

Πρακτικά		του	Συνεδρίου	Μάιος 1992	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/3		σελ.	Αθήνα
				359-367	1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.			pag.	Athens

ΤΕΧΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ "ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΩΝ" ΕΛΕΥΘΕΡΟΥΠΟΛΗΣ,
ΚΑΒΑΛΑΣ, Β.ΕΛΛΑΔΑ

Γ.Σ.ΞΕΙΔΑΚΗΣ, Η.Σ.ΣΑΜΑΡΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην Ελλάδα οι λίθοι χρησιμοποιούνται σαν δομικά υλικά περισσότερο από 25 αιώνες (από τον 7ο π.Χ. αιώνα). Στο διάστημα αυτό έχει αποκτηθεί αρκετή εμπειρία όσον αφορά την τεχνική συμπεριφορά των περισσότερων πετρωμάτων του ελληνικού χώρου. Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησης των τεχνικών ιδιοτήτων των γνωστών στο εμπόριο "Σχιστολίθων" Ελευθερούπολης, Καβάλας. Με το όνομα αυτό κυκλοφορούν στο εμπόριο μια σειρά πετρωμάτων της περιοχής Ελευθερούπολης όπως διάφορα είδη σχιστολίθων, σχιστοποιημένοι γνεύσιοι και γρανίτες, κ.ά. Η δειγματοληψία έγινε σε τέσσερις θέσεις στην περιοχή Ελευθερούπολης-Νικήσιανης, Καβάλας. Εξετάστηκαν τόσο οι φυσικές όσο και οι τεχνικές ιδιότητες του πετρώματος (διαπερατότητα, υδατο-απορροφητικότητα, αντοχή, κ.ά).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα πετρώματα αυτά είναι σχιστοποιημένοι γνεύσιοι, με διάφορο βαθμό σχιστοποίησης, και όχι σχιστόλιθοι, και ότι οι ιδιότητες και η τεχνική συμπεριφορά τους είναι από καλή μέχρι πολύ καλή, με εξαίρεση μια θέση όπου η γενική τεχνική συμπεριφορά του πετρώματος χαρακτηρίζεται από μέτρια ως καλή.

ABSTRACT

G.S. Xeidakis* , I.S. Samaras*

In Greece stones has been used as construction materials for over

* Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής, 671 00 Ξάνθη.

*Department of Civil Engineering, Democritus University of
Thrace, 671 00 Xanthi, Greece.

25 centuries (from 7th c., B.C.)

During this time considerable experience has been gained concerning the technical behaviour and the properties of the rocks in the greek territory. In this paper a group of rocks with the commercial name "Eleftheroupolis' Schists" (schistolithos) is examined. These rocks are used in construction industry as roofing and decoration plates, and as paving plates on pedestrian paths, road pavements, public squares, etc. Lithologically the rocks vary from mica and green schists to schistose gneiss and schistose granite. Geologically they belong to the lower lithostratigraphic group of the western Rhodope massif which is consisted of amphibolites, schists, gneisses, granites, marbles, etc.

Sampling was made from four locations between Eleftheroupolis and Nikisiani Villages. Blocks of the rock were carefully selected so that not to be fractured by blasting. From that blocks cylindrical specimens were prepared with axes perpendicular to the weakness (schistosity) planes. Specimens with axes parallel to schistosity were, unfortunately, failing during preparation.

The physical, mineralogical and mechanical properties of the rocks were determined with various methods; their permeability, weatherability, salt resistance, etc., were examined as well.

From the results obtained it was concluded that the rocks were schistose gneisses and not real schists, and that they have a good to very good technical behaviour compared with the demands by the International Standards. The samples from one site showed a little lower strength, but not far out of the standards' limits

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ελλάδα η αντικατάσταση των πλίνθων και των ξύλων στις κατασκευές από λίθους άρχισε κατά τον 7ο π.Χ. αιώνα. Η αντικατάσταση αυτή άρχισε από τους ναούς και τα δημόσια κτίρια και επεκτάθηκε αργότερα σε κτίρια ιδιωτών, ιδιαίτερα στα θεμέλια και μέχρι ύψους ένα έως δύο μέτρα από το έδαφος. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκαν μαλακά κυρίως πετρώματα (πώροι ή πυρολίθι), και στη συνέχεια σκληρότερα όπως ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι ή και γρανίτες ακόμη.

Η τέχνη της επεξεργασίας του λίθου πρέπει να ήρθε στην Αρχαία Ελλάδα από την Αίγυπτο, όπου ο λίθος χρησιμοποιούνταν στα μνημεία από αιώνες ήδη (Ορλάνδος, 1958).

Η χρήση αυτή των λίθων στην Ελληνική Επικράτεια επί εικοσιπέντε και πλέον αιώνες έδωσε την ευκαιρία στους Έλληνες τεχνίτες να αποκτήσουν μεγάλη εμπειρία γύρω από τις ιδιότητες (φυσικές και τεχνικές) και τις χρήσεις των διαφόρων πετρωμάτων του ελληνικού χώρου και ιδιαίτερα των ασβεστολίθων και των μαρμάρων. Οι σχιστόλιθοι χρησιμοποιήθηκαν στην Αρχαία Ελλάδα αφ' ενός ως δομικά στοιχεία στους τοίχους, αφ' ετέρου ως πλάκες δαπέδων και δρόμων. Η χρήση αυτή επεκτάθηκε αργότερα στα δωμάτια και στις στέγες των σπιτιών.

Στο εμπόριο οι σχιστόλιθοι συναντώνται με διάφορες ονομασίες, που κυρίως προσδιορίζουν την περιοχή λατόμευσής τους, όπως σχιστόλιθοι Ικαρίας, πλάκες Καρύστου Ευβοίας, Καναλιών Μαγνησίας, Ελευθερούπολης κ.ά. Η εκτεταμένη χρήση των "σχιστολίθων" Ελευθερούπολης του Ν.Καβάλας στην περιοχή της Βόρειας Ελλάδας και αλλού, μας οδήγησε στη διερεύνηση των ιδιοτήτων των πετρωμάτων αυτών. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι με το όνομα "Σχιστόλιθοι Ελευθερούπολης" κυκλοφορούν στο εμπόριο διάφορα πετρώματα όπως σχιστοποιημένος γρανίτης και γνεύσιος, μαρμαρυγιακός και αμφιβολιτικός σχιστόλιθος, πρασινοσχιστόλιθος, αμφιβολίτης, κ.ά. Οι πιο συνηθισμένοι είναι ο γνευσιακός σχιστόλιθος και ο σχιστογνεύσιος που εξετάζονται εδώ.

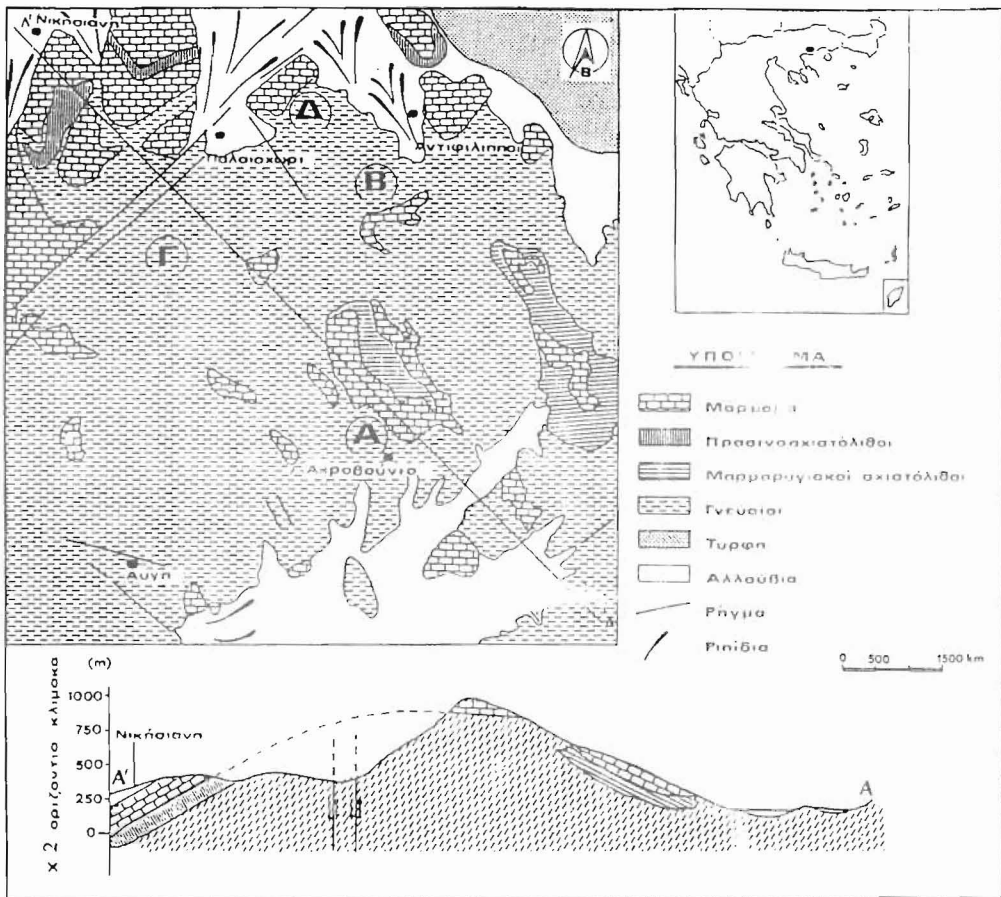
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η περιοχή από την οποία γίνεται η συστηματική βιομηχανική εκμετάλλευση του υπό εξέταση πετρώματος, η ευρύτερη περιοχή Ελευθερούπολης, ανήκει στο Νομό Καβάλας (σχήμα 1). Η λατόμηση γίνεται στους ΒΑ-Α πρόποδες του όρους Παγγαίο που γεωλογικά υπάγεται στη "Μάζα της Ροδόπης".

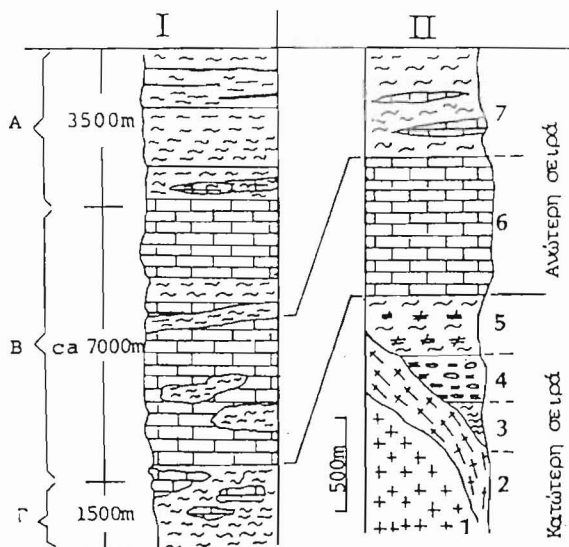
Όσον αφορά τη λιθοστρωματογραφία της περιοχής, το μεταμορφωμένο σύστημα της Ροδόπης (σχήμα 1,2) αποτελείται από την κατώτερη σχιστογνευσιακή-γνευσιακή σειρά (σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, κ.ά.), την ενδιάμεση ανθρακική στην οποία ανήκουν τα μάρμαρα Παγγαίου, Φαλακρού και άλλα, και την ανώτερη γνευσιακή σειρά (Kronberg, 1969). Οι Ζάχος & Δημάδης (1983), με τεκτονικά και πετρογραφικά κριτήρια, ταυτίζουν την ανώτερη και την κατώτερη γνευσιακή σειρά και διακρίνουν ένα κατώτερο γνευσιακό σύστημα και ένα ανώτερο ανθρακικό.

Σύμφωνα με τους Παπανικολάου (1986), Μουντράκης (1983), Chatzipanagis (1991), Kiliias & Mountrakis (1990) στη Ροδόπη διακρίνουμε δύο ενότητες: την τεκτονικά υποκείμενη ενότητα του Παγγαίου και την υπερκείμενη του Σιδηρόνερου. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές η ενότητα του Παγγαίου χαρακτηρίζεται από ένα παχύ σχηματισμό μαρμάρων πάνω από τον οποίο είναι επωθημένοι οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι με φακούς μαρμάρων που αποτελούν και την ανώτερη σειρά, ενώ στην κατώτερη (αυτόχθονη) σειρά υπάρχει βαθμιαία μετάβαση από τους αμφιβολίτες στους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, τους γνεύσιους και τους γρανίτες (σχήμα 2).

Αναφορικά με την τεκτονική της περιοχής, παρατηρήθηκαν τέσσερις παραμορφωτικές φάσεις κατά τους Δημάδη & Ζάχο (1989). Η πρώτη και παλαιότερη φάση αναγνωρίζεται από ισοκλινείς πτυχές που έχουν υπολλειματικό χαρακτήρα και εντάσσονται στις μετέπειτα παραμορφωτικές φάσεις. Η δεύτερη παραμορφωτική φάση αποτελείται από ισοκλινείς μέχρι κατακεκλιμένες πτυχές με διεύθυνση αξόνων Α-Δ, η τρίτη από του ιδίου τύπου πτυχές αλλά με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Θεωρούν επίσης ότι η μεταμόρφωση της ανώτερης ομάδας των σχιστολίθων - μαρμάρων εντάσσεται στην πρασινοσχιστολιθική φάση. Οι υπο εξέταση γνεύσιοι ανήκουν στην κατώτερη λιθοστρωματογραφική σειρά και υπόκεινται των μαρμάρων της περιοχής. Είναι τεκτονισμένοι και πτυχωμένοι. Η ρηξιγενής τεκτονική αντιπροσωπεύεται από τέσσερα συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις Β-Ν, Α-Β, Β-Α και Β-Β. Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Σχήμα 1: Γεωλογική δομή της περιοχής δειγματοληψίας



Σχήμα 2: I. Λιθοστρωματογραφική στήλη της Ροδόπης κατά τον Kronberg (1969)
 Φηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
 II. Λιθοστρωματογραφική στήλη της ενότητας Παγγαίου κατά τον Papanikolaou (1983). 1. Γρανιτής, 2. Γνεύσεις, 3. Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, 4. Οφθαλμο-

3. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Εγιναν επι τόπου δειγματοληψίες από τέσσερεις θέσεις όπου λειτουργούν λατομεία και πάρθηκαν μεγάλα τεμάχια (blocks) υγιούς πετρώματος. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε τα αντιπροσωπευτικά τεμάχια του πετρώματος να μην είναι ρωγματωμένα. Ο τρόπος εξόρυξης, είναι συνδυασμός μικρών εκρήξεων που διαχωρίζουν τα τεμάχια από την κύρια μάζα του πετρώματος και η χρήση ειδικών εργαλείων λατόμησης για τον τεμαχισμό των blocks κατά τη σχιστότητα, στις επιθυμητές διαστάσεις και πάχη των πλακών.

Μετά από κατάλληλη επεξεργασία των ογκολίθων προέκυψαν τα απαραίτητα δοκίμια για τις εργαστηριακές δοκιμές που προβλέπονται από τα διεθνή πρότυπα (A.S.T.M., I.S.R.M., B.S. κ.ά.) (Lama and Vutukuri 1978, Brown 1981, Goodman 1989, Touloukian 1981)

Το εργαστηριακό πρόγραμμα περιελάμβανε τη μέτρηση των φυσικών ιδιοτήτων όπως πυκνότητα, πορώδες, περιεκτικότητα σε υγρασία, απορροφητικότητα του νερού κ.ά. Εκτιμήθηκε επίσης η αντίσταση του πετρώματος σε χημικά διαλύματα αλάτων και οξέων, και η ανθεκτικότητά του σε χαλάρωση. Οι εργαστηριακές δοκιμές περιέλαβαν και τον προσδιορισμό των τεχνικών ιδιοτήτων όπως του δείκτη σημειακής φόρτισης, της αντοχής σε ανεμπόδιστη και τριαξονική θλίψη και την εφελκυστική αντοχή.

Οι εργαστηριακές δοκιμές έγιναν σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα των A.S.T.M. 04.08/1985, B.S. 5390/1976, I.S.R.M. Suggested Methods και E.A.O.T. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 1.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ

Είναι γνωστό ότι ο βαθμός της αποσάθρωσης του πετρώματος εξαρτάται κυρίως από το πορώδες και την αντοχή του καθώς επίσης και από την αντίστασή του σε χημική αποσάθρωση. Η τελευταία είναι συνάρτηση της διαπερατότητας, της ρωγμάτωσης και των περιεχομένων ορυκτών του πετρώματος. Γι' αυτό το λόγο η μελέτη και εκτίμηση αυτών των ιδιοτήτων δίνει μια εικόνα συμπεριφοράς του υλικού στο πεδίο, αλλά κυρίως στη χρήση του σαν δομικό και διακοσμητικό υλικό.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών (πίνακας 1) έδειξαν μικρή περιεκτικότητα σε φυσική υγρασία του υλικού, εξαιτίας του μικρού πορώδους που ήταν της τάξεως του 1.4-2%. Αυτό επιβεβαιώθηκε και από την χαμηλή απορροφητικότητα του νερού κατά βάρος που δεν ξεπέρασε το 1.8%. Η τιμή αυτή θεωρείται καλή και μέσα στα επιτρεπτά όρια που προβλέπουν τα ASTM C406-84, C629-85 και DIN 52100.

Η δοκιμή ανθεκτικότητας σε χαλάρωση έδειξε ότι δεν υπάρχουν ιδιαίτερα προβλήματα αποσάθρωσης (χαλάρωσης) των δειγμάτων, αφού τα αποτελέσματα δείχνουν πετρώματα πολύ ανθεκτικά με ποσοστό διατήρησης 95-99% του αρχικού τους βάρους, παρ' όλο που υποβλήθηκαν σε τρεις κύκλους ύγρανσης, διάρκειας 20min ο καθένας αντί των δύο κύκλων, διάρκειας 10min όπως προβλέπει το σχετικό πρότυπο.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
Για τις ανάγκες των δοκιμών εκτίμησης των τεχνικών ιδιοτήτων

Πίνακας 1. Φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες των Σχιστογεννεύσεων Ελευθερούπολης, Καβάλας.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			A	B	Γ	Δ*
Πυκνότητα	$\rho \cdot 10^{-3}$	kgf/m ³	2.543	2.422	2.500	2.500
Ξηρή πυκνότητα	$\rho_d \cdot 10^3$	kgf/m ³	2.545	2.418	2.556	2.494
Κορεσμένη πυκνότητα	$\rho_{sat} \cdot 10^3$	kgf/m ³	2.589	2.446	2.561	2.518
Πυκνότητα κόκκων	ρ_s	kgf/m ³	2.584	2.473	2.587	2.551
Ειδικό βάρος	$\gamma \cdot 10^{-3}$	Nt/m ³	24.94	23.76	25.19	24.52
Περιεκτικότητα σε υγρασία	w	%	0.315	0.167	0.277	0.224
Πορώδες	n	%	1.884	1.846	1.444	2.078
Λόγος κενών	e	%	2.131	2.182	1.928	3.252
Δείκτης κορεσμού	Sr	%	41.24	22.80	28.54	50.39
Απορροφητικότητα νερού κατά βάρος		%	1.065	1.744	0.140	0.901
Δοκιμή ανθεκτικότητας σε χαλάρωση		%	98.12	96.37	98.63	95.16
ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ						
Δοκιμή κρυστάλλωσης αλάτων (Na ₂ SO ₄)		%	0.369	0.308	0.335	0.685
Δοκιμή εμβάπτισης σε οξύ (H ₂ SO ₄)			Καμμία μετα ολή			
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ						
Δείκτης σημειακής φόρτισης	Is Is.(50) = (D/50) ^{0.45} ·Is Co = 22·Is(50)	MPa	3.476 3.598 79.16	2.167 2.243 49.35	2.778 3.112 40.3	1.814 40.3
Θλιπτική αντοχή	Co (σχισμό) Co* (⊥ σχισμό)	MPa	103.4	132.3	161.8	50.12 102.6
Εφελκυστική αντοχή	Tmr* (3-P.disk test) Tbr* = Toe* = 0.5Tmr*	MPa	27.22 13.91	20.49 10.23	25.16 12.58	15.20 7.60
	Is*(50) = Co* = Is*(50) x 22		9.263 203.8	6.816 149.9	8.377 184.3	5.062 111.4

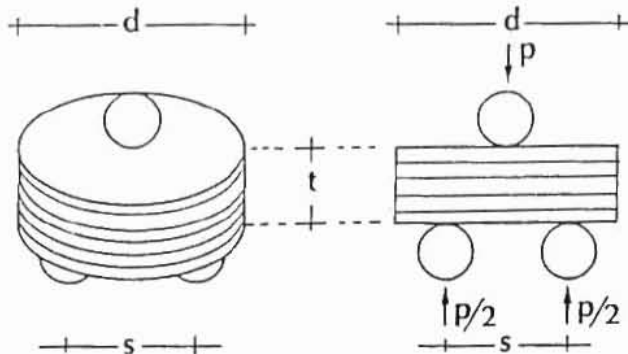
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόδωρατος - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

(αντοχές) έγινε προσπάθεια κοπής δοκιμών με τα επίπεδα σχιστότητας αφ' ενός παράλληλα και αφ' ετέρου κάθετα προς τον άξονα των πυρήνων, αλλά δυστυχώς δεν κατορθώθηκε η εξαγωγή δοκιμών (καρότων) με επίπεδα σχιστότητας παράλληλα στον άξονά τους γιατί τα επίπεδα στρώσεων αποχωρίζονταν κατά τη διάρκεια κοπής.

Κατά τη δοκιμή αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη εξετάσθηκαν πέντε δοκίμια διαμέτρου NX (54mm) από κάθε θέση λατόμησης. Η διεύθυνση φόρτισης ήταν κάθετη στα επίπεδα σχιστότητας και οι τιμές αντοχής που υπολογίσθηκαν είναι αρκετά υψηλές και πλησιάζουν τις τιμές αντοχής των υγιών γνευσίων (πίν.1). Οι επιφάνειες θραύσης στην πλειοψηφία τους ήταν διατμητικές (υπο γωνία) ενώ ελάχιστα δείγματα παρουσίασαν κάποιες εφελκυστικές ρωγμές.

Παράλληλα με τη δοκιμή αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη έγινε και η δοκιμή σε τριαξονική θλίψη. Τα δείγματα έσπασαν με καθαρή διάτμηση και από τα διαγράμματα των κριτηρίων Mohr και Coulomb-Navier υπολογίστηκε η γωνία βασικής τριβής $\phi_0 = 40^\circ - 45^\circ$ και ο λόγος του Poisson $\nu = 0.2$. Η γωνία βασικής τριβής ϕ_0 προσδιορίστηκε επίσης και με τη βοήθεια κεκλιμένου επιπέδου ολίσθησης και βρέθηκε $\phi = 37^\circ$. Στην τελευταία περίπτωση, για την αποφυγή εσφαλμένων εκτιμήσεων επιλέχθηκε στατιστικό δείγμα είκοσι μετρήσεων για κάθε περιοχή.

Για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής χρησιμοποιήθηκαν δίσκοι οι οποίοι κόπηκαν από καρότα "σχιστολίθου" με άξονες φόρτισης, τριών σημείων, κάθετους στην διεύθυνση της σχιστότητας (σχήμα 3). Επειδή είναι γνωστό ότι τα αποτελέσματα της δοκιμής επηρεάζονται από το μέγεθος και το σχήμα των δειγμάτων και από την απόσταση των σημείων στήριξης (S), δοκιμάστηκαν τρία δείγματα για κάθε πάχος και κάθε απόσταση στήριξης από κάθε περιοχή. Τα πάχη επιλέχθηκαν να είναι $t_1 = d/4$ και $t_2 = d/3$ ενώ οι αποστάσεις των σημείων στήριξης $S_1 = 32\text{mm}$ και $S_2 = 40\text{mm}$. Αναλυτικά τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα 2. Από τη δοκιμή σημειαικής φόρτισης με στατι στικό δείγμα 8-20 μετρήσεων από κάθε περιοχή και τον υπολογισμό του δείκτη $I_s(50)$, μας δόθηκε η δυνατότητα εκτίμησης της θλιπτικής και εφελκυστικής αντοχής του πετρώματος παράλληλα στη διεύθυνση σχιστότητας. Η δυνατότητα αυτή σε απευθείας δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης αποκλείστηκε λόγω, αδυναμίας διαμόρφωσης κατάλληλων δοκιμών.



Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.
Σχήμα 3: Δοκιμή τριών σημείων σε δίσκους πετρωμάτων. Αντίστοιχο του beam test. (Three point disk test)

Μια από τις βασικές αιτίες της αποσάθρωσης των πετρωμάτων είναι η κρυστάλλωση των αλάτων (ή του νερού) μέσα στους πόρους του πετρώματος. Γι' αυτό η δοκιμή κρυστάλλωσης των αλάτων θεωρείται από μερικούς ερευνητές σαν ο καλύτερος τρόπος εκτίμησης της αντίστασης ενός πετρώματος στη διάβρωση. Για τη δοκιμή αυτή ακολουθήθηκε η διαδικασία που προβλέπεται από τους Ashurst & Dimes (1977), δηλαδή εναλλαγές ύγρανσης σε διάλυμα 14% θειικού νατρίου και ξήρανσης 16 ωρών στο φούρνο για δεκαπέντε φορές. Τα δείγματα του "σχιστόλιθου" εμβαπτίσθηκαν για 10 ημέρες σε θειικό οξύ πυκνότητας 1.145 kg/m^3 και παρέμειναν αναλλοίωτα.

Από την πετρογραφική ανάλυση διαπιστώθηκε ότι οι κρύσταλλοι του πετρώματος δεν παρουσιάζουν συγκεκριμένο προσανατολισμό και ότι το πέτρωμα περιέχει μεγάλες ποσότητες χαλαζία, κρυστάλλους ζωισίτη και επιδότου. Η δόμη και η σύσταση αυτή του πετρώματος αποδεικνύει ότι πρόκειται περί γνευσίου, με κάποιο βαθμό σχιστοποίησης, και όχι περί σχιστολίθου. Έτσι δικαιολογούνται και οι πολύ καλές ιδιότητες που παρουσιάζει και κυρίως η υψηλή αντοχή και η μεγάλη του ανθεκτικότητα σε διάβρωση (φυσική ή χημική).

Πίνακας 2: Εφελκυστική αντοχή από δοκιμή τριών σημείων σε δίσκους πετρώματος (three point disk test).

ΘΕΣΗ	A	B	Γ	Δ
ΑΝΤΟΧΗ (MPa)				
$T_{mr,1}$	26.531	19.486	24.880	19.238
$T_{mr,2}$	27.724	22.336	24.275	11.925
$T_{mr,3}$	28.907	20.185	28.347	16.946
$T_{mr,4}$	28.104	19.863	24.015	12.696

Παρατήρηση: Οι δείκτες 1 και 3 αναφέρονται σε δοκίμια πάχους περίπου ίσο με $d/4$ και απόσταση στηρίξεων 32mm και 40mm αντίστοιχα. Οι δείκτες 2 και 4 αναφέρονται σε δοκίμια πάχους περίπου ίσο με $d/3$ και απόσταση στηρίξεων 32mm και 40mm αντίστοιχα. Η διεύθυνση φόρτισης ήταν κάθετη στη σχιστότητα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πέτρωμα κατατάσσεται στην κατώτερη σχιστογνευσιακή σειρά της ενότητας του Παγγαίου και χαρακτηρίζεται μάλλον ως σχιστοποιημένος γνεύσιος παρά ως γνευσιακός σχιστόλιθος. Οι σχετικά υψηλές τιμές αντοχής και ανθεκτικότητας σε χαλάρωση και των τεσσάρων περιοχών λατόμησης επιβεβαιώνουν την καταλληλότητά του σαν δομικό και κυρίως σαν διακοσμητικό υλικό.

Από τις τέσσερις περιοχές που εξετάσθηκαν, στην περιοχή Γ της θέσης Τεπά Ελευθερουπόλεως φαίνεται ότι το πέτρωμα είναι περισσότερο ανθεκτικό, αντίθετα με την περιοχή Δ της θέσης Παλαιοχωρίου όπου το πέτρωμα δείχνει χαμηλότερες αντοχές.

Γενικά θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι το πέτρωμα σε όλες τις περιοχές που εξετάστηκαν παρουσιάζει καλή τεχνική συμπεριφορά με τιμές των ιδιοτήτων του (αντοχή, απορροφητικότητα, κ.λ.π.) εντός

των ορίων που προβλέπουν τα διεθνή πρότυπα.

References

1. ASHURST, J. and DIMES, F.G. (1977). "Stone in Building". The Architectural Press Ltd, London.
2. ASTM C-629 (1985) και C406 (1988)
3. BROWN, E.T. (1981). "Rock Characterization, Testing and Monitoring. ISRM Suggested Methods". Pergamon Press.
4. DIN 52100
5. DIMADIS, E. and ZACHOS, S. (1989). "Geological and tectonic structure of the metamorphic basement of the Greek Rhodopes". *Geologica Rhodopica* 1, p.p. 122-131.
6. GOODMAN, R.E. (1989). "Introduction to Rock Mechanics". J.Wiley & Son, N.Y..
7. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ.Μ. (1983). "Γεωλογία της Ελλάδας". Εκδ. University Studio, Θεσσαλονίκη.
8. KILIAS, A. and ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, D. (1990). "Kinematics of the Crystalline Sequences in the Western Rhodope Massif". *Geologica Rhodopica*, V. 2, pp.100-116.
9. KRONBERG, P. (1969). "Gliederung, Petrographie & Tectogenese des Rhodopen-Kristallins im Tsal-Dag, Simvolon und Ost-Pagaon in Griechisch-Mazedonien". *Geotekt. Forsch.* vol.31, p.p.1-49.
10. LAMA, R.D. and VUTUKURI, V.S. (1970,78). "Handbook of Mechanical Properties of Rocks". vol 1-8.
11. ΟΡΛΑΝΔΟΣ, Α.Κ. (1958). "Τα Υλικά Δομής των Αρχαίων Ελλήνων" T.2, Αρχαιολογική Εταιρεία Ελλάδας, Αθήνα
12. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.Ι. (1986). "Γεωλογία της Ελλάδας". Εκδ. Επτάλοφος Α.Ε.Β.Ε.Ε., Αθήνα.
13. ΤΟΥΛΟΥΚΙΑΝ, Υ.Σ. and Ho, C.Y. (1981). "Physical Properties of Rocks and Minerals". Purdue University, USA.
14. ΧΑΤΖΗΠΑΝΑΓΗΣ, Ι. (1991). "Η Γεωλογική Δομή της Περιοχής του όρους Φαλακρού" Διδακτορική Διατριβή Ε.Μ.Π, Αθήνα.
15. ZACHOS, S. and DIMADIS, E. (1983). "The Geotectonic Position of the Skaloti-Echinos Granite and its Relationship to the Metamorphic Formations of the Greek Western and Central Rhodope", *Geologica Balcanica*, V.13 (5), pp.17-2