γ-1	Δ2	4.60 - 4.80	26.6	8.7	7	9	85	17	86.8	CL	0.52	10.02			CS2
Γ-2	Δ1	3.30 - 3.50	21.7	8.9	6	31	63	2	83.5	CL	3.71	10.66			
Γ-3	Δ2	4.50 - 5.00	37.0	26.0	6	22	72	9	82.4	CL	2.99	31.55			C1
Γ-1	Δ3	6.50 - 7.00	49.0	28.0	0	2	97	27	99.2	CL	1.05	28.23			
	Δ4	8.50 - 9.00	54.0	33.0	0	4	96	29	99.2	CH	1.14	33.27	7	0.23	
	Δ5	10.50 - 11.00	53.0	33.0	0	4	96	22	98.4	CH	1.49	33.54			
Γ-2	Τ6	12.00 - 12.45	42.0	24.0	1	9	90	32	94.1	CL	0.75	25.50			
	Δ2	5.30 - 5.50	43.0	25.0	0	5	95	19	98.3	CL	1.30	25.43			
	Δ3	7.70 - 8.00	57.0	39.0	0	4	96	36	99.2	CH	1.08	39.31	320	7.16	
	Δ4	9.70 - 10.00	45.0	29.0	0	5	94	34	96.5	CL	0.86	30.05			
Γ-3	Δ5	11.60 - 12.00	42.0	26.0	0	8	92	34	94.9	CL	0.77	27.40			
	Δ4	8.50 - 9.00	47.0	28.0	0	5	95	27	98.2	CL	1.04	28.51	40	1.14	
	Δ5	10.50 - 11.00	50.0	30.0	0	3	97	31	99.6	CH	0.96	30.12			
	Τ6	12.00 - 12.45	52.0	32.0	0	3	97	22	99.5	CH	1.46	32.16			

Πίνακας 5.8.1 : Αποτελέσματα αξιολόγησης διόγκωσης



Σχ. 5.8.1 : Κατάταξη αργιλικών δειγμάτων κατά Skempton, 1953



Σχ. 5.8.1 : Κατάταξη αργιλικών δειγμάτων κατά Van der Merwe, 1964

Συμπεράσματα – αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Συναξιολογώντας τα αποτελέσματα της κατάταξης εδαφικών δειγμάτων και τα αποτελέσματα των δοκιμών ελεύθερης διόγκωσης στο οιδήμετρο βγαίνουν τα εξής συμπεράσματα :

- Τα δείγματα που προέρχονται από τη στρώση C1, βρίσκονται στην περιοχή υψηλής έως πολύ υψηλής διογκωσιμότητας κατά Van der Merwe και κατατάσσονται στην περιοχή κανονικών έως ενεργών αργίλων κατά Skempton.
- Η γεωτεχνική στρώση C1 η οποία αποτελεί και το έδαφος έδρασης της θεμελίωσης του κτηρίου παρουσιάζει τάση διόγκωσης που φθάνει τα 320 kPa, με αντίστοιχο ποσοστό διόγκωσης 7.16%.
- Οι στρώσεις CS1 και CS2 βρίσκονται στην περιοχή χαμηλής έως μέτριας διογκωσιμότητας κατά Van der Merwe και στην περιοχή κανονικών έως ενεργών αργίλων κατά Skempton.
- Η εκδήλωση ή όχι, αλλά και το μέγεθος της εκδηλωθείσας τάσης και ποσοστού διόγκωσης είναι κύρια συνάρτηση της τάσης υδαταπορρόφησης, η οποία συνδέεται με την περιεχόμενη υγρασία. Η μεταβολή της τάσης υδαταπορρόφησης προκαλεί παραμόρφωση, διόγκωση ή συρρίκνωση του εδαφικού δείγματος. Η αποφυγή των παραμορφώσεων αυτών συνίσταται κύρια στη λήψη μέτρων, ώστε να εξασφαλίζονται σταθερές συνθήκες υγρασίας (Fredlund & Rahardjo, 1993). Συμπύκνωση της σκάφης χωματοουργικών σε υγρασία μεγαλύτερη της βέλτιστης προκαλεί αμελητέα διόγκωση, ενώ συμπύκνωση σε υγρασία μικρότερη της βέλτιστης δύναται να προκαλέσει υψηλή διόγκωση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας και τις επικρατούσες υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής, δεν αναμένεται παρουσία υπόγειου υδάτινου οριζοντα στη θέση του οικοπέδου, που τυχόν διακύμανσή του θα προκαλούσε προβλήματα διογκώσεων/συρρικνώσεων. Παρόμοια προβλήματα δύναται να προκαλέσει η κατείσδυση όμβριων υδάτων ή αποχετευτικών διαρροών και για το λόγο αυτό προτάθηκε η λήψη μέτρων σφράγισης του περιμετρικού χώρου της επιφάνειας θεμελίωσης και μέτρα πλήρους επιφανειακής αποστράγγισης απορρεόντων υδάτων.

5.9 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ

Η σεισμική κατάταξη των εδαφών έχει ως εξής:

Με βάση τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000), οι γεωτεχνικές στρώσεις CS1, CS2, GS1 και C1 εντάσσονται στην κατηγορία Γ, με τιμές χαρακτηριστικών περιόδων $T_1 = 0.20$ sec και $T_2 = 0.80$ sec.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα EN 1998-1:2005, η γεωτεχνική στρώση CS1 εντάσσεται στην κατηγορία D ($N_{SPT} < 15$), ενώ οι γεωτεχνικές στρώσεις CS2, GS1 και C1 εντάσσονται στην κατηγορία C ($15 < N_{SPT} < 50$).

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας που εκτελέστηκε στην περιοχή κατασκευής του κτηρίου, από την επιφάνεια των γεωτρήσεων Γ-1, Γ-2 και Γ-3 έως το βάθος των 0.20m (+213.10), 0.30 m (+212.70) και 0.10 m (+212.85) αντίστοιχα, συναντήθηκε στρώση από τεχνητές επιχώσεις. Υποκείμενες των τεχνητών επιχώσεων βρέθηκαν :

- Γεωτεχνική στρώση CS1, που εκτείνεται έως το βάθος των 2.50 m (+210.8) στη Γ-1, 3.00 m (+210.0) στη Γ-2 και 4.00 m (+208.95) στη Γ-3.
- Γεωτεχνική στρώση CS2, που εκτείνεται έως τα βάθη των 5.00 m (+208.3) στη Γ-1, 5.00 m (+208.0) στη Γ-2 και 5.00 m (+207.95) στη Γ-3.
- Γεωτεχνική στρώση GS1, που εντοπίζεται τοπικά στη γεώτρηση Γ-3, από τα 5.00 m έως τα 7.00 m (+205.95).
- Γεωτεχνική στρώση C1, που εκτείνεται έως το μέγιστο ερευνηθέν βάθος των 12.45 m (+200.85), 12.00 m (+201.00) και 12.45 m (+200.50) στις γεωτρήσεις Γ-1, Γ-2 και Γ-3 αντίστοιχα.

Η θεμελίωση πρόκειται να πραγματοποιηθεί εντός της στρώσης C1, η οποία σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις, είναι χαμηλής συμπίεστικότητας. Το υπέδαφος θεμελίωσης (στρώση C1) παρουσιάζει ικανοποιητικές τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών, που σε συνδυασμό με απουσία στάθμης υπογείων υδάτων, συνιστά σχετικά ευμενή συνθήκη θεμελίωσης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και τη γεωτεχνική έρευνα προτάθηκε το υπό μελέτη κτήριο να θεμελιωθεί με μεμονωμένα πέδιλα και συνδετήριες δοκούς, σε συνδυασμό με περιμετρική πεδιλοδοκό.

Η θεμελίωση στο μεγαλύτερο τμήμα της εδράζεται εντός της στρώσης C1. Όμως, στην περιοχή της γεώτρησης Γ-3 τμήμα της θεμελίωσης θεωρήθηκε πιθανό να εδραστεί στη στρώση GS1. Προς εξασφάλιση ομοιόμορφων συνθηκών θεμελίωσης και για την εξομάλυνση της στρώσης έδρασης, προτάθηκε η κατασκευή εξυγιαντικής στρώσης, πάχους 0.50 m. Η αργιλική στρώση θεμελίωσης C1 παρουσιάζει κατά θέσεις υψηλή διογκωσιμότητα. Με δεδομένο το είδος θεμελίωσης (μεμονωμένα πέδιλα) και τα χαμηλά φορτία της κατασκευής, θεωρήθηκε ότι το υπέδαφος θεμελίωσης διαθέτει δυναμικό διόγκωσης, που με προσρόφηση υγρασίας, θα μπορούσε να προκαλέσει ρηγματώσεις στα δάπεδα του υπογείου. Για το λόγο αυτό πρέπει να διασφαλιστεί από το σχεδιασμό και την κατασκευή του κτηρίου η παρεμπόδιση της κατείσδυσης υδάτων στο υπέδαφος θεμελίωσης.

Ελλείψει διαθέσιμου χώρου τα πρηνή της εκσκαφής μορφώνονται κατακόρυφα. Η δημιουργία ελεύθερου πρηνούς προϋποθέτει τη λήψη αυστηρών μέτρων ασφαλείας για την εξάλειψη κάθε κινδύνου τοπικών καταπτώσεων, που είναι δυνατό να προκύψουν από απρόβλεπτες ενέργειες, παρεμβάσεις ή φορτίσεις στη στέψη του πρηνούς. Για τον ίδιο λόγο προτάθηκε συνεχής επίβλεψη των πρηνών και λήψη κατάλληλων μέτρων. Όπου αυτό δεν είναι εφικτό να διασφαλιστεί εξ αιτίας του σημαντικού βάθους εκσκαφής σε συνδυασμό με την απαίτηση για τον μέγιστο περιορισμό της επικινδυνότητας των εργασιών, συνιστάται η ενίσχυση των πρηνών με σύστημα υποστήριξης.

Προτάθηκε επίσης η διερεύνηση του βάθους θεμελίωσης του γειτονικού κτηρίου, καθώς επίσης και των δικτύων κοινής ωφέλειας, προκειμένου να ληφθούν υπόψη σε επόμενο στάδιο μελέτης αλλά και κατά τη φάση της κατασκευής. Επίσης, κατά το σχεδιασμό για να μην δημιουργούνται υπερπιέσεις στο σύστημα αντιστήριξης λόγω της παρουσίας υδάτων προβλέφθηκαν οπές ανακούφισης των απορροών.

Καθώς στο υπέδαφος θεμελίωσης διαπιστώθηκε η παρουσία αργιλικού εδάφους υψηλής διογκωσιμότητας, όπου με μεταβολή της υγρασίας έχει την δυνατότητα να διογκωθεί και να προκαλέσει ρηγματώσεις στα δάπεδα του υπογείου, απαιτήθηκε η λήψη κατάλληλων μέτρων και επαρκούς στεγάνωσης για την παρεμπόδιση της κατείσδυσης υδάτων στο υπέδαφος θεμελίωσης.

Πτυχιακή εργασία

Σταυροπούλου Ηλιάννα

Περίπτωση μελέτης : Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

Τέλος, στα πλαίσια της τελευταίας πρότασης – απαίτησης και ενώ κατά την φάση της εκσκαφής εντοπίστηκε μεγάλη εισροή υδάτων (Εικ. 6.1) προτάθηκαν και παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ε υπόγεια αποστραγγιστικά έργα. Πρόκειται για ημιδιάτρητο αγωγό στραγγιστηρίου Φ100 η διάταξη του οποίου δίνεται στο σχέδιου του παραρτήματος μαζί με τα υψόμετρα εκσκαφής και την κατεύθυνση ροής, και το φρεάτιο συλλογής και άντλησης των υπόγειων υδάτων, εσωτερικής διαμέτρου 1 m.



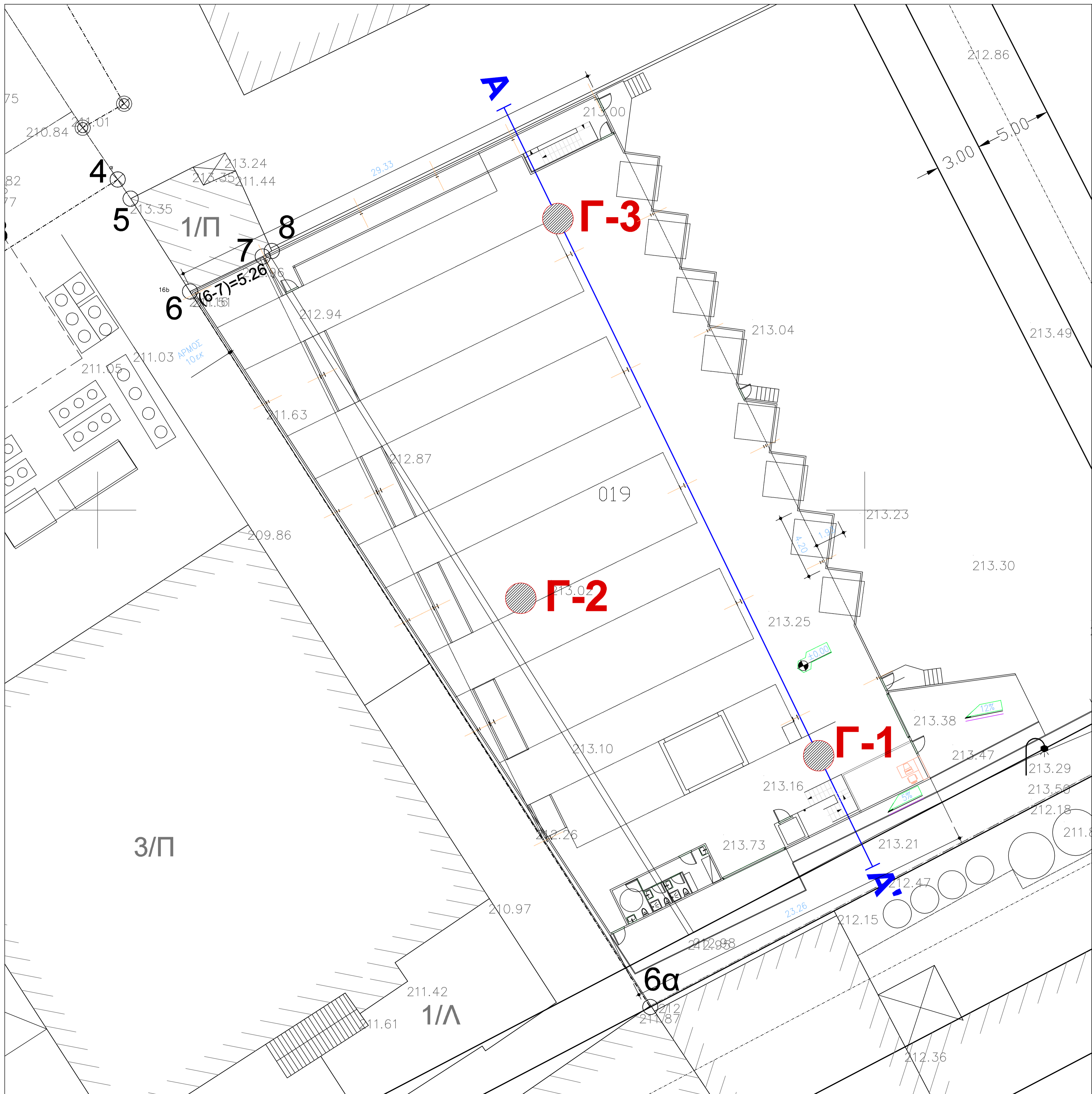
Εικ. 6.1 : Εισροή υδάτων κατά την εκσκαφή

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (Ε.Α.Κ.) 2000. Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.), Αθήνα, Σεπτέμβριος 1999.
- Κούκης Γ., Σαμπατακάκης Ν., 2007. Γεωλογία Τεχνικών Έργων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- Φ.Ε.Κ. 955B/1986: Προδιαγραφές εργαστηριακών (E105-86) και επί τόπου δοκιμών Εδαφομηχανικής (E106-86)
- Φ.Ε.Κ. 363B/1983: Τεχνικές Προδιαγραφές Δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων Ξηράς για γεωτεχνικές έρευνες. (E101-83).
- Γ.Κ.Στουρνάρας, Μ.Σταυροπούλου, Τεχνική Γεωλογία, Τζιόλα, Αθήνα, 2010
- Οδηγία Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) 11 - Άρθρο 2
- Προδιαγραφές γεωλογικών εργασιών μέσα στα πλαίσια των μελετών Τεχνικών Έργων, ΥΠΕΧΩΔΕ
- G.E.Barnes, Εδαφομηχανική: Αρχές και Εφαρμογές, Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2005
- Καθβαδάς Μ.ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ, Κεφάλαιο 11 Έκδοση Ε.Μ. Πολυτεχνείου, Σεπτέμβριος 2005
- Σακελλαρίου Μ., σημειώσεις «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ», ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΟΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ, Αθήνα, 2003
- Αναγνωστόπουλος Α., Καθβαδάς Μ., Παπαδόπουλος Β. (2009), "Σημειώσεις για τον Ευρωκώδικα 7 (EN 1997)", Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα
- Bowles J. E., *Foundation analysis and design*
- ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ, Ανάλυση των Αρχών Σχεδιασμού & Κατασκευής, ΤΟΜΟΣ Ι
- Türke H., *Statik im Erdbau*, p. 32-33
- *Soil mechanics, foundations and earth structures, Design Manual-7, Naval Facilities Eng. Command, Dept. of Navy, 1971*
- *Workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils*
- Ευρωκώδικας EN 1997-1: Γεωτεχνικός σχεδιασμός – Γενικοί κανόνες
- Εθνικό Προσάρτημα στον Ευρωκώδικα EN 1997-1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Γενική Διάταξη - Θέσεις Γεωτεχνικών Ερευνών



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Γ-*i* Θέση δειγματοληπτικής γεώτρησης Γ-*i*
- Α-Α' Θέση γεωτεχνικής τομής
- Κτίσμα

**ΘΕΣΕΙΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΚΑΙ
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΟΜΗΣ**

ΑΡ. ΣΧΕΔΙΟΥ :
ΣΧ. 1

ΚΛΙΜΑΚΑ :
1:200

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Τομές Υπεδάφους Γεωτρήσεων

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ : X= COORDINATES : Y=		ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ - BOREHOLE LOG															ΓΕΩΤΡΗΣΗ : BOREHOLE : Γ-1																							
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ : HEAD ELEVATION : +213.30		ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ / BOREHOLE LOCATION :													ΗΜ/ΝΙΑ : DATE :		ΦΥΛΛΟ : SHEET : 1 - 1																							
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - DESCRIPTION	ΔΙΑΤΡΗΣΗ - ΚΟΠΤΙΚΟ DRILLING - CORE BIT	ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΣΩΛΗΝΩΣΗ TEMPORARY CASING	ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ STANDPIPE PIEZOMETER	ΤΟΜΗ PATTERN	ΒΑΘΟΣ DEPTH	ΔΕΙΓΜΑ (*) SAMPLE	SPT	ΚΟΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ GRAIN SIZE ANALYSIS					ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ NATURAL WATER CONTENT				ΟΡΙΑ ATTERBERG ATTERBERG LIMITS				ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ SPECIFIC GRAVITY	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ BULK UNIT WEIGHT	ΟΡΓΑΝΙΚΑ ORGANIC CONTENT	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ COEFFICIENT OF PERMEABILITY	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΑΛΙΨΗ UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH	ΔΕΙΚΤΗΣ ΚΕΝΩΝ VOID RATIO	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ STRENGTH PARAMETERS					ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ OEDOMETER TEST				ΚΑΤΑΤΑΞΗ CLASSIFICATION				
								ΧΑΛΙΚΕΣ GRAVEL	ΑΜΜΟΣ SAND	ΛΕΠΤ/ΚΑ FINES	ΙΛΥΣ SILT	ΑΡΓΙΛΟΣ CLAY	w	LL	PL	PI	Gs	γs	%	k							qu	ε	eo	ΤΥΠΟΣ ΔΟΚ. TEST TYPE	c _u	φ _u	c'	φ'	Cc	Cv	Po	Pδ	AUSCS	AASHTO
								N/30cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kN/m ³	%	m/sec							kPa	%	%		kPa	(°)	kPa	(°)		x10 ⁻⁴ cm ² /sec	kPa	kPa		
Τεχνητές επιχώσεις.	↑				0																																			
Ερυθροκάστανη έως καστανή ιλυώδης-αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με χάλικες, μέσης πυκνότητας.	↑ T101W				0.20																																			
	↓ SPT				2	T1	12	18	47	34	34	1	11.2	19.4	14.5	4.9	2.69																				SC-SM	A-2-4		
Ερυθροκάστανη έως καστανή ιλυώδης-αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με λίγους χάλικες, πολύ πυκνής απόθεσης.	↑ T101W				2.50	Δ1		6	48	46	42	4	13.5	18.4	14.0	4.4	2.70																					SC-SM	A-4	
	↓ SPT				3		50/10cm																																	
Ανοιχτοκάστανη ιλυώδης ΑΡΓΙΛΟΣ, χαμηλής πλαστικότητας, ολίγη άμμος, ολίγα χαλίκια.	↑ T101W				4	T2		7	9	85	68	17	14.0	26.6	17.9	8.7	2.70																					CL	A-4	
	↓ SPT				4.40	Δ2																																		
Καστανή ιλυώδης ΑΡΓΙΛΟΣ μέσης έως υψηλής πλαστικότητας, σκληρή.	↑ T101W				6	T3	69	0	2	97	71	27	17.9	49.0	21.0	28.0	2.70	20.5								0.562	TX:UU	198.7	12.8	34.7	23.6						CL	A-7-6		
	↓ SPT				6.45	Δ3																																		
	↑ T101W				7																																			
	↓ SPT				8	T4	39	0	4	96	67	29	36.3	54.0	21.0	33.0	2.70	18.3																					CH	A-7-6
	↑ T101W				8.45	Δ4																																		
	↓ SPT				9																																			
	↑ T101W				10	T5	50	0	4	96	74	22	28.5	53.0	20.0	33.0	2.71	19.8																						
	↓ SPT				10.45	Δ5																																		
	↑ T101W				11																																			
	↓ SPT				11.45	Δ6																																		
Πέρασ γεώτρησης 12.45m					12	T6	36	1	9	90	58	32	20.4	42.0	18.0	24.0	2.71																							
					12.45																																			
					13																																			
					14																																			
					15																																			
					16																																			
					17																																			
					18																																			
					19																																			
					20																																			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Μετά το πέρας της διάτρησης δεν διαπιστώθηκε στάθμη υπογείων υδάτων.

REMARKS :

ΕΡΓΟ : PROJECT :

ΥΠΟΜΝΗΜΑ : (*) Δ : δείγμα φραγμού / disturbed sample, A : αδιατάρακτο δείγμα / undisturbed sample, T : δείγμα SPT / SPT sample

LEGEND : Π : δείγμα βράχου / rock specimen

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ : CLIENT :

ΣΕΛΙΔΑ : PAGE :

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ : X= COORDINATES : Y=	ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ - BOREHOLE LOG																ΓΕΩΤΡΗΣΗ : BOREHOLE : Γ-2																										
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΚΕΦΑΛΗΣ : HEAD ELEVATION : +212.50	ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ / BOREHOLE LOCATION :												ΗΜ/ΝΙΑ : DATE :		ΦΥΛΛΟ : SHEET : 1 - 1																												
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ - DESCRIPTION	ΔΙΑΤΡΗΣΗ - ΚΟΠΤΙΚΟ DRILLING - CORE BIT	ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΣΩΛΗΝΩΣΗ TEMPORARY CASING	ΠΙΣΤΟΜΕΤΡΟ STANDPIPE PIEZOMETER	ΤΟΜΗ PATTERN	ΒΑΘΟΣ DEPTH	ΔΕΙΓΜΑ (*) SAMPLE	SPT	ΚΟΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ GRAIN SIZE ANALYSIS					ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ NATURAL WATER CONTENT				ΟΡΙΑ ATTERBERG ATTERBERG LIMITS				ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ SPECIFIC GRAVITY	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ BULK UNIT WEIGHT	ΟΡΓΑΝΙΚΑ ORGANIC CONTENT	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ COEFFICIENT OF PERMEABILITY	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ UNCONFINED COMPRESSION STRENGTH	ΔΕΙΚΤΗΣ ΚΕΝΩΝ VOID RATIO	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΝΤΟΧΗΣ STRENGTH PARAMETERS					ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ OEDOMETER TEST				ΚΑΤΑΤΑΞΗ CLASSIFICATION							
								ΧΑΛΙΚΕΣ GRAVEL	ΑΜΜΟΣ SAND	ΛΕΠΤ/ΚΑ FINES	ΙΛΥΣ SILT	ΑΡΓΙΛΟΣ CLAY	w	LL	PL	PI	Gs	γs	κ	qu							ε	eo	ΤΥΠΟΣ ΔΟΚ. TEST TYPE	c _u	φ _u	c'	φ'	Cc	Cv	P _o	P _δ	AUSCS	AASHTO				
								%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kN/m ³	%	m/sec							kPa	%	%		kPa	(°)	kPa	(°)		x10 ⁻⁴ cm ² /sec	kPa	kPa					
Τεχνητές επιχώσεις.					0																																						
Ερυθροκάστανη έως καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας και αργιλώδης ΑΜΜΟΣ με χάλικες, πολύ χαλαρή.	↑ T101W ↓				0.30	Δ0																															CL	A-6					
	SPT				1	T1	3	5	28	67	53	14	19.5	33.0	13.0	20.0	2.71																					SC	A-6				
Ερυθροκάστανη έως καστανή αμμώδης ΑΡΓΙΛΟΣ χαμηλής πλαστικότητας με λίγους χάλικες, πολύ συνεκτική.	↑ T101W ↓				2	Δ2α																																CL	A-4				
	SPT				3	T2	21	6	31	63	60	2	13.2	21.7	12.8	8.9	2.68	20.8					200.9	5.0	0.460	DS:CD													CL	A-4			
Καστανή ιλυώδης ΑΡΓΙΛΟΣ, μέσης έως υψηλής πλαστικότητας, ολίγη άμμος, σκληρή.	↑ T101W ↓				4	Δ2																																CL	A-7-6				
	SPT				5	T3	50/14cm	0	5	95	76	19	21.0	43.0	18.0	25.0	2.69																						CL	A-7-6			
	↑ T101W ↓				6	Δ3																																		CH	A-7-6		
	SPT				7	T4	42	0	4	96	60	36	19.2	57.0	18.0	39.0	2.72	20.7								0.568	TX:UU	386.8	8.7											CH	A-7-6		
	↑ T101W ↓				8	Δ4																																		CL	A-7-6		
	SPT				9	T5	50/11cm	0	5	94	60	34	19.2	45.0	16.0	29.0	2.73																							CL	A-7-6		
Πέρασ γεώτρησης 12.00m	↑ T101W ↓				10	Δ5																																		CL	A-7-6		
					11																																						
					12																																						
					13																																						
					14																																						
					15																																						
					16																																						
					17																																						
					18																																						
					19																																						
					20																																						
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Μετά το πέρας της διάτρησης δεν διαπιστώθηκε στάθμη υπογείων υδάτων.												ΥΠΟΜΝΗΜΑ : (*) Δ : δείγμα φραγμού / disturbed sample, A : αδιατάρακτο δείγμα / undisturbed sample, T : δείγμα SPT / SPT sample																															
REMARKS :												LEGEND : Π : δείγμα βράχου / rock specimen																															
ΕΡΓΟ :												ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ :																															
PROJECT :												CLIENT :																															
												ΣΕΛΙΔΑ : PAGE :																															

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στατιστική Επεξεργασία Επιτόπου και Εργαστηριακών Δοκιμών

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ SPT

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΠΟ - ΕΩΣ	ΤΥΠΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΚΤΥΠΟΙ / 15 cm	N _{SPT}	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ
LAYER CS1					
Γ-1	2.00 - 2.45	Κοκκώδεις	2 - 2 - 10	12	Μέσης πυκνότητας
Γ-2	2.00 - 2.45	Κοκκώδεις	2 - 1 - 2	3	Πολύ χαλαρό
Γ-3	2.00 - 2.45	Συνεκτικό	2 - 2 - 2	4	Μέσης συνεκτικότητας
N				3	
X _{min}				3	
X _{max}				4	
X _m				4	
σ _{n-1}				0.7	
LAYER CS2					
Γ-1	4.00 - 4.10	Κοκκώδεις	50/10 - -	50	Πολύ πυκνής απόθεσης
Γ-2	4.00 - 4.45	Συνεκτικό	5 - 7 - 14	21	Πολύ συνεκτικό
Γ-3	4.00 - 4.45	Συνεκτικό	12 - 20 - 25	45	Σκληρό
N				3	
X _{min}				21	
X _{max}				45	
X _m				33	
σ _{n-1}				17.0	
LAYER C1					
Γ-1	6.00 - 6.45	Συνεκτικό	15 - 32 - 37	69	Σκληρό
	8.00 - 8.45	Συνεκτικό	8 - 14 - 25	39	Σκληρό
	10.00 - 10.45	Συνεκτικό	14 - 25 - 25	50	Σκληρό
	12.00 - 12.45	Συνεκτικό	14 - 17 - 19	36	Σκληρό
Γ-2	6.00 - 6.29	Συνεκτικό	15 - 50/14	50	Σκληρό
	8.00 - 8.45	Συνεκτικό	8 - 17 - 25	42	Σκληρό
	10.00 - 10.41	Συνεκτικό	10 - 22 - 50/11	50	Σκληρό
Γ-3	8.00 - 8.45	Συνεκτικό	11 - 22 - 27	49	Σκληρό
	10.00 - 10.45	Συνεκτικό	12 - 16 - 19	35	Σκληρό
	12.00 - 12.45	Συνεκτικό	14 - 15 - 16	31	Σκληρό
N				10	
X _{min}				31	
X _{max}				69	
X _m				45	
σ _{n-1}				11.0	
LAYER GS1					
Γ-3	6.00 - 6.29	Κοκκώδεις	22 - 50/14 -	50	Πολύ πυκνής απόθεσης
N				1	
X _{min}				50	
X _{max}				50	
X _m				50	
σ _{n-1}				-	

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

ΣΤΡΩΣΗ C1

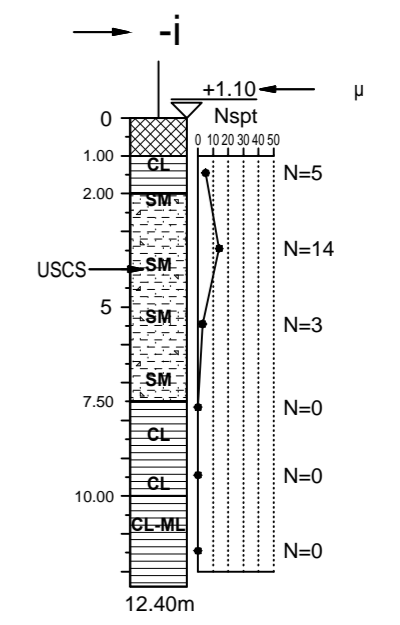
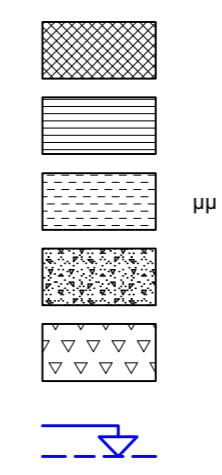
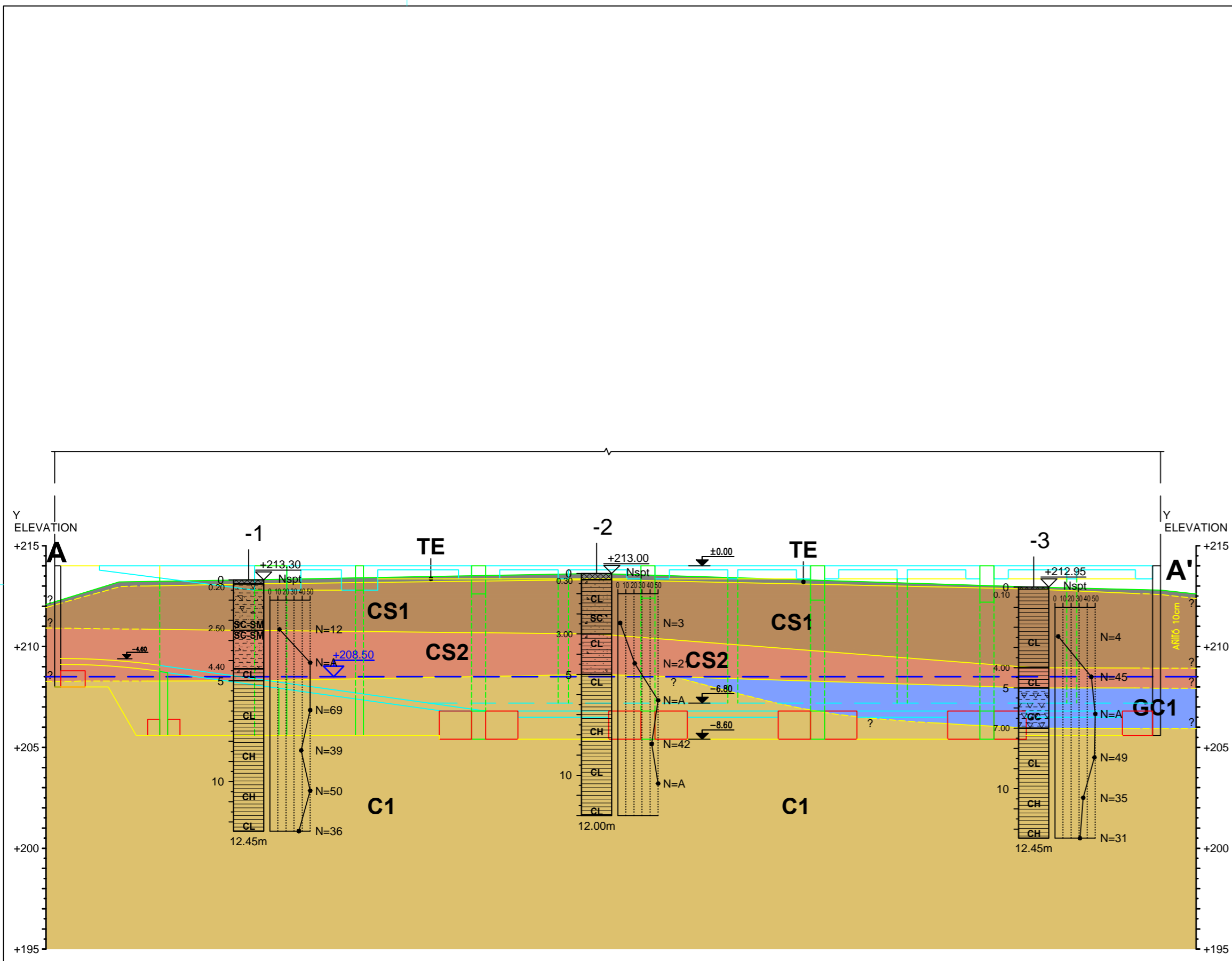
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΣΩΛΗΝΩΤΟ ΜΗΚΟΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	Σ.Υ.Υ.	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ
	(m)	(m)	(m)	(m/sec)	
Γ-2	6.50 - 7.00	0.50	-	9.28E-07	Χαμηλής Περρατότητας
N				1	
x_{min}				9.28E-07	
x_{max}				9.28E-07	
x_m				9.28E-07	
σ_{n-1}				-	

ΣΤΡΩΣΗ GC1

Γ-3	6.50 - 7.00	0.50	-	1.13E-06	Χαμηλής Περρατότητας
N				1	
x_{min}				1.13E-06	
x_{max}				1.13E-06	
x_m				1.13E-06	
σ_{n-1}				-	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

Γεωτεχνική Τομή



A - A'

A/A S/N	LAYERS	/ DESCRIPTION	/ DESIGN VALUES					
			Nspt	(k /m ²)	c _{uk} (kPa)	c' _v (kPa)	φ _v (°)	E _{sk} (MPa)
1		(μ μμ)	-	-	-	-	-	-
2	CS1	μμ (CL) μ (SC-SM, SC), μ μ	3.2	20.0	25.0	7.0	26.0	2.5
3	CS2	μμ (SC-SM), μ (CL) μ μ	24.5	21.0	60.0	12.0	27.0	8.0
4	GC1	μμ (GC),	-	21.0	-	3.0	29.0	25.0
5	C1	(CL,CH) μ μμ	38.8	20.0	90.0	25.0	23.0	10.0

Ανέγερση βιομηχανικού κτηρίου στην περιοχή της Κηφισιάς

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ A-A'

ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ
Σχ-03

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Διάταξη έργων υπόγειας αποστράγγισης

