

ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ Ι

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΔΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΟΡΥΚΤΑ

Ορυκτά είναι ανόργανα, στερεά, ομογενή σώματα, ορισμένης χημικής σύστασης, δομής και συγκεκριμένων φυσικών χαρακτηριστικών που αποτελούν τα δομικά στοιχεία των πετρωμάτων.

Τα περισσότερα ορυκτά είναι σώματα κρυσταλλικά. Η κρυσταλλική μορφή των ορυκτών είναι μία φυσική ιδιότητα που δεν αποτελεί υποβοηθητικό στοιχείο για τη μακροσκοπική αναγνώριση τους και σε λίγες μόνο περιπτώσεις παρουσιάζει ενδιαφέρον για το αντικείμενο του Πολιτικού Μηχανικού.

Φυσικές ιδιότητες των ορυκτών που είναι χρήσιμες για την αναγνώρισή τους

1. ΧΡΩΜΑ

Το χρώμα, η διαφάνεια, η λάμψη και η γραμμή κόνεως αποτελούν τις σπουδαιότερες οπτικές ιδιότητες των ορυκτών που είναι χρήσιμες για τη μακροσκοπική τους εξέταση. Το χρώμα της γραμμής κόνεως ενός ορυκτού είναι πολλές φορές διαφορετικό από το χρώμα του ορυκτού, αποτελεί σταθερό χαρακτηριστικό για κάθε ορυκτό και ως εκ τούτου διευκολύνει πολύ την αναγνώριση του. Το χρώμα των ορυκτών όμως δεν είναι πάντα σταθερό, αλλά επηρεάζεται από τις διάφορες προσμίξεις που περιέχει, όπως επίσης και από το βαθμό εξαλλοίωσης του ορυκτού.

2. ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Το ειδικό βάρος ενός καθαρού ορυκτού είναι σταθερό και πολύ χρήσιμο για την αναγνώρισή του. Ο προσδιορισμός του ειδικού βάρους γίνεται με πολύ εύκολο τρόπο στο εργαστήριο όπως θα αναφερθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια.

3. ΣΧΙΣΜΟΣ

Ορισμένα ορυκτά παρουσιάζουν την τάση να σχίζονται εξαιτίας μηχανικής επιδράσεως, με σχετική ευκολία κατά μήκος μιας ή περισσότερων καθορισμένων διευθύνσεων. Αυτό προφανώς υποδεικνύει ελάχιστη συνοχή του κρυστάλλου κατά μήκος των επιπέδων του σχισμού. Ο σχισμός αποτελεί σταθερή ιδιότητα των ορυκτών και ως εκ τούτου μεγάλης σημασίας για την αναγνώρισή του.

4. ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Ως σκληρότητα ενός ορυκτού χαρακτηρίζεται η αντίσταση που προβάλλει μια λεία επιφάνειά του στη χάραξη και στη λείανση. Η σκληρότητα των ορυκτών καθορίζεται εμπειρικά και

συγκριτικά με την κλίμακα Mohs που αποτελείται από δέκα βαθμίδες. Κάθε βαθμίδα αντιπροσωπεύεται από ένα ορυκτό το οποίο χαράσσει τα προηγούμενα και χαράσσεται από τα επόμενα. Τα δέκα αυτά ορυκτά ταξινομημένα κατά σειρά σκληρότητας από τη μικρότερη προς τη μεγαλύτερη είναι τα ακόλουθα:

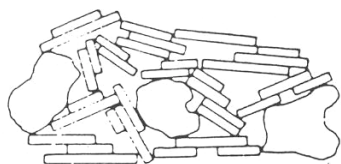
- | | |
|---------------|---------------|
| 1. Τάλκης | 6. Ορθόκλαστο |
| 2. Γύψος | 7. Χαλαζίας |
| 3. Ασβεστίτης | 8. Τοπάζιο |
| 4. Φθορίτης | 9. Κορούνδιο |
| 5. Απατίτης | 10. Αδάμας |

Ως πρόχειρά μέσα διαγνώσεως της σκληρότητας των ορυκτών, όταν δεν υπάρχει κλίμακα Mohs, μπορεί να αποτελέσουν το νύχι, ένα μαχαιρίδιο και ένα κομμάτι γυαλί.

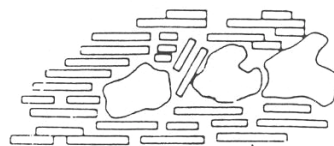
5. ΕΞΑΛΛΟΙΩΣΗ

Βασικό στοιχείο στη γνώση των ορυκτών που ενδιαφέρει το μηχανικό, αποτελεί η ιδιότητα ορισμένων από αυτά, να αποσυντίθενται με την επίδραση ατμοσφαιρικών παραγόντων και κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Το νερό που βρίσκεται στη γη, είτε με τη μορφή ομβρίων υδάτων, είτε ως επιφανειακή και υπόγεια απορροή, και περιέχει διαλυμένα αέρια (CO_2 και O_2), προσβάλλει ορισμένα ορυκτά, προκαλώντας τη διάλυσή ή την αποσύνθεσή τους. Κατά την αποσύνθεση προκύπτουν άλλα ορυκτά με ιδιότητες, του ενδιαφέροντος του Πολιτικού Μηχανικού, εντελώς διαφορετικές του αρχικού ορυκτού. Οι εξαλλοιώσεις των ορυκτών έχουν ως τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία χαλαρών καταστάσεων στο αρχικό πέτρωμα, τη μείωση της αντοχής του και γενικότερα τη δημιουργία προβλημάτων σε θεμελιώσεις τεχνικών έργων.

Μεγάλη σπουδαιότητα στα έργα του Πολιτικού Μηχανικού παρουσιάζουν τα **αργιλικά ορυκτά** που αποτελούν μία ομάδα αργιλοπυριτικών ορυκτών και προέρχονται από την εξαλλοίωση των αστρίων κυρίως των πετρωμάτων. Τα συσσωματώματα αυτών των ορυκτών σχηματίζουν τα αργιλικά εδάφη. Ακόμη τα αργιλικά ορυκτά μπορεί να αποτελέσουν συστατικά άλλων ιζηματογενών πετρωμάτων (μάργας, αργιλικού σχιστόλιθου), αλλά και το συνδετικό υλικό κλαστικών ιζηματογενών πετρωμάτων (ψαμμίτη, κροκαλοπαγούς). Η φυλλώδης μορφή και το μικρό μέγεθος των σωματιδίων των αργιλικών ορυκτών αποτελούν βασικούς παράγοντες που ελέγχουν τις μηχανικές τους ιδιότητες. Τα σημαντικότερα μέλη της ομάδας των αργιλικών ορυκτών αποτελούν ο καολινίτης, ο ιλλίτης και ο μοντμοριλλονίτης, η δομή και οι ιδιότητες των οποίων περιγράφονται στο σύγγραμμα ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ - Μέρος Α.



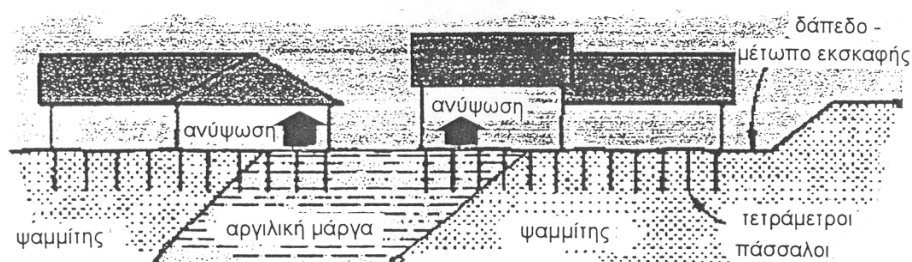
Αδιατάρακτο δείγμα αργίλου



Αναζυμωθέν δείγμα αργίλου

Σχ. 1 Η φυλλώδης μορφή των αργιλικών σωματιδίων αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επιφέρει την πλαστικότητα της αργίλου, όταν αναμιγνύεται με το νερό. Τα σωματίδια προσανατολίζονται παράλληλα μεταξύ τους και η υγρασία που τα περιβάλλει βοηθά τη μεταξύ τους ολίσθηση.

Βασική ιδιότητα των αργιλικών ορυκτών που έχει μεγάλη τεχνική σημασία για τις θεμελιώσεις τεχνικών έργων σε αργιλικά εδάφη, αποτελεί το γεγονός ότι, τα αργιλικά ορυκτά, όταν προσροφούν νερό, διογκώνονται και μετατρέπονται σε πλαστικές μάζες, όταν δε αποβάλλουν το νερό συρρικνώνονται. Ακόμη στα υγρά αργιλικά εδάφη τα αργιλικά ορυκτά δρουν ως λιπαντικό μεταξύ των κόκκων του εδάφους, μειώνουν σημαντικά την αντίσταση στην τριβή με συνέπεια να ελαττώνεται η αντίσταση στις παραμορφώσεις.



Σχ. 2 Η διογκωση της αργιλικής μάργας δημιουργεί άνυψωση του εδάφους και ζημιές στα κτίρια

Για το λόγο αυτό, όταν αργιλικό έδαφος συναντιέται σε θεμελιώσεις ή σε άλλες σχέσεις με την κατασκευή τεχνικών έργων, επιβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή από τον υπεύθυνο μηχανικό του έργου, λόγω των δυσάρεστων φαινομένων (καθιζήσεις, διογκώσεις, αστάθεια πρηνών), που μπορεί να συνοδεύονται από την κατασκευαστική επέμβαση σ' αυτό. Πρέπει να σημειωθεί ότι το μέγεθος των φαινομένων αυτών εξαρτάται τόσο από το ποσοστό της αργίλου στο έδαφος, όσο και από τη φύση των αργιλικών ορυκτών.

Στον πίνακα 2 περιγράφονται οι σημαντικότερες φυσικές ιδιότητες των πιο συνηθισμένων πετρογενετικών ορυκτών.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

I. ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

A. Φυσικές ιδιότητες των πετρωμάτων που βοηθούν και στην αναγνώρισή των.

1. ΔΟΜΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ - ΥΦΗ

- α. Ιστός : Τον ιστό των πετρωμάτων αποτελούν, το μέγεθος, το σχήμα, ο βαθμός κρυσταλλικότητας και ο τρόπος συνδέσεως των ορυκτολογικών συστατικών τους. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση του ιστού είναι η θερμοκρασία, η πίεση, τα αέρια και η σύσταση του μάγματος (π.χ. πορφυριτικός, κοκκώδης ιστός). Γενικά ο ιστός του πετρώματος και ειδικότερα το μέγεθος των ορυκτολογικών του συστατικών επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες του πετρώματος. Για παράδειγμα τα λεπτόκοκκα πετρώματα παρουσιάζουν μεγαλύτερες αντοχές από τα χονδρόκοκκα της ίδιας πετρογραφικής κατηγορίας.



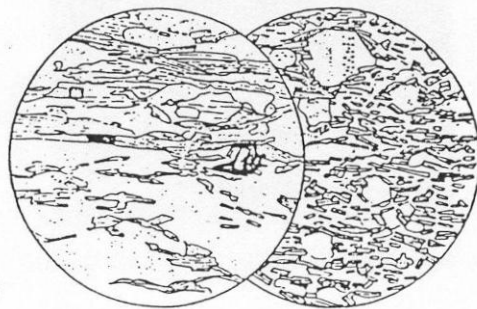
(α)



(β)

Σχήμα 3 Ιστός των πετρωμάτων: (α) κοκκώδης (β) πορφυριτικός

- β. Υφή (δομή): Τρόπος διάταξης των ορυκτολογικών συστατικών της μάζας του πετρώματος (π.χ. ζωνώδης, σχιστοφυής κ.λπ.).



(α)

(β)

Σχήμα 4

Υφή των πετρωμάτων - σχιστοφυής

(α) σερικιτικός χαλαζίτης (β) βιοτιτικός σχιστόλιθος

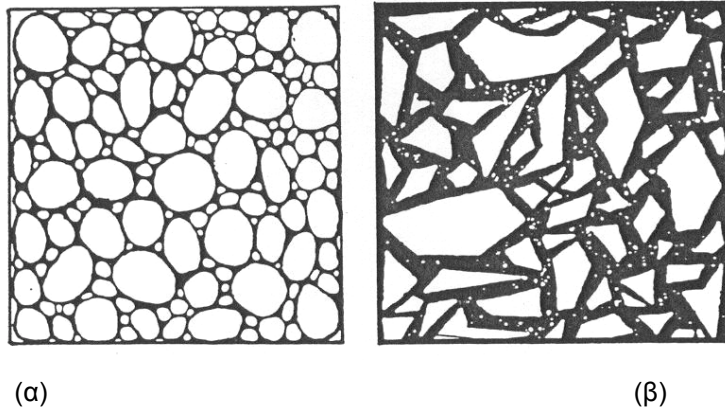
2. ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ - ΧΗΜΙΣΜΟΣ

Τα πετρώματα παρουσιάζουν χαρακτηριστικούς χρωματισμούς της μάζας των, οι οποίοι βοηθούν αποφασιστικά στην αναγνώριση των πυριγενών κυρίως πετρωμάτων.

Οι χρωματισμοί των οφείλονται στους αντίστοιχους των ορυκτολογικών δομικών συστατικών π.χ. τα όξινα πυριγενή πετρώματα παρουσιάζονται με ανοικτά χρώματα, γιατί σ' αυτά επικρατούν λευκοκρατικά συστατικά (Si, Al), σε αντίθεση με τα βασικά - υπερβασικά που εμφανίζονται με σκούρα χρώματα, γιατί σ' αυτά επικρατούν μελανοκρατικά συστατικά (Mg, Fe).

3. ΜΟΡΦΗ - ΜΕΓΕΘΟΣ συστατικών κόκκων και ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΑΓΕΝΕΣΗΣ των ιζημάτων

Η μορφή και το μέγεθος των κόκκων έχουν ιδιαίτερη σημασία για τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα, καθόσον η κατάταξή τους βασίζεται σ' αυτά τα χαρακτηριστικά (κροκαλοπαγή, λατυποπαγή, ψαμμίτες). Ανάλογα με το βαθμό διαγένεσης τα ιζηματογενή πετρώματα διακρίνονται σε ψαθυρά, συνεκτικά και συμπαγή.

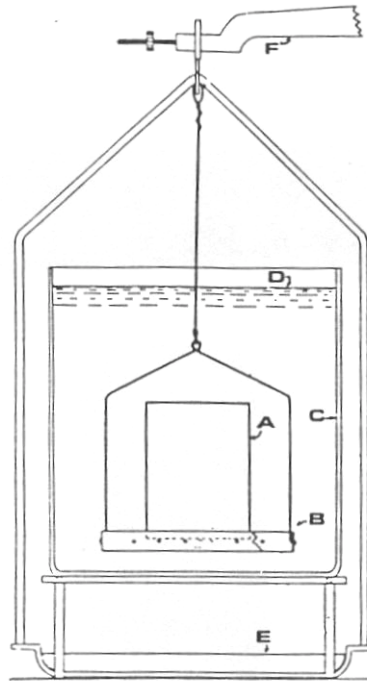


Σχ. 5 Μορφή των συστατικών κόκκων
(α) κροκαλοπαγούς και (β) λατυποπαγούς πετρώματος

4. ΒΑΡΟΣ

Ειδικό βάρος του πετρώματος ή βάρος μονάδας όγκου $\gamma = \frac{W}{V}$ gr/cm³, κατά ASTM C97-47 ή DIN 52102 - 52103.

- α. Φαινόμενο ειδικό βάρος του πετρώματος (γ') είναι το βάρος της μονάδας του όγκου του, συμπεριλαμβανομένων και των πόρων του.
- β. Απόλυτο ειδικό βάρος του πετρώματος (γ_0) είναι το βάρος της μονάδας του όγκου του, άνευ του κενού των πόρων του.



A :	Δοκίμιο	D :	Στάθμη νερού
B :	Αιωρούμενος συρμάτινος κάλαθος	E :	Πλάκα του ζυγού
C :	Δοχείο νερού	F :	Δοκός του ζυγού

Σχ. 6 Συσσκευή προσδιορισμού των ειδικών βαρών και της απορροφήσεως υγρασίας των πετρωμάτων

Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι μία ιδιότητα που είναι απαραίτητο να είναι γνωστή για τα πετρώματα που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές όπως (εσωτερικές-εξωτερικές επενδύσεις, δαπεδοστρώσεις, κλίμακες) αφού με βάση αυτό και το πάχος των πλακών προσδιορίζεται κατά πόσο επιβαρύνεται η όλη κατασκευή. Σύμφωνα με τις Αμερικάνικες προδιαγραφές ASTM οι ελάχιστες τιμές του φαινόμενου ειδικού βάρους, σε περίπτωση πλακοστρώσεων, για ορισμένα πετρώματα είναι:

– ασβεστόλιθος	2,70 gr/cm ³
– δολομίτης	2,80 gr/cm ³
– σερπεντίνης	2,70 gr/cm ³
– τραβερτίνης	2,30 gr/cm ³
– γρανίτης	2,60 gr/cm ³
– γνεύσιος	2,70 gr/cm ³

5. ΠΟΡΩΔΕΣ (πραγματικό πορώδες)

Εκφράζεται με το λόγο του όγκου των κενών V_v προς τον ολικό όγκο του πετρώματος V .

$$n = \frac{V_v}{V} \cdot 100\%$$

Στα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα, το πορώδες κυμαίνεται από 0,2-5%. Στα ιζηματογενή το μέγεθος αυτό είναι σαφώς μεγαλύτερο.

Παράδειγμα:

- Βασάλτης 0,2% (πυριγενές πέτρωμα)
- Ηφαιστειογενείς τόφφοι 30% (ιζηματογενείς σχηματισμοί)

5.1 Απορροφητικότητα (φαινόμενο πορώδες)

Είναι η ποσότητα του νερού που απορροφάται από τους διαπερατούς πόρους του πετρώματος κάτω από κανονική ατμοσφαιρική πίεση.

Υπολογίζεται με τη διαδικασία μέτρησης των ειδικών βαρών, του πορώδους και όταν εκφράζεται επί τοις % κατά βάρος, ονομάζεται συντελεστής εμποτισμού. Είναι η φυσική ιδιότητα που καθορίζει κυρίως την καταλληλότητα ενός πετρώματος για εξωτερικές χρήσεις, όπου αυτό είναι εκτεθειμένο στις υγρές καιρικές συνθήκες. Σε περίπτωση δαπεδοστρώσεων, όταν ο συντελεστής εμποτισμού είναι >0,5% πρέπει να ελέγχεται η συμπεριφορά του πετρώματος σε κλιματολογικές συνθήκες παγετού (βλέπε § 8.1).

B. Σπουδαιότερες τεχνικές ιδιότητες των πετρωμάτων ως δομήσιμα υλικά και μέσα έδρασης - στήριξης τεχνικών έργων

Γενικά με τους όρους αντοχή του πετρώματος σε θλίψη, διάτμηση, κάμψη και εφελκυσμό, φθορά από τριβή (σκληρότητα), εννοείται η αντίσταση του υλικού του πετρώματος έναντι διαφόρων τάσεων, που δημιουργούνται από δυναμικές φορτίσεις.

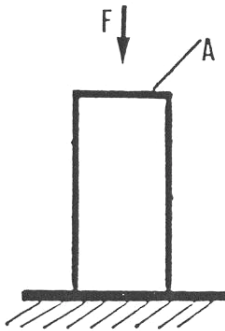
Η αντοχή των πετρωμάτων εξαρτάται από:

- τον ιστό και το είδος της δομής τους
- τις διαστάσεις των δομικών μονάδων (κρυστάλλων, κόκκων)
- τη σχιστότητα και τον προσανατολισμό της
- την ορυκτολογική τους σύσταση
- την τεκτονική καταπόνησή τους, δηλαδή τις διακλάσεις, ρωγμές και γενικώς τα κενά που έχουν στη μάζα τους.

Όπως φαίνεται και από τα δεδομένα των Πινάκων 7, 8 και 9, στους οποίους δίδονται βασικά φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά των πιο συνηθισμένων πετρωμάτων, οι τιμές της αντοχής για τους ίδιους πετρογραφικούς τύπους κυμαίνονται ευρέως. Αυτό είναι συνέπεια των δευτερογενών παραμορφώσεων, χημικών ή μηχανικών, τις οποίες έχουν υποστεί τα διάφορα πετρώματα σε μικρή ή μεγάλη έκταση. Οι σπουδαιότερες δοκιμές που εκτελούνται στα πετρώματα για τον προσδιορισμό των μηχανικών τους ιδιοτήτων είναι:

1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ (κατά ASTM C170-50 ή DIN 52105)

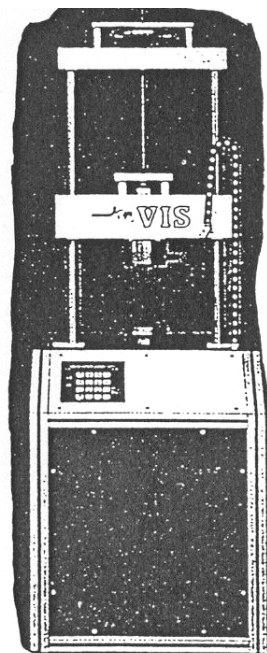
Αντοχή σε θλίψη θεωρούμε την πίεση (kg/cm^2), που εφαρμόζεται σ' ένα δοκίμιο πετρώματος σχήματος κύβου τη στιγμή της θραύσης του.



Ενδεικτικό σκίτσο ανεμπόδιστης θλίψης

F: κύρια δύναμη

A: κάθετη επιφάνεια στη φόρτιση



Σχ. 7β

Συσκευή επιβολής φορτίων (πρέσσα) για τον προσδιορισμό της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη

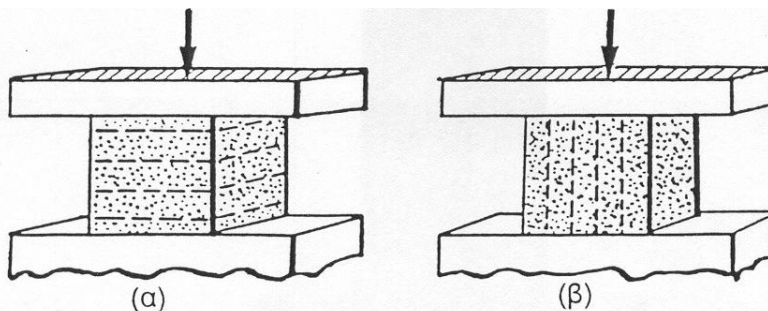
Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη ενός πετρώματος εξαρτάται βασικά από την αντοχή των δομικών μονάδων του πετρώματος (ορυκτών) και του υλικού σύνδεσης των δομικών μονάδων.

Γι' αυτό το λόγο και όπως προκύπτει γενικά από τα δεδομένα των πινάκων 2, 7, 8 και 9 η σκληρότητα των κυριότερων ορυκτών που συνιστούν τα πετρώματα, (όπως προσδιορίζεται από τη σκληρομετρική κλίμακα Mohs), θα μπορούσε να αποτελέσει ένα αρχικό κριτήριο εκτίμησης της αντοχής των. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα για παράδειγμα που έχουν ως κύριο ορυκτολογικό συστατικό τον ασβεστίτη (σκληρότητα 3 βαθμών κατά την κλίμακα Mohs) παρουσιάζουν μέτριες έως χαμηλές αντοχές. Αντίθετα, τα γρανιτικά πετρώματα που έχουν ως κύριο ορυκτολογικό συστατικό το χαλαζία χαρακτηρίζονται ως πετρώματα υψηλών αντοχών.

Είναι όμως δυνατόν πετρώματα που περιέχουν χαλαζία σε μεγάλο ποσοστό όπως οι ψαμμίτες να παρουσιάζουν χαμηλές αντοχές επειδή έχουν υποστεί χαμηλού βαθμού διαγένεση ή επειδή το συνδετικό τους υλικό αποτελείται από μαλακά ορυκτά.

Ενας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αντοχή του πετρώματος σε ανεμπόδιση θλίψη, είναι ο βαθμός αποσάθρωσης που έχει υποστεί το πέτρωμα εκτεινόμενης έως και μερικές δεκάδες μέτρα εντός της βραχώμαζας.

Τα πετρώματα επίσης συμπεριφέρονται ανισότροπα ως προς την αντοχή σε θλίψη, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε διευθύνσεις φόρτισης κάθετες προς τα επίπεδα των στρώσεων, της σχιστότητάς και των επιπέδων τεκτονικών ασυνεχειών. Ακόμη πετρώματα με ισομεγέθεις κόκκους και ομοιόμορφη ορυκτολογική σύσταση παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές αντοχής σε θλίψη από πετρώματα με ιστό ετεροβλαστικό (πετρώματα με άνισο μέγεθος κόκκων). Πειραματικές μετρήσεις έδειξαν ότι η αντοχή σε θλίψη για το βασάλτη κυμαίνεται από 2500 έως 4000 kg/cm², ενώ στους ηφαιστειογενείς τόφφους από 200 έως 300 kg/cm². Η ελάχιστη αντοχή στη θλίψη που απαιτείται να έχει ένα πέτρωμα σύμφωνα με τις προδιαγραφές ASTM, για να είναι κατάλληλο για κατασκευή δαπέδων και πλακοστρώσεων είναι 510 kg/cm².



Σχ. 8 Μέθοδοι εφαρμογής του φορτίου σε σχέση με τις στρώσεις του πετρώματος (α) Φόρτιση κάθετη προς τις στρώσεις (β) Φόρτιση παράλληλη προς τις στρώσεις. (Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν τη διεύθυνση των στρώσεων. Τα βέλη δείχνουν τη φορά της φορτίσεως)

Ετσι όλα σχεδόν τα διακοσμητικά πετρώματα που έχουν αντοχές από 600 kg/cm² (τραβερίνες) έως 3000 kg/cm² (χαλαζιακοί πορφύρες), είναι κατάλληλα για αυτές τις χρήσεις και υπερέρχουν σημαντικά έναντι άλλων υλικών (π.χ. το ξύλο έχει αντοχές στη θλίψη από 350 - 550 kg/cm²).

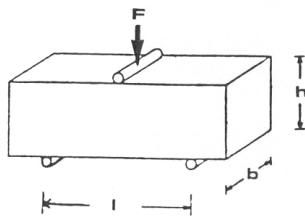
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ (κατά DIN 52112)

Η αντοχή των πετρωμάτων σε εφελκυσμό είναι απολύτως αναγκαία να ελέγχεται, όταν αυτά χρησιμοποιούνται για εξωτερικές επενδύσεις και κλίμακες ελεύθερης εδράσεως, ενώ είναι σημαντική ιδιότητα, όταν τα πετρώματα χρησιμοποιούνται για εσωτερικές και εξωτερικές επιστρώσεις δαπέδων και καλύψεις (ορθομαρμαρώσεις).

Αυτό που πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα, σχετικά με αυτή την ιδιότητα, είναι ότι επηρεάζεται σημαντικά από τη σχιστότητα ή τη στρώση των πετρωμάτων, γι' αυτό και απαιτείται οι μετρήσεις να γίνονται σε δοκίμια τόσο κάθετα όσο και παράλληλα σ' αυτά τα χαρακτηριστικά.

Το ελάχιστο όριο αντοχής στον εφελκυσμό που πρέπει να έχει ένα πέτρωμα για να είναι κατάλληλο για δαπεδόστρωση είναι 68 kg/cm^2 και το σύνολο σχεδόν των διακοσμητικών πετρωμάτων πληρεί αυτό το όριο (τη χαμηλότερη τιμή έχουν οι τραβερτίνες περίπου 100 kg/cm^2).

Αντίθετα, για τη χρήση πετρωμάτων σε εξωτερικές επενδύσεις το όριο είναι πολύ υψηλότερο και γι αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται πετρώματα που έχουν υψηλή εφελκυστική αντοχή (σερπεντινίτες, γρανίτες και λεπτόκοκκα μάρμαρα).



$$\sigma_{\theta\rho} = 1,51 \frac{F_{\theta\rho}}{bh^2}$$

όπου

$\sigma_{\theta\rho}$ = τάση θραύσεως

$F_{\theta\rho}$ = φορτίο θραύσεως

Σχ. 9 Ενδεικτικό σκίτσο κάμψης και εφελκυσμού

Πειραματικές μετρήσεις έδειξαν ότι:

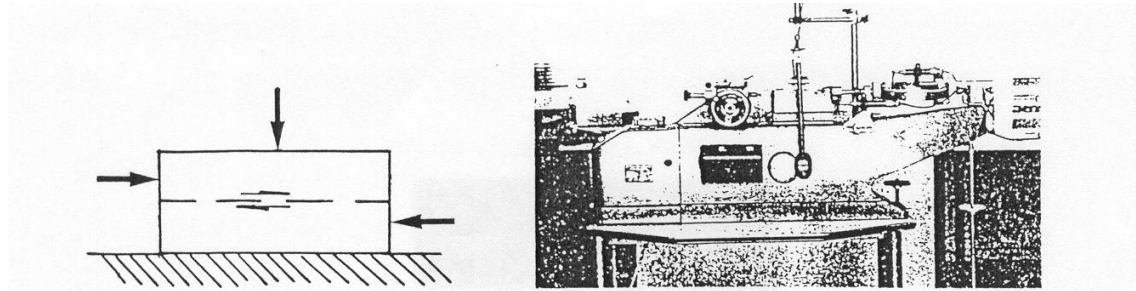
η αντοχή σε εφελκυσμό για το βασάλτη είναι 250 kg/cm^2

για τους τόφφους κυμαίνεται από 20 έως 80 kg/cm^2 και

για τους σχιστόλιθους από 500 έως 800 kg/cm^2

3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

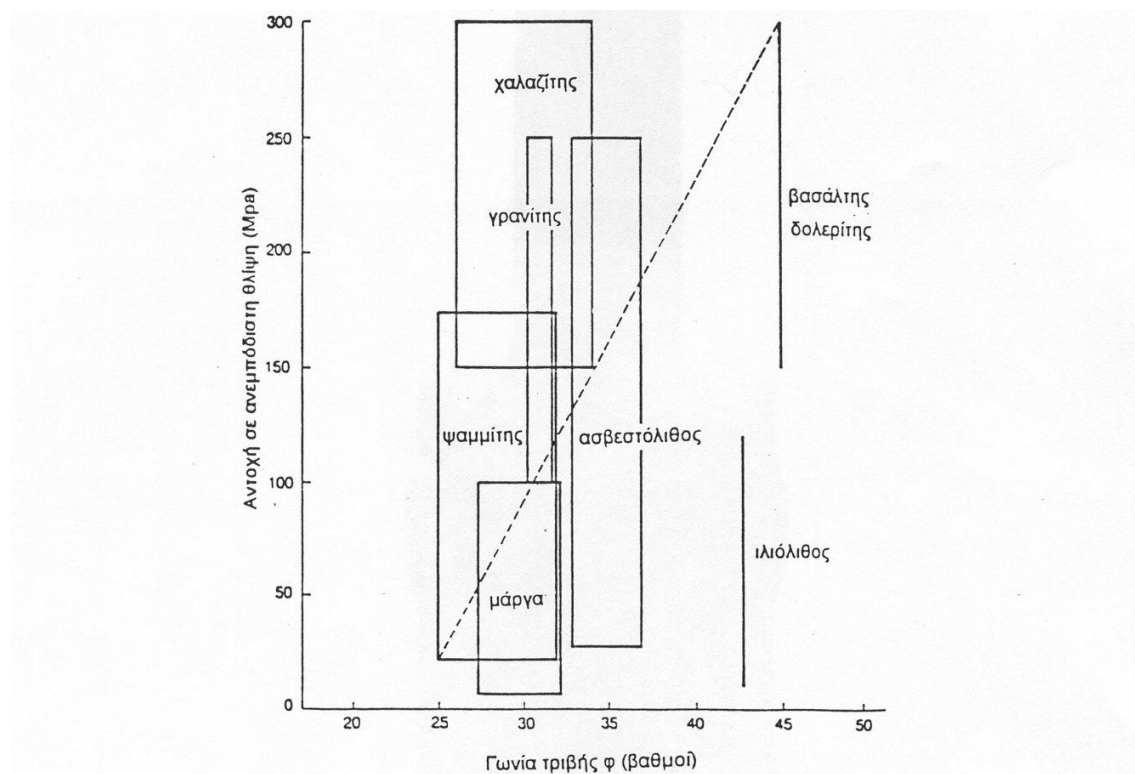
Η αντοχή σε διάτμηση υπολογίζεται σε kg/cm^2 ή $\text{to/m}^2 = (\text{Mpa})$ και μπορεί απλά να ορισθεί ως η ικανότητα του πετρώματος να ανθίσταται σε διατμητικές δυνάμεις, που εφαρμόζονται σ' αυτό, λόγω φόρτισης (όπως στις θεμελιώσεις κτιρίων κ.λ.π.) ή εξαιτίας της βαρύτητας (όπως συμβαίνει στα μέτωπα των λατομείων).



Σχ. 10 (α) Ενδεικτικό σκίσιμο διάτμησης

Σχ. 10 (β) Συσκευή άμεσης διάτμησης

Η διατμητική αντοχή εξαρτάται από δύο χαρακτηριστικά για κάθε πέτρωμα μεγέθη, τη γωνία εσωτερικής τριβής (ϕ) και τη συνοχή των κόκκων του πετρώματος (c). Η συνοχή οφείλεται κυρίως στην παρουσία αργιλικών ορυκτών και ως εκ τούτου έχει μέγιστες τιμές στα αργιλικά ιζήματα, ενώ παρουσιάζει μηδενικές τιμές στην ξηρή άμμο και στους χάλικες.



Σχ. 11 Σχέση μεταξύ της γωνίας εσωτερικής τριβής και της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη για διάφορα πετρώματα

Χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους ϕ και c μπορούμε να υπολογίσουμε την ασφαλή γωνία κλίσεως των βραχωδών πρανών.

Στο σχήμα 11 δίδεται η σχέση μεταξύ της γωνίας εσωτερικής τριβής και της αντοχής σε ανεμπτόδιση θλίψη για διάφορα πετρώματα.

4. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΦΘΟΡΑ ΑΠΟ ΤΡΙΒΗ

Η αντοχή των πετρωμάτων σε φθορά από τριβή εξαρτάται, τόσο από την ορυκτολογική σύσταση, όσο και από τη σκληρότητα των πετρωμάτων. Οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της είναι:

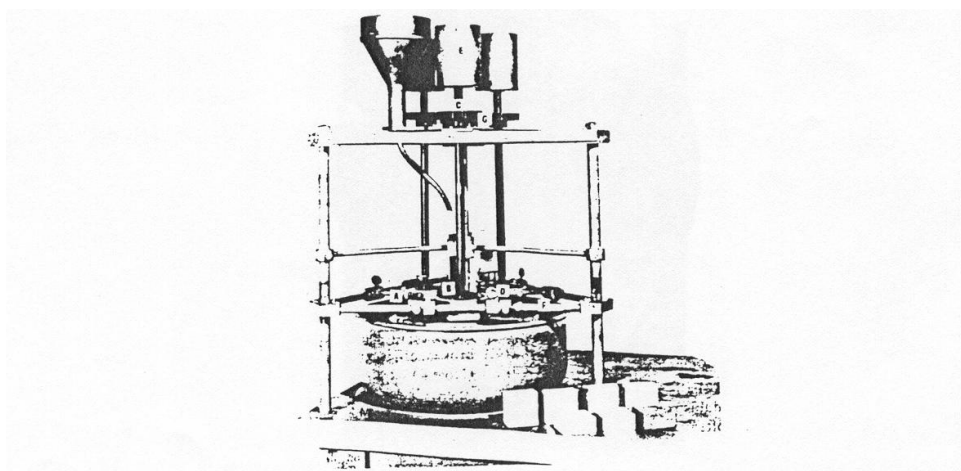
α. κατά ASTM C 241-51

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται η αντοχή σε φθορά όλων των πετρογραφικών τύπων που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δαπέδων, κλιμάκων και παρόμοιων κατασκευών, όπου η φθορά προκαλείται από την κυκλοφορία κυρίως ανθρώπων. Η συσκευή για τον προσδιορισμό της αντοχής σε φθορά από τριβή με τη μέθοδο αυτή δίδεται στην εικόνα του Σχ. 12. Δοκίμια του υπό εξέταση πετρώματος καθορισμένων διαστάσεων τοποθετούνται πάνω σε οριζόντια πλάκα τριβής. Στα δοκίμια που περιστρέφονται με συγκεκριμένο ρυθμό, επιβάλλεται κατακόρυφο φορτίο. Ο υπολογισμός της αντοχής (H_a) κάθε δοκιμίου δίνεται από τη σχέση:

$$H_a = 10G(2000 + W_s) / 2000 W_a$$

όπου:

- G = φαινόμενο ειδικό βάρος του δείγματος
- W_s = μέσος όρος του βάρους του δοκιμίου, πριν και μετά τη δοκιμή
- W_a = διαφορά του βάρους του δοκιμίου πριν και μετά τη δοκιμή



Σχ. 12 Συσσκευή προσδιορισμού της αντοχής σε φθορά από τριβή κατά ASTM

β. κατά DIN 52108

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται ο όγκος του πετρώματος (σε cm^3) που χάνεται ανά 50cm^2 της επιφάνειάς του, όταν το πέτρωμα υποβάλλεται σε τριβή.

5. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΡΟΥΣΗ (κατά DIN 52107 ή 53453)

Η αντοχή αυτή καθορίζεται από την ενέργεια που απαιτείται για τη θραύση δοκιμίου πετρώματος καθορισμένων διαστάσεων. Σε ειδική συσκευή προσαρμόζεται βάρος 50kg, το οποίο πέφτει σε κυβικό δοκίμιο του υπό εξέταση πετρώματος, καθορισμένων διαστάσεων ($4 \times 4 \times 4\text{cm}$) και από ορισμένο ύψος πάνω από την επιφάνεια του δοκιμίου (0,04cm για την πρώτη κρούση). Το ύψος πτώσεως αυξάνει σταδιακά μετά από κάθε κρούση, έως ότου επέλθει η θραύση του δοκιμίου.

Η αντοχή σε κρούση σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή δίδεται από τη σχέση:

$$\text{Αντοχή σε κρούση} = \frac{\text{Σύνολο του δαπανηθέντος έργου κατά τις κρούσεις}}{\text{Όγκος δοκιμίου}} = n(n+1)$$

όπου $n =$ ο αριθμός των κρούσεων που απαιτούνται για τη θραύση του δοκιμίου

Συχνά για ευκολία ως αντοχή σε κρούση λαμβάνεται ο αριθμός n .

Για ορισμένα πυριγενή πετρώματα που θεωρούνται σκληρά όπως ο βασάλτης και ο γρανίτης, η αντοχή σε κρούση κυμαίνεται ανάμεσα σε 12 και 17 κρούσεις.

6. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Με τον όρο σκληρότητα νοείται η αντίσταση του πετρώματος στη μετατόπιση επιφανειακών κόκκων του πετρώματος με την επίδραση της τριβής.

Είναι μια φυσική ιδιότητα, ο καθορισμός της οποίας είναι δύσκολος, ειδικά για πετρώματα που προέρχονται από παραγενέσεις των διαφόρων ορυκτών τους. Ο άμεσος προσδιορισμός της ιδιότητας με τη βοήθεια της μεθόδου της κλίμακας Mohs δεν είναι επομένως δυνατός, εξαιτίας της συνύπαρξης στα πετρώματα περισσότερων ορυκτών που τα προσδίδουν ανομοιογένεια και ανισοτροπία. Γι' αυτό εκτιμάται η σκληρότητα εμμέσως διά του προσδιορισμού άλλων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του πετρώματος. Επειδή τα πετρώματα, όπως προαναφέρθηκε, είναι ανισότροπα και ανομοιογενή υλικά (ορυκτολογική δομή, τρόπος δημιουργίας των - γένεσής των), η σκληρότητα ως ανυσματικό μέγεθος μεταβάλλεται ανάλογα με τη διεύθυνση των διαχωριστικών επιφανειών στο πέτρωμα και την κρυσταλλική διάταξη των ορυκτών του. Ακόμη, επειδή η σκληρότητα ορίζεται με διαφορετικούς τρόπους,

αναλόγως της χρησιμοποιούμενης μεθόδου υπολογισμού της, προκύπτουν διαφορετικά αποτελέσματα.

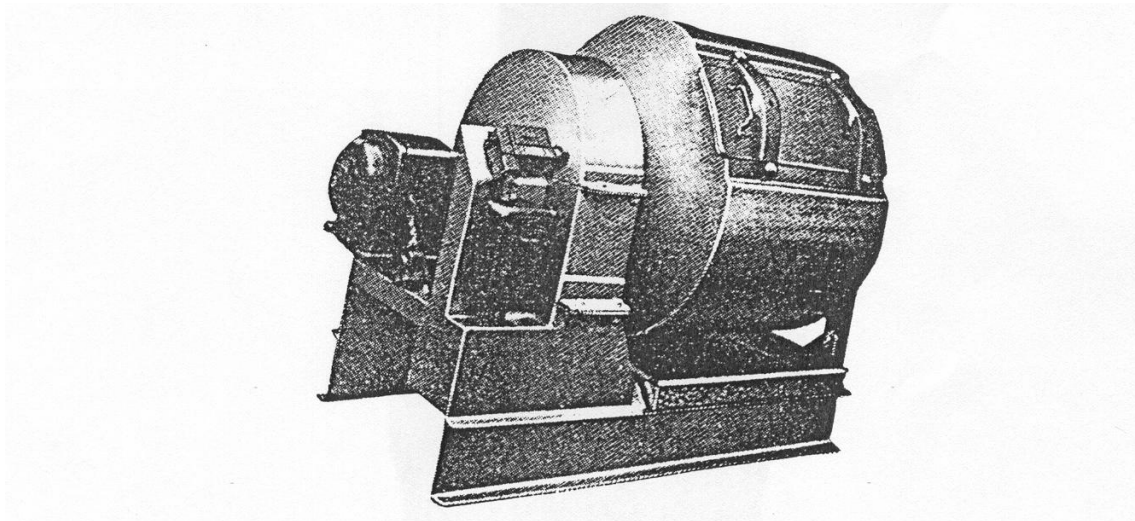
6.1 Προσδιορισμός της σκληρότητας με τη μέθοδο αναπήδησης Shore.

Διεξάγεται με ειδικό όργανο (κρουσίμετρο) και λαμβάνεται μέσος όρος μετρήσεων (>20). Είναι δυνατή η μετατροπή των τιμών κατά Shore σε κλίμακα Mohs.

π.χ. μάρμαρα Παγγαίου κατά Shore 39,16, κατά Mohs 3,1 - 3,8
 μάρμαρα Θάσου κατά Shore 43,16 κατά Mohs 3,2 - 3,9

6.2 Μέθοδος Los Angeles (κατά ASTM 6131-51)

Η δοκιμή Los Angeles εφαρμόζεται κυρίως για την εξέταση της καταλληλότητας των αδρανών υλικών που προορίζονται για την κατασκευή των οδοστρωμάτων, όπως επίσης και για την κατασκευή του σκυροδέματος. Με τη μέθοδο αυτή ερευνάται τόσο η σκληρότητα όσο και η δυσθραυστότητα των πετρωμάτων. Κατά τη δοκιμή εισάγεται στον κύλινδρο της συσκευής (Σχ.13) δείγμα ορισμένης κοκκομετρικής διαβάθμισης και περιστρέφεται με ορισμένη ταχύτητα. Μαζί με το δείγμα περιστρέφονται και χαλύβδινες σφαίρες ορισμένου βάρους.



Σχ. 13 Συσσκευή Los Angeles

Μετά το τέλος της δοκιμής ζυγίζεται το υλικό το συγκρατούμενο από το κόσκινο N^ο12 (1,68mm) και υπολογίζεται το ποσοστό της φθοράς από τη σχέση:

$$W = \frac{A - B}{A} \cdot 100$$

όπου: W = η φθορά
 A = το αρχικό βάρος του δείγματος
 B = το βάρος του συγκρατηθέντος υλικού από το κόσκινο N^ο 12 μετά τη δοκιμή

6.3 Κατάταξη των πετρωμάτων σε ομάδες σκληρότητας

Στην βιβλιογραφία της Τεχνικής Πετρογραφίας, τα πετρώματα διαχωρίζονται σε σκληρά και μαλακά ανάλογα με τη μέση τιμή της αντοχής τους σε θλίψη και με την περιεκτικότητά τους σε ορυκτά συγκεκριμένου βαθμού σκληρότητας, Πίνακας 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Κατανομή των πετρωμάτων κατά ομάδες σκληρότητας

Μέση αντοχή σε θλίψη (kg/cm ²)	Περιεκτικότητα σε ορυκτά με σκληρότητα μεγαλύτερη του ατσαλιού, δηλαδή 5,5 κατά MOHS			
	0 - 25%	25 - 50%	50 - 75%	75 - 100%
> 2200	μεσο-σκληρά	σκληρά	σκληρά	πολύ σκληρά
1800 - 2200	μεσο-σκληρά	μεσο-σκληρά	σκληρά	σκληρά
1400 - 1800	μεσο-σκληρά	μεσο-σκληρά	μεσο-σκληρά	σκληρά
1000 - 1400	μαλακά	μαλακά	μεσο-σκληρά	μεσο-σκληρά
600 - 1000	μαλακά	μαλακά	μαλακά	μεσο-σκληρά
< 600	πολύ-μαλακά	πολύ-μαλακά	μαλακά	μαλακά

Η κατάταξη των πετρωμάτων σε σκληρά και μαλακά σύμφωνα με τον Πίνακα 1, θεωρείται η πλέον αποδεκτή και χρησιμοποιείται ευρέως στην πράξη.

Σημειώνεται ότι, πολλές φορές μία πρώτη εκτίμηση της σκληρότητας των πετρωμάτων γίνεται από την όψη του πετρώματος ή τη χρησιμοποίηση διαφόρων αντικειμένων, όπως ένα κομμάτι γυαλί, ένα μαχαιρίδιο ή το νύχι, χωρίς βέβαια ο τρόπος αυτός προσδιορισμού να έχει αξιόπιστη εφαρμογή.

7. ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

Γενικά διαπερατότητα θεωρούμε την ταχύτητα κυκλοφορίας υγρού ή αερίου μέσα στη μάζα του πετρώματος

Η διαπερατότητα εξαρτάται από:

- τη φύση του πορώδους
- τη θερμοκρασία
- τη φύση του υγρού
- την υδραυλική πίεση

Τα πετρώματα αναλόγως της διαπερατότητάς τους διακρίνονται σε:

- α. Στεγανά, αδιαπέρατα πετρώματα όπως:
 - Τα μεταμορφωμένα (γνεύσιοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι)
 - Τα ιζηματογενή αργιλικά πετρώματα (μάργες, αργιλικό σχιστόλιθοι)
 - Τα συμπαγή πυριγενή (γρανίτες)
- β. Διαπερατά πετρώματα, όπως:
 - μικροδιαπερατά, με μικρούς πόρους στους οποίους κυκλοφορεί νερό με μικρή ταχύτητα (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες).
 - μακροδιαπερατά που είναι συμπαγή, αλλά διατρέχονται από τεκτονικές ασυνέχειες (διακλάσεις-ρήγματα), όπου κυκλοφορεί το νερό με μεγάλη ταχύτητα (καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, γρανίτες).

8. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ

Με τον όρο αντοχή στην αποσάθρωση των πετρωμάτων (υγιή πετρώματα) ορίζεται η ικανότητα τους να ανθίστανται σε μεγάλες και συνεχείς μεταβολές του όγκου των. Τα πετρώματα εκτεθειμένα στην επίδραση των καιρικών συνθηκών υπόκεινται σε συνεχείς μεταβολές του όγκου των, λόγω των εναλλασσομένων επιδράσεων της ψύξεως και ανατήξεως, θερμάνσεως και ψύξεως, διαβροχής και ξηράνσεως.

Η πλέον επικρατέστερη δοκιμή προσδιορισμού της ανθεκτικότητας των πετρωμάτων στην αποσάθρωση γίνεται με τον εμποτισμό του υπό εξέταση δείγματος, σε χημικό διάλυμμα θειικών αλάτων, σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο κατά ASTM C88-46.

8.1 Αντοχή σε παγετό σύμφωνα με DIN 52104

Η δοκιμή αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε πετρώματα που προορίζονται ως αδρανή στην παρασκευή σκυροδέματος, επενδυτικές πλάκες (μάρμαρα) κ.λπ. Κατά τη δοκιμή αυτή εφαρμόζονται στο Εργαστήριο συνθήκες παρόμοιες των πραγματικών καιρικών συνθηκών ψύξεως και ανατήξεως.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Στα πετρώματα που χρησιμοποιούνται στα οικοδομικά και τεχνικά έργα, θεωρείται απαραίτητος ο προσδιορισμός ορισμένων φυσικών και τεχνικών ιδιοτήτων. Το είδος των ιδιοτήτων που εξετάζονται εξαρτάται από τον τύπο του πετρώματος και το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιείται.

A. Στα οικοδομικά έργα

Για ασβεστιτικά-δολομιτικά-σερπεντινικά μάρμαρα, πορόλιθους, κατά τις Αμερικανικές προδιαγραφές (ASTM) και αντίστοιχες Γερμανικές (DIN) για φυσικά πετρώματα, εξετάζονται:

- η απορροφητικότητα
- το ειδικό βάρος
- η αντοχή σε θλίψη
- η αντοχή σε τριβή
- η αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό
- η αντοχή σε κρούση
- το μέτρο ελαστικότητας
- η θερμική γραμμική διαστολή
- η αντοχή σε επιφανειακή αποσάθρωση
- η αντοχή σε διάφορα οξέα (HCl ή οξέα οικιακής χρήσεως).

Παράδειγμα 1:

Ιεράρχηση σπουδαιότητας των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τύπων μαρμάρων ή άλλων πετρωμάτων, αναλόγως της χρησιμοποίησής των, ως υλικά επένδυσης στα οικοδομικά έργα.

Εργαστηριακή δοκιμή φυσικών - μηχανικών ιδιοτήτων	Παράδειγμα φυσικού πετρώματος, ΜΑΡΜΑΡΟ	
	ασβεστιτικό (CaCO ₃)	δολομιτικό (MgCO ₃ + CaCO ₃)
Βάρος μονάδας όγκου	2,75 gr/cm ³	2,90 gr/cm ³
Περιεκτικότητα υγρασίας	0,05 %	0,095 %
Απορροφητικότητα	0,05 %	0,30 %
Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη	777 kg/cm ²	1192 gr/cm ²
Αντοχή σε κάμψη	84,4 kg/cm ²	132,2 gr/cm ²
Κάμψη / θλίψη	0,108	0,119
Γωνία εσωτερικής τριβής	53,61	51,93
Αντοχή σε κρούση	1,5 kp/cm	1,35 kp/cm
Σκληρότητα κατά Shore	39,16	43,16
Μετατροπή Shore σε Mohs	3,1 - 3,8	3,2 - 3,9

Εξετάζεται δηλαδή, εάν τα υπό χρήση πετρώματα για επένδυση εξωτερικών-εσωτερικών επιφανειών ή δαπεδοστρώσεων κτιριακών εγκαταστάσεων, πληρούν τις προδιαγραφές του Ε.Λ.Ο.Τ. 583 (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης).

Παράδειγμα 2:

Επένδυση επιφανειών που δέχονται μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις, (δαπεδοστρώσεις).

→ αντοχή του πετρώματος σε θλίψη, κρούση, φθορά από τριβή

Επένδυση επιφανειών τοίχων εσω-εξωτερικές (ορθομαρμαρώσεις)

→ η αντοχή του πετρώματος σε κάμψη υπερισχύει της αντίστοιχης σε θλίψη

Επένδυση εξωτερικών επιφανειών σε περιοχές ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών

→ σημαντική πέραν των προαναφερομένων η απορροφητικότητα και η αντοχή σε παγετό.

B. Στα τεχνικά έργα

Για τα διάφορα πετρώματα ως μέσα λήψεως φορτίων, έδρασης (οδοποιία, φράγματα).

α. Οδοποιία

Για τα αντιολισθηρά οδοστρώματα που έχουν μικρή ακόμη εφαρμογή στη χώρα μας, οι μέθοδοι ελέγχου της καταλληλότητας των πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό αφορούν τους δείκτες P.S.V., A.A.V. και L.A. όπου:

P.S.V. : εξέταση του δείκτη αντίστασης σε στίλβωση

A.A.V. : εξέταση του δείκτη αντίστασης σε απότριψη

L.A.. : εξέταση σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles ASTM 6131.

Πετρώματα που μπορούν να δώσουν χαρακτηριστικά σκληρών αδρανών κατάλληλων για αντιολισθηρά οδοστρώματα είναι τα ακόλουθα:

Βασάλτης, ανδεδίτης, διαβάσης, συνεκτικοί ψαμμίτες έντονης διαγένεσης, γάββρος, διορίτης, υγειής γρανίτης, πορφυρίτης, χαλαζίτης.

Στα σκληρά αδρανή συμπεριλαμβάνονται επίσης και αυτά που προέρχονται από **συμπαγείς σκουριές υψικαμίνων.**

Τιμές του δείκτη αντίστασης σε στίλβωση που ισχύουν στις χώρες της Ευρώπης :

Χώρα	Επιφάνεια : P.S.V
B.L.	>50
D	>53
E	45-40
GB	≥60
GR	≥55
NL	53

Για τα ασβεστολιθικά συντρίμματα, όχι σκληρά αδρανή, που αποτελούν τα κυριότερα υλικά των συμβατικών οδοστρωμάτων στη χώρα μας, εξετάζεται η καταλληλότητα τους, σύμφωνα με τα ίδια Αγγλοσαξονικά πρότυπα που αναφέρθηκαν.

β. Μεγάλα Τεχνικά Έργα (Φράγματα, Σήραγγες, Γέφυρες, Λιμενικά έργα)

Εργαστηριακές δοκιμές των πετρωμάτων, που θεωρούνται αναγκαίες κατά τα μελετητικά στάδια των έργων:

- Μονοαξονική Θλίψη
- Σημειακή φόρτιση → σ_t
- Τριαξονική Θλίψη → c, Φ
- Αντοχή σε Αμεση Διάτμηση (ασυνέχειες) Φ_i

Λεπτομέρειες και επεξεργασία της διεξαγωγής των δοκιμών για τη προαναφερόμενη β περίπτωση, θα αναπτυχθούν στα μαθήματα της Βραχομηχανικής I, II.

20
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΚΥΡΙΑ ΠΕΤΡΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ

Όνομα	Χρώμα - Μορφή Σχισμός-Θραυσμός	Σκληρότητα κατά Mohs	Εξαλλιώσεις	Γενικά χαρακτηριστικά
Χαλαζίας	Λευκοί, διαφανείς κρύσταλλοι- Πρισματική, πυραμιδική- Θραυσμός κογχώδης	7,0	Ανθεκτικός στην αποσάθρωση	Από τα πιο διαδεδομένα ορυκτά στη φύση, απαντάται και στις τρεις κατηγορίες πετρωμάτων. Δίνει μεγάλες τιμές αντοχής στα πετρώματα που τον περιέχουν σε σημαντικό ποσοστό. Ένας τύπος άμορφου χαλαζία (μη κρυσταλλικού) ονομάζεται οπάλλιος με σκληρότητα 6.0 κατά Mohs και χρώμα, μαύρο, καφέ, υποκίτρινο έως άχρωμο. Απαντάται κυρίως στους κερατόλιθους. Αν και είναι περιορισμένης συχνότητας ορυκτό, η ιδιότητά του να αντιδρά με τα αλκάλια του τσιμέντου και να σχηματίζει ευκολοδιάλυτα άλατα το καθιστά ανεπιθύμητο σε σκύρα ή σε άμμους όταν χρησιμοποιούνται για σκυρόδεμα.
Άστριοι	Λευκό και αλαμπές ή ερυθρό- Πλακώδης, πρισματική- Σχισμός τέλειος	6,0	Προσβάλλονται από το CO ₂ και H ₂ O και εξαλλιώνονται σε αργιλικά ορυκτά σύμφωνα με την αντίδραση που ονομάζεται καολινιτώση	Τα πλέον διαδεδομένα ορυκτά στη φύση. Η εξαλλίωση προκαλεί μείωση της συνοχής του πετρώματος που τα περιέχει μέχρι και πλήρους αποσυνθέσεώς του. Έτσι τα πετρώματα που περιέχουν εξαλλιωμένους αστρίους, μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όταν είναι φορείς τεχνικών έργων ή όταν χρησιμοποιούνται ως δομικοί λίθοι.
Μοσχοβίτης	Αργυρόχρωμος, διαφανής- Φυλλώδης- Σχισμός τέλειος	2,5 - 3,0	Ανθεκτικός στην αποσάθρωση	Οι μαρμαρυγίες όπως ονομάζονται ο μοσχοβίτης και ο βιοτίτης απαντώνται ως λαμπυρίζοντα λέπη στα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα καθώς και στην άμμο. Διατάσσονται στα πετρώματα κατά παράλληλες στρώσεις προσδίδοντας ανισότροπη μηχανική συμπεριφορά.
Βιοτίτης	Σκούρο καφέ - Φυλλώδης- Σχισμός τέλειος	2,5 - 3,0	Αποσαθρώνεται εύκολα σχηματίζοντας άλλα αργιλικά ορυκτά	
Ασβεστίτης	Λευκοί έως άχρωμοι διαφανείς κρύσταλλοι- Ρομβοεδρική- Σχισμός τέλειος	3,0	Προσβάλλεται από το νερό και το CO ₂ και διαλύεται	Κύριο συστατικό των ασβεστόλιθων των μαρμάρων και των δολομιτών. Αναβράζει σε αραιό και ψυχρό διάλυμα HCl. Η ιδιότητα του να διαλύεται είναι καθοριστική για την συμπεριφορά των πετρωμάτων που τον περιέχουν στα τεχνικά έργα.
Ολιβίνης	Σκούρο πράσινο ή ελαιοπράσινο- Πρισματική ή πλακώδης- Θραυσμός κογχώδης	6,5 - 7,0	Αποσαθρώνεται σε σερπεντίνη, τάλκη, αμίαντο σύμφωνα με την αντίδραση που ονομάζεται σερπεντινίωση	Κύριο συστατικό των βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων. Η σερπεντινίωση συνοδεύεται με αύξηση του όγκου του πετρώματος, και μείωση της αντοχής του.
Χλωρίτης	Πράσινο ανοιχτό- Φυλλώδης,λεπιοειδής- Σχισμός τέλειος	1,0 - 2,0	Σχετικά ανθεκτικό στην αποσάθρωση	Απαντά στα μεταμορφωμένα πετρώματα. Αποτελεί προϊόν εξαλλίωσης άλλων ορυκτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Κύρια χαρακτηριστικά των ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

Κατηγορία Πετρώματος		Ιστός	Δομή (μικροτεκτονική)	Τεχνικά χαρακτηριστικά
Πλουτώνια Ηφαιστειακά	Κοκκώδης. Τα ορυκτά εμφανίζονται σε ισομεγέθεις περίπου κόκκους και έχουν κρυσταλλική μορφή Πορφυριτικός. Μεγάλοι κρύσταλλοι (φαινοκρύσταλλοι) που περιβάλλονται από άμορφη υαλώδη μάζα	Συμπαγής, Ομοιογενής. (Ανυπαρξία επιπέδων ανισοτροπίας ή άλλων "ατελειών", όπως επιπέδων στρώσεως, μεγάλων πόρων κ.ά).	Τα πυριγενή πετρώματα σε υγιή κατάσταση παρουσιάζουν πολύ υψηλές αντοχές και αποτελούν δομικά υλικά άριστης μηχανικής ποιότητας. Η αποσάθρωση σε συνδυασμό με τις ασυνέχειες μειώνουν την αντοχή του πετρώματος. Στα ηφαιστειακά πετρώματα η αποσάθρωση είναι λιγότερο έντονη από τα αντίστοιχα πλουτώνια. Όμως σχεδόν πάντα, λόγω της σκληρότητάς τους, είναι λιγότερο ή περισσότερο ρωγματωμένα ή έχουν πρωτογενή κενά που οφείλονται στις συνθήκες σχηματισμού τους.	
Κλαστικά και Βιογενή Χημικά	Χονδροκοκκώδης έως μικροσκοπικός Μικροσκοπικός	Αναπτύσσονται στο χώρο κατά στρώματα. Οι επαφές μεταξύ των στρωμάτων αποτελούν ασυνέχειες που μειώνουν την αντοχή της βραχώμαζας.	Τόσο η πυκνότητα όσο και η σχέση του προσανατολισμού των στρώσεων (διεύθυνση, κλίση) με τον προσανατολισμό των πρηνών ή των δυνάμεων έδρασης ενός τεχνικού έργου, έχουν καθοριστικό ρόλο για την ευστάθεια του έργου. Γενικά, η αντοχή των ιζηματογενών πετρωμάτων είναι μικρότερη από εκείνη των πυριγενών και μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων (πλὴν των σχιστολίθων) και εξαρτάται από τον βαθμό διαγένεσής τους και από τη φύση του συνδετικού τους υλικού.	
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ	Χονδροκρυσταλλικός (γνεύσιοι, μάρμαρα) Μικροκρυσταλλικός (μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, φυλλίτες, μάρμαρα)	Σχιστοφυής, Ζωνώδης (παραγνεύσιοι, μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι). Συμπαγής (ορθογνεύσιοι, μάρμαρα)	Η μεταμόρφωση αλλάζει τόσο την ορυκτολογική σύσταση όσο και τη διάταξη των ορυκτών των αρχικών πετρωμάτων. Δημιουργούνται έτσι επίπεδα με μειωμένης αντοχής ορυκτά (μαρμαρυγίες, χλωρίτες), που στους σχιστόλιθους δημιουργούν τα επίπεδα διαχωρισμού του πετρώματος. Παρουσιάζουν ανισοτροπία στη μηχανική τους συμπεριφορά ανάλογα με το αν τα φορτία δρουν κάθετα ή παράλληλα με τα επίπεδα σχιστότητας.	

ΠΙΝΑΚΑΣ 4
Τεχνική συμπεριφορά ΠΥΡΙΓΕΝΩΝ πετρωμάτων

Πέτρωμα	Τεχνική συμπεριφορά
Γρανίτης	Το πιο διαδεδομένο πλουτώνιο πέτρωμα. Όταν είναι υγιές, είναι ένα από τα μεγαλύτερων αντοχών πετρώματα, παρουσιάζει όμως εντελώς διαφορετική συμπεριφορά, όταν είναι αποσαθρωμένο (εξαλλοίωση των αστρίων). Η τελική φάση αποσαθρώσεως είναι η απώλεια κάθε συνοχής στο πέτρωμα και η μετατροπή του σε χαλαζιακή άμμο με άργιλο. Όταν είναι υγιές, λόγω της μεγάλης του σκληρότητας και αντοχής, θεωρείται ένα από τα καλύτερα υλικά για θεμελιώσεις τεχνικών έργων. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική ως διακοσμητικό πέτρωμα, για την παραγωγή δομικών λίθων και στην οδοποιία για την παραγωγή σκύρων.
Γάββρος - Περιδοτίτης	Συχνά οι γάββροι και οι περιδοτίτες εμφανίζονται μαζί σαν ένα σύστημα πετρωμάτων γνωστό ως οφιόλιθοι. Από τεχνικής συμπεριφοράς και εφόσον είναι υγιείς, είναι πολύ υψηλών αντοχών, άριστα για θεμελίωση οποιουδήποτε τεχνικού έργου. Έχουν όμως την τάση να ρωγματώνονται λόγω της σκληρότητάς τους, ή τεκτονικών φαινομένων και να δημιουργούν πολλές φορές ζώνες υπόγειας υδροφορίας. Η ορυκτολογική τους σύσταση επιτρέπει την αποσάθρωσή τους, που μπορεί να προχωρήσει σε μεγάλο βάθος, λόγω απουσίας του χαλαζια και της παρουσίας των ρωγμών.
Κίσηρις	Αφρώδης ηφαιστειακή ύαλος, σχηματίσθηκε από απότομη ψύξη της λάβας. Παρουσιάζει μικρό ειδικό βάρος, μονωτικές ιδιότητες στη θερμότητα και στον ήχο και χρησιμοποιείται στην οικοδομική για την κατασκευή ελαφρών τσιμεντοκονιαμάτων (κίσηροδεμάτων).
Βασάλτης	Πολύ σκληρό με υψηλές αντοχές πέτρωμα. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή αντιολισθηρών επιφανειών στα οδοστρώματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Τεχνική συμπεριφορά ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ πετρωμάτων

Πέτρωμα	Τεχνική συμπεριφορά
Λατυποπαγή Κροκαλοπαγή Ψαμμίτες	<p>Όταν είναι συμπαγή παρουσιάζουν μεγάλες αντοχές και δεν προκαλούν προβλήματα στις θεμελιώσεις. Τα προβλήματα παρουσιάζονται όταν μειωθεί η συνεκτικότητα τους. Η μείωση της συνεκτικότητας τους εξαρτάται από τη φύση του συνδετικού τους υλικού. Όταν το συνδετικό υλικό είναι αργιλικό, η επαφή του πετρώματος με το νερό μπορεί να προκαλέσει τη μείωση των αντοχών του πετρώματος ή ακόμη και την πλήρη χαλάρωση του (κίνδυνοι σε θεμελιώσεις που έρχονται σε επαφή με το νερό, φράγματα-γέφυρες).</p> <p>Όταν το υλικό σύνδεσης είναι ασβεστίτικο, δεν είναι αδύνατη η διάλυση του από το νερό. Πάντως το φαινόμενο της διάλυσης δεν συμβαίνει πάντα και για μικρομεσαίες κατασκευές δεν παρουσιάζονται ειδικά προβλήματα.</p>
Αργιλικός Σχιστόλιθος	<p>Είναι τα χαμηλότερα σε μηχανικά χαρακτηριστικά πετρώματα, επιδεκτικά μεγάλων παραμορφώσεων. Η συμπεριφορά τους εξαρτάται από τη σχιστότητά τους και κυρίως από την ορυκτολογική σύσταση του αργιλικού τους υλικού. Είναι στεγανά πετρώματα. Προβλήματα αστάθειας παρουσιάζουν στα πρηνή και στις υπόγειες κατασκευές (διόγκωση των αργίλων).</p>
Ασβεστόλιθοι και Δολομίτες	<p>Είναι πετρώματα καλής ως υψηλής αντοχής και δεν παρουσιάζουν προβλήματα στις θεμελιώσεις όσο σοβαρές και αν είναι. Ασφαλώς τόσο στις θεμελιώσεις επιφανειακών τεχνικών έργων όσο και στις κατασκευές υπόγειων έργων και πρηνών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός της τεκτονικής κατάστασης του πετρώματος και ο προσανατολισμός των διακλάσεων και των στρώσεων. Η αντοχή των πετρωμάτων παρουσιάζεται μειωμένη, όταν το πέτρωμα είναι λεπτοπλακώδες και μεταξύ των πλακών παρεμβάλλονται λεπτά στρώματα μικρών αντοχών, (άργιοι). Η συμπεριφορά των πετρωμάτων αυτών ως προς ορισμένα τεχνικά έργα αλλάζει εντελώς, όταν είναι καρστικοποιημένα. Ετσι κάτω από τα φράγματα τα προβλήματα διαφυγών που μπορούν να παρουσιάζουν είναι πολύ σημαντικά, αφού η περατότητά τους μπορεί να προχωρήσει σε μεγάλα βάθη.</p>
Μάργες	<p>Η συμπεριφορά τους εξαρτάται από την επικράτηση του ασβεστίτικου ή του αργιλικού συστατικού. Όταν επικρατεί το πρώτο (μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι) η συμπεριφορά τους πλησιάζει αυτή των ασβεστολίθων. Είναι βέβαια μικρότερης αντοχής από τους καθαρούς ασβεστόλιθους, αλλά το φαινόμενο της καρστικοποίησης εμφανίζεται σε ασθενέστερο βαθμό. Όταν επικρατεί το αργιλικό στοιχείο η συμπεριφορά τους πλησιάζει εκείνη των αργίλων ή των αργιλικών σχιστολίθων.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 6
Τεχνική συμπεριφορά των ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ πετρωμάτων

Πέτρωμα	Τεχνική συμπεριφορά
Γνεύσιος	<p>Επειδή ο ιστός του είναι ζωνώδης και όχι σχιστοφυής, η συμπεριφορά του είναι πολύ καλή σε σοβαρές θεμελιώσεις και μοιάζει με αυτή του γρανίτη (κυρίως ο ορθογνεύσιος) και των άλλων Πλουτωνικών πετρωμάτων. Όταν ο ιστός είναι έντονα ζωνώδης η συμπεριφορά του πλησιάζει εκείνη του σχιστόλιθου.</p> <p>Την τελική συμπεριφορά του πετρώματος ελέγχουν, με ανάλογο τρόπο που αναφέρθηκε και για τις άλλες κατηγορίες πετρωμάτων, τόσο η αποσάθρωση όσο και η τεκτονική καταπόνηση του πετρώματος (διακλάσεις).</p>
Μαρμαρυγιακός Σχιστόλιθος Φυλλίτης	<p>Καθοριστικοί παράγοντες για τη συμπεριφορά των πετρωμάτων είναι ο βαθμός σχιστότητας και ο προσανατολισμός της, σε σχέση με τον προσανατολισμό των φορτίων που μεταφέρει το τεχνικό έργο.</p> <p>Ο φυλλίτης στα επίπεδα σχιστότητας του παρουσιάζει μεγαλύτερη ολισθηρότητα από τον μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο. Ακόμη οι φυλλίτες, λόγω ατελούς μεταμορφώσεως, χαλαρώνουν πιο εύκολα και συχνά παρουσιάζουν φαινόμενα διόγκωσης. Οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι είναι πιο συνηθισμένοι τύποι σχιστολίθων και γενικά παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά. Σε απότομα όμως πρανή ή στις εκσκαφές είναι δυνατόν να παρουσιάσουν ολισθήσεις κατά μήκος των επιφανειών σχιστότητας. Στο σύνολό τους είναι στεγανοί και αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Η περατότητά τους περιορίζεται στα ανώτερα τμήματα του πετρώματος. Συνεπώς δεν δημιουργούν προβλήματα στεγανότητας στις λίμνες των φραγμάτων.</p>
Μάρμαρο	<p>Είναι πέτρωμα μεγάλων αντοχών, αναλόγων του γρανίτη και του γνευσίου και δεν δημιουργεί προβλήματα σε θεμελιώσεις. Επίσης δεν αποσαθρώνεται ώστε να δημιουργεί ζώνες ασταθείς ή μειωμένων αντοχών μέσα στη μάζα του. Οι τεκτονικές ασυνέχειες (διακλάσεις) που πιθανόν να δημιουργούνται στην επιφάνειά του, όπως και στα άλλα σκληρά πετρώματα, δεν προχωρούν σε μεγάλα βάθη, σε σχέση με την κλίμακα τεχνικών έργων και δεν προβληματίζουν τις μικρομεσαίες κατασκευές .</p> <p>Η ιδιότητα του όμως να παρουσιάζει μικρό ή μεγάλο δίκτυο αγωγών εξαιτίας της διάλυσης του ασβεστίτη (καρστικοποίηση), επηρεάζει την συμπεριφορά του μάρμαρου στα μεγάλα τεχνικά έργα (σήραγγες, φράγματα, μεγάλες θεμελιώσεις). Τα κενά αυτά μπορούν να το καταστήσουν σημαντικό υδροφορέα για εκμετάλλευση υπόγειου νερού.</p> <p>Χρησιμοποιούνται στην οικοδομική, για αρχιτεκτονικές κατασκευές και διακοσμήσεις, όπως επίσης και στη γλυπτική. Η χώρα μας θεωρείται μία από τις πλουσιότερες χώρες σε ποικιλία και ποιότητα μαρμάρων, στον κόσμο.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 7
Φυσικά και Τεχνικά χαρακτηριστικά των ΠΥΡΙΓΕΝΩΝ πετρωμάτων

Όνομα Πετρώματος	Επικρατέστερα Ορυκτολογικά Συστατικά	Χρώμα	Ειδ. Βάρος gr / cm ³	Πορώδες %	Αντοχή σε θλίψη kgr / cm ²	Αντοχή σε εφελκυσμό kgr / cm ²	Αντοχή σε κρούση n	Φθορά στην τριβή cm ³ / 50 cm ²
Γρανίτης	χαλαζίας άστριοι μαρμαρυγίας	τεφρό- τεφροκά- στανο	2,6	0,4 - 1,3	1000 - 3000	100 - 200	10 - 12	5 - 8
Γάββρος	βασικά πλαγιό- κλαστα, πυρόξε- νοι και ολιβίνης	μαύρο- σκούρο, πράσινο με άσπρα στίγματα	2,85 - 3,05	0,3 - 1,2	1700 - 3000	100 - 220	10 - 15	5 - 8
Περιδοτίτης	ολιβίνης κεροσίλβη βιοτίτης	πράσινο ή καστανό	2,9 - 3,0	0,3 - 1,2	1800 - 3000	100 - 220	10 - 15	5 - 8
Κίσσηρις	SiO ₂ 70% Al ₂ O ₃ 15%	τεφρό- καστανό, άσπρο	0,4 - 1,4	πολύ μεγάλο	200	50	4	3 - 5
Βασάλτης	άστριοι αυγίτης ολιβίνης	πράσινο μαύρο	3,0 - 3,15	0,2 - 0,8	2300 - 4000	150 - 250	12 - 17	5,0 - 8,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 8
Φυσικά και Τεχνικά χαρακτηριστικά των ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ πετρωμάτων

Όνομα πετρώματος	Επικρατέστερα ορυκτολογικά συστατικά	Χρώμα	Ειδικό βάρος ₃ gr/cm ³	Πορώδες %	Αντοχή σε θλίψη kgr/cm ²	Αντοχή σε εφελκυσμό kgr/cm ²	Αντοχή σε κρούση η	Φθορά στην τριβή cm ³ /50cm ²
Λατυποπαγή	γωνιώδη τεμάχια λίθων (λατύπες) συγκολλημένα με υλικό ασβεστικής, πυριτικής ή αργιλικής σύστασης	διάφορα	2,70 - 2,74	0,5 - 3	200 - 900	50 - 80	-----	-----
Κροκαλοπαγή	στρογγυλά τεμάχια λίθων (κροκάλες) συγκολλημένα με υλικό ασβεστικής, πυριτικής ή αργιλικής σύστασης	διάφορα	2,70 - 2,74	0,5 - 3	200 - 900	50 - 80	-----	-----
Ψαμμίτες	κόκκοι άμμου συγκολλημένοι με υλικό ασβεστικής, πυριτικής ή αργιλικής σύστασης	τεφρό, ερυθρό, κίτρινο	2,64 - 2,68	0,2 - 0,9	1200 - 2000	120 - 200	8 - 10	7 - 8
Αργ.Σχιστόλιθος	αργιλικά ορυκτά συγκολλημένα	ασπροκίτρινο, φαιό, μαύρο	2,2 - 2,3	15 - 20	180 - 400	20 - 30	-----	-----
Ασβεστόλιθος	ασβεστίτης	διάφορα	2,7 - 2,9	0,5 - 2,0	800 - 1800	60 - 150	8 - 10	15 - 40
Δολομίτες	ασβεστίτης μαγνησίτης	διάφορα	2,75 - 2,95	0,5 - 2,1	850 - 1850	60 - 170	10 - 12	20 - 50
Μάργες	ασβεστόλιθος άργιλος	τεφρό-υποκίτρινο	2,5 - 2,8	0,4 - 1,8	600 - 1600	50 - 150	5 - 15	-----

ΠΙΝΑΚΑΣ 9
Φυσικά και Τεχνικά χαρακτηριστικά των ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ πετρωμάτων

Όνομα πετρώματος	Επικρατέστερα ορυκτολογικά συστατικά	Χρώμα	Ειδικό βάρος gr/cm ³	Πορώδες %	Αντοχή σε θλίψη kgr/cm ²	Αντοχή σε εφελκυσμό kgr/cm ²	Αντοχή σε κρούση n	Φθορά στην τριβή cm ³ /50cm ²
Γνεύσιος	χαλαζίας, άστριοι μαρμαρυγίας	φαιό πράσινο	2,67 - 3,09	0,4 - 2,0	1600 - 2800	-----	6 - 12	4 - 10
Μαρμαρυγιακός Σχιστόλιθος	χαλαζίας, μαρμαρυγίας	πρασινόμαυρο πρασινόφαιο	2,82 - 2,09	1,6 - 2,3	-----	500 - 800	6 -12	4 - 10
Φυλλίτης	χαλαζίας μαρμαρυγίας	πρασινόφαιός κιτρινωπός	2,80 - 2,85	1,5 - 2,2	-----	450 - 750	-----	-----
Μάρμαρο	ασβεστίτης	διάφορα	2,7 - 2,9	0,5 - 2,0	800 - 1800	60 - 150	8 - 10	15 - 40