

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΑΡΡΗΚΤΟΥ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΙΑΣ

Χ. Σαρόγλου, Π.Μαρίνος, Γ. Τσιαμπάος

*Τομέας Γεωτεχνικής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρ.
Πολυτεχνείου 9, Τ.Κ. 15780, Αθήνα, saroglou@central.ntua.gr*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αντοχή του άρρηκτου πετρώματος επηρεάζεται σημαντικά από πολλούς γεωλογικούς παράγοντες. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι η ανισοτροπία της δομής του και ο βαθμός αποσάθρωσης. Η ανισοτροπία οφείλεται στην διάταξη των ορυκτών και κόκκων κατά μήκος επιφανειών με διαφορετικά χαρακτηριστικά ανάλογα με την προέλευση και γένεση του πετρώματος.

Ανισοτροπία δομής παρουσιάζουν πιο συχνά τα μεταμορφωμένα πετρώματα στα οποία τα ορυκτά είναι εκλεκτικά προσανατολισμένα και παραμορφωμένα κατά μήκος των επιπέδων σχιστότητας, αλλά και στα ιζηματογενή όπου η διάταξη των ορυκτών γίνεται κατά τα επίπεδα στρώσης.

Τα πετρώματα τα οποία εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα ανήκουν στην κατηγορία των μεταμορφωμένων και επελέγησαν έτσι ώστε να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αντοχής σε μοναξονική θλίψη. Συγκεκριμένα εξετάστηκαν δείγματα Αθηναϊκού Σχιστόλιθου και γνεύσιου από την περιοχή της Βέροιας.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή και την παραμορφωσιμότητα του άρρηκτου πετρώματος είναι: α) η ορυκτολογική σύσταση, β) το μέγεθος των κόκκων, γ) ο βαθμός αποσάθρωσης και δ) η ανισοτροπία λόγω της διάταξης των ορυκτών (ιστός).

Ερευνητές όπως οι Hoek, E. (1964), Attewell P.B. (1970) και Donath F. (1964) έχουν ασχοληθεί με το θέμα της επίδρασης της ανισοτροπίας στις ιδιότητες των πετρωμάτων αλλά και πολλοί νεώτεροι ερευνητές (Paradopoulos Z. & Marinou P. [1992], Brosch F.J. et al. [2000], Σαμπατακάκης και Τσιαμπάος [1983]). Η θραύση σε ένα άρρηκτο πέτρωμα γίνεται κατά προτίμηση κατά μήκος των ορίων των κρυστάλλων απ'ότι δια μέσου αυτών και συνήθως η ανωμαλία των ορίων των κρυστάλλων καθώς και η αλληλεμπλοκή αυτών καθιστούν τη θραύση δυσκολότερη. Ο τρόπος θραύσης εξαρτάται από την αντοχή του συνδετικού υλικού, τον προσανατολισμό της σχιστότητας, στρώσης ως προς την κύρια τάση και από άλλους παράγοντες. Ο προσανατολισμός των κρυστάλλων σε μια κύρια διεύθυνση, διευκολύνει την θραύση κατά την διεύθυνση αυτή, πράγμα που συνήθως παρατηρείται στα μεταμορφωμένα πετρώματα.

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην επίδραση της ανισοτροπίας κυρίως στην αντοχή του άρρηκτου πετρώματος αλλά και σε άλλες ιδιότητες (ταχύτητα διάδοσης υπερήχων). Τα πετρώματα που εξετάστηκαν ανήκουν στην κατηγορία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, στα οποία ο ιστός είναι συχνά σχιστώδης και παρουσιάζει έντονη ανισοτροπία λόγω εκλεκτικού προσανατολισμού των ορυκτών.

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα που εξετάστηκαν περιελάμβαναν: α) σχιστόλιθο από το σύστημα του Αθηναϊκού σχιστόλιθου και β) γνεύσιο Βέροιας που ανήκει στην γεωτεκτονική ζώνη της Αλμωπίας.

Ο σχιστόλιθος χαρακτηρίζεται ως χλωριτικός, μοσχοβιτικός σχιστόλιθος με σημαντικό ποσοστό χαλαζία σε κρυστοκρυσταλλική μορφή ή σε φλεβίδια. Έχει πολύ λεπτή υφή, ενώ η σχιστότητα είναι καλά ανεπτυγμένη και τα επίπεδα αυτής έχουν πολύ μικρή απόσταση. Πρόκειται για πέτρωμα χαμηλής μεταμόρφωσης που συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά ενός τυπικού σχιστόλιθου.

Ο γνεύσιος διακρίνεται σε δύο τύπους: α) τον ζωνώδη γνεύσιο με λεπτοκοκκώδη υφή (τύπος Α) και β) τον σχιστο-γνεύσιο που χαρακτηρίζεται από μεσοκοκκώδη υφή με παρουσία μικρών οφθαλμών λευκοκρατικών κυρίως ορυκτών (τύπος Β). Οι δύο γνεύσιοι έχουν γρανοβλαστικό και κατά θέσεις λεπιδοβλαστικό ιστό και αποτελούνται από επαλληλεις λεπτές στρώσεις μαρμαρυγιών και χαλαζι-αστριούχων ορυκτών. Πρόκειται για γνευσίους χαμηλών συνθηκών μεταμόρφωσης.

Σε λεπτές τομές που έγιναν στα δείγματα σχιστολίθου και γνευσίου, παρατηρήθηκε στον μεν σχιστόλιθο η διάταξη των μαρμαρυγιών και του χαλαζία σε πολύ λεπτές στρώσεις και στον γνεύσιο η επαλληλία των χαλαζι-αστριούχων ορυκτών και των μαρμαρυγιών, που προσδίδουν σημαντική ανισοτροπία στο άρρηκτο πέτρωμα.

3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

3.1 Μεθοδολογία

Η εργαστηριακή έρευνα στα δείγματα των εξεταζόμενων πετρωμάτων περιελάμβανε τις ακόλουθες δοκιμές: α) προσδιορισμό της πυκνότητας και του πορώδους, β) προσδιορισμό της ταχύτητας διάδοσης επίμηκων και εγκάρσιων κυμάτων και γ) προσδιορισμό της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (κατά ISRM, 1981). Τα δοκίμια κυλινδρικού σχήματος προήλθαν από προσανατολισμένη διάτρηση σε βραχώδη τεμάχια με ειδική διατρητική συσκευή στο Εργαστήριο Βραχομηχανικής του Κ.Ε.Δ.Ε. Ο προσανατολισμός των δοκιμίων ορίζεται ως η γωνία που σχηματίζει ο άξονας αυτού με το επίπεδο επιλεκτικού προσανατολισμού των ορυκτών (επίπεδο ανισοτροπίας).

Η διερεύνηση της πλήρους καμπύλης της διακύμανσης της αντοχής λόγω της ανισοτροπίας των πετρωμάτων γίνεται με την εκτέλεση δοκιμών σε δοκίμια με προσανατολισμό 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° και 90°. Τα δοκίμια είχαν διάμετρο 54 mm (NX) και λόγο ύψους προς διάμετρο 2.0 έως 2.5 προς 1. Έγινε προσπάθεια να λαμβάνονται δοκίμια με διαφορετικό προσανατολισμό από το ίδιο βραχώδες τεμάχος ώστε να περιορίζονται οι λιθολογικές διαφορές μεταξύ δοκιμίων του ίδιου πετρώματος.

3.2 Εργαστηριακά αποτελέσματα

3.2.1 Φυσικές ιδιότητες πετρωμάτων

Πριν την εκτέλεση δοκιμών, ήταν απαραίτητο να προσδιοριστούν η ξηρή πυκνότητα και το πορώδες των πετρωμάτων καθώς αυτές επιδρούν στην άντοχή του πετρώματος. Οι φυσικές ιδιότητες των δειγμάτων συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Φυσικές ιδιότητες

Τύπος πετρώματος	Ξηρή πυκνότητα (kN/m ³)	Υγρή πυκνότητα (kN/m ³)	Λόγος κενών	Πορώδες (%) Πετρώματος
Σχιστόλιθος	25.8	26.2	0.04	3.7
Γνεύσιος Τύπος Α	26.5	26.7	0.018	1.9
Γνεύσιος Τύπος Β	26.9	27.0	0.016	1.6

3.2.2 Ταχύτητα διάδοσης επίμηκων και εγκάρσιων κυμάτων

Η ταχύτητα διάδοσης επίμηκων και εγκάρσιων κυμάτων προσδιορίστηκε στη συσκευή διάδοσης υπερήχων (Pundit method) σε μεγάλο αριθμό δοκιμίων με διαφορετικούς προσανατολισμούς. Σε αυτή τη συσκευή, η πηγή των κυμάτων βρίσκεται στο ένα άκρο του δοκιμίου και μετράται ο χρόνος που απαιτείται για την καταγραφή του κύματος στον δέκτη που βρίσκεται στο άλλο άκρο αυτού. Η διάδοση των κυμάτων γίνεται κατά τον άξονα του δοκιμίου.

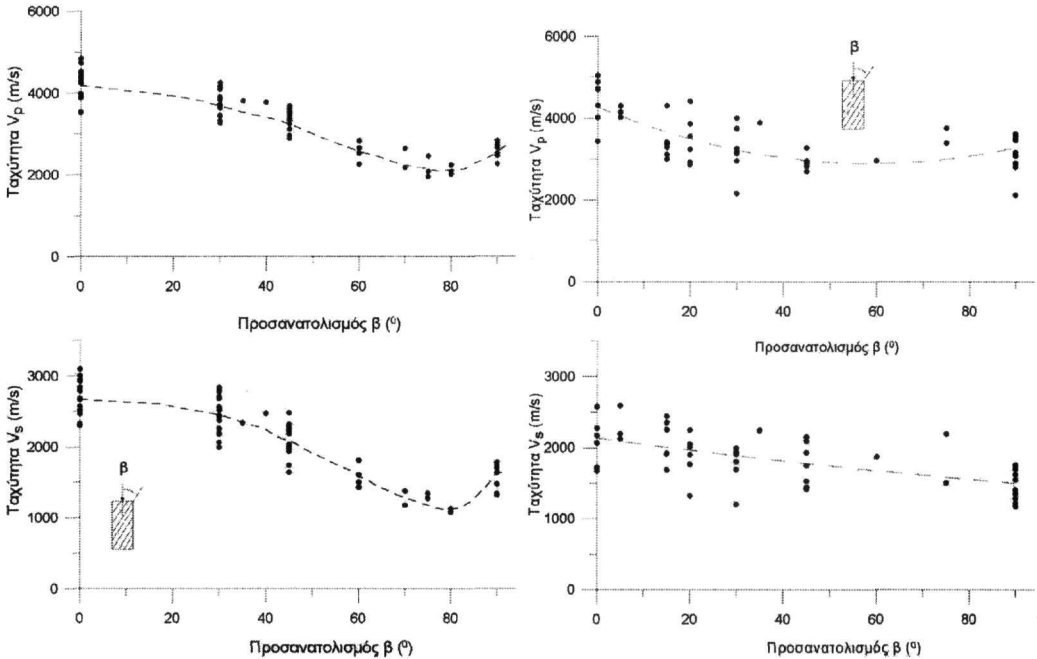
Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων, όπως είναι αναμενόμενο, είναι μεγαλύτερη όταν η διάδοση των υπερήχων γίνεται παράλληλα στον ιστό καθώς ο χρόνος που απαιτείται για τη διάδοση του κύματος κατά μήκος των επιπέδων της σχιστότητας (στις 0°) είναι μικρότερος σε σχέση με αυτόν που απαιτείται όταν τα επίπεδα σχιστότητας είναι κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης (στις 90°). Ο λόγος

για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι διότι στη διεύθυνση παράλληλα στον ιστό αναπτύσσονται μικρορωγμές και κενά στα όρια επαφής των κρυστάλλων.

Τα εύρος της διακύμανσης της ταχύτητας των επιμήκων (V_p) και εγκάρσιων κυμάτων (V_s) στον σχιστόλιθο και στο γνεύσιο, παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Ο δείκτης ανισοτροπίας ($I_{\alpha_{Vp,s}}$) της ταχύτητας των υπερήχων ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας των κυμάτων παράλληλα στα επίπεδα σχιστότητας προς αυτή κάθετα σε αυτά.

Στον Πίνακα 2 συνοψίζονται οι μέσες τιμές της ταχύτητας σε διαφορετικούς προσανατολισμούς και ο δείκτης ανισοτροπίας, $I_{\alpha_{Vp,s}}$, για κάθε πέτρωμα.



Σχήμα 1. Διάγραμμα ταχύτητας διάδοσης επιμήκων (V_p) και εγκάρσιων κυμάτων (V_s) του γνευσιού (αριστερά) και του σχιστόλιθου (δεξιά) σε σχέση με τη γωνία β που σχηματίζει ο άξονας φόρτισης με τα επίπεδα σχιστότητας

Πίνακας 2. Ταχύτητα διάδοσης επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων σε σχέση με τη γωνία β και δείκτης ανισοτροπίας, $I_{\alpha_{Vp,s}}$.

Τύπος Πετρώματος	0°	30°	45°	60°	75°	90°	$I_{\alpha_{Vp,s}}$
Σχιστόλιθος							
V_p (m/s)	4480	3204	2923	-	-	3210	1.4
V_s (m/s)	2062	1782	1761	-	-	1465	1.4
Γνεύσιος							
Τύπος Α, Β							
V_p (m/s)	4182	3781	3359	2569	2162	2608	1.75
V_s (m/s)	2668	2481	2121	1586	1302	1578	1.85

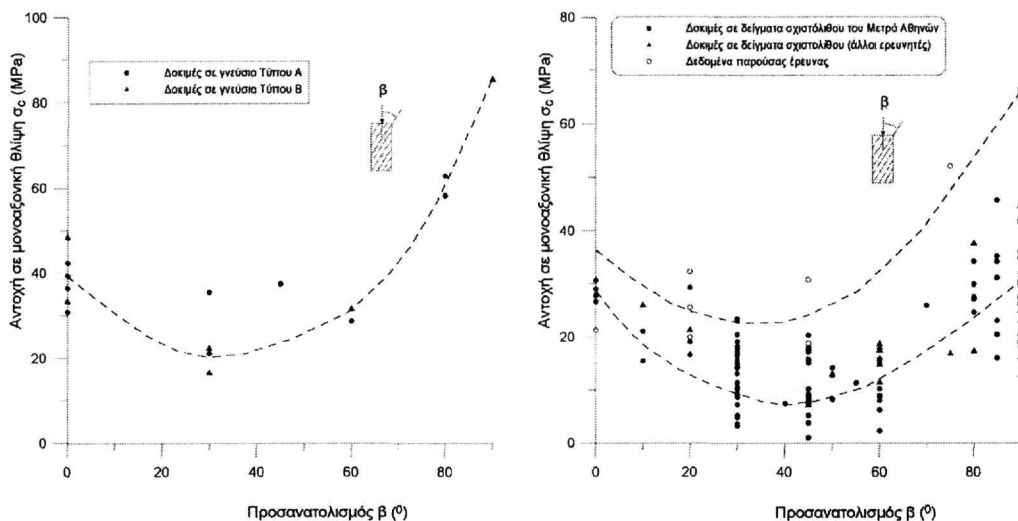
Για τον υπολογισμό της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων κάθετα στα επίπεδα της σχιστότητας του γνευσιού, λαμβάνεται η μέση τιμή του προσανατολισμού στις 75° και στις 90° . Όπως προκύπτει από το δείκτη ανισοτροπίας των εξεταζόμενων πετρωμάτων, ο γνεύσιος παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό ανισοτροπίας από τον σχιστόλιθο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ιστός του είναι πιο σχιστώδης από αυτόν του σχιστόλιθου λόγω της επαλληλίας πολύ λεπτών στρώσεων χαλαζιασφριούχων ορυκτών και μαρμαρυγιών. Η ταχύτητα διάδοση των κυμάτων παρουσιάζει μεγαλύτερη διασπορά στον σχιστόλιθο, όπως διακρίνεται στο Σχήμα 1, οφείλεται δε κυρίως στην λιθολογική ε-

τερογένεια που παρουσιάζουν μεταξύ τους τα δοκίμια του σχιστολίθου. Η συσχέτιση των επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων δίνεται από τις σχέσεις: $V_P = 1.56 \cdot V_S$ (με $r=0.91$) για τον γνεύσιο και $V_P = 1.51 \cdot V_S$ (με $r=0.72$) για τον σχιστόλιθο, από όπου φαίνεται η μεγαλύτερη απόκλιση στον σχιστόλιθο.

3.2.3 Αντοχή άρρηκτου πετρώματος

Για την εκτέλεση των δοκιμών σε μονοαξονική θλίψη χρησιμοποιήθηκε συσκευή θλίψης με σερβο-υδραυλική διάταξη ελέγχου του επιβαλλόμενου φορτίου, ικανότητας φορτίσεως 2.5 MN. Ο ρυθμός φόρτισης διατηρείτο σταθερός κατά τη διάρκεια της δοκιμής, ίσος με 13 kN/s ώστε η θραύση του δοκιμίου να γίνεται σε διάστημα 5 – 10 λεπτών. Ακόμα, έγινε μέτρηση της αξονικής και διαμετρικής παραμόρφωσης κατά τη φόρτιση, για τον υπολογισμό του μέτρου ελαστικότητας E και του λόγου του Poisson. Η μέτρηση έγινε με τη χρήση μηκυσιομέτρων τοποθετημένων κατάλληλα σε μεταλλικό δακτύλιο.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, τα δοκίμια του σχιστολίθου και του γνευσίου παρουσιάζουν σημαντική διάκυμαση της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη ανάλογα με τη γωνία β που σχηματίζουν τα επίπεδα σχιστότητας με τον άξονα φορτίσεως. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και από άλλες έρευνες που συλλέχθηκαν και αξιολογήθηκαν και αφορούν δοκιμές που έχουν εκτελεστεί στον ίδιο σχιστόλιθο.



Σχήμα 2. Διάγραμμα αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (σ_c) του γνευσίου (αριστερά) και του σχιστολίθου (δεξιά) σε σχέση με τη γωνία β που σχηματίζει ο άξονας φόρτισης με τα επίπεδα σχιστότητας

Ο δείκτης ανισοτροπίας της αντοχής ($I_{\sigma c}$) ορίζεται ως ο λόγος της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη κάθετα στα επίπεδα της σχιστότητας, όπου και παρατηρείται η μέγιστη αντοχή, προς την ελάχιστη αντοχή σε θλίψη, που συνήθως παρατηρείται όταν τα επίπεδα της σχιστότητας σχηματίζουν γωνία $30^\circ - 45^\circ$ σε σχέση με τον άξονα φόρτισης του δοκιμίου.

Οι μέγιστες τιμές της αντοχής παρατηρούνται στην περίπτωση που η φόρτιση γίνεται κάθετα ή παράλληλα προς τη σχιστότητα ($\beta=0^\circ$ ή 90°) και ελάχιστες όταν η σχιστότητα σχηματίζει γωνία $\beta=30^\circ$ για τον γνεύσιο και $\beta=45^\circ$ για τον σχιστόλιθο.

Για τον ζωνώδη γνεύσιο (τύπος Α) ο δείκτης ανισοτροπίας είναι ίσος με $I_{\sigma c} = 2.1$ ενώ για τον σχιστο-γνεύσιο (τύπος Β) είναι ίσος με 4.2 λόγω της πολύ μικρής αντοχής που παρατηρείται στη γωνία $\beta=30^\circ$.

Παρόμοια συμπεριφορά γνευσιακών πετρωμάτων με υψηλή ανισοτροπία έχει παρατηρηθεί και μελετηθεί από τους Broch (1974), Berry et al. (1974) και Youash (1966).

Με βάση τα αποτελέσματα σε δείγματα του σχιστολίθου από παλαιότερες έρευνες προκύπτει δείκτης ανισοτροπίας της αντοχής ίσος με $I_{\sigma_c} = 2.4$. Η αντοχή του σχιστολίθου κυμαίνεται μεταξύ 10.2 MPa και 28.6 MPa με μέση τιμή ίση με $\sigma_c = 20$ MPa.

Η αντοχή του σχιστολίθου της παρούσας έρευνας κυμαίνεται μεταξύ 24.7 MPa και 65.6 MPa με μέση τιμή ίση με $\sigma_c = 34.7$ MPa. Ο δείκτης ανισοτροπίας είναι ίσος με $I_{\sigma_c} = 2.6$. Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται οι μέσες τιμές της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη σε διαφορετικούς προσανατολισμούς και ο δείκτης ανισοτροπίας, I_{σ_c} για κάθε πέτρωμα.

Πίνακας 3. Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη σε σχέση με τη γωνία β και δείκτης ανισοτροπίας, I_{σ_c} .

Τύπος Πετρώματος	0°	30°	45°	75°	90°	I_{σ_c}
Σχιστόλιθος σ_c (MPa)	21.2	25.9	24.7	52.1	65.6	2.6
Σχιστόλιθος (παλ. έρευνες) σ_c (MPa)	28.6	11.7	11.2	28.6	27.7	2.4
Γνεύσιος Τύπος Α σ_c (MPa)	42.5	28.3	37.5	28.7*	60.5	2.1
Γνεύσιος Τύπος Β σ_c (MPa)	40.9	20.1	-	31.6*	85.3	4.2

* η αντοχή προσδιορίστηκε σε γωνία $\beta=60^\circ$

Ο δείκτης ανισοτροπίας που υπολογίστηκε για τον σχιστόλιθο αναφέρεται σε δείγματα άρρηκτου πετρώματος με μικρό έως μέτριο βαθμό αποσάθρωσης (I έως III) και μειώνεται σημαντικά με την αύξηση του βαθμού αποσάθρωσης. Οι Papadopoulos και Marinou (1992) απέδειξαν ότι η αύξηση του βαθμού αποσάθρωσης οδηγεί σε δραματική μείωση της αντοχής σε σημειακή φόρτιση (από την οποία έμμεσα προκύπτει και η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη) και του δείκτη ανισοτροπίας της αντοχής σε σημειακή φόρτιση. Η μείωση αυτή είναι πιο χαρακτηριστική όταν η σημειακή φόρτιση γίνεται κάθετα στα επίπεδα σχιστότητας, ενώ ο δείκτης ανισοτροπίας της αντοχής σε σημειακή φόρτιση για ελαφρά αποσαθρωμένο σχιστόλιθο βρέθηκε ίσος με $I_{\sigma_{PLT}} = 3.1$ και πολύ αποσαθρωμένα δείγματα ίσος με $I_{\sigma_{PLT}} = 1$.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανισοτροπία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων που εξετάστηκαν εργαστηριακά οφείλεται στον επιλεκτικό προσανατολισμό των κρυστάλλων κατά τα επίπεδα σχιστότητας. Συγκεκριμένα, στον σχιστόλιθο συναντάται διάταξη των μαρμαρυγιών και του χαλαζία σε πολύ λεπτές στρώσεις και ο γνεύσιος χαρακτηρίζεται από την επαλληλία των χαλαζι-αστριούχων ορυκτών και των μαρμαρυγιών.

Αποτέλεσμα της ανισοτροπίας αυτής είναι η διακύμανση της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη ανάλογα με τη γωνία που σχηματίζει ο άξονας φορτίσεως με τα επίπεδα της σχιστότητας του άρρηκτου πετρώματος.

Ο βαθμός της ανισοτροπίας του πετρώματος μπορεί εύκολα να διερευνηθεί με την δοκιμή διάδοσης υπερήχων σε σχέση με την γωνία του ιστού ως προς τον άξονα του δοκιμίου. Η ταχύτητα των επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων του σχιστολίθου παράλληλα στα επίπεδα σχιστότητας προσδιορίστηκε 30% μικρότερη από αυτή κάθετα σε αυτά. Αντίστοιχα, στον γνεύσιο βρέθηκε 40 – 45% μικρότερη.

Όπως προκύπτει από το δείκτη ανισοτροπίας της ταχύτητας διάδοσης των κυμάτων στα εξεταζόμενα πετρώματα, ο γνεύσιος παρουσιάζει μεγαλύτερο βαθμό ανισοτροπίας ($I_{\sigma_{vp,s}} = 1.8$) από τον σχιστόλιθο ($I_{\sigma_{vp,s}} = 1.4$).

Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη παρουσιάζει μέγιστες τιμές όταν η φόρτιση γίνεται κάθετα προς τα επίπεδα σχιστότητας. Οι μικρότερες τιμές της αντοχής παρατηρούνται σε γωνία ίση με $\beta=30^\circ$ για το γνεύσιο και ίση με $\beta=30-45^\circ$ για το σχιστόλιθο. Ο δείκτης ανισοτροπίας της αντοχής των γνευσίων είναι ίσος με $I_{\sigma_c}=3.1$ και είναι μεγαλύτερος από αυτόν του σχιστολίθου $I_{\sigma_c}=2.5$.

Η τάξη μεγέθους της διαφοράς στον δείκτη ανισοτροπίας της ταχύτητας διάδοσης των επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων ($I_{av,s}$) και του δείκτη ανισοτροπίας της αντοχής ($I_{av,c}$) για τα δύο πετρώματα που εξετάστηκαν είναι περίπου ίδια.

Με βάση την παρούσα έρευνα, προκύπτει ότι ο βαθμός ανισοτροπίας της αντοχής των πετρωμάτων μπορεί να εκτιμηθεί με έμμεσες μεθόδους, στα πλαίσια της κατάταξης των ανισότροπων άρρηκτων πετρωμάτων. Η εκτίμηση της διακύμανσης της αντοχής των πετρωμάτων που παρουσιάζουν ανισοτροπία λόγω της πετρογραφικής τους δομής είναι απαραίτητη για τον χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση τους αλλά και τον προσδιορισμό των κριτηρίων θραύσης που εφαρμόζονται σ' αυτά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές έγιναν με τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Βραχομηχανικής του Κ.Ε.Δ.Ε./Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. Οι συγγραφείς ευχαριστούν ιδιαίτερω τον εργαστηριακό κ. Δ. Γεροχριστοδούλου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Berry P., Crea G., Martino D. and Ribacchi R., 1974. The influence of fabric on the deformability of anisotropic rocks, Proc. of 3rd Int. Congr. Rock Mech., Denver, Vol. 2, 105-110pp.
- Broch, E., 1974. The influence of water on some rock properties. *Advances in Rock Mechanics*. Proc. of 3rd Int. Congr. Rock Mech., Denver, Vol. 2, Part A, 33-38pp.
- Attewell P.B., 1970. Triaxial anisotropy of wave velocity and elastic moduli in slate and their axial concordance with fabric and tectonic symmetry. *Int. Journal of Rock Mech. & Min. Sciences* Vol. 7, 193-207pp.
- Brosch F.J., Schachner K., Blumel M., Fasching A. & Fritz H., 2000. Preliminary investigation results on fabrics and related physical properties of an anisotropic gneiss. *Journal of Structural Geology*, vol. 22, 1773-1787pp.
- Donath F., 1964. Strength variation and Deformational behavior in anisotropic rock. *In State of Stress in the Earth's Crust* (W.R. Judd. Ed.), Elsevier, New York, 281-298pp.
- Hoek, E., 1964. Fracture of anisotropic rock. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*. May 1964, 501-518pp.
- ISRM, 1981. *Rock characterization, testing and monitoring*, ISRM suggested methods. E.T. Brown (ed.), Oxford Pergamon Press.
- Papadopoulos Z. & Marinou P., 1992. On the anisotropy of the Athenian Schist and its relation to weathering. *Bull. of the I.A.E.G.*, Vol.45., 111-116pp.
- Saroglou H., Marinou P., Tsiambaos G., 2003. The anisotropic nature of selected metamorphic rocks from Greece. 10th Int. Conf. of ISRM, Technology Roadmap for Rock Mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003, vol.1, 1019-1024pp.
- Saroglou H., Marinou P., Tsiambaos G., 2003. Applicability of the Hoek-Brown Failure Criterion and the effect of the anisotropy on intact rock samples from Athens Schist. 10th Int. Conf. of ISRM, Technology Roadmap for Rock Mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003, vol.1, 1025-1030pp.
- Youash Y.Y., 1966. Experimental deformation of layered rocks. Proc. of 1st Congr. Int. Soc. Rock. Mech., Lisbon. Vol.3, 787-795pp.
- Σαμπατακάκης Ν., Τσιαμπάος Γ., 1983. Η επίδραση της ανισοτροπίας φυλλιτικού πετρώματος Κεντρικής Μακεδονίας στην αντοχή του σε μονοαξονική θλίψη, Δελτίο Κ.Ε.Δ.Ε./ Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε., 1-2, 26-33pp.

GEOLOGICAL CONTROLS ON INTACT ROCK STRENGTH. THE EFFECT OF ANISOTROPY

Saroglou H., Marinos P., Tsiambaos G.

Department of Geotechnical Engineering, School of Civil Engineering, National Technical University of Athens, 9 Polytechniou Str., 15780, Athens, saroglou@central.ntua.gr

The factors that influence the strength and deformation of the intact rock are the mineral composition, the fabric, the grain size and the degree of alteration and weathering. Anisotropy is a characteristic of intact foliated metamorphic rocks (slates, gneisses, phyllites, schists).

The current paper deals with the pronounced effect of the fabric of anisotropic rocks on the strength and deformation characteristics of intact rocks. It is part of ongoing research in the Department of Geotechnical Engineering, National Technical University of Athens. Testing was used to establish the anisotropic behaviour of selected metamorphic rocks. The effect of anisotropy on various mechanical properties (strength, deformation) and dynamic properties (wave velocity) was examined.

The degree of strength anisotropy of these rocks can be indirectly estimated, by wave propagation through the rock, and thus they can be classified by means of geological and geotechnical indexes.