

**ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ
«ΜΟΡΝΟΥ» ΚΑΙ «ΣΚΑ» ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΚΑΙ ΣΚΑΛΑ.
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥΣ
ΩΣ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Του Κ.Ι. ΣΑΧΠΑΖΗ*

Ανάτυπο από το Δελτίο
ΚΕΔΕ τεύχος 1-2/1989

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΙΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ «ΜΟΡΝΟΥ» ΚΑΙ «ΣΚΑ» ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙ ΚΑΙ ΣΚΑΛΑ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥΣ ΩΣ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Του Κ.Ι. ΣΑΧΠΑΖΗ*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τεχνικά έργα στο πλαίσιο της κατασκευής της «Οδού Παράκαμψης Ναυπάκτου» και η γενικότερη οικοδομική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής, επιβάλλουν την ανάγκη αναζήτησης αδρανών υλικών σκυροδέματος.

Οι τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές ιδιότητες των φυσικών αποθέσεων του ποταμού Μόρνου και του χείμαρου Σκά, διερευνήθηκαν σε σχέση με την καταλληλότητά τους για παραγωγή σκυροδέματος με τσιμέντο τύπου Portland. Εκτελέστηκε δειγματοληψία λεπτοκόκκου και χονδροκόκκου κλάσματος, και προσδιορίστηκαν τα γεωτεχνικά, πετρογραφικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους.

Μεταξύ των δοκιμών που εκτελέστηκαν είναι: φυσικών ιδιοτήτων, μορφής ή σχήματος ψηφίδων, μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων, καθώς και δοκιμές προσομοίωσης της αποσάθρωσης.

Η έρευνα απέδειξε τελικά, ότι οι αποθέσεις του Μόρνου στη θέση Καστράκι, είναι αδρανή υλικά χημικά και ορυκτολογικά κατάλληλα, ισχυρά, ανθεκτικά στην αποσάθρωση και στη φθορά, καθώς και με πολύ ικανοποιητικές φυσικές ιδιότητες και μορφή ψηφίδων. Έτσι καθίστανται απόλυτα κατάλληλα υλικά σκυροδέματος με τσιμέντο τύπου Portland. Αντίθετα, οι αποθέσεις του Σκα, στη θέση Σκάλα, αν και με αρκετά αποδεκτές φυσικο-μηχανικές ιδιότητες, θεωρούνται τελείως ακατάλληλα για το σκοπό αυτό υλικά, λόγω της ορυκτολογικής σύνθεσης και των χημικών ιδιοτήτων τους.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σκυρόδεμα, που κατασκευάζεται από τσιμέντο, νερό και αδρανή υλικά, αποτελείται πάνω από 70% κατ' όγκο από αδρανή υλικά. Είναι φυσικό επομένως ότι για να κατασκευαστεί καλής ποιότητας σκυρόδεμα, πρέπει να επιλεχθούν καλής ποιότητας αδρανή υλικά. Επίσης είναι σημαντικό να διατηρείται χημική αδράνεια μεταξύ της τσιμεντούχας πάστας και της επιφάνειας των αδρανών υλικών που έρχονται σε άμεση επαφή. Είναι δηλαδή μεγάλης σημασίας η ορυκτολογική και χημική σύνθεση των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών, που καθορίζουν τις διάφορες ιδιότητές τους.

Η χημική και ορυκτολογική συμβατότητα αδρανών υλικών-τσιμέντου έχει μελετηθεί διεξοδικά από διάφορους ερευνητές: Maso J.C. (1980), Barnes et al. (1978, 1979), Langton C.A. & Roy D.M. (1980), Aardt J.H.P. & Visser (1977 a,b), Le Roux A. & Cadot C. (1984), και άλλους.

Τα χαρακτηριστικά της μορφής ή του σχήματος

επίσης των ψηφίδων των αδρανών υλικών έχουν κάποια σημαντική επίδραση τόσο στην αντοχή και ανθεκτικότητα του σκυροδέματος (Karlan M.F. (1959)), όσο και στην ευκολία της επεξεργασίας και διάστροφης κατά την κατασκευή, τις αναλογίες του μίγματος, το πορώδες και τα χαρακτηριστικά της τελικής επιφάνειας του σκυροδέματος (D.N.E.R. (1971), Frazao E.B. et al. (1984), B.S.:882:1973). Επομένως οι δείκτες μορφής των ψηφίδων πρέπει να ελέγχονται.

Τέλος οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των αδρανών υλικών παίζουν καθοριστικό ρόλο, τόσο στη τελική αντοχή όσο και στην διαχρονική ανθεκτικότητα και αποσπασσιμότητα του παραγόμενου σκυροδέματος (A.S.T.M. Com. C 9 (1978), A.C.I. Com. 221 (1961), κ.ά.).

Αν αναλυθεί ξεχωριστά η κάθε ιδιότητα των αδρανών υλικών, βλέπουμε ότι υπάρχουν περίπου 50 διαφορετικές ιδιότητες, εκ των οποίων οι σημαντικότερες διερευνούνται και παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, οι οποίες επηρεάζουν λιγότερο ή περισσότερο τις 8 σημαντικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος, του σκυροδέματος, που είναι: 1) Ανθεκτικότητα, 2) Αντοχή (θλιπτική - διατμητική - εφελκυστική), 3) Μεταβολές Όγκου, 4) Θερμικές Ιδιότητες

* Δρ. Τεχνικής Γεωλογίας, Ε.Μ.Π.

τες, 5) Μονάδα Βάρους, 6) Μέτρο Ελαστικότητας (Young's Modulus), 7) Ιδιότητες Επιφανειακής Τριβής, και 8) Οικονομία.

Είναι επομένως αναγκαίο, σύμφωνα με τα παραπάνω, να γίνεται μια πλήρης διερεύνηση των φυσικο-χημικο-μηχανικών ιδιοτήτων και της ανθεκτικότητας στην αποσάθρωση των χρησιμοποιούμενων σε κάθε έργο (και ιδίως μεγάλου και με σοβαρές επιπτώσεις σε περίπτωση αστοχίας, όπως π.χ. το υδραυλικό έργο του Μόρνου, κ.ά.) αδρανών υλικών, ώστε να ελέγχεται και να εξασφαλίζεται η εκάστοτε απαιτούμενη ποιότητα του παραγόμενου με αυτά σκυροδέματος.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Τα τεχνικά έργα της «Οδού Παράκαμψης Ναυπάκτου» τα οποία βρίσκονται ακόμη στο στάδιο κατασκευής, καθώς και οι απαιτήσεις του για την παραγωγή υψηλής ποιότητας σκυροδέματος, επέβαλε την ανάγκη της πλήρους διερεύνησης των τεχνικογεωλογικών και γεωτεχνικών ιδιοτήτων των χρησιμοποιηθέντων αδρανών υλικών, καθώς και τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς και καταλληλότητάς τους.

Επίσης οι γενικές οικοδομικές και κατασκευαστικές ανάγκες της περιοχής της Ναυπάκτου και των πλησίον χωριών, απαιτούν την χρήση αδρανών υλικών αποδεκτής, τουλάχιστον, ποιότητας. Οι ανάγκες αυτές, σε αδρανή υλικά, καλύπτονται βασικά από τις φυσικές ποτάμιες αποθέσεις του Μόρνου κατά κύριο λόγο, αλλά και από τις χειμάρριες αποθέσεις του Σκα.

Με αφορμή τα παραπάνω έγινε προσδιορισμός των βασικότερων τεχνικογεωλογικών ιδιοτήτων των φυσικών αυτών αδρανών υλικών στις θέσεις Καστράκι και Σκάλα και αποκαλύφθηκε, στη συνέχεια, ο βαθμός καταλληλότητάς τους για τους διάφορους κατασκευαστικούς σκοπούς. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ιδιοτήτων, θα καθορίσει τη γεωτεχνική συμπεριφορά των αδρανών υλικών της κάθε περιοχής.

Τόσο ο ποταμός Μόρνος όσο και ο χειμάρρος Σκας κατά τη ροή τους διατέμνουν, διαβρώνουν και παρασύρουν τα διάφορα πετρώματα που συναντούν. Τα τεμάχια αυτά στη συνέχεια, όπου η ταχύτητα ροής μειώνεται, αποθέτονται και σχηματίζουν φυσικές συγκεντρώσεις αδρανών υλικών. Η ποιότητα και το είδος των φυσικών αυτών αδρανών υλικών εξαρτάται και καθορίζεται από τις ιδιότητες και τον πετρολογικό τύπο των πετρωμάτων που διατέμνονται από τον ποταμό ή χειμάρρο.

Ο χειμάρρος Σκας πηγάζει βόρεια του χωριού Σκάλα και εκβάλλει στον Πατραϊκό Κόλπο, στην περιοχή των παλαιών σφαγείων της Ναυπάκτου. Ο πο-

ταμός Μόρνος ρέει ανατολικά της Ναυπάκτου και εκβάλλει στην περιοχή των νέων σφαγείων της Ναυπάκτου.

Στο σχήμα (1) απεικονίζεται η γεωγραφική θέση της περιοχής της μελέτης, του Σκα και του Μόρνου, καθώς επίσης και οι θέσεις όπου έγινε δειγματοληψία των δύο υλικών, στις θέσεις 1) Σκάλα, και 2) Καστράκι, αντίστοιχα.

Οι προσδιορισθείσες ιδιότητες των μελετηθέντων αδρανών υλικών αναφέρονται, λοιπόν, μόνο για τις περιοχές όπου έγινε δειγματοληψία στις θέσεις παρά τα χωριά Σκάλα και Καστράκι. Οι ιδιότητες αυτές πιθανόν να διαφοροποιούνται σε άλλες θέσεις κατά τον ρου του ποταμού ή του χειμάρρου, η διερεύνηση των οποίων θα απαιτούσε μεγάλης κλίμακας ειδική έρευνα.

Η δειγματοληψία του κάθε υλικού περιέλαβε δύο κλάσματα μεγέθους κόκκων: α) το λεπτόκοκκο (κυρίως άμμος), με διάμετρο $d < 5$ mm, και β) το χονδρόκοκκο, (χαλίκι), με διάμετρο $d > 10$ mm.



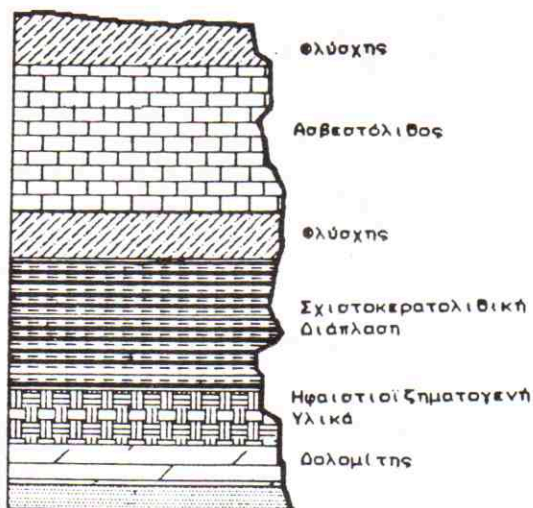
● = θέσεις δειγματοληψίας 1 Μόρνου & 2 Σκα

Σχ. 1. Περιοχή μελέτης και θέσεις δειγματοληψίας.
Fig. 1. Location map and sampling sites.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η ευρύτερη περιοχή των μελετηθέντων φυσικών ποτάμιων αποθέσεων ανήκει στην ζώνη Ωλόνου - Πίνδου (J.J. Fleury, 1980) σύμφωνα με το Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Στο σχήμα (2) φαίνεται η γενική λιθοστρωματογραφική στήλη της περιοχής ενδιαφέροντος (κατά J.J. Fleury και χαρ. Ι.Γ.Μ.Ε., φυλ.: «Ναύπακτος»).

Η περιοχή κατά το μεσοζωϊκό αποτελούσε «ευγεωσύγκλινο». Τα αλπικά της ιζήματα είναι κυρίως Πελαγικής φάσης, και χαρακτηρίζονται από έντονη τεκτονική επωθήσεων και επιπτεύσεων. Η όλη με-



Σχ. 2. Γενική λιθοστρωματογραφική στήλη της περιοχής.
(Fleury, J.J., 1980, Φυλ.: Ναύπακτος, IGME).
Fig. 2. General lithostratigraphic column of the area.
(Fleury, J.J., 1980, IGME Sheet: Naupaktos).

σοζωική σειρά κλείνει με φλύσχη του Ανώτερου Ηωκαίνου.

Τα κυριότερα πετρώματα που εμφανίζονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, από τα παλαιότερα προς τα νεώτερα, και τα οποία διασχίζονται, διαβρώνονται και μεταφέρονται κατά τη ροή του ποταμού, είναι τα ακόλουθα:

α) Σχιστοκερατολιθική διάπλωση, ηλικίας από άνω - Τριαδικό έως κάτω Κρητιδικό (Νεοκόμιο), χρώματος ερυθρού, πράσινου ή τεφροπράσινου. Το πάχος της κυμαίνεται από 200-300 μέτρα περίπου, και περικλείει σε πολλές θέσεις ασβεστολιθικούς φακούς,

β) Συνεχίζεται, χωρίς ασυμφωνία, φλύσχη αποτελούμενος κυρίως από Μάργες, Ψαμμίτες και λατοποπαγή του κάτω - Κρητιδικού, πάχους περίπου 60 μέτρων,

γ) Πελαγικοί μεσο- έως παχυ- πλακώδεις Ασβεστόλιθοι, λευκοί κίτρινοι και γκρι, πάχους μέχρι και 500 μέτρα, του ανώτερου - Κρητιδικού, και

δ) Φλύσχη του ανώτερου - Ηωκαίνου.

Τέλος η ευρύτερη περιοχή έχει υποστεί έντονη πτύχωση και τεκτονισμό της οποίας η παροξυσμική φάση έλαβε χώρα κατά την Ελβετική πτύχωση. Σαν αποτέλεσμα τα πετρώματα εμφανίζονται κυρίως πτυχωμένα ή κεκλιμένα, παρουσιάζοντας επίσης κατά θέσεις λεπιώσεις και επωθήσεις, γεγονός που ευνοεί την διαβρωσιμότητα των πετρωμάτων αυτών.

4. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

Το χονδρόκοκκο κλάσμα από κάθε υλικό κοσκι-

νίστηκε, χρησιμοποιώντας πρότυπα κόσκινα A.S.T.M. με τετράγωνους βρόγχους μεγέθους 10 mm έως 14 mm, και επί αυτών εκτελέστηκαν οι παρακάτω εργαστηριακές δοκιμές. Το λεπτόκοκκο κλάσμα χρησιμοποιήθηκε για ανάλυση της πετρολογικής του σύνθεσης, καθώς και, σπουδαιότερα, για την εκτέλεση δοκιμών χημικής συνάφειας μεταξύ αυτού και του τσιμέντου τύπου Portland.

Στα χονδρόκοκκα αδρανή υλικά έγιναν διάφορες δοκιμές για τον προσδιορισμό:

- ορυκτολογικής σύστασης - πετρογραφίας,
- φυσικών ιδιοτήτων,
- επιφανειακής καθαρότητας,
- δεικτών μορφής,
- μηχανικών ιδιοτήτων,
- αποσαθρωσιμότητας, και
- χημικών ιδιοτήτων.

Κάθε δοκιμή εκτελέστηκε τρεις φορές και υπολογίστηκε η μέση τιμή τους. Στο σχήμα (3) φαίνεται το διάγραμμα ροής της εργαστηριακής διαδικασίας των δοκιμών.

5. ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ - ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ

5.1. Αδρανή Υλικά Μόρνου.

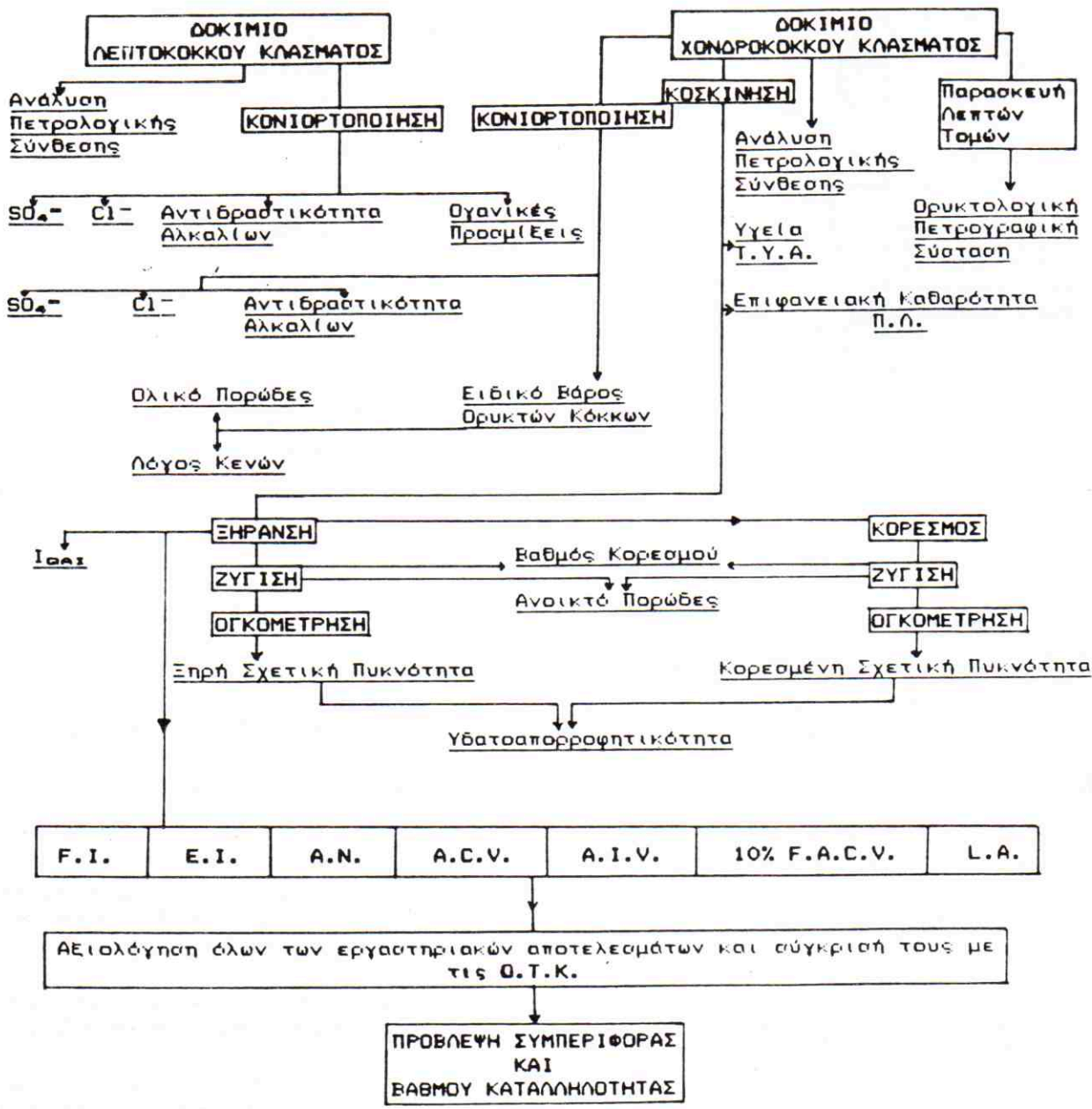
Η ορυκτολογική - πετρογραφική εξέταση (A.-S.T.M.: Designation C 295) έγινε σε δείγματα του Μόρνου με σκοπό να προσδιορισθεί η ορυκτολογική σύσταση και η πετρολογική σύνθεσή τους, ώστε να διαπιστωθεί η πιθανή αντιδραστικότητα των ψηφιδών με τα αλκάλια του τσιμέντου τύπου Portland. Η ανάλυση έδειξε τα ακόλουθα:

α) Η εκατοστιαία πετρολογική σύνθεση του χονδρόκοκκου κλάσματος (σχήμα (4,α)) αποτελείται από 95% ασβεστόλιθο, 4% ψαμμίτη και 1% κερατόλιθο.

β) Ο ασβεστόλιθος είναι κρυπτοκρυσταλλικός έως πολύ λεπτοκρυσταλλικός με διάσπαρτα φλεβίδια και φωλεές ανακρυσταλλομένου ασβεστίτη, καθώς και με ασαφή μικροαπολιθώματα. Πολλά τεμάχια αποτελούνται από ασβεστόλιθο λιγώτερο ή περισσότερο ανακρυσταλλομένο με κρυστάλλους ποικίλου μεγέθους. Ο ανακρυσταλλομένος ασβεστίτης δείχνει ισχυρή μηχανική παραμόρφωση που τοπικά φθάνει σε μερική μυλωνιτώση των κόκκων.

γ) Άλλα ορυκτά δεν παρατηρήθηκαν στα ασβεστολιθικά τεμάχια, με εξαίρεση σε μερικά από αυτά με ανακρυσταλλομένο ασβεστίτη, στα οποία παρουσιάζεται χλωρίτης σε αναλογία περίπου 1% και σε μικρότατα κοκκία και φυλλίδια.

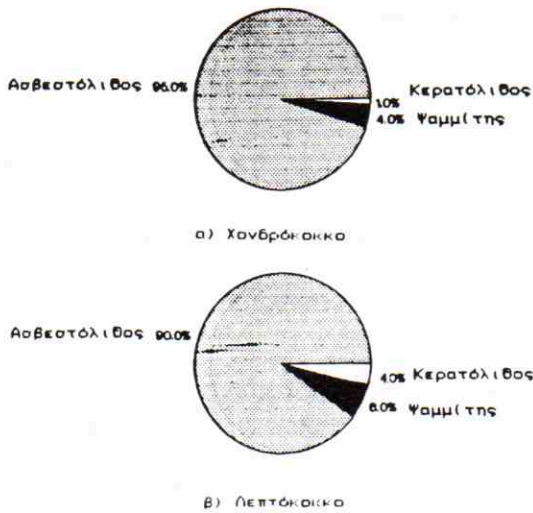
δ) Οι κόκκοι του ασβεστίτη είναι ακανόνιστοι και αλληλομπλέκονται, ώστε να παρουσιάζουν ισχυρή σύνδεση μεταξύ τους, χαρακτηριστικό που κάνει το πέτρωμα συμπαγές και υψηλής μηχανικής αντο-



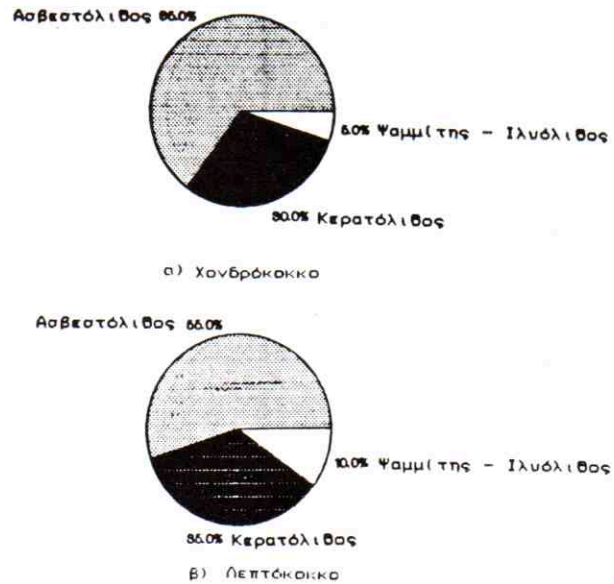
Σχ. 3. Διάγραμμα ροής της εργαστηριακής διαδικασίας των δοκιμών.
 Fig. 3. Flow chart of laboratory testing procedure.

χής. Η σύνδεση αυτή είναι κάπως ασθενέστερη στους ασβεστιτικούς κόκκους των φλεβιδίων.
 ε) Τα κερατολιθικά και τα περισσότερα ψαμμιτικά τεμάχια αποτελούνται κατά το πλείστο από συμπαγές πέτρωμα.
 στ) Λόγω πολύ χαμηλού πορώδους και απουσίας μικρορωγμών, από πλευράς μηχανικής αντοχής και φυσικών ιδιοτήτων τα πετρώματα που συνιστούν το χονδρόκοκκο κλάσμα του δείγματος, είναι απόλυτα

ικανοποιητικά για τη χρήση αυτού ως αδρανούς σκυροδέματος. Από χημικής πλευράς, ο κερατόλιθος είναι βέβαια βλαβερός για τέτοια χρήση (με τιμμένο τύπου Portland), πλην όμως το πολύ μικρό ποσοστό του (1%) δεν επηρεάζει το σύνολο του δείγματος.
 ζ) Το λεπτόκοκκο κλάσμα του δείγματος Μόρνου (σχήμα (4,β)) παρουσιάζει αύξηση του ποσοστού των κερατολιθικών τεμαχίων, το οποίο φθάνει μέχρι 4%. Η αύξηση αυτή είναι στο σύνολο του αδρανούς πε-



Σχ. 4. Πετρολογική σύνθεση (α) χονδροκόκκου και (β) λεπτοκόκκου κλάσματος αδρανών υλικών Μόρνου.
Fig. 4. Petrological composition of (a) coarse and (b) fine grained fractions of Mornos aggregates.



Σχ. 5. Πετρολογική σύνθεση (α) χονδροκόκκου και (β) λεπτοκόκκου κλάσματος αδρανών υλικών Σκά.
Fig. 5. Petrological composition of (a) coarse and (b) fine grained fractions of Skas aggregates.

ριορισμένη και δεν μπορεί να επηρεάσει την καταλληλότητα αυτού για παρασκευή σκυροδέματος σε τσιμέντο τύπου Portland. Ο ψαμμίτης ανέρχεται σε ποσοστό 6%.

5.2. Αδρανή Υλικά Σκα.

Η ορυκτολογική εξέταση και ανάλυση της πετρολογικής σύνθεσης του δείγματος Σκάλας έδειξε τα εξής:

α) Η εκατοστιαία πετρολογική σύνθεση του χονδροκόκκου κλάσματος (σχήμα (5,α)) αποτελείται από 65% ασβεστόλιθο, 30% κερατόλιθο και 5% ψαμμίτη - ιλυόλιθο.

β) Ο ασβεστόλιθος παρουσιάζει σχεδόν τα αυτά μικροσκοπικά χαρακτηριστικά και τις αυτές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες, όπως και στο δείγμα Μόρνου, αλλά επιπλέον εδώ σε πολλά τεμάχια παρατηρούνται σποραδικά αδιαφανή κοκκία και φλεβίδια από σιδηροξείδια (αιματίτη - λειμωνίτη).

γ) Ο κερατόλιθος αποτελείται από πυριτικό οξύ πολύ μικροκοκκώδη έως κρυπτοκρυσταλλικό ή άμορφο και περιέχει πολλά φλεβίδια και διάσπαρτα κοκκία ασβεσίτη, καθώς και σωματίδια, συνήθως σφαιροειδή, κιτρινωπού χρώματος από λειμωνίτη.

δ) Το άμορφο και κρυπτοκρυσταλλικό πυριτικό οξύ, όπως είναι γνωστό, θεωρείται (C.M. 1955, 1979) βλαβερό συστατικό για το τσιμέντο τύπου Portland.

ε) Τα τεμάχια από ψαμμίτη - ιλυόλιθο έχουν μηχανικές ιδιότητες που ποικίλουν και κάνουν αυτά

κατάλληλα έως ακατάλληλα για χρήση ως αδρανή υλικά σκυροδέματος.

στ) Το λεπτόκοκκο κλάσμα του δείγματος αποτελείται (σχήμα (5,β)) από 55% ασβεστόλιθο, 35% κερατόλιθο και 10% ψαμμίτη - ιλυόλιθο.

6. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι φυσικές ιδιότητες των δειγμάτων αδρανών υλικών Μόρνου και Σκάλας, προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τις εξής προδιαγραφές:

- α) Μέθοδος Αρχιμήδη, B.S.:812:Part 2:1975,
- β) Μέθοδος εκτόπισης υδραργύρου, I.S.R.M.: Com. on Standardization of Laboratory and field Tests (1979), και
- γ) Μέθοδος προσδιορισμού του ειδικού βάρους ορυκτών κόκκων πετρώματος, B.S.:1377:April 1975, με λήκυθο πυκνότητας.

6.1. Αδρανή Υλικά Μόρνου.

Ξηρή φαινομένη πυκνότητα, $p_d = 2.604 \text{ gr/cm}^3$
Κορεσμένη φαινομένη πυκνότητα, $p_{sat} = 2.619 \text{ gr/cm}^3$

Απορροφητικότητα Νερού κατά Βάρος, A.N.B. = 0.589%

Απορροφητικότητα Νερού κατ' Όγκο, A.N.O. = 1.559%

Πυκνότητα Ορυκτών Κόκκων, $p_s = 2.647 \text{ gr/cm}^3$
Όλικό πορώδες, $n = 1.609\%$

Ανοικτό πορώδες, $n_{off} = 1.535\%$
Λόγος κενών, $e = 1.635\%$
Βαθμός Κορεσμού, $S_r = 95,4\%$
Δείκτης Ταχείας Απορρόφησης Νερού ή Δείκτης Hamrol, $I_{QA1} = 0.439\%$.

6.2. Αδρανή Υλικά Σκα.

$\rho_d = 2.553 \text{ gr/cm}^3$
 $\rho_{sat} = 2.580 \text{ gr/cm}^3$
A.N.B. = 1.067%
A.N.O. = 2.803%
 $\rho_s = 2.627 \text{ gr/cm}^3$
 $n = 2.814\%$
 $n_{off} = 2.724\%$
 $e = 2.895\%$
 $S_r = 96.8\%$
 $I_{QA1} = 0.907\%$.

6. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑ ΨΗΦΙΔΩΝ

Αυτή καθορίζεται από το ποσοστό προσκολλημένης Αργίλου, Ιλύος και Σκόνης (Π.Α.). Έτσι ορίζεται ο λόγος της μάζας Mf των λεπτομερών υλικών (μέγεθος κόκκων $d < 75 \mu\text{m}$), που βρίσκονται προσκολλημένα στις επιφάνειες των τεμαχίων ενός αδρανούς υλικού, προς την μάζα αυτού Ma, επί τοις εκατό:

$$\text{Π.Α.} = Mf/Ma \times 100$$

Η δοκιμή εκτελέστηκε σύμφωνα με την μέθοδο διαύγασης, A.S.T.M.: Designation: C 117 - 84.

Π.Α. (Μόρνου) = 0.23%

Π.Α. (Σκάλας) = 0.67%.

7. ΔΕΙΚΤΕΣ ΜΟΡΦΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι προσδιορισμοί αυτοί αφορούν τους δείκτες: Πλάτυνσης (Flakiness Index), Επιμήκυνσης (Elongation Index) και Γωνιώδους (Angularity Number) των ψηφίδων των αδρανών υλικών που εκφράζουν τη μέση γενική μορφή των ψηφίδων, η οποία με τη σειρά της επηρεάζει τόσο την ευκολία επεξεργασίας του μίγματος και την προκύπτουσα σταθερότητα και αντοχή του, όσο και την αναλογία των αδρανών υλικών σε σχέση με το συνδετικό υλικό, τσιμέντο. Οι προσδιορισμοί αυτοί εκτελέστηκαν σύμφωνα με τα B.S.:812:Part 1:1975 σε ψηφίδες μεγέθους 10-14 mm.

7.1. Αδρανή Υλικά Μόρνου.

Δείκτης Πλάτυνσης, F.I. = 14.7%

Δείκτης Επιμήκυνσης, E.I. = 23.9%

Δείκτης Γωνιώδους, A.N. = 10.42.

7.2. Αδρανή Υλικά Σκα.

F.I. = 18.2%

E.I. = 34.6%

A.N. = 9.74.

Γενικά, θεωρείται ότι πεπλατυσμένες ψηφίδες είναι ανεπιθύμητες στα μίγματα, επειδή τείνουν να θραύονται σε μικρότερα τεμάχια κατά την επεξεργασία και επίσης δίνουν χαμηλότερης σταθερότητας σκυρόδεμα. Οι δείκτες επιμήκυνσης και γωνιώδους, έχουν επίσης σπουδαίες επιδράσεις στην ανάμιξη, διάστρωση, σύνθεση, σταθερότητα και αντοχή του παραγόμενου σκυροδέματος.

Έρευνα του Czurygyszkiewicz (1973) απέδειξε ότι σκυρόδεμα κατασκευασμένο με κυβικές ψηφίδες έδωσε τελικά, θλιπτική αντοχή περίπου 6-8 N/mm² μεγαλύτερη από εκείνο που παρασκευάστηκε με επιμήκεις και πεπλατυσμένες ψηφίδες.

Έρευνες επίσης των M. Herrin - W.H. Goetz (1954) και W.H. Compren - J.R. Smith (1948) έδειξαν την επίδραση του βαθμού γωνιώδους των αδρανών υλικών επί της σταθερότητας του μίγματος. Αδρανή υλικά μορφής κυμαινομένης από αποστρογγυλεμένης έως άκρως γωνιώδους, διαπιστώθηκε ότι επιφέρουν σημαντικές μεταβολές στην σταθερότητα. Συμπεράναν ότι όσο πιο αποστρογγυλεμένες είναι οι ψηφίδες του χονδροκόκκου κλάσματος των αδρανών υλικών, τόσο χαμηλότερη είναι και η παραγόμενη σταθερότητα.

Αδρανή υλικά εντελώς, ιδανικά, αποστρογγυλεμένα δίδουν Δείκτη Γωνιώδους A.N. = 0, ενώ άκρως γωνιώδη δίδουν τιμή A.N. > 12.

8. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι ιδιότητες αυτές καθορίζουν τη μηχανική συμπεριφορά των αδρανών υλικών, κάτω από συνθήκες στατικής ή δυναμικής καταπόνησής τους και περιλαμβάνουν δοκιμές για τον προσδιορισμό:

- α) του Δείκτη Συντριβής Αδρανών (Δ.Σ.Α.), (Aggregate Crushing Value, (A.C.V.)). Καθορίζει την συμπεριφορά των Α.Υ. σε συνθήκες στατικής καταπόνησης.
- β) του Δείκτη Αντοχής σε Πρόσκρουση Αδρανών (Δ.Α.Π.Α.) (Aggregate Impact Value (A.I.V.)). Καθορίζει την συμπεριφορά των Α.Υ. σε συνθήκες δυναμικής καταπόνησης.
- γ) του Δείκτη Συντριβής Λεπτοκόκκου 10% Αδρανών (Δ.Σ.Λ. 10% Α.) (10% Fines Aggregate Crushing Value (10% F.A.C.V.)). Ειδική δοκιμή για χαμηλής ποιότητας και αντοχής Α.Υ..
- δ) της αντοχής των αδρανών σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles (L.A.). Καθορίζει την συμπερι-

φορά των Α.Υ. σε συνθήκες εκτριβής και πρόσκρουσης.

Οι δοκιμές α, β και γ εκτελέστηκαν σε Α.Υ. μεγέθους 10-14 mm, και η δοκιμή δ σε Α.Υ. διαβάθμισης C, σύμφωνα με B.S.:812:Part 3:1975 και A.S.T.M.: Designation: C 131, αντίστοιχα.

8.1. Α.Υ. Μόρνου.

Δ.Σ.Α. ή Α.Σ.Α. = 26.4%
 Δ.Α.Π.Α. ή Α.Ι.Α. = 25.5%
 Δ.Σ.Α. 10% Α. ή 10% F.A.C.V. = 140 KN
 L.A. = 34.7%

8.2. Α.Υ. Σκά.

Δ.Σ.Α. = 29.3%
 Δ.Α.Π.Α. = 30.4%
 Δ.Σ.Α. 10% Α. = 100 KN
 L.A. = 37.9%

9. ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ

Το φυσικό φαινόμενο της κρυσταλλοποίησης διαφόρων αλάτων, τα οποία παρουσιάζονται κάτω από κανονικές περιβαλλοντολογικές συνθήκες, προσομοιάζεται με την δοκιμή υγείας, και προσδιορίζεται η αποσαθρωσιμότητα και ανθεκτικότητα των εξετασθέντων υλικών στην φυσική υποβάθμιση.

Η δοκιμή εκτελέστηκε σε αδρανή υλικά μεγέθους 10-14 mm, χρησιμοποιώντας διάλυμα θειϊκού

νατρίου ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), σύμφωνα με την προδιαγραφή: A.S.T.M.: Designation: C 88 - 83.

Τιμή Υγείας Αδρανών: T.Y.A. Μόρνου = 0.9%
 T.Y.A. Σκά = 2.4%

10. ΔΟΚΙΜΕΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ - ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ (Portland)

Μερικά αδρανή υλικά υφίστανται χημικές αντιδράσεις και αλλαγές οι οποίες συνήθως οδηγούν στην γενική υποβάθμισή τους. Τέτοιες αντιδράσεις είναι διαφόρων ειδών, όπως αντίδραση μεταξύ αδρανών υλικών και συστατικών του τσιμέντου, διαλυτοποίηση των ευδιάλυτων υλικών, οξείδωση λόγω αποσάθρωσης, και άλλες πολύπλοκες διαδικασίες οι οποίες παρεμποδίζουν την κανονική ενυδάτωση του τσιμέντου.

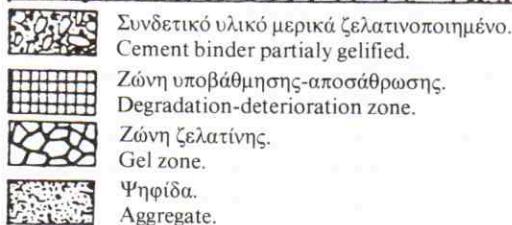
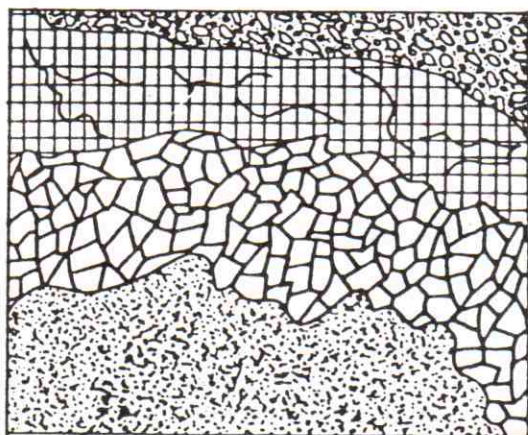
Η σταδιακή υποβάθμιση του σκυροδέματος που προκαλείται ολικά ή μερικά λόγω χημικών αντιδράσεων μεταξύ των αλκαλίων του τσιμέντου και των ορυκτολογικών συστατικών των αδρανών υλικών, χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες παρατηρούμενες καταστάσεις:

- Γενική ρωγμάτωση μεγάλης κλίμακας, συνήθως ακανόνιστης διάταξης,
- Εκτενής εσωτερική και γενική διόγκωση,
- Σχηματισμός ζελατίνης (gel exudation) και λευκωτών αμόρφων ενώσεων, τόσο στην επιφάνεια όσο και στην εσωτερική μάζα του σκυροδέματος, ειδικά στους πόρους και κοντά στις προσβληθείσες ψηφίδες,
- Περιφερειακή ζώνη αντιδράσεων ή εξαλλοίωσης των αδρανών υλικών, και
- Εικόνα του νεορηγματωθέντος σκυροδέματος που θυμίζει ασβέστη ή κρήτιδα.

Στο σχήμα (6) δίδεται μία παραστατική απεικόνιση των σχηματιζόμενων ζωνών στην προσβληθείσα περιοχή επαφής ψηφίδας αδρανούς υλικού - σκυροδέματος.

Τα αδρανή υλικά που περιέχουν τα παρακάτω συστατικά, ορυκτά ή ενώσεις, θεωρούνται (A.S.T.M.:C 58, A.S.T.M.:C 33 - 77, Blyth F.G.H. - De Freitas M.H. (1979), B.S.:882:1983 κ.ά.) επιβλαβή για την παρασκευή σκυροδέματος με τσιμέντο τύπου Portland:

- Αργιλούχα πετρώματα, με ιλλύτη, καολινίτη, μοντοριλονίτη (π.χ. σχιστόλιθοι, φυλλίτες, αργιλίτες, σχιστοί άργιλοι, μάργες, κ.λ.π.)
- Οργανικές ουσίες (κάρβουνα, τύρφη, λιγνίτης, ξύλο, κ.λ.π.)
- Ενώσεις του Fe και Mg,
- Γύψος και άλλα θειούχα και θειϊκά άλατα,
- Ενώσεις του Μολύβδου και Ψευδαργύρου,
- Ορυκτά: Οπάλιος, Χαλκηδόσιος, Ηφαιστειακό γυαλί, Τριδυμίτης, Άμορφο πυριτικό οξύ.



Σχ. 6. Σχηματιζόμενες ζώνες στην επαφή χημικώς ακατάλληλων ψηφίδων - τσιμεντούχας πάστας.

Fig. 6. Development of deterioration zonation in the contact of chemically unsuitable aggregate - cement paste.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Οριακές Τιμές Καταλληλότητας.
TABLE 1. Limit Acceptance Values.

Ιδιότητα	Ο.Τ.Κ.	Φορέας ή Προδιαγραφή
Πυκνότητα (Ξηρή Φαινομένη)	> = 2.6 gr/cm ³	1
Υδατοαπορροφητικότητα	< = 3%	1
Προσκολλημένα Λεπτομερή < 75 μm (Επιφανειακή Καθαρότητα Ψηφίδων)	< = 1%	B.S.:882:1973
Δείκτης Πλάτυνσης (F.I.)	< = 30%	B.S.:1984:1967
Δείκτης Επιμήκυνσης (E.I.)	< = 45%	B.S.:1984:1967
Αντοχή σε Μονοαξονική Θλίψη (σ)	> 34.5 MN/m ²	2
Δείκτης Αντοχής σε Πρόσκρουση Αδρανών (A.I.V.)	< = 45%	B.S.:882:1973
Δείκτης Συντριβής Αδρανών (A.C.V.)	< = 40%	5
Δείκτης Συντριβής Λεπτοκόκκων 10% Αδρανών (10% FACV)	> = 50 KN	3
Συντελεστής Los Angeles (L.A.)	< = 40%	AASHTO:M78-64:1974
Τιμή Υγείας Αδρανών (T.Y.A.) (με Θεϊκό Νάτριο)	< = 12%	AASHTO:M80-70:1974
Περιεκτικότητα Θεϊκών (SO ₄ ⁻)	< = 1.2%	BS882:1983-DIN4226
Περιεκτικότητα Χλωριόντων (Cl ⁻)	< = 0.08%	B.S.:882:1983
Alkali Reactivity	Ορίζοντας περιοχές σε διάγραμμα.	ASTM:C 289-81
Οργανικές Προσμίξεις	Χρωμοσύγκριση διαλύματος.	ASTM:C 40-84

- Πετρώματα: Πυρίτης λίθος, Κερατόλιθος, Πυριτικός και Μαργαϊκός Ασβεστόλιθος, Ρυόλιθος, Δακίτης, Ανδεσίτης, Τόφφοι Ρυολίθου και Δακίτη, Γνεύσιος, Δολομίτης.

Στα μελετηθέντα δείγματα των αδρανών υλικών εκτελέστηκαν ορισμένες δοκιμές για να διερευνηθεί η χημική τους καταλληλότητα για την παρασκευή σκυροδέματος με τσιμέντο τύπου Portland. Οι δοκιμές αυτές εντοπίζουν την ύπαρξη ορισμένων χημικών ανοργάνων και οργανικών ουσιών ή ενώσεων, όπως αναφέρονται παραπάνω, οι οποίες αντιδρούν καταστροφικά με τα αλκάλια του τσιμέντου, προξενώντας διόγκωση και ρωγμάτωση του σκυροδέματος, με αποτέλεσμα την απαγορευτικά υψηλή μείωση της αντοχής του.

Οι δοκιμές αυτές περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό:

- της περιεκτικότητας σε θειικά (SO₄⁻) Sulphate content,
 - της περιεκτικότητας σε χλωριόντα (Cl⁻) Chloride content,
 - της αντιδραστικότητας αδρανών υλικών - αλκαλίων τσιμέντου, Alkali reactivity of cement - aggregates, και
 - των οργανικών προσμίξεων, Organic Impurities.
- Οι δοκιμές α, β και γ εκτελέστηκαν τόσο στο λε-

πτόκοκκο κλάσμα όσο και στο χονδρόκοκκο κλάσμα των αδρανών υλικών, ενώ η δοκιμή δ, μόνο στο λεπτόκοκκο. Εκτελέστηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές B.S.:3681:Part 2:1973, B.S.:812:Part 4:1975, A.S.T.M.:C 289 - 81 ΚΑΙ A.S.T.M.:C 40 - 84, αντίστοιχα.

10.1. Α.Υ. Μόρνου.

10.1.1. Λεπτόκοκκο κλάσμα.

- SO₄⁼ = 0.122%
- Cl⁻ = 0.048%
- Αντιδραστικότητα αδρανών - αλκαλίων. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα (7). Όπως προκύπτει από αυτό, το λεπτόκοκκο κλάσμα βρίσκεται στην περιοχή των αβλαβών υλικών, (innocuous substance).
- Οργανικές προσμίξεις. Το χρώμα του υπερκείμενου υγρού στον δοκιμαστικό σωλήνα είναι κατά το πείραμα ανοικτότερο από το πρότυπο οριακό χρώμα και συνεπώς δεν υπάρχουν στο δείγμα οργανικές προσμίξεις ή είναι ελάχιστες.

10.1.2. Χονδρόκοκκο κλάσμα.

- SO₄⁼ = 0.083%
- Cl⁻ = 0.059%

- Αντιδραστικότητα αδρανών - αλκαλίων: Όπως στο λεπτόκοκκο κλάσμα. Σχήμα (7).

10.2. Α.Υ. Σκα.

10.2.1. Λεπτόκοκκο κλάσμα.

- $SO_4^{2-} = 0.064\%$
- $Cl^- = 0.38\%$
- Αντιδραστικότητα αδρανών - αλκαλίων. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο σχήμα (7). Το λεπτόκοκκο κλάσμα βρίσκεται στην ακατάλληλη περιοχή των βλαβερών ουσιών (deleterious substance),
- Οργανικές προσμίξεις: Το χρώμα του υπερκείμενου υγρού είναι κατά το πείραμα το ίδιο περίπου με αυτό του πρότυπου οριακού χρώματος. Συνεπώς η περιεκτικότητα σε οργανικές προσμίξεις λεπτοκόκκου δείγματος της Σκάλας το τοποθετεί, από την άποψη αυτή, στο όριο της καταλληλότητας του ως αδρανές σκυροδέματος.

10.2.2. Χονδρόκοκκο κλάσμα.

- $SO_4^{2-} = 0.028\%$
- $Cl^- = 0.24\%$
- Αντιδραστικότητα αδρανών - αλκαλίων: Όπως στο λεπτόκοκκο κλάσμα. Σχήμα (7).

11. ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ

Διάφορα διεθνή πρότυπα και προδιαγραφές καθώς και άλλοι ερευνητικοί φορείς, οργανισμοί και ερευνητές, έχουν θεσπίσει, μέσα από έρευνα και συνεχή παρακολούθηση της συμπεριφοράς διαφόρων τύπων και ποιοτήτων αδρανών υλικών στο σκυροδέμα, ορισμένες τιμές-οδηγούς των οριακών τιμών καταλληλότητας για τις διάφορες δοκιμές που εκτελούνται με σκοπό την αξιολόγηση και προσδιορισμό της καταλληλότητας των αδρανών υλικών για την παραγωγή σκυροδέματος.

Τέτοιες προδιαγραφές, φορείς και ερευνητές είναι:

1. Higginbottom I.E. (1976), 2. Reynolds C.E. (1950), 3. Hosking J.R. and Tubey L.W. (1969), 4. Anon. (1969), 5. Hosking J.R. (1970), 6. British Standards, 7. American Society for Testing and Materials, 8. DIN, 9. A.A.S.H.T.O..

Ο πίνακας (1) συνοψίζει όλες τις οριακές τιμές καταλληλότητας των αδρανών υλικών στη χρήση τους για παραγωγή σκυροδέματος.

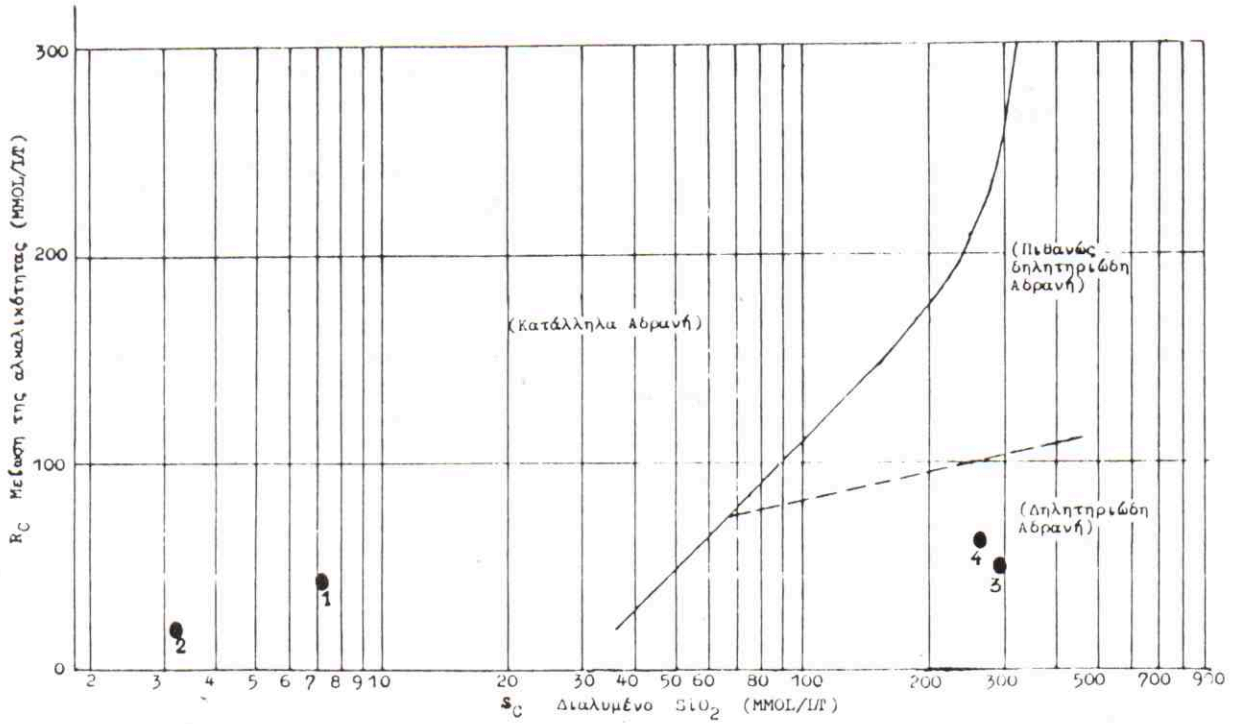
12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

12.1. Αδρανή Υλικά Μόρνου.

Όλες οι προσδιορισθείσες τιμές ιδιοτήτων των μελετηθέντων δειγμάτων αδρανών υλικών Μόρνου

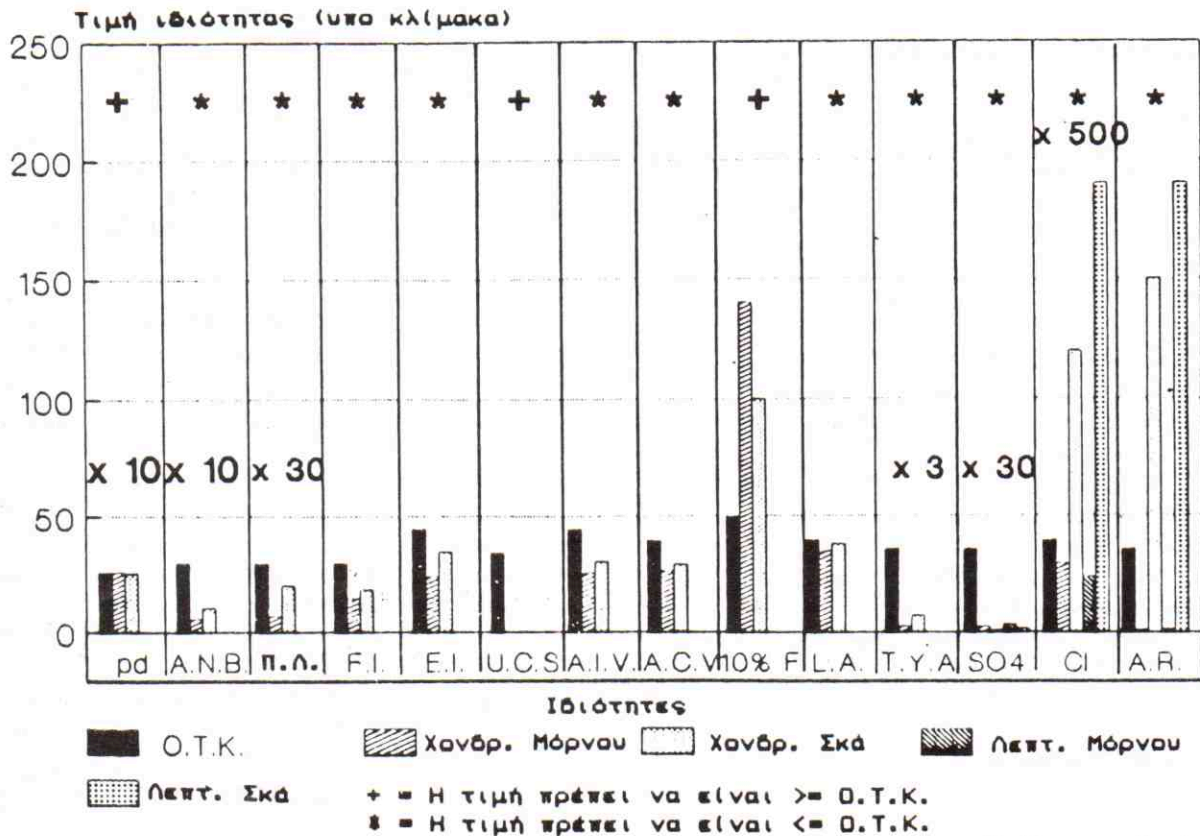
(λεπτοκόκκων και χονδροκόκκων) στην περιοχή Καστράκι, ικανοποιούν τις απαιτήσεις των διεθνών προδιαγραφών, καθιστώντας το αδρανές αυτό υλικό απόλυτα κατάλληλο για παραγωγή σκυροδέματος με τσιμέντο τύπου Portland. Συγκεκριμένα:

- Οι φυσικές ιδιότητες του υλικού είναι πολύ ικανοποιητικές και ιδίως οι χαμηλές τιμές του πορώδους και της υδατοαπορροφητικότητας ευνοούν:
 - α) τη μείωση της απαιτούμενης ποσότητας σε τσιμέντο και νερό, και
 - β) την αύξηση της αντίστασής του στην αποσάθρωση.
- Το πολύ χαμηλό ποσοστό των προσκολλημένων στην επιφάνεια των ψηφίδων λεπτομερών υλικών (αργίλου, ιλύος και σκόνης) ευνοεί τόσο τη στερεότερη σύνδεση των ψηφίδων με τη τσιμεντούχα συνδετική πάστα, όσο και τη μείωση της απαιτούμενης ποσότητας νερού, χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη δημιουργία σκυροδέματος υψηλότερης αντοχής.
- Η γενική μορφή των ψηφίδων, όπως προσδιορίστηκε από τους δείκτες πλάτυνσης, επιμήκυνσης και γωνιώδους, είναι πολύ ευνοϊκή, συμβάλλοντας στην αυξημένη ευκολία της ανάμιξης και επεξεργασίας, καθώς και στη μεγαλύτερη αντοχή και σταθερότητα του σκυροδέματος.
- Οι τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού αυτού είναι ικανοποιητικά υψηλές, εξασφαλίζοντας έτσι την υψηλή αντοχή του παραγόμενου σκυροδέματος.
- Η αντοχή των ψηφίδων στους αποσθρωτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος, όπως προσδιορίστηκε από τη χαμηλή τιμή υγείας αδρανών, είναι πολύ υψηλή.
- Όπως προκύπτει από τον προσδιορισμό των χημικών ενώσεων και των οργανικών προσμίξεων, τόσο στο λεπτόκοκκο, όσο και στο χονδρόκοκκο κλάσμα δεν περιέχονται ανεπιθύμητα συστατικά και ουσίες που θα μπορούσαν να αντιδράσουν βλαβερά με συστατικά του τσιμέντου τύπου Portland. Συνεπώς, επιβεβαιώνεται και η χημική καταλληλότητα των υλικών του δείγματος για την παραγωγή σκυροδέματος.
- Η ορυκτολογική - πετρογραφική εξέταση έδειξε, ότι τα πετρώματα, που συνιστούν τα τεμάχια του δείγματος, είναι συμπαγή και περιέχουν βλαβερό συστατικό (πυριτικό οξύ) σε ποσοστό 1% (χονδρόκοκκο κλάσμα) έως 4% (λεπτόκοκκο κλάσμα). Γενικά, τα αποτελέσματα της εξέτασης αυτής δικαιολογούν τις μηχανικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες του δείγματος που προσδιορίστηκαν με τις δοκιμές.
- Στο σχήμα (8) παρουσιάζεται το διάγραμμα σύγκρισης των ιδιοτήτων και της προκύπτουσας ποιό-



1 = Λεπτ. Μόρνου, 2 = Χονδρ. Μόρνου, 3 = Λεπτ. Σκά, 4 = Χονδρ. Σκά.
 1 = Fine Mornos, 2 = Coarse Mornos, 3 = Fine Skas, 4 = Coarse Skas.

Σχ. 7. Αντιδραστικότητα αδρανών υλικών - αλκαλίων τσιμέντου (A.S.T.M.: C 289-81).
 Fig. 7. Potential alkali - aggregate reactivity (A.S.T.M.: C 289-81).



Σχ. 8. Διάγραμμα σύγκρισης της ποιότητας των αδρανών υλικών Μόρνου και Σκά, με την οριακή ποιότητα καταλληλότητας για αδρανή σκυροδέματος.

Fig. 8. Quality Comparison Bar Diagram, between Limit Acceptance Values and Used Aggregates Property Values.

τητας των δειγμάτων του υλικού του Μόρνου, σε σχέση με την οριακή ποιότητα καταλληλότητας ενός πετρώματος στην χρήση του για παραγωγή σκυροδέματος.

12.2. Αδρανή Υλικά Σκα.

Τα υλικά του χειμάρου Σκα, στην περιοχή Σκάλα, θεωρούνται ακατάλληλα για αδρανή υλικά σκυροδέματος με τσιμέντο τύπου Portland. Συγκεκριμένα, από τα πιο πάνω αναφερόμενα αποτελέσματα των δοκιμών προκύπτει ότι:

- Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και η αντοχή του υλικού αυτού στην αποσάθρωση έχουν τιμές αποδεκτές για την χρήση αυτή.
- Από τις χημικές εξετάσεις όμως, προκύπτει, ότι στο υλικό αυτό υπάρχουν βλαβερά συστατικά. Αυτά περιέχονται σε υψηλότερη περιεκτικότητα από την οριακή, με αποτέλεσμα να προκαλούν ανεπιθύμητες αντιδράσεις με τα αλκάλια της τσιμεντούχας πάστας και να υποβιβάζουν την αντοχή του σκυροδέματος. Οπωσδήποτε η χρήση του υλικού αυτού θα μπορούσε να γίνει δυνατή στην παραγωγή σκυροδέματος, με τσιμέντο, όμως, άλλης ποιότητας όπως αυτό με χαμηλό ποσοστό αλκαλίων ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} < 0.2\%$), καθώς και με προσθήκη ποζολανικού υλικού.
- Η ορυκτολογική - πετρογραφική εξέταση επιβεβαίωσε τα παραπάνω, αφού απέδειξε, ότι το δείγμα αυτό περιέχει το βλαβερό κερατολιθικό υλικό σε ποσοστό 30% - 35%.
- Στο σχήμα (8) απεικονίζεται διαγραμματικά, η καταλληλότητα του δείγματος του υλικού της Σκάλας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aardt J.H.P. and Visser, (1977 a,b) «Cement Concrete Research» 7, pp. 39-44 and 643-648.
2. A.A.S.H.T.O.: Designation: M 78 - 64, (1974) «Standard Specification for: Crushed Stone and Crushed Slag for Bituminous Macadam Surface Course».
3. A.A.S.H.T.O.: Designation: M 80 - 70, (1974) «Standard Specification for: Coarse Aggregate for Portland Cement Concrete».
4. A.C.I. Committee 221, (1961) «Selection and Use of Aggregates for Concrete». American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 1961, pp. 22.
5. Allen C.W., (1948) «Influence of mineral aggregates on the strength and durability of concrete». In: Symposium on mineral aggregates, 1948. Proceedings A.S.T.M., pp. 153. (A.S.T.M., STP, 83).
6. Anon., (1969) «Specification for road and bridge works», U.K. Department of the Environment, H.M.S.O., London.
7. Anon., (1975) «British Standard 812: Parts 1, 2, 3. Methods for sampling and testing of mineral aggregates sands and fillers». British Standards Institution. London.
8. Anon., (April 1975) «British Standard 1377. Methods of test

- for Soils for Civil Engineering purposes». B.S.I., London.
9. Anon., (1979) «International Society for Rock Mechanics. Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested Methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. Vol. 16, pp. 141-156.
10. A.S.T.M. Committee C9, (1978) «Significance of Test and Properties of Concrete and Concrete Aggregates, Special Publication No. 169 B. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania 1978. pp. 539-764.
11. A.S.T.M., (1981) «Test Method for Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method)», A.S.T.M.: Designation C 289-81.
12. A.S.T.M., (1981) «Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.» A.S.T.M.: Designation: C 131-81.
13. A.S.T.M., (1983) «Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulphate.», A.S.T.M.: Designation: C 88-83.
14. A.S.T.M., (1984) «Test Method for Materials Finer than 75 μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.», A.S.T.M.: Designation: C 117-84.
15. A.S.T.M., (1984) «Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.», A.S.T.M.: Designation: C 40-84.
16. A.S.T.M., (1985) «Practice for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.», A.S.T.M.: Designation: C 295-85.
17. A.S.T.M., (1985) «Specification for Concrete Aggregates.», A.S.T.M.: Designation: C 33-85.
18. Barnes B.D., Diamond S. and Dolch W.L., (1978) «Cement Concrete Research», 8, pp. 233-244.
19. Barnes B.D., Diamond S. and Dolch W.L., (1979) «Journal of the American Ceramic Society», 62, [1-2], pp. 21-24.
20. Blyth F.G.H. and DeFreitas M.H., (1979) «A Geology for Engineers.», Arnold Ltd. London.
21. B.S.:882, 1201, (1973) «Aggregates from Natural Sources for Concrete (including granolithic)», British Standards Institution, London.
22. B.S.:1984, (1967) «Specification for gravel aggregates for surface treatment (including surface dressings) on roads.», B.S.I., London.
23. B.S.:3681:Part 2, (1973) «Test Method for Sulphate Content Determination». British Standards Institution. London.
24. C.M., (1955, 1979) «Concrete Manual.», Denver Colorado.
25. Compen W.H. and Smith J.R., (1948) «A study of the Role of angular Aggregates in the Development of Stability in Bituminous Mixtures.», Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 17.
26. Czuryzkiewicz, (1973) «The effect of aggregate shape upon the strength of structural light weight aggregates concrete.», Magazine of Concrete, Vol. 25, No. 83, pp. 81-86.
27. Departamento Nacional de Estradas de Rodagemdner, (1971): DPT-M-86-64, «Indice de forma de agregados, metodo de ensaio».
28. Frazao E.B. and Sbrighi Neto C., (1984) «The influence of the Shape of the Coarse Aggregate on some Hydraulic Concrete Properties.», Bulletin of I.A.E.G., No. 30, Paris, pp. 221-224.
29. Herrin M. and Goetz W.H., (1954) «Effect of Aggregate Shape on Stability of Bituminous Mixes.», Proceedings Highway Research Board (Washington), Vol. 33.
30. Higginbottom I.E., (1976) «Section 11.1. General requirements for rocks and aggregates.», In Anon. 1976. Applied Geology for Engineers. H.M.S.O. 378.
31. Hosking J.R., (1970) «Road aggregates and their testing.»,

- One day Symposium on Quarrying, Bristol University.
32. Hosking J.R. and Tubey L.W., (1969) «Research on low-grade and unsound aggregates.», R.R.L. Report LR 293.
 33. Kaplan M.F., (1959) «Flexural and compressive strength of concrete as affected by the properties of coarse aggregates.», Journal of American Concrete Institute, 30(11):1193.
 34. Langton C.A. and Roy D.M., (1980): Proceeding of 7th International Symposium on the Chemistry of Cement (Paris), Sub-theme VII, pp. 127-132.
 35. Le Roux A. and Cadot C., (1984) «Importance de Petrographie dans l' Approche des Mecanismes de la Reaction Alkali - Granulat.», Bulletin of I.A.E.G. No. 30, Paris, pp. 255-258.
 36. Reynolds C.E., (1950) «Concrete Construction.», (2nd Edition), Concrete Publications Ltd. London.

ENGINEERING GEOLOGICAL PROPERTIES OF THE «MORNOS» AND «SKAS» RIVER NATURAL AGGREGATES AT SITES KASTRAKI AND SKALA. THEIR SUITABILITY AS CONCRETE AGGREGATES

By C.I. SACHPAZIS*

SUMMARY

The project: «Nafpaktos Diversion Road» and its relevant works, as well as the general construction activities of the wider area of Nafpaktos, impose the necessity for searching for suitable concrete aggregates.

The Engineering Geological - Geotechnical properties of the natural sand-gravel deposits of Mornos river and Skas torrent, have been investigated in relation to their suitability in concrete production with cement «Portland» type. Representative samples, from the sites Kastraki and Skala, of both fine and coarse fraction have been collected, and their geotechnical, petrographical and technological characteristics were determined.

Amongst the tests performed were physical properties tests, shape indices tests, mechanical and chemical properties tests, as well as weathering simulation tests.

The investigation finally revealed that Mornos deposits, at Kastraki site, are chemically and mineralogically suitable, strong, weathering and wear resistant aggregates, having very satisfying physical and shape properties, making them absolutely suitable materials for Portland cement concrete production. Conversely, Skas deposits, at Skala site, although they have acceptable physico-mechanical properties, are considered as unsuitable and deleterious for the purpose materials, due to their mineralogical composition and chemical properties.

* M.Sc. Geotechnical Engineering,
Ph.D. Engineering Geology, N.T.U.A..