

ΜΑΡΜΑΡΑ ΡΟΔΟΠΗΣ. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥΣ

Γ. Ξειδάκης* και Η. Σαμαράς*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τη χρήση των λίθων, και κυρίως των μαρμάρων ως δομικών και διακοσμητικών υλικών στην Ελλάδα περισσότερο από 25 αιώνες, αποκτήθηκε αρκετή εμπειρία σ' ό,τι αφορά την τεχνική συμπεριφορά και τις εφαρμογές τους. Η περιοχή της Ροδόπης φιλοξενεί μερικά από τα πλουσιότερα κοιτάσματα μαρμάρων στην Ελλάδα, πολλά από τα οποία έχουν μεγάλη εμπορική σημασία.

Στην παρούσα εργασία γίνεται αξιολόγηση των τεχνικών ιδιοτήτων τριών μαρμάρων της περιοχής Ροδόπης (Δράμας - Καβάλας - Θάσου), γνωστά με την εμπορική ονομασία ως Λευκό Πηγών Δράμας, τερφή Κρυσταλλίνα Καβάλας και χιονόλευκο Θάσου. Εξετάστηκαν τόσο οι φυσικές όσο και οι τεχνικές ιδιότητες των πετρωμάτων αυτών όπως διαπερατότητα, υδατοαπορροφητικότητα, θλιπτική και εφελκυστική αντοχή, κ.ά.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων αυτών είναι από καλή έως πολύ καλή για οποιαδήποτε χρήση είτε σαν δομικά στοιχεία είτε σαν διακοσμητικά υλικά.

ABSTRACT

The use of marble and other rocks for more than 25 centuries in Greece for construction and/or for decoration materials resulted in the knowledge of both their properties and their uses. Greek masons know very well how to choose, process and apply stones in building and/or in statues. Rhodope range is hosting some of the biggest deposits of marble in Greece. Many of them are of exceptional commercial value.

In this paper three of the Rhodope marbles commercially used are discussed i.e. the White of Pige Angitis, the famous Thasos Marble and the Crystalline Marble of Kavala. Some of their physical and mechanical properties have been determined and their proper uses are examined.

The results so far have shown that all these rocks are quite good for external and internal uses in buildings and for artifacts and statues as well.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση του λίθου ως οικοδομικού και διακοσμητικού υλικού που ήρθε στην Αρχαία Ελλάδα από την Αίγυπτο και αντικατέστησε τη χρήση του ξύλου και των πλίνθων, άρχισε κατά τον 7^ο π.χ. αιώνα (Ορλανδός 1958). Η χρησιμοποίηση του λίθου ξεκίνησε από τους ναούς και τα δημόσια κτίρια και επεκτάθηκε στα σπίτια ιδιωτών, αρχικά στη θεμελίωση και στη συνέχεια στην ανωδομή κατά την Ρωμαϊκή εποχή. Ένας από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους λίθους στην αρχαία αλλά και στη σύγχρονη εποχή, είναι το μάρμαρο.

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

Η εξόρυξη των μαρμάρων και η χρήση τους στην Αρχιτεκτονική, συνδυασμένη με τη χρήση του ψαμμίτη (πωρόλιθου) και άλλων κυρίως μαλακών λίθων, γίνεται περισσότερο εντατική κατά τον 5^ο και 6^ο π.χ. αιώνα. Στη γλυπτική το μάρμαρο πρωτοχρησιμοποιήθηκε πολύ παλαιότερα. Ήδη από τη Μέση Νεολιθική Εποχή (5,000 π.χ.) έχουμε ευρήματα γυναικείων ειδωλίων ενώ ακολουθεί αργότερα και η περίφημη σειρά των γνωστών Κυκλαδικών ειδωλίων (Ελληνικό Μάρμαρο, 1993). Η λατόμηση και η χρήση των μαρμάρων επεκτάθηκε γρήγορα σε όλη την ελληνική επικράτεια λόγω της ωραιότητας και των μεγάλων αποθεμάτων που υπήρχαν. Μάρτυρες αυτής της λατόμησης είναι η πληθώρα των αρχαίων λατομείων σε όλη την Ελληνική ενδοχώρα και στα νησιά.

Η συνεχής χρήση του μαρμάρου ως δομικού και διακοσμητικού υλικού, καθώς και η εκμετάλλευσή του, εδώ και είκοσι πέντε αιώνες, έδωσε την ευκαιρία στους Έλληνες Τεχνίτες να αποκτήσουν μεγάλη εμπειρία σχετικά με τις ιδιότητες, την επεξεργασία και τη χρήση του. Έτσι το Ελληνικό Μάρμαρο κατέστη αρκετά γνωστό στην παγκόσμια αγορά και σήμερα αποτελεί ένα από τα κυριότερα εξαγωγίμα προϊόντα της χώρας. Η οροσειρά της Ροδόπης έχει το προνόμιο να φιλοξενεί μερικά από τα μεγαλύτερα κοιτάσματα μαρμάρων στην Ελλάδα.

Η εκτεταμένη εξόρυξη τους στην περιοχή Δράμας - Καβάλας - Θάσου που είναι και η μεγαλύτερη μαρμαροφόρα περιοχή της Ελλάδας, με ποσοστό 58% της πρωτογενούς παραγωγής, μας οδήγησε στη διερεύνηση των ιδιοτήτων των μαρμάρων της παραπάνω περιοχής. Στην παρούσα εργασία αναφέρονται τρία μόνο από αυτά: Το χιονόλευκο Θάσου, η τεφρή Κρυσταλλίνα Καβάλας και το λευκό των Πηγών Δράμας. Και τα τρία είναι πολύ γνωστά στην αγορά.

2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Α. Δολομιτικό μάρμαρο Πηγών Αγγίτη (Μααρά, Δράμα)

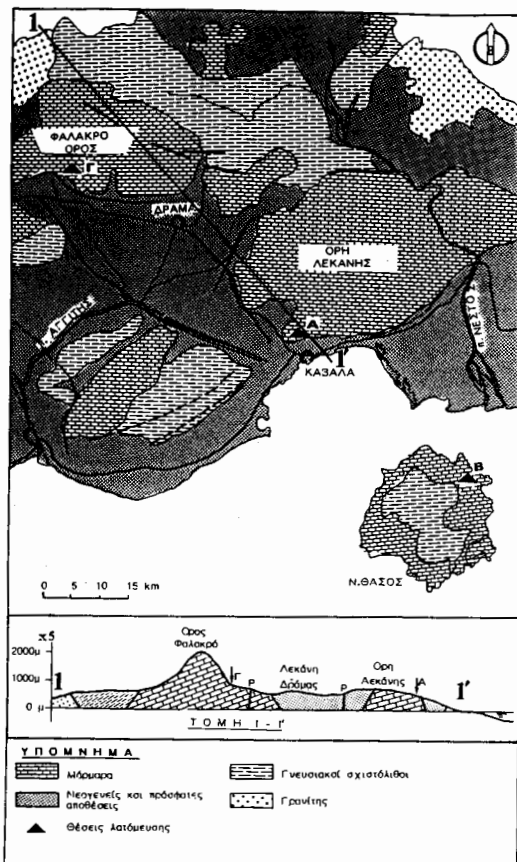
Το μάρμαρο αυτό είναι λευκό, ομοιόχρωμο, μικροκρυσταλλικό, δολομιτικό και εξορύσσεται από την περιοχή των πηγών του ποταμού Αγγίτη στις υπώρειες του βουνού Φαλακρού 25 Km περίπου δυτικά της Δράμας. Το Φαλακρό (ύψος 1768 m) ανήκει στη νοτιοδυτική μάζα της Ροδόπης και αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος του από μάρμαρα, με μικρή συμμετοχή γνευσίων και σχιστολίθων. Υπάρχουν ακόμη και μερικές διεισδύσεις γρανιτών και γρανοδιοριτών.

Η στρωματογραφική στήλη που είναι σήμερα αποδεκτή για την περιοχή παρουσιάζει στη βάση τους γνεύσιους, επικαλυπτόμενους από την ενότητα των εναλλαγών σχιστολίθων - γνευσίων - μαρμάρων, Πάνω σ' αυτήν έχει αποθεθεί η κύρια σειρά των μαρμάρων. Οι δολομίτες και τα δολομιτικά μάρμαρα εμφανίζονται ως φακοειδείς ενστρώσεις μέσα στα υπόλοιπα μάρμαρα και κυρίως κοντά στην επαφή μαρμάρων - σχιστολίθων (εναλλαγών). Λεπτομέρειες για τη γεωλογική δομή της περιοχής και εκτενή βιβλιογραφία βλέπε Χατζηπαναγής, 1991.

Η ενότητα των μαρμάρων χωρίζεται σε τρεις υποενότητες 9^α) τα ταινιωτά - σιπολινικά μάρμαρα με λεπτές ενστρώσεις μαρμαρυγία στη βάση, (β) τα δολομιτικά μάρμαρα σε φακοειδείς ενστρώσεις και (γ) τα λευκά ασβεστιτικά μάρμαρα στην επιφάνεια, που αποτελούν και την κύρια μάζα των μαρμάρων πάχους μερικών εκατοντάδων μέτρων (τεφροκυανά), χονδροκρυσταλλικά μάρμαρα της Ροδόπης (σχ. 2).

Τα πιο εμπορεύσιμα από τα μάρμαρα αυτά είναι οι δολομίτες ή τα δολομιτικά μάρμαρα, λόγω του ομοιόμορφου, χιονόλευκου χρώματος και της υψηλής αντοχής τους. Τα μάρμαρα αυτά, εν αντιθέσει με τα υπόλοιπα της σειράς, απαντούν δυστυχώς μόνο σε σχετικά μικρές φακοειδείς ενστρώσεις μέσα στα υπόλοιπα μάρμαρα ή στους σχιστογνευσίους.

Λόγω των επανειλημμένων τεκτονικών καταπονήσεων, ολόκληρη η σειρά των μαρμάρων της Ροδοπικής μάζας είναι ισχυρά τεκτονισμένη και καρστικοποιημένη, γι' αυτό και παρ' όλο τον τεράστιο όγκο τους, η εξαγωγή υγιών ογκόλιθων προς εμπορική εκμετάλλευση είναι πολλές φορές προβληματική. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο



Σχ. 1: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής δειγματοληψίας της Κρυσταλλίνας Καβάλας (Α) του χιονόλευκου Θάσου (Β) και του λευκού Πηγών Δράμας (Γ).

μαρα αυτά καλύπτουν το βόρειο και ανατολικό τμήμα του νησιού, ενώ στο δυτικό απαντούν κυρίως λευκότεφρα μάρμαρα και ασβεστόλιθοι, και στο μέσον οι γνεύσιοι.

γ. Κρυσταλλίνα Καβάλας

Εξορύσσεται από το λατομείο της περιοχής Χαλκερού, 5Km περίπου ανατολικά της Καβάλας. Γεωλογικά η περιοχή ανήκει στη μάζα της Ροδόπης και το συγκεκριμένο πέτρωμα ανήκει στην ανώτερη ανθρακική σειρά που περιγράφεται στην παράγραφο 2α. Είναι το γνωστό γκρίζο χονδροκόκκο μάρμαρο της Ροδοπικής μάζας και εμφανίζεται, με διάφορες παραλλαγές, σε πολλά σημεία της οροσειράς (Ξειδάκης & Σαμαράς, 1992).

3. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε τα μάρμαρα που εξετάστηκαν ήταν η τεφρή (γκρίζα) Κρυσταλλίνα Καβάλας (Α), το χιονόλευκο Θάσου (Β) και το λευκό Πηγών Δράμας (Γ).

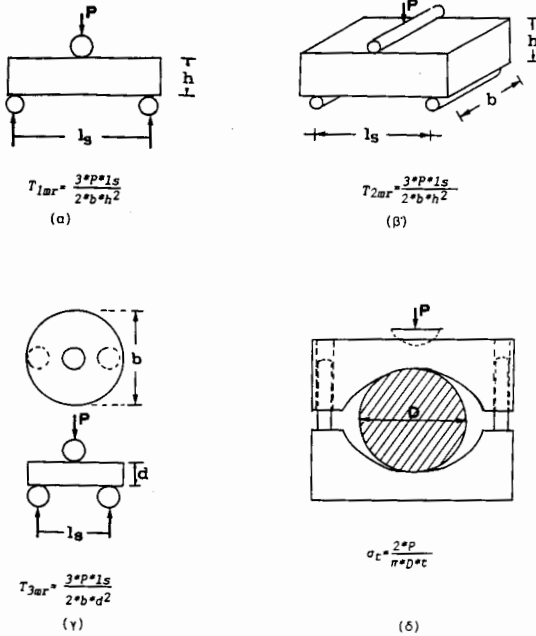
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

συντελεστής αποληψιμότητας, δηλαδή ο όγκος του εμπορεύσιμου υλικού, σπάνια υπερβαίνει το 10% του εξορυσσόμενου στα λατομεία της περιοχής. Συνήθως κυμαίνεται στο 5-7% (Βουγιούκας, 1991).

Β. Δολομιτικό Μάρμαρο Θάσου

Το χιονόλευκο, δολομιτικό, μάρμαρο Θάσου, γνωστό στην αγορά ήδη από την αρχαιότητα, εξακολουθεί να βρίσκεται στην κορυφή της εμπορικής ζήτησης. Εξορύσσεται ως γνωστό από το ΒΑ τμήμα της νήσου Θάσου, στο Β. Αιγαίο, και ταξιδεύει σχεδόν σ' ολόκληρο τον κόσμο για να κοσμήσει πολλά δημόσια και ιδιωτικά κτίρια καθώς και να αποτελέσει πρώτη ύλη για αγάλματα και άλλα είδη τέχνης. Σήμερα έχει απονεύσει σχεδόν το μοναδικό λευκό, ομοιόχρωμο μάρμαρο στον κόσμο, μετά μάλιστα από τη διακοπή της εξόρυξης του Πεντελικού της Αττικής.

Η Θάσος ανήκει και αυτή γεωλογικά στη μάζα της Ροδόπης και επομένως έχει ανάλογη δομή μ' αυτή που περιγράφεται παραπάνω για το Φαλακρό. Δηλαδή υπάρχει η ζώνη των σχιστολίθων και γνευσίων στη βάση, ακολουθεί η ζώνη των εναλλαγών σχιστολίθων - γνευσίων - μαρμάρων και τελειώνει με τη σειρά των ανθρακικών πετρωμάτων-μαρμάρων. Τα δολομιτικά μάρμαρα και εδώ ανήκουν στη σειρά των εναλλαγών και εναλλάσσονται με στρώματα σχιστολίθων και γνευσίων διαφόρου πάχους. Τα μάρμαρα αυτά καλύπτουν το βόρειο και ανατολικό τμήμα του νησιού, ενώ στο δυτικό απαντούν κυρίως λευκότεφρα μάρμαρα και ασβεστόλιθοι, και στο μέσον οι γνεύσιοι.



Σχ. 4: Δοκιμές εφελκυστικής αντοχής. (α) Δοκιμή ΕΛΟΤ, (β) Δοκιμή ΑΣΤΜ, (γ) Δοκιμή σε δίσκους, (δ) Δοκιμή Brazilian.

βής του κάθε μαρμάρου με τη μέθοδο του κεκλιμένου επιπέδου. Οι τιμές της βρέθηκαν μεγαλύτερες από $\phi_0 = 40^\circ$, ακολουθώντας την κοκκομετρική διαβάθμιση των μαρμάρων. Τη μεγαλύτερη τιμή παρουσίασε η χοντρόκοκκη τεφρή Κρυσταλλίνα Καβάλας ενώ τη μικρότερη το λεπτόκοκκο των Πηγών Δράμας. Για την αποφυγή εσφαλμένων εκτιμήσεων, επιλέχθηκε στατιστικό δείγμα είκοσι μετρήσεων για κάθε μάρμαρο.

Όπως αναφέρθηκε δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής των μαρμάρων και αυτό διότι η αντοχή αυτή είναι καθοριστικής σημασίας για τη χρήση τους σε εσωτερικές και εξωτερικές δαπεδοστρώσεις κατοικιών και κοινοχρήστων χώρων. Όπως είναι γνωστό ο καλύτερος τρόπος για τον υπολογισμό της εφελκυστικής αντοχής ενός υλικού είναι ο απευθείας (καθαρός) εφελκυσμός που όμως είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοσθεί στα πετρώματα. Για το λόγο αυτό, αντί της μεθόδου καθαρού εφελκυσμού εφαρμόζονται μέθοδοι έμμεσου εφελκυσμού όπως κάμψη (δοκιμή τριών σημείων), διαμετρική θλίψη (δοκιμή αιχμής, Brazilian), κ. ά. Εκτός από τις γνωστές αυτές μεθόδους εφελκυσμού, χρησιμοποιήθηκαν και δίσκοι οι οποίοι διαμορφώθηκαν, σε διάφορα πάχη, από κυλίνδρους (καρότα) των πετρωμάτων. Η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη και οικονομικότερη διότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν τα καρότα των γεωτρήσεων χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία.

Για τον υπολογισμό της εφελκυστικής αντοχής με τη δοκιμή Brazilian εξετάσθηκαν δέκα δοκίμια από κάθε μάρμαρο. Ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων εμφανίζονται στον Πίνακα 1. Η αντοχή σε κάμψη του υλικού υπολογίσθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα ΑΣΤΜ και ΕΛΟΤ σε παραλληλεπίπεδα δοκίμια (ράβδους), Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

προβλεπόμενων από τα πρότυπα δύο κύκλων επί 10 min (ISRM).

Για τον προσδιορισμό της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη δοκιμάστηκαν κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 54mm X 108mm, πέντε για κάθε είδος μαρμάρου και ελήφθη ο μέσος όρος (ISRM). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, οι τιμές αντοχής για το χιονόλευκο θάσου και το λευκό Πηγών Δράμας ήταν διπλάσιες των ελαχίστων προβλεπόμενων από τα πρότυπα του ΕΛΟΤ 583 και ΑΣΤΜ C503-67 (51 Mpa), ενώ η τιμή αντοχής για την τεφρή Κρυσταλλίνα Καβάλας ήταν κοντά στο ελάχιστο όριο της επιτρεπόμενης. Αυτό δύναται να αποδοθεί στο μεγάλο μέγεθος των κόκκων της Κρυσταλλίνας. Στην πλειοψηφία τους τα επίπεδα θραύσης των δοκιμών ήταν διατηρητικά ενώ σε μερικές περιπτώσεις εμφανίστηκαν και εφελκυστικά.

Παράλληλα με τη δοκιμή αντοχής σε μονοαξονική θλίψη, προσδιορίστηκε η γωνία βασικής τρι-

Πίν. 1: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων Φυσικών και Τεχνικών Ιδιοτήτων.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ				A	B	Γ
1	Σχετική πυκνότητα	ρ	$10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$	2.678	2.782	2.797
2	Ξηρά πυκνότητα	ρ_d	$*10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$	2.674	2.782	2.795
3	Κορεσμένη πυκνότητα	ρ_{sat}	$*10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$	2.678	2.798	2.802
4	Πυκνότητα κόκκων	ρ_s	$*10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$	2.672	2.798	2.815
5	Ειδικό βάρος	γ	$*10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$	2.676	2.782	2.797
6	Περιεκτικότητα σε υγρασία	w	%	0.081	0.065	0.053
7	Πορώδες	n	%	0.374	0.631	0.713
8	Δείκτης κορεσμού	S_r	%	53.89	27.92	22.37
9	Απορροφητικότητα νερού κατά βάρος		%	0.248	0.274	0.339
10	Δοκιμή ανθεκτικότητας σε διάβρωση		%	97.62	98.73	99.00
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ						
11	Θλιπτική αντοχή	C_o	(Mpa)	55.01	116.3	102.6
12	Εφελκυστική αντοχή					
	Δοκιμή τριών σημείων σε ράβδους (ΕΛΟΤ)	T_{1nr}	(Mpa)	10.95	14.42	15.20
	Δοκιμή τριών σημείων σε δίσκους	T_{3nr}	(Mpa)	14.84	16.33	16.84
	Δοκιμή ASTM	T_{2nr}	(Mpa)	11.02	11.70	-----
	Δοκιμή Brazilian	σ_t	(Mpa)	7.26	10.40	15.11
13	Γωνία τριβής σε κεκλιμένο επίπεδο	φ°		43.30	41.80	40.85

πέντε για κάθε μάρμαρο, διαστάσεων 6 X 10 X 20 cm και 5 X 5 X 30 cm αντίστοιχα. Επειδή είναι γνωστό ότι τα αποτελέσματα τόσο στη δοκιμή Brazilian όσο και στις δοκιμές κάμψης επηρεάζονται από τις διαστάσεις των δοκιμίων (ράβδων και δίσκων) και από την απόσταση στήριξης αυτών, δοκιμάστηκαν πέντε δείγματα για κάθε απόσταση και κάθε γεωμετρία δείγματος, για καθένα από τα εξεταζόμενα μάρμαρα. Έτσι για τις ράβδους επιλέχθηκαν δύο αποστάσεις στήριξης και δύο πάχη διατηρώντας σταθερή τη διάμετρό τους 54 mm. Τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται εδώ. Οι δοκιμές αυτές επιβεβαίωσαν ότι πράγματι υπάρχει σημαντική επίδραση της γεωμετρίας και του μεγέθους του δοκιμίου στα αποτελέσματα κυρίως στην περίπτωση των ράβδων.

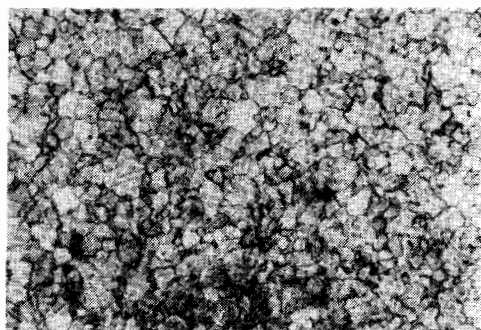
Τα πειραματικά αποτελέσματα (Πίν. 1) έδειξαν ότι η εφελκυστική αντοχή όλων των υπό εξέταση πετρωμάτων είναι αρκετά υψηλότερη από την ελάχιστη προβλεπόμενη από τα σχετικά πρότυπα (6,8 MPa). Η πετρογραφική (φωτ. 1, 2, 3) και η ορυκτολογική ανάλυση (XRD) έδειξαν ότι στην τεφρή Κρυσταλλίνα Καβάλας επικρατεί ο ασβεστίτης (CaCO_3) με ποσοστό μεγαλύτερο του 90% ενώ στα δύο άλλα πετρώματα, το χιονόλευκο θάσου και το λευκό Πηγών Δράμας επικρατεί ο δολομίτης ($\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$) σε ποσοστό μεγαλύτερο του 85%. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν, εν όλω ή εν μέρει, με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών στα ίδια ή



(1) X 40 \perp Nicols



(2) 40// Nicols



(3) X40// Nicols

Μικροφωτογραφίες μαρμάρων Ροδόπης.
 (1). Κρυσταλλίνα Καβάλας. Πολύδυμος κρύσταλλος ασβεστίτη και κόκκοι αδιαφανούς υλικού.
 (2). Χιονόλευκο Θάσου. Κρύσταλλοι δολομίτου και πλήρωση εγκοίλου από δευτερογενή ασβεστίτη (αριστερά).
 (3). Λευκό Πηγών Δράμας. Μικροκρυσταλλικός ιστός δολομίτη.

παραπλήσια πετρώματα (Ρήγας, 1978, Christaras, 1990, Tsirambides, 1991, Ελληνικό Μάρμαρο, 1993).

Όσον αφορά τη δοκιμή τριών σημείων σε δίσκους, η εμπειρία μας μέχρι σήμερα δείχνει ότι τα αποτελέσματά της είναι πολύ κοντά σ' αυτά που δίνει η ίδια δοκιμή σε ράβδους. Ακόμη όμως δεν είμαστε σε θέση να αποφανθούμε θετικά για τη χρήση της.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μικρές τιμές της απορροφητικότητας και του πορώδους καθώς και οι πολύ ψηλές τιμές αντοχής και ανθεκτικότητας σε χαλάρωση και των τριών μαρμάρων που εξετάστηκαν, επιβεβαιώνουν την καταλληλότητά τους σαν δομικά και κυρίως σαν διακοσμητικά υλικά.

Από τις πολύ χαμηλές τιμές της απορροφητικότητας και του πορώδους συνδυασμένες με την εύκολη λείανσή τους συμπεραίνεται ότι τα τρία αυτά μάρμαρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν υλικό διακόσμησης εξωτερικών επενδύσεων και σε περιοχές με βιομηχανική ρύπανση.

Η μεγάλη τιμή της αντοχής σε εφελκυσμό, παρ' όλο που διαφοροποιείται ανάλογα με τη δοκιμή και τις διαστάσεις των δοκιμίων που χρησιμοποιήθηκαν και την απόσταση στήριξης αυτών, καθιστά τα μάρμαρα αυτά κατάλληλα για εσωτερικές και εξωτερικές δαπεδοστρώσεις ιδιωτικών και κοινοχρήστων χώρων.

Η δοκιμή (εμμέσου) εφελκυσμού τριών σημείων σε δίσκους φαίνεται να δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα και αξίζει την παραπέρα μελέτη.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τους πρώην φοιτητές και σημερινούς Πολιτικούς Μηχανικούς, Ν. Μανταλή και Π. Ξηροφώτο, για τη βοήθειά τους στην πραγματοποίηση των εργαστηριακών δοκιμών και στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANON. (1993). "Ελληνικά Μάρμαρα από την Αρχαιότητα" Περιοδικό Ελληνικό Μάρμαρο, Ειδική Έκδοση, Αθήνα 1993, σελ. 34-46.
- ASTM C503-67: Standards for exterior marble.
- ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, Δ. (1991). Αξιολόγηση του Λευκού Δολομιτικού Μαρμάρου της Νήσου Θάσου. Πρακτικά Ημερίδας "ΘΑΣΟΣ: Φυσικό Περιβάλλον. Προβλήματα-Προοπτικές" Θάσος, Νοέμβριος 1991, ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Θεσ/νίκη, σελ. 75-88,
- BROWN, E.T. (1981). Rock Characterization, Testing and Monitoring. ISRM Suggested Methods, Pergamon Press England.
- CHRISTARAS, B. (1990). Mechanical Behaviour of marbles from Rhodope Massif. Examples from Pangaiio Mountain and Thasos Island. Geographica Phodopica, V.2, pp. 141-148.
- ΕΛΟΤ 583. Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου. "Κατασκευή Επενδύσεων με Μάρμαρα", Αθήνα, 1981.
- ΕΛΟΤ 749. Σχέδιο Ελληνικού Προτύπου. "Έλεγχος Φυσικών Λίθων - Δοκιμή Αντοχής σε κάμψη", Αθήνα, 1990.
- ΞΕΙΔΑΚΗΣ, Γ. and ΣΑΜΑΡΑΣ, Η. (1992). Τεχνική Συμπεριφορά των Σχιστολίθων Ελευθερούπολης, Καβάλας, Β. Ελλάδα. 6ο Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας.
- ΡΗΓΑΣ, Κ.Ι. (1978). Έρευνα και αξιολόγηση των Ελληνικών Μαρμάρων. 1ο Συνέδριο Ελληνικού Ορυκτού Πλούτου, 15-20 Μαΐου 1978, Τ.Ε.Ε., Αθήνα, σελ. 159-200.
- ΟΡΛΑΝΔΟΣ, Α.Κ. (1958). Τα Υλικά Δομής των Αρχαίων Ελλήνων, Τ.2, Αρχαιολογική Εταιρία Ελλάδος, Αθήνα.
- TSIRAMBIDES, A.E. (1991). Greek marbles: Origin, Composition, Physico-Mechanical Properties and Reserces, 2nd Intern. Symp. On "The conservation of monuments in Mediterranean Basin". Geniva, Nov. 19-21, 1991. D. Decrouez et al, 1991.
- ΧΑΤΖΗΠΑΝΑΓΗΣ, (1991). Η Γεωλογική Δομή της Ευρύτερης Περιοχής του Ορους Φαλακρού. Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, 1991.