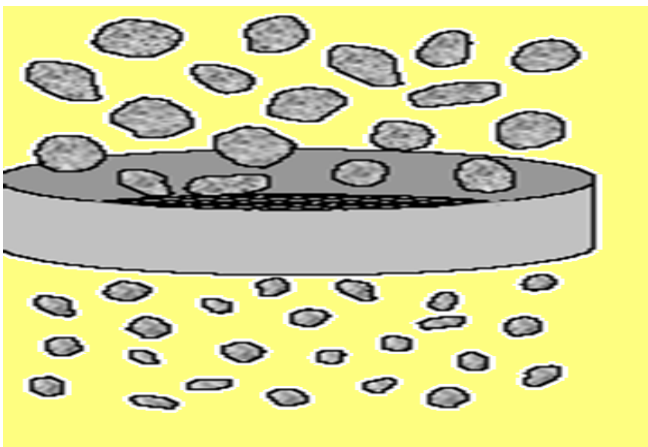


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: << ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ >>



ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : Dr. ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΜΠΟΥΡΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

A.M. 3139

ΞΕΝΟΥ ΑΘΗΝΑ

A.M. 3044

ΠΑΤΡΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	ΣΕΛΙΔΑ
1.1 Γενικά για την εξήγηση της έννοιας ακέραιου πετρώματος.....	4
1.2 Μηχανική συμπεριφορά ακέραιου πετρώματος.....	6
1.3 Ιδιότητες πετρωμάτων.....	8
1.4 Επίδραση των ασυνεχειών στη μηχανική συμπεριφορά του πετρώματος.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ	
2.1 Γενικά για την έννοια ασυνέχεια.....	10
2.2 Παράμετροι για τον χαρακτηρισμό των ασυνεχειών.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ	
3.1 Εξαρτήματα γεώτρησης των δειγμάτων.....	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ	
4.1 Γενικά για τις δοκιμές της βραχομηχανικής.....	23
4.2 Προδιαγραφές εκτέλεσης εργαστηριακών δοκιμών βραχομηχανικής.....	24
4.3 Δειγματοληψία πετρωμάτων και διαμόρφωση δειγμάτων.....	24
4.4 Προσδιορισμός φυσικών παραμέτρων.....	31
4.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας πετρώματος.....	32
4.4.2 Προσδιορισμός φαινόμενου βάρους – ξηρής πυκνότητας με τη χρήση μικρόμετρου.....	33
4.4.3 Προσδιορισμός πορώδους πυκνότητας και λόγου κενών με τη χρήση μικρόμετρου και συσκευής κενού.....	36
4.4.4 Προσδιορισμός πορώδους και λόγου κενών με τη μέθοδο της άνωσης και συσκευής κενού.....	39
4.4.5 Προσδιορισμός του δείκτη κενών.....	42

4.4.5 Προσδιορισμός του δείκτη κενού.....	42
4.4.6 Προσδιορισμός δείκτη χαλάρωσης.....	45
4.5 Προσδιορισμός δυναμικών παραμέτρων.....	48
4.5.1 Προσδιορισμός της ταχύτητας των υπέρηχων κυμάτων.....	48
4.6 Προσδιορισμός σκληρότητας με τη χρήση του σφυριού Schmidt.....	53
4.7 Προσδιορισμός δείκτη σημειακής φόρτισης.....	56
4.8 Προσδιορισμός της αντοχής σε μοναξονική θλίψη.....	65
4.9 Προσδιορισμός της αντοχής σε μοναξονική θλίψη με σύγχρονη μέτρηση και προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας (E) και του λόγου poisson (V).....	72
4.10 Έμμεσος προσδιορισμός της εφελκυστικής – θλίψη κατά γενέτειρα (Brazilian test)..	74
4.11 Προσδιορισμός της διατμητικής αντοχής ασυνεχειών.....	78
4.12 Δοκιμή κάμψης.....	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

5.1 Γενικά για τις επί τόπου δοκιμές.....	92
5.2 Εφαρμογή των επί τόπου δοκιμών σε διάφορους εδαφικούς τύπους.....	95
5.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εργαστηριακών και επί τόπου δοκιμών.....	96

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	98
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Γεωτεχνική Μηχανική εξετάζει την αλληλεπίδραση των κατασκευών με την Γη με σκοπό τον ασφαλή και οικονομικό σχεδιασμό. Χρησιμοποιεί έννοιες από την Αντοχή των Υλικών καθώς και από την Τεχνική Γεωλογία. Οι δύο κύριοι κλάδοι της Γεωτεχνικής Μηχανικής είναι:

1. **Η Εδαφομηχανική** που εξετάζει τα έργα που εδράζονται στο ή κατασκευάζονται από το έδαφος, τα λεπτόκοκκα δηλαδή επιφανειακά ιζήματα. Το κύριο πρόβλημα της εδαφομηχανικής είναι η εκτίμηση της αντοχής του εδάφους και η διαφασική συμπεριφορά εδάφους - νερού.
2. **Η Βραχομηχανική** που εξετάζει τα έργα που απαιτούν όρυξη πετρωμάτων του φλοιού. Το βασικό πρόβλημα της βραχομηχανικής είναι η ταξινόμηση της βραχομάζας (πετρώματα με την δομή τους - ασυνέχειες) για η εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς και της αντοχής της.

Ο όρος **βραχομηχανική** αναφέρεται στη βασική επιστήμη της μηχανικής εφαρμοσμένη στα πετρώματα. Η βραχομηχανική είναι επιστήμη και θεωρία. Είναι επιστήμη ως το βαθμό που το ζητούμενο είναι η μελέτη των πετρωμάτων σε ελεγχόμενες συνθήκες και είναι θεωρία γιατί ξεκινώντας από αυτή τη μελέτη προσπαθεί να βγάλει συμπεράσματα για την συμπεριφορά πολύπλοκων γεωλογικών δομών και κατασκευών στα πετρώματα που υπάρχουν ή πρόκειται να γίνουν. Ο όρος τεχνική βραχομηχανική αναφέρεται στη χρησιμοποίηση της βραχομηχανικής σε οποιαδήποτε τεχνική δραστηριότητα που έχει άμεση σχέση με τα πετρώματα. Τα πετρώματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες σε πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα.

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Βράχος (**rock**) είναι το φυσικό στερεό ορυκτό υλικό που εμφανίζεται σε μεγάλες μάζες ή θραύσματα ή κάθε φυσικά σχηματισμένο συσσωμάτωμα ορυκτού υλικού που εμφανίζεται σε μεγάλες μάζες ή θραύσματα .

Σύμφωνα με τους TERZAGHI και PECK (1967) ενώ σαν έδαφος χαρακτηρίζεται ένα φυσικό σύνολο ορυκτών κόκκων που μπορούν να διαχωριστούν με απλά μηχανικά μέσα (π.χ. ανακίνηση μέσα στο νερό), όλα τα υπόλοιπα αποτελούν το βράχο ή πέτρωμα. Τα περισσότερα πετρώματα είναι συσσωματώματα ορυκτών με μορφή κρυστάλλων ή κόκκων που συνδέονται μεταξύ τους με φυσική συγκολλητική ύλη.

Τα όρια διαχωρισμού μεταξύ εδάφους - βράχου είναι ασαφή και από μηχανικής πλευράς τοποθετούνται σε τιμές αντοχής σε μοναξονική θλίψη του υλικού της τάξης του **1 MPa**. Για το λόγο αυτό, ο χώρος μεταξύ εδάφους - βράχου καλύπτεται από γεωλογικά υλικά «ενδιάμεσης μηχανικής συμπεριφοράς» που τελευταία άρχισαν να μελετώνται συστηματικά και καλούνται σκληρά εδάφη - μαλακοί βράχοι (Hard soils - Soft rocks). Ο χώρος αυτός καλύπτει γεωλογικά υλικά με τιμές αντοχής σε μοναξονική θλίψη που κυμαίνονται από **0.50** μέχρι **25 MPa** .

Στην Τεχνική Γεωλογία και τη Βραχομηχανική, ο όρος «βράχος» με τη γενικότερη έννοια που αποδόθηκε παραπάνω, διακρίνεται στις παρακάτω κύριες γεωλογικές δομές οι οποίες και κατά βάση οριοθετούν τη μηχανική συμπεριφορά του:

- **Βραχώδες υλικό (rock material) ή ανέπαφο ή ακέραιο πέτρωμα (intact rock)**

Είναι ένα συνεχές, πολύκρυσταλλικό ορυκτό στερεό σώμα, που έχει συνήθως μέγεθος πυρήνα γεώτρησης και μπορεί να εξεταστεί εργαστηριακά. Είναι απαλλαγμένο από ασυνέχειες μεγάλης κλίμακας (διακλάσεις, στρώσεις κ.λπ.) αλλά μπορεί να περιέχει ασυνέχειες μικρής κλίμακας όπως σχιστότητα, φύλλωση κ.λπ. (DEERE, 1968). Συχνά αναφέρεται και άρρηκτο πέτρωμα ή άθικτος βράχος.

- **Ασυνέχεια (discontinuity)**

Είναι κάθε επίπεδο αδυναμίας ή αποχωρισμού του πετρώματος το οποίο παρουσιάζει πολύ μικρή ή μηδενική αντοχή σε εφελκυσμό (π.χ. στρώση, διάκλαση, σχιστότητα, ρήγμα κ.λπ.).

- **Βραχομάζα (rock mass)**

Είναι ένα ασυνεχές στερεό μέσο το οποίο αποτελείται από βραχώδες υλικό που διατέμνεται από γεωλογικές ασυνέχειες. Στην πραγματικότητα, η βραχομάζα αποτελεί τη φυσική κατάσταση ενός πετρώματος, δηλαδή όπως αυτό συναντάται στο ύπαιθρο και σε μεγάλη έκταση.

Αυτό που σε τελική ανάλυση κυρίως ενδιαφέρει είναι η βραχομάζα εφόσον μέσα (π.χ σήραγγα, πρανές) ή πάνω (π.χ θεμελίωση) σε αυτή θα κατασκευαστεί το τεχνικό έργο. Συνεπώς, η μηχανική συμπεριφορά της βράχο-μάζας είναι το ζητούμενο τελικά και για να εκτιμηθεί θα πρέπει να είναι γνωστή η συμπεριφορά του βραχώδους υλικού (ακέραιου πετρώματος) καθώς επίσης και η επίδραση των ασυνεχειών.

1.2 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΑΚΕΡΑΙΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ

Το κατά πόσο το ακέραιο πέτρωμα ή βραχώδες υλικό (π.χ. ένα δείγμα πετρώματος ή ένας πυρήνας γεώτρησης) μπορεί να θεωρηθεί σαν ιδανικό υλικό, εξαρτάται από τρεις κύριους παράγοντες: την ισοτροπία, την ομοιογένεια και τη συνέχεια του.

Η ισοτροπία είναι ένα μέτρο των ιδιοτήτων του υλικού κατά διεύθυνση. Επειδή πολλά πετρώματα παρουσιάζουν εκλεκτικό προσανατολισμό των κρυστάλλων τους που έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό σχιστότητας κ.λπ., αναμένεται να αντιδρούν διαφορετικά σε εξωτερικές τάσεις κατά διαφορετικές διευθύνσεις, οπότε χαρακτηρίζονται σαν ανισότροπα.

Η ομοιογένεια είναι ένα μέτρο της φυσικής συνέχειας του υλικού. Έτσι σε ένα ομοιογενές υλικό, τα συστατικά του (κόκκοι, συγκολλητική ύλη) είναι κατανεμημένα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ένα οποιοδήποτε τμήμα του να έχει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του υλικού αυτού. Έτσι, είναι δυνατό να περιγράψουμε ένα λεπτοκρυσταλλικό πέτρωμα σαν σχεδόν ομοιογενές, ενώ αντίθετα ένα αδροκρυσταλλικό, πολύμικτο σαν ανομοιογενές.

Η συνέχεια αναφέρεται στο πλήθος των μικρορωγμών και πόρων που υπάρχουν στο ακέραιο πέτρωμα, που λόγω της πολύ συχνής παρουσίας τους θα μπορούσαν γενικά να χαρακτηριστούν σαν ασυνεχή. Ακόμα και οι μικρότερες δομικές μονάδες (κρύσταλλοι, κόκκοι) δεν μπορούν να θεωρηθούν σαν συνεχή μέσα αφού σε μικροσκοπική κλίμακα εμφανίζουν μικρορωγμές, σχισμό κ.λπ.

Με βάση τα παραπάνω, το βραχώδες υλικό σε σπάνιες περιπτώσεις θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ιδανικό υλικό οπότε και να ακολουθεί τους νόμους που διέπουν τα υλικά αυτά (π.χ ελαστικότητα). Επειδή το ακέραιο πέτρωμα είναι φυσικό υλικό, είναι πρακτικά απίθανο να παρουσιάζει την ελεγχόμενη φυσική και μηχανική συμπεριφορά των τεχνικών υλικών.

Σαν βραχώδες υλικό ή ακέραιο πέτρωμα μπορεί να χαρακτηριστεί το πέτρωμα που δεν εμφανίζει μεγάλης κλίμακας ασυνέχειες και τέτοια υλικά είναι τα βραχώδη εργαστηριακά δείγματα ή οι πυρήνες των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων. Αντίθετα, η μάζα των πετρωμάτων (βραχομάζα) διακόπτεται από τις μακροασυνέχειες (στρώση, διακλάσεις, ρήγματα κ.λπ.) και γενικά θεωρείται σαν ασυνεχές μέσο. Και το ίδιο όμως το ακέραιο

πέτρωμα είναι δυνατό να εμφανίζει ανισοτροπία που οφείλεται στις μικρής κλίμακας ασυνέχειες (φύλλωση, σχιστότητα κ.λπ.) που επηρεάζουν σημαντικά τη μηχανική του συμπεριφορά στο εργαστήριο.

Η απλή γεωλογική και πετρογραφική περιγραφή του ακέραιου πετρώματος δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Τεχνικής Γεωλογίας και της Βραχομηχανικής. Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός ενός συνόλου χαρακτηριστικών (ή δεικτών) που δίνουν τις σχετικές και απαραίτητες πληροφορίες για την ταξινόμηση του, όπως: το μέγεθος των κόκκων, η πυκνότητα, το πορώδες, η σκληρότητα, ο βαθμός αποσάθρωσης - εξαλλοίωσης, η αντοχή κ.α. Τα χαρακτηριστικά αυτά εξαρτώνται κυρίως από τις φυσικές ιδιότητες των ορυκτών που συμμετέχουν στη σύσταση του ακέραιου πετρώματος και από το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των ορυκτών αυτών. Έτσι, έχουν προταθεί μερικές ομάδες δεικτών περιγραφής του ακέραιου πετρώματος που φαίνονται στον Πίνακα 1 (GEOLOGICAL SOCIETY-ENGINEERING GROUP, 1977). Οι ιδιότητες που περιλαμβάνονται στην ομάδα I του παραπάνω πίνακα είναι καθαρά περιγραφικές, της ομάδας II προσδιορίζονται με απλές δοκιμές (στο εργαστήριο ή επί τόπου), απαιτούν μικρή ή καμία προετοιμασία του δείγματος του πετρώματος και έχουν ημιποσοτικό χαρακτήρα, ενώ της ομάδας III μπορούν να προσδιοριστούν άμεσα με εργαστηριακές δοκιμές, είναι ποσοτικές και απαραίτητες στο σχεδιασμό τεχνικών έργων.

Πίνακας 1. Δείκτες περιγραφής - ταξινόμησης πετρωμάτων για γεωτεχνικούς σκοπούς

ΟΜΑΔΑ I	ΟΜΑΔΑ II	ΟΜΑΔΑ III
Τύπος	Σκληρότητα	Αντοχή
Χρώμα	Ανθεκτικότητα	Μέτρο Ελαστικότητας
Μέγεθος κόκκων	Πορώδες	Λόγος Poisson
Δομή & ιστός	Πυκνότητα	Πρωτογενής υδροπερατότητα
Αποσάθρωση	Αντοχή	
Εξαλλοίωση	Ταχύτητα διάδοσης κυμάτων	
Αντοχή		

Η παράμετρος «αντοχή» αναφέρεται και στις τρεις ομάδες δεικτών του Πίνακα 1 καθώς αυτή μπορεί να εκτιμηθεί με διάφορους τρόπους, τόσο έμμεσα π.χ. με κτυπήματα με το γεωλογικό σφυρί στην ομάδα I και με τη δοκιμή σημειακής φόρτισης ή το σφυρί Schmidt στην ομάδα II, όσο και άμεσα με την εκτέλεση της δοκιμής σε ανεμπόδιστη (μοναξονική) θλίψη στο εργαστήριο στην ομάδα III.

Ο προσδιορισμός των παραπάνω δεικτών γίνεται με τη βασική γεωλογική και πετρογραφική διερεύνηση καθώς και την εκτέλεση των κλασικών εργαστηριακών δοκιμών

Βραχομηχανικής .

1.3 Ιδιότητες των Πετρωμάτων

Οι ιδιότητες των πετρωμάτων και των άλλων φυσικών υλικών είναι δυνατόν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στις Φυσικές ιδιότητες
- Στις Μηχανικές ιδιότητες

Οι φυσικές ιδιότητες περιλαμβάνουν ιδιότητες που περιγράφουν ποσοτικά ή και ποιοτικά τα φυσικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων, ενώ οι μηχανικές ιδιότητες περιγράφουν την αντοχή των υλικών αυτών σε διάφορες μορφές καταπονήσεων. Στις μηχανικές ιδιότητες περιλαμβάνονται και οι διάφορες σταθερές που επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά των υλικών, όπως σταθερές ελαστικότητας κ.τ.λ.

Έτσι λοιπόν στη Βραχομηχανική ως κυριότερα Φυσικά και Μηχανικά Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά συναντούνται τα παρακάτω:

1) Φυσικά Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά:

- Ειδικό βάρος στερεών
- Ξηρή πυκνότητα
- Πορώδες
- Ποσοστό υγρασίας
- Σκληρότητα
- Αντίσταση σε εκτριβή
- Υδατοαπορροφητικότητα
- Ευαισθησία σε αποσάθρωση

2) Μηχανικά Γεωτεχνικά χαρακτηριστικά:

Η αντοχή του πετρώματος προσδιορίζεται από τις απλές δοκιμές Βραχομηχανικής (αξονική θλίψη, διάτμηση, εφελκυσμός, κάμψη). Μερικές από αυτές παρουσιάζονται στη συνέχεια και

μας επιτρέπουν να προσδιορίσουμε την αντοχή του πετρώματος αλλά και άλλες παραμέτρους όπως το μέτρο ελαστικότητας και ο λόγος Poisson.

1.4 Επίδραση των Ασυνεχειών στη Μηχανική Συμπεριφορά του Πετρώματος

Γενικά, έχει αποδειχτεί πειραματικά ότι επέρχεται μείωση της αντοχής του πετρώματος ή της βραχόμαζας, λόγω της παρουσίας ασυνεχειών.

- Μία ασυνέχεια δεν μπορεί να μεταφέρει εφελκυστικές τάσεις κάθετα στην επιφάνεια της
- η διατμητική αντοχή κατά μήκος της επιφάνειας μίας ασυνέχειας είναι συνήθως μειωμένη σε σχέση μ' αυτή του ακέραιου πετρώματος

Επίσης, η παρουσία ασυνεχειών επηρεάζει και τις ελαστικές παραμέτρους του υλικού, καθώς και τις ταχύτητες διάδοσης των ελαστικών κυμάτων μέσα από τη μάζα του υλικού.

Είναι επομένως φανερό ότι δεν μπορεί να γίνει μία πλήρης μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς ενός πετρώματος, εάν δεν γίνει παράλληλα μία εμπειριστατωμένη μελέτη των ασυνεχειών που διέπουν τη συμπεριφορά του εν λόγω υλικού.

- Υπολογίζονται οι ιδιότητες του άρρηκτου πετρώματος με εργαστηριακές δοκιμές και στη συνέχεια τα μέτρα των εργαστηριακών αυτών μηχανικών ιδιοτήτων ανάγονται σε αντίστοιχες τιμές για τη βραχόμαζα, σύμφωνα με ορισμένους (εμπειρικούς συνήθως) συντελεστές μείωσης.
- Υπολογίζονται οι ιδιότητες του πετρώματος με εργαστηριακές δοκιμές σε αντιπροσωπευτικά δείγματα μεγάλου μεγέθους, στα οποία λαμβάνεται υπόψη και ο προσανατολισμός του δείγματος και τα μέτρα των μηχανικών αυτών ιδιοτήτων λαμβάνονται ως οι τιμές για τη βραχόμαζα.
- Υπολογίζονται οι ιδιότητες του πετρώματος με επί τόπου δοκιμές και τα μέτρα των μηχανικών αυτών ιδιοτήτων λαμβάνονται ως οι τιμές για τη βραχόμαζα..

Ανάλογα με την εφαρμογή αλλά και την αξιοπιστία του τρόπου υπολογισμού των μηχανικών ιδιοτήτων της βραχόμαζας, προσδιορίζονται οι συντελεστές ασφάλειας που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε κάθε φάση κατασκευής του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ

Γενικά

Οι ασυνέχειες των **πετρωμάτων** κατά τον Muller (1963) είναι εκείνες που καθορίζουν τη μηχανική συμπεριφορά τους και κάνουν τη βραχομηχανική ένα ξεχωριστό κλάδο της μηχανικής. Ο όρος ασυνέχεια (discontinuity), προτιμάται από τον όρο θραύση (fracture), και χαρακτηρίζει κάθε επιφάνεια διαχωρισμού του πετρώματος η οποία έχει πρακτικά μηδενική εφελκυστική αντοχή. Ο όρος είναι γενικός δίχως να συναρτάται με τον τρόπο δημιουργίας της ασυνέχειας, εμπεριέχει δε συγγεντικές και επιγενετικές δομές. Συγγεντικές δομές είναι τα ασθενή επίπεδα διάστρωσης, οι ρωγμές αποξήρανσης και οι λεπτοστρώσεις, στα ιζηματογενή πετρώματα, οι διακλάσεις ψύξης στα εκρηξιγενή και τα ασθενή επίπεδα σχιστότητας στα μεταμορφωμένα πετρώματα. Επιγενετικές δομές είναι οι ζώνες εξαλλοίωσης, οι ασθενείς ζώνες, τα ρήγματα (μεταπτώσεις), οι επαφές, οι ολισθηρές επιφάνειες (slickensides) και οι διακλάσεις (ή κατακλάσεις) συνεπεία ορογενετικών κινήσεων ή αποτόνωσης.

Ειδικότερα, διάκλαση ονομάζεται κάθε θραύση του πετρώματος, γεωλογικής προέλευσης, κατά μήκος της οποίας δεν υπάρχει εμφανής μετακίνηση. Μια ομάδα παραλλήλων διακλάσεων ονομάζεται σύνολο (ή οικογένεια), και σύνολα διακλάσεων που διατέμνονται σχηματίζουν σύστημα διακλάσεων. Οι διακλάσεις μπορεί να είναι ανοικτές, πληρωμένες ή ανασυγκολλημένες. Συχνά διακλάσεις δημιουργούνται παράλληλα με τα επίπεδα στρώσης, φύλλωσης και σχισμού και ονομάζονται διακλάσεις στρώσης, φύλλωσης και σχισμού αντίστοιχα.

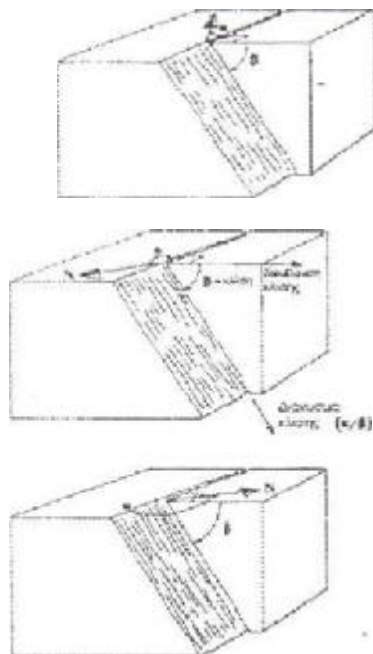
Ρήγμα είναι μία θραύση κατά μήκος της οποίας υπάρχει εμφανής μετακίνηση από μερικά εκατοστά έως μερικά χιλιόμετρα. Τα τοιχώματα λόγω της διατμητικής μετακίνησης έχουν συνήθως γραμμώσεις και είναι στιλπνά ολισθηρά. Συχνά το πέτρωμα και στα δύο τοιχώματα του ρήγματος είναι θρυμματισμένο, εξαλλοιωμένο και αποσαθρωμένο, με αποτέλεσμα την πλήρωση του με λατυποπαγές και άργιλο. Το πλάτος των ρηγμάτων κυμαίνεται από μερικά χιλιοστά έως εκατοντάδες μέτρα.

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

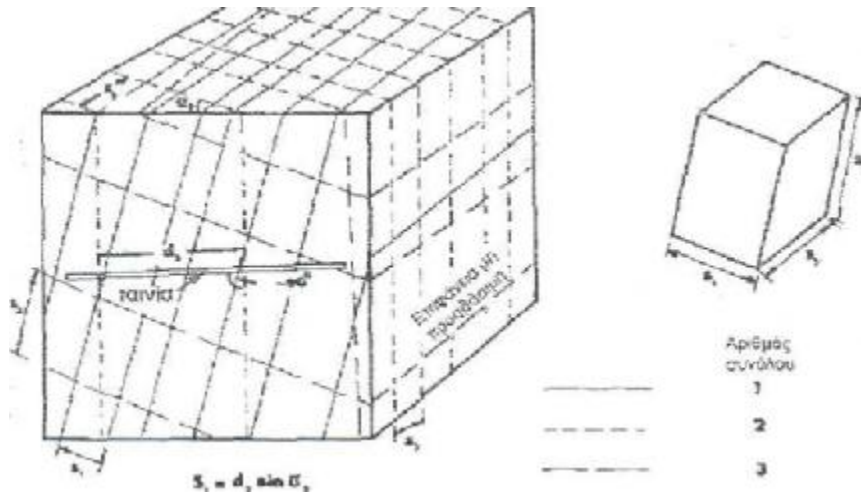
Η Διεθνής Εταιρεία Βραχομηχανικής έχει επιλέξει δέκα **παραμέτρους** (Brown, 1981) **για το χαρακτηρισμό των ασυνεχειών** και της δομής της βραχομάζας. Αυτές είναι οι εξής:

1. **Προσανατολισμός.** Περιγράφεται από τη διεύθυνση κλίσης ή αζιμούθιο και την (μέγιστη) κλίση του επιπέδου της **ασυνέχειας**. Στο Σχήμα φαίνονται οι γωνίες της παράταξης a ($0 - 180^\circ$), της κλίσης β ($0-90^\circ$) και της διεύθυνσης κλίσης $\alpha = a \pm 90^\circ$ ($0-360^\circ$). Το διάνυσμα κλίσης δίνεται ως a/β . Στην πολική προβολή η θέση του πόλου του επιπέδου ορίζεται από τις

γωνίες: $a_{\rho\acute{o}\lambda\omicron\upsilon} = a_{k\lambda\iota\sigma\eta\upsilon} \pm 180^\circ, b_{\rho\acute{o}\lambda\omicron\upsilon} = 90^\circ - b_{k\lambda\iota\sigma\eta\upsilon}$.

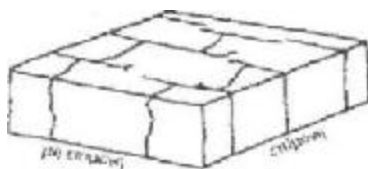


2. **Απόσταση ορθή.** Είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ διαδοχικών ασυνεχειών. Συνήθως αναφέρεται στη μέση ή στη συνηθέστερη ορθή απόσταση ενός συνόλου ασυνεχειών. Ανάλογα με τη συνηθέστερα μετρούμενη ορθή απόσταση χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά πυκνές (<20mm) έως εξαιρετικά αραιές (>6m). Στο σχήμα φαίνονται οι συνηθέστερες (modal) ορθές αποστάσεις s_1, s_2, s_3 ενός συστήματος 3 συνόλων (οικογενειών) ασυνεχειών, καθώς και η μετρούμενη συνηθέστερη (λοξή) απόσταση a_2 του συνόλου 2.



Μέτρηση της απόστασης μεταξύ των ασυνεχειών σε αποκαλυπτόμενη επιφάνεια του πετρώματος.

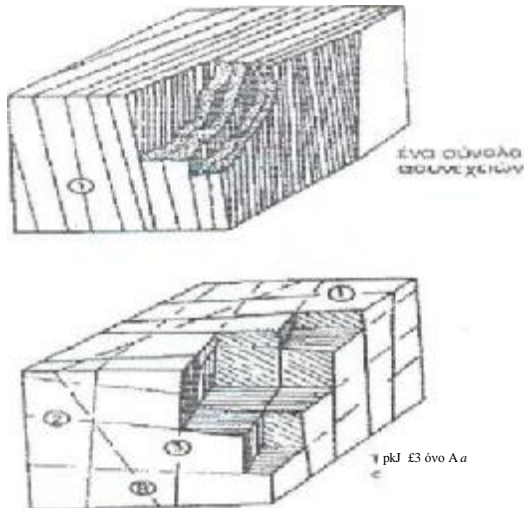
3. **Εμμογή** (ή επιμονή ή ανάπτυξη ή συνέχεια). Είναι το μήκος του ίχνους μιας ασυνέχειας που παρατηρείται σε μία αποκάλυψη του πετρώματος. Δίνει ένα μέτρο της χωρικής έκτασης ή του μήκους διεύθυνσης μιας ασυνέχειας. Το σταμάτημα της σε συμπαγές πέτρωμα ή σε άλλες ασυνέχειες μειώνει την εμμογή της. Ανάλογα με το συνηθέστερο (modal) μήκος του μετρημένου ίχνους χαρακτηρίζονται από πολύ μικρής (<1m) έως πολύ μεγάλης (>20m) εμμογής. Στο Σχήμα παρακάτω φαίνονται σε τομή και σε ογκοδιάγραμμα παραδείγματα εμμογής συνόλων ασυνεχειών. Με βάση το είδος του τερματισμού των ασυνεχειών, τα σύνολα διακρίνονται: σε συστηματικά όταν οι ασυνέχειες τους εκτείνονται εκτός της επιφάνειας αποκάλυψης, σε υπό συστηματικά όταν τερματίζουν σε άλλες ασυνέχειες της αποκαλυπτόμενης επιφάνειας και σε μη συστηματικά όταν κυριαρχούν οι ασυνέχειες που τερματίζουν σε πέτρωμα.



Σκαριφήμα και ογκοδιάγραμμα στο οποίο εμφανίζεται η σχετική εμμογή διαφόρων συνόλων ασυνεχειών..

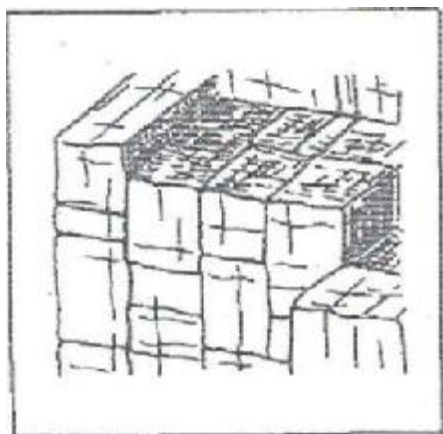
4. **Αριθμός συνόλων**. Είναι ο αριθμός των συνόλων ασυνεχειών που συνιστούν το σύστημα ασυνεχειών της βραχομάζας. Η βραχομάζα διακρίνεται, με βάση τον αριθμό των συνόλων, σε εννέα κατηγορίες, από συμπαγές πέτρωμα (I), έως συντριμμένο πέτρωμα (IX). Στο παρακάτω Σχήμα φαίνεται σε ογκοδιάγραμμα βραχομάζα διατεμνόμενη από ένα (κατηγορία II) και από τρία (κατηγορία VI) σύνολα ασυνεχειών. Η βραχομάζα δύναται να διαχωρίζεται

και από μεμονωμένες ασυνέχειες οι οποίες καταγράφονται σε ατομική βάση.

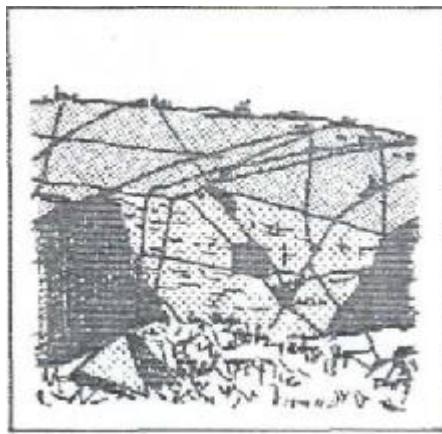


Ογκοδιαγράμματα στα οποία φαίνονται ο αριθμός συνόλων (οικογενειών) ασυνεχειών, και η επίδραση τους στη μηχανική συμπεριφορά και εμφάνιση του πετρώματος

5. **Μέγεθος τεμάχους.** Είναι η διάσταση του βραχώδους τεμάχους που προκύπτει από τα διατεμνόμενα σύνολα ασυνεχειών. Εξαρτάται από τον αριθμό συνόλων ασυνεχειών και το σχετικό προσανατολισμό τους, καθώς και την πυκνότητα και εμμογή των ασυνεχειών κάθε ενός συνόλου. Περιγράφεται είτε με το δείκτη I_b ($=\sum\{X_i/\text{αριθμός συνόλων}\}$, όπου X_i η συνηθέστερη απόσταση των ασυνεχειών του συνόλου i), που είναι η μέση διάσταση του τεμάχους είτε με τον ογκικό μετρητή ασυνεχειών J_v ($=\sum\{l_i\}$, όπου l_i η συχνότητα των ασυνεχειών του συνόλου i) που είναι ο συνολικός αριθμός ασυνεχειών που διατέμνουν μοναδιαίο όγκο του πετρώματος. Ανάλογα με την τιμή του μετρητή J_v το μέγεθος του τεμάχους περιγράφεται από πολύ μικρό ($>30/m$) έως πολύ μεγάλο ($<1/m^J$). Η τιμή του RQD συναρτάται άμεσα με το μετρητή J_v . Αντίστοιχα στη βραχομάζα δίνονται οι επιθετικοί προσδιορισμοί μεγέθους και μορφής του τεμάχους: συμπαγής (λίγες ή πολύ αραιές ασυνέχειες), ογκοτεμαχισμένη (Σχήμα α), πλακοειδής (Σχήμα γ), στηλοειδής (Σχήμα δ) ακανόνιστη (Σχήμα β), θρυμματισμένη. Στην περίπτωση των πλακοειδών και στηλοειδών δομών, η περιγραφή γίνεται σαφέστερη με την προσθήκη στοιχείων προσανατολισμού. Μεμονωμένες ασυνέχειες δύνανται να επηρεάζουν επιπλέον τη μορφή και το μέγεθος του τεμάχους.



α



β



Σκαριφήματα δομής του πετρώματος

α. ογκοτεμαχισμένη, β. ακανόνιστη, γ. στηλοειδής

6. **Τραχύτητα.** Αναφέρεται στην εγγενή τραχύτητα (μικρή και μεσαία κλίμακα) και στην κύμανση σε σχέση με το μέσο επίπεδο της ασυνέχειας. Αμφότερες συνεισφέρουν στη διατμητική αντοχή αυξάνοντας τη φαινόμενη γωνία τριβής. Πρόκειται για τρεις κλίμακες παρατήρησης, μία μικρή μερικών cm, μία μεσαία

μερικών m, και μία μεγάλη πάνω από 10m. Η μικρή κλίμακα διακρίνει τις ασυνέχειες σε τραχείες, λείες και ολισθηρές, η δε μεσαία σε βαθμιδωτές, κυματοειδείς και επίπεδες. Μεγάλης κλίμακας κύμανση της ασυνέχειας αλλάζει τοπικά την κλίση.

7. **Αντοχή τοιχώματος.** Ισοδύναμη θλιπτική αντοχή του πετρώματος των γειτονικών τοιχωμάτων της ασυνέχειας που αποτελεί σημαντική συνιστώσα της διατμητικής αντοχής εφόσον τα τοιχώματα είναι σε επαφή. Δύναται να είναι χαμηλότερη της αντοχής τεμαχίου πετρώματος λόγω αποσάθρωσης ή εξαλλοίωσης των τοιχωμάτων. Ο βαθμός (δείκτης) αποσάθρωσης (ή εξαλλοίωσης) της βραχομάζας διακρίνεται σε 6 κατηγορίες από υγιές πέτρωμα (I) έως παραμένον έδαφος (VI). Ο βαθμός αποσάθρωσης (ή εξαλλοίωσης) του

πετρώματος των τοιχωμάτων της ασυνέχειας διακρίνεται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες : υγιές πέτρωμα, αποχρωματισμένο, αποσυντεθημένο και διαμελισμένο. Η εκτίμηση της αντοχής γίνεται είτε με βάση τον χαρακτηρισμό είτε με απλές έμμεσες δοκιμές όπως το αποτέλεσμα χτυπήματος με το γεωλογικό σφυρί και η αναπήδηση της σφύρας Schmidt (Σχήμα). Στο Σχήμα παρατηρούμε τη μείωση της αντοχής του τοιχώματος με τη μεταβολή του δείκτη εξαλλοίωσης.

8. **Ανοιγμα** Είναι η κάθετη απόσταση μεταξύ των γειτονικών τοιχωμάτων της ασυνέχειας, της οποίας ο ενδιάμεσος χώρος είναι πληρωμένος με αέρα ή νερό μόνο. Ο χαρακτηρισμός του ανοίγματος διακρίνεται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

Κλειστό (< 0.5mm), Διάκενο (0.510 mm) Ανοικτό (> 10 mm)

9. **Πλήρωση** Υλικό που διαχωρίζει τα γειτονικά τοιχώματα μιας ασυνέχειας (Σχήμα γ) και που είναι συνήθως ασθενέστερο από το μητρικό πέτρωμα. Το διάστημα μεταξύ των τοιχωμάτων στην περίπτωση αυτή ονομάζεται πλάτος, σε αντιδιαστολή με τον όρο άνοιγμα. Τυπικά υλικά πλήρωσης είναι η άμμος, η ιλύς, η άργιλος, το λατυποπαγές και ο μυλονίτης. Εμπεριέχει επίσης τις λεπτές ορυκτές επιστρώσεις και τις θεραπευμένες (συγκολλημένες) ασυνέχειες, π.χ. (φλέβες χαλαζία ή ασβεστίτη). Η γεωμετρία, ο τύπος του υλικού, η αντοχή του και η υγρασία του, χαρακτηρίζουν την πλήρωση μιας ασυνέχειας. Η γεωμετρική πολυπλοκότητα των πληρωμένων ασυνεχειών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στο Σχήμα η διατμητική μετακίνηση που απαιτείται μέχρι ότου έρθουν σε επαφή τα τοιχώματα μιας ασυνέχειας, συναρτάται με το λόγο του πλάτους της ασυνέχειας προς το εύρος της τραχύτητας. Στο Σχήμα παρατηρούμε την επίδραση του πάχους της πλήρωσης στην αντοχή εξιδανικευμένης ασυνέχειας.

10. **Διήθηση**. Ροή νερού και εμφανής υγρασία είτε σε μεμονωμένες ασυνέχειες είτε στο σύνολο της βραχομάζας. Σε μεμονωμένες ασυνέχειες η βαθμονόμηση της διήθησης διαφέρει για πληρωμένες ασυνέχειες και για μη πληρωμένες. Και στις δυο περιπτώσεις διακρίνονται έξι κατηγορίες που ξεκινούν από τη στεγνή και αδιαπερατή ασυνέχεια (I) και φθάνουν έως την διαπερατή και με ροή νερού υπό πίεση (VI). Βαθμονόμηση της διήθησης γίνεται και για τη βραχομάζα, όπως π.χ. το τοίχωμα μιας σήραγγας. Διακρίνονται πέντε κατηγορίες από στεγνές συνθήκες (I) έως εξαιρετικά μεγάλη εισροή νερού (V).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Για τη διάτρηση και δειγματοληψία των βραχωδών σχηματισμών κατά την εκτέλεση των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, χρησιμοποιούνται τα παρακάτω κύρια εξαρτήματα της διατρητικής στήλης:

1. Κοπτικό άκρο (κορώνα)

Αποτελείται από χαλύβδινο κύλινδρο, ύψους μερικών εκατοστών που στη μία βάση του φέρει οπλισμό από υλικό μεγάλης σκληρότητας και ανθεκτικότητας (στεφάνη) και στην άλλη εσωτερικό ή εξωτερικό σπείρωμα για την κοχλίωση του στη διατρητική στήλη και συγκεκριμένα στον περικοπήρα (φρέζα)

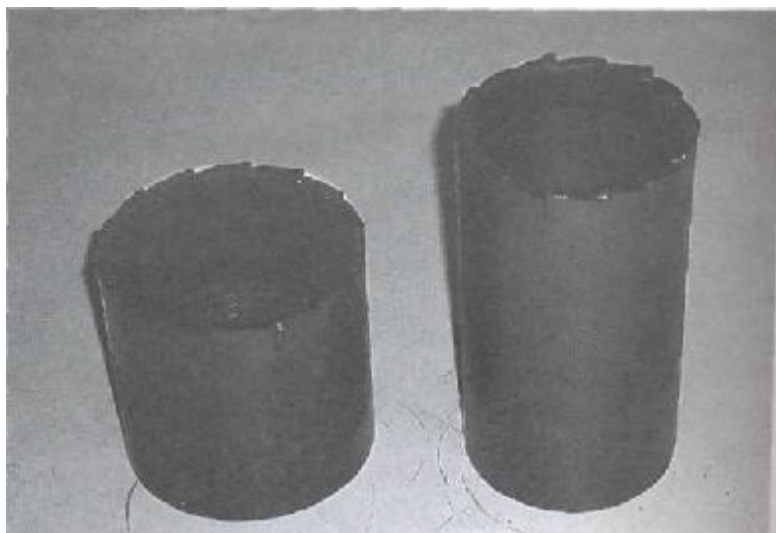
Για τη συγκράτηση του δείγματος, το κοπτικό άκρο είναι διαμορφωμένο εσωτερικά με ελαφριά κωνικότητα για να διαμορφώνεται υποδοχή μέσα στην οποία τοποθετείται κατάλληλο ελατήριο (core lifter). Αυτό αποτελείται από μεταλλική στεφάνη αντίστοιχης κωνικότητας που φέρει σχισμή κατά γενέτειρα και εσωτερικές σφηνοειδούς μορφής προεξοχές, οι οποίες εμποδίζουν την ολίσθηση του δείγματος όταν αυτό περάσει μέσα. Με το ελατήριο αυτό επιτυγχάνεται επίσης η απόσπαση (θραύση) του δείγματος από το μητρικό πέτρωμα με απλή έλξη της διατρητικής στήλης, οπότε θραύεται το δείγμα σε εφέλκυσμό.



Φωτ. Κοχλίωση κοπτικού άκρου (κορώνας) με τον περικοπήρα.

Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται για τον οπλισμό της βάσης τους (στεφάνη) τα κοπτικά άκρα, διακρίνονται σε:

- αδαμαντοκορώνες (diamond core bits) που έχουν οπλισμό από βιομηχανικά διαμάντια, και
- βιδοκορώνες (hard metal bits, carbide bits) που έχουν οπλισμό από κράμα καρβιδίου του βολφραμίου και κοβαλτίου ή από σκληρυμένο χάλυβα, τα κοινώς ονομαζόμενα βίδια (widia) (Φωτ.).

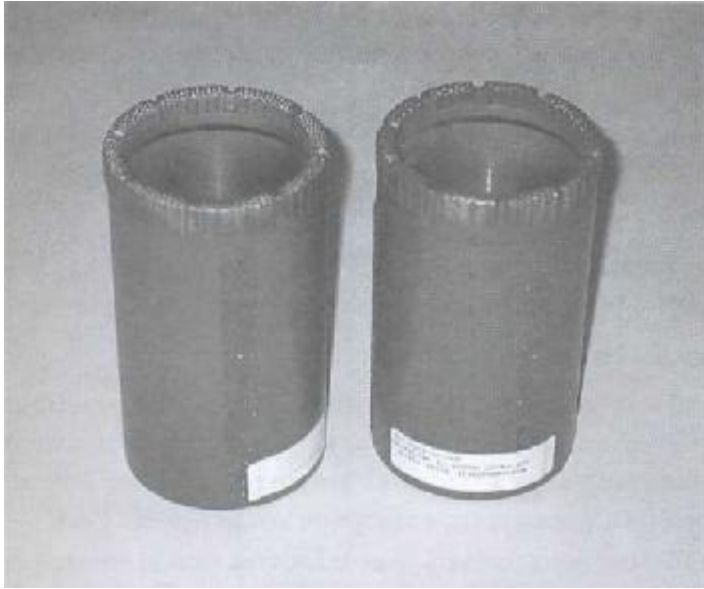


Φωτ. Βίδοκορώνες

Οι αδαμαντοκορώνες χρησιμοποιούνται για τη διάτρηση αρκετά σκληρών και φθοροποιών πετρωμάτων (υγιείς γρανίτες, χαλαζίτες, γνεύσιοι, κερατόλιθοι κ.λπ.) ενώ οι βιδοκορώνες για λιγότερο σκληρά και κυρίως αποσαθρωμένα πετρώματα αλλά και σκληρά εδάφη (σχιστόλιθοι, σερπεντινίτες, σκληρές μάργες, μαργόλιθοι κ.λπ.)

Τα βιομηχανικά διαμάντια που αποτελούν τον οπλισμό των αδαμαντοκορώνων είναι κυρίως της ποιότητας Bortz που είναι σφαιρικού σχήματος, κρυσταλλικά, κίτρινου - καστανού χρώματος, χωρίς σχισμό με πολλές κοπτιχές ακμές. Έχουν πολύ μεγάλη σκληρότητα και είναι προέλευσης Δυτικής και Νότιας Αφρικής.

Γενικά, ανάλογα με το μέγεθος των λίθων των διαμαντιών που περιέχουν, οι αδαμαντοκορώνες χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες: α) αδαμαντοκορώνες κόκκου (surface set diamond bits) (Φωτ.) και β) αδαμαντοκορώνες κόνεως (impregnated diamond bits) (Φωτ.)



Αδαμαντοκορώνες κόκκου



Αδαμαντοκορώνες κόνεως

Έχει καθιερωθεί διεθνώς, το μέγεθος των διαμαντιών που χρησιμοποιούνται να εκφράζεται με τον αριθμό των περιεχόμενων λίθων ανά καράτι (stones per carat, 1 καράτι = 200 mgr = 1/5 gr).

Στις αδαμαντοκορώνες, σχετικά με τα μεγέθη των διαμαντιών, ακολουθείται γενικά η παρακάτω τυποποίηση

Μεγάλοι λίθοι:	10-20	τεμαχ. /καράτι
Μεσαίοι λίθοι:	20-40	>>
Μικροί λίθοι:	40-60	
Πολύ μικροί λίθοι:	60-100	

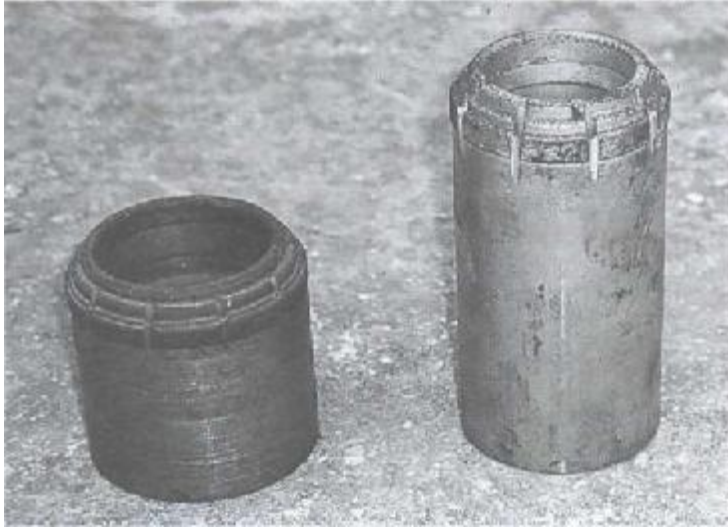
Οι συνηθισμένες κοινές αδαμαντοκορώνες κόκκου περιέχουν κυρίως μεγάλους και ενίοτε μεσαίους λίθους. Ο γενικός κανόνας είναι ότι, περισσότερο συμπαγές πέτρωμα απαιτεί μικρότερο μέγεθος διαμαντιών στην αδαμαντοκορώνα για καλύτερη διάτρηση και δειγματοληψία.

Οι αδαμαντοκορώνες κόνεως αποτελούνται από λεπτομερή θραύσματα διαμαντιών (100 μέχρι και πάνω από 1000 τεμάχια / καράτι) που αναμιγνύονται με το υλικό κατασκευής του άκρου της κορώνας (καρβίδια βολφραμίου - κοβαλτίου) και συσσωματώνονται για το σχηματισμό της στεφάνης.

Η στερέωση όλων γενικά των διαμαντιών στην κορώνα γίνεται με μεθόδους μεταλλουργίας των συντηγμένων κόνεων, με τη βοήθεια συνδετικού κράματος με το οποίο καλύπτεται η βάση της κορώνας (στεφάνη) όπου κατανέμονται με ορισμένες γεωμετρικές διατάξεις τα διαμάντια και με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται όλη η επιφάνεια προσβολής του πετρώματος. Με την επιλογή του κατάλληλου κράματος, το κοπτικό άκρο μπορεί να έχει την επιθυμητή ανθεκτικότητα σε φθορά, ώστε κατά τη διάτρηση να φθείρεται προοδευτικά και να αποκαλύπτονται νέες κοπτικές επιφάνειες των εμφυτευμένων διαμαντιών. Τα χρησιμοποιούμενα κράματα έχουν ως βάση το καρβίδιο του βολφραμίου με άλλα συστατικά (κοβάλτιο, νικέλιο, βηρύλλιο κ.λ.π.).

Οι συνηθισμένοι τύποι των στεφάνων και κορωνών και το είδος των πετρωμάτων που αυτές χρησιμοποιούνται είναι κυρίως λίγο στρογγυλεμένες και σπανιότερα επίπεδες.

Στις περιπτώσεις που απαιτείται «τυφλή» διάτρηση (χωρίς τη λήψη δειγμάτων) χρησιμοποιούνται σαν κοπτικά άκρα τα λεγόμενα κοπίδια (Φωτ.).



Φωτ. Αδαμαντοκορώνες με στεφάνη τύπου βαθμίδων (step type).



Φωτ. . Διάφορα είδη από κοπίδια για "τυφλή" διάτρηση (γρاناζωγά και τρίπτερα).

2. Δειγματολήπτες (καροταρίες) (Core Barrel)

α) Δειγματολήπτης **μονού σωλήνα** ή μονού τοιχώματος (single tube core barrel) είναι ο πιο απλός τύπος δειγματολήπτη και αποτελείται από έναν απλό σωλήνα συλλογής του δείγματος που το πάνω άκρο του μέσω της κεφαλής, κοχλιώνεται στα διατρητικά στελέχη ενώ στο κάτω άκρο του κοχλιώνεται η φρέζα και στη συνέχεια το κοπτικό άκρο. Το βασικό μειονέκτημα του δειγματολήπτη είναι ότι το νερό κατέρχεται μέσα από αυτόν και αποπλένει το δείγμα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται μόνο σε πολύ σκληρά - συμπαγή ομοιογενή πετρώματα, ή σε περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται καλή δειγματοληψία παρά μόνο προχώρηση της διάτρησης. Το μήκος του είναι περίπου 1.5 m και σπανιότερα 3 m.

β) Δειγματολήπτης **διπλού σωλήνα** ή διπλού τοιχώματος (double tube core barrel) που αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες, μεταξύ των οποίων κυκλοφορεί το νερό που έρχεται σε επαφή με το δείγμα μόνο στην περιοχή του περικοπτήρα (φρέζα) και του κοπτικού άκρου. Το δείγμα (καρότο) συλλέγεται στον εσωτερικό σωλήνα (που ονομάζεται απλά χιτώνιο ή πουκάμισο) ενώ η φρέζα και το κοπτικό άκρο κοχλιώνονται στον εξωτερικό σωλήνα. Οι δειγματολήπτες διπλού τοιχώματος είναι δυνατόν να είναι δύο τύπων :

- **σταθερού τύπου** (rigid type), δηλαδή οι δυο σωλήνες να είναι σταθερά συνδεδεμένοι στην κεφαλή του δειγματολήπτη, ο οποίος είναι κοχλιωμένος στα διατρητικά στελέχη. Με τον τρόπο αυτόν οι σωλήνες(εσωτερικός και εξωτερικός) περιστρέφονται κατά τη διάτρηση και οι δυο ταυτόχρονα. Ο δειγματολήπτης αυτός χρησιμοποιείται γενικά σε βραχώδεις σχηματισμούς που δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο πρόβλημα δειγματοληψίας.
- **περίστρεπτου τύπου** (swivel type), όπου ο εσωτερικός σωλήνας παραμένει ακίνητος στον εξωτερικό και ο εξωτερικός περιστρέφεται κατά τη διάτρηση μαζί με το κοπτικό άκρο. Ο περίστρεπτου τύπου δειγματολήπτης έχει το πλεονέκτημα ότι ο εσωτερικός σωλήνας που παραλαμβάνει το δείγμα είναι ακίνητος και με τον τρόπο αυτόν το δείγμα διατηρεί την κατάσταση του. Για το λόγο αυτό έχει πολύ καλά αποτελέσματα στη δειγματοληψία κερματισμένων βραχωδών σχηματισμών.

Ένας ειδικός δειγματολήπτης διπλού τοιχώματος είναι ο τύπου **T6S** της Craelius που είναι περίστρεπτου τύπου και έχει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά: α) φέρει κατά προτίμηση αδαμαντοκορόνα με βαθμίδες (step type) ενώ η έξοδος του νερού γίνεται από το μέτωπο της

για την ελάχιστη διαταραχή του δείγματος, και β) ο εσωτερικός σωλήνας (χιτώνιο) του δειγματολήπτη είναι συνήθως από αλουμίνιο και διαιρούμενος (split) δηλαδή χωρίζεται σε δύο ημικύλινδρους ώστε να εξασφαλίζεται η εύκολη απόληψη του δείγματος (Φωτ.). Η χρήση του δειγματολήπτη T6S έχει πολύ καλά αποτελέσματα σε μέτρια σκληρούς, χαλαρούς και εύθρυπτους σχηματισμούς και σε εναλλαγές ενστρώσεων σκληρών-μαλακών. Έχει χρησιμοποιηθεί συστηματικά στις γεωτρήσεις του METPO Αθηνών με εξαιρετικά αποτελέσματα στη δειγματοληψία .



Φωτ. . Διαιρούμενος εσωτερικός σωλήνας από αλουμίνιο του δειγματολήπτη T6S αμέσως μετά από δειγματοληψία.

γ) Δειγματολήπτης τριπλού **σωλήνα** ή τριπλού τοιχώματος (triple tube core barrel)

Είναι παρόμοιος με τον προηγούμενο δειγματολήπτη διπλού σωλήνα, αλλά επιπλέον φέρει έναν τρίτο εσωτερικό σωλήνα που είναι από αλουμίνιο ή πλαστικός (PVC) ή μεταλλικός διαιρούμενος, μέσα στον οποίο γίνεται η συλλογή του δείγματος. Το βασικό πλεονέκτημα του δειγματολήπτη είναι ότι το δείγμα, μετά την κοπή του από το κοπτικό άκρο εισέρχεται σε τρίτο εσωτερικό σωλήνα (χιτώνιο), που συνήθως είναι πλαστικός και διαφανής και μπορεί έτσι να περιγραφεί και να μεταφερθεί στο εργαστήριο χωρίς καμία επιπρόσθετη διατάραξη. Η εξώθηση του εσωτερικού σωλήνα για την παραλαβή του δείγματος γίνεται με πίεση (κυρίως υδραυλική). Η χρήση του ενδείκνυται σε κερματισμένους εύθρυπτους σχηματισμούς και γενικότερα σε "προβληματικούς", όπου απαιτείται εξαιρετικής ποιότητας δείγμα για εντοπισμό κρίσιμων ασθενών ζωνών (π.χ. ολίσθησης, διάτμησης, κ.λπ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών Βραχομηχανικής έχει σαν σκοπό:

- Την απόκτηση της βασικής πληροφόρησης σχετικά με τις φυσικές ιδιότητες και τη μηχανική συμπεριφορά του ακέραιου πετρώματος.
- Τη γεωτεχνική ταξινόμηση και το χαρακτηρισμό του βραχώδους (ακέραιου πετρώματος) με βάση τους διάφορους δείκτες ταξινόμησης.
- Την εκτίμηση των παραμέτρων εκείνων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα στο σχεδιασμό των διάφορων τεχνικών έργων στο πέτρωμα.

Σπουδαιότερες και συχνότερα εκτελούμενες κλασσικές εργαστηριακές δοκιμές Βραχομηχανικής.

Δοκιμές ταξινόμησης	— Φυσική υγρασία — Πορώδες — Πυκνότητα — Δείκτης κενών — Γρήγορη απορρόφηση — Ανθεκτικότητα - Χαλάρωση	Φυσικές παράμετροι
	— Ταχύτητα διάδοσης υπερήχων	Δυναμικές παράμετροι
	— Σκληρότητα — Αντοχή σε σημειακή φόρτιση — Αντοχή σε μοναξονική θλίψη — Παραμορφωσιμότητα	
Δοκιμές σχεδιασμού	— Αντοχή σε τριαξονική θλίψη — Αντοχή σε εφελκυσμό — Διάτμηση	Παράμετροι αντοχής

4.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές Βραχομηχανικής είναι επακριβώς και σαφώς προδιαγραμμένες σε κανονισμούς και οδηγίες. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται (συσκευές, πρέσες κ.λπ.) πρέπει να είναι διακριβωμένος (δηλαδή να υπάρχουν πιστοποιητικά ελέγχου καλής λειτουργίας που εκδίδονται σε ετήσια περίπου βάση) και η όλη διαδικασία εκτέλεσης των δοκιμών να γίνεται αυστηρά σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τα προβλεπόμενα από τα πιστοποιητικά ποιότητας.

Παρακάτω αναφέρονται οι προδιαγραφές των «κλασσικών» δοκιμών Βραχομηχανικής.

1. Εργασία προετοιμασίας κυλινδρικών δοκιμών βραχωδών δειγμάτων
 - Διάτρηση με καροταρία για λήψη κυλινδρικού δοκιμίου
 - Κοπή και λείανση των άκρων του δοκιμίου
2. Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας
3. Προσδιορισμός πορώδους και πυκνότητας
4. Προσδιορισμός αντοχής σε μοναξονική θλίψη
5. Προσδιορισμός αντοχής σε σημειακή φόρτιση
6. Προσδιορισμός αντοχής σε τριαξονική θλίψη
7. Προσδιορισμός σκληρότητας με το σφυρί Schmidt (L)
8. Προσδιορισμός διατμητικής αντοχής ασυνεχειών
9. Προσδιορισμός δείκτη χαλάρωσης
10. Προσδιορισμός εφελκυστικής αντοχής (Brazilian)
11. Προσδιορισμός αντοχής σε μοναξονική θλίψη με σύγχρονη μέτρηση και προσδιορισμό E και ν .
12. Προσδιορισμός ταχύτητας διάδοσης υπερήχων

4.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ (ΔΟΚΙΜΙΩΝ)

Η δειγματοληψία των πετρωμάτων γίνεται συνήθως με τους παρακάτω τρόπους:

1. Με την εκτέλεση των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, όπου υπάρχει

δυνατότητα δειγματοληψίας στο επιθυμητό βάθος και

2. δειγματοληψία σε επιφανειακές εμφανίσεις πετρώματος.

Και στις δυο περιπτώσεις, για την εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών απαιτείται καθόλου ή κανονική διαμόρφωση των δειγμάτων, ανάλογα με το είδος της δοκιμής που πρόκειται να εκτελεστεί.

Η δειγματοληψία της επιφανειακής μάζας του πετρώματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και πείρα, καθόσον τα δείγματα που θα ληφθούν πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικά της μάζας από την οποία προέρχονται. Επειδή όμως η μάζα του πετρώματος, στην έκταση που ενδιαφέρει είναι κατά κανόνα ανομοιογενής, τα δείγματα που θα ληφθούν από μία συγκεκριμένη θέση είναι πολύ πιθανόν να διαφέρουν σημαντικά από εκείνα μιας άλλης θέσης της ίδιας μάζας. Αυτό σημαίνει ότι η αντιπροσωπευτική δειγματοληψία πρέπει να περιλαμβάνει δείγματα από πολλές θέσεις της ίδιας μάζας, ιδιαίτερα όταν τα χαρακτηριστικά της διαφοροποιούνται σημαντικά σε όλη της την έκταση.

Οι θέσεις δειγματοληψίας πρέπει να καθορίζονται μετά από συστηματική μακροσκοπική εξέταση της βραχομάζας. Εντοπίζονται περιοχές όπου παρατηρούνται οрукτολογικές διαφοροποιήσεις, διαφορές στην φύση του συνδετικού υλικού, διαφορές στο βαθμό αποσάθρωσης ή του χρώματος του πετρώματος. Επίσης σημειώνεται η παρουσία διακλάσεων, ρωγμών και άλλης μορφής ασυνεχειών της μάζας του πετρώματος και ανάλογα λαμβάνονται δείγματα με ασυνέχειες ή χωρίς αυτές. Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι το πέτρωμα κοντά σε τεκτονικές δομές (ρήγματα, πτυχές κ.λπ.) παρουσιάζει διαφοροποίηση ως προς τη μηχανική συμπεριφορά του σε σχέση με την υπόλοιπη βραχομάζα. Πρέπει λοιπόν να καταγράφεται όχι μόνον η θέση δειγματοληψίας, αλλά και τα γενικότερα χαρακτηριστικά της βραχομάζας από την οποία λαμβάνεται το δείγμα.

Τα δείγματα εξορύσσονται από τη μάζα του πετρώματος σε ογκόλιθους μορφής κύβου (κυβόλιθοι). Στην περίπτωση μαλακών πετρωμάτων η εξόρυξη μπορεί να γίνει εύκολα με τη βοήθεια κατάλληλου κοπτήρα. Σε σκληρά πετρώματα συχνά χρησιμοποιούνται εκρηκτικά για την εξόρυξη των ογκολίθων αλλά στην περίπτωση αυτή πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο όγκος του πετρώματος έχει ήδη υποβληθεί σε μία δυναμική εντατική κατάσταση, που ενδεχόμενα να έχει προκαλέσει τη δημιουργία νέων ή την επέκταση υφιστάμενων μικρορωγμών στο πέτρωμα.

Η δειγματοληψία με τον τρόπο αυτό είναι σχετικά απλή, αλλά έχει τρία μειονεκτήματα:

1. Τα ασθενέστερα τμήματα του πετρώματος θραύονται κατά την εξόρυξη σε μικρότερα τεμάχια, τα οποία κατά κανόνα είναι αυτά από τα οποία επιλέγεται το δείγμα.

2. Το σπασμένο πέτρωμα έχει ήδη υποβληθεί κατά την εξόρυξη του σε εντατική κατάσταση, και

3. Είναι σχετικά δύσκολο να προσανατολισθεί το δείγμα σε σχέση με τη μάζα του πετρώματος, από την οποία προέρχεται.

Μερικά από τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να ξεπεραστούν με τη λήψη δειγμάτων που διαμορφώνονται με ένα ελαφρό σφυρί από μεγαλύτερα βραχώδη τεμάχια.

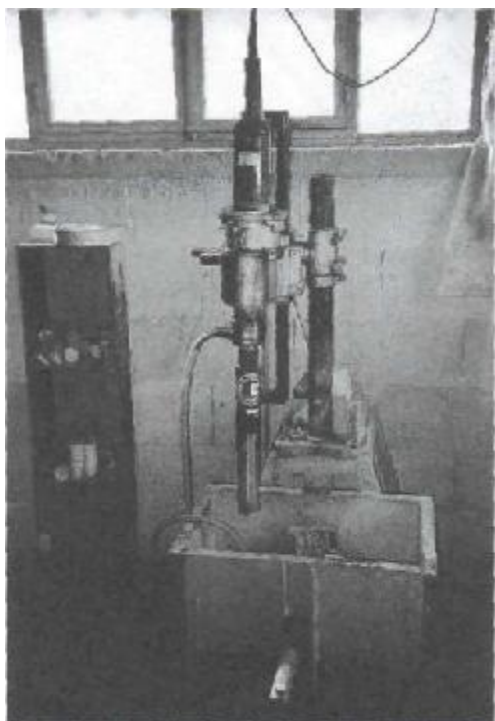
Η θέση από την οποία λαμβάνεται το δείγμα καθώς και ο ακριβής προσανατολισμός του, σημειώνονται με τρόπο σαφή επάνω στο δείγμα, ώστε να μπορεί αυτό να επανατοποθετηθεί στην φυσική του θέση. Με αύξοντα αριθμό ή με άλλο τρόπο σημειώνονται επίσης τα στοιχεία αναγνώρισης του δείγματος.

Κατά τη μεταφορά, λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να περιοριστεί η πιθανότητα καταστροφής τους (π.χ. θραύση), ενώ στο εργαστήριο προστατεύονται κατάλληλα μέχρι να χρησιμοποιηθούν.

Από τα δείγματα αυτά πρέπει να διαμορφωθούν δοκίμια για την εκτέλεση των εργαστηριακών μετρήσεων. Τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται για τις εργαστηριακές δοκιμές είναι δυνατό να έχουν σχήμα :

1. Κανονικό, δηλαδή κυλινδρικής και σπανιότερα κυβικής μορφής.
2. Ακανόνιστο
3. Ειδικής μορφής.

Συνήθως οι μηχανικές ιδιότητες προσδιορίζονται σε κυλινδρικά δοκίμια με τυπικές διαμέτρους μεταξύ 5,4-7.5 cm, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται διάμετροι μέχρι 10 ή 15 cm. Τα κυλινδρικά δοκίμια λαμβάνονται στο ύπαιθρο με την εκτέλεση δειγματοληπτικής γεώτρησης ενώ στο εργαστήριο με εργαστηριακό αδαμαντοτρύπανο (απλή καροταρία), που είναι εφοδιασμένο με ειδικό κοπτικό άκρο λεπτού τοιχώματος με διαμάντια για οικονομία υλικού .



. *Εργαστηριακή καροταρία για τη διαμόρφωση κυλινδρικών δοκιμίων πετρώματος.*

Το βραχώδες δείγμα, πριν τοποθετηθεί στην τράπεζα της εργαστηριακής καροταρίας για τη διάτρηση των δοκιμίων, διαμορφώνεται με τη βοήθεια αδαμαντοτροχού σε μικρών διαστάσεων κυβόλιθο (μέχρι 30 cm περίπου πλευρά) με επίπεδη βάση για καλή έδραση στην τράπεζα.

Τα δοκίμια μορφής πυρήνα, που προκύπτουν από τη διάτρηση του κυβόλιθου ελέγχονται μακροσκοπικά και στη συνέχεια αποκόπτονται στα άκρα με αδαμαντοτροχό και σε κατάλληλα μήκη, ανάλογα με το είδος της προβλεπόμενης εργαστηριακής δοκιμής (την επιθυμητή σχέση μήκους προς διάμετρο πυρήνα). Ακολουθεί προσεκτική λείανση της κυλινδρικής επιφάνειας, εάν είναι αναγκαία, σε τόρνο και των βάσεων σε ειδικό δίσκο λείανσης . Σε ένα ιδανικά διαμορφωμένο δοκίμιο, οι βάσεις πρέπει να είναι τελείως παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες προς το μεγάλο άξονα του δοκιμίου.

Σημειώνεται τέλος ότι, κατά τη λήψη των κυλινδρικών δοκιμίων από την εργαστηριακή καροταρία, αντί νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη



Δίσκος λείανσης βάσεων κυλινδρικών δοκιμίων πετρώματος.

του κοπτικού άκρου και την απαγωγή των θραυσμάτων πεπιεσμένος αέρας, στα πετρώματα εκείνα που επηρεάζονται από το νερό (π.χ. μαργόλιθοι, ιλυόλιθοι). Στην περίπτωση αυτή, η διάτρηση είναι βραδύτερη και χρειάζεται μεγαλύτερη προσοχή.

Όταν όμως απαιτούνται δείγματα ακανόνιστης μορφής, αυτά γενικά διαμορφώνονται με τη βοήθεια ελαφρού σφυριού απομακρύνοντας όλες τις αιχμηρές προεξοχές, ώστε τελικά να σχηματισθεί δοκίμιο περίπου σφαιρικού σχήματος.

Ανεξάρτητα από τη μεθοδολογία προετοιμασίας των δοκιμίων και την αυστηρή συμμόρφωση προς την πειραματική διαδικασία, η εκτέλεση της ίδιας δοκιμής σε δύο δοκίμια που έχουν διαμορφωθεί από ένα συγκεκριμένο μεγάλο δείγμα σπάνια δίνει ακριβώς ίδια αποτελέσματα. Οι αποκλίσεις, που παρατηρούνται στα πετρώματα, είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες των τεχνικών υλικών, διότι εκτός από τα συνήθη πειραματικά σφάλματα υπάρχουν εδώ επιπρόσθετα, που προκύπτουν από τα εξής:

- Τη γεωμετρία του δοκιμίου, που δεν μπορεί να φθάσει σε τελειότητα εκείνη των δοκιμίων των τεχνικών υλικών, και
- Τη δομή του πετρώματος, που λόγω της παρουσίας μικροασυνεχειών, δεν μπορεί να πλησιάσει εκείνη των τεχνικών υλικών. Εάν συνεπώς απαιτείται σε ένα πέτρωμα πολύ καλή προσέγγιση της τιμής μιας εργαστηριακής παραμέτρου, τότε ο αριθμός των δοκιμίων που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να αυξηθεί σημαντικά, ώστε να έχουμε ένα σχετικά πλούσιο στατιστικό δείγμα.

Για τον περιορισμό όμως του κόστους και του χρόνου των δοκιμών, χωρίς να μειωθεί η ζητούμενη αξιοπιστία των πειραματικών αποτελεσμάτων, είναι απαραίτητο να καθορισθεί ένας ελάχιστος για κάθε περίπτωση απαιτούμενος αριθμός δοκιμών, που πρέπει να δοκιμαστούν εργαστηριακά. Ο αριθμός αυτός εξαρτάται από τη διασπορά των εργαστηριακών τιμών σε σχέση με τη μέση τιμή και από την επιθυμητή ακρίβεια. Η διασπορά εξαρτάται από την ανομοιογένεια του πετρώματος και από το μέγεθος του δοκιμίου, καθώς τα μικρά δοκίμια δίνουν μεγαλύτερη διασπορά. Συνεπώς, όταν χρησιμοποιούνται για δοκιμές στο εργαστήριο μικρών διαστάσεων δοκίμια, ο αριθμός τους πρέπει να είναι σχετικά μεγαλύτερος.

Ικανοποιητική μαθηματική σχέση, που να καθορίζει για κάθε περίπτωση τον απαιτούμενο αριθμό δοκιμών για δοκιμή, δεν υπάρχει.



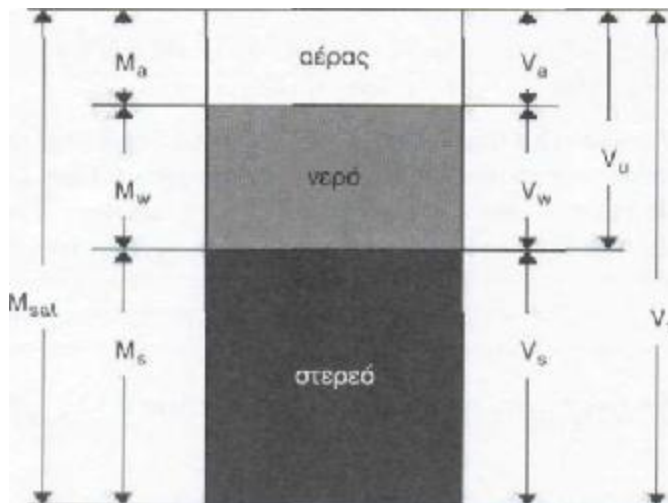
ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΒΡΑΧΟΥ



ΚΟΠΤΙΚΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΒΡΑΧΟΥ

4.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Είναι γνωστό ότι το ακέραιο πέτρωμα (βραχώδες υλικό) αποτελείται από το στερεό μέρος και από κενά (πόροι) που υπάρχουν μεταξύ των ορυκτών ή του συνδετικού υλικού. Τα κενά αυτά πιθανό να περιέχουν νερό ενώ ο υπόλοιπος χώρος που καταλαμβάνουν περιέχει ατμοσφαιρικό αέρα ή διάφορα άλλα αέρια (μεθάνιο, φυσικό αέριο). Η εικόνα αυτή του πετρώματος δίνεται στο παρακάτω Σχήμα όπου διακρίνονται το στερεό μέρος και τα κενά (πόροι), που μερικώς έχουν πληρωθεί με νερό. Αρκετές σχέσεις και έννοιες που αναφέρονται στις φυσικές ιδιότητες του ακέραιου πετρώματος, μπορούν εύκολα να γίνουν απόλυτα κατανοητές με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος..



Ενδεικτικό διάγραμμα σχέσεων βαρών και όγκων των στερεών, του νερού, και του αέρα στο ακέραιο πέτρωμα.

4.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας πετρώματος (Water content)

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τη μέτρηση της μάζας του νερού που περιέχεται στο δείγμα του πετρώματος και εκφράζεται σαν εκατοστιαία αναλογία της μάζας του δείγματος σε ξηρή κατάσταση.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής χρειάζεται ο παρακάτω εξοπλισμός:

- φούρνος που διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105 \pm 5^\circ \text{C}$,
- δοχείο από μη διαβρώσιμο υλικό με αεροστεγές πώμα,
- κλίβανος ξήρανσης,
- ζυγός ακριβείας 0.01 gr.

ΥΛΙΚΑ

Για την εκτέλεση της δοκιμής χρειάζεται αντιπροσωπευτικό δείγμα πετρώματος συγκεκριμένου αριθμού και καθορισμένης μάζας.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

1. Καθαρίζεται το δοχείο με το πώμα, ξηραίνεται και προσδιορίζεται η μάζα του (A).
2. Επιλέγεται αντιπροσωπευτικό δείγμα που αποτελείται από 10 τεμάχια πετρώματος που η μάζα καθενός είναι περίπου 60 gr.
3. Τοποθετείται το δείγμα στο δοχείο, σφραγίζεται με το πώμα και
4. προσδιορίζεται η μάζα του (B).
5. Αποσφραγίζεται το δοχείο και τοποθετείται στο φούρνο σε θερμοκρασία $105 \pm 5^\circ \text{C}$ για

24 ώρες τουλάχιστον.

6. Σφραγίζεται το δοχείο με το πώμα και τοποθετείται στον κλίβανο ξήρανσης για 30 min. Προσδιορίζεται η μάζα (C) του δείγματος και του δοχείου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Η υγρασία του δείγματος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$w(\%) = \frac{B - C}{C - A} \cdot 100$$

Η υγρασία (w) πρέπει να αναφέρεται με ακρίβεια 0.1%.

4.4.2 Προσδιορισμός φαινόμενου βάρους - ξηρής πυκνότητας με τη χρήση μικρομέτρου

ΣΚΟΠΟΣ

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται το φαινόμενο βάρος δοκιμίων πετρώματος κανονικού γεωμετρικού σχήματος.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής χρειάζεται ο εξής εξοπλισμός :

- φούρνος που να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105 \pm 5^\circ\text{C}$
- ξηραντήρας

- ζυγός ακριβείας 0.01 gr.
- μικρόμετρο (παχύμετρο) ακριβείας 0.1 mm

ΥΛΙΚΑ

Τρία δοκίμια συγκεκριμένου πετρώματος.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

1. Από ένα δείγμα πετρώματος διαμορφώνονται τρία δοκίμια σε κανονικό γεωμετρικό σχήμα που το κάθε ένα έχει μάζα μεγαλύτερη των 50gr. Με το μικρόμετρο μετριοούνται οι διαστάσεις κάθε δοκιμίου με ακρίβεια 0.1 mm και υπολογίζεται ο όγκος τους (V_t) σε m^3 .
2. Τα δοκίμια τοποθετούνται στο φούρνο σε θερμοκρασία $105 \pm 5^\circ C$ για 24 ώρες. Κατόπιν αφήνονται για 1 ώρα στον ξηραντήρα και υπολογίζεται η μάζα τους (M_s) σε kg (για πυκνότητα) ή kN (για φαινόμενο βάρος).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Το ξηρό φαινόμενο βάρος και η ξηρή πυκνότητα (ρ_d) υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\rho_d = \frac{M_s}{V_t} = \frac{kN}{m^3}$$

Παράδειγμα:

Έστω δείγμα πετρώματος κυλινδρικού σχήματος σε διαστάσεις $D= 83.2 \text{ mm}$, $H= 43.0 \text{ mm}$ και μάζα $M_s= 0.5781 \text{ kg}$.

$$V_t = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H = 0.00023 \text{ m}^3$$

Μετατρέπουμε τη μάζα M_s του δείγματος από kg σε kN με τη σχέση:

$$\text{kN} = \frac{\text{kg} \cdot 9.81}{1000}$$

έτσι έχουμε :

$$\frac{0.5781 \cdot 9.81}{1000} = 0.00567 \text{ kN}$$

Το ξηρό φαινόμενο βάρος pd , είναι :

$$pd = \frac{M_s}{V_t} = \frac{0.00567 \text{ kN}}{0.00023 \text{ m}^3} = 24.65 \text{ kN} / \text{m}^3$$

Άρα $pd = 24.65 \text{ kN} / \text{m}^3$

4.4.3 Προσδιορισμός πορώδους, πυκνότητας και λόγου κενών (με τη χρήση μικρομέτρου και συσκευής κενού)

ΣΚΟΠΟΣ

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται η πυκνότητα (ή φαινόμενο βάρος), το πορώδες (η) και ο λόγος κενών (e) σε δοκίμια πετρώματος κανονικού γεωμετρικού σχήματος. Επίσης είναι δυνατός ο προσδιορισμός της υγρής πυκνότητας (ρ_{sat}).

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής απαιτείται ο παρακάτω εξοπλισμός:

- φούρνος που να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105 \pm 5^\circ\text{C}$,
- ξηραντήρας,
- ζυγός ακριβείας 0.01 gr,
- μικρόμετρο (παχύμετρο) ακριβείας 0.1 mm,
- Συσκευή δημιουργίας κενού της τάξης των 800 Pa.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

1. Από ένα δείγμα πετρώματος διαμορφώνονται τρία δοκίμια σε κανονικό γεωμετρικό σχήμα (πρίσμα ή κύλινδρος) που το καθένα έχει μάζα μεγαλύτερη των 50 gr. Με μικρόμετρο μετρούνται οι διαστάσεις κάθε δοκιμίου με ακρίβεια 0.1 mm και υπολογίζεται ο όγκος (V_i) του καθενός σε m^3 .

2. Τα δείγματα τοποθετούνται στη συσκευή κενού όπου και παραμένουν μία ώρα βυθισμένα στο νερό ώστε να υποστούν κορεσμό. Η συσκευή ανακινείται περιοδικά για την απομάκρυνση φυσαλίδων αέρα.

3. Τα δείγματα απομακρύνονται από τη συσκευή κενού, σφογγίζονται με υγρό πανί επιφανειακά, προσεκτικά ώστε να μην απομακρυνθεί κάποιο χαλαρωμένο κομμάτι πετρώματος, ζυγίζονται και υπολογίζεται η υγρή μάζα του καθενός (M_{sat}).

4. Τοποθετούνται σε φούρνο σε θερμοκρασία 105°C για 24 ώρες και στη συνέχεια σε ξηραντήρα για 1 ώρα. Ζυγίζονται και υπολογίζεται η μάζα του καθενός (M_s).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-(ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ)

Οι υπολογισμοί του πορώδους (η), λόγου κενών (e), φαινόμενου βάρους (p_d) και υγρής πυκνότητας (ρ_{sat}) φαίνονται στο παρακάτω έντυπο των αποτελεσμάτων δοκιμής.

<p>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ –ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΛΟΓΟΥ ΚΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ</p> <p>(ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΚΕΝΟΥ)</p>
--

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ:.....m
ΔΕΙΓΜΑ:	

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ, H	.....	cm
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ,D	.....	cm
ΠΛΑΤΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ, B	.....	cm
ΜΗΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ,L	.....	cm
ΟΓΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ, Vt	.....	m^3
ΜΑΖΑ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ,MSAT	.....	kN
ΜΑΖΑ ΞΗΡΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ Ms	.....	kN
ΟΓΚΟΣ ΚΕΝΩΝ ,Vu=(Msat-Ms)/pw	.....	m^3
ΟΓΚΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ, Vs=Vt-Vu	.....	m^3
ΠΟΡΩΔΕΣ ,n=(Vu/Vt)* 100	.....	(%)
ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ ,e=Vu/Vs	.....
ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ $pd=(Ms+Vu*pw)/Vt$	.....	Kn/m^3
ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ <u>ΒΑΡΟΣ,PSat=(s+Vu*P)/</u>	.....	Kn /m^3

4.4.4 Προσδιορισμός πορώδους και λόγου κενών (με τη μέθοδο της άνωσης και συσκευής κενού)

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό του πορώδους (η) και του λόγου κενών (e) σε δοκίμια πετρώματος ακανόνιστου σχήματος. Επίσης είναι δυνατός ο υπολογισμός της ξηρής πυκνότητας (ρ_d) καθώς επίσης και την υγρής πυκνότητας (ρ_{sat}).

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής απαιτείται ο εξής εξοπλισμός :

- Φούρνος που διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105 \pm 5^\circ\text{C}$,
- Δοχείο από μη διαβρώσιμο υλικό με αεροστεγές πώμα,
- Ξηραντήρας,
- Συσκευή δημιουργίας κενού της τάξης των 800 Pa,
- Ζυγός ακριβείας 0.01 gr,
- Ένα συρμάτινο καλάθι με κατάλληλο σύστημα ανάρτησης από το κέντρο του δίσκου του ζυγού,
- Ένα δοχείο για τη βύθιση του συρμάτινου καλάθιού στο νερό.

ΥΛΙΚΑ

Δείγμα πετρώματος ακανόνιστου σχήματος

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

1. Ένα δείγμα πετρώματος, από 10 τουλάχιστον τεμάχια ακανόνιστου σχήματος, που το καθένα έχει μάζα μεγαλύτερη των 50 gr ξεπλένεται για την απομάκρυνση της σκόνης. Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετείται στη συσκευή δημιουργίας κενού 800 Pa, όπου και παραμένει για μία (1) ώρα βυθισμένο στο νερό για να υποστεί κορεσμό.

2. Η συσκευή ανακινείται περιοδικά για την απελευθέρωση των φυσαλίδων του αέρα.
3. Απομακρύνεται το δείγμα από τη συσκευή κενού και τοποθετείται στο συρμάτινο καλάθι, που είναι αναρτημένο από το κέντρο του δίσκου του ζυγού και βυθίζεται στο νερό μέσα στο ειδικό δοχείο. Προσδιορίζεται η μάζα του εμβαπτισμένου δείγματος (M_{sub}) με ακρίβεια 0.1 gr σαν διαφορά μαζών: (Δείγμα + Καλάθι) μείον καλάθι.
4. Καθαρίζεται το δοχείο με το πάμα και προσδιορίζεται η μάζα του (A).
5. Αφού σφογγισθούν τα τεμάχια του δείγματος με ένα υγρό πανί επιφανειακά, με προσοχή ώστε να απομακρυνθεί μόνο το νερό και όχι κάποιο χαλαρό κομμάτι πετρώματος, τοποθετούνται στο δοχείο, σφραγίζονται με το πάμα και υπολογίζεται η μάζα τους (B).
6. Στη συνέχεια αποσφραγίζεται το δοχείο και τοποθετείται στο φούρνο σε θερμοκρασία $105 \pm 5^\circ\text{C}$ για 24 ώρες. Μετά την ξήρανση του δείγματος σφραγίζεται το δοχείο και τοποθετείται στον ξηραντήρα για 1 ώρα και προσδιορίζουμε τη μάζα (C) του δοχείου με το ξηρό δείγμα.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Το πορώδες (η) και ο λόγος κενών (e) υπολογίζονται από τις σχέσεις :

$$n = \frac{Vu}{Vt} \cdot 100\%$$

$$e = \frac{Vu}{Vs}$$

Για τον υπολογισμό των παραπάνω είναι απαραίτητη η εκτίμηση των εξής:

$$V_t = \frac{M_{sat} - M_{sub}}{\rho_w}$$

ΟΓΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:

$$V_u = \frac{M_{sat} - M_s}{\rho_w}$$

ΟΓΚΟΣ ΣΤΕΡΕΟΥ: $V_s = V_t - V_u$ ΟΓΚΟΣ ΠΟΡΩΝ:

Όπου $\rho_w = 1 \text{ gr/cm}^3$ (πυκνότητα νερού), $M_{sat} = B - A$ (μάζα υγρού δείγματος), $M_s = C - A$ (μάζα ξηρού δείγματος), M_{sub} =μάζα εβαπτισμένου δείγματος

4.4.5 Προσδιορισμός του δείκτη κενών (Void index)

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό του δείκτη κενών (I_v), ο οποίος εκτιμάται σαν ποσοστό της μάζας του νερού που περιέχεται σε ένα βραχύδες δοκίμιο μετά από τοποθέτηση του για μια ώρα σε λουτρό νερού (δηλαδή διαδικασία γρήγορης απορρόφησης - quick absorption), προς την αρχική του ξηρή μάζα.

Ο δείκτης κενών συσχετίζεται με το πορώδες καθώς επίσης και άλλες ιδιότητες του ακέραιου πετρώματος όπως την αποσαθρωσιμότητα, δηλαδή τη γρήγορη αποσάθρωση του . Είναι παρόμοιος με το λεγόμενο **δείκτη Hamrol** (έχουν ακριβώς την ίδια μεθοδολογία υπολογισμού με τη διαφορά ότι για το δείκτη Hamrol η γρήγορη απορρόφηση γίνεται με τη χρήση αντλίας κενού) που συχνά αναφέρεται και σαν δείκτης αποσάθρωσης. Η δοκιμή αυτή έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να απαιτεί τον ελάχιστο εξοπλισμό.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής απαιτούνται :

- φούρνος που να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105 \pm 5^\circ\text{C}$,
- ξηραντήρας,
- ζυγός ακριβείας 0.1 gr,
- στεγανό δοχείο από μη διαβρώσιμο υλικό ικανοποιητικής χωρητικότητας

ΥΛΙΚΑ

Αντιπροσωπευτικό δείγμα από δέκα τεμάχια πετρώματος.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Επιλέγεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα από τουλάχιστον 10 τεμάχια πετρώματος ώστε η μάζα του κάθε ενός από αυτά να υπερβαίνει τα 50 gr.

1. Τα τεμάχια του πετρώματος τοποθετούνται στο φούρνο και ξηραίνονται για 24 ώρες σε θερμοκρασία $105\pm 5^{\circ}\text{C}$, κατόπιν τοποθετούνται στον ξηραντήρα ώστε το υλικό του ξηραντήρα να καλύπτει τα κομμάτια για άλλες 24 ώρες.
2. Απομακρύνονται τα τεμάχια από τον ξηραντήρα, καθαρίζονται με βούρτσα από τη σκόνη και τυχόν χαλαρά θραύσματα πετρώματος και προσδιορίζεται η ξηρή μάζα τους (A) με ακρίβεια 0.1 gr.
3. Το συνολικό δείγμα τοποθετείται στο δοχείο όπου προστίθεται νερό μέχρι να καλυφθούν όλα τα τεμάχια πετρώματος για μία ώρα (συνθήκες γρήγορης απορρόφησης). Το δοχείο περιοδικά ανακινείται για να απομακρυνθούν οι φυσαλίδες του αέρα που σχηματίζονται.
4. Απομακρύνονται τα τεμάχια και σπογγίζονται επιφανειακά με ένα βρεγμένο πανί. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να απομακρυνθεί μόνο το νερό που υπάρχει επιφανειακά χωρίς κανένα χαλαρό κομμάτι πετρώματος. Κατόπιν το δείγμα ζυγίζεται και προσδιορίζεται η υγρή του μάζα (B).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Ο δείκτης κενών (I_v) υπολογίζεται από τη σχέση :

$$I_v = \frac{B - A}{A} \cdot 100(\%)$$

Ο δείκτης κενών πρέπει να αναφέρεται με ακρίβεια 0.1%

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έστω ένα δείγμα πετρώματος που έχει: Ξηρή μάζα ,A=572.8 gr, Υγρή μάζα,B=587.3 gr

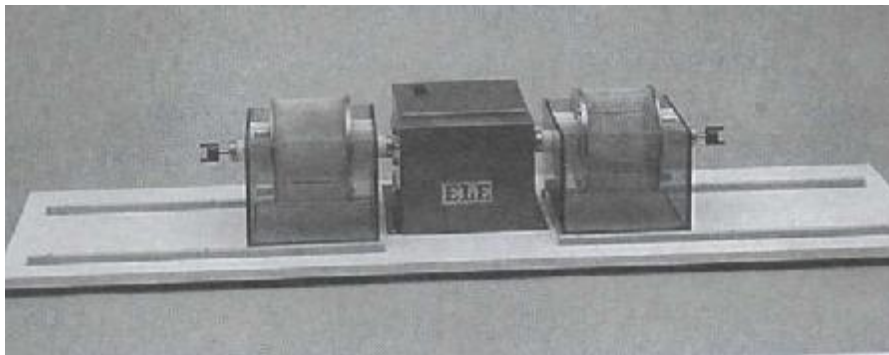
$$I_{v(\%)} = \frac{B - A}{A} \cdot 100 = \frac{587.3 - 572.8}{572.8} \cdot 100 = 2.5\%$$

Άρα $I_v = 2.5\%$

4.4.6 Προσδιορισμός δείκτη χαλάρωσης (Slake durability index)

ΣΚΟΠΟΣ

Με τη δοκιμή αυτή εκτιμάται η ανθεκτικότητα του πετρώματος στις διεργασίες της γρήγορης αποσάθρωσης . Η μέθοδος περιλαμβάνει διαδοχικούς κύκλους ξήρανης και ύγρανσης των δειγμάτων, με την τοποθέτηση τους διαδοχικά σε φούρνο και μέσα σε περιστρεφόμενους, μισοβυθισμένους σε νερό συρματινούς μύλους, οι οποίοι περιλαμβάνονται στην ειδική συσκευή (Φωτογραφία) που έχει σχεδιαστεί για τη δοκιμή αυτή από τους FRANKLIN και CHANDRA (1972).



Η δοκιμή χαλάρωσης συνιστάται κυρίως για αργιλικά - μαργυλικά πετρώματα (αργιλόλιθους, μαργόλιθους, ιλύόλιθους κ.λπ) αλλά μπορεί περιστασιακά να εκτελεστεί και σε βραχώδη υλικά που παρουσιάζουν εμφανή αποσάθρωση

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Φούρνος που διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Ειδική συσκευή για υπολογισμό δείκτη χαλάρωσης.
- Ζυγός ακριβείας.
- Συρμάτινος μύλος.

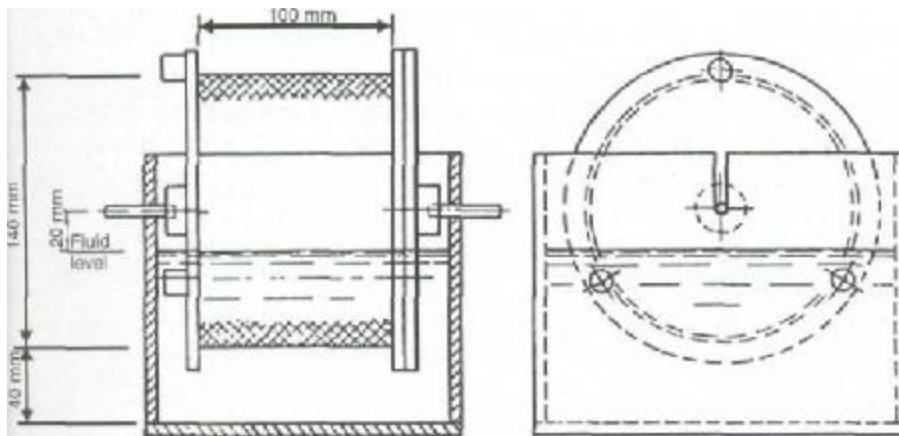
ΥΛΙΚΑ

Δέκα δείγματα πετρώματος σε σφαιρικό σχήμα.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Κατά τη μέθοδο αυτή διαμορφώνονται δέκα (10) δείγματα του πετρώματος σε σφαιρικό σχήμα που το καθένα έχει μάζα 40-60 gr και συνολική μάζα 450-550 gr.

1. Τα δείγματα τοποθετούνται σε φούρνο θερμοκρασίας $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ για 2-6 ώρες.
2. Στη συνέχεια τοποθετούνται στο συρμάτινο μύλο της ειδικής συσκευής του οποίου το βάρος είναι D (μόνο του συρμάτινου μύλου), ζυγίζονται και σημειώνεται το αρχικό βάρος (A) το οποίο είναι το βάρος του δείγματος μαζί με το βάρος του συρμάτινου μύλου.
3. Τοποθετείται ο μύλος που περιέχει το δείγμα στη συσκευή και παράλληλα νερό θερμοκρασίας 20°C μέχρι το σημάδι της στάθμης στο δοχείο της συσκευής (παρακάτω Σχήμα). Ο μύλος αυτός περιστρέφεται για 10 min με ταχύτητα 20 rpm ενώ τα θραύσματα του δείγματος μικρότερα των 2 mm απομακρύνονται δια μέσου των κοσκίνων.
4. Ο συρμάτινος μύλος τοποθετείται μαζί με τα δείγματα στον φούρνο, σε θερμοκρασία $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ για 24 ώρες, μετά ζυγίζεται και λαμβάνεται έτσι το τελικό βάρος B (βάρος μύλου + εναπομείναντος δείγματος).
5. Οι εργασίες (3) και (4) επαναλαμβάνονται και καταγράφεται το βάρος C (βάρος μύλου + εναπομείναντος δείγματος).



Σχήμα Διαγραμματική απεικόνιση συσκευής δοκιμής χαλάρωσης (ISRM, 1981).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Ο δείκτης χαλάρωσης I_{d2} (slake durability index), που αναφέρεται στο δεύτερο κύκλο δοκιμής υπολογίζεται ως ο λόγος των τελικών προς τα αρχικά ξηρά βάρη του δείγματος, εκφράζεται (%) και δίνεται από τη σχέση:

$$I_{d2} = \frac{C - D}{A - D} \cdot 100(\%)$$

Για την ταξινόμηση του πετρώματος με βάση την ανθεκτικότητα του χρησιμοποιείται ο δείκτης χαλάρωσης του δεύτερου κύκλου της δοκιμής I_{d2} , όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα. Στην περίπτωση που ο δείκτης I_{d2} είναι πολύ μικρός (0 - 10%), χρησιμοποιείται ο δείκτης που αναφέρεται στον πρώτο κύκλο της δοκιμής (I_{d1}) ο οποίος δίνεται από την αντίστοιχη σχέση:

$$I_{d1} = \frac{B - D}{A - D} \cdot 100(\%)$$

Ταξινόμηση αέριου πετρώματος με βάση το δείκτη χαλάρωσης (GAMBLE, 1971).

Δείκτης Χαλάρωσης I_{d2} (%)	Περιγραφή Πετρώματος
100 - 98	Πολύ υψηλής ανθεκτικότητας
95 - 98	Υψηλής ανθεκτικότητας
85-95	Μέτρια υψηλής ανθεκτικότητας
60-85	Μέτριας ανθεκτικότητας
30-60	Χαμηλής ανθεκτικότητας
< 30	Πολύ χαμηλής ανθεκτικότητας

Για πετρώματα που παρουσιάζουν χαμηλές ανθεκτικότητες, ο δείκτης χαλάρωσης θα πρέπει να συνδυάζεται με δοκιμές ταξινόμησης εδαφών (κόκκομέτρηση και πλαστικότητα). Το δείγμα που υποβάλλεται στις δοκιμές αυτές είναι αυτό που συγκεντρώνεται στο δοχείο της συσκευής μετά τη φθορά. Η ταξινόμηση στην περίπτωση αυτή γίνεται με βάση το δείκτη χαλάρωσης I_{d2} και το δείκτη πλαστικότητας PI .

Έστω πέτρωμα που έχει δείκτη χαλάρωσης $I_{d2}=70\%$, ανήκει στην κατηγορία μέτριας ανθεκτικότητας .

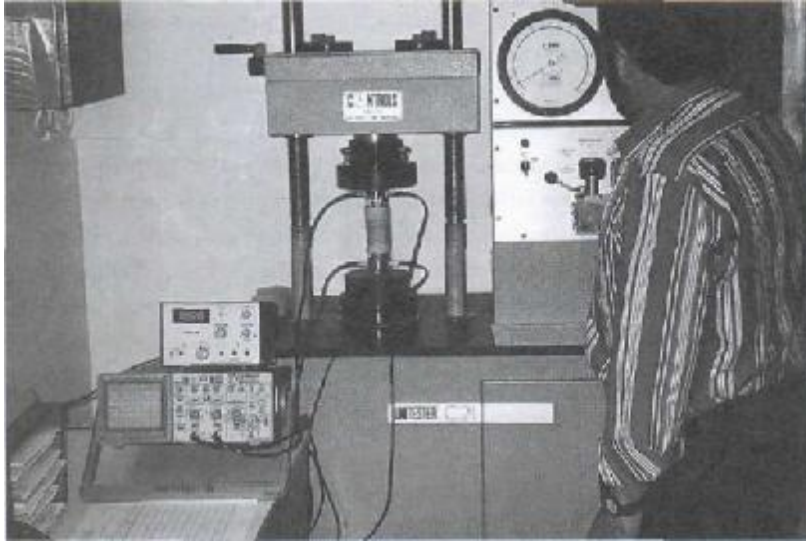
4.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

4.5.1 Προσδιορισμός της ταχύτητας των υπερήχων κυμάτων διαμέσου βραχών δειγμάτων (Ultrasonic Pulse Method)

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός των ταχυτήτων V_p και V_s των κυμάτων (διαμηκών και διατμητικών) των υπερήχων μέσα στο βραχώδες υλικό. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η εκτίμηση των δυναμικών παραμέτρων E_0 , ν και G_0 του αέριου πετρώματος .

Η δοκιμή εκτελείται σε βραχώδη δοκίμια ορθού κυλινδρικού σχήματος με ελάχιστες διαστάσεις, μήκος $L=10\text{cm}$ και διάμετρο $D = 8 \text{ cm}$, με τη χρήση της ειδικής συσκευής η οποία γενικά περιλαμβάνει (Φωτογραφία):



Πλήρες σύστημα συσκευής μέτρησης ταχύτητας υπερήχων, σε βραχώδες δοκίμιο.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Σύστημα παραγωγής κυμάτων υπερήχων γνωστής συχνότητας (περίπου 50 kHz).
- Δύο πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς που τοποθετούνται σε επαφή με τις δύο βάσεις του κυλινδρικού δοκιμίου, για την εκπομπή και τη λήψη των κυμάτων αντίστοιχα.
- Παλμογράφος αποτύπωσης της κυματομορφής.
- Φυλλάκια μολύβδου (ή γράσσο κ.λπ.).
- Συσκευή φόρτισης (πρέσσα).

Θα πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν αρκετοί τύποι συσκευών προσδιορισμού ταχύτητας των υπερήχων, οι οποίες βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας και προσομοιάζουν μεταξύ τους. Πιθανόν να έχουν διαφορετικές δυνατότητες μέτρησης και η ακρίβεια τους να είναι ανάλογη. Η περιγραφή που ακολουθεί αναφέρεται σε σχετικά σύγχρονη συσκευή με πολλαπλές δυνατότητες μέτρησης (Φωτογραφία).

ΥΛΙΚΑ

1. Δοκίμιο πετρώματος
2. Φυλλάκια μολύβδου.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

1. Πριν την έναρξη της δοκιμής γίνεται ρύθμιση και μηδενισμός όλου του συστήματος. Αυτό επιτυγχάνεται, ως εξής: Αφού γίνει η συνδεσμολογία των επί μέρους τμημάτων της συσκευής, τοποθετείται από ένα φυλλάριο μολύβδου, τόσο ώστε να καλύπτει τις επιφάνειες επαφής των πιεζοηλεκτρικών μετατροπέων. Τοποθετείται ο ένας μετατροπέας επάνω στον άλλο, με τις δύο επιφάνειες τους να είναι σε επαφή και στη σωστή θέση (η έξοδος των P πάνω από την είσοδο των P και το ίδιο και, για τα S) και ενδιάμεσα τους να πιέζονται τα δύο φυλλάρια μολύβδου. Οι δύο σε επαφή μετατροπείς τοποθετούνται στη συσκευή φόρτισης και εφαρμόζεται σε αυτούς ένα φορτίο της τάξεως 300 - 500 kgf. Τοποθετείται ο διακόπτης επιλογής (mode) της συσκευής παραγωγής κυμάτων στη θέση P και στην οθόνη του παλμογράφου από μία ευθεία γραμμή που υπήρχε, τώρα εμφανίζεται μια συγκεκριμένη κυματομορφή. Περιστρέφοντας τον ειδικό διακόπτη μέτρησης χρόνου (transmit time) ο φωτεινός δρομέας στον παλμογράφο μετακινείται πάνω στην κυματομορφή. Όταν ο δρομέας φθάσει στη θέση που η κυματομορφή από ευθεία γραμμή παίρνει τη μορφή ημιτονοειδούς καμπύλης (σημείο καμπής), ρυθμίζεται με το διακόπτη μηδενισμού ώστε ο ψηφιακός πίνακας που δείχνει το χρόνο να έχει την ένδειξη 00.0.

Η ίδια εργασία επαναλαμβάνεται και για τα κύματα S, αφού πρώτα τοποθετηθεί ο διακόπτης επιλογής στη θέση S. Τώρα πλέον έχει ολοκληρωθεί η ρύθμιση και ο μηδενισμός όλου του συστήματος και μπορεί να γίνει η έναρξη της δοκιμής.

Σε άλλου τύπου πιο απλές συσκευές αντί για φυλλάριο μολύβδου χρησιμοποιείται γράσο και η ρύθμιση γίνεται άμεσα στην οθόνη ψηφιακών ενδείξεων χρόνου (οι συσκευές αυτές δεν διαθέτουν παλμογράφο). Επίσης, σε μερικές συσκευές η ρύθμιση του χρόνου γίνεται με τη χρήση μεταλλικού πρότυπου δοκιμίου γνωστών χρόνων διέλευσης κυμάτων P και S.

2. Τοποθετείται το δοκίμιο του πετρώματος μεταξύ των δύο μετατροπέων, προσέχοντας πάντα το φυλλάριο μολύβδου να μην είναι τσακισμένο ή σκισμένο και η θέση των μετατροπέων να είναι η σωστή. Τώρα όλο το σύστημα(μετατροπέας, φυλλάριο μολύβδου, δοκίμιο, φυλλάριο μολύβδου, μετατροπέας) τοποθετείται στη συσκευή φόρτισης και επιβάλλεται το φορτίο(300-500 kgf).

3. Ρυθμίζεται ο διακόπτης επιλογής στη θέση P και στον παλμογράφο φαίνεται η κυματομορφή των

P κυμάτων. Με το διακόπτη μεγένθυσης γίνεται ρύθμιση της ευκρίνειας της κυματομορφής και περιστρέφοντας το διακόπτη μέτρησης χρόνου γίνεται μέτρηση του χρόνου εισόδου των κυμάτων P στη θέση της πρώτης καμψής της κυματομορφής. Στο σημείο αυτό καταγράφεται ο χρόνος εισόδου (T) των διαμηκών κυμάτων P στο ψηφιακό πίνακα του οργάνου σε μδ (T_P). Η ίδια εργασία επαναλαμβάνεται και για τον υπολογισμό του χρόνου (T) των διατμητικών κυμάτων S (T_S) αφού τοποθετηθεί ο διακόπτης επιλογής στη θέση S.

Οι τιμές T_P και T_S καταχωρούνται στο έντυπο της δοκιμής μαζί με τα άλλα στοιχεία του δοκιμίου (έργο, γεώτρηση,, βάθος, περιγραφή, διαστάσεις, βάρος και διάφορες παρατηρήσεις).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Αφού προσδιορίστηκαν οι χρόνοι T_P και T_S, μπορούν να υπολογιστούν οι ταχύτητες των επιμηκών V_P και εγκαρσίων κυμάτων V_S από την παρακάτω σχέση:

$$V_{(s,p)} = \frac{L}{T_{(s,p)}}$$

Όπου: L μήκος του δοκιμίου σε m και T ο χρόνος διέλευσης (T_P και T_S) σε sec.

Από τις ταχύτητες διέλευσης των κυμάτων υπολογίζονται οι ελαστικές δυναμικές παράμετροι δηλαδή το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας E₀, ο λόγος Poisson ν και το δυναμικό μέτρο διάτμησης G₀, που αντίστοιχα δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$G_0 = \rho' V_s^2$$

$$E_0 = \frac{\rho g V_s^2 g (3V_p^2 - 4V_s^2)}{(V_p^2 - V_s^2)} \quad \nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)}$$

Όπου ρ η πυκνότητα του πετρώματος η οποία σχετίζεται με το συνολικό φαινόμενο βάρος με βάση τη σχέση :ρ= γ/g (όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας και γ σε kN/m³)

V_p , V_s η ταχύτητα των κυμάτων P και S αντίστοιχα σε m/s και

$E_o G_o$ δίνονται τελικά σε GPa.

4.6 Προσδιορισμός σκληρότητας με τη χρήση του σφυριού Schmidt (τύπου L)

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τον καθορισμό της σκληρότητας δειγμάτων πετρώματος με τη χρήση του σφυριού αναπήδησης Schmidt τύπου L και επίσης είναι δυνατή η εκτίμηση της αντοχής τους σε ανεμπόδιστη θλίψη.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Σφυρί Schmidt

ΥΛΙΚΑ

Δοκίμιο κυλινδρικού πετρώματος.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Το σφυρί Schmidt τύπου L είναι ελαφρύ και μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο καλά στο εργαστήριο όσο και στην ύπαιθρο. Η ενέργεια κρούσης του είναι 0.74 N και είναι εφοδιασμένο με κλίμακα ενδείξεων των "τιμών αναπήδησης" που αντιστοιχούν στη σκληρότητα του πετρώματος. Για την εξέταση στο εργαστήριο κυλινδρικών δοκιμίων πετρώματος απαιτείται ειδική μεταλλική βάση βάρους 20 kg περίπου στην οποία είναι χαραγμένη αυλακωτή τομή σχήματος U ή V για τη συγκράτηση του δοκιμίου. Στη

Φωτογραφία φαίνεται η εκτέλεση της δοκιμής με το σφυρί Schmidt.



Εκτέλεση δοκιμής σκληρότητας πετρώματος με το σφυρί Schmidt τύπου L στο εργαστήριο.

Το εξεταζόμενο στο εργαστήριο δοκίμιο, πρέπει να είναι ορθού κυλινδρικού σχήματος (πυρήνας γεώτρησης) με διάμετρο μεγαλύτερη των 54 mm (NX) ή κυβικού σχήματος με ακμή μεγαλύτερη των 6 cm. Στην περίπτωση που το σχήμα του δοκιμίου είναι διαφορετικό πρέπει να αναφέρεται στο έντυπο δοκιμής.

Η επιφάνεια του δοκιμίου πρέπει να είναι λεία και καθαρή χωρίς μικρό-ρωγμές ή άλλες ασυνέχειες μέχρι βάθους 6 cm τουλάχιστον. Στην ύπαιθρο η επιλογή των θέσεων δοκιμής πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε τα αποτελέσματα των δοκιμών να αντιστοιχούν στο σύνολο της βραχομάζας ή της εξεταζόμενης επιφάνειας ασυνέχειας. Το σφυρί χρησιμοποιείται σε θέση οριζόντια, κατακόρυφη με το έμβολο προς τα κάτω, ή κατακόρυφη με το έμβολο προς τα πάνω. Στο εργαστήριο που χρησιμοποιείται η μεταλλική βάση, το σφυρί τοποθετείται σε κατακόρυφη θέση με το έμβολο προς τα κάτω, ενώ για κάθε άλλο προσανατολισμό χρησιμοποιούνται οι καμπύλες διόρθωσης του κατασκευαστή. Η διεύθυνση καθώς επίσης και οι διορθωμένες τιμές αναγράφονται στο ειδικό έντυπο της δοκιμής. Επίσης στο έντυπο αναγράφονται οι διαστάσεις του δοκιμίου, διάμετρος (D), ύψος (H) καθώς και το βάρος (W) για τον προσδιορισμό της ξηρής πυκνότητας του (ρ_d) με τη γεωμετρική μέθοδο.

Για κάθε δοκίμιο λαμβάνονται τουλάχιστον είκοσι (20) μετρήσεις αναπήδησης, από τις οποίες οι 10 με τις χαμηλότερες τιμές απορρίπτονται και από τις υπόλοιπες 10 υπολογίζεται ο μέσος αριθμός των κρούσεων (SHV) που αναγράφονται στο έντυπο της δοκιμής. Το έμβολο

του σφυριού πιέζεται σταθερά πάνω στην επιφάνεια του δείγματος, μέχρι να απελευθερωθεί το ελατήριο κρούσης και να ακουστεί ο χαρακτηριστικός ήχος. Η ένδειξη σκληρότητας διαβάζεται στη βαθμονομημένη κλίμακα που υπάρχει στο κυρίως σώμα του σφυριού, ενώ κάθε κρούση που θα επιφέρει θραύση πρέπει να απορρίπτεται. Στην περίπτωση που τα πετρώματα είναι πολύ σκληρά ή πολύ μαλακά, η μέθοδος έχει περιορισμένη εφαρμογή.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής (οι μέσοι όροι) χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των πετρωμάτων, όπως φαίνεται στον Πίνακα με βάση μόνο τη σκληρότητα τους.

Στο έντυπο της δοκιμής θα πρέπει να αναφέρονται επίσης:

- Η προέλευση του δοκιμίου (έργο, γεώτρηση, βάθος)
- Πετρογραφική περιγραφή
- Προσανατολισμός του άξονα του σφυριού.

Η δοκιμή αυτή αποτελεί μία απλή μέθοδο για τον έμμεσο προσδιορισμό Κ αντοχής του πετρώματος σε ανεμπόδιση θλίψη. Ο μέσος όρος από τις μετρήσεις αναπήδησης σε συνδυασμό με την ξηρή πυκνότητα του πετρώματος δίνει έμμεσα την αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη (σ_0).

Η εκτέλεση της δοκιμής δεν συνιστάται για πετρώματα:

- που παρουσιάζουν πυκνά κατανεμημένες μικροασυνέχειες,
- μαλακά στα οποία η κρούση προκαλεί τοπικές παραμορφώσεις (βαθουλώματα),
- κλαστικά (λατυποπαγή, κροκαλοπαγή) που αποτελούνται από αδρομερή υλικά με σχετικά μαλακή συνδετική ύλη,
- μεταμορφωμένα με σχιστότητα που παρουσιάζει πολύπλοκη δομή (μικροπτυχώσεις)
- που έχουν υποστεί κατάκλαση, ανακρυστάλλωση και παρουσιάζουν επιφάνειες ασυνεχειών με δευτερογενές υλικό πλήρωσης.

Πολλές φορές σε αποτελέσματα δειγματοληπτικών γεωτρήσεων (γεωτεχνικές τομές γεωτρήσεων), ενδείκνυται η χρησιμοποίηση του μέσου όρου (SHV) της σκληρότητας στα βραχώδη δείγματα, χωρίς να γίνεται αναφορά στην εκτιμώμενη αντοχή τους. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε διάγραμμα σε σχέση πάντα με το βάθος.

Η δοκιμή σκληρότητας είναι γενικά αξιόπιστη για πετρώματα που η αντοχή τους σε ανεμπόδιση θλίψη είναι πάνω από 20 MPa.

Ταξινόμηση ακέραιου πετρώματος με βάση τη σκληρότητα του.

Κατηγορία Πετρωμάτων	Μέση Ένδειξη Σφυριού (SHV)
Πολύ μαλακά πετρώματα	< 10
Μαλακά πετρώματα	10-20
Μέτρια πετρώματα	20-50
Σκληρά πετρώματα	50-60
Πολύ σκληρά πετρώματα	> 60

Παράδειγμα:

Έστω πυρήνας πετρώματος που έχει ξηρή πυκνότητα ($\rho_d = 27 \text{ KN/m}^3$) και ο μέσος όρος κρούσεων με το σφυρί Schmidt είναι ($\text{SHV} = 42$). Με τη βοήθεια διαγράμματος βρίσκουμε έμμεσα την αντοχή σε μοναξονική θλίψη σ_c .

Από το σημείο $\text{SHV} = 46$ του άξονα Μ.Ο. κρούσεων φέρνουμε την κάθετο και στο σημείο που τέμνει την ευθεία της πυκνότητας $\rho_d = 27 \text{ KN/m}^3$ φέρνουμε την κάθετο προς τον άξονα των αντοχών. Το σημείο που αυτή τέμνει τον άξονα αντοχών, $\sigma_c = 140 \text{ MPa}$, αντιστοιχεί στην τιμή της αντοχής σε μοναξονική θλίψη του υπόψη πυρήνα. Υπολογίζουμε και τη μέση διασπορά αντοχής και στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων στο ειδικό έντυπο δοκιμών, αναφέρουμε την αντοχή $\sigma_c = 140 \pm 50 \text{ MPa}$.

ΣΦΥΡΑ SCHMIDT (ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΕ ΣΧΗΜΑ ΣΤΥΛΟ ΒΟΗΘΑ ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΝΑ ΜΠΟΡΕΙ ΑΝΑ ΠΑΣΑ ΣΤΙΓΜΗ ΝΑ ΕΚΤΕΛΕΙ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ) ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΙΑ ΣΥΣΚΕΥΗ



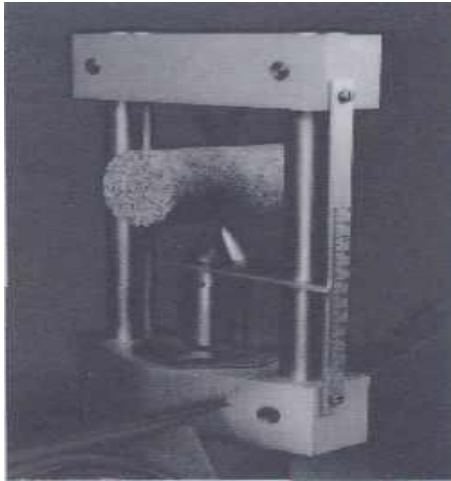
4.7 Προσδιορισμός του δείκτη σημειακής φόρτισης

(Point load index)

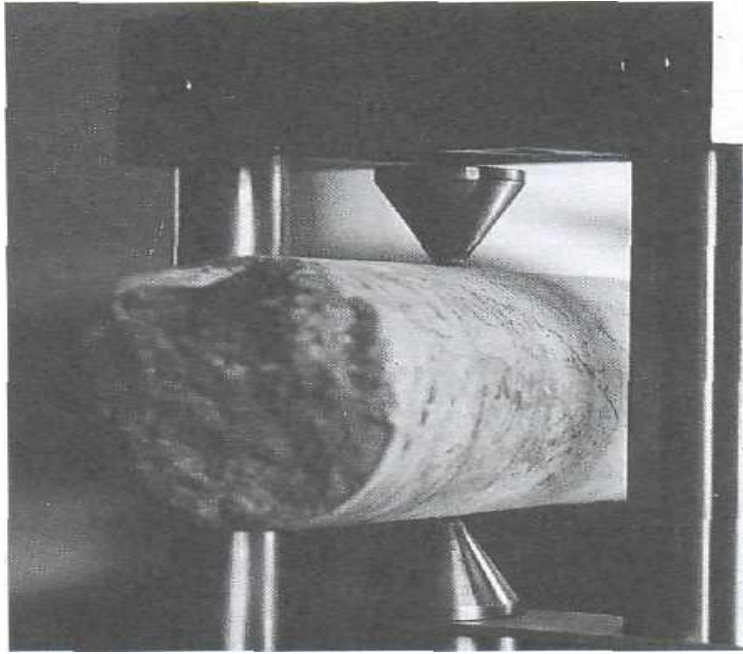
Η δοκιμή σημειακής φόρτισης είναι μία απλή δοκιμή που έχει σαν σκοπό την ταξινόμηση του ακέραιου πετρώματος από πλευράς αντοχής, καθώς επίσης και τον έμμεσο προσδιορισμό της αντοχής σε μοναξονική θλίψη. Η δοκιμή γίνεται συνήθως στο εργαστήριο αλλά και επιτόπου του έργου, λόγω της σχετικά εύκολης μεταφοράς της ειδικής συσκευής που χρησιμοποιείται.

Η αντοχή του πετρώματος μετριέται με την εφαρμογή μιας αντιδιαμετρικά ασκούμενης

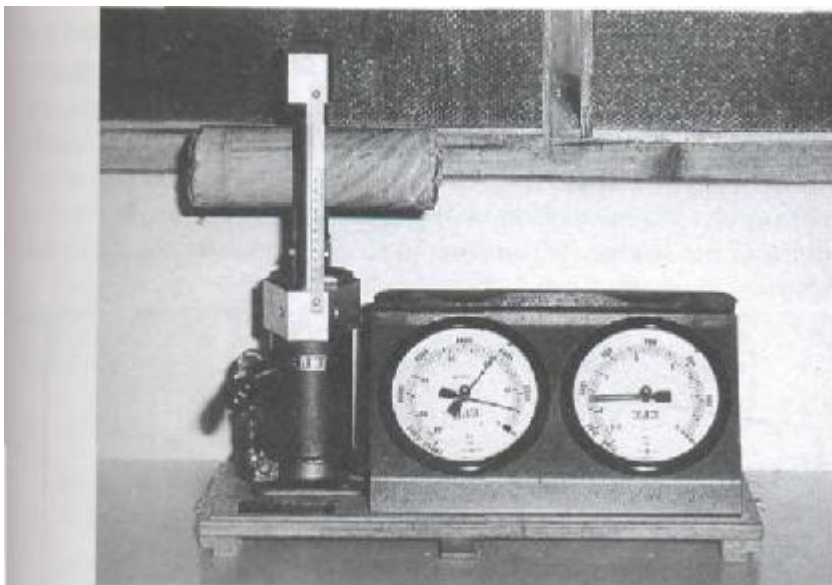
δύναμης από τα δύο κωνικά άκρα της ειδικής συσκευής (Φωτογραφία) και προσδιορίζεται ο δείκτης σημειακής φόρτισης (I_s). Συσκευές σημειακής φόρτισης υπάρχουν δύο κυρίως τύπων (φωτογραφία 1 και 2) και αποτελούνται από ένα μεταλλικό πλαίσιο, δύο μεταλλικές πλάκες που φέρουν κωνικά άκρα 60° με ακτίνα καμπυλότητας 5 mm, μία χειροκίνητη υδραυλική αντλία για την επιβολή της πίεσης, ένα έμβολο για τη μετακίνηση της μίας πλάκας και ένα ή δύο μανόμετρα για τη μέτρηση της πίεσης του εμβόλου ή του επιβαλλόμενου φορτίου.



Φωτ Συσκευή σημειακής φόρτισης



Φωτογραφία: Λεπτομέρεια από συσκευή σημειακής φόρτισης (εφαρμογή στο βραχώδες δοκίμιο αντιδιαμετρικά ασκούμενης δύναμης από τα κωνικά άκρα).

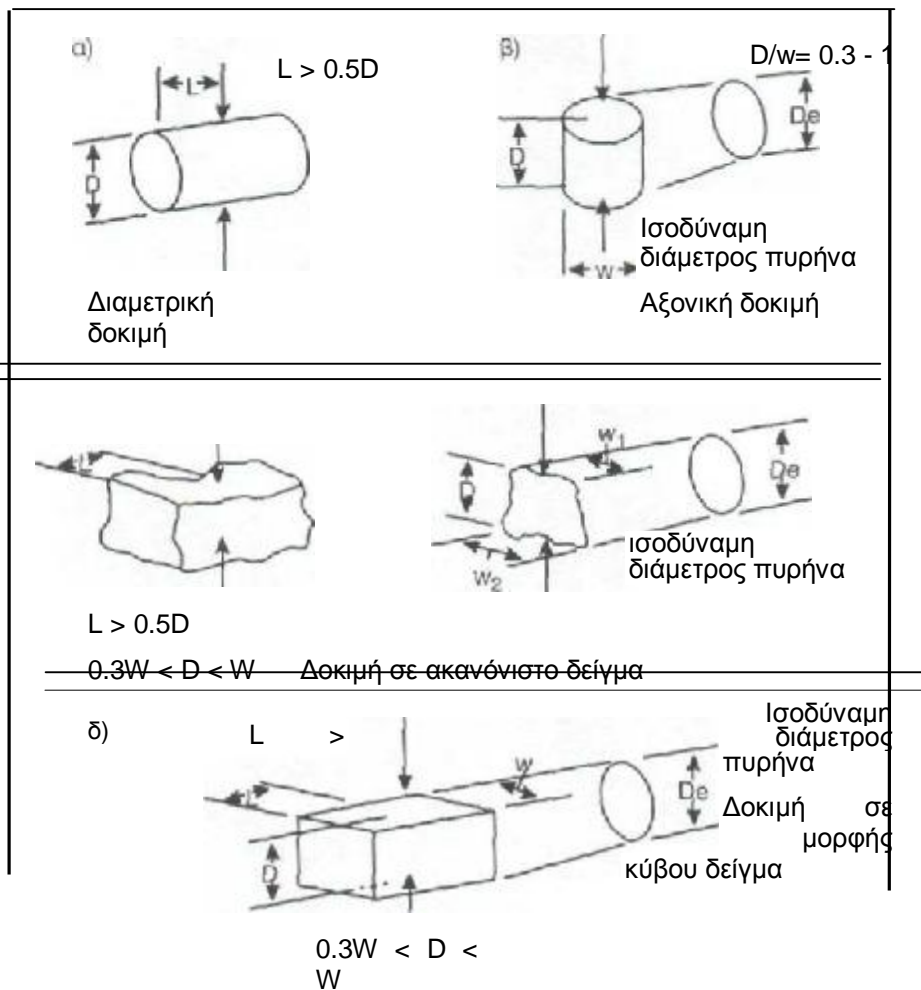


Φωτ. 1 Συσκευή σημειακής φόρτισης.



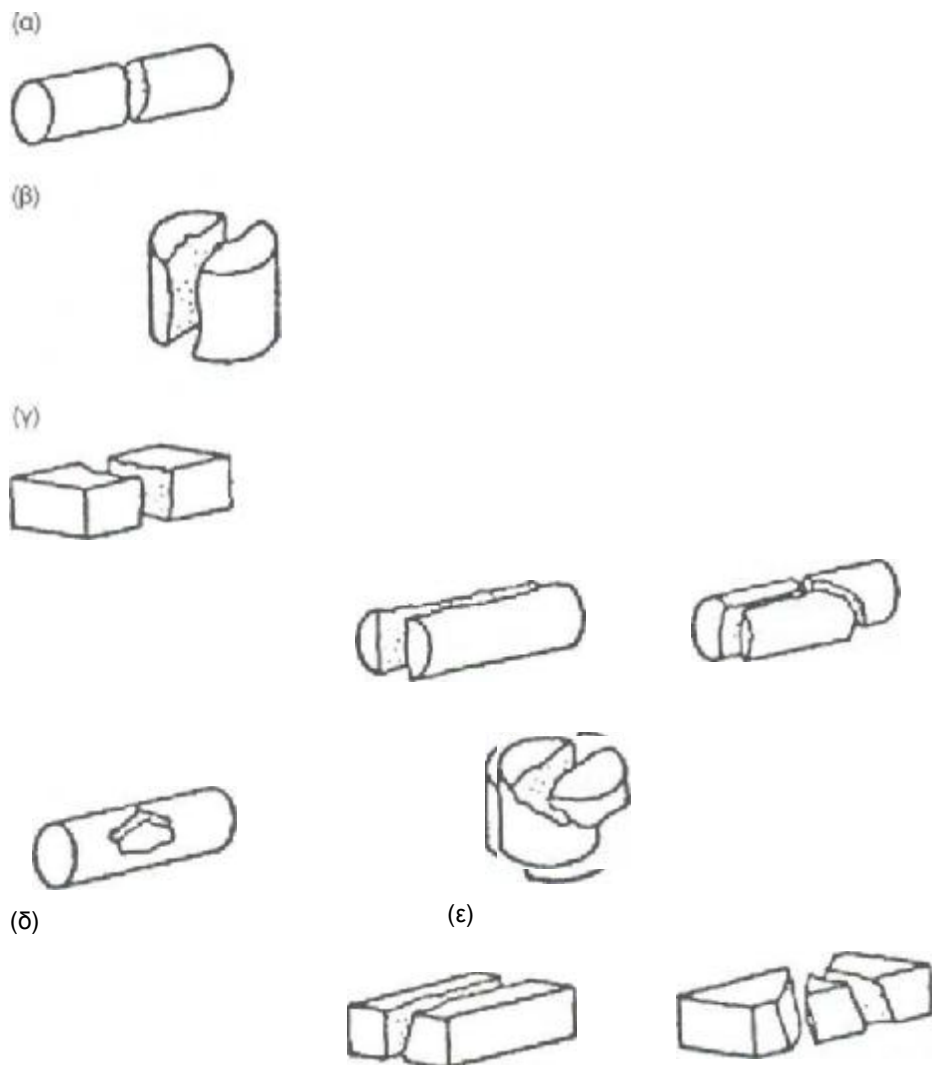
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής χρησιμοποιούνται συνήθως κυλινδρικά δοκίμια του πετρώματος για διαμετρική ή αξονική φόρτιση, αλλά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και δοκίμια σε μορφή κύβου ή ακόμα και σε ακανόνιστη μορφή. Βασική προϋπόθεση για τη δοκιμή κάποιου συγκεκριμένου είδους (δηλαδή διαμετρική, αξονική ή σε ακανόνιστο δείγμα) είναι να ικανοποιούνται οι σχέσεις μεταξύ της απόστασης των κωνικών άκρων (D), του μήκους (L) και της χαρακτηριστικής διάστασης (W) του δοκιμίου που φαίνονται στο σχήμα.



Σχήμα Σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων του δείγματος για τα διάφορα είδη των δοκιμών: (α) Διαμετρική δοκιμή, (β) Αξονική δοκιμή, (γ) Δοκιμή σε ακανόνιστης μορφής δείγμα, (δ) Δοκιμή σε μορφή κύβου δείγμα (ISRM, 1985).

Το δοκίμιο τοποθετείται μεταξύ των κωνικών άκρων, ώστε η φόρτιση να γίνεται στο μέσο μήκος του δοκιμίου και κατά τη διάμετρο του. Η επιβολή του φορτίου πρέπει να γίνεται βαθμιαία και με σταθερή ταχύτητα μέχρι τη θραύση του δοκιμίου. Το φορτίο θραύσης σημειώνεται στο δελτίο δοκιμής



Σχήμα Τρόποι θραύσης σε έγκυρες και άκυρες δοκιμές σημειακής φόρτισης: (α) Έγκυρες διαμετρικές δοκιμές (β) έγκυρες αξονικές δοκιμές, (γ) έγκυρες δοκιμές σε πρισματικά δοκίμια, (δ) άκυρη διαμετρική δοκιμή, (ε) άκυρη αξονική δοκιμή (ISRM, 1985).

Πειραματική Εφαρμογή

Η εργαστηριακή μηχανή είναι της εταιρείας ELE International, τύπου EL77- 0110. Η μηχανή διαθέτει κατάλληλο σύστημα φόρτισης (αποτελούμενο από πλαίσιο φόρτισης, αντλία, έμβολο και ακμές φορτίσεως), σύστημα μέτρησης του επιβαλλόμενου φορτίου και σύστημα μέτρησης της απόστασης μεταξύ των ακμών φόρτισης.

Στις εργαστηριακές δοκιμές που έγιναν χρησιμοποιήθηκαν δείγματα μαρμάρου Νάξου και Βόλακα. Τα αποτελέσματα δίνονται στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 1 και Πίνακας 2). Από την εξαχθείσα τιμή του δείκτη $I_S(50)$ και σύμφωνα με τον Πίνακας 3 το υλικό κρίνεται ως μέσης αντοχής.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα πειράματος

	Τύπος μαρμάρου	Τύπος δοκιμής	W (mm)	2L (cm)	D (mm)	A	D_e	P (kN)	I_S *1000	F	$I_S(50)$
1	Βόλακας	διαμετρική	-	8.5	54.7	-	54.7(1	8.20	2.74	1.04	2.85
2	Βόλακας	διαμετρική	-	8.5	54.7	-	54.70	12.50	4.18	1.04	4.35
3	Βόλακας	αξονική	54.7	5	50	2735	59.03	12.20	3.50	1.08	3.77
4	Νάξος	αξονική	54.7	4	40	2188	52.79	7.00	2.51	1.02	2.57
5	Νάξος	αξονική	54.7	6	60	3282	64.66	12.50	2.99	1.12	3.36

Πίνακας 2. Μέσες τιμές για κάθε μάρμαρο

Μέση τιμή $I_S(50)$ διαμετρικής Βόλακας	3.60
Μέση τιμή $I_S(50)$ αξονικής Νάξου	2.97
Μέση τιμή $I_S(50)$ αξονικής Βόλακας	3.77

Πίνακας 3. Ταξινόμηση πετρώματος με βάση τον δείκτη σημειακής φόρτισης $I_s(50)$ σε MPa (κατά Bieniawski, 1975).

Περιγραφή	Δείκτης σημειακής φόρτισης $I_s(50)$ (MPa)
Πολύ υψηλής αντοχής	>8
Υψηλής αντοχής	4-8
Μέσης αντοχής	2-4
Χαμηλής αντοχής	1-2
Πολύ χαμηλής αντοχής	Δεν συνίσταται η δοκιμή (<I)



**ΣΥΣΚΕΥΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ**

4.8 Προσδιορισμός της αντοχής σε μοναξονική θλίψη (Uniaxial compression test)

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τον άμεσο και ακριβή προσδιορισμό της αντοχής σε μοναξονική θλίψη δοκιμίων πετρωμάτων. Τα δοκίμια είναι ορθού κυλινδρικού σχήματος με λόγο ύψους (L) προς διάμετρο (D), L/D 2.0 μέχρι 3.0 και διάμετρο όχι μικρότερη των 54 mm (NX). Οποσδήποτε η διάμετρος του δοκιμίου θα πρέπει να είναι δεκαπλάσια του μεγέθους του μεγαλύτερου κόκκου των ορυκτών που αποτελούν τη δομή του πετρώματος. Τα άκρα του δοκιμίου είναι λεία και επίπεδα με μέγιστη απόκλιση 0.02 mm και παράλληλα μεταξύ τους, ώστε να μην αποκλίνουν από την κάθετο προς τον άξονα του δοκιμίου περισσότερο από 0.001 rad .

Η περιμετρική κυλινδρική επιφάνεια είναι ελεύθερη από προεξοχές, δηλαδή λεία και απαλλαγμένη από απότομες ανωμαλίες με μέγιστη απόκλιση από την ευθεία για όλο το μήκος του δοκιμίου 0.3 mm.

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Μετροταινία ακριβείας.
- Ζυγαριά ακριβείας.
- Φούρνος που διατηρεί την θερμοκρασία σταθερή στους $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Πρέσα.

ΥΛΙΚΑ

Κυλινδρικό δοκίμιο πετρώματος.

Εκτέλεση δοκιμής

- Μετριέται η διάμετρος (D) του δοκιμίου με ακρίβεια 0.1 mm, με τη λήψη του μέσου όρου δύο μετρήσεων της διαμέτρου σε ορθή γωνία μεταξύ τους στο μέσο του δοκιμίου, καθώς και στο άνω και κάτω άκρο αυτού. Ο μέσος όρος των έξι αυτών μετρήσεων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου. Το ύψος (L) του δοκιμίου μετριέται με ακρίβεια 0.1 mm.
- Καταγράφεται το βάρος (W) του δοκιμίου με ακρίβεια 0.1 gr για τον υπολογισμό της πυκνότητας (φαινόμενο βάρος). Οι συνθήκες υγρασίας του δοκιμίου κατά τη δοκιμή καλό θα είναι να αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές και επιτόπου συνθήκες. Είναι δυνατόν όμως οι συνθήκες υγρασίας να είναι διαφορετικές ή το δοκίμιο να είναι σε ξηρή κατάσταση, οπότε οι συνθήκες αυτές θα πρέπει να αναφέρονται στο έντυπο της δοκιμής. Τα δοκίμια που εξετάζονται σε ξηρή κατάσταση τοποθετούνται σε φούρνο θερμοκρασίας $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ για 24 ώρες.
- Τοποθετείται το δοκίμιο στη μηχανή φόρτισης (πρέσα) (Φωτογραφία). Η πρέσα διαθέτει δύο χαλύβδινες πλάκες κυκλικού σχήματος και σκληρότητας όχι μικρότερης του HRC 58. Η μία από τις πλάκες πρέπει να έχει, σφαιρική έδραση και η άλλη να είναι άκαμπτη και επίπεδη. Οι πλάκες αυτές έχουν πάχος μεγαλύτερο των 15 mm και οι επιφάνειες τους δεν θα πρέπει να αποκλίνουν του επιπέδου περισσότερο από 0.005 mm. Το δοκίμιο, οι χαλύβδινες πλάκες και η σφαιρική έδραση είναι κεντρωμένα σε σχέση με τον άξονα φόρτισης.



Μηχανή φόρτισης (πρέσα) βραχύδουρας δοκιμίου που διαθέτει αυτόματο σύστημα επιβολής φορτίου και καταγραφής παραμορφώσεων.

• Εφαρμόζεται το φορτίο στο δοκίμιο συνεχώς και βαθμιαία με σταθερή ταχύτητα φόρτισης 0.5-1.0 MPa/sec. Η θραύση του δοκιμίου πρέπει να επέλθει μέσα σε 5-10 min. Το μέγιστο φορτίο που επιβάλλεται στο δοκίμιο σε kN ή MN αναγράφεται στο έντυπο της δοκιμής. Επίσης σχεδιάζεται το σχέδιο θραύσης του δοκιμίου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Η αντοχή του δοκιμίου υπολογίζεται από τη σχέση :

$$s_s = \frac{P}{A}$$

όπου, s_s : η αντοχή σε μοναξονική θλίψη σε kPa ή MPa

P : το μέγιστο φορτίο σε kN ή MN A : το εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου σε m²

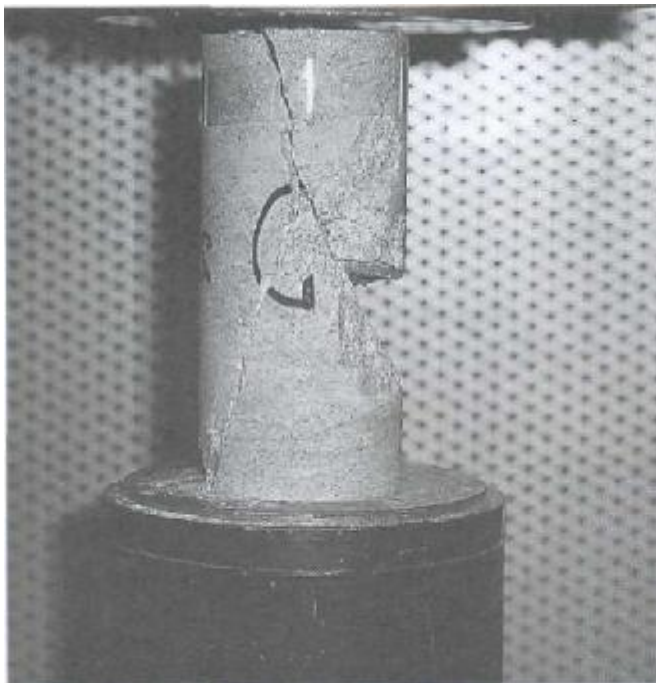
Στο έντυπο της δοκιμής πρέπει, να αναφέρονται επίσης:

α. Η προέλευση του δοκιμίου (έργο, γεώτρηση, βάθος)

- β. Η πετρογραφική περιγραφή
- γ. Η ταχύτητα θραύσης, και
- δ. Ο χρόνος εκτέλεσης της δοκιμής

Με τη βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος γίνεται ταξινόμηση υ πετρώματος με βάση την αντοχή του σε μοναξονική θλίψη.

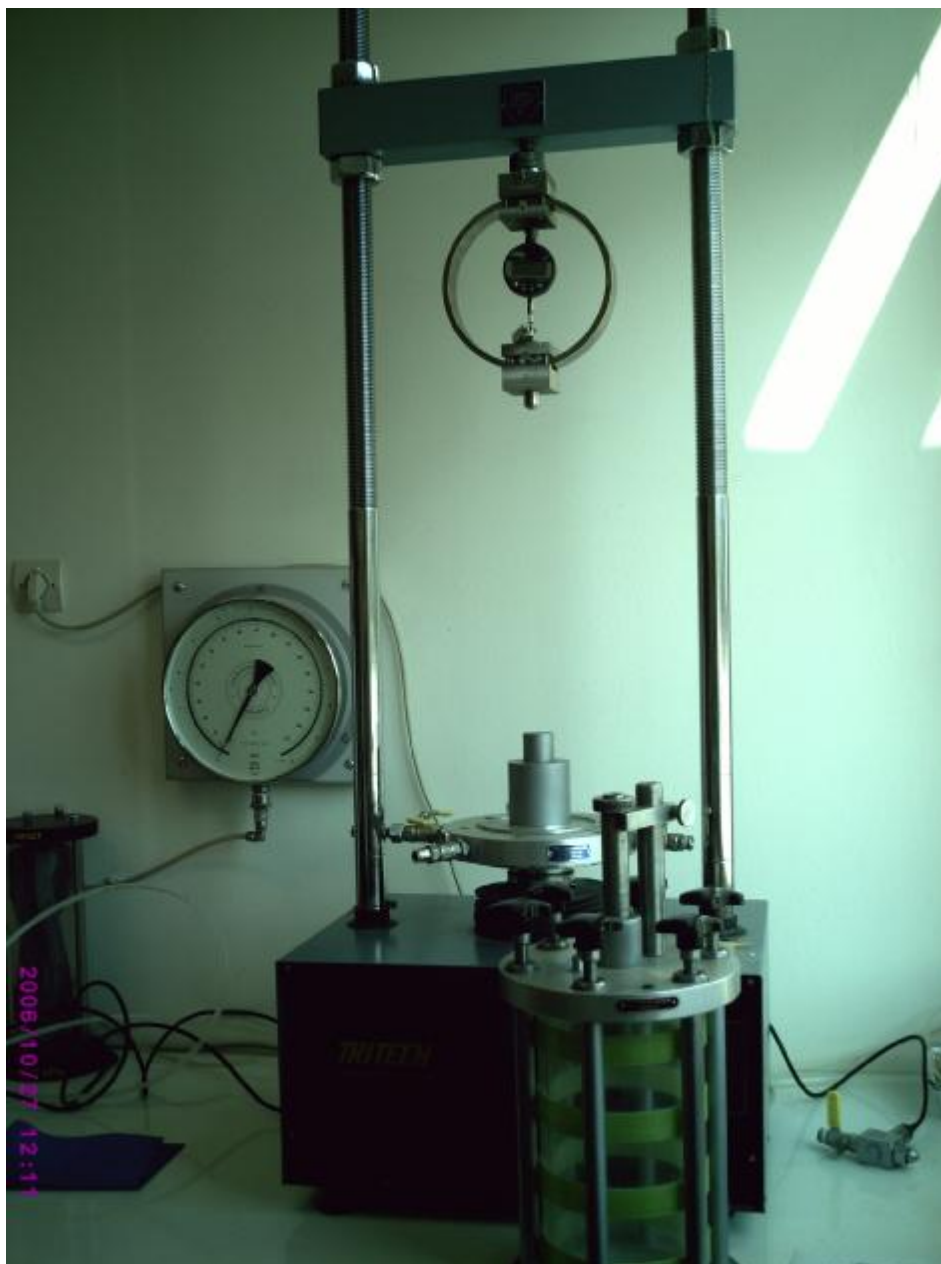
Στην Φωτογραφία φαίνεται η θραύση ενός δοκιμίου από ψαμμίτη (είναι του που συζυγής διατμητική θραύση) μετά την εκτέλεση δοκιμής σε ανεμπόδιστη ,θλίψη.



Φωτογραφία: Θραύση (συζυγής διατμητική) δοκιμίου ψαμμίτη μετά από εκτέλεση δοκιμής σε ανεμπόδιστη (μοναξονική) θλίψη.



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ**



ΣΥΣΚΕΥΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ (ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΚΑΙ Η ΔΟΚΙΜΗ ΤΗΣ ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ)

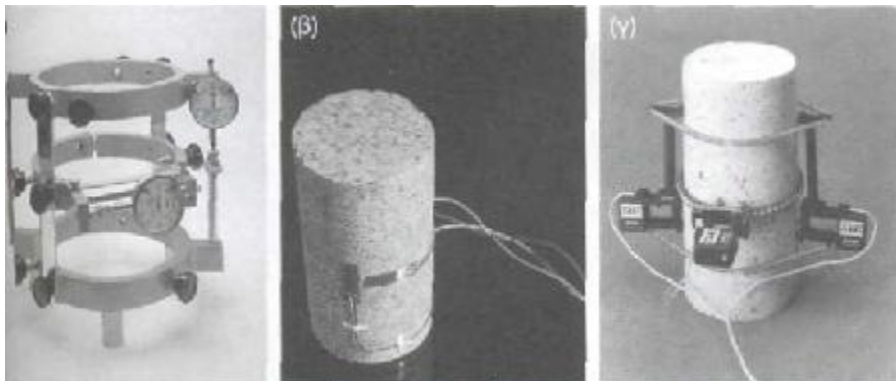
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ



4.9 Προσδιορισμός της αντοχής σε μοναξονική (ανεμπόδιστη) θλίψη με σύγχρονη μέτρηση και προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας (E) και του λόγου Poisson (ν) (Uniaxial compression deformability test)

Η δοκιμή αυτή γίνεται όπως περιγράφεται προηγουμένως για τον προσδιορισμό της αντοχής σε μοναξονική θλίψη, μόνο που κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της γίνεται ταυτόχρονη μέτρηση των αξονικών και διαμετρικών (πλευρικών) παραμορφώσεων του δοκιμίου. Για το λόγο αυτόν χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα μέτρησης των παραμορφώσεων του δοκιμίου που συνήθως είναι **(Φωτογραφίες)**:



. Όργανα μέτρησης των παραμορφώσεων: (α) Δακτύλιος με μηχανισιόμετρα, (β) Ηλεκτρικά μηχανισιόμετρα (Strain Gauges), (γ) Παραμορφωτικός δακτύλιος με ηλεκτρονικά μηχανισιόμετρα.

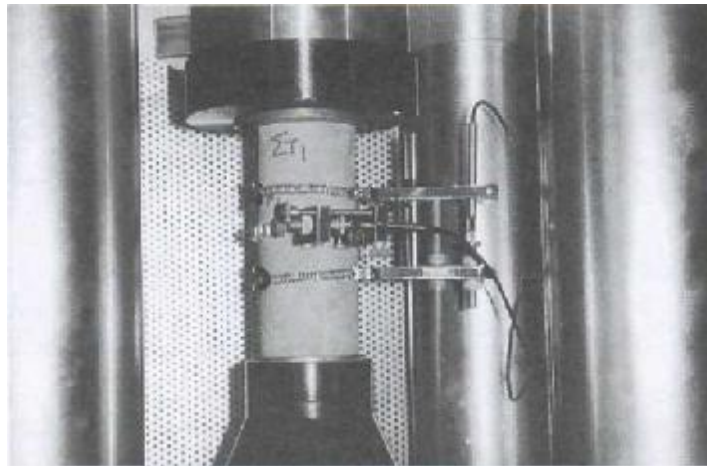
Ηλεκτρικά μηχανισιόμετρα (strain gauges) τα οποία επικολλώνται στο δοκίμιο παράλληλα και κάθετα στον άξονα φόρτισης για τη μέτρηση αξονικών και διαμετρικών παραμορφώσεων αντίστοιχα. Η επικόλληση γίνεται με ειδική κόλλα και ακολουθεί επίστρωση με προστατευτικό υλικό (π.χ. σιλικόνη). Το μήκος τους πρέπει να είναι μεγαλύτερο του δεκαπλασίου του μέσου μεγέθους των κόκκων του βράχου και η επικόλληση γίνεται στο κεντρικό τμήμα του δοκιμίου και σε απόσταση όχι μικρότερη του $D/2$ από τα άκρα του (όπου D η διάμετρος του δοκιμίου).

Μηχανικά μηχανισιόμετρα τα οποία προσδένονται κατάλληλα πάνω στο δοκίμιο (με ειδικό δακτύλιο) που έχουν ακρίβεια 0.002mm . Η τοποθέτησή τους γίνεται στο κεντρικό τμήμα του δοκιμίου και σε απόσταση όχι μικρότερη του $D/2$ από τα άκρα του (όπου D η διάμετρος του δοκιμίου).

Ηλεκτρονικά μηχανισιόμετρα προσαρμοσμένα σε κατάλληλο παραμορφωτικό δακτύλιο

που "προσδένεται" πάνω στο δοκίμιο. Η τοποθέτηση διάφορων συστημάτων για τη λήψη έμμεσων μετρήσεων εκτός δοκιμίου (π.χ. μέτρηση μετακινήσεων στις πλάκες της πρέσας ή στο έμβολο αυτής) δεν είναι αποδεκτές για την εκτέλεση της δοκιμής.

Οι μετρήσεις λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της φόρτισης του δοκιμίου (Φωτ.) ενώ κάθε μέτρηση αναφέρεται σε συγκεκριμένη τιμή ορθού φορτίου και ο αριθμός τους θα πρέπει να είναι τουλάχιστον δέκα μέχρι τη θραύση του δοκιμίου. Μετριοούνται η αξονική (ϵ_3) και πλευρική ή διαμετρική (ϵ_d) παραμόρφωση (axial and diametric strain).



Φωτ. Φόρτιση βραχέδους δοκιμίου που φέρει ηλεκτρονικά μηχανοσκόμμετρα προσαρμοσμένα σε παραμορφωτικό δακτύλιο, για τη μέτρηση αξονικών και πλευρικών παραμορφώσεων.

Η αξονική παραμόρφωση σε κάθε συγκεκριμένη τιμή ορθού φορτίου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$e_a = \Delta l / l_0$$

όπου: l_0 το αρχικό μήκος του δοκιμίου και Δl η μεταβολή του μήκους του.

Η διαμετρική παραμόρφωση σε κάθε συγκεκριμένη τιμή ορθού φορτίου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$e_d = \Delta d / d_0$$

όπου: d_0 η αρχική διάμετρος του δοκιμίου και Δd η μεταβολή της διαμέτρου.

Σχεδιάζονται οι καμπύλες τάσεων - παραμορφώσεων και υπολογίζονται το στατικό μέτρο ελαστικότητας (E) και ο λόγος Poisson (ν)

4.10 Έμμεσος προσδιορισμός της εφελκυστικής αντοχής - Θλίψη κατά γενέτειρα (Brazilian test)

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τον έμμεσο προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής (σ_c) του πετρώματος.

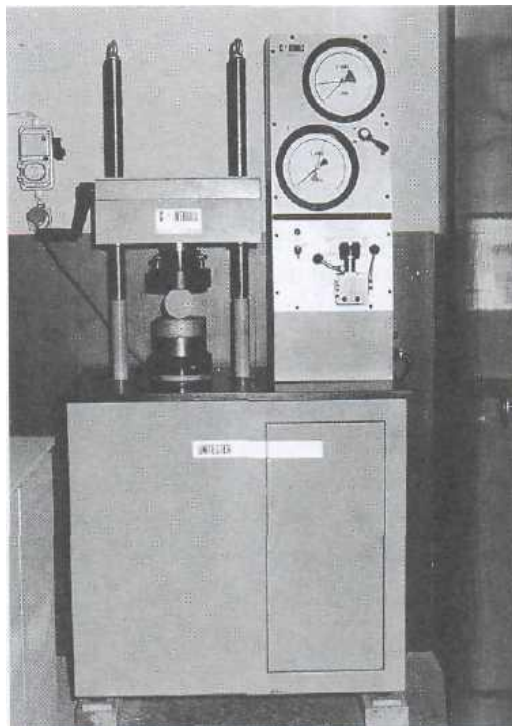
Τα δοκίμια είναι σχήματος δίσκου του οποίου το ύψος (L) είναι περίπου ίσο με το μισό της διαμέτρου (D/2). Οποσδήποτε η διάμετρος του δοκιμίου θα πρέπει να είναι το δεκαπλάσιο του μεγέθους του μεγαλύτερου κόκκου των ορυκτών που συμμετέχουν στη δομή του πετρώματος. Τα άκρα του δοκιμίου είναι επίπεδα και παράλληλα μεταξύ τους.

Η διάμετρος (D) του δοκιμίου καθώς και το ύψος (L) μετρούνται με ακρίβεια 0.1 mm. Επίσης μετριέται και το βάρος του δοκιμίου (W) και αυτό με ακρίβεια 0.1 gr για τον υπολογισμό της πυκνότητας (φαινόμενο βάρος). Τα στοιχεία αυτά καταγράφονται στο ειδικό έντυπο της δοκιμής. Οι συνθήκες υγρασίας του δοκιμίου κατά τη δοκιμή καλό θα είναι να αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές και επί τόπου συνθήκες. Είναι δυνατόν όμως οι συνθήκες υγρασίας να είναι διαφορετικές ή τα δοκίμια να είναι σε ξηρή κατάσταση, οπότε θα πρέπει να αναφέρονται στο ειδικό έντυπο της δοκιμής. Τα δοκίμια που εξετάζονται σε ξηρή κατάσταση τοποθετούνται σε φούρνο θερμοκρασίας $105 \pm 5^\circ$ για 24 ώρες.

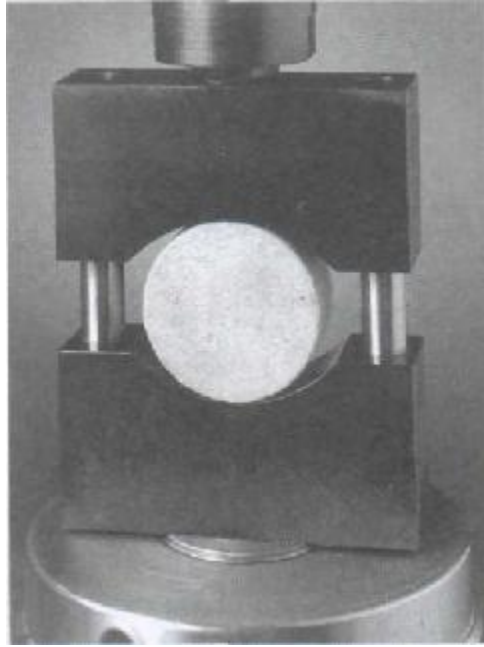
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

- Το δοκίμιο διαμορφώνεται στις παραπάνω διαστάσεις, ενώ η κυλινδρική επιφάνεια του (περίμετρος) είναι ελεύθερη από προεξοχές, δηλαδή λεία και απαλλαγμένη από απότομες ανωμαλίες με μέγιστη απόκλιση από την ευθεία για όλο το μήκος του δοκιμίου 0.3 mm. Επίσης, οι δυο επιφάνειες του δοκιμίου πρέπει να είναι λείες και επίπεδες με μέγιστη απόκλιση 0.02 mm και παράλληλες μεταξύ τους ώστε να μην αποκλίνουν από την κάθετο προς τον άξονα του δοκιμίου περισσότερο από 0.001rad,

- Το δοκίμιο τυλίγεται περιμετρικά με χάρτινη κολλητική ταινία πάχους 0.2 - 0.4 mm και πλάτους ίσο με το δοκίμιο.
- Τοποθετείται το δοκίμιο στη μηχανή φόρτισης (πρέσα) (Φωτ. 1). Η πρέσα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με δύο χαλύβδινες πλάκες σκληρότητας όχι μικρότερης του HRC 58 (κατά Rockwell), μία άνω και μία κάτω. Οι πλάκες αυτές έχουν πάχος μεγαλύτερο των 15 mm, είναι άκαμπτες και επίπεδες και οι επιφάνειες τους δεν θα πρέπει να αποκλίνουν του επιπέδου περισσότερο από 0.005 mm. Το δοκίμιο και οι χαλύβδινες πλάκες, που συνήθως προτείνονται κοίλες, όπως φαίνεται στη Φωτ. 2, είναι κεντρωμένα σε σχέση με τον άξονα φόρτισης.



Φωτ. 1 Τοποθέτηση δοκιμίου στη μηχανή φόρτισης (πρέσα) για την εκτέλεση δοκιμής θλίψης κατά γενέτιρα (Brazilian).



Φωτ. 2 Κοίλες χαλύβδινες πλάκες με το δοκίμιο κατά την εκτέλεση δοκιμής θλίψης κατά γενέτειρα (Brazilian).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- Το φορτίο εφαρμόζεται στο δοκίμιο συνεχώς και βαθμιαία με σταθερή ταχύτητα φόρτισης περίπου 150-200 N/sec, ώστε η θραύση του δοκιμίου να επέλθει σε 15-30 sec.
- Εάν η συσκευή είναι εφοδιασμένη με καταγραφέα (φορτίου - παραμόρφωσης) η καταγραφή γίνεται από την αρχή της δοκιμής, έτσι ώστε το φορτίο της πρώτης θραύσης να μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς. Εάν η συσκευή δεν είναι εφοδιασμένη με καταγραφέα τότε χρειάζεται προσοχή από τον χειριστή, ώστε να προσδιοριστεί το φορτίο της πρώτης θραύσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις η διαφορά του ολικού-τελικού φορτίου με το φορτίο της πρώτης θραύσης, είναι περίπου 5%. (Στην **πρώτη** θραύση η βελόνα του μανομέτρου σταματά για δευτερόλεπτα).
- Το μέγιστο φορτίο που επιβλήθηκε στο δοκίμιο αναγράφεται στο ειδικό έντυπο δοκιμής σε Nt. Επίσης παρουσιάζεται το σχέδιο θραύσης του δοκιμίου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Η εφελκυστική αντοχή (s_t) του δοκιμίου υπολογίζεται από τη σχέση

$$s_t = \frac{2P}{pDL} = \frac{0.636P}{DL} = (MPa)$$

όπου,

P: φορτίο σε N.

D: διάμετρος σε mm

L: Ύψος σε mm

Στο ειδικό έντυπο της δοκιμής αναφέρονται:

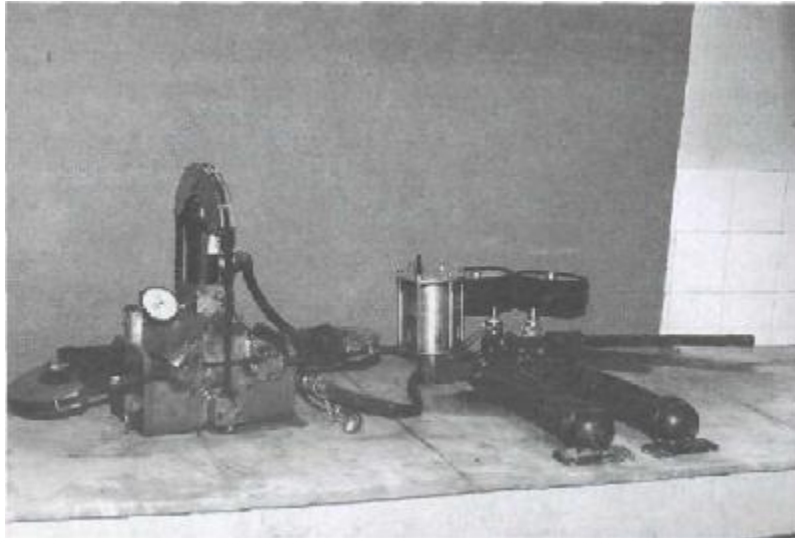
- Η πετρογραφική περιγραφή
- Η προέλευση του δοκιμίου
- Η ταχύτητα θραύσης
- Το σχέδιο θραύσης
- Ο χρόνος θραύσης

4.11 Προσδιορισμός της διατμητικής αντοχής ασυνεχειών

ΣΚΟΠΟΣ

Η δοκιμή αυτή έχει σαν σκοπό τον προσδιορισμό της μέγιστης (peak) και παραμένουσας (residual) διατμητικής αντοχής των ασυνεχειών πετρωμάτων σαν συνάρτηση του ορθού φορτίου στο επίπεδο διάτμησης. Τα αποτελέσματα της δοκιμής χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της ευστάθειας σε σήραγγες, βραχώδη πρανή και για προβλήματα ευστάθειας στη θεμελίωση φραγμάτων.

Η συσκευή που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της δοκιμής είναι αυτή που σχεδιάστηκε από τους ROSS-BROWN and WALTON (Φωτογραφία). Είναι φορητή και εύχρηστη τόσο στο εργαστήριο όσο και στην ύπαιθρο και χρησιμοποιείται τόσο για φυσικές επιφάνειες ασυνέχειας όσο και για προετοιμασμένες (τεχνητές) επιφάνειες σε βραχώδη δείγματα, για τον καθορισμό της γωνίας τριβής (ϕ) και της φαινόμενης συνοχής (c) των επιφανειών των ασυνεχειών .



Φωτογραφία Συσκευή διάτμησης ασυνεχειών.

Επειδή η τραχύτητα που παρουσιάζουν οι φυσικές επιφάνειες ασυνεχειών δεν αντιπροσωπεύει συνήθως, λόγω μικρών διαστάσεων του δοκιμίου, τις πραγματικές επιτόπου συνθήκες, είναι προτιμότερο η συσκευή να χρησιμοποιείται μόνο για τον καθορισμό της βασικής γωνίας τριβής f^b , (Basic Friction Angle), που επιτυγχάνεται με την εκτέλεση της δοκιμής σε τεχνητά διαμορφωμένες επιφάνειες ασυνεχειών βραχιδών δειγμάτων. Η τραχύτητα σε μία φυσική ασυνέχεια του βραχώδους δοκιμίου είναι δυνατό να προκαλέσει φαινόμενα διαστολής του δοκιμίου που είναι απαγορευτική για την εκτέλεση της δοκιμής .

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Για την εκτέλεση της δοκιμής απαιτούνται:

- Ειδικό καλούπι (μήτρα) για τον εγκιβωτισμό του δοκιμίου σε εκμαγείο από γύψο και τον ειδικό σφικτήρα.
- Πλήρη συσκευή διάτμησης η οποία αποτελείται από: α) το διαιρούμενο κορμό της (άνω και κάτω μέρος) με δύο ή τρεις γρύλους επιβολής φορτίων με σφαιρικές κεφαλές, ο ένας για το ορθό φορτίο (βρίσκεται στο άνω μέρος του κορμού) και οι άλλοι δύο (βρίσκονται στο κάτω μέρος του κορμού) για το διατμητικό (οριζόντια μετατόπιση δεξιά ή αριστερά), και β) από δύο χειροκίνητες αντλίες που είναι κατάλληλα εξοπλισμένες για την εφαρμογή, τον έλεγχο και τη μέτρηση των φορτίων που εφαρμόζονται στο δοκίμιο μέσω αναλογικών μανομέτρων (Φωτογραφία προηγούμενης σελίδας)
- Υλικό για την κατασκευή του εκμαγείου (γύψος ή τσιμέντο)
- Μία αεραντλία
- Μηκυσιόμετρο ακριβείας 0.01 mm, για τη μέτρηση των οριζόντιων μετατοπίσεων.

Προετοιμασία δοκιμίου

1. Επιλέγεται η φυσική ασυνέχεια (που είναι όσο το δυνατόν επίπεδη) ή προετοιμάζεται τεχνητή επιφάνεια ασυνέχειας, κόβοντας τον πυρήνα ή το ακανόνιστο πέτρωμα με αδαμαντοτροχό. Διαμορφώνεται το δοκίμιο έτσι ώστε η ελάχιστη επιφάνεια της ασυνέχειας να είναι περίπου 2500 mm^2 και το σχήμα του δοκιμίου τετραγωνικό ή κυκλικό (αν προέρχεται από γεώτρηση). Τα δύο τμήματα που σχηματίζουν το δοκίμιο δένονται μεταξύ τους σταυρωτά με σύρμα (Φωτ. κάτω).

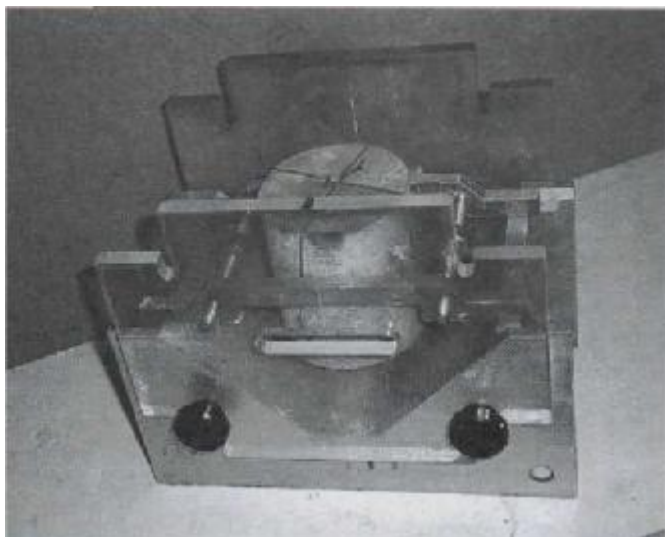
2. Προετοιμάζεται η διαιρούμενη μήτρα μέσα στην οποία θα τοποθετηθούν τα δύο τμήματα του δείγματος, κάνοντας λίπανση των τοιχωμάτων της και βιδώνοντας τις δύο βίδες που φέρει



Φωτ. Δοκίμιο βράχου από γεώτρηση που περιέχει ασυνέχεια (διάκλαση) έχει προετοιμαστεί για εγκιβωτισμό (καλούπωμα).

για τη συγκράτηση του δοκιμίου στο κάτω μέρος. Κατόπιν κεντράρονται τα πλευρικά διαφανή πλαστικά της και γίνεται σύσφιξη των οκτώ (8) βιδών.

3. Το δείγμα συγκρατείται με τον ειδικό σφικτήρα. Τοποθετείται ο σφικτήρας με το δείγμα το οποίο είναι δεμένο με σύρμα και σφιγμένο στο σφικτήρα, κατά μήκος της μισής μήτρας, με τρόπο ώστε το επίπεδο διάτμησης να ταυτίζεται με την οριζόντια χάραξη του πλαϊνού διαφανούς (Φωτ.). Τοποθετείται το επίπεδο διάτμησης στο οριζόντιο επίπεδο μέχρις ότου επιτευχθεί η κεντρική συμμετρία για την αξονική φόρτιση. Το δοκίμιο με το σφικτήρα αφαιρείται.



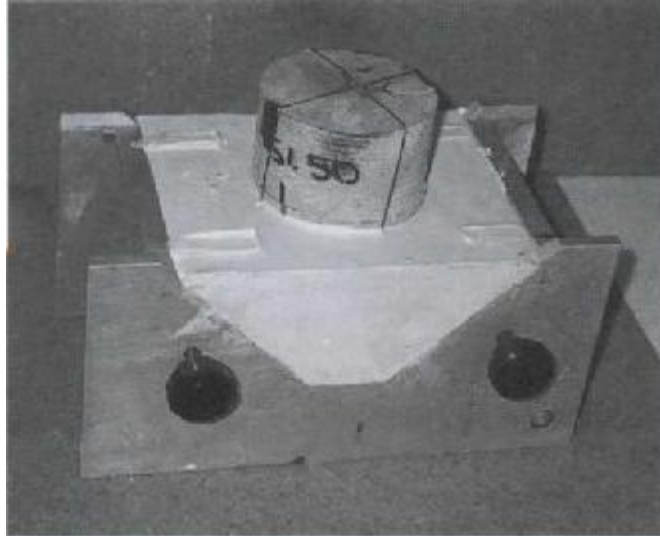
Φωτ. Τοποθέτηση του δοκιμίου στη μισή μήτρα.

4. Προετοιμάζεται σε δοχείο ρευστή γύψος με την οποία πληρώνονται τα 4/5 περίπου της μήτρας. Η πλήρωση πρέπει να είναι τέτοια ώστε, μόλις τοποθετηθεί το συγκρατημένο με το σφικτήρα δοκίμιο, η επιφάνεια του γύψου να φθάσει στα χείλη της μήτρας (αν χρειάζεται προσθέτουμε ή αφαιρούμε γύψο). Η απόσταση της επιφάνειας ασυνέχειας από τη στάθμη του γύψου πρέπει να είναι περίπου 5 mm.

5. Αφήνεται για 2 περίπου ώρες να γίνει πήξη του μείγματος και στη συνέχεια αφαιρείται ο σφικτήρας συγκράτησης του δοκιμίου. Απομακρύνονται επίσης και τα πλαϊνά διαφανή τα οποία και τοποθετούνται στην άλλη μισή μήτρα (Φωτ. 2).

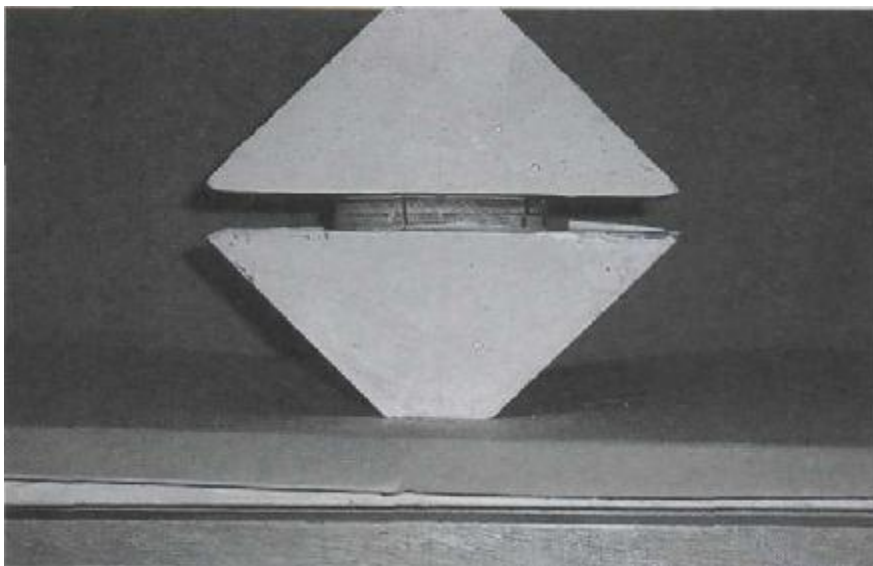


Φωτ. 1 Πλήρωση της μισής μήτρας με ρευστή γύψο.



Φωτ. 2 Σταθεροποίηση της μιας πλευράς του δοκιμίου στο εκμαγείο.

6. Στην άλλη μισή μήτρα γίνεται κεντράρισμα (όπως στο 2) και τοποθέτηση ρευστής γύψου (όπως στο 4). Τοποθετείται η μισή μήτρα με το δοκίμιο επάνω στην άλλη μισή που περιέχει τη ρευστή γύψο και αφού «πατήσει» καλά το ένα κομμάτι πάνω στο άλλο γίνεται σύσφιξη και στις άλλες οκτώ (8) βίδες.



Φωτ. Τελικός εγκιβωτισμός του δοκιμίου στο εκμαγείο από γύψο.

7. Γίνεται συμπλήρωση ή απομάκρυνση μικρών ποσοτήτων γύψου μέσω των σχισμών που υπάρχουν στα διαφανή πλαϊνά και αφήνεται να πήξει για 24 έως 48 ώρες.

8. Απομακρύνονται όλες τις βίδες (και οι δεκαοχτώ) και απελευθερώνεται έτσι το δοκίμιο από τη μήτρα. Με τον τρόπο αυτόν έχουμε το δοκίμιο πλέον εγκιβωτισμένο μέσα στο εκμαγείο από γύψο (παραπάνω Φωτ.)

9. Αποκόπτονται τα δύο σύρματα που συγκρατούν το δοκίμιο πατά μήκος.

Εκτέλεση Δοκιμής

1. Συνδέεται η αντλία επιβολής του κατακόρυφου (ορθού) φορτίου (P_n) με τον αντίστοιχο γρύλο της συσκευής καθώς επίσης και η αντλία επιβολής του οριζόντιου (διατμητικού) φορτίου (P_s) με τον αντίστοιχο γρύλο.

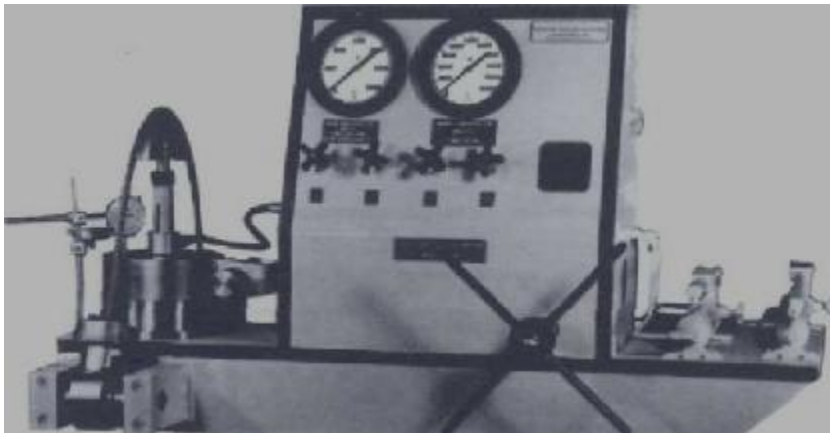
2. Τοποθετείται το δοκίμιο (δηλαδή το εκμαγείο που περιέχει το δοκίμιο) στο κάτω μέρος της συσκευής η οποία και συναρμολογείτε τοποθετώντας με προσοχή το άνω μέρος. Τοποθετείται το συρμάτινο καλώδιο πάνω από τη σφαιρική βάση στο προς τα άνω έμβολο και εφαρμόζεται ένα μικρό φορτίο με την αντλία ορθού φορτίου. Αποκόπτονται και τα άλλα δύο εγκάρσια σύρματα που περιβάλλουν το δοκίμιο. Το ορθό φορτίο εφαρμόζεται με υδραυλικό γρύλο ενώ η σταθερότητα και η ομοιόμορφη κατανομή του επιτυγχάνεται με σερβομηχανισμό (υδροπνευματική αντλία). Η όλη εργασία γίνεται ως εξής: Οι πιέσεις λαδιού και αέρα εξισορροποούνται με χειροκίνητη υδραυλική αντλία και με αντλία αέρος, οι οποίες τροφοδοτούν μέσω ειδικής βαλβίδας το σερβομηχανισμό. Κανονικά, για να μπορεί να διατηρείται σταθερό το ορθό φορτίο θα πρέπει το κάτω άκρο του εμβόλου του σερβομηχανισμού να βρίσκεται στο μέσον των θυρίδων που υπάρχουν περιμετρικά. Για να γίνει αποφόρτιση μειώνεται η πίεση από τη βαλβίδα της υδραυλικής αντλίας χωρίς απομάκρυνση του αέρα. Δεν πρέπει να συμπιέζεται συστηματικά το υδραυλικό σύστημα, καθόσον η δεξαμενή του σερβομηχανισμού ξεχειλίζει από λάδι χωρίς να συγκρατεί ένα προφυλακτικό στρώμα αέρα.

3. Τοποθετείται το μηκυσιόμετρο στο κάτω μέρους του κορμού της συσκευής το οποίο και μηδενίζεται (ώστε να μετρά κάθε οριζόντια μετακίνηση).

4. Τοποθετείται το συρμάτινο καλώδιο που βρίσκεται στο κάτω μέρος του άνω τμήματος της

συσκευής στο οριζόντιο έμβολο και εφαρμόζεται ένα μικρό φορτίο με την αντλία του διατμητικού φορτίου, οπότε και μηδενίζεται πάλι το μηκυνσιόμετρο.

5. Αφού με τη μία αντλία επιτευχθεί το επιθυμητό ορθό φορτίο, με τη δεύτερη εφαρμόζεται σταδιακά και αργά στο δοκίμιο το διατμητικό φορτίο και παρακολουθείται το μηκυνσιόμετρο για ομοιόμορφη μετατόπιση. Καταγράφεται στο δελτίο της δοκιμής το ορθό φορτίο καθώς και οι τιμές του διατμητικού φορτίου για κάθε 0.5 ή 1 mm μετατόπιση. Όταν καταγραφεί το μέγιστο διατμητικό φορτίο (peak), συνεχίζεται για λίγο η δοκιμή πέρα του μέγιστου, ώστε να έχουμε στοιχεία για την καμπύλη και παράλληλα για μία μέση παραμένουσα διατμητική αντοχή.



(α) Μη φορητή συσκευή απ' ευθείας διάτμησης της εταιρείας SBEL.



(β) Φορητή Συσκευή Διάτμηση

4.12 ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΜΨΗΣ (THREE POINT TEST OR FLEXURAL TEST)

Σκοπός της δοκιμής

Στη δοκιμή αυτή τα δοκίμια κατάλληλα διαμορφωμένα υποβάλλονται σε σημειακή φόρτιση κατά το μέσο τους με σκοπό τον υπολογισμό της αντοχής τους σε κάμψη.

Έτσι η δοκιμή αυτή βοηθά στον υπολογισμό του μέγιστου δυνατού ανοίγματος ενός υπογείου θαλάμου με οροφή του ένα ιζηματογενές πέτρωμα με παράλληλη διάστρωση προς την οροφή του θαλάμου.

Η δοκιμή μπορεί να επαναλαμβάνεται με αύξηση του μήκους του ανοίγματος και διατηρώντας αμετάβλητες τις υπόλοιπες διαστάσεις του δοκιμίου.

Συσκευές-υλικά

1. Εργαστηριακή συσκευή κάμψης
2. Αδαμαντοτροχοί για κοπή των δοκιμίων
3. Συσκευή συμπίκνωσης
4. Συσκευή λείανσης των επιφανειών φόρτισης
5. Εδαφικά δοκίμια διαστάσεων 5.5X10X20 cm

Περιγραφή εργαστηριακής συσκευής

Χρησιμοποιείται μηχανή κάμψης του οίκου ELE Αγγλικής προέλευσης ,με κατάλληλη Προσαρμογή των στηριγμάτων δράσεως στα οποία τοποθετείται το δοκίμιο .Η απόσταση μεταξύ των στηριγμάτων πρέπει να είναι σύμφωνη με τις οδηγίες της μηχανής κατά ASTM.



Φωτ. Συσκευή δοκιμής κάμψης

Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Τα δοκίμια αρχικά υποβάλλονται σε διαδικασία κοπής και λείανσης των επιφανειών τους ενώ οι διαστάσεις τους κυμαίνονται περίπου σε 5.5X10X20 cm. Στη συνέχεια κάθε δοκίμιο τοποθετείται στη μηχανή κάμψεως. Πριν την επιβολή φόρτισης χαράσσονται τρεις γραμμές σε κάθε δοκίμιο. Η μια χαράσσεται στο κέντρο του δοκιμίου ενώ παράλληλα ευθυγραμμίζεται με το σημείο εφαρμογής του φορτίου. Οι άλλες δυο γραμμές χαράσσονται σε απόσταση 8.9 εκ. της κεντρικής γραμμής και ευθυγραμμίζονται με τα στοιχεία στήριξης της μηχανής.

Στο πρώτο στάδιο εφαρμόζεται φορτίο της τάξεως των 0.05KN ενώ στη συνέχεια το φορτίο μειώνεται και με σταθερό και χαμηλό ρυθμό φόρτισης συνεχίζει να επιβάλλεται μέχρι το δοκίμιο να αστοχήσει.

Για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Οι επιφάνειες των δοκιμίων πρέπει να είναι λείες και καθαρές.
- Οι διαστάσεις των δοκιμίων μετρούνται με ακρίβεια 1mm.
- Τα δοκίμια πρέπει να ζυγίζονται με ακρίβεια πριν τη πραγματοποίηση της δοκιμής
- Τα δοκίμια πρέπει να τοποθετούνται σωστά στη μηχανή έτσι ώστε ο επιμήκης άξονας του δοκιμίου να βρίσκεται στο κεντρικό επίπεδο κάμψης.
- Η εφαρμογή του φορτίου πρέπει να είναι συνεχής και ομοιόμορφη.
- Πριν από τη θραύση που το δοκίμιο θα αρχίσει να παραμορφώνεται γρήγορα δεν πρέπει να γίνει τροποποίηση στη ρύθμιση των ταχυτήτων.
- Η θραύση του δοκιμίου γίνεται αντιληπτή με τη καθοδική πορεία του δείκτη μετρήσεων της μηχανής.
- Σημειώνουμε το μέγιστο φορτίο θραύσης σε N.
- Μετράμε τις διαστάσεις της διατομής θραύσης.

Αποτελέσματα-Υπολογισμοί

Η εντατική κατάσταση του δοκού που καταπονείται σε κάμψη είναι μονοαξονική και μεταβάλλεται σε κάθε διατομή του δοκού .Η τιμή της ροπής πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε το υλικό να παραμένει εντός της ελαστικής περιοχής.

Έτσι έχουμε:

$$\sigma^k = \frac{M_z}{W} = \frac{M_z}{I_z} = \frac{M_z}{I_z} y$$

Όπου:

- W : Η ροπή αντίστασης της διατομής
- M_Z : Η ροπή κάμψης
- I_Z : Η ροπή αδρανείας της διατομής
- Y : Η απόσταση της ίνας της δοκού από τον ουδέτερο άξονα

Έτσι σύμφωνα με το διάγραμμα της πειραματικής διαδικασίας συνάγεται ότι:

1. Η κρίσιμη διατομή της δοκού είναι η μεσαία στην οποία εμφανίζεται η μέγιστη ροπή κάμψης.
2. Η μέγιστη ορθή τάση εφαρμόζεται στην ακραία ίνα της διατομής

Έτσι προκύπτει η τάση η οποία ισούται με:

$$\sigma_{\max} = \frac{PL/4}{bh^3/12} \cdot \frac{h}{2} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Όπου:

b: ο πάχος της διατομής της δοκού και

h: το ύψος διατομής της δοκού

- Η αντοχή σε κάμψη για κάθε δοκίμιο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R = \frac{3Wl}{2bt^2}$$

Όπου :

R: Η αντοχή σε κάμψη

W: Το φορτίο αστοχίας

L: Το μήκος του ανοίγματος μεταξύ των ακμών στήριξης

b : Το πλάτος του δοκιμίου και

t: Το πάχος του δοκιμίου

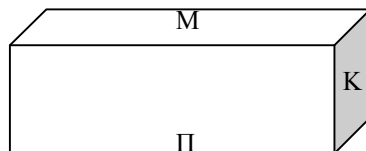
Πειραματική εφαρμογή

Σύμφωνα με αποτελέσματα δοκιμής σε κάμψη συντάξαμε τον παρακάτω πίνακα:

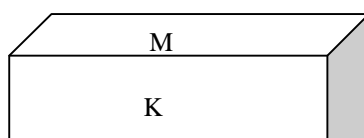
A/A	ΜΗΚΟΣ (m)	ΠΑΧΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ (m)	ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (KN)	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ (kpa)
Δ1	0,178	0,055	0,101	10,2	8913,84
Δ2	0,178	0,056	0,100	12,8	10897,96
Δ3	0,178	0,055	0,100	10,4	9179,50
Δ4	0,178	0,056	0,098	9,7	8427,15
Δ5	0,178	0,056	0,098	10,1	8774,66

Παρατηρούμε ότι το δοκίμιο Δ2 έχει αυξημένη αντοχή σε σχέση με τα άλλα. Αυτό οφείλεται στο ότι η επιβολή του φορτίου στο δοκίμιο έγινε με διαφορετικό ρυθμό απ τα υπόλοιπα και εκτός προδιαγραφών.

Διάταξη δοκιμίων (Δ1,Δ2,Δ3)



Διάταξη δοκιμίων (Δ4,Δ5)



Όπου: Μ:Μέτωπο

Π:Πρόσωπο

Κ:Κεφάλι

Έτσι εξάγουμε τα κάτωθι αποτελέσματα:

Μέσος όρος των R για τα δοκίμια Δ1,Δ2,Δ3: $MO_1=9663,80 \text{ Kpa}$

Μέσος όρος των R για τα δοκίμια Δ4,Δ5: $MO_2=8600,90 \text{ Kpa}$

Μέσος όρος των R για τα πέντε δοκίμια: $MO_3=9238,62 \text{ Kpa}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Βασική διαφορά μεταξύ βράχων και εδαφών διακρίνεται στη μελέτη της επιτόπου συμπεριφοράς τους. Η μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς των εδαφικών κατασκευών μπορεί να γίνει με βάση δοκιμές στο εργαστήριο και στη χρήση των συγκεκριμένων παραμέτρων που θα μετρηθούν στο εργαστήριο. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα δείγματα στο εργαστήριο εμπεριέχουν όλα τα χαρακτηριστικά του επιτόπου εδαφικού υλικού σε επαρκή ποσότητα έτσι ώστε να μην υφίσταται πρόβλημα στη κλίμακα. Αντίθετα όμως στα δοκίμια των πετρωμάτων δεν μπορούν να εμπεριέχουν αρκετή ποσότητα από τα χαρακτηριστικά του επιτόπου γεωυλικού όπως είναι οι ρωγμές και οι ασυνέχειες. Έτσι η συμπεριφορά του ακέραιου βράχου διαφέρει από τη συμπεριφορά του εδάφους.

Οι επί τόπου δοκιμές εκτελούνται στα πλαίσια μιας γεωτεχνικής διασκόπησης της

γεώμαζας κατά τρόπον παράλληλον ή ανεξάρτητον των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων , των ερευνητικών ορυγμάτων ,φρεάτων ,στοών κλπ.

Με σκοπό :

- Την διερεύνηση της αντίδρασης της γεώμαζας σε τυποποιημένη επεξεργασία κυρίως όταν δεν είναι εφικτή η λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων , τα οποία θα υποβληθούν σε επίσης τυποποιημένες επεξεργασίες στο εργαστήριο.
- Τον εμπλουτισμό κατά βάθος και κατ'έκτασιν των απαιτητών πληροφοριών σχετικά της σύστασης και συμπεριφοράς της γεωμάζας που αναφέρθηκαν στις εργαστηριακές δοκιμές .

Ως μεθοδολογία διερεύνησης που αναφέρεται σε μακροκλίμακα (εξωτερική δομή βράχου) και σε σύγκριση με τις μεθόδους που εντάσσονται στο πλαίσιο τους ή στις οργανομετρήσεις μεγαλοκλίμακας ,ο επί τόπου δοκιμές χαρακτηρίζονται από διαφορετική φιλοσοφία στην χρήση τους , μικρότερο κόστος ,ταχύτερη εκτέλεση και συνεχή κατά κάποιον τρόπον απεικόνιση του γεωτεχνικού υλικού .Από την άλλη πλευρά από τη φύση τους συνδέονται με σημαντική αβεβαιότητα ως προς την ερμηνεία των καταγραφόμενων μεγεθών ,τα οποία στη καλύτερη των περιπτώσεων δεν εκπροσωπούν παρά δείκτες και απαιτούν ιδιαίτερη εμπειρία και την βαθμονόμηση τους με τις συμβατικές παραμέτρους .Η ερμηνεία των μετρήσεων έχει κατά κανόνα εμπειρικό χαρακτήρα και σπάνια εμπλέκεται με θεωρίες που βασίζονται στις αρχές της Τεχνικής Μηχανικής .Πράγματι η βασική αρχή η οποία διέπει την ερμηνεία των επί τόπου δοκιμών έχει να κάνει με την διεξαγωγή ενός αριθμού ανεξαρτήτων μετρήσεων ο οποίος θα πρέπει να ισούται με των αριθμό των ζητούμενων ιδιοτήτων του πετρώματος υπό μορφή ορισμένου συστήματος αλγεβρικών σχέσεων. Η συσχέτιση είναι ένα προς ένα. Κατά τους Atkinson & Salfors (1991) οι δείκτες οι οποίοι προσδιορίζονται μέσω των επί τόπου δοκιμών κάθε είδους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής :

- Πρωτεύοντος συσχετισμού : στερεή θεωρητική βάση με λίγες παραδοχές για την ανάλυση μιας δοκιμής.
- Δευτερεύοντος συσχετισμού : θεωρητική βάση μαζί με σημαντικές παραδοχές και προσεγγίσεις.
- Εμπειρικού συσχετισμού: καμία θεωρητική βάση .

Έτσι λοιπόν η εφαρμογή των αποτελεσμάτων μας στο μέγεθος (ή τις διαστάσεις) των τεχνικών κατασκευών είναι είτε:

- Άμεση, με απευθείας συσχέτιση μετρήσεων και βασικών παραγόντων σχεδιασμού , ώστε να αποφύγουμε την αβεβαιότητα που προκύπτει από ενδιάμεσες εμπειρικές συσχετίσεις ,είτε
- Έμμεση , όπου οι μετρήσεις συσχετίζονται με καθιερωμένες συνβατικές γεωτεχνικές παραμέτρους ,οπότε η διαδικασία σχεδιασμού ακολουθεί ήδη χρησιμοποιημένες μεθόδους οι οποίες βασίζονται στην θεωρία και στη λογική σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα:

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ	
ΔΟΚΙΜΗ	ΔΟΚΙΜΗ
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ / ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΑΠΟΚΡΙΣΗ σ - ϵ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
ΕΜΜΕΣΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	ΑΜΕΣΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

5.1 ΕΦΑΡΜΟΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΕΡΟΥΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ

Η εμπειρία έχει δείξει ότι οι επί τόπου δοκιμές χρησιμοποιούνται από τους μηχανικούς της πράξης όχι διότι χαρακτηρίζονται από την καταλληλότητα των αναλυτικών μεθόδων που συνδέονται με αυτές ,αλλά διότι

1. Οι τεχνικές μπορούν να εγγυηθούν την εφαρμογή τους κάτω από συγκεκριμένες εδαφικές συνθήκες .
2. Δίνουν απάντηση οι οποίες δεν μπορούν να ευκολότερα και οικονομικότερα με χρήση άλλων μεθόδων .

5.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ

1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

1. Προσδιορίζονται με ακρίβεια οι οριακές συνθήκες αντοχής του εξεταζόμενου υλικού .
2. Ελέγχονται αυστηρά οι συνθήκες στράγγισης.
3. Προεπιλέγονται και προσδιορίζονται ακριβώς οι τασικές οδεύσεις.
4. Υπάρχει ομοιόμορφο πεδίο παραμορφώσεων (αποδεκτό σε χαμηλές στάθμες παραμόρφωσης)
5. Αναγνωρίζεται επαρκώς η εδαφική φύση του πετρώματος και τα χαρακτηριστικά του.

• ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

1. Προσδιορίζεται δύσκολα η διατάραξη του δείγματος σε συνεκτικά εδάφη .
2. Δημιουργείται αδυναμία δειγματοληψίας σε μη συνεκτικά εδάφη.
3. Μικρός όγκος δείγματος που αυτό έχει ως συνέπεια η μακροδομή και οι ομοιογένεια δε εκπροσωπούνται.
4. Οι επιφάνειες διάτμησης συχνά συνδέονται με τις επιβαλλόμενες διατμητικές τάσεις που υφίσταται το υλικό ,μεταβολές όγκου ,την ανομοιομορφία των δειγμάτων ,άρα και την ανομοιομορφία των παραμορφώσεων ,τις κινηματικές αδυναμίες ,τις τασικές συγκεντρώσεις που επιβάλλουν οι συσκευές.
5. Ασυνεχείς πληροφορίες.
6. Οι δοκιμές είναι ακριβές και χρονοβόρες .

- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ

1. Στις επί τόπου δοκιμές χρησιμοποιείται μεγάλος εδαφικός όγκος με αποτέλεσμα την ακριβέστερη απεικόνιση της επίδρασης της εξωτερικής δομής (μακροδομή) στα εδαφικά χαρακτηριστικά.
2. Δυνατότητα συνεχής καταγραφής του εδαφικού προφίλ.
3. Δυνατότητα εκτέλεσης και σε εδάφη όπου είναι αδύνατη η απόληψη αδιατάρακτων δοκιμών.
4. Το υλικό δοκιμάζεται στο φυσικό του περιβάλλον.
5. Οι δοκιμές είναι πιο οικονομικές και λιγότερο χρονοβόρες .

- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ

1. Δεν προσδιορίζονται με ακρίβεια οι οριακές συνθήκες αντοχής του εξεταζόμενου υλικού.
2. Οι συνθήκες στράγγισης είναι άγνωστες (στραγγιζόμενες ή αστράγγιστες).
3. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρείται μεγάλη διατάραξη του εδαφικού όγκου, αγνώστου μεγέθους.
4. Είναι διαφορετικές οι συνθήκες παραμόρφωσης και αστοχίας στο πεδίο πάρα στις συνθήκες που θα υπήρχαν σε πραγματική γεωτεχνική κατασκευή.
5. Τα πεδία παραμορφώσεων δεν είναι ομοιόμορφα και οι ταχύτητες παραμόρφωσης είναι υψηλότερες σε σχέση με τις εργαστηριακές δοκιμές .

Γίνεται εμφανές λοιπόν η συμβατική μεθοδολογία λήψης δειγμάτων από γεωτρήσεις και δοκιμαστικές εκσκαφές κάθε είδους αφενός με την βοήθεια του εργαστηριακού ελέγχου και των επί τόπου δοκιμών αφετέρου συνιστούν συμπληρωματικές μεθοδολογίες ,με αυτόν τον τρόπον μπορεί να βελτιωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η αξιοπιστία των πληροφοριών που αφορούν στο σχεδιασμό των γεωτεχνικών κατασκευών κάθε είδους και να ελαχιστοποιηθεί το κόστος της έρευνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΧΡ.ΚΟΥΚΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΤ.ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ
ΕΚ. ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ
2002

ΖΑΧΑΡΙΑΣ Γ. ΑΓΙΟΥΤΑΝΤΗΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΜΗΧ/ΚΗΣ
ΜΗΧ/ΚΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ
ΕΚ. ΙΩΝ
2001

Α.Ι.ΣΟΦΙΑΝΟΣ

ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΜΗΧ/ΚΗ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ
2001

Σ.Δ.ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ
ΕΚ. ΙΩΝ
2005

Ε.ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Α.ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΙΙ (ΕΡΓ.ΑΣΚΗΣΕΙΣ)

Ευχαριστούμε θερμά, για τη πολύτιμη βοήθεια τους και την άριστη συνεργασία τους την Dr.Βγενοπούλου Ειρήνη καθηγήτρια του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής καθώς και τον Dr.Παπαντωνόπουλο καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών, του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και όλους τους καθηγητές που μας βοηθήσαν και μας κατεύθυναν για την εύρεση και άντληση υλικού από διαφορές πηγές με αποτέλεσμα την πληρότητα και σύνταξη της πτυχιακής μας εργασίας με θέμα τη μελέτη και εφαρμογή των εργαστηριακών δοκιμών της Βραχομηχανικής.

Με εκτίμηση,

Οι σπουδάστριες:
Μπούρη Αγγελική
Ξένου Αθηνά