

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Έρευνα • Γεωτρήσεις • Εργαστήριο



Ν. Παπαχαρίσης

Καθηγητής Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ.

Ν. Μάνου-Ανδρεάδη

Λέκτορας Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ.

Ι. Γραμματικόπουλος

Λέκτορας Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ.

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ

Αδελφών Κυριακίδη α.ε.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Έρευνα • Γεωτρήσεις • Εργαστήριο

624.151 32

ΔΩΡΕΑ

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Αρ. 117. 64006

ΠΑΠ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Έρευνα • Γεωτρήσεις • Εργαστήριο

Ν. Παπαχαρίσης

Καθηγητής Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ.

Ν. Μάνου-Ανδρεάδη

Λέκτορας Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ.

Ι. Γραμματικόπουλος

Λέκτορας Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ.

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΙΚΟΣ

Αδελφών Κυριακίδη α.ε.

Ν. Παπαχαρίση, Ν. Μάνου-Ανδρεάδη, Ι. Γραμματικόπουλου:
Γεωτεχνική Μηχανική. Έρευνα, Γεωτρήσεις, Εργαστήριο.

**ΤΙΜΗ Σ
ΕΝΕΚΕ Ν**

Αριθμός Εκτύπωσης: 398

ISBN 960 - 343 - 502 - 3

© 1999

Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.
Κων. Μελενίκου 5, Τ.Κ. 546 35, Θεσσαλονίκη
Τηλ. 031-208.540 (3 γραμμές), Fax 245.541
e-mail: johnkyr@the.forthnet.gr
Web: <http://www.dataunion.gr/kyriakidis>

Αθήνα: Ένωση Εκδοτών Βιβλίου Θεσσαλονίκης
Κεντρικό Αρσάκειο Μέγαρο, Στοά του Βιβλίου,
Πεσμαζόγλου 5, Τ.Κ. 105 64
τηλέφωνο και fax: 32.11.097

Η πνευματική ιδιοκτησία αποκτάται χωρίς καμμία διατύπωση και χωρίς την ανάγκη ρήτρας απαγορευτικής των προσβολών της. Πάντως, κατά το Ν. 2121/1993 και τη διεθνή σύμβαση της Βέρνης (που έχει κυρωθεί με το Ν. 100/1975) απαγορεύεται η αναδημοσίευση και γενικά η αναπαραγωγή του παρόντος έργου, με οποιονδήποτε τρόπο, (ηλεκτρονικό, μηχανικό, φωτοτυπικό, ηχογράφησης ή άλλο), τμηματικά ή περιληπτικά, στο πρωτότυπο ή σε μετάφραση ή άλλη διασκευή, χωρίς γραπτή άδεια εκδότη.

ΣΤΟΥΣ ΔΙΚΟΥΣ ΜΑΣ

**ΤΙΜΗΣ
ΕΝΕΚΕΝ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είμαι πολύ ευτυχής που μου δίνεται η ευκαιρία να προλογίσω το ανά χείρας σύγγραμμα. Ο κ. Ν. Παπαχαρίσης ήταν στο πλευρό μου από την πρώτη στιγμή το 1965 όταν προσπαθώντας, ξεκινώντας σχεδόν από το μηδέν, να δημιουργήσω τη βάση, στον ελληνικό ακαδημαϊκό χώρο, της Επιστήμης και της Τεχνολογίας του εδάφους, από την σκοπιά του Πολιτικού Μηχανικού. Η κυρία Ν. Μάνου-Ανδρεάδη και ο κ. Ι. Γραμματικόπουλος ήταν ήδη κοντά μου από τα φοιτητικά τους χρόνια. Για τους λόγους αυτούς, χαίρομαι ιδιαίτερα που βλέπω το ωραίο σύγγραμμα το οποίο, σε συνεργασία μεταξύ τους, παρουσιάζουν σήμερα.

Όταν παρακολουθεί κανείς τη διεθνή βιβλιογραφία, και ειδικότερα τις ανακοινώσεις στα Διεθνή Συνέδρια Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, που αναφέρονται σε εργαστηριακά θέματα, δεν μπορεί να μην εντυπωσιασθεί από την ανάπτυξη και την υψηλή εξειδίκευση που χαρακτηρίζει τις διάφορες μελέτες. Η μελέτη των κειμένων αυτών απαιτεί επίπονες προσπάθειες για την κατανόησή τους, που οφείλεται και στην πολλή ειδικευμένη μελέτη και στους συμβολισμούς που δεν είναι πάλι τυποποιημένος. Το πρακτικό ενδιαφέρον περιορίζεται έτσι αρκετά, και σχηματίζεται η εντύπωση ότι, σε ένα μεγάλο βαθμό, η θεωρητική έρευνα γίνεται αυτοσκοπός. Θεωρώ μεγάλο προσόν του παρόντος συγγράμματος το γεγονός ότι περιορίζεται συστηματικά στην παρουσίαση των μεθόδων και είναι προσιτό σ' όλους τους Μηχανικούς, χωρίς να απαιτείται βαθιά εξειδίκευση. Η επιλογή των καταλλήλων μεθόδων έρευνας είναι σημαντικό έργο και πρέπει να γίνεται με στόχο την όσο δυνατό μεγαλύτερη απλοποίηση ή την πιο οικονομική λύση. Η προσθήκη παραδειγμάτων εφαρμογής και πινάκων αποτελεσμάτων δικαιώνουν την αναζήτηση των καταλλήλων μεθόδων έρευνας για κάθε ειδική περίπτωση. Η παρουσίαση αυτή των εργαστηριακών μεθόδων προϋποθέτει μεγάλη πρακτική πείρα, και έτσι γίνεται πολύτιμη.

Η αντιμετώπιση των προβλημάτων που θέτει το έδαφος αναπτύσσονται σε τρεις φάσεις: τη φάση της σύνθεσης και τον γενικό σχολιασμό, την φάση της πειραματικής έρευνας και τη φάση των υπολογισμών.

Η πρώτη φάση, καίτοι πολύ συχνά παραμελείται, είναι ιδιαίτερα σημαντική. Επιτρέπει να τεθούν οι γενικές γραμμές της μελέτης και να προσανατολισθούν οι έρευνες και οι μελέτες. Ο κ. Ν. Παπαχαρίσης προσπαθεί στα πρώτα κεφάλαια να βοηθήσει στην σωστή αντιμετώπιση των θεμάτων αυτών.

Η κυρία Ν. Μάνου-Ανδρεάδη και ο κ. Ι. Γραμματικόπουλος προχωρούν στην παρουσίαση των εργαστηριακών μεθόδων με τη χρήση των συσκευών ελέγχου που διαθέτει το εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Α.Π.Θ.. Πρόκειται για πολύ σημαντική και ολοκληρωμένη εργασία που θα επιτρέψει σε κάθε Μηχανικό να οργανώσει την έρευνά του και απλούστερα να ερμηνεύσει σωστά τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών.

Η τρίτη φάση, η φάση των μελετών, δεν περιλαμβάνεται στο Σύγγραμμα, μια και θα απαιτούσε σχεδόν πλήρη ανάπτυξη των θεωριών της Εδαφομηχανικής. Δίνονται όμως ορισμένα στοιχεία της θεωρίας που κρίθηκαν απαραίτητα για την κατανόηση των εργαστηριακών μεθόδων.

Στο κεφάλαιο 10, "Συνοπτική απόδοση των εργαστηριακών δοκιμών και των βασικών όρων εδαφομηχανικής" καθώς και το παράρτημα "Έντυπα μετρήσεων - Έντυπα απεικόνισης

διαγραμμάτων" είναι ιδιαίτερα πολύτιμα για ένα Μηχανικό που διαθέτει περιορισμένο χρόνο για τα θέματα αυτά.

Οι επί τόπου δοκιμές καθώς και η μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών του εδάφους, που αναπτύσσονται σε άλλα συγγράμματα, δεν περιλαμβάνονται στο παρόν σύγγραμμα. Ας μου επιτραπεί τελειώνοντας να θυμηθώ το τεύχος "Εργαστηριακοί Προσδιορισμοί και Αποτελέσματα", το οποίο είχα εκδώσει από τα πρώτα χρόνια της θητείας μου στο Α.Π.Θ., γύρω στο 1966, και να το συγκρίνω με το καινούργιο σύγγραμμα "Γεωτεχνική Μηχανική". Η τεράστια διαφορά των δύο αυτών έργων αποδεικνύει την ανάπτυξη των εργαστηριακών μελετών στον Τομέα Γεωτεχνικής Μηχανικής του Α.Π.Θ. καθώς και τη μεγάλη ανάπτυξη των Εργαστηριακών δοκιμών. Ήδη με το πρώτο σύγγραμμα πολλοί απόφοιτοι της Σχολής μας έλυσαν τα προβλήματά τους. Οι σημερινοί φοιτητές όμως είναι ιδιαίτερα ισχυροί που διαθέτουν ένα τόσο πλήρες σύγγραμμα και ελπίζω ότι θα το εκτιμήσουν δεόντως.

Εύχομαι η "Γεωτεχνική Μηχανική" να εκπληρώσει τους στόχους που ενέπνευσαν τους συγγραφείς της.

Μάιος 1999

Δημ. Θ. Βαλαλάς
Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ (συγγραφέων)

Στις τελευταίες δεκαετίες παρατηρούνται αλματώδεις εξελίξεις στους διάφορους τομείς των θετικών επιστημών με αποτέλεσμα συνεχώς να διευρύνονται τα αντικείμενα που απασχολούν κάθε μία από αυτές.

Στον κλάδο της επιστήμης των Πολιτικών Μηχανικών η διεύρυνση αυτή είναι εξαιρετικά εμφανής και μάλιστα σε περιοχές όπου παρουσιάζονται νέες κατευθύνσεις, όπως ο κλάδος της Γεωτεχνικής Μηχανικής, κλάδος που παρουσιάζει μια συνεχή διεύρυνση σε θέματα εφαρμογών.

Η εφαρμογή των Η/Υ είχε σαν αποτέλεσμα την εξέλιξη της θεωρητικής Εδαφομηχανικής και των πειραματικών προσδιορισμών. Το έδαφος όμως σαν υλικό παραμένει πάντοτε ένα ιδιαίτερο υλικό, που η αντιμετώπισή του γίνεται, σε πρώτη αλλά βασική κατεύθυνση με τις κλασικές πειραματικές διατάξεις δοκιμών.

Το σύγγραμμα αυτό έχει σαν πρωταρχικό σκοπό την εκπαίδευση και προσαρμογή των φοιτητών και μεταπτυχιακών φοιτητών σε θέματα Γεωτεχνικής Μηχανικής, που περιλαμβάνουν τις ενότητες της Έρευνας, των Γεωτρήσεων και των Πειραματικών προσδιορισμών.

Οι διάφορες προδιαγραφές οργάνων, μεθόδων και πειραματικών προσδιορισμών, δίνουν αρκετές φορές τα πλαίσια στα οποία θα κινηθεί ή όχι ο Εργαστηριακός Μηχανικός.

Πιστεύουμε όμως ότι έχουμε δώσει και κάτι περισσότερο πέρα από αυτά που δίνονται στις προδιαγραφές εξέτασης των εδαφικών υλικών και που προέρχονται από την πολυετή ενασχόλησή μας σε θέματα Γεωτεχνικής Μηχανικής.

Από την άποψη αυτή το βιβλίο μας θα δώσει πάρα πολλές πληροφορίες στον Ελεύθερο Επαγγελματία Μηχανικό, το Μηχανικό των Υπηρεσιών του Δημοσίου, αλλά και ακόμη και στο Γεωτεχνικό Μηχανικό, για την αντιμετώπιση του εδαφικού υλικού στα προβλήματα που παρουσιάζονται.

Σαν φοιτητές και αργότερα συνεργάτες του Καθ. κ. Δ. Θ. Βαλαλά, ο οποίος ειδικά προλογίζει την έκδοση αυτή, τον ευχαριστούμε για ότι μας μετέδωσε σε χρόνια που η Εδαφομηχανική στην Ελλάδα τουλάχιστον, ήταν σε κατάσταση αρκετά απόμακρη.

Η διεξαγωγή όλων των πειραματικών δοκιμών έχει γίνει στο Εργαστήριο Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ.

Στη θέση αυτή θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Εργαστηριακούς κ. Ελ. Λιαπόπουλο, Τεχνολόγο Μηχανολόγο Μηχανικό και κ. Κων. Ζάχο, Ηλεκτρονικό, για τις επί σειρά ετών υπηρεσίες που προσφέρουν, στη διεξαγωγή των Εργαστηριακών προσδιορισμών και τη φροντίδα των οργάνων του Εργαστηρίου.

Εξαιρετικά πολύτιμη βοήθεια προσέφερε ο κ. Νόττας Μιχάλης που επιμελήθηκε με το σύστημα της ηλεκτρονικής στοιχειοθεσίας τα κείμενα, σχήματα, εικόνες και σελιδοποίηση του συγγράμματος, για τον λόγο αυτό τον ευχαριστούμε θερμώς.

Τέλος ευχαριστούμε τους εκδότες Αφούς Κυριακίδη για τη συμβολή τους στην έκδοση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	19
ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ	23
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ	
1.1. Γεωτεχνικές παρατηρήσεις και έλεγχοι στη μελέτη και παρακολούθηση των Γεωτεχνικών έργων	29
1.1.1. Γενικά	29
1.1.2. Επί τόπου δοκιμές	31
1.1.3. Αρχές μελέτης Γεωτεχνικών έργων	31
1.1.4. Περιορισμοί στις μεθόδους μελέτης	33
1.1.5. Η ανάγκη μετρήσεων επί τόπου και τοποθέτηση οργάνων στην Γεωτεχνική μηχανική	35
1.1.6. Σχεδιασμός, Οργάνωση και διεξαγωγή προγραμμάτων μετρήσεων	37
1.1.6.1. Γεωτεχνική προσέγγιση	37
1.1.7. Χρήση Η/Υ, αυτόματη καταγραφή και επεξεργασία αποτελεσμάτων μετρήσεων	39
1.1.7.1. Γενικά	39
1.1.7.2. Κατασκευή διαγραμμάτων	41
1.1.8. Συμπεράσματα	42
1.2. Σχεδιασμός, εκτέλεση και αξιολόγηση των Γεωτεχνικών ερευνών	43
1.2.1. Γενικά	43
1.2.2. Χαρακτηριστικά Γεωτεχνικής έρευνας	45
1.2.3. Πρόγραμμα, προμέτρησης εργασιών και προϋπολογισμού δαπάνης, για τη Γεωτεχνική έρευνα στο χώρο θεμελίωσης του έργου	45
1.2.3.1. Εργασίες υπαίθρου	46
1.2.3.2. Εργαστηριακές δοκιμές	49
1.2.3.3. Εργασίες γραφείου	49
1.2.3.4. Χρόνος εκτέλεσης	50
1.2.4. Αποτελέσματα Εδαφοτεχνικής Έρευνας	50
1.2.4.1. Εργασίες υπαίθρου	50
1.2.4.2. Νεότερα συστήματα ταξινόμησης βραχώδους μάζας	66
1.3. Εργαστηριακές δοκιμές	70
1.3.1. Δοκιμές κατάταξης	70
1.3.1.1. Κοκκομετρικές αναλύσεις	70
1.3.1.2. Προσδιορισμοί ορίων Atterberg	70
1.3.2. Βοηθητικές δοκιμές	70
1.3.3. Δοκιμές μηχανικών χαρακτηριστικών	70
1.3.4. Παρουσίαση	70
1.4. Ανακεφαλαίωση - Συμπεράσματα - Υπολογισμοί	72
1.4.1. Ανακεφαλαίωση, συμπεράσματα από τις γεωτρήσεις	72
1.4.2. Υπολογισμοί	74
1.4.2.1. Φέρουσα ικανότητα	74
1.4.2.2. Υπολογισμός των καθιζήσεων	75
1.5. Ειδικότερα θέματα ερευνών στο Έδαφος	77

1.5.1. Ενεργός κύρια τάση	77
1.5.2. Ρευστοποίηση του εδάφους	78
1.5.3. Διασωλήνωση	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

2.1. Γενικά	85
2.2. Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις	85
2.2.1. Εισαγωγή	85
2.2.2. Περιστροφικές δειγματοληπτικές γεωτρήσεις	87
2.2.2.1. Μέθοδος απευθείας διάτρησης με καροταρία	87
2.2.2.2. Μέθοδος απευθείας διάτρησης και επένδυσης με σωλήνες επένδυσης	87
2.2.2.3. Χρήση άλλων μεθόδων	88
2.3. Γεωτρητικός εξοπλισμός και τυποποίησή του	88
2.3.1. Εξοπλισμός επιφανείας	90
2.3.1.1. Γεωτρήπανα	91
2.3.1.2. Πύργος ή Ιστός εισαγωγής - εξαγωγής στελεχών	94
2.3.1.3. Αντλίες	94
2.3.2. Εξαρτήματα διάτρησης και δειγματοληψίας - πυρηνοληψίας	98
2.3.2.1. Στελέχη διάτρησης	98
2.3.2.2. Σωλήνες επένδυσης	100
2.3.2.3. Δειγματολήπτες - Πυρηνοσυλλέκτες	100
2.3.2.4. Δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων	106
2.3.2.5. Πυρηνοληψία βραχωδών δειγμάτων	117
2.3.2.6. Κοπτικά εργαλεία	126
2.3.2.7. Βοηθητικά εξαρτήματα γεωτρητικού εξοπλισμού	146
2.3.2.8. Όργανα επί τόπου δοκιμών	150

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

3.1. Φάσεις του εδάφους	157
3.1.1. Το έδαφος σαν ένα σύστημα τριών φάσεων	157
3.1.2. Χονδρά και λεπτά κλάσματα	158
3.1.3. Ορυκτολογική σύνθεση	159
3.1.4. Μεγέθη κόκκων	160
3.1.5. Σχήμα κόκκων	160
3.1.6. Εμβαδόν Επιφάνειας και Ειδικό Εμβαδόν	160
3.1.7. Υδάτινη φάση	160
3.1.8. Αέρια φάση	162
3.1.9. Δομή του εδάφους	162
3.2. Φυσικές ιδιότητες των εδαφών	164
3.2.1. Γενικά	165
3.2.2. Ταξινόμηση γαιωδών εδαφών με βάση τη δομή και τη σύστασή τους	165
3.3. Κατάταξη των εδαφών	168
3.3.1. Γενικά	168
3.3.2. Ιδιότητες των εδαφών που χρησιμοποιούνται για την κατάταξή τους	169
3.3.3. Κατάταξη των εδαφών με βάση το μέγεθος των κόκκων	170
3.3.4. Κατάταξη των εδαφών με βάση την υφή	174
3.3.5. Κατάταξη εδαφών με βάση την πλαστικότητα	177

3.3.6. Κατάταξη εδαφών με βάση διάφορα εδαφικά χαρακτηριστικά και παραμέτρους .	181
---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

4.1. Διατμητική Αντοχή	189
4.1.1. Η φύση της διατμητικής αντοχής	189
4.1.2. Μηχανισμός της διατμητικής αντοχής	191
4.1.3. Ιστορική αναδρομή στο πρόβλημα της διατμητικής αντοχής	191
4.2. Κύκλοι MOHR	193
4.2.1. Χαρακτηριστικές θέσεις και σημεία του κύκλου του Mohr	194
4.2.1.1. Περίπτωση 1 ^η	194
4.2.1.2. Περίπτωση 2 ^η	194
4.2.1.3. Περίπτωση 3 ^η	196
4.2.1.4. Περίπτωση 4 ^η	196
4.2.2. Προσδιορισμός της $\theta = f(\varphi)$ - Ίχνος επιπέδου θραύσης	198
4.2.3. Προσέγγιση των γωνιών $\hat{\theta}$ του κύκλου του Mohr	199
4.2.4. 1 ^η εφαρμογή των κύκλων του Mohr σε τριαξονική δοκιμή	200
4.2.5. 2 ^η εφαρμογή των κύκλων του Mohr σε τριαξονική δοκιμή	201
4.2.6. Γεωμετρική κατασκευή κοινής εφαπτομένης δύο κύκλων	201
4.2.7. 3 ^η εφαρμογή των κύκλων του Mohr σε μονοαξονική και τριαξονική εντατική κατάσταση	201
4.3. Διαδρομή τάσεων - Stress Path (SP)	203
4.3.1. Γενικά	203
4.3.2. Εφαρμογή σε όρους Stress Path (SP) της δοκιμής Οιδημέτρου	207
4.3.2.1. Περίπτωση $u_o = 0$	207
4.3.2.2. Περίπτωση $u_o \neq 0$	210
4.3.3. Εφαρμογή σε όρους Stress Path (SP), των συντελεστών A και B	210
4.4. Ενεργός και ουδέτερη τάση	213
4.4.1. Κατανομή εξωτερικού φορτίου σε ενεργές και ουδέτερες τάσεις - Συντελεστές A, B .	215
4.5. Στερεοποίηση	217
4.5.1. Υποστερεοποιημένα (SC) - Κανονικά Στερεοποιημένα (NC) και υπερστερεοποιημένα (OC) Εδάφη	217
4.6. Παραμορφώσεις Εδαφών	218
4.6.1. Ανάλυση σε τριαξονική εντατική κατάσταση	219
4.7. Προετοιμασία δειγμάτων για εργαστηριακές δοκιμές - Μορφοποιητής δοκιμίων	223
4.8. Απλοί και διπλοί μετρητικοί δακτύλιοι	225

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

5.1. Πειραματικός προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε νερό εδαφικού δείγματος, (Φυσική Υγρασία w_c)	229
5.1.1. Μέθοδος με ξήρανση στο φούρνο	229
5.1.1.1. Γενικά	229
5.1.1.2. Σκοπός της δοκιμής	230
5.1.1.3. Χρησιμοποιούμενα όργανα	230
5.1.1.4. Τρόπος εργασίας	230
5.1.1.5. Υπολογισμοί	231
5.1.1.6. Αποτελέσματα δοκιμής	232

5.1.2. Μέθοδος με πυκνόμετρο	232
5.1.2.1. Σκοπός της δοκιμής	232
5.1.2.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	232
5.1.2.3. Τρόπος εργασίας	232
5.1.2.4. Υπολογισμοί	232
5.2. Πειραματικός προσδιορισμός του φαινόμενου βάρους εδάφους γ , εδαφικού δείγματος .	233
5.2.1. Γενικά	233
5.2.2. Σκοπός της μεθόδου	233
5.2.3. Χρησιμοποιούμενα όργανα	234
5.2.4. Τρόπος εργασίας	234
5.2.5. Υπολογισμοί	235
5.3. Πειραματικός προσδιορισμός φαινόμενου βάρους των στερεών συστατικών του εδάφους, γ_s , (ή ειδικό βάρος G_s)	236
5.3.1. Γενικά	236
5.3.2. Σκοπός της μεθόδου	237
5.3.3. Χρησιμοποιούμενα όργανα	237
5.3.4. Μέθοδος της μικρής φιάλης	238
5.3.4.1. Τρόπος εργασίας	238
5.3.4.2. Υπολογισμοί	238
5.3.5. Μέθοδος της μεγάλης φιάλης	239
5.3.5.1. Τρόπος εργασίας	239
5.3.5.2. Υπολογισμοί	240
5.3.6. Μέθοδος πυκνομέτρου	240
5.3.6.1. Τρόπος εργασίας	240
5.3.6.2. Υπολογισμοί	240
5.4. Πειραματικός προσδιορισμός μεγέθους κόκκων εδαφικών δειγμάτων	242
5.4.1. Γενικά	242
5.4.2. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα	244
5.4.2.1. Σκοπός της μεθόδου	244
5.4.2.2. Μέθοδος κοκκομετρικής ανάλυσης με τη χρησιμοποίηση της σειράς των χονδρών κοσκίνων	248
5.4.2.3. Κοκκομετρική ανάλυση με τη σειρά των λεπτών κοσκίνων	250
5.4.2.4. Υπολογισμοί	251
5.4.3. Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο (υδρόμετρο) - Νόμος Stokes'	251
5.4.3.1. Γενικά	251
5.4.3.2. Σκοπός της Μεθόδου	254
5.4.3.3. Χρησιμοποιούμενα όργανα	254
5.4.3.4. Τρόπος εργασίας	255
5.4.3.5. Ανάλυση με την Μέθοδο καθίζησης ή Μέθοδο Υδρομέτρου	256
5.4.3.6. Μέθοδος προσδιορισμού του ενεργού βάρους μέσω των πινάκων για υδρόμετρα 151H και 152H	262
5.5. Πειραματικός προσδιορισμός ορίων Atterberg	267
5.5.1. Γενικά	267
5.5.1.1. Κατάταξη με βάση την πλαστικότητα	269
5.5.2. Πειραματικός προσδιορισμός ορίου υδαρότητας	272
5.5.2.1. Ρύθμιση συσκευής ορίου υδαρότητας	272
5.5.2.2. Τρόπος εργασίας	273

5.5.2.3. Καμπύλη ροής - όριο υδαρότητας	274
5.5.3. Πειραματικός προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας	274
5.5.3.1. Χρησιμοποιούμενα όργανα	274
5.5.3.2. Τρόπος εργασίας	274
5.5.4. Πειραματικός προσδιορισμός ορίου συρρίκνωσης	275
5.5.4.1. Χρησιμοποιούμενα όργανα	275
5.5.4.2. Τρόπος εργασίας	276
5.5.4.3. Υπολογισμοί	277
5.5.5. Δείκτες ορίων Atterberg	280
5.5.5.1. Δείκτης πλαστικότητας I_p	280
5.5.5.2. Δείκτης αντίστασης ή συνεκτικότητας I_L	280
5.5.5.3. Δείκτης αντίστασης ή συνεκτικότητας I_c	280
5.5.5.4. Δείκτης ροής I_f	280
5.5.5.5. Δείκτης σκληρότητας I_T	280
5.5.5.6. Ενεργότητα A	281
5.5.5.7. Λόγος συρρίκνωσης SR	282
5.5.5.8. Ογκομετρική συρρίκνωση VS	283
5.5.5.9. Γραμμική συρρίκνωση LS	283
5.5.5.10. Συμπεράσματα	283
5.6. Όρια Atterberg μίγματος αργιλικών εδαφών	285

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

6.1. Δοκιμή Συμπιεστότητας (Οιδήμετρο)	291
6.1.1. Οιδήμετρο - Εξίσωση που διέπει το φαινόμενο της στερεοποίησης	291
6.1.2. Μέθοδο προσδιορισμού των χρόνων t_{50} και t_{90}	293
6.1.2.1. Μέθοδος του A. Casagrande - Προσδιορισμός του χρόνου t_{50}	294
6.1.2.2. Μέθοδος Taylor - Προσδιορισμός του χρόνου t_{90}	294
6.1.3. Συντελεστής πρωτεύουσας στερεοποίησης c_v	295
6.1.4. Συντελεστής Διαπερατότητας	296
6.1.5. Προσδιορισμός της μονοδιάστατης καθίζησης	296
6.1.6. Συντελεστές παραμόρφωσης	297
6.1.7. Τάση στερεοποίησης σ_c'	298
6.1.7.1. Μέθοδος του Casagrande	298
6.1.7.2. Μέθοδος του Schmertmann	299
6.1.7.3. Μέθοδος Janbu	299
6.1.7.4. Σκοπιμότης αναζήτησης της σ_c' ($\sigma'_{v_{max}}$)	300
6.1.8. Οδηγίες δοκιμής συμπιεστότητας (οιδημέτρου)	300
6.1.8.1. Σκοπός της δοκιμής	300
6.1.8.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	300
6.1.8.3. Τρόπος εργασίας	300
6.1.8.4. Σύστημα και χρόνοι μετρήσεων	301
6.1.8.5. Φορτίσεις	302
6.1.8.6. Υπολογισμοί και αποτελέσματα Δοκιμής Οιδημέτρου	304
6.1.9. Συμπλήρωση - Επεξήγηση του εντύπου από τις μετρήσεις στη συσκευή οιδη- μέτρου	307
6.1.10. Πρόβλημα εφαρμογής - Δοκιμή οιδημέτρου σε αδιατάρακτο δοκίμιο για τον	

προσδιορισμό των μεγεθών παραμόρφωσης	308
6.1.10.1. Συμπλήρωση - Επεξεργασία του "Εντόπου καταγραφής συνολικών ημερήσιων ενδείξεων μηκυνσιομέτρου και υπολογισμού χαρακτηριστικών μεγεθών"	315
6.1.11. Άσκηση εφαρμογής του χρόνου στερεοποίησης	319
6.1.12. Πρόβλημα εφαρμογής του χρόνου στερεοποίησης	319
6.1.13. Ακριβής ανάγνωση σε κλίμακα δεκαδικού λογαρίθμου	320
6.2. Δοκιμή διόγκωσης (Laboratory Swelling Pressure Test)	321
6.3. Δοκιμή διόγκωσης	323
6.3.1. Εισαγωγή	323
6.3.2. Η διόγκωση και η συρρίκνωση στα αργιλικά εδάφη	324
6.3.2.1. Ο μηχανισμός διόγκωσης και συστολής των αργίλων	325
6.3.3. Η αναγνώριση των διογκουμένων εδαφών	326

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

7.1. Δοκιμή απ' ευθείας διάτμησης	331
7.1.1. Σκοπός της δοκιμής	331
7.1.2. Δοκιμή απ' ευθείας διάτμησης συνεκτικών εδαφών (Ίλύς και Άργιλλος)	331
7.1.2.1. Συσκευή της Soil Test - Χρησιμοποιούμενα όργανα	331
7.1.2.2. Τρόπος εργασίας	332
7.1.2.3. Συσκευή της Wykeham Farance	334
7.1.3. Καταγραφή και επεξεργασία μετρήσεων - Αποτελέσματα	336
7.1.4. Παράδειγμα δοκιμής απ' ευθείας διάτμησης	338
7.1.5. Άσκηση δοκιμής απ' ευθείας διάτμησης	340
7.1.6. Άσκηση δοκιμής απ' ευθείας διάτμησης	341
7.2. Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης (ανεμπόδιστης)	342
7.2.1. Γενικά	342
7.2.2. Τρόπος εργασίας	344
7.2.3. Υπολογισμοί - Διαγράμματα	345
7.2.4. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δοκιμής	346
7.2.5. Παράδειγμα	346
7.3. Τριαξονική δοκιμή	348
7.3.1. Γενικά	348
7.3.2. Γενικά για τη θεωρία της τριαξονικής θλίψης	352
7.3.3. Είδη τριαξονικών δοκιμών	354
7.3.3.1. Μη αποστραγγιζόμενη δοκιμή	355
7.3.3.2. Αποστραγγιζόμενη δοκιμή	362
7.3.4. Αρχές της τριαξονικής δοκιμής	366
7.3.4.1. Σκοπός της δοκιμής	367
7.3.4.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	367
7.3.4.3. Μηχανή θλίψης	368
7.3.5. Τριαξονική δοκιμή σε συνεκτικά εδάφη. Διαδικασία θραύσης του δοκιμίου	374
7.3.5.1. Δοκιμές χωρίς στερεοποίηση χωρίς αποστράγγιση (UU) (γρήγορη δοκιμή)	374
7.3.5.2. Δοκιμές με στερεοποίηση και αποστράγγιση (CD) σε κορεσμένα δοκίμια	378
7.3.6. Τριαξονική δοκιμή σε ψαθυρά εδάφη. Διαδικασία θραύσης του δοκιμίου	380
7.3.6.1. Πορεία της δοκιμής	380
7.3.7. Παραδείγματα εργαστηριακών τριαξονικών δοκιμών	381
7.3.7.1. Παράδειγμα 1 ^ο	382

7.3.7.2. Παράδειγμα 2 ^ο	383
7.3.7.3. Παράδειγμα 3 ^ο	390
7.4. Το ηλεκτρονικό σύστημα GDS	402
7.4.1. Γενικά	402
7.4.2. Το GDS Χαμηλής Πίεσης Τριαξονικό Σύστημα δοκιμών	402
7.4.2.1. Διάταξη Συστήματος	403
7.4.2.2. Στοιχεία Συστήματος	404
7.4.2.3. Λειτουργία Συστήματος	407
7.4.3. Το GDS Υψηλής Πίεσης Τριαξονικό Σύστημα	411
7.5. Το GDS Σύστημα Τριαξονικών Δοκιμών Υψηλής Συχνότητας	412
7.5.1. Περιγραφή συστήματος	412
7.5.1.1. Σύστημα τριαξονικών δοκιμών σε 10 Hz	412
7.5.1.2. Σύστημα τριαξονικών δοκιμών σε συχνότητα 2 Hz	414
7.5.2. Συμπερασματικά σχόλια	414

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

8.1. Γενικά	417
8.1.1. Δοκιμή απ' ευθείας διάτμησης μη συνεκτικών εδαφών (Άμμων και Αμμοχαλίκων) με τη χρησιμοποίηση κιβωτίου διάτμησης μεγάλων διαστάσεων	417
8.1.1.1. Σκοπός της δοκιμής	417
8.1.1.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	417
8.1.1.3. Τρόπος εργασίας	418
8.1.2. Έμμεσος προσδιορισμός διατμητικής αντοχής μη συνεκτικών (ψαθυρών) εδαφών, (άμμων και αμμοχαλίκων)	423
8.1.2.1. Γενικά. Σκοπός της δοκιμής	423
8.1.2.2. Αντιμετώπιση του προβλήματος	423
8.1.2.3. Σχέση προσδιορισμού	424
8.1.2.4. Συντελεστές της σχέσης	425
8.1.2.5. Τρόπος εργασίας	426
8.1.3. Δοκιμή δακτυλιοειδούς διάτμησης συνεκτικών εδαφών	429
8.1.3.1. Γενικά	429
8.1.3.2. Σκοπός της δοκιμής	432
8.1.3.3. Χρησιμοποιούμενα όργανα	433
8.1.3.4. Μηχανικός έλεγχος	434
8.1.3.5. Τρόπος εργασίας	434
8.1.3.6. Υπολογισμοί	436
8.1.3.7. Πειραματική εφαρμογή της δοκιμής δακτυλιοειδούς διάτμησης	439
8.1.4. Συσκευή Digital controller της GDS και η χρήση της	446
8.1.4.1. Σύντομη παρουσίαση - Δυνατότητες	446
8.1.4.2. Συμπεράσματα	447

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

9.1. Γενικά	449
9.1.1. Εξοπλισμός εκσκαφής, διαχωρισμού φόρτωσης και μεταφορά	450
9.1.2. Εξοπλισμός διάστρωσης αναμόχλευσης και ανάμιξης	450
9.1.3. Εξοπλισμός συμπύκνωσης	450
9.1.4. Τύποι δοκιμών	451

9.1.5. Εργαστηριακές μέθοδοι δυναμικής συμπίκνωσης συνεκτικών εδαφών	451
9.2. Πειραματικός προσδιορισμός βέλτιστης συμπίκνωσης συνεκτικών εδαφών κατά Proctor	456
9.2.1. Σκοπός της μεθόδου	456
9.2.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	456
9.2.3. Μέθοδοι συμπίκνωσης. Τρόπος εργασίας	457
9.3. Μέθοδος πρότυπης δοκιμής συμπίκνωσης κατά Proctor	458
9.3.1. Γενικά	458
9.3.2. Υπολογισμοί	459
9.3.3. Διόρθωση για υλικά μεγάλης διαμέτρου κόκκων	461
9.4. Μέθοδος τροποποιημένης δοκιμής συμπίκνωσης κατά Proctor	465
9.4.1. Βαθμός συμπίκνωσης	466
9.5. Άλλες μέθοδοι συμπίκνωσης	466
9.6. Μέθοδος Harvard	467
9.6.1. Σκοπός της μεθόδου	467
9.6.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	467
9.6.3. Τρόπος εργασίας	468
9.6.4. Υπολογισμοί	471
9.7. Πειραματικός προσδιορισμός βέλτιστης συμπίκνωσης μη συνεκτικών εδαφών	471
9.7.1. Γενικά	471
9.7.2. Μέθοδος προσδιορισμού του μέγιστου ξηρού φαινομένου βάρους μη συνεκτι- κών (ψαθυρών), εδαφών με τη χρησιμοποίηση δονητικής τράπεζας	473
9.7.2.1. Σκοπός της δοκιμής	473
9.7.2.2. Χρησιμοποιούμενα όργανα	473
9.7.2.3. Τρόπος εργασίας	475

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΟΡΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

10.1. Συνοπτική απόδοση των εργαστηριακών δοκιμών	483
10.1.1. - Δ ₁ : Κατάταξη των εδαφών	483
10.1.2. - Δ ₂ : Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα	484
10.1.3. - Δ ₃ : Κοκκομετρική ανάλυση με Υδρόμετρο (Μέθοδος Stokes)	485
10.1.4. - Δ ₄ : Όρια του Atterberg	486
10.1.5. - Δ ₅ : Δοκιμή απ' ευθείας διάτμησης	488
10.1.6. - Δ ₆ : Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης	489
10.1.7. - Δ ₇ : Τριαξονική δοκιμή	490
10.1.8. - Δ ₈ : Δοκιμή συμπίεστότητας (Οιδήμετρο)	493
10.1.9. - Δ ₉ : Δοκιμή Proctor	495
10.2. Συνοπτική απόδοση των βασικών όρων Εδαφομηχανικής	496
10.2.1. Γενικές έννοιες	496
10.2.2. Βασικά γεωφυσικά χαρακτηριστικά	498
10.2.3. Πλαστικότητα και Συνεκτικότητα - Όρια και Δείκτες	499
10.2.4. Έννοιες ψαθυρών εδαφών - Κατατάξεις	501
10.2.5. Ιδιότητες Μηχανικές και Υδραυλικές των εδαφών	502
10.2.6. Έννοιες παραμόρφωσης	506

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΕΝΤΥΠΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΕΝΤΥΠΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ



9 789603 435020

ISBN 960-343-502-3