

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Σ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΩΝ : Στ. ΚΟΛΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ
ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΥΖΟΛΑΝΟ-ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ
ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ**

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 1996

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Στ. ΚΟΛΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ
ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΟΥΖΟΛΑΝΟ-ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ
ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ
ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 1996

Στους γονείς μου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

σελίδα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
--------------------------	---

2. ΚΟΝΙΕΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ	9
2.2. ΓΥΨΟΣ	10
2.3. ΠΟΥΖΟΛΑΝΕΣ	12
2.4. ΑΣΒΕΣΤΟΣ	14
2.5. ΤΣΙΜΕΝΤΟ PORTLAND	17
2.6. ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΚΟΝΙΕΣ	18

3. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ	20
3.2. ΠΗΛΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	24
3.3. ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	25
3.4. ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	28
3.5 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	29
3.5.1.Βασικές αρχές για την σύνθεση και παρασκευή των κονιαμάτων.....	29
3.5.2. Εργάσιμο.....	37
3.5.3. Πορώδες.....	39
3.5.4. Εξωτερικοί παράγοντες και η δράση τους.....	44

4. ΑΡΧΑΙΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

4.1. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ	49
4.1.1. Το “αρχαίον κάλλος”	49
4.1.2. “Τεχνική φιλοσοφία” και κονιάματα	50
4.1.2.1. Οι κονίες στην αρχαία Ελλάδα	50
4.1.2.2. “Αρχαιοελληνικό σκυρόδεμα”	54

4.1.2.2.1. Γενικά	54
4.1.2.2.2. Συγκεκριμένα παραδείγματα	56
4.2. BYZANTINA ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ	60
4.3. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΑΙΓΥΠΤΟ	62

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ	64
5.2.ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΤΑΣΣΙΟΥ ΒΑΧΛΙΩΤΗ ΣΠΑΝΟΥ	66
5.3.ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ	69
5.4.ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ CUCCI MORETTI	74

6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

6.1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ	77
6.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	80
6.2.1. Γενικά	80
6.2.2. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν	82
6.2.3. Ανάμιξη	84
6.2.4. Διάστρωση	84
6.2.5. Συμπύκνωση	85
6.2.6. Συντήρηση	85
6.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥΣ	86
6.4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥΣ	90
6.5. ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ	94
6.6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΑΘΟΥΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ	95
6.7. ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	96

6.8. ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΣΕ ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	96
---	----

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

7.1. ΓΕΝΙΚΑ	98
7.2. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ	100
7.2.1. Θλιπτική αντοχή ασβεστοκονιαμάτων	100
7.2.2. Θλιπτική αντοχή πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων	104
7.2.3. Διαγράμματα	108
7.3 ΠΟΡΩΔΕΣ	110
7.3.1. Πορώδες ασβεστοκονιαμάτων	110
7.3.2. Πορώδες πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων	116
7.3.3. Διαγράμματα	121
7.4. ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ	131
7.4.1. Δοκιμές διάτρησης σε τσιμεντοκονιάματα.....	131
7.4.2. Δοκιμές διάτρησης σε ασβεστοκονιάματα	135
7.4.3. Δοκιμές διάτρησης σε πουζολανο-ασβεστοκονιάματα	139
7.4.4. Διαγράμματα	142

8. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	154
8.1.1. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμών με το υπολογισμένο μέσο πορώδες του πολτού τους.....	154
8.1.2. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του “χρόνου διάτρησης” δοκιμίου	155
8.1.3. Σύγκριση των δύο μεθόδων που εξετάστηκαν	177
8.2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	178
8.3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	179

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική είναι μια εργαστηριακή έρευνα που αποτελείται ουσιαστικά από δύο μέρη, με ίδιο σκοπό την διερεύνηση της δυνατότητας ανάπτυξης πρακτικής και αξιόπιστης μεθόδου εκτίμησης της αντοχής των κονιαμάτων σε υπάρχουσες κατασκευές.

Το πρώτο μέρος αναλώνεται στη διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής των ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με μέτρηση του ολικού πορώδους τους. Στηρίζεται και συγχρόνως αποτελεί συνέχεια έρευνας ιδίου αντικειμένου σε σκυροδέματα και τσιμεντοκονιάματα [6], καθώς επίσης και σε διπλωματική εργασία σε ασβεστο-τσιμεντοκονιάματα [10].

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει την προσπάθεια ανάπτυξης μιας καινούργιας μεθόδου εκτίμησης της αντοχής τσιμεντοκονιαμάτων, ασβεστοκονιαμάτων, πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων βάση της συσχέτισης “χαρακτηριστικών διάτρησης κονιάματος - θλιπτική αντοχή κονιάματος” που διερευνήθηκε με μηχάνημα που διαμορφώθηκε και αναπτύχθηκε στο εργαστήριο οδοποιίας του Ε.Μ.Π.

Εν κατακλείδι, αυτή η διπλωματική αποτελεί μια μικρή προσέγγιση σε ένα μεγάλης σημασίας επιστημονικό θέμα για το οποίο υπάρχει σήμερα αυξημένο ενδιαφέρον. Ο εκπονείσας τη διπλωματική αυτή ελπίζει με την ολιγόμηνη εργασία του σε αυτό το θέμα να συνέβαλε και αυτός με ένα μικρό λίθο στην επέκταση του μεγάλου οικοδομήματος που λέγεται επιστήμη του πολιτικού μηχανικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΚΟΝΙΕΣ

2. ΚΟΝΙΕΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Κονίες ονομάζονται τα κονιοποιημένα υλικά τα οποία αναμιγνυόμενα με νερό σχηματίζουν πολτό, ο οποίος παρουσιάζει συγκολλητικές ιδιότητες, καθώς στερεοποιείται βαθμιαία, έως ότου σχηματίσει σκληρή και συμπαγή μάζα [12].

Ανάλογα με τον τρόπο πήξης και σκλήρυνσης, οι κονίες διακρίνονται σε αερικές και σε υδραυλικές. Αερικές ονομάζονται οι κονίες εκείνες που πήζουν, ξηραίνονται και διατηρούνται μόνο στον ατμοσφαιρικό αέρα. Χρησιμοποιούνται σε επιφανειακές κατασκευές. Μέσα σε υγρό περιβάλλον δεν αντέχουν ούτε και οι σκληρυνθείσες αερικές κονίες.

Υδραυλικές ονομάζονται οι κονίες εκείνες που πήζουν και σκληρύνονται μέσα σε νερό ή σε υγρό περιβάλλον, η ιδιότητα που έχουν οι κονίες αυτές να πήζουν μέσα στο νερό καλείται υδραυλικότητα και οφείλεται στην ειδική χημική σύστασή τους. Οι υδραυλικές κονίες χρησιμοποιούνται επίσης και σε κατασκευές που βρίσκονται διαρκώς στον αέρα, η πήξη όμως και η σκλήρυνσή τους γίνεται με άφθονα καταβρέγματα, τουλάχιστον κατά τις πρώτες ημέρες της εφαρμογής τους. Έτσι το τσιμέντο, το οποίο είναι υδραυλική κονία, χρησιμοποιείται πάρα πολύ στις οικοδομές, οι οποίες κατά το μέγιστο μέρος τους βρίσκονται στον αέρα, όπως και σε επιφανειακά τεχνικά έργα [9].

Οι κονίες σπάνια εφαρμόζονται αμιγείς γιατί κατά την πήξη συστέλλονται ισχυρά (εκτός από τη γύψο) και δεν παρουσιάζουν σταθερότητα όγκου. Τα κυριότερα είδη των κονιών είναι: Γύψος, υδράσβεστος, πουζολάνες, φυσικό τσιμέντο Portland, συνθετικές κονίες.

2.2 . ΓΥΨΟΣ

Η γύψος είναι λεπτή κονία χρώματος λευκού ή υπόλευκου. Χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη στην οικοδομική σε δευτερεύουσες κυρίως εργασίες όπως [9] :

- Εσωτερική επικάλυψη ή επίχριση τοίχων και οροφών.
- Σύνδεση άλλων υλικών.
- Κατασκευή διαφόρων διακοσμητικών στοιχείων (διαζώματα, κορνίζες κ.λ.π.).

Ως πρώτη ύλη για την παρασκευή της χρησιμοποιείται το ορυκτό φυσική γύψος, το οποίο βασικά αποτελείται από ένυδρο θειικό ασβέστιο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Κοιτάσματα φυσικής γύψου υπάρχουν σε πολλά μέρη της Ελλάδας και κυρίως στην Σητεία της Κρήτης. Το ορυκτό αυτό περιέχει και άλλες προσμείξεις, οι οποίες επιδρούν δυσμενώς στις ιδιότητες της κονίας.

Το ποσοστό των ξένων αυτών προσμείξεων δεν πρέπει να υπερβαίνει ορισμένα όρια, τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 25% και 30%. Μέσω της θέρμανσης του ορυκτού αποβάλλεται, ανάλογα προς το ύψος της θερμοκρασίας, ένα μέρος ή το σύνολο του χημικώς ενωμένου νερού. Το προϊόν που προκύπτει καλείται κεκαυμένη γύψος και έχει την ιδιότητα να μετατρέπεται πάλι σε στερεό ένυδρο θειικό ασβέστιο, όταν προσλάβει την ποσότητα του ύδατος, που απώλεσε κατά την θέρμανση.

Η κεκαυμένη γύψος, όταν αναμειχθεί με νερό, λιθούται και είναι δυνατό να συγκολλήσει μεταξύ τους τους κόκκους ή τα τεμάχια διαφόρων αδρανών υλικών, που έχουν αναμειχθεί με αυτή. Αναλόγως προς τον βαθμό θέρμανσης της φυσικής γύψου παρασκευάζονται τρία εντελώς διαφορετικά είδη κεκαυμένης γύψου [9]:

- Όταν η θερμοκρασία οπτήσεως βρίσκεται μεταξύ 110 °C και 180 °C περίπου, η φυσική γύψος χάνει τα 3/4 του κρυσταλλικού νερού και μετατρέπεται σε προϊόν, το οποίο μετά την άλεσή του σε λεπτότατη κονία, είναι δυνατό να σκληρυνθεί ταχύτατα, αν αναμειχθεί με το νερό.

Είναι η καλουμένη πλαστική γύψος, που χρησιμοποιείται ευρύτατα σε διάφορες εφαρμογές.

- Όταν η φυσική γύψος θερμανθεί σε θερμοκρασία άνω των 180 °C και μέχρι των 500 °C, χάνει όλο το νερό που περιέχει. Συγχρόνως όμως παύει πλέον να έχει την ικανότητα να σκληρύνεται όταν προσλάβει εκ' νέου νερό. Η γύψος αυτή είναι αδρανής και δεν χρησιμοποιείται ως κονία.
- Τέλος με θέρμανση άνω των 500 °C ανακτά την ικανότητα της σκλήρυνσης και περί τους 1000 °C ερυθροπυρούται. Το προϊόν που λαμβάνεται στην περίπτωση αυτή, καλείται τραχεία ή άνυδρος γύψος και είναι δυνατόν να σκληρυνθεί όταν αναμειχθεί με νερό. Ο ρυθμός σκλήρυνσης της τραχείας γύψου είναι πολύ βραδύτερη από ότι της πλαστικής γύψου.

Η πήξη της γύψου επέρχεται μετά την ανάμειξή της με νερό, οπότε σχηματίζεται πάλι η ένωση του ενύδρου θεικού ασβεστίου και η κονία λιθούται. Κατά την πήξη της πλαστικής γύψου, η θερμοκρασία του πολτού αυξάνεται αισθητά, ενώ συγχρόνως παρουσιάζεται διόγκωση της μάζας αυτού. Η διόγκωση μετά την παρέλευση 24 ωρών φθάνει το 1% του αρχικού όγκου. Στην τραχεία μορφή της γύψου δεν παρουσιάζονται τα φαινόμενα της αύξησης της θερμοκρασίας και της διόγκωσης. Η ταχύτητα της πήξης εξαρτάται από την ποιότητα και γενικώς την καθαρότητα της γύψου. Οι ξένες προσμείξεις εν γένει επιβραδύνουν την πήξη και σκλήρυνση της γύψου. Στις συνηθισμένες ποιότητες πλαστικής γύψου ο χρόνος πήξης κυμαίνεται από 5 min έως 30 min, αφ'ότου γίνει η ανάμειξη με το νερό. Η πλήρης σκλήρυνση επέρχεται μετά την παρέλευση 24 ωρών περίπου.

Η μηχανική αντοχή της πλαστικής γύψου είναι μικρή και εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος των ξένων προσμείξεων. Η αντοχή της σε θλίψη κυμαίνεται μεταξύ 60 k_p/cm² και 100 k_p/cm² και σε εφεκυσμό μεταξύ 4 k_p/cm² και 30 k_p/cm². Η τραχεία γύψος έχει τετραπλάσια περίπου αντοχή [9].

2.3 ΠΟΥΖΟΛΑΝΕΣ

Οι πουζολάνες είναι υλικά πυριτικής ή αργιλοπυριτικής σύστασης τα οποία ενώ έχουν μικρή υδραυλική ικανότητα, μπορούν με την παρουσία υγρασίας, αν βρίσκονται σε κατάσταση λεπτού διαμερισμού, να αντιδρούν με το υδροξείδιο του ασβεστίου $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και να δίνουν ενώσεις με ισχυρές υδραυλικές και συγκολλητικές ιδιότητες. Για αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την υδράσβεστο για την παρασκευή υδραυλικών ασβεστοκονιαμάτων που υπερτερούν έναντι των απλών και λόγω της μεγαλύτερης μηχανικής αντοχής τους αλλά και λόγω της σημαντικής στεγανότητάς τους [9].

Οι πουζολάνες διακρίνονται σε φυσικές όπως η γερμανική Trass, η ιταλική Pozzolana οι ελληνικές θηραϊκή γη, μηλαϊκή γη κ.α. και σε τεχνητές π.χ. πυρωθείσες άργιλοι, ιπτάμενη τέφρα κ.τ.λ. [8].

Οι φυσικές προέρχονται από την δράση των ηφαιστειών. Περιέχουν κατά το μεγαλύτερο μέρος τους οξείδιο του πυριτίου και σε μικρότερη αναλογία οξείδια του αργιλίου του σιδήρου του ασβεστίου κ.α. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των ηφαιστειακών δράσεων, τα οξείδια αυτά έχουν υποστεί φυσική όπτηση που τα μετέτρεψε σε δραστικές κονίες. Στη συνέχεια εκτινάχθηκαν από τους κρατήρες με μορφή σκόνης (στάχτη ηφαιστειών) και κάλυψαν μεγάλες εκτάσεις με σημαντικού πάχους στρώματα. Βρίσκονται επομένως κοντά σε ενεργά ή νεκρά ηφαίστεια [9].

Στην Ελλάδα, τέτοιες κονίες δηλαδή φυσικές πουζολάνες, υπάρχουν στο νησί της Σαντορίνης με την ονομασία θηραϊκή γη. Η θηραϊκή γη καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του νησιού της Σαντορίνης με στρώματα συνολικού πάχους 25m έως 30m. Η μέση χημική σύστασή της είναι περίπου η εξής [3] :

- Πυριτικό οξύ SiO_2 65% - 66%
- Οξείδιο σιδήρου FeO_3 3,8% - 5,5%
- Οξείδιο αργιλίου Al_2O_3 14,5% - 15%
- Οξείδιο ασβεστίου CaO 3% - 4%

- Οξείδιο μαγνησίου MgO 0,8% - 1,3%
- Νερό χημικά ενωμένο 3,4%
- Αλκάλια
- Υπόλοιπο - υγρασία.

Το απόλυτο ειδικό βάρος της θηραϊκής γης είναι κατά μέσο όρο 2,35. Από την ολική περιεκτικότητά της σε πυριτικό οξύ το 1/3 περίπου αυτού βρίσκεται σε άμορφη κατάσταση, δηλαδή είναι δραστικό με την έννοια ότι όταν αναμιγνύεται με την άσβεστο σχηματίζει την χημική υδραυλική ένωση της ενυδατωμένης πυριτικής ασβέστου, ακόμα δε και όταν το μίγμα βρίσκεται κάτω από το νερό. Άλλο μέρος του πυριτικού οξέος γίνεται δραστικό λίγο - λίγο με το πέρασμα του χρόνου [3].

Η θηραϊκή γη έχει σταματήσει για λόγους περιβαλλοντικούς να εξορύσσεται και αντ' αυτής εξορύσσονται οι μηλαϊκή γη και σκυδραϊκή γη με παραπλήσια σύνθεση.

Οι φυσικές πουζολάνες χρησιμοποιούνται [9]:

- Για την παρασκευή υδραυλικού ασβεστοκονιαμάτων.
- Για την παρασκευή τσιμεντοκονιαμάτων όπου ένα μέρος της άμμου αντικαθίσταται από πουζολάνη, με συνέπεια την αύξηση των στεγανωτικών ιδιοτήτων του κονιάματος. Τα τσιμεντοκονιάματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως κατά την εκτέλεση λιμενικών έργων.
- Τέλος αναμιγνύεται κατά ποσοστό 20% με τσιμέντο Portland για την παρασκευή των τσιμέντων τύπου II.

Στο παρελθόν, κονιάματα ασβέστου και θηραϊκής γης χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλα ελληνικά τεχνικά έργα όπως αυτό του Ισθμού της Κορίνθου, στα λιμενικά έργα της Σύρου του Πειραιά, της Πάτρας και σε άλλα. Καθώς επίσης και σε τεχνικά έργα στο εξωτερικό όπως στο Fiume της Αδριατικής στην Αλεξάνδρεια στην Διώρυγα του Σουέζ και αλλού.

Σε όλα τα ελληνικά λιμενικά έργα χρησιμοποιήθηκε η θηραϊκή γη με τις εξής αναλογίες σε μέρη όγκου :

- 7 όγκοι θηραϊκής γης
- 2 όγκοι πολτού ασβέστου

- και για νερό χρησιμοποιήθηκε θαλασσινό.

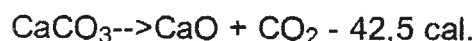
Η θλιπτική αντοχή του εν λόγω κονιάματος μετρήθηκε ότι έφτασε ύστερα από 13 χρόνια τα 92 kgf/cm^2 [3].

2.4. ΑΣΒΕΣΤΟΣ

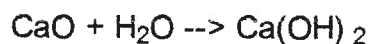
Είναι από τις πιο σημαντικές κόνιες που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές. Έχει πλήθος εφαρμογών και χρησιμοποιείται από αρχαιοτάτους χρόνους.

Παράγεται από την όπτηση του ασβεστόλιθου CaCO_3 σε θερμοκρασίες μεταξύ 800°C και 1100°C . Το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 που περιέχει, θα διασπαστεί στο αέριο διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και στο στερεό οξείδιο του ασβεστίου CaO ή ενεργό ασβέστιο [9].

Η χημική εξίσωση της εξώθερμης αντίδρασης είναι :



Το οξείδιο του ασβεστίου καλείται άσβεστος ή κεκαυμένη άσβεστος (κοινώς ασβέστης). Έχει τη μορφή και το μέγεθος των λίθων από τους οποίους προήλθε και το χρώμα του είναι λευκό. Εάν κατόπιν το οξείδιο του ασβεστίου (CaO) αναμιχθεί με νερό τότε πραγματοποιείται το λεγόμενο σβήσιμο του ασβέστη και προκύπτει το υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2 σύμφωνα με την αντίδραση :



Το τελευταίο αυτό υλικό που συνήθως χρησιμοποιείται με τη μορφή πολτού και σπανιότερα με τη μορφή σκόνης είναι η κονία και καλείται σβησμένος ασβέστης (εσβεσμένη άσβεστος) ή υδράσβεστος [9].

Η υδράσβεστος μαζί με τους πηλούς είναι από τις πιο παλαιότερες συγκολλητικές ύλες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την παρασκευή κονιαμάτων. Κατά τα τελευταία χρόνια σε ορισμένες εργασίες αντικαταστάθηκε από το τσιμέντο.

Η κύρια ιδιότητα της υδρασβέστου είναι η πήξη. Το υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2 ή αλλιώς υδράσβεστος έχει την ιδιότητα να

απορροφά εύκολα διοξείδιο του άνθρακα CO₂, το οποίο βρίσκεται ελεύθερο στον ατμοσφαιρικό αέρα και να μεταπίπτει πάλι στην αρχική ένωση από την οποία προέκυψε ο καμένος ασβέστης, δηλαδή σε στερεό ανθρακικό ασβέστιο CaCO₃. Συγχρόνως εμφανίζεται και νερό. Η χημική αυτή αντίδραση παριστάνεται ως εξής :



Σε αυτή την ιδιότητα βασίζεται η ικανότητα της κονίας αυτής να πηζει και επομένως να συγκρατεί τους κόκκους της άμμου στερεά συνδεδεμένους μεταξύ τους ή να συγκολλάει τους λίθους και τα τούβλα μεταξύ τους, όταν παρεμβληθεί ασβεστοκονίαμα. Το ασβεστοκονίαμα αυτό όταν σκληρύνει, δεν είναι παρά ασβεστόλιθος που περιέχει στη μάζα του άμμο.

Η υδράσβεστος είναι κατ'εξοχήν κονία αερική, γιατί όπως αναφέραμε, μόνο με την επαφή της με τον αέρα μπορεί να σκληρυνθεί. Επειδή δε συγχρόνως αποδίδει νερό πρέπει για να ολοκληρωθεί η σκλήρυνση να απομακρυνθεί το νερό αυτό. Επομένως οι δύο παράγοντες που πρέπει να συνυπάρχουν για να σκληρυνθεί η κονία είναι [9]:

α) Επαφή όλης της μάζας του υδρασβέστη με τον αέρα.

β) Διατήρηση του περιβάλλοντος σε όσο το δυνατό ξηρότερη κατάσταση, για να γίνεται εύκολα η εξάτμιση του νερού.

Παρατηρήθηκε ότι σε χονδρούς τοίχους παλαιών κτιρίων που βρίσκονται σε υγρά υπόγεια ή θεμέλια δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί η σκλήρυνση του κονιάματος στο εσωτερικό τους. Επίσης παρατηρείται ότι κατά τους χειμερινούς υγρούς μήνες τα ασβεστοκονιάματα σκληραίνουν πολύ αργότερα παρά τους θερινούς μήνες οπότε η εξάτμιση είναι πολύ εντονότερη.

Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη κυρίως για την παρασκευή διαφόρων ασβεστοκονιαμάτων. Οι αναλογίες άμμου και υδρασβέστου στα κονιάματα αυτά ποικίλουν ανάλογα με την ποιότητα της υδρασβέστου (παχύς, πιο πηκτή, ή αδύνατη), την κοκκομετρική σύσταση της άμμου (χονδρόκοκη, λεπτόκοκη, μέση) και το σκοπό για τον οποίο προορίζονται τα κονιάματα (κονιάματα για τη δόμηση θεμελίων ή

ανοδωμών για την κατασκευή εσωτερικών ή εξωτερικών επιχρισμάτων, κ.λ.π.).

Επίσης χρησιμοποιείται και σε πιο σύνθετα κονιάματα όπως είναι τα γυψοασβεστοκονιάματα (μίγμα γύψου, ασβέστη και άμμου) τα πουζολανοκονιάματα, τα ασβεστοκονιάματα κ.λ.π. [9].

Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται επίσης και στα τσιμεντοκονιάματα γιατί βελτιώνει μερικές ιδιότητές τους. Αν και η αντοχή της υδρασβέστου μετά την σκλήρυνσή της είναι σημαντικά μικρότερη από ότι του τσιμέντου, έχει αποδειχθεί ότι μικρή ποσότητα υδρασβέστου (μέχρι 10%) όταν προστεθεί στο καθαρό τσιμεντοκονίαμα όχι μόνο δεν ελαττώνει την αντοχή του αλλά αντίθετα βελτιώνει ορισμένες ιδιότητές του.

Έτσι το καθιστά περισσότερο εργάσιμο, δηλαδή περισσότερο πλάσιμο, ευκατέργαστο κατά τη χρησιμοποίησή του στις οικοδομικές εργασίες. Διατηρεί για αρκετό χρόνο σχετική υγρασία, που είναι απαραίτητη για την κανονική πήξη του τσιμέντου και την αποφυγή ραγισμάτων στο τσιμεντοκονίαμα. Αυξάνει την ικανότητα προσφύσεως του τσιμεντοκονιάματος επάνω στους λίθους και τα τούβλα γιατί συγκρατεί την υγρασία του κονιάματος και έτσι διευκολύνει την απορροφητική ενέργεια των υλικών αυτών [9].

2.5. ΤΣΙΜΕΝΤΟ PORTLAND

Με τον όρο τσιμέντο προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών, συγκολλητικών δηλαδή υλών, που έχουν την ιδιότητα να σκληρυνθούν και μέσα στο νερό. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των τσιμέντων είναι ότι προέρχονται από την όπτηση μίγματος ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων. Για κάθε είδος τσιμέντου χρησιμοποιούνται τα πετρώματα αυτά με διαφορετικές αναλογίες.

Η πρώτη παρασκευή τσιμέντου έγινε το 1756 από τον άγγλο μηχανικό John Smeaton, ο οποίος ανακάλυψε ότι με το ψήσιμο ενός πετρώματος (αργιλικού ασβεστόλιθου) μπορούσε να παρασκευαστεί υδραυλική κονία. Στην ανακάλυψη αυτή οδηγήθηκε από την ανάγκη να βρεί κατάλληλη κονία, που να σκληραίνει μέσα στο νερό, για να τη χρησιμοποιήσει στην κατασκευή ενός φάρου [9].

Ο πρώτος που σκέφτηκε να μη χρησιμοποιήσει αυτούσιο το πέτρωμα, αλλά να κατασκευάσει μίγμα από διάφορα πετρώματα, ώστε να πετύχει τις καλύτερες αναλογίες των οξειδίων (ασβεστίου, πυριτίου, αργιλίου) και να προκύψει ανώτερη ποιότητα τσιμέντου, ήταν ο Άγγλος κτίστης Joseph Aspdin το 1824. Για την καύση του μίγματος αυτού χρησιμοποίησε ειδικό καμίνι. Την κονία, που προήλθε από την άλεση του ψημένου αυτού υλικού, το οποίο καλείται εκβολάδα ή διεθνώς Clinker, την ονόμασε τσιμέντο Portland. Η ονομασία οφείλεται στο ότι η κονία μετά την πήξη της έμοιαζε με τους λίθους που εξορύσσονται σε ένα αγγλικό νησί ονομαζόμενο Portland. Σήμερα ονομάζεται επίσης τεχνητό ή απλό τσιμέντο [9].

Το τσιμέντο Portland επιβλήθηκε πολύ γρήγορα και προκάλεσε πραγματική επανάσταση στην οικοδομική, ιδίως μετά την εφαρμογή των οπλισμένων σκυροδεμάτων. Σήμερα μεγάλες βιομηχανίες ασχολούνται με την παρασκευή τσιμέντου Portland.

2.6. ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΚΟΝΙΕΣ

Αποτελούν την τελευταία επίτευξη της χημικής βιομηχανίας. Η χρήση τους προς το παρόν είναι πολύ περιορισμένη λόγω κυρίως της υψηλής τιμής τους. Στο εμπόριο φέρονται σε υγρή κατάσταση μέσα σε δοχεία. Εκδηλώνουν τις συγκολλητικές τους ιδιότητες όταν αναμειχθούν με ένα άλλο υγρό, το οποίο καλείται καταλύτης. Παρασκευάζονται από διάφορες συνθετικές ρητίνες και κατά κύριον λόγο από σιλικόνη [9].

Οι συγκολλητικές αυτές ύλες θεωρούνται πολύ ανώτερες από τις μέχρι σήμερα γνωστές κονίες (άσβεστος, γύψος, τσιμέντο). Έχουν μεγαλύτερη συγκολλητική ικανότητα και προσφύονται ισχυρότατα σε οποιαδήποτε επιφάνεια. Τα κονιάματά τους παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή έναντι επιδράσεων μηχανικών και έναντι των τριβών. Είναι στεγανά έναντι του νερού δεν επηρεάζονται από τα ελαφρά οξέα, τα λίπη, τα έλαια και άλλες χημικές ουσίες. Γενικά μπορούν να καταστούν εξαιρετικά χρήσιμα υλικά, εφ' όσον ελαττωθεί το κόστος παραγωγής τους. Σήμερα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή κονιαμάτων προοριζομένων για ειδικές χρήσεις [9].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

3. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα κονιάματα είναι μίγματα άμμου, συνδετικής ύλης (κονίας) και νερού. Τα υλικά αυτά αναμιγνύονται σε ορισμένες αναλογίες που εξαρτώνται από το είδος της κονίας και από το σκοπό για τον οποίο προορίζεται το κονίαμα.

Κατά το πρώτο στάδιο της παρασκευής του το κονίαμα βρίσκεται σε πλαστική κατάσταση και μπορεί να πάρει οποιοδήποτε σχήμα ή μορφή και γενικά μπορεί να υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία χωρίς καμιά αλλοίωση. Μετά την παρέλευση όμως ορισμένου χρόνου, ο οποίος εξαρτάται κυρίως από το είδος της κονίας που χρησιμοποιήθηκε, το κονίαμα αρχίζει να στερεοποιείται λόγω της πήξης της κονίας και τελικά μετατρέπεται σε στερεό σώμα, σκληρό και ανθεκτικό. Η άμμος δεν συμμετέχει στη στερεοποίηση αυτή (δε δρά χημικά) και γι αυτό καλείται αδρανές υλικό. Κάθε κονίαμα χαρακτηρίζεται από ένα κλάσμα $\alpha:\beta$ όπου ο αριθμητής α δηλώνει τα μέρη όγκου της κονίας και ο παρονομαστής β τα μέρη όγκου της άμμου, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του κονιάματος. Εάν V ο όγκος του νωπού κονιάματος και V_a ο όγκος της άμμου που χρησιμοποιείται για να προκύψει ο όγκος V , τότε ο λόγος $A=V/V_a$ καλείται απόδοση του κονιάματος [9].

Η απόδοση εξαρτάται από την κοκκομετρική σύνθεση της άμμου, τη μορφή των κόκκων, την αναλογία κονίας προς άμμο (λόγος $\alpha:\beta$) και από το ποσοστό του νερού επεξεργασίας. Επομένως ο υπολογισμός της απόδοσης με βάση τον τύπο, μόνο ενδεικτικά αποτελέσματα δίνει. Κατά την παρασκευή του κονιάματος επιδιώκεται κυρίως η απόκτηση συμπαγούς υλικού με μεγάλη αντοχή και ανθεκτικότητα και με χαμηλό κόστος.

Εάν ληφθούν υπόψη ότι τα κενά της άμμου πρέπει να γεμίσουν με την κονία, ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα, η αντοχή της άμμου είναι μεγαλύτερη από την αντοχή της σκληρυμένης κονίας και η τιμή της άμμου είναι κατά πολύ μικρότερη από την τιμή της πιο φθηνής

κονίας (του ασβέστη), προκύπτουν οι παρακάτω βασικοί κανόνες παρασκευής οποιουδήποτε κονιάματος [9]:

α) Χρησιμοποίηση άμμου με κοκκομετρική διαβάθμιση τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται ο μικρότερος όγκος κενών. Χονδρόκοκη ή λεπτόκοκη άμμος έχει πολλά κενά και συνεχώς απαιτείται μεγάλη ποσότητα κονίας για το γέμισμά τους. Συνέπεια αυτού είναι να αυξάνεται η τιμή του κονιάματος και να ελαττώνεται η αντοχή του.

β) Χρησιμοποίηση της ακριβούς ποσότητας που απαιτείται για το γέμισμα των κενών της άμμου (κανονικό κονίαμα). Μεγαλύτερη ποσότητα αποτελεί σπατάλη και ελαττώνει την αντοχή του κονιάματος, ενώ μικρότερη ποσότητα δημιουργεί υλικό πορώδες με κόκκους όχι καλά συνδεδεμένους μεταξύ τους και με μειωμένη αντοχή.

Η στερεοποίηση του κονιάματος ακολουθεί τα ίδια στάδια με την κονία, η οποία χρησιμοποιείται για την παρασκευή του. Έτσι:

- Τα ασβεστοκονιάματα πρέπει να έρθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ώστε ο ασβέστης να προσλάβει το διοξείδιο του άνθρακα και να σκληρύνει.

- Τα τσιμεντοκονιάματα πήζουν και σκληραίνουν ακριβώς κατά τον ίδιο τρόπο με το τσιμέντο μέσα στο νερό ή σε υγρό περιβάλλον και για αυτό πρέπει να λαμβάνονται τα ίδια μέτρα και προφυλάξεις κατά την πήξη τους.

Τα κονιάματα χρησιμοποιούνται με τρεις διαφορετικούς τρόπους [9]:

1. Ως συνδετικά υλικά.

Κατά τη δόμηση τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους παρεμβάλλεται μεταξύ των οριζόντιων και κατακόρυφων αρμών και έτσι γεμίζουν τα κενά των λίθων ή των οπτοπλίνθων (τούβλων). Τα κονιάματα συνδέουν τους φυσικούς ή τεχνητούς λίθους μεταξύ τους και κάνουν την κατασκευή πιο συμπαγή και στερεή. Επίσης δημιουργούν οριζόντιες επίπεδες επιφάνειες και υποβοηθούν τη στήριξη των λίθων και κατανέμουν καλύτερα τα υπερκείμενα φορτία. Πρίν οι τοίχοι κατασκευάζονταν από μεγάλων διαστάσεων και μεγάλου βάρους λαξεμένους λίθους τουλάχιστον στις τέσσερις έδρες τους. Με τη χρήση των κονιαμάτων έχουμε οικονομία, όμως παρουσιάζουν μικρότερη αντοχή.

2. Ως καλυπτικά και μονωτικά υλικά. Η επένδυση αυτή γίνεται για λόγους προφυλάξεως, μονώσεως και αισθητικής εμφάνισης [12].

- Για την εξομάλυνση και την καλύτερη εμφάνιση των ορατών επιφανειών, τοίχων, στύλων, οροφών, χρησιμοποιείται λεπτό στρώμα κονιάματος πάχους 2,5 έως 3,5 cm.

- Εάν οι επιφάνειες είναι εξωτερικές και υπόκεινται στην επιρροή των ατμοσφαιρικών παραγόντων, τότε το στρώμα αυτό επιτελεί προστατευτικό έργο.

- Επίσης, ορισμένα είδη ισχυρών κονιαμάτων (τσιμεντοκονιάματα) χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση ειδικών έργων. Ακόμα, χρησιμοποιούνται ειδικά κονιάματα για ακουστικές ή θερμικές μονώσεις καθώς και μονώσεις εναντίον της φωτιάς.

- Τα κονιάματα που χρησιμοποιούνται για επενδύσεις ονομάζονται επιχρίσματα και αποτελούν ουσιώδη παράγοντα ποιότητας και διάρκειας του έργου [12].

3. Ως πρώτες ύλες για την κατασκευή τεχνητών λίθων.

Ορισμένα κονιάματα, π.χ. τα πυλοκονιάματα και τσιμεντοκονιάματα, χρησιμοποιούνται πολύ για την κατασκευή τεχνητών λίθων, όπως είναι τα τούβλα, διάφοροι τύποι τσιμεντολίθων, κ.λ.π.

Υπάρχουν και δευτερεύουσες χρήσεις των κονιαμάτων όπως π.χ. είναι η κατασκευή διακοσμητικών στοιχείων (κορνιζών, προεξοχών, κ.λ.π.) Τέλος σαν κονιάματα μπορούν να θεωρηθούν και οι πολτοί από νερό και συνδετική ύλη χωρίς πρόσμιξη αδρανών [12].

Οι πολτοί αυτοί χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις και συγκεκριμένα [12]:

- α) Για στόμωση μικροδιαρροών. Πιέζεται στο στόμιο της διαρροής πυκνόρρευστος τσιμεντοπολτός, με τσιμέντο ταχείας πήξεως.

- β) Για έμφραξη μικρορωγμών ή πόρων σε πλάκες από μπετόν με τσιμεντοκονίες κ.λ.π. χρησιμοποιείται αραιός πολτός τσιμέντου (αριάνι).

- γ) Για στερέωση ξύλινων τάκων στις τοιχοδομές. Χρησιμοποιείται πολτός από γύψο και νερό, που σκληρύνεται σε λίγη ώρα και επιτρέπει τη συνέχιση των εργασιών.

δ) Για τσιμεντενέσεις μέσα σε χαλαρά αμμώδη ή αμμοχαλικώδη εδάφη διοχετεύεται με ισχυρή πίεση αραιότατος τσιμεντοπολτός.

Κατά γενικό όμως κανόνα τα κονιάματα είναι μίγματα λεπτών αδρανών, συνδετικής ύλης και νερού. Η πρόσμιξη της άμμου είναι επιβεβλημένη από λόγους τεχνικούς και οικονομικούς. Οι κονίες όταν χρησιμοποιούνται αυτούσιες χωρίς άμμο, συστέλλονται υπερβολικά κατά την πήξη και τη σκλήρυνση με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στην επιφάνεια ρωγμές και σκασίματα απαράδεκτα για τις κατασκευές. Είναι ανάγκη λοιπόν οι κονίες να οπλιστούν με ένα “σκελετό” από αδρανή, ώστε το κονίαμα να αποκτάει μεγαλύτερη αντοχή, μικρότερη συστολή ξήρανσης και έτσι να αποφεύγονται οι ρωγμές.

Η τεχνική αυτή ανάγκη εναρμονίζεται και με την οικονομία της κατασκευής, γιατί η άμμος είναι πολύ φθηνότερη από την κονία. Χρειάζεται όμως προσοχή στην εκλογή της άμμου, από την άποψη της ποιότητας και της κοκκομετρικής διαβάθμισης, ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζεται το κονίαμα [12].

Τα είδη των κονιαμάτων χαρακτηρίζονται από την κονία που χρησιμοποιείται για την παρασκευή τους. Έτσι, έχουμε: πηλοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα, τσιμεντοκονιάματα κ.α.

Αν ληφθεί υπόψη η μηχανική αντοχή τους διακρίνονται σε 3 ομάδες [9]:

Ομάδα I κονιάματα χαμηλής αντοχής: πηλοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα.

Ομάδα II κονιάματα μέτριας αντοχής: ασβεστο-τσιμεντοκονιάματα, πουζολανο-ασβεστοκονιάματα.

Ομάδα III κονιάματα υψηλής αντοχής : τσιμεντοκονιάματα.

3.2. ΠΗΛΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Τα πηλοκονιάματα είναι μίγμα πηλοκονίας, άμμου και νερού. Βρίσκονται άφθονα στη φύση σε διάφορες αναλογίες πηλοκονίας και αδρανούς ύλης. Είναι το πρώτο κονίαμα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος.

Για την παρασκευή του αρκεί να καθαριστεί η πρώτη ύλη που παίρνουμε από τη φύση, από τα επιφανειακά χώματα και από μικρούς λίθους και να αναμιχθεί με την κανονική ποσότητα νερού για να γίνει εργάσιμο και πλάσιμο.

Τα πηλοκονιάματα ανήκουν στην κατηγορία των αερικών κονιαμάτων γιατί στερεοποιούνται με την εξάτμιση του νερού που περιέχουν. Έχουν όμως ένα μεγάλο μειονέκτημα: ότι ξαναγίνονται πολτός όταν βραχούν ξανά. Επομένως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικές εργασίες ούτε σε εργασίες κοντά στο έδαφος. Παρέχουν ικανοποιητική θερμική μόνωση στις κατασκευές και διευκολύνουν τον αερισμό των τοίχων λόγω της πορώδους συστάσής τους [9].

Ένας πρόχειρος τρόπος ελέγχου του εργάσιμου του κονιάματος και της σωστής αναλογίας των υλικών του γίνεται με τα χέρια. Το κονίαμα πλάθεται και αν δε φεύγει μέσα από τα δάχτυλα αλλά διατηρεί το σχήμα που παίρνει κάθε φορά και αφήνει ένα λεπτό στρώμα κονίας πάνω στην παλάμη, τότε θεωρείται ότι η παρασκευή του είναι επιτυχής.

Το πηλοκονίαμα προσφύεται αρκετά καλά επάνω στους λίθους και τα ξύλα. Παλαιότερα το χρησιμοποιούσαν κυρίως για την κατασκευή οπτοπλίνθων και για την κάλυψη στεγών και τοίχων από ξύλο ή πλεγμένα κλαδιά. Το καλυπτικό στρώμα του πηλοκονιάματος προστάτευε το ξύλο από τις εξωτερικές επιδράσεις (πυρκαγιά, υγρασία, έντομα) και αποτελούσε ένα πρώτης τάξεως μονωτικό στοιχείο για τις καιρικές μεταβολές (θερμότητα, ψύχος, βροχή, άνεμος). Σήμερα το πηλοκονίαμα χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή των τούβλων και των άλλων κεραμικών προϊόντων. Σε περιοχές όμως που δεν έχουν λίθους, το πηλοκονίαμα με μορφή ωμοπλίνθων εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε δευτερεύουσες κατασκευές (βοηθητικοί χώροι, μαντρότοιχοι) [9].

3.3. ΑΣΒΕΣΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Το ασβεστοκονίαμα είναι μίγμα άμμου, σβησμένου ασβέστη (υδρασβέστου) και νερού. Η άμμος μπορεί να είναι φυσική ή τεχνητή. Η φυσική άμμος, λόγω σύνθεσης και όχι λόγω σχήματος, παρέχει ανθεκτικότερο κονίαμα, αλλά εξαιτίας της υψηλής τιμής της χρησιμοποιείται σπάνια. Η τεχνητή άμμος είναι συνήθως ασβεστολιθική, ή δολομιτικής προελεύσεως και αν έχει καλή κοκκομετρική σύνθεση, δίνει ισχυρό ασβεστοκονίαμα. Η άμμος πρέπει να είναι καθαρή. Δεν επιτρέπεται να περιέχει διαλυτά άλατα, ούτε και πηλώδη υλικά σε αναλογία μεγαλύτερη από 3% (προκύπτει κονίαμα ασθενές, με ρωγμές, τρίβεται μετά την πήξη, κ. λ.π.) Η κοκκομετρική σύνθεση της άμμου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να περιέχει όλα τα μεγέθη των κόκκων σε τόση ποσότητα, ώστε να δημιουργούνται τα λιγότερα κενά [9].

Ο ασβέστης χρησιμοποιείται σε μορφή πολτού υδρασβέστου ή σπανιότερα με μορφή σκόνης υδρασβέστου. Η υδράσβεστος πρέπει να έχει υποστεί πλήρες σβήσιμο και φύραση πριν τη χρησιμοποίησή της ώστε να μην περιέχει άσβηστα τεμάχια (κόκκους) ασβέστη. Τα τεμάχια αυτά είναι δυνατό να σβηστούν αργότερα, που το κονίαμα θα έχει ενσωματωθεί στην κατασκευή, με συνέπεια να διογκωθεί και να καταστραφεί το κονίαμα, ή να δημιουργηθούν φουσκώματα (φλύκταινες). Ειδικά για κονιάματα επιχρισμάτων η υδράσβεστος πρέπει να χρησιμοποιείται αφού περάσουν τουλάχιστον 15 ημέρες από το σβήσιμο του ψημένου ασβέστη. Το νερό που χρησιμοποιούμε πρέπει να είναι καθαρό χωρίς άλατα ή οργανικές ουσίες. Θαλασσινό νερό ή πολύ γλυφό δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται [9].

Η ανάμιξη των υλικών πρέπει να γίνει με προσοχή ώστε να προκύψει ομοιογενής μάζα. Δεν πρέπει να υπάρχουν μέσα στη μάζα μικροί σβώλοι υδρασβέστου αδιάλυτοι, γιατί θα αποτελέσουν εστίες καταστροφής του κονιάματος. Οι αναλογίες του πολτού του υδρασβέστη, της άμμου και του νερού που χρησιμοποιούνται συνήθως εξαρτώνται από την ποιότητα των υλικών και από το σκοπό για τον οποίο προσδιορίζεται το ασβεστοκονίαμα. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως (σχέση

ασβέστη και άμμου) και οι χρήσεις των αντίστοιχων ασβεστοκονιαμάτων έχουν ως εξής [9]:

1:1,5	
1:2	παχιά κονιάματα για επιχρίσματα
1:2,5	
1:2,5	κανονικά κονιάματα για κτίσιμο
1:3	τούβλων (οπτοπλίνθων)
1:3	αδύνατα κονιάματα για κτισίματα
1:4	ανωδομών με αργούς λίθους
1:5	αδύνατα κονιάματα για κτίσιμο
	θεμελίων με αργούς λίθους

Τα αδύνατα (ισχνά) κονιάματα αναλογίας πάνω από 1:3 και έως 1:5 χρησιμοποιούνται για οικοδομικές εργασίες μέσα στο έδαφος, όπου η πήξη του ασβέστη γίνεται δύσκολα επειδή δεν έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αντίθετα στα επιχρίσματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν παχιά κονιάματα.

Η ποσότητα του νερού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι πρακτικά περίπου ίδια για όλες τις αναλογίες ασβεστοκονιαμάτων. Ένα μέρος του νερού αυτού απαιτείται για τη διάλυση του πολτού της υδρασβέστου και ένα άλλο μέρος για την ύγρανση των κόκκων της άμμου. Η ποσότητα νερού για τη διαβροχή 1 m³ άμμου ανέρχεται σε 0,14 m³ περίπου και για τη διαβροχή 1 m³ υδρασβέστου σε 0,16 m³ νερού.

Η πήξη του ασβεστοκονιάματος αρχίζει αργά από τα εξωτερικά στρώματα προς τα εσωτερικά και οφείλεται όπως γνωρίζουμε στη σκλήρυνση του ασβέστη (μετατροπή του Ca(OH)₂ σε CaCO₃ μέσω χημικής αντίδρασης με το CO₂ της ατμόσφαιρας που διεισδύει σιγά σιγά στη μάζα του κονιάματος). Το παραγόμενο νερό κατά τη χημική αντίδραση

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ παρεμποδίζει τη διείσδυση του CO_2 και επιβραδύνει επομένως τη σκλήρυνση του κονιάματος. Πρέπει λοιπόν κάθε είδος έργου, στο οποίο χρησιμοποιείται ασβεστοκονίαμα, να αφήνεται ένα χρονικό διάστημα για να σκληρύνει το κονίαμα με την εξάτμιση του H_2O και τη διείσδυση του CO_2 και μετά να συνεχιστεί νέα εργασία πάνω σε αυτό [9].

Η πήξη και η σκλήρυνση κονιάματος επιταχύνονται όταν γίνεται καλός αερισμός, γιατί και η υγρασία απομακρύνεται και νέες ποσότητες CO_2 απορροφώνται συνεχώς.

Επίσης, η ταχύτητα της πήξεως εξαρτάται και από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Κατά τους χειμερινούς μήνες, όταν η ατμόσφαιρα είναι γεμάτη υδρατμούς, καθυστερεί πολύ η σκλήρυνση του κονιάματος.

Τεχνητή πήξη μπορεί να γίνει αν χρησιμοποιήσουμε ανοιχτές, χωρίς καπναγωγούς θερμάστρες, στις οποίες καίγεται κωκ και ξύλα. Ο καπνός των καυσίμων αυτών περιέχει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και έτσι επιταχύνεται η πήξη των κονιαμάτων.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος του ασβεστοκονιάματος είναι $1700\text{gr}/\text{cm}^3$ περίπου. Η μηχανική αντοχή του σε θλίψη δεν υπερβαίνει τα $15\text{kp}/\text{cm}^2$.

Επομένως, η αντοχή των τοιχοδομών με ασβεστοκονιάματα περιορίζεται σε σύγκριση με τους φυσικούς ή τεχνητούς λίθους οι οποίοι συνήθως έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή. Οι ελληνικοί κανονισμοί προσδιορίζουν ως ανεκτές (επιτρεπόμενες) τάσεις τοιχοποιιών από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους, τις ανεκτές τάσεις τους ασβεστοκονιάματος, δηλαδή μεταξύ $4\text{kp}/\text{cm}^2$ και $9\text{kp}/\text{cm}^2$ [9].

Η αντοχή του στις εξωτερικές επιρροές είναι μικρότερη από την αντοχή άλλων κονιαμάτων. Για αυτό όταν χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές επιφάνειες, πρέπει να ενισχύονται είτε με τσιμέντο είτε με άλλες ενισχυτικές ουσίες (πρόσθετος υδρύαλλος, κ.τ.λ.). Είναι συνηθισμένο κυρίως σε παλαιές οικοδομές, το φαινόμενο των κατεστραμμένων επιχρισμάτων, λόγω διεισδύσεως νερού μεταξύ κονιάματος και τοίχου.

Τα ασβεστοκονιάματα χρησιμοποιούνται πολύ στην Ελλάδα όπου ο ασβέστης και η άμμος έχουν σχετικά χαμηλή τιμή. Σε άλλες χώρες κυρίως στη Β. Ευρώπη η χρήση τους είναι πολύ περιορισμένη και έχουν αντικατασταθεί από τα τσιμεντοκονιάματα [9].

3.4. ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Το μίγμα άμμου, τσιμέντου και νερού καλείται τσιμεντοκονίαμα (κοινώς, τσιμεντολάσπη). Το τσιμέντο αποτελεί τη δραστική συγκολλητική ουσία που με μορφή πολτού γεμίζει τα κενά της άμμου. Η άμμος αποτελεί την αδρανή ουσία που συντελεί στην αύξηση και βελτίωση γενικά των μηχανικών ιδιοτήτων του τσιμέντου αλλά συγχρόνως κατεβάζει και το κόστος του κονιάματος. Το τσιμέντο συγκριτικά με τις άλλες κονίες (ασβέστη, γύψο κ.λ.π.) παρουσιάζει μεγαλύτερη ικανότητα προσφύσεως και μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Επίσης έχει την υδραυλική ιδιότητα, την ικανότητα δηλαδή να σκληραίνει μέσα στο νερό. Για αυτούς τους λόγους το τσιμεντοκονίαμα είναι το κύριο δομικό υλικό της σύγχρονης εποχής.

Η μηχανική αντοχή και στεγανότητα του τσιμεντοκονιάματος εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες κυριότεροι των οποίων είναι [9]:

- Ο λόγος N/T. Μικρός λόγος N/T συνεπάγεται, ως γνωστό, μεταλύτερη αντοχή και μικρότερη διαπερατότητα και επομένως μεγαλύτερη ανθεκτικότητα.
- Η σχέση τσιμέντου προς άμμο. Μεγαλύτερη αναλογία τσιμέντου προς άμμο δίνει ανθεκτικότερα και στεγανότερα κονιάματα.
- Η προέλευση και κοκκομετρική σύνθεση της άμμου. Χαλαζιακή άμμος δίνει ισχυρότερα κονιάματα από ότι η ασβεστολιθική. Επίσης όσο η καμπύλη της κοκκομετρικής σύνθεσης πλησιάζει προς την καθορισμένη ως πολύ καλή από τους κανονισμούς, τόσο μεγαλύτερης αντοχής και στεγανότητας κονίαμα προκύπτει.
- Η ποσότητα νερού επεξεργασίας. Το πολύ νερό ελαττώνει την αντοχή και τη στεγανότητα του κονιάματος.
- Η διατήρηση του κονιάματος σε υγρό περιβάλλον όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο μετά το τέλος της πήξεως.

3.5. ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

3.5.1. Βασικές αρχές για την σύνθεση και παρασκευή των κονιαμάτων.

Τα κονιάματα είναι τα πιο λεπτά και ευπαθή στοιχεία των κατασκευών, γιατί παρασκευάζονται στο εργοτάξιο και υπόκεινται σε κακοτεχνίες, είτε σκόπιμες, είτε από άγνοια, είτε από κακώς εννοούμενους λόγους συνήθειας ή παράδοσης. Επί πλέον τα κονιάματα, είτε χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση των στοιχείων της κατασκευής (κονιάματα τοιχοδομών), είτε για την εξωτερική επένδυση αυτής (επιχρίσματα, τσιμεντοκονίες, κ. λ.π.), αποτελούν ουσιώδη παράγοντα ποιότητας και διάρκειας του έργου και επηρεάζουν σημαντικότερα τις πρόσθετες δαπάνες συντηρήσεως και προκειμένου περί οικοδομών, την εμπορική αξία των κατασκευών. Σημειωτέον ότι οι επισκευές των επιχρισμάτων, κορνιζών κ. λ.π. παρουσιάζουν πολλές τεχνικές δυσκολίες και στοιχίζουν πολύ ακριβά. Αντίθετα, με λίγη επιμέλεια και ελάχιστη επι πλέον δαπάνη, είναι δυνατό να παρασκευαστούν και να εφαρμοστούν κονιάματα με μεγάλη διάρκεια ζωής και μικρά έξοδα συντηρήσεως [12].

Οι κύριες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα κονίαμα είναι [12]:

- α) Οι μηχανικές αντοχές
- β) Η στεγανότητα του κονιάματος
- γ) Η πρόσφυση με τα υλικά ή τα στοιχεία τα οποία συνδέει ή στα οποία εδράζεται
- δ) Η ανθεκτικότητα στις χημικές επιδράσεις του περιβάλλοντος και στις καιρικές συνθήκες.
- ε) Η σταθερότητα του όγκου του κονιάματος (ογκοσταθερότητα).

Επιπλέον ένα καλό κονίαμα πρέπει να έχει τις επόμενες ιδιότητες :

Όταν είναι νωπό, δηλαδή κατά το στάδιο της εφαρμογής του να παρέχει τη δυνατότητα εύκολης κατεργασίας, ή όπως λέγεται στην τεχνική γλώσσα, να έχει καλό εργάσιμο (workability).

(σχετικά με το εργάσιμο, βλ. επόμενη ενότητα).

Ειδικά τα αερικά κονιάματα δεν πρέπει να παρουσιάζουν επιφανειακή αποσάθρωση (να τρίβονται) με την παρατεταμένη παραμονή τους στον αέρα και τις ατμοσφαιρικές μεταβολές (άνεμος, υγρασία, βροχή, παγετός, διακυμάνσεις της θερμοκρασίας).

Όσον αφορά τα υδραυλικά κονιάματα, πρέπει να παρουσιάζουν αρκετή αρχική συνοχή, ώστε να μη διαλύονται κατά την εφαρμογή τους από την πίεση του νερού ή από μικρές κινήσεις του (π.χ. κυματισμούς) και φυσικά να σκληρύνονται μέσα στο νερό.

- Οι μηχανικές αντοχές εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι θα εξεταστούν λεπτομερώς στα επόμενα. Σε γενικές γραμμές οι μηχανικές αντοχές είναι συνάρτηση [12]:

α. Του είδους και της ποσότητας της συνδετικής ύλης (κονίας) και αυξάνει με την ποσότητα της τελευταίας μέχρι ενός ορίου, μετά το οποίο οι αντοχές ελαττώνονται και εμφανίζονται άλλες δυσμενείς επιπτώσεις (συτολές, ρωγμές, κ. λ.π.)

β. Του είδους της ποιότητας και της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των αδρανών, με αύξηση των αντοχών όταν η κοκκομετρική σύνθεση είναι πυκνή, δηλαδή τα κενά μικρότερα.

γ. Για τα τσιμεντοκονιάματα οι μηχανικές αντοχές εξαρτώνται από το λόγο νερού - τσιμέντου, δηλαδή από την ποσότητα του νερού σε βάρος, ως προς την ποσότητα του τσιμέντου, επίσης σε βάρος. Γενικά οι αντοχές αυξάνουν όσο μικρότερος είναι ο λόγος νερού-τσιμέντου, μέσα σε ορισμένα όρια βεβαίως. Για τα κονιάματα γενικότερα, υπάρχουν και άλλες απαιτήσεις, όπως π.χ. το εργάσιμο, οι οποίες καθορίζουν την απαιτούμενη ποσότητα νερού στο κονίαμα, άσχετα προς την ποσότητα, η οποία θα έδινε τη μεγαλύτερη αντοχή.

δ. Τέλος οι μηχανικές αντοχές εξαρτώνται από τις συνθήκες υπό τις οποίες θα παρασκευαστεί, θα εφρμοστεί, θα συντηρηθεί και θα σκληρυνθεί το κονίαμα.

Η στεγανότητα του κονιάματος αυξάνεται όταν αυξάνει η συμπύκνωση αυτού, δηλαδή όταν ελαττωθεί το πορώδες του. Η συμπύκνωση των κονιαμάτων αυξάνει με την καλή κοκκομετρική διαβάθμιση της άμμου, με ικανή ποσότητα τσιμέντου και με περιορισμένη ποσότητα ύδατος. Επίσης

είναι δυνατό να αυξηθεί η στεγανότητα με ειδικά στεγανοποιητικά υλικά επιφάνειας ή μάζας.

Η τρίτη ιδιότητα που χαρακτηρίζει ένα κονίαμα είναι η πρόσφυση. Η ιδιότητα αυτή σε πολλές περιπτώσεις εφαρμογών είναι η σπουδαιότερη, γιατί η συγκόλληση στοιχείων, αλλά και αυτού του ίδιου του κονιάματος επάνω στο υπόβαθρο του (τοιχοδομή, μπετόν, κ.λ.π.) είναι μια από τις κύριες αποστολές των κονιαμάτων.

Η πρόσφυση των κονιαμάτων αφορά κατ' αρχήν τη συγκόλληση των κόκκων του αδρανούς με την κονία. Γι' αυτό τα αδρανή πρέπει να είναι τελείως καθαρά. Η τυχόν παρεμβολή μεταξύ της συνδετικής ύλης και των κόκκων του αδρανούς, κολλοειδών υμένων αργίλου, χουμικών ουσιών κ.λ.π., εμποδίζει τη σύνδεση της κονίας με τα αδρανή και δημιουργεί θραυσιγενείς επιφάνειες, έστω και αν η συνδετική ύλη είναι επαρκής για την πλήρη περιβολή των κόκκων.

Η πρόσφυση του κονιάματος στα δομικά στοιχεία (τοιχοδομές, σκυρόδεμα κ.λ.π) εξαρτάται από την καθαρότητα και την αδρότητα των επιφανειών, καθώς και από το βαθμό υγρασίας αυτών. Οι επιφάνειες των λίθων, των τούβλων, των τοιχωμάτων, του σκυροδέματος κ.λ.π. πρέπει να είναι υγρές, όχι όμως και σε υπερβολικό βαθμό, δηλαδή δεν πρέπει να στάζουν. Η καθαρότητα ή μη των αδρανών του κονιάματος επηρεάζει και την πρόσφυση στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων.

Τα κονιάματα πρέπει να είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και στις χημικές επιδράσεις του περιβάλλοντος. Η βροχή ενεργεί μηχανικά και χημικά στα επιφανειακά κονιάματα (επιχρίσματα, κ.λ.π.) και εισχωρεί μέσα στη μάζα τους όταν το κονίαμα είναι υδατοπερατό ή έχει τριχιάσματα ή ρηγματώσεις. Έτσι το κονίαμα διατηρείται υγρό και αν η θερμοκρασία κατεβεί κάτω από 0 °C, θα παγώσει και υπάρχει κίνδυνος με τη διαστολή να καταστραφεί ο ιστός του κονιάματος.

Το καθαρό νερό της βροχής έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα. Έτσι εμποτίζοντας τα κονιάματα διαλύει τα ανθρακικά άλατά τους, σχηματίζει ανθρακικό οξύ το οποίο προσβάλλει τα κονιάματα και συντελεί βαθμιαία στην αποσύνθεσή τους.

Το θαλασσινό νερό ενεργεί επίσης είτε μηχανικά, αν ένα έργο έρχεται σε επαφή με τα κύματα, είτε χημικά στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα, με τους γεμάτους από άλατα υδρατμούς της ατμόσφαιρας. Τα άλατα αυτά εισχωρούν στους πόρους των κονιαμάτων, κρυσταλλώνονται και κατά την κρυστάλλωση καταστρέφουν γύρω τους το ιστό και σχηματίζουν διαλυτές ενώσεις, οι οποίες στη συνέχεια διαλύονται από το νερό της βροχής και εμφανίζονται στην επιφάνεια υπό μορφή αντιαισθητικών εξανθισμάτων.

Τα κονιάματα και ιδίως τα τσιμεντοκονιάματα προσβάλλονται από το θεικό μαγνήσιο που βρίσκονται στους καπνούς των βιομηχανικών περιοχών, στα υπόγεια ακάθαρτα νερά, στα γύψινα δομικά στοιχεία κ.λ.π. Τα νερά που έρχονται σε επαφή με τσιμεντοκονιάματα δεν πρέπει να περιέχουν θεικό ασβέστιο σε αναλογία μεγαλύτερη από 0,5 γραμμάρια ανά λίτρο ή θειικό λιτρικό μαγνήσιο σε αναλογία μεγαλύτερη από 0,2 γραμμάρια ανά λίτρο.

Οι οργανικές ουσίες είναι επίσης επικίνδυνες για τα κονιάματα. Ιδιαίτερα το γάλα, με το γαλακτικό οξύ που περιέχει. Τα λάδια επίσης σχηματίζουν ενώσεις με την ελεύθερη άσβεστο των κονιαμάτων και τα διαβρώνουν βαθμιαία (περίπτωση γκαράζ, συνεργείων, κ.λ.π.). Τέλος, έχουν βλαπτική επίδραση στα κονιάματα η ζάχαρη, το σαπούνι, και άλλα. Το κρασί έχει πολύ μικρή επίδραση και είναι δυνατή η κατασκευή δεξαμενών κρασιού με επένδυση τσιμεντοκονίας.

Τα ακάθαρτα νερά των υπονόμων έχουν διπλή διαβρωτική ενέργεια γιατί περιέχουν οργανικές ουσίες και θεικές ενώσεις.

Για να ανταπεξέλθει σε όλους αυτούς τους εχθρούς ένα κονίαμα πρέπει, ανάλογα βέβαια και με τις συνθήκες υπό τις οποίες βρίσκεται, να είναι καταρχήν στεγανό και να μην αφήνει να εισχωρεί η υγρασία ή το νερό μέσα στη μάζα του. Αυτό επιτυγχάνεται με άριστη σύνθεση κονιάματος (καλά διαβαθμισμένη άμμος, επαρκής ποσότητα συνδετικής ύλης, περιορισμένο νερό, κ.λ.π.), καλή συμπύκνωση κατά την εφαρμογή, χρησιμοποίηση στεγανοποιητικών μάζας ή επιφανειακής και συντήρηση του κονιάματος κατά τις πρώτες ημέρες, ώστε να μην παρουσιάσει τριχιάσματα.

Αν το κονίαμα βρίσκεται υπό ιδιαιτέρως δυσμενείς θερμοκρασιακές συνθήκες, όπως π.χ. συμβαίνει στα επιχρίσματα ενός ορεινού μετεωρολογικού σταθμού ή ενός καταφυγίου, συνιστάται η δημιουργία μικροσκοπικών φυσαλίδων αέρα. Στο εμπόριο υπάρχουν διάφορα υλικά προοριζόμενα να δημιουργήσουν μικροσκοπικές φυσαλίδες στη μάζα των τσιμεντοκονιαμάτων ή του σκυροδέματος που ονομάζονται αερακτικά πρόσθετα.

Οι μικροσκοπικές αυτές φυσαλίδες αυξάνουν τη στεγανότητα, γιατί διακόπτουν τα τριχοειδή αγγεία και ενεργούν σαν ασφαλιστικές δικλείδες όταν το νερό παγώσει, γιατί δημιουργούν ελεύθερο χώρο διαστολής. Έτσι αυξάνει η αντοχή του κονιάματος στον παγετό, παρά το γεγονός ότι οι μηχανικές αντοχές ελαφρά ελαττώνονται.

Αν πάλι το κονίαμα βρίσκεται υπό εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες χημικού περιβάλλοντος, όπως π.χ.. συμβαίνει μέσα σε υπόνομους, ελαιοδεξαμενές, χώρους ορισμένων εργοστασίων κ.λ.π., πρέπει εκτός από την εφαρμογή στεγανών κονιαμάτων, να χρησιμοποιούνται και τσιμέντα με μικρή περιεκτικότητα ασβέστου, όπως είναι τα πουζολανικά τσιμέντα (τσιμέντα πλούσια σε πουζολάνες, σαν τη θηραϊκή γη, κ.λ.π.) Επίσης στις περισσότερες περιπτώσεις αυτού του είδους πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικά τσιμέντα και σε ακόμη δυσμενέστερες συνθήκες πρέπει τα κονιάματα να προστατεύονται ή να αντικαθίστανται με επικαλύψεις ανθεκτικές, ανάλογα με την περίπτωση και τις επιδράσεις στις οποίες υποβάλλονται.

Μια απλή αλλά όχι και πάντοτε αποτελεσματική προστασία, είναι ο εμποτισμός του κονιάματος με υδρύαλο. Περισσότερο αποτελεσματικές είναι οι επαλείψεις με ασφαλτικά υλικά, με πλαστικές βαφές ή ρητίνες και οι επενδύσεις με ειδικά οξύμαχα πλακίδια, κ.λ.π.

Η επόμενη χαρακτηριστική ιδιότητα των κονιαμάτων είναι η ογκοσταθερότητα, δηλαδή η ικανότητα του κονιάματος να μη μεταβάλλει αισθητά τον όγκο του, ιδίως κατά την αρχική περίοδο της σκληρύνσεώς του.

Σε μεταβολές όγκου υπόκεινται οι κυρίως τα τσιμεντοκονιάματα, λόγω του φαινομένου της συστολής. η συστολή των τσιμεντοκονιαμάτων

εξαρτάται από την αναλογία σε τσιμέντο και είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πλουσιότερο είναι το κονίαμα. Για αυτό δε συνιστούνται τα πολύ πλούσια κονιάματα, εκτός αν υπάχει ειδικός λόγος. Η συστολή εξαρτάται επίσης από την ποσότητα του νερού, ή ακριβέστερα από το λόγο νερού-τσιμέντου.

Οι μεγάλες θερμοκρασίες επιταχύνουν τη δημιουργία των συστολών με ενδεχόμενο την εμφάνιση μικρορηγμάτων, ιδίως στα υδραυλικά κονιάματα και μάλιστα αν συγχρόνως λείπει η απαραίτητη υγρασία.

Σύμφωνα με τις παραπάνω απαιτήσεις είναι δυνατό να διατυπωθούν τα επόμενα συμπεράσματα [12]:

α) Σε ένα καλό κονίαμα πρέπει η άμμος να έχει καλή κοκκομετρική διαβάθμιση και προπαντός να είναι καθαρή και τελείως απαλλαγμένη από αργλικές ή άλλες χουμικές ή οργανικές ουσίες.

β) Η συνδετική ύλη πρέπει να γεμίζει όλα τα κενά των αδρανών, να περιβάλλει πλήρως τους κόκκους της άμμου και να τους συνδέει σε όλα τα σημεία της μεταξύ τους επαφής. Αν δε συμβαίνει αυτό, η αντοχή του κονιάματος, ιδίως σε εφελκυστικές τάσεις, θα είναι μειωμένη και το κονίαμα πορώδες και υδατοπερατό.

γ) Η απαίτηση αυτή επιβάλλει, αφενός επαρκή ποσότητα συνδετικής ύλης, αφετέρου καλή ανάμιξη της άμμου με την κονία, ώστε να επιτευχθεί η ομοιογενής διασπορά της. Η καλή ανάμιξη της άμμου με τη συνδετική ύλη είναι απαραίτητη, γιατί αλλιώς το κονίαμα θα έχει ανομοιόμορφη συνθεση, δηλαδή θα είναι σε άλλα σημεία πλούσιο σε συνδετική ύλη (περισσότερο απ' ότι πρέπει) και σε άλλα φτωχό, οπότε θα υπάρχουν ενδεχομένως κενά με όλα τα σχετικά μειονεκτήματα αντοχής υδατοπερατότητας, κ.λ.π.

δ) Πρακτικά στο εργοτάξιο επιβάλλεται, τα υλικά κάθε τμηματικής παρασκευής κονιάματος, δηλαδή κάθε χαρμανιού, να μετρώνται με ακρίβεια, είτε κατ' όγκον είτε κατα βάρος και εν συνεχεία να ανακατεύονται με μεγάλη επιμέλεια, μέχρις ότου το μίγμα αποκτήσει πλήρη ομοιογένεια. Η ανάμιξη αυτή επιτυγχάνεται με βεβαιότητα μόνο με τους μικρούς, ειδικούς για κονιάματα αναμικτήρες, οι οποίοι είναι καιρός να επιβληθούν σε όλες τις σοβαρές κατασκευές. Η χειρωνακτική ανάμιξη

είναι ατελής και αυτό φαίνεται εύκολα αν κοπεί το χαρμάνι με το φτυάρι ή το μυστρί, ώστε να παρατηρηθούν διαφορές στο χρωματισμό, σκούρες γραμμές ή επιφάνειες από τσιμέντο ή άσπρες κηλίδες, κ.λ.π. από ασβέστη.

ε) Ειδικότερα ο πολτός ασβέστου, είναι σκόπιμο να διαλύεται πρώτα με το νερό του κονιάματος και έπειτα να ανακατεύεται με τα υπόλοιπα υλικά. Με τον τρόπο αυτό και με καλή ανάμιξη, επιτυγχάνεται η πλήρης διασπορά της ασβέστου στο κονίαμα.

στ) Πρέπει να αποφεύγονται συνθέσεις κονιαμάτων πολύ πλούσιες σε τσιμέντο σε νερό και σε λεπτόκκοκα αδρανή, γιατί αυτές οι συνθέσεις παρουσιάζουν τους μεγαλύτερους κινδύνους ρηγματώσεων λόγω συστολών κατά τη ξήρανση.

ζ) Το θέμα της περιεκτικότητας σε άργιλο ή χημικές ουσίες κ.λ.π. στην άμμο είναι πρωταρχικής σημασίας για την ποιότητα των κονιαμάτων. Αρκούν μικρές ποσότητες για να δημιουργήσουν, εκτός από τη μείωση της προσφύσεως, μείωση της αντοχής και συνθήκες ευνοϊκές για ρηγματώσεις. Δεδομένου ότι οι υμένες της αργιλεπίδρασης, δημιουργούν λύση της συνέχειας του κονιάματος και με την επίδραση της βροχής, ή άλλων καιρικών παραγόντων, μικρορήγματα. Φυσικά, όχι μόνο πρέπει να αποκλειστεί τελείως η φερόμενη στο εμπόριο ως άμμος κτισίματος που προέρχεται από τη θραύση αναμικτού υλικού, δηλαδή πετρώματος, μπάζων, κ.λ.π., αλλά και πολλά είδη άμμων σκυροδέματος τα οποία δεν είναι απολύτως καθαρά.

η) Ένα άλλο πρακτικό συμπέρασμα είναι ότι οι επιφάνειες εφαρμογής των κονιαμάτων πρέπει να υγραίνονται, ιδίως το καλοκαίρι και εν συνεχεία τα κονιάματα να συντηρούνται κατά τις πρώτες ημέρες.

θ) Μια ακόμη πρακτική υπόδειξη για το εργοτάξιο είναι η εξής: η οποιαδήποτε συνδετική ύλη των κονιαμάτων έχει ένα περιορισμένο χρόνο έναρξης της πήξης. Είναι προφανές ότι τα κονιάματα πρέπει να χρησιμοποιούνται αμέσως και σε κάθε περίπτωση πριν αρχίσει η πήξη της κονίας. Μετά την έναρξη της πήξης, το κονίαμα που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο θα αναπτύξει μικρότερες αντοχές πρόσφυσης, θλίψης, εφελκυσμού, κ.λ.π. και μάλιστα τόσο περισσότερο ελαττωμένες όσο

περισσότερος χρόνος έχει περάσει από την έναρξη της πήξης. Για το λόγο αυτό πρέπει να απαγορεύεται η χρησιμοποίηση τσιμεντοκονιαμάτων ή μικτών κονιαμάτων της προηγούμενης ημέρας.

ι) Τέλος τονίζεται η σημασία που έχει κάθε είδος εργασίας και ιδιαίτερα στις λεπτές εργασίες των κονιαμάτων, η επιμέλεια στη σύνθεση, την παρασκευή, την εφαρμογή και τη συντήρησή τους κατά τον πρώτο καιρό της ζωής τους. Η προσοχή στις λεπτομέρειες είναι εκείνη που ξεχωρίζει το καλότεχνο έργο από το κακότεχνο και μάλιστα πολλές φορές με μεγαλύτερη διαφορά ποιότητας και τελικού κόστους, όταν προστεθούν τα έξοδα επισκευών και συντηρήσεων.

3.5.2. Εργάσιμο

Μια ειδική ιδιότητα που αφορά τα κονιάματα και το σκυρόδεμα και μάλιστα μόνο κατά τη στιγμή της εφαρμογής του, είναι όπως είδαμε, το εργάσιμο [12]. Με τον όρο εργάσιμο ορίζεται το σύνολο των ρεολογικών ιδιοτήτων που έχει το νωπό κονίαμα και είναι οι ακόλουθες [9]:

Α. Ρευστότητα, δηλαδή η εσωτερική ευκινησία του μίγματος και η ευκολία με την οποία οι κόκκοι κινούνται μεταξύ τους ώστε να γεμίζουν τα κενά (εσωτερική ρευστότητα).

Β. Πλαστικότητα, δηλαδή η ευκολία που παρουσιάζει το μίγμα στη ροή και το γέμισμα ενός καλουπιού, χωρίς κενά, σπηλιές, κ.λ.π.

Γ. Αναπόμιχτο, δηλαδή η ικανότητα που έχει το νωπό κονίαμα να διτηρεί την ομοιογένειά του και να μην ξεπλένεται ούτε να ξεχωρίζει τα υλικά του όταν μεταφέρεται, κοπανίζεται, πέφτει από ψηλά, κ.λ.π.

Οι τρεις αυτές μερικές ιδιότητες που συνθέτουν και προσδιορίζουν την έννοια του εργάσιμου, δεν είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη και από τους παράγοντες που τις επηρεάζουν.

Άλλοι ενεργούν κατά τρόπο αντιφατικό, δηλαδή ευνοικά για τη μια μερική ιδιότητα και δυσμενώς για την άλλη, ώστε η τελική επίδραση στο εργάσιμο να είναι αμφίβολη. Αυτό αποτελεί μία πρόσθετη δυσκολία την διερεύνηση του εργάσιμου (π.χ. αύξηση ποσότητας νερού αυξάνει τη ρευστότητα του μίγματος ενώ εξασθενίζει το αναπόμιχτο) [9].

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η αύξηση της ποσότητας του νερού αυξάνει τη ρευστότητα του μίγματος ενώ συγχρόνως εξασθενίζει το αναπόμιχτο, δηλαδή μεγαλώνει τους κινδύνους και το ενδεχόμενο διαχωρισμού των υλικών που το αποτελούν. Στην πλαστικότητα του μίγματος δεν παίζει σπουδαίο ρόλο η αύξηση της ποσότητας του νερού.

Αντίθετα η πλαστικότητα επηρεάζεται ευνοικά από τη σφαιρικότητα των κόκκων των αδρανών και από την αύξηση της περιεκτικότητας σε συνδετική ύλη και φίλλερ.

Η απόμιξη ευνοείται από το αυξημένο νερό, ενώ αντίθετα οι λεπτοί κόκκοι κονίας εμποδίζουν την απόμιξη.

Όσον αφορά τη μέτρηση του εργάσιμου στα κονιάματα, αυτή γίνεται ως επί το πλείστον με την αμερικανική μέθοδο εξαπλώσεως που είναι γνωστή ως Flow Test (A.S.T.M.). Η μέθοδος αυτή είναι πολύ πρακτική και τα όργανα που χρειάζονται απλούστατα. Συγκεκριμένα η τράπεζα εξαπλώσεως αποτελείται από ένα κυκλικό δίσκο με διάταξη που επιτρέπει την ανύψωση και την πτώση του από ύψος 1,25 cm. Στο δίσκο αυτό τοποθετείται ένα μικρό κολουρωνικό καλούπι ύψους 5 εκ. με διάμετρο βάσης 10 cm και άνω μέρους 7 cm, το οποίο γεμίζεται με το κονίαμα σε δύο σρώσεις και συμπυκνώνεται με 20 κτύπους σε κάθε στρώση, με μικρή πρισματική τυπάδα από σκληρό ξύλο διαστάσεων 1,25x2,50x15 cm. Ένα λεπτό μετά το γέμισμα αφαιρείται το καλούπι και η τράπεζα ανυψώνεται και πέφτει από ύψος 1,25 cm 10 φορές σε 6". Το κονίαμα εξαπλώνεται και μετράται η διάμετρος κατά τέσσερις διευθύνσεις. Ο λόγος της μέσης διαμέτρου μετά την εξάπλωση προς την αρχική διάμετρο της βάσης επί % $D/d \times 100$, παρέχει το μέτρο εξαπλώσεως, από το οποίο κρίνεται το εργάσιμο του κονιάματος.

Στο εργοτάξιο, η εκτίμηση του εργάσιμου ενός κονιάματος γίνεται εμπειρικά. Για κανονικές συνθήκες εργασίας το νωπό μίγμα πρέπει να σχηματίζει μια μαλακή σφαίρα που να μπορεί να κρατηθεί χωρίς να βουλιάζει ανάμεσα στα μισανοιγμένα δάχτυλα.

Μια άλλη ειδική έννοια, είναι η απόδοση ενός κονιάματος που εκφράζει το λόγο του φαινομένου όγκου του κονιάματος προς τον ξηρό φαινόμενο όγκο της άμμου που περιέχει.

Η απόδοση των συνηθισμένων κονιαμάτων κυμαίνεται γύρω από τη μονάδα και είναι συνήθως λίγο μικρότερη. Π.χ. η απόδοση ενός τσιμεντοκονιάματος 400 χγρ. τσιμέντου ανά m^3 κονιάματος είναι κατά τη μεγαλύτερη και ίση προς 400/0,95 χγρ.

3.5.3. Πορώδες

Ο όγκος ενός σώματος συνίσταται από τον όγκο της στερεάς ύλης και από τον όγκο των κενών που παρεμβάλλονται μεταξύ των όγκων της ύλης αυτής.

Τα κενά αυτά μπορεί να είναι ορατά με γυμνό οφθαλμό, όπως π.χ. οι τρύπες στο ξύλο και την κίσηρη (ελαφρόπετρα) ή πόροι τριχοειδείς ή υποτριχοειδείς ορατοί με μικροσκόπιο, όπως π.χ. στους συμπαγείς λίθους, ή τέλος μπορεί να είναι κενά αόρατα ακόμα και με μικροσκόπιο, όπως π.χ. στα μέταλλα.

Εάν V_o ο όγκος της στερεάς ύλης, V_k ο όγκος των κενων και V_ϕ ο όγκος του σώματος τότε ισχύει η σχέση: $V_\phi = V_u + V_k$ [9].

Ο όγκος V_ϕ καλείται φαινόμενος όγκος ή απλά όγκος του σώματος, ενώ ο V_u απόλυτος όγκος του σώματος. Ο λόγος του όγκου των κενων V_k προς το φαινόμενο όγκο V_ϕ προσδιορίζει το πορώδες του σώματος. Ισχύει η σχέση :

$$P_m = V_k / V_\phi$$

Το σκυρόδεμα είναι σύνθετο υλικό. Παρασκευάζεται από αδρανή, τσιμέντο και νερό. Το αρχικά εύπλαστο μίγμα μετατρέπεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου σε στερεό υλικό (στάδιο σκλήρυνσης) με υψηλές αντοχές [10].

Η αύξηση της θλιπτικής αντοχής οφείλεται στο χημικό μετασχηματισμό των φάσεων του τσιμέντου σε ένυδρα. Τα ένυδρα αυτά (ασβεστοπυριτικά ένυδρα, θειϊκά ασβεστοαργιλικά ένυδρα, ελεύθερο υδροξείδιο του ασβεστίου) πληρώνουν τα κενά μεταξύ των κόκκων του τσιμέντου, με συνέπεια τη μείωση του αρχικού συνολικού πορώδους του τσιμεντολιθώματος. Η στεγανότητα του σκληρυμένου σκυροδέματος εξαρτάται [10]:

- α) Από την αναλογία μίξης τσιμέντου/αδρανών/νερού.
- β) Από το είδος των αδρανών (χημική και ορυκτολογική σύσταση, πορώδες μητρικού πετρώματος).
- γ) Από την κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών.

δ) Από την ποιότητα και λεπτότητα τσιμέντου (η πλήρης ενυδάτωση του κόκκου τσιμέντου γίνεται μόνο στους λεπτούς κόκκους με διάμετρο μικρότερη των 30μm).

ε) Από τη συμπύκνωση του σκυροδέματος.

ζ) Από τη συντήρηση του σκυροδέματος.

Οι παραπάνω παράγοντες καθορίζουν τον όγκο και το είδος των ανοικτών πόρων του σκυροδέματος, οι οποίοι το καθιστούν λιγότερο ή περισσότερο στεγανό και κατ' επέκταση λιγότερο ή περισσότερο ανθεκτικό στον παγετό και τη χημική διάβρωση.

Οι ανοικτοί πόροι (ανοικτό πορώδες) έχουν ιδιαίτερη σημασία για την αντίσταση του σκυροδέματος στη χημική διάβρωση, επειδή είναι προσπελάσιμοι από τα δραστικά διαλύματα και τα αέρια. Το ανοικτό πορώδες του σκυροδέματος αποτελείται από τους ανοικτούς πόρους των αδρανών και τους αντίστοιχους του τσιμεντολιθώματος.

Στην περίπτωση που τα αδρανή παρουσιάζουν μικρό πορώδες (όπως συμβαίνει με τα συνήθη αδρανή), το κύριο ενδιαφέρον στρέφεται προς το πορώδες του τσιμεντολιθώματος, το οποίο κυμαίνεται σε ευρεία όρια (27 - 50% κ.ο. για καλό σκυρόδεμα). Το συνολικό πορώδες αποτελείται από κλειστούς και ανοικτούς πόρους. Κατά Manegold διακρίνονται τρία είδη πόρων [10]:

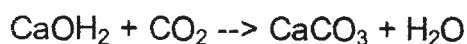
1. Κλειστοί πόροι διαφόρων σχημάτων, οι οποίοι βρίσκονται διάσπαρτοι μέσα στη μάζα του υλικού και δεν προσλαμβάνουν νερό.

2. Ανοικτοί πόροι, οι οποίοι διασχίζουν τη μάζα του υλικού. Οι πόροι αυτοί ξεκινούν από την επιφάνεια και καταλήγουν πάλι στην επιφάνεια, επιτρέπουν δε τη διείσδυση ή και τη διέλευση των δραστικών υγρών και αερίων.

3. Ανοικτοί πόροι στο ένα άκρο. Οι πόροι αυτοί ξεκινούν από την επιφάνεια του υλικού και καταλήγουν στο εσωτερικό του. Και οι πόροι αυτοί είναι προσπελάσιμοι, ανάλογα με τη διάμετρό τους.

Ανάλογες παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν για τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα και για τα ασβεστοκονιάματα, με τη διαφορά ότι στα τσιμεντοασβεστοκονιάματα έχουμε και την υδράσβεστο που σκληραίνει απορροφώντας CO_2 από την ατμόσφαιρα και μεταπίπτει πάλι

στην αρχική ένωση από όπου προήλθε, δηλαδή το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 .



Το ανθρακικό ασβέστιο (ασβεστόλιθος) είναι υλικό πορώδες. Στα ασβεστοκονιάματα, λόγω έλλειψης τσιμέντου, δεν έχουμε προϊόντα του ενυδατωμένου τσιμέντου, έχουμε όμως υδράσβετο η οποία όπως προαναφέρθηκε παραπάνω λαμβάνοντας CO_2 πήζει και μεταπίπτει σε ανθρακικό ασβέστιο. Από τις παραπάνω παρατηρήσεις πιστεύεται ότι είναι δυνατό να γίνει μια προσπάθεια διερεύνησης της συσχέτισης αυτής της σχέσης σε υλικά κεραμικά όπως τα κονιάματα (ασβεστοκονιάματα πουζολανο-ασβεστοκονιάματα).

ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

Παρακάτω παρουσιάζουμε τη διαδικασία μέτρησης του πορώδους που χρησιμοποιήθηκε για όλα τα δοκίμια, και η οποία βασίζεται στη μέθοδο της πορωμετρίας νερού (ζύγιση “μέσα και έξω” από το νερό).

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΟΡΟΜΕΤΡΙΑΣ ΝΕΡΟΥ.

Θεωρητικό υπόβαθρο:

Στο σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις, το βάρος B και η άνωση A , η οποία βάση της αρχής του Αρχιμήδη ισούται με το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού. Δηλαδή :

$$A = V_{\text{σωμ}} \times \rho \times g$$

όπου A = Άνωση

$V_{\text{σωμ}}$ = ο όγκος του σώματος

ρ = η πυκνότητα σώματος

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας

Η συνισταμένη B_{av} των B και A φανερώνει το βάρος υπό άνωση του σώματος και ισούται με:

$$B_{av} = B - A$$

$$A = B - B_{av} \quad [A]$$

$$V_{\sigma\omega\mu} \times \rho \times g = (M - M_{av}) \times g$$

$$V_{\sigma\omega\mu} \times \rho = M - M_{av}$$

όπου M = η μάζα του σώματος

M_{av} = η μάζα του σώματος υπό άνωση.

Δεδομένου ότι η πυκνότητα ρ είναι ίση με 1 gr/cm^3 η εξίσωση γράφεται:

$$V_{\sigma\omega\mu} = M - M_{av} \quad [B]$$

Η σχέση αυτή δηλώνει πως ο όγκος του σώματος ισούται αριθμητικά με τη διαφορά της μάζας του σώματος υπό άνωση (ζύγιση μέσα στο νερό) από τη μάζα του σώματος στο πεδίο βαρύτητας (ζύγιση έξω από το νερό). Σημειώνεται πως στη σχέση **[B]** ο όγκος είναι σε cm^3 και η μάζα σε gr.

Εφαρμογή στη μέθοδο πορομετρίας νερού:

Η παραπάνω σχέση **[B]** εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό του ολικού πορώδους του τσιμεντασβεστοκονιάματος καθώς και άλλων χαρακτηριστικών μεγεθών της δομής του, όπως το ειδικό βάρος, η φαινόμενη πυκνότητα κορεσμένου επιξανειακά στεγνού υλικού και φαινόμενη ξηρή πυκνότητα.

Θεωρούμε ένα πορώδες σώμα, ένα δοκίμιο τσιμεντασβεστοκονιάματος. Για τον προσδιορισμό των παραπάνω μεγεθών απαιτείται ο υπολογισμός τεσσάρων βαρών όπως φαίνεται στο σχήμα .

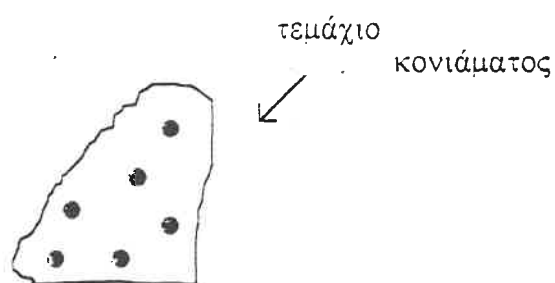
Εξ ' ορισμού έχουμε:

Ολικό πορώδες = Όγκος κενών/ Συνολικός όγκος δοκιμίου

Όμως όγκος κενών = A - D και συνολικός όγκος δοκιμίου = A - (B - C)

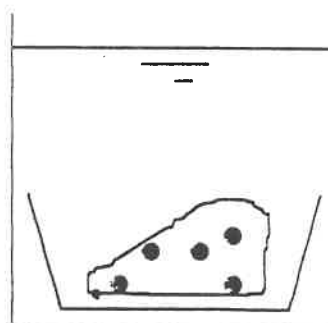
Συνεπώς : Ολικό πορώδες = $A - D / A - (B - C)$

Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά τα βάρη υπολογισμού στη μέθοδο της πορομετρίας νερού (βλ. σχήμα 3.1.).



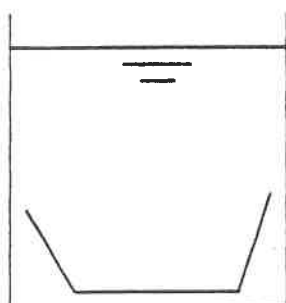
ΒΑΡΟΣ Α

Κορεσμένο επιφανειακά στεγνό



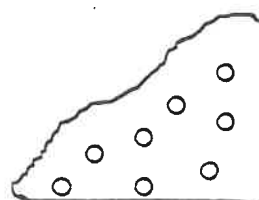
ΒΑΡΟΣ Β

Βάρος υπό άνωση



ΒΑΡΟΣ C

Βάρος δοχείου με νερό
με βυθισμένη την κάψα κ



ΒΑΡΟΣ D

Ξηρό βάρος τεμαχίου

Σχήμα 3.1. Τα βάρη υπολογισμού στη μέθοδο της πορομετρίας νερού.

3.5.4. Εξωτερικοί παράγοντες και η δράση τους

Οι εξωτερικοί παράγοντες που προέρχονται από το περιβάλλον του έργου και επιδρούν πάνω του αποτελούν τις κυριότερες αιτίες φθοράς του έργου. Είναι απαραίτητο λοιπόν για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, να προσδιοριστούν και να μελετηθούν πριν από κάθε άλλη ενέργεια οι εξωτερικοί παράγοντες, που υφίστανται στην περιοχή του τεχνικού έργου.

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες εξωτερικών παραγόντων.

α) Φυσικοί και μηχανικοί

β) Χημικοί

γ) Οργανικοί

Στην πρώτη ανήκουν μεταξύ άλλων η θερμοκρασία, το ψύχος, ο άνεμος, το νερό κ.α.

Χημικοί παράγοντες είναι τα διάφορα οξέα, τα οποία βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, τα διάφορα άλατα που είναι διαλυμένα στο νερό και γενικά όσες χημικές ουσίες βρίσκονται σε επαφή με τα έργα λόγω λειτουργικής ανάγκης (π.χ. δεξαμενή καυσίμων).

Στους οργανικούς παράγοντες περιλαμβάνονται διάφοροι μύκητες που αναπτύσσονται σε σκιερό και υγρό περιβάλλον, καθώς και διάφοροι μικροοργανισμοί οι οποίοι κολλάνε στα ύφαλα ενός έργου μεταξύ ανώτατης και κατώτατης στάθμης του νερού.

Για τα κονιάματα εξωτερικής τοιχοποιίας (επιχρίσματα) η δράση των παραγόντων αυτών είναι άμεση και καταστροφική. Παρακάτω αναφέρουμε την επίδραση των φυσικών παραγόντων θερμοκρασίας, ανέμου και νερού.

A. Θερμότητα.

Επιδρά με διάφορους τρόπους στα διάφορα υλικά.

- Η αύξηση και η ελάττωση της θερμοκρασίας κατά την ημέρα και τη νύχτα, όπως είναι γνωστό προκαλεί διαστολές και συστολές σε όλα τα υλικά. Έτσι δημιουργείται μισ συνεχής κίνηση στα μόριά τους.

Όταν οι θερμοκρασιακές διαφορές ημέρας - νύχτας είναι μεγάλες και η συνοχή των μορίων του υλικού δεν είναι ισχυρή, όπως συμβαίνει π.χ. στους λίθους, τότε η κίνηση που προκαλείται μπορεί να επιφέρει τη βαθμιαία αποσάθρωση του υλικού. Όταν όμως το υλικό έχει μεγάλη συνοχή, όπως π.χ. τα μέταλλα, τότε δεν προκαλείται αποσάθρωση. Παρεμποδίζεται όμως η συνεργασία του με υλικά, που έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής, καταστρέφονται δηλαδή τα σημεία, στα οποία στηρίζεται το υλικό ή καταστρέφεται το ίδιο το υλικό. Π.χ. κοινό ελαιόχρωμα επάνω σε σιδερένιες επιφάνειες, που είναι εκτεθειμένες στο ύπαιθρο, δε διατηρείται για πολύ. Αποφλοιώνεται μετά από λίγο χρόνο και τελικά πέφτει. Επίσης, ράβδος σιδερένια πακτωμένη σε δυο αμετακίνητα στηρίγματα είναι δυνατό να κυρτωθεί, εάν υψωθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή να καταστραφούν τα σημεία στηρίξεώς της, εάν ελαττωθεί η θερμοκρασία [9].

- Εκτός από την αυξομείωση και οι πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν χειροτέρευση των διαφόρων ιδιοτήτων των υλικών και μπορεί να επιφέρουν και την τέλεια καταστροφή του, όταν υπερβούν ένα ορισμένο σημείο για κάθε υλικό.

Υψηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται σε ορισμένα βιομηχανικά έργα, όπως π.χ. σε καπνοδόχους, καμίνους ψησίματος, (οπτήσεως) ασβεστολίθων για την παραγωγή ασβέστη, καθώς και σε περίπτωση πυρκαγιάς. Σε περίπτωση πυρκαγιάς η δοκιμασία των υλικών, κυρίως των ψαθυρών (λίθοι, τούβλα, επιχρίσματα), είναι ακόμη μεγαλύτερη, γιατί ενώ βρίσκονται κάτω από την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, δέχονται απότομα το ρεύμα του ψυχρού νερού από τις πυροσβεστικές αντλίες. Η απότομη ψύξη προκαλεί σοβαρές καταστροφές στα υλικά αυτά.

Πολύ χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται σε ψυχρά κλίματα τους χειμερινούς μήνες ή σε θαλάμους καταψύξεως και επηρεάζουν ορισμένα υλικά, κυρίως τα πλαστικά.

- Η θερμότητα επιδρά στα υλικά και με άλλο τρόπο. Έχει δηλαδή την ικανότητα να διαπερνά ένα σώμα, όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο απέναντι επιφανειών του. Π.χ. ένας τελείως κλειστός

χώρος με τοιχώματα από λίθους ή τούβλα, ξύλο ή μέταλλο τείνει να αποκτήσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του, εφόσον αυτή είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από τη θερμοκρασία αυτού του κλειστού χώρου. Ο χρόνος που θα απαιτηθεί για να εξισορροπήσουν οι θερμοκρασίες, εξαρτάται από τη θερμοαγωγιμότητα του υλικού και από το πάχος του. Την ιδιότητα αυτή της θερμότητας πρέπει να τη σκεφτούμε σοβαρά σε έργα, όπου πρέπει να διατηρηθούν σταθερές θερμοκρασίες μέσα στο χώρο που περικλείουν (όπως π.χ. κατοικίες, ψυκτικοί χώροι, κ.α.) Ανάλογη πρέπει να είναι και η επιλογή των υλικών [9].

Β. Άνεμος

Η επίδραση του ανέμου στα υλικά είναι μηχανική και εκδηλώνεται ως εξής: ο άνεμος μεταφέρει μικρούς κόκκους άμμου, οι οποίοι κτυπούν με ταχύτητα τις εκτεθειμένες επιφάνειες των έργων και προκαλούν χαλάρωση των εξωτερικών μορίων. Τα μόρια αυτά με την πάροδο του χρόνου πέφτουν και δημιουργείται έτσι νέα επιφάνεια, που υπόκειται και αυτή στη δράση του ανέμου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι αρχαίοι ναοί της Αιγύπτου. Οι προς την έρημο πλευρές τους, από όπου πνέει ο άνεμος, έχουν καταστραφεί σε μεγάλο βαθμό, ενώ οι πλευρές που βρίσκονται στην αντίθετη κατεύθυνση είναι σχεδόν ανέπαφες.

Επίσης ο άνεμος δρά μηχανικά γιατί δημιουργεί δυνάμεις που εξασκούνται επάνω στα τεχνικά έργα και έτσι πιέζουν τα υλικά, από τα οποία έχουν κατασκευαστεί. Η δύναμη του ανέμου, που ασκείται σε ένα έργο, λέγεται ανεμοπίεση [9].

Γ. Νερό

Αυτό επιδρά μηχανικά, όταν πέφτει σε εκτεθειμένες επιφάνειες ως βροχή και απομακρύνει τους χαλαρούς κόκκους. Η βροχή σε συνδυασμό με τον άνεμο δρουν πολύ ενεργητικά επάνω σε μεγάλο αριθμό υλικών με μικρή συνοχή.

Επίσης μηχανικά επιδρά το νερό και σε πορώδη υλικά π.χ. λίθους, τούβλα, σκυρόδεμα, ως εξής:

Τα πορώδη υλικά παρουσιάζουν αρκετά κενά στη μάζα τους, όσο συμπαγή και αν είναι. Στα κενά αυτά εισχωρεί το νερό. Εάν εμφανιστούν χαμηλές θερμοκρασίες, τότε το νερό ψύχεται (παγώνει) και διαστέλλεται, με αποτέλεσμα τη διάρρηξη του υλικού στις περισσότερες περιπτώσεις.

Η δύναμη, που ασκείται από τη διαστολή του πάγου είναι εξαιρετικά μεγάλη, υπολογίζεται δε ως εξής. Όπως είναι γνωστό, όταν μια ποσότητα νερού ψυχθεί, αυξάνεται ο όγκος αυτής κατά 9%. Π.χ. μια ποσότητα νερού με όγκο 1000 cm^3 . Εάν εμποδιστεί η αύξηση αυτή του όγκου, με την τοποθέτηση νερού π.χ. μέσα σε σιδερένιο δοχείο διαστάσεων $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ κλεισμένου από παντού, σε κάθε τοίχωμα του δοχείου ενεργεί συνολική δύναμη ίση προς 2300 kp ή 23 kp/cm^2 .

Τέλος, η επαναλαμβανόμενη ψήξη και απόψηση του νερού που βρίσκεται μέσα στους πόρους ενός σώματος, προκαλεί επιφανειακές καταστροφές. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται συχνά τους χειμερινούς μήνες, κατά τους οποίους το μέσα στους επιφανειακούς πόρους νερό ψύχεται τη νύχτα και αποψύχεται την ημέρα. Σοβαρές καταστροφές προκαλούνται σε κατασκευές από σκυρόδεμα ακριβώς για αυτό τον τελευταίο λόγο, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα όπως είναι η προσθήκη αερακτικού πρόσθετου για τη δημιουργία μικροσκοπικών φυσαλίδων αέρα μέσα στη μάζα του κονιάματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ
ΑΡΧΑΙΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

4. ΑΡΧΑΙΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

4.1. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ

4.1.1. Το “αρχαίον κάλλος”.

Είναι γνωστό ότι ο οιοσδήποτε μελετητής (επιστήμονας ή όχι), που ασχολείται με κάποια από τα πάμπολα δημιουργήματα-επιτεύγματα του πολιτισμού της Αρχαίας Ελλάδας, δεν μπορεί παρά να σταθεί απέναντι σε αυτά με σεβασμό, αλλά και απέραντο θαυμασμό. Και αυτό γιατί σε αυτόν εδώ τον τόπο πριν από δυόμισι χιλιάδες περίπου χρόνια πρώτοι οι Έλληνες έθεσαν ως μεγάλο σκοπό να αποκαλύψουν την “αλήθεια” που είναι κρυμμένη μέσα στη φύση, χωρίς να φοβηθούν τον φθόνο των Θεών. Και καλλιεργώντας στο έπακρο πνεύμα και ψυχή, παράλληλα με το σώμα, δημιούργησαν έναν πολιτισμό τόσο λαμπρό που δίκαια χαρακτηρίστηκε ως το “αρχαίον κάλλος”.

Εδώ θεσπίστηκαν οι κανόνες της σκέψης, εδώ θεμελιώθηκε η δυτική φιλοσοφία και πήραν οριστική μορφή τα περισσότερα από τα κυριότερα ερωτήματά της. Εδώ ο Πλάτωνας δίδαξε ότι η ανθρώπινη λογική είναι θεϊκή και ότι η αναζήτηση της γνώσης είναι η πιο αξιόλογη ενασχόληση τού πνεύματος. Στόν τόπο αυτό ο Πυθαγόρας συνέλαβε τους φυσικούς νόμους σαν απλές και ορισμένες σχέσεις μεταξύ αριθμών, μαζί με την έννοια του κενού, δημιουργώντας το πρότυπο της ακριβούς επιστήμης. Εδώ έζησαν και δημιούργησαν ο Σωκράτης, ο Δημόκριτος, ο Αριστοτέλης, ο Αισχύλος, ο Φειδίας και πολλοί άλλοι.

Με θαυμασμό φυσικά στέκει και ο σημερινός πολιτικός μηχανικός απέναντι στα δημιουργήματα των αρχαίων Ελλήνων τεχνικών. Εργασίες - μελέτες σε αρχαία τεχνικά έργα, όπως αυτή του Ευστ. Ευσταθιάδη [3] καταδυναμίζουν ότι η επιστημονική τεχνολογία στην αρχαία Ελλάδα ήταν, από τους προϊστορικούς χρόνους, σε τέτοιο βαθμό ανεπτυγμένη, ώστε βάδιζε σε υψηλά επίπεδα παράλληλα και σύγχρονα με τα επιτεύγματα της φιλοσοφίας, της τέχνης και της όλης επιστήμης. Ο κ. Ευσταθιάδης βασισμένος στα αποτελέσματα της έρευνάς του φτάνει στο σημείο να κάνει λόγο για “τεχνική φιλοσοφία” στην Αρχαία Ελλάδα.

4.1.2. “Τεχνική φιλοσοφία” και κονιάματα

4.1.2.1. Οι κονίες στην αρχαία Ελλάδα

Ο γύψος ως συνδετικό υλικό είχε εκτεταμένη χρήση στην Αρχαία Ελλάδα από τους προϊστορικούς χρόνους, όπως άλλωστε και σε άλλους αρχαίους πολιτισμούς (π.χ. στην Αρχαία Αίγυπτο βλ. 3.3). Αυτό μαρτυράται και από αρχαία κείμενα - περιγραφή του γύψου υπάρχει στο βιβλίο του Θεόφραστου “Περί Λίθων” - αλλά φυσικά και από μνημεία στην κατασκευή των οποίων είχε ευρέως χρησιμοποιηθεί (όπως τα ανάκτορα των Μυκηνών).

Διευκρινιστικά εδώ πρέπει να σημειωθεί, ότι ο γύψος (κυρίως λόγω προβλημάτων σκληρότητας) δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως συστατικό (συνδετικό υλικό) του “αρχαιοελληνικού σκυροδέματος”, όπως αυτό περιγράφεται στο παρακάτω υποκεφάλαιο.

Η βασική συνδετική ύλη που χρησιμοποιείτο για την παρασκευή του “αρχαιοελληνικού σκυροδέματος” και των κονιαμάτων γενικότερα, ήταν η υδράσβεστος, ενίοτε δε, με τα εξής υδραυλικά ή πουζολανικά πρόσθετα [13]:

- Λιοτριβιμμένοι οπτόπλινθοι, κυρίως όπου χρειαζόταν στεγανοποίηση (όπως σε διακόσμηση σπιτιού στη Δήλο, Bulard 1908) .
- Στάχτη, όχι πολύ συχνά πάντως (συναντάται στην Κόρτη Αρκαδίας, Ginouves 1940).
- Σιδηρόσκονη όπως στην αγορά των Αθηνών, Bandeka 1982.
- Κατάλοιπα εκμετάλλευσης κοιτασμάτων μολύβδου (πρωτοξείδιο του μολύβδου) σε συνδιασμό με άλλα μέταλλα, που βρέθηκαν μόνο σε υψηλής προστασίας κονιάματα στο Λαύριο, Bandeka 1982.
- Και τέλος “κίσσηρις”, ηφαιστιακή άμμος δηλαδή, που παραγόταν στα νησιά Θήρα (Σαντορίνη) και Νίσυρο, καθώς επίσης και στην περιοχή της Δικαιαρχίας (αποικία των Ελλήνων στην Κάτω Ιταλία, κατοπινή Potouoli).

Εδώ πρέπει να σταθούμε παραπάνω σε αυτή την ελληνική πουζολάνη, την “έξυπνη άμμο” όπως την χαρακτήριζαν, και τις χρήσεις της. Δεν είναι γνωστό πότε ανακαλύφθηκε από τους Έλληνες η αξιοθαύμαστη ικανότητα ορισμένων ηφαιστιακών πετρωμάτων να συμπεριφέρονται ως φυσικά τσιμέντα. Ευρήματα πάντως του Botticher στο αρχαίο λιμάνι του Πειραιά, που καταδεικνύουν ευρεία χρήση θηραϊκής γής (ηφαιστιακών τόφφων από τη Σαντορίνη) χρονολογούνται τον 5ο π.Χ. αιώνα. Αυτά είναι και η αρχαιότερη ένδειξη που έχουμε έως τώρα για την χρήση πουζολανικών υλικών ως τεχνικά υλικά.

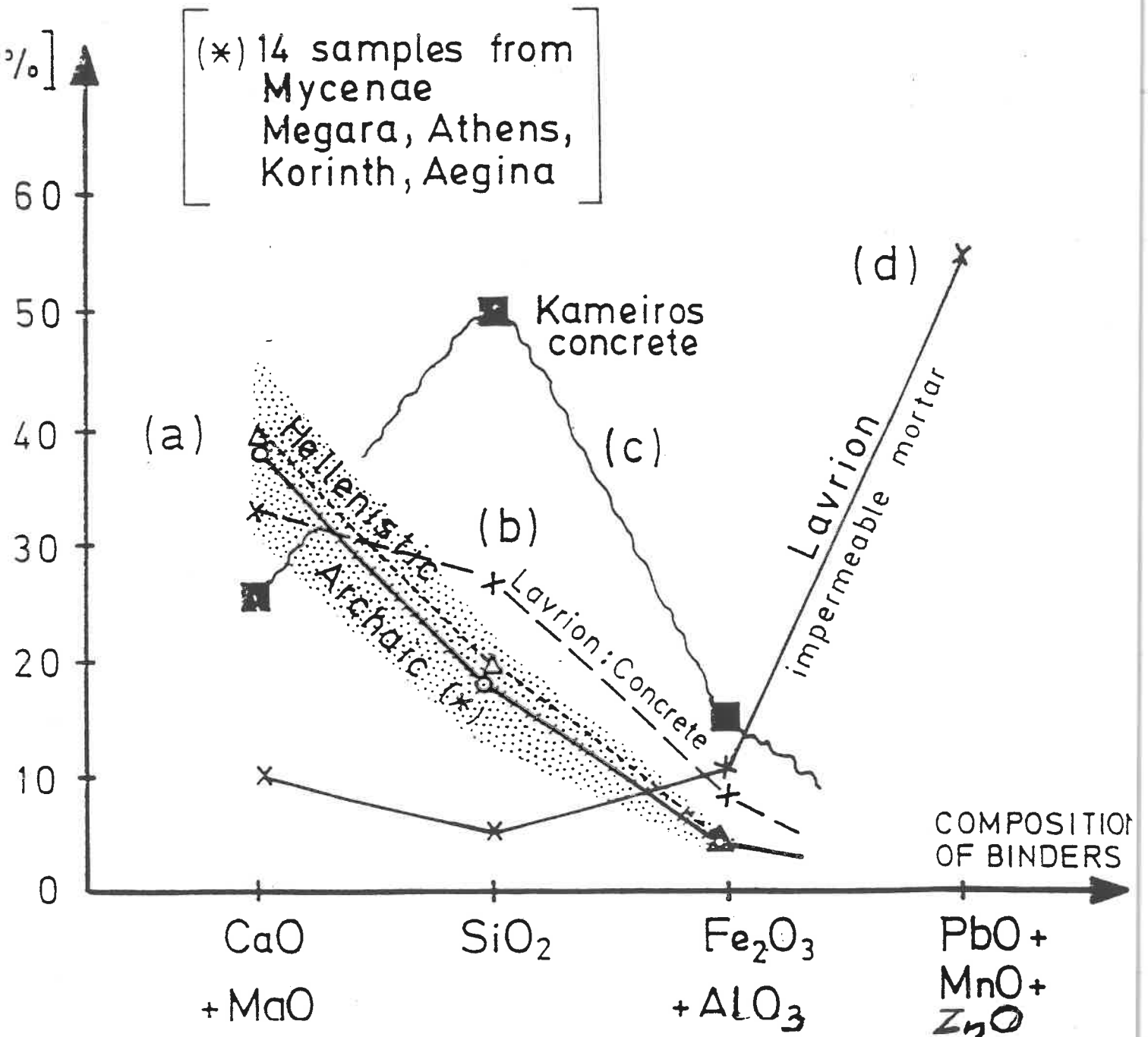
Άλλες αναφορές για την χρήση πουζολάνων στην Αρχαία Ελλάδα είναι αυτή του Wilski, που το 1902 βρήκε στο ασβεστοκονίαμα του επιχρίσματος των τοίχων του ναού του Ήφαιστου (5ου π.Χ. αιώνα) θηραϊκή γή σε αναλογία 10%. Του Stevens (1950) που μελετώντας τα κονιάματα που περιβάλλουν τα μάρμαρα και αποτελούν τη βάση για τους στούκους ή τις ζωγραφιές, θεώρησε ως συστατικά τους τον ασβέστη, την μαρμαρόσκονη και τη θηραϊκή γή. Καθώς επίσης και του Rhomaios (1952) για το ισχυρό συνδετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για να “κολληθούν” σπασμένα κομμάτια μαρμάρου στο ναό της Κνακείου Άρτεμης, αποτελούμενο από ασβέστη και λεπτού στρώματος θηραϊκής γης.

Άλλες αναφορές υπάρχουν και σε αρχαία κείμενα όπως αυτή στο βιβλίο “Περί Λίθων” του Θεόφραστου που κάνει λόγο για την “κίσσηρη (από τη νήσο Νίσυρο) με σύνθεση παρόμοια με την άμμο”. Και όπως αυτή που υπάρχει στα “Γεωγραφικά” του Στράβωνα (1ος αιώνας π.Χ.) που περιγράφει τη χρήση πουζολάνων στην ελληνική αποικία της Δικαιαρχίας και στην ευρύτερη περιοχή της, που βρισκόταν κοντά στη Νεάπολη (σημερινή Νάπολη). Σε αυτή την ηφαιστιακή περιοχή “η πόλη έγινε σπουδαίο λιμάνι με τεχνικά έργα χάρη στην εξυπνάδα της άμμου που υπάρχει εκεί, η οποία όταν αναμιγνύεται με ασβέστη, έχει ισχυρές συγκολλητικές ιδιότητες. Έτσι με την ανάμιξη της άμμου με τον ασβέστη, οι κάτοικοι φτιάχνουν προβλήτες δημιουργώντας κόλπους στην ανοιχτή ακτή έτσι ώστε τα μεγάλα πλοία να μπορούν εύκολα να αγκυροβολούν” (Στράβωνος “Γεωγραφικά”).

Έχει μεγάλο ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε την εξέλιξη των κονιών στην Αρχαία Ελλάδα από τους προϊστορικούς στους ελληνιστικούς χρόνους. Οι χημικές αναλύσεις σε αρκετά δείγματα από διακοσμήσεις σπιτιών αλλά και στεγανών επιχρισμάτων δεξαμενών, μας δίνουν μια θαυμάσια εικόνα για τα συστατικά των κονιών. Στο σχήμα 4.1. [13] γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί αυτή η εξέλιξη οπτικά σε διάγραμμα, βασισμένη σε πληροφορίες από τις εξής πηγές:

- Orlandos (1955), επτά δείγματα από Αθήνα, Κόρινθο, Αίγινα που χρονολογούνται περί τους 6ο με 3ο π.Χ. αιώνες.
- Ευσταθιάδης (1978), αρκετά δείγματα από δεξαμενή νερού (5ου π.Χ. αιώνα) στην Κάμειρο της Ρόδου.
- Bandeka (1982), δύο δείγματα από τις Μυκήνες (το ένα από προϊστορική δεξαμενή, το άλλο από ελληνιστική δεξαμενή), τρία δείγματα από την αγορά των Αθηνών και εννέα δείγματα από το σκυρόδεμα των δεξαμενών στο Λαύριο (5ου και 4ου π.Χ. αιώνα).
- Τάσσιος (1991), δύο δείγματα από τη δεξαμενή νερού του Θεογένη στα Μέγαρα (6ου π.Χ. αιώνα).

Αξίζει να παρατηρήσει κανείς την πρακτικά σταθερή σύσταση των κονιών - που χρησιμοποιούνταν κυρίως σε υδραυλικά έργα - μέσα στο πέρασμα των αιώνων. Μέσα σε αυτή τη σταθερότητα στο χρόνο, είναι φανερό ότι δύο τεχνικές “επαναστάσεις” έλαβαν χώρα. Η χρήση πουζολανικών υλικών (βλ. την βαθμιαία αύξηση του SO_2 στο σχήμα 4.1.) και η χρήση βαρέων μετάλλων (βλ. την απότομη αύξηση των μεταλλικών συστατικών στο σχήμα 4.1.).



Σχήμα 4.1. Κονίες στην Αρχαία Ελλάδα [13]

4.1.2.2. "Αρχαιοελληνικό σκυρόδεμα"

4.1.2.2.1. Γενικά

Αν ορίσουμε γενικευμένα και όχι αυθαίρετα το σκυρόδεμα ως ένα μίγμα από (φυσικά ή τεχνητά) αδρανή με κάποιο συνδετικό υλικό (κονία), που προσδίδει σε αυτό αντοχή, συνοχή και σκληρότητα και που τοποθετείται, είτε με έγχυση, είτε με μυστρί, τότε μπορούμε ανεπιφύλακτα να μιλήσουμε περί ύπαρξης "αρχαιοελληνικού σκυροδέματος".

Αυτό γιατί, περί τους 6ο με 3ο π.Χ. αιώνες στην Αρχαία Ελλάδα, μαρμαρόσκονη, άμμος με/ή χαλίκια, μεγάλα κομμάτια σπασμένων τούβλων, ή ακόμα και μεταλλεύματα, χρησιμοποιούνταν ως αδρανή, με τον ασβέστη ως κυριότερο συνδετικό υλικό παράλληλα ή σε συνδυασμό με σιδηρόσκονη και πολύ συχνότερα με πουζολανικά υλικά [13].

Είναι σαφείς λοιπόν οι ενδείξεις ότι το δομικό υλικό που κυριαρχεί στον αιώνα μας (το σκυρόδεμα) είχε εφευρεθεί από τους αρχαίους Έλληνες τεχνικούς. Είχε δε η τεχνολογία του τόσο αναπτυχθεί από αυτούς, ώστε στα οικοδομήματά τους που διατηρούνται μέχρι σήμερα, το "αρχαιοελληνικό σκυρόδεμα" εξακολουθεί να βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση και μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις διατηρεί τεχνικά χαρακτηριστικά (π.χ. θλιπτική αντοχή), σε επίπεδα που να ικανοποιούν τους σημερινούς τεχνικούς κανονισμούς [3].

Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί, ότι αν και ο ασβέστης ήταν γνωστός στους Έλληνες από τους προϊστορικούς χρόνους (όπως μαρτυρά η δεξαμενή των Μυκηνών), στα μνημεία τους δεν χρησιμοποιούσαν τοιχοποιίες με υγρούς αρμούς από κονίαμα. Όταν μάλιστα στον 7ο π.Χ. αιώνα εξαιτίας της εξέλιξης μηχανικών γερανών, το ξύλο ως δομικό υλικό των Ναών αντικαταστάθηκε από την πέτρα, το ιδανικό για την αρχιτεκτονική τελειότητα θεωρείτο οι λαξευτές πέτρες με μηδενικό πάχος (στεγνών) αρμών, είτε σε σχήμα κυκλικό (για τους κίονες), είτε σε σχήμα κανονικό.

Δηλαδή, κανένα κονίαμα δεν χρησιμοποιείτο ως συνδετική ύλη των στοιχείων των τοιχοποιιών στην Αρχαία Ελλάδα. Αυτό έγινε, σε σπάνιες περιπτώσεις, αργότερα κατά τους ελληνιστικούς χρόνους όπως μαρτυρά σπίτι στη Δήλο που χρονολογείται περί τα τέλη του 2ου π.Χ. αιώνα. Παρ' όλα αυτά τα κονιάματα χρησιμοποιούνταν ευρέως σε άλλες τεχνικές εργασίες. Έτσι λοιπόν, μπορούμε να μιλήσουμε για χρήση σκυροδέματος ή μικροσκυροδέματος στα αρχαιοελληνικά τεχνικά έργα [13]:

- Στη συμπλήρωση μεγάλων ρωγμών, κυρίως στα θεμέλια.
- Στα λεπτού πάχους πατώματα που έφτιαχναν στο έδαφος.
- Σε λεπτά διακοσμητικά αρχιτεκτονικά στοιχεία (στούκος).
- Ως βάση για ζωγραφιές στις τοιχοποιίες.
- Στα επιχρίσματα δεξαμενών, κυρίως νερού αλλά και μεταλλουργικών δεξαμενών.
- Στις λιμενικές τεχνικές εργασίες.
- Καί τέλος στο “έμπλεκτον”.

Μάλιστα για την τελευταία των περιπτώσεων, έχουμε πληροφορίες από τη κυριότερη πηγή για την ελληνική αρχιτεκτονική, τον ρωμαίο συγγραφέα Βιτρίνιο που περιγράφει εκτενώς την ελληνική εφεύρεση του “έμπλεκτου”. Βάση αυτής της οικονομικής λύσης η μανία των αρχαίων Ελλήνων για άψογης αισθητικής πέτρινα οικοδομήματα, ικανοποιήθηκε και όσον αφορά τις προσόψεις αυτών, αλλά και ως προς την σταθερότητά τους, που εξασφαλίστηκε από τη μέθοδο της έκχυσης/συμπλήρωσης υλικού: “θραύσματα πετρών παράλληλα ή σε συνδυασμό με κονίαμα” (Lamprecht, 1987).

Σύμφωνα με τον Haegerman (1964), το “έμπλεκτον” ήταν το πρωτότυπο του σημερινού σκυροδέματος το οποίο και πήραν ως λάφυρο οι Ρωμαίοι από τις ελληνικές αποικίες της Κάτω Ιταλίας. Το ότι το φημισμένο “opus caementicium” δεν υπήρξε ρωμαϊκή εφεύρεση αποδεικνύεται άλλωστε και από την χρησιμοποίηση από τον Βιτρίνιο (βιβλίο 2ο, κεφάλαιο 8) της ελληνικής λέξης “έμπλεκτον” για να χαρακτηρίσει το είδος των τοιχοποιιών που έχουν κατασκευαστεί με την έγχυση “κονιάματος με πέτρες τυχώς αναμεμιγμένα”.

4.1.2.2.2. Συγκεκριμένα παραδείγματα

α) Το σκυρόδεμα του Λαυρίου

Σε αρκετές αρχαίες δεξαμενές στο Λαύριο, έχει διατηρηθεί επικάλυψη υψηλής στεγανότητας από σχετικά μικρού πάχους (2 - 20 cm) σκυρόδεμα του οποίου η σύσταση φαίνεται στο σχήμα 3.1. (καμπύλη "b"). Σε αυτό βλέπουμε καθαρά ότι το σκυρόδεμα εμπεριέχει πουζολανικά συστατικά που λογικά υποθέτουμε ότι προέρχονται από την χρήση θηραϊκής γής ως αρχικό συστατικό του μίγματος.

Η ιδιαιτερότητα αυτού του "αρχαιοελληνικού σκυροδέματος" βρίσκεται στη φύση των χρησιμοποιηθέντων αδρανών. Μεταλλεύματα που υπάρχουν άφθονα στην περιοχή χρησιμοποιήθηκαν σε ποσοστό που ποικίλει από 5% έως 50% του ολικού ποσού των αδρανών. Αυτός είναι ένας από τους κυριότερους λόγους που το "αρχαιοελληνικό σκυρόδεμα" του Λαυρίου έχει υψηλή αντοχή (υπολογίστηκε της τάξεως 6 έως 22! N/mm²) [13].

β) Το πυκνό πουζολανικό σκυρόδεμα της Καμείρου

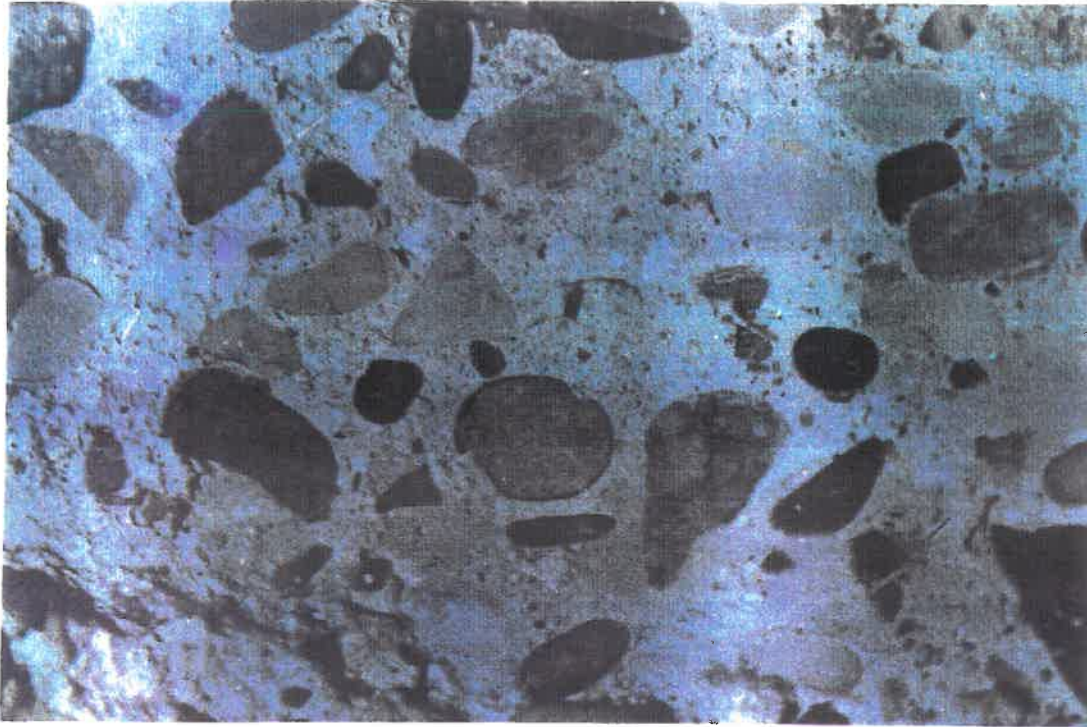
Ο Ευσταθιάδης (1978) [3], ερευνήσε εκτεταμένα ένα ιδιαιτέρως πυκνό σκυρόδεμα, το οποίο χρονολογείται τον 4ο ή 5ο π.Χ. αιώνα, που βρίσκεται σε δεξαμενή στην ακρόπολη της Καμείρου στη Ρόδο. Οι ελαφρώς κεκλιμένοι τοίχοι της δεξαμενής νερού χωρητικότητας 600 m³ (10x15x4m) καλύπτονται από σκυρόδεμα από έγχυση, πάχους 10 έως 25 cm. Λόγω διαφοροποίησης της χρήσης της δεξαμενής, αυτή αργότερα καλύφθηκε τελείως από χώμα, έτσι το σκυρόδεμα της έμεινε άθικτο για πάνω από 2 χιλιετίες, κάνοντας σήμερα δυνατή την μελέτη του.

Η σύσταση της ιδιαιτέρως ισχυρής συνδετικής ύλης του φαίνεται στο σχήμα 3.1. (καμπύλη "c") όπου και είναι φανερό το υψηλό ποσοστό της πουζολάνης. Κατά τον Ευσταθιάδη η αναλογία των συστατικών που χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής :

- πυριτικά αδρανή διαφόρου μεγέθους κόκκου από 0,2 mm έως 20 mm 24%

- φυσική θηραϊκή γή 22%
- λεπτόκοκκα αδρανή ασβεστολιθικής προελεύσεως 47%
- άνυδρη άσβεστος (CaO) 7%

τα οποία δίνουν μίγμα με θλιπτική αντοχή 13,5 N/mm². Σε δοκιμές επίσης για τη στεγανότητα του κονιάματος υπό πίεση στήλης ύδατος 2,5m επί 24 ώρες δεν παρατηρήθηκε καμία διαρροή, δηλαδή υπήρξε τέλεια στεγανότητα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η κοκκομετρική καμπύλη του σκυροδέματος της Καμείρου που υπολογίστηκε ότι είναι πολύ κοντά στη γραμμή του Fuller .



Εικόνα 4.1. Τομή σκυροδέματος αρχαίας δεξαμενής Καμείρου [3]



Εικόνα 4.2. Αυτούσια αδρανή υλικά του αρχαίου σκυροδέματος της Καμείρου [3]

γ) Το σκυρόδεμα στην δεξαμενή νερού του Θεογένη στα Μέγαρα

Άσβεστο-μικροσκυρόδεμα αποτελεί στεγανή επένδυση σε αρκετά μεγάλη (13x18m) δεξαμενή στα Μέγαρα που χρονολογείται το 500 π.Χ. Η σύστασή του εκπροσωπείται από την καμπύλη "α" στο σχήμα 3.1. και είναι μια σύσταση σταθερή μέσα στους αιώνες που χρησιμοποιείται και σήμερα.

Αν και η μελέτη έγινε σε μικρό αριθμό δειγμάτων υπολογίστηκε ότι το εν λόγω κονίαμα έχει θλιπτική αντοχή της τάξεως του 6 N/mm^2 , όσο περίπου δηλαδή έχει και το σημερινό κονίαμα με σύσταση 2/1/8 άσβεστος-τσιμέντο-άμμος [13].

δ) Το σκυρόδεμα με κεραμικά αδρανή της Ρόδου

Κοντά στην αρχαία ακρόπολη της Ρόδου σώζεται ελληνιστική βίλλα (3ου π.Χ. αιώνα), που περιλαμβάνει πατώματα από σκυρόδεμα δύο στρώσεων μεγάλης επιφάνειας. Η πρώτη στρώση αποτελείται από σκυρόδεμα με αρκετά υψηλό ποσοστό κεραμικών αδρανών (σπασμένων τούβλων). Η χημική αντίδραση αυτών με την άσβεστο (συνδετική ύλη του κονιάματος) εξηγεί την σχετικά υψηλή θλιπτική αντοχή αυτού του σκυροδέματος, που υπολογίστηκε από 6 έως 12 N/mm^2 [13].

Αντιθέτως η μεταγενέστερη στρώση είναι αρκετά αδύνατη αφού έχει επίπεδα αδρανή και σε μικρή σχετικά αναλογία. Αυτό υποδηλώνει μια τεχνολογική παρακμή με την πάροδο των ελληνιστικών χρόνων, πολύ φυσιολογικά άλλωστε, αφού τότε ο ελληνικός πολιτισμός γνώριζε την παρακμή του.

4.2. BYZANTINA ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Όπως προαναφέραμε, τα κονιάματα στην Αρχαία Ελλάδα χρησιμοποιούνταν κυρίως σε δευτερεύουσες δομικές εργασίες και σίγουρα όχι ως συνδετική ύλη των στοιχείων των τοίχων. Αυτό έγινε στα τέλη του 2ου και στις αρχές του 1ου π.Χ. αιώνα (οικίες στη Δήλο και στη Σαντορίνη) και σίγουρα όχι ευρέως. Στους ρωμαϊκούς χρόνους που ακολούθησαν, κονιάματα χρησιμοποιούνταν και στην κατασκευή τοιχοποιιών εξαιτίας της διάδοσης των “χυτών” κατασκευών από μικρούς λίθους ή αμμοχάλικο, συνδετικό κονίαμα και νερό [11].

Με την έναρξη των βυζαντινών χρόνων, από τον 4ο μ.Χ. αιώνα και μετά, το σύνθετο αυτό δομικό υλικό άρχισε να περιορίζεται στις χώρες της ανατολικής Μεσογείου έως ότου εξαφανίστηκε εντελώς. Παράλληλα στις ίδιες περιοχές οι χρησιμοποιούμενοι στις τοιχοποιίες φυσικοί λίθοι δεν είναι πιά ούτε προσεκτικά διαλεγμένοι, ούτε προσεκτικά λαξευμένοι, έτσι η επικάλυψή τους με επίχρισμα γίνεται πλέον σχεδόν απαραίτητη. Επίσης κάνει την εμφάνισή του στην Ελλάδα ένα πρωτόγνωρο γι αυτή δομικό υλικό, οι “οπτές πλίνθοι ή οπτόπλινθοι” δηλαδή ψημένες πλίνθοι (τούβλα), το οποίο με την πάροδο του χρόνου κυριάρχησε.

Επακόλουθο των παραπάνω ήταν, στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο τα βυζαντινά χρόνια, η ευρεία διάδοση της χρήσης κονιαμάτων από ασβέστη ως συνδετική ύλη των στοιχείων των τοιχοποιιών, τόσο των λίθινων όσο και αυτών από οπτόπλινθους. Στην τελευταία μάλιστα περίπτωση, το πάχος των οριζόντιων στρώσεων του κονιαματος έφτανε τα 5,2 cm, όσο δηλαδή και το πάχος των οπτόπλινθων [11].

Για την παρασκευή των κονιαμάτων οι Βυζαντινοί, αντί νερού συνήθιζαν να χρησιμοποιούν ζωμόν ή χυλόν κριθής, για την καλύτερη συγκόλληση των κόκκων του μίγματος. Έβραζαν δηλαδή κριθάρι σε νερό μέχρις ότου χυλώσει και προσέθεταν κοπανισμένα τεμάχια φλοιού πελέας. Πολλές φορές προσέθεταν επιπλέον και κοπανισμένα σε λεπτότατους κόκκους θραύσματα κεράμων ή τούβλων. Έτσι επιτύγχαναν υδραυλικά κονιάματα πολύ συνεκτικά και ιδιαίτεως ανθεκτικά.

Ο Ανώνυμος βυζαντινός χρονογράφος, γράφει σχετικά ότι “ανεμίγνυον τω ασβέστω χυλόν κριθής συν τω οστράκω αντί ύδατος, ο δε αυτής χυλός υπήρχε γλισχρός (ιξώδης, λιπαρός, ελαφρός παχύρρευστος) και μιξώδης και κολλητικός. Ομοίως δε και των φλοιών πτελεών, κατατέμνοντες ενέβαλλον εν τοις κακάβοις μετά κριθής...”[11].

Παραπλήσια θα σημειώσει αργότερα και ο Γ. Κωδινός στο μέρος του χρονικού του, που αναφέρεται στο κτίσιμο του ναού της Α. Σοφίας: “.. Η δε κριθή ίστατο βράζουσα είς κακάβους ευμεγέθεις, και τον ζωμόν αυτής εμίγνυον μετά του ασβέστου και του οστράκου. Αντί δε ύδατος αυτοίς υπήρχε ο ζωμός της κριθής χλιαρός. Έκοπτον δε και τους φλοιούς της πτελέας, και εμίγνυον μετά του ασβέστου, και εποίου μάζας. Και ούτε άγαν θερμόν ούτε πάλιν ψυχρόν ετίθουν, αλλά χλιαρόν δια το κολλητικώτερον είναι και τους λίθους κολλάν δίκην σιδήρου...” [7].

Μερικές φορές φαίνεται ότι για την παρασκευή των κονιαμάτων, χρησιμοποιούσαν οι Βυζαντινοί αντί νερού ή ζωμού κριθής, όπως ανώτερα αναφέρθηκε, κάποιο έλαιο, το είδος του οποίου όμως δεν αναφέρεται πουθενά συγκεκριμένα. Ευλόγως εικάζεται ότι αυτό θα ήταν όχι βέβαια ελαιόλαδο ή άλλο παρόμοιο λάδι, αλλά ένα ξηραινόμενο έλαιο, π.χ. λινέλαιο γιατί διαφορετικά δεν θα εστερεοποιείτο το μίγμα.

Γράφει, λοιπόν ο Γ. Κωδινός για κονιάματα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάποιες θέσεις του ναού της Αγ. Σοφίας: “Έξωθεν δε του συνδέσμου του όλου κτίσματος η άσβεστος μετά ελαίου χριστού εστί πεπλασμένη αντί ύδατος διά το εδραίον και πάγιον. Ούτως έστησαν τας ορθομαρμαρώσεις” [7].

4.3. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΑΙΓΥΠΤΟ

Μόλις το 1969, ο Alfrend Lukas βασισμένος σε χημικές αναλύσεις σε αρχαιοαιγυπτιακά κονιάματα, φαίνεται ότι πρώτος διατύπωσε την άποψη ότι οι αρχαίοι Αιγύπτιοι μέχρι τους ρωμαϊκούς χρόνους (όπου και επικράτησαν τα ασβεστοκονιάματα) κατασκεύαζαν τα κονιάματά τους:

- από “πηλό” για την κατασκευή τούβλων που στέγνωναν στον ήλιο,
- από γύψο για χρήση σε πέτρινες κατασκευές.

Πρόσφατες έρευνες, βασισμένες στην διάθλαση ακτίνων Χ [4], σε εκτεταμένα δείγματα κονιαμάτων από τις δύο πυραμίδες στη Γύζα και από το μνημείο και τον ναό της Σφήκας επιβεβαίωσαν απόλυτα τα παραπάνω.

Ο λόγος που προτιμούσαν τον γύψο έναντι της ασβέστου, είναι η έλλειψη σε καύσιμα που αντιμετώπιζαν. Αφού όπως είναι γνωστό η ασβεστός για την καύση της απαιτεί πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι ο γύψος, δηλαδή πολύ περισσότερη καύσιμη ύλη που τους ήταν σπάνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ
ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο προσδιορισμός της αντοχής του κονιάματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας στη διερεύνηση της φέρουσας ικανότητας των τοιχοποιιών.

Για αυτό το θέμα δεν υπάρχουν αξιόπιστες και πρακτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του μεγέθους αυτού σε υπάρχοντα κτίρια. Οι φυσικοχημικές μέθοδοι όπως οι πετρογραφικές τομές, σκέδαση ακτίνων Χ και θερμοβαρυτομετρική ανάλυση δεν προσφέρουν ικανοποιητικές εκτιμήσεις της αντοχής του κονιάματος. Οι μηχανικές μέθοδοι όπως οι δοκιμαστικές φορτίσεις στο εργαστήριο σε μεγάλα κομμάτια μιας τοιχοποιίας είναι πιο αξιόπιστες αλλά ακριβές και δεν είναι κατάλληλες σε όλες τις περιπτώσεις [10].

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αυξημένο ενδιαφέρον για τον έλεγχο της αντοχής των διαφόρων τοιχοποιιών. Το ενδιαφέρον αυτό πηγάζει από την ανάγκη εισαγωγής βελτιωμένων μεθόδων εκτίμησης της μηχανικής συμπεριφοράς των τοιχοποιιών με σκοπό την ανάπτυξη ακριβέστερων μεθόδων υπολογισμού των κατασκευών τόσο σε στατικά όσο και σεισμικά φορτία.

Ιδιαίτερο επίσης ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις συντήρησης ιστορικών μνημείων από τοιχοποιία. Χαρακτηριστικό του ενδιαφέροντος αυτού είναι η σύσταση πρόσφατα σχετικής τεχνικής επιτροπής εμπειρογνομόνων από τη RILEM (Reunion Internationale de Laboratoires d' Essais et de Recherches sur les Materiaux et les Constructions). Η επιτροπή αυτή ασχολείται με υλικά και τοιχοποιίες. Συνήλθε για πρώτη φορά τον Απρίλιο του 1991 με πρόεδρο τον A.W. Hendry. Η επιτροπή της RILEM CI27-MS με σημερινό πρόεδρο την L. Binda, καθηγήτρια του Πολυτεχνείου του Μιλάνου έχει στόχο την ανάπτυξη διεθνούς συμφωνίας και έκδοση προδιαγραφών για τις δοκιμές σχετικά με τις τοιχοποιίες, στα παρακάτω αντικείμενα:

- συμπεριφορά κατά την λειτουργία,

- ανθεκτικότητα, επί τόπου εκτίμηση,
- μη καταστρεπτικές μέθοδοι.

Το έργο της επιτροπής είναι ιδιαίτερα δύσκολο λόγω του ευρύτατου αντικειμένου της και της μεγάλης του πολυπλοκότητας. Η τοιχοποιία μπορεί να οριστεί σαν ένα ομοιογενές στρωματοποιημένο υλικό με τεράστιο αριθμό δυνατών συνδυασμών ανάμεσα στα συστατικά.

Αυτό γίνεται εμφανές αν λάβει κανείς υπόψη του τον αριθμό των υλικών που χρησιμοποιούνται σήμερα σαν δομικές μονάδες (άργιλος, σκυρόδεμα, πυριτικό ασβέστιο, γύψος, φυσικοί και τεχνητοί λίθοι, κ.λ.π.) το σχήμα και τις διαστάσεις τους και τις δυνατές συνθέσεις για κονιάματα με βάση διάφορες κονίες (τσιμέντο, υδράσβεστος, τσιμεντοασβέστιο, κ. λ.π.)

Στην περίπτωση μεθόδων για την αξιολόγηση βλαβών σε υπάρχουσες τοιχοποιίες, ιδιαίτερα σε ιστορικά κτήρια, στην παραπάνω πολυπλοκότητα προστίθενται πρόσθετες δυσκολίες, όπως [1]:

- προσδιορισμός σύνθεσης και υφής της τοιχοποιίας, δειγματοληψία αντιπροσωπευτικών δοκιμών για έλεγχο των συστατικών,
- μέθοδοι ελέγχου για κονιάματα με βάση την υδράσβεστο,
- μέθοδοι ελέγχου των ιδιοτήτων των αδρανών,
- μηχανισμοί φυσικής και χημικής φθοράς των επιφανειών των τοιχοποιιών,
- επιτόπου μη καταστρεπτική αξιολόγηση των τοιχοποιιών,
- έλεγχος αποδοτικότητας των τεχνικών επισκευής και ενίσχυσης.

Τα παραπάνω εξηγούν επαρκώς το ότι δεν υπάρχει καμία καθορισμένη μέθοδος (ευρείας αποδοχής) - πρακτική - με ικανά αποτελέσματα στην εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής των κονιαμάτων σε υπάρχουσες κατασκευές. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται κάποιες μέθοδοι που σε ορισμένες περιπτώσεις δίνουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα.

5.2. ΔΥΟ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΤΑΣΣΙΟΥ ΒΑΧΛΙΩΤΗ ΣΠΑΝΟΥ

Το Σεπτέμβριο του 1989 ανακοινώθηκαν δυο μέθοδοι εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής παλιών κονιαμάτων, που αναπτύχθηκαν στο εργαστήριο οπλισμένου σκυροδέματος του Ε.Μ.Π. από τον καθηγητή Θ. Τάσιο και τους ερευνητές Χ. Βαχλιώτη και Χ. Σπανό [14].

Η πρώτη μέθοδος στηρίζεται στη μέτρηση του πλάτους χαραγής που γίνεται στην επιφάνεια των αρμών κονιάματος, κινώντας μια ακιδωτή ράβδο κατά μήκος της επιφάνειας υπό ορισμένο σταθερό φορτίο. Η μέτρηση του πλάτους της χαραγής γίνεται με κατάλληλους φακούς σε 10 έως 20 σημεία κατά μήκος της χαραγής. Η επικρατέστερη τιμή συσχετίζεται με την αντοχή του κονιάματος με βάση εμπειρική καμπύλη.

Η δεύτερη μέθοδος στηρίζεται στην εφελκυστική αντοχή μικρών τεμαχίων κονιάματος μεγέθους χαλικιού που λαμβάνονται από την υπό έλεγχο επιφάνεια του κονιάματος. Τα τεμάχια χυτεύονται σε ένα ισχυρό καλούπι υποξειδικής ρητίνης ή πολύ ισχυρού κονιάματος μέσα σε καλούπια ειδικής διαμόρφωσης. Μετά την αφαίρεση των καλουπιών τα δοκίμια υποβάλλονται σε δοκιμές άμεσου εφελκυσμού. Η εφελκυστική αντοχή συσχετίζεται με τη θλιπτική αντοχή του κονιάματος με τον τύπο

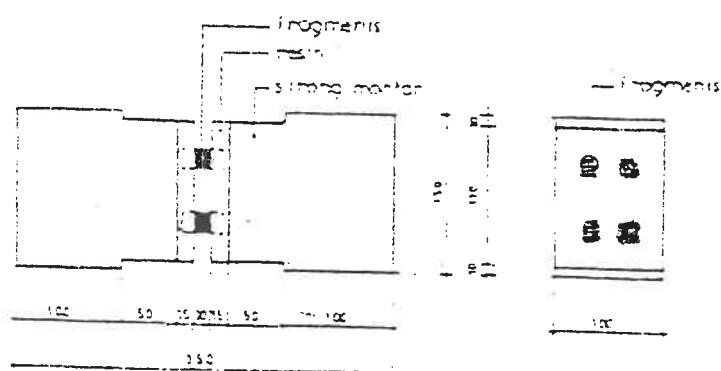
$$f_{mt,fr} = (1/4) \times f_{mc}$$

όπου, $f_{mt,fr}$, η εφελκυστική αντοχή που προκύπτει με την παραπάνω διαδικασία και f_{mc} , η θλιπτική αντοχή.

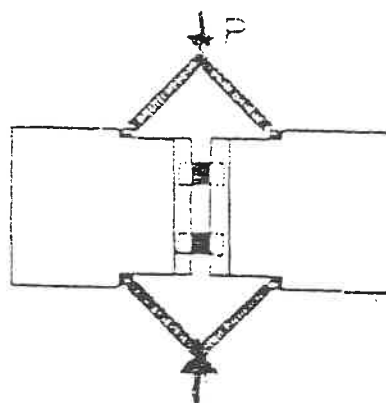
Η πρώτη μέθοδος στηρίζεται στην επιφανειακή αντοχή, δίνει πληροφορίες ως προς ένα μέρος της κονίας το οποίο μπορεί να υποστεί την επίδραση του περιβάλλοντος και να έχει διαβρωθεί, έτσι οι μετρήσεις έχουν μεγάλη διασπορά και η μέθοδος είναι μειωμένης ακρίβειας.

Η δεύτερη μέθοδος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι δίνει σχέση αντοχής σε τεμάχια αποσπώμενα από την κατασκευή, παρόλα αυτά στην εφαρμογή της, ενδέχεται να παρουσιαστούν προβλήματα όπως

κατά τη χύτευση των τεμαχίων στα καλούπια κατά την εφαρμογή κεντρικού εφελκυσμού και κατά την επίτευξη ακριβούς διατομής.



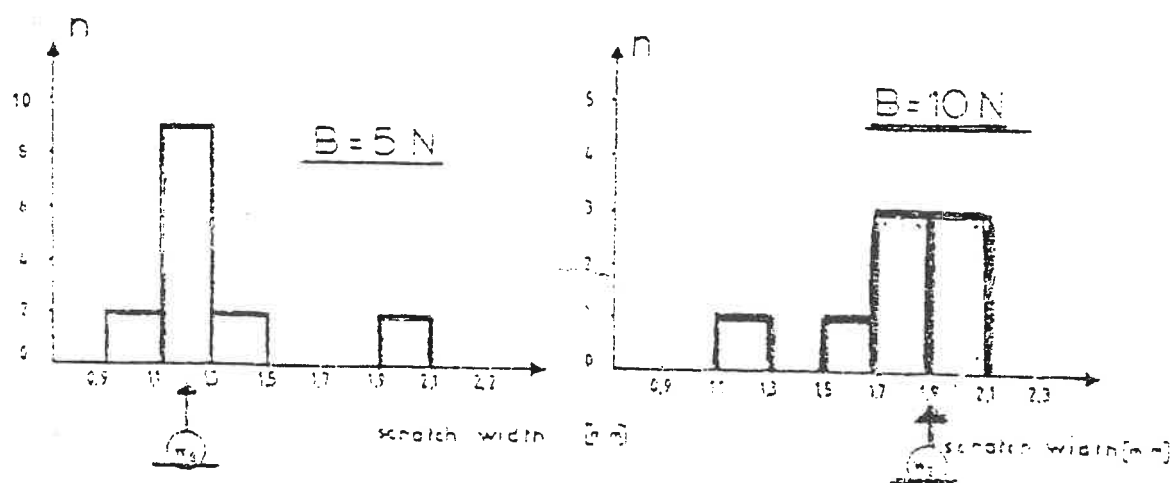
Σχήμα 5.1. (α) Γεωμετρία δοκιμών της "δοκιμής τεμαχίων" [14]



Σχήμα 5.1. (b) Διάταξη άμεσου εφελκισμού της "δοκιμής τεμαχίων" [14]

No	Φορτίο [N]	
	5.00	10.00
1	1.9	2.0
2	1.1	1.9
3	1.1	1.2
4	1.2	1.5
5	1.0	1.7
6	1.0	1.7
7	1.3	1.8
8	1.2	2.0
9	1.3	
10	1.2	
11	1.1	
12	1.1	
13	1.2	
14	1.1	
επικρατέστερη τιμή W_u (mm)	1.2	1.9
f_{mc} [MPa]	3.5 από 2.5 ως 5.1	2.95 από 2.5 ως 4.5

Πίνακας 5.1. Αποτελέσματα "δοκιμής χαραχής" (εκκλησία Αγ. Γεωργίου Μέγαρα) [14]



Σχήμα 5.2. Παραδείγματα ιστογραφικών μετρήσεων πλάτους χαραγής (εκκλησία Αγ. Γεωργίου Μέγαρα) [14]

5.3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ

Η εν λόγω μέθοδος είναι απόρεια εργαστηριακής έρευνας [6] στην οποία ανεπτύχθηκε καταρχήν μια απλή και μικρού κόστους μέθοδο μέτρησης του ολικού πορώδους του σκυροδέματος και των κονιαμάτων, ενώ παράλληλα έγινε έλεγχος της μεθόδου και της ακρίβειας μέτρησής της. Παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο δοκίμια σκυροδέματος διαφόρων συνθέσεων καθώς και τσιμεντοκονιαμάτων και δοκιμάστηκαν σε θλίψη σε διάφορες ηλικίες με παράλληλη μέτρηση του πορώδους του σκυροδέματος από "ανέπαφα" (χωρίς ρωγμές) τεμάχια του θραυσμένου δοκιμίου. Έκανε συσχέτιση της αντοχής με το μετρηθέν ολικό πορώδες του σκυροδέματος ή με το υπολογιζόμενο μέσο πορώδες του τσιμεντοπολτού.

Τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν είναι τα ακόλουθα [6]:

1. Η μέτρηση του ολικού πορώδους σκυροδεμάτων και κονιαμάτων μπορεί να γίνει με κορεσμό με νερό με πολύ απλά μέσα. Η μέθοδος έχει ικανοποιητική επαναληψιμότητα και τα αποτελέσματά της συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών.

2. Το υπολογιζόμενο μέσο ολικό πορώδες πηγματος σε κονιάματα και σκυροδέματα, χωρίς υπερρευστοποιητικό ή με μικρές (συνήθεις) ποσότητες υπερρευστοποιητικού, αποδεικνύεται ότι παρέχει ικανοποιητική εκτίμηση της αντοχής. Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει πρακτική στην εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος των κατασκευών επιτόπου.

3. Σχετικώς μεγάλες ποσότητες υπερρευστοποιητικού διαφοροποιούν τη συμπεριφορά του κονιάματος/σκυροδέματος, όχι μόνο ως προς τις ιδιότητές του σε νωπή κατάσταση αλλά και σε σκληρυμένη αυξάνοντας σημαντικά το ολικό πορώδες σε σύγκριση με το πορώδες του κονιάματος/σκυροδέματος με την ίδια σύνθεση αλλά χωρίς υπερρευστοποιητικό ή με μικρή ποσότητα υπερρευστοποιητικού.

4. Η αντοχή του τσιμέντου εφόσον πρόκειται για τσιμέντο Portland δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τη σχέση αντοχή - πορώδες στην

περιοχή των αντοχών 20 - 30 Μpa, που αποτελούν την πλειονότητα των σκυροδεμάτων στη χώρα μας.

5. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι τα σκυροδέματα τύπου II (με πουλοζάνη) η σχέση αντοχή - πορώδες είναι ελαφρώς διαφορετική.

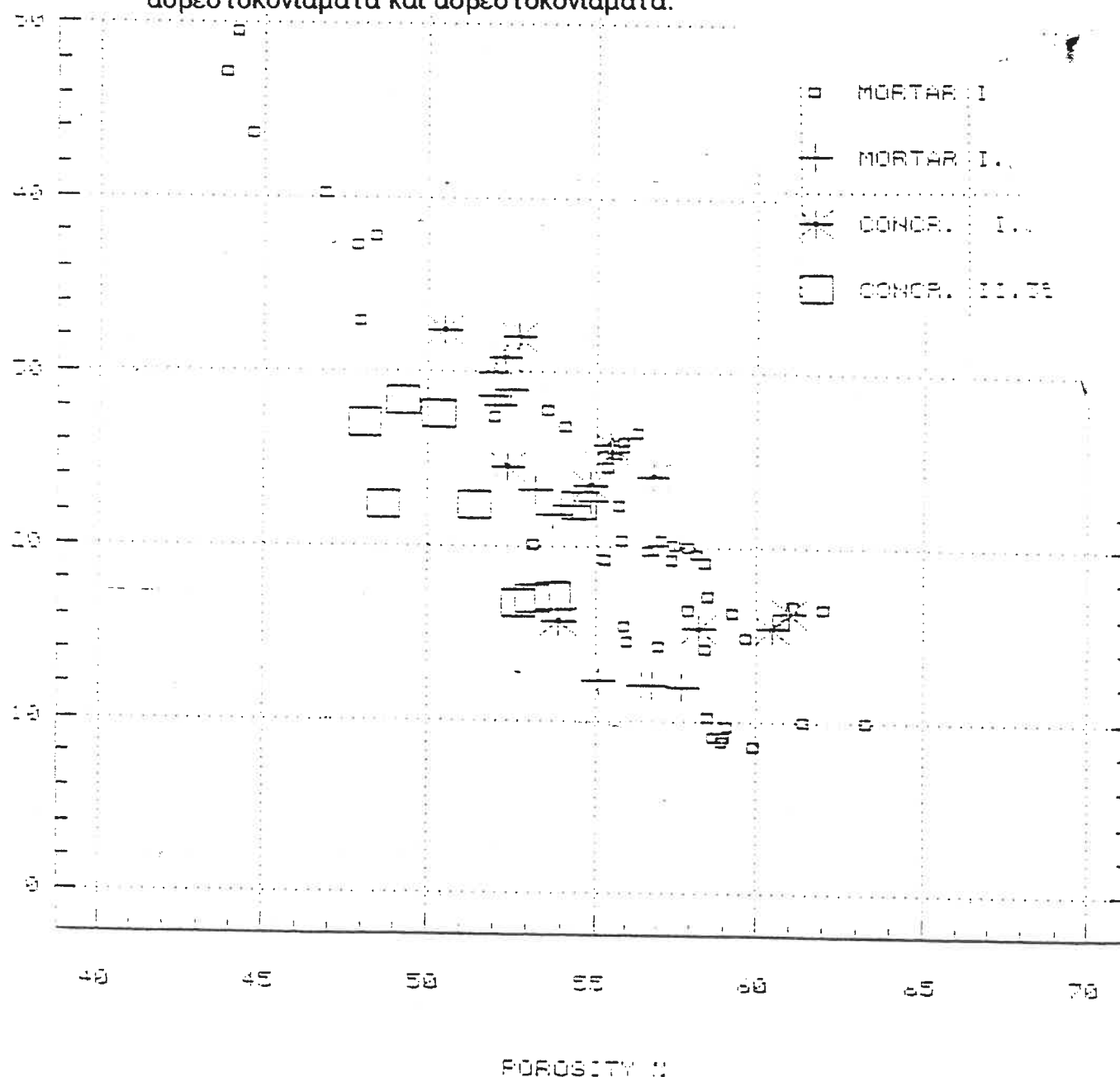
Η παραπάνω εργασία είναι μια ενδιαφέρουσα προσπάθεια διερεύνησης της δυνατότητας εκτίμησης της αντοχής σκυροδεμάτων και τσιμεντοκονιαμάτων με μέτρηση του πορώδους και μπορούμε να πούμε, σε γενικές γραμμές ότι είχε επιτυχία στο "στόχο" της, δηλαδή ότι το υπολογιζόμενο μέσο ολικό πορώδες του πηγματος σε κονιάματα και σκυροδέματα, χωρίς υπερρρευστοποιητικό ή με μικρές (συνήθεις) ποσότητες, υπερρρευστοποιητικού, αποδεικνύει ότι παρέχει ικανοποιητική εκτίμηση της αντοχής. Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει πρακτική σημασία στην εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος επιτόπου και επειδή η μέτρηση του πορώδους γίνεται σε μικρά σχετικώς τεμάχια σκυροδέματος που αποκόπτονται από την κατασκευή, η μέθοδος αυτή θα έχει το πλεονέκτημα, ότι θα επιφέρει ασήμαντη, από στατική αλλά και πρακτικής απόψεως, καταστροφή στην κατασκευή και επομένως θα μπορέσει να εφαρμόζεται σε μεγαλύτερη έκταση στην κατασκευή σε σύγκριση με τη μέθοδο της αποκοπής πυρήνων με συνέπεια την αύξηση της ακρίβειας εκτίμησης της αντοχής.

Θα πρέπει όμως να τονιστεί εκ των προτέρων, ότι η μέτρηση του πορώδους δεν αναμένεται ότι θα μπορεί να ανατικαταστήσει την αποκοπή πυρήνων αλλά χρησιμοποιούμενη σε συνδυασμό με την πυρηνοληψία θα αυξήσει την ακρίβεια εκτιμήσεως της αντοχής και συνάμα θα προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

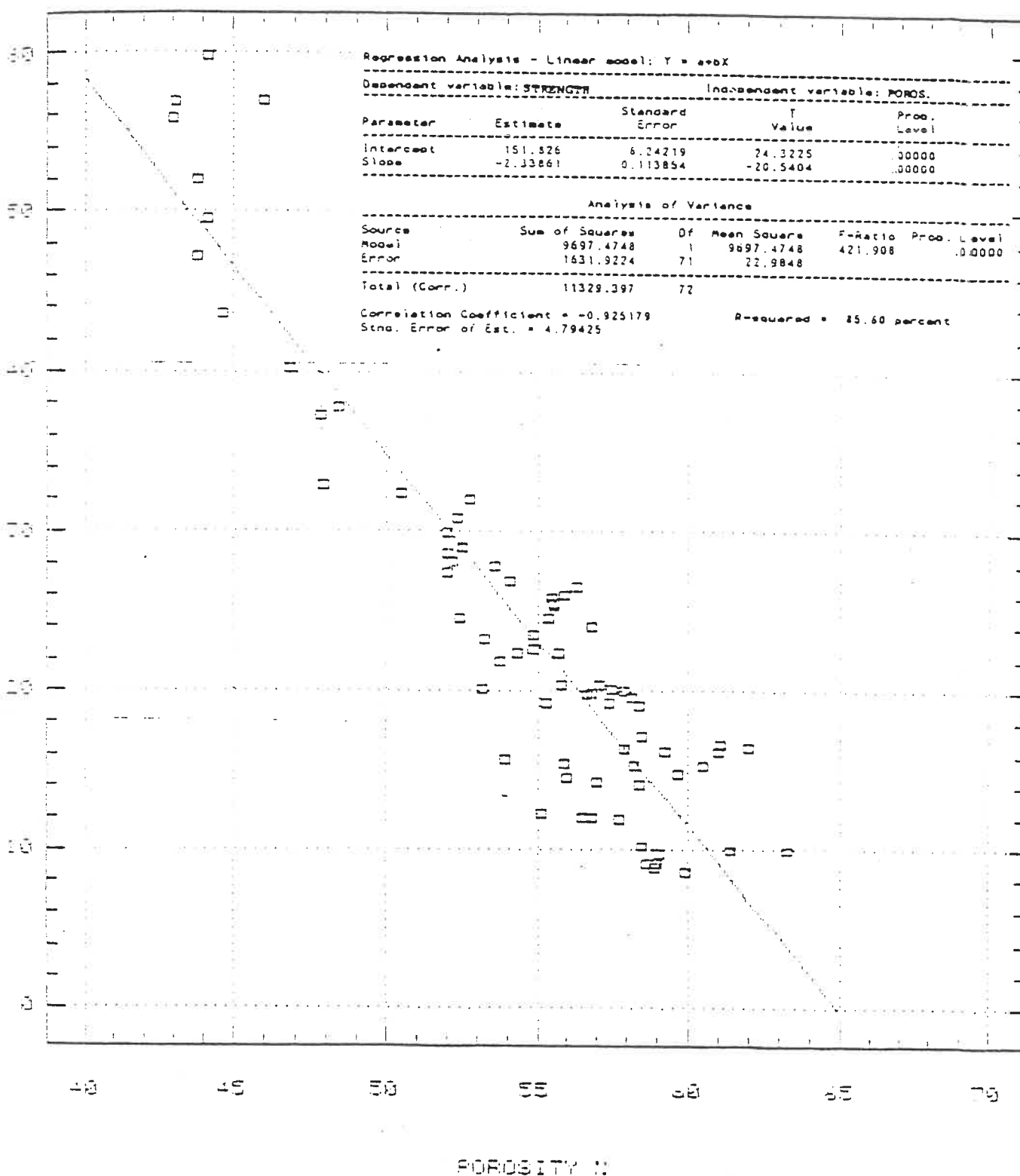
Η παραπάνω έρευνα περιελάμβανε μόνο σκυροδέματα με θραυστά ασβεστολιθικά αδρανή και τσιμεντοκονιάματα διαφόρων συνθέσεων, κρίνεται λοιπόν σκόπιμο να επεκταθεί και σε άλλα μίγματα σκυροδεμάτων με άλλους τύπους αδρανών για να ερευνηθεί η επίδραση του είδους του αδρανούς στην σχέση αντοχή - πορώδες και επίσης σε άλλα είδη κονιαμάτων (π.χ. τσιμεντοασβεστοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα).

Παρακάτω (βλ. σχήματα 5.3. 5.4. 5.5.) παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια από τα διαγράμματα αυτής της εργασίας [6].

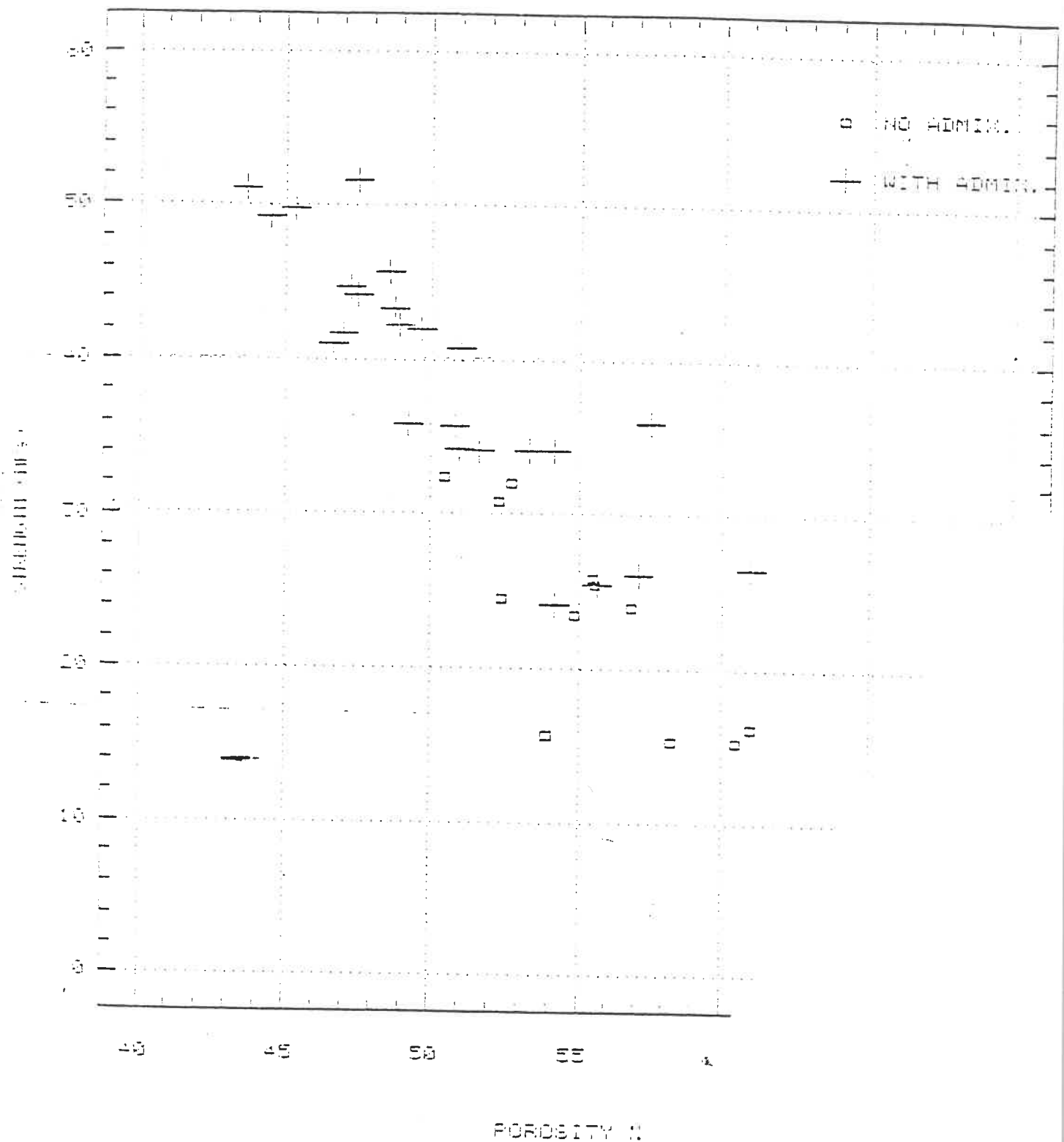
Η παρούσα διπλωματική εργασία στηρίζεται και αποτελεί συνέχεια της παραπάνω έρευνας. Επεκτείνει τη διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης της αντοχής με μέτρηση του πορώδους σε πουζολανο-ασβεστοκονιάματα και ασβεστοκονιάματα.



Σχήμα 5.3. Συσχέτιση μεταξύ θλιπτικής αντοχής και υπολογιζόμενου μέσου πορώδους πηγματος σε κονιάματα (τσιμέντο Ι.35, Ι.45) και σκυρόδεμα (τσιμέντο Ι.35, ΙΙ.35) χωρίς χρήση υπερρευστοποιητικού



Σχήμα 5.4. Ευθύγραμμη παλινδρόμηση μεταξύ θλιπτικής αντοχής και υπολογιζόμενου μέσου πορώδους πήγματος σε κονιάματα (τσιμέντο Ι.35, Ι.45) και σκυρόδεμα (τσιμέντο Ι.35, ΙΙ.35) χωρίς χρήση υπερρρευστοποιητικού



Σχήμα 5.5. Συσχέτιση μεταξύ θλιπτικής αντοχής και υπολογιζόμενου μέσου πορώδους πηγματος σε σκυρόδεμα (τσιμέντο 1.35) με διάκριση των μιγμάτων με χρήση υπερρευστοποιητικού ή μη

5.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΤΩΝ CUCCI MORETTI

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη μέτρηση της ποσότητας της ενέργειας που απαιτείται για τη διάτρηση με φορητό τρυπάνι μικρής κοιλότητας σε μια στρώση κονιάματος.

Στην εργασία που δημοσιεύεται στο περιοδικό "Materials and Structures" το 1995 αναφέρεται ότι το έργο διάτρησης σχετίζεται με την θλιπτική αντοχή του κονιάματος και ότι αυτή η συσχέτιση είναι ίδια για όλα τα κονιάματα που περιέχουν άμμο και έχουν αντοχή μικρότερη από 4 Μpa. Για την κατηγορία αυτή ασθενών κονιαμάτων δεν χρειάζονται πληροφορίες για τις μηχανικές ιδιότητες της περιεχόμενης άμμου. Για ισχυρότερα κονιάματα είναι αναγκαία η γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων των αδρανών όπως η κοκκομετρική διαβάθμισή τους και η πετρογραφική τους σύσταση. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν συγκεκριμένες πληροφορίες για τα αδρανή της άμμου η μέθοδος εκτιμά μόνο την τάξη μεγέθους της αντοχής του κονιάματος.

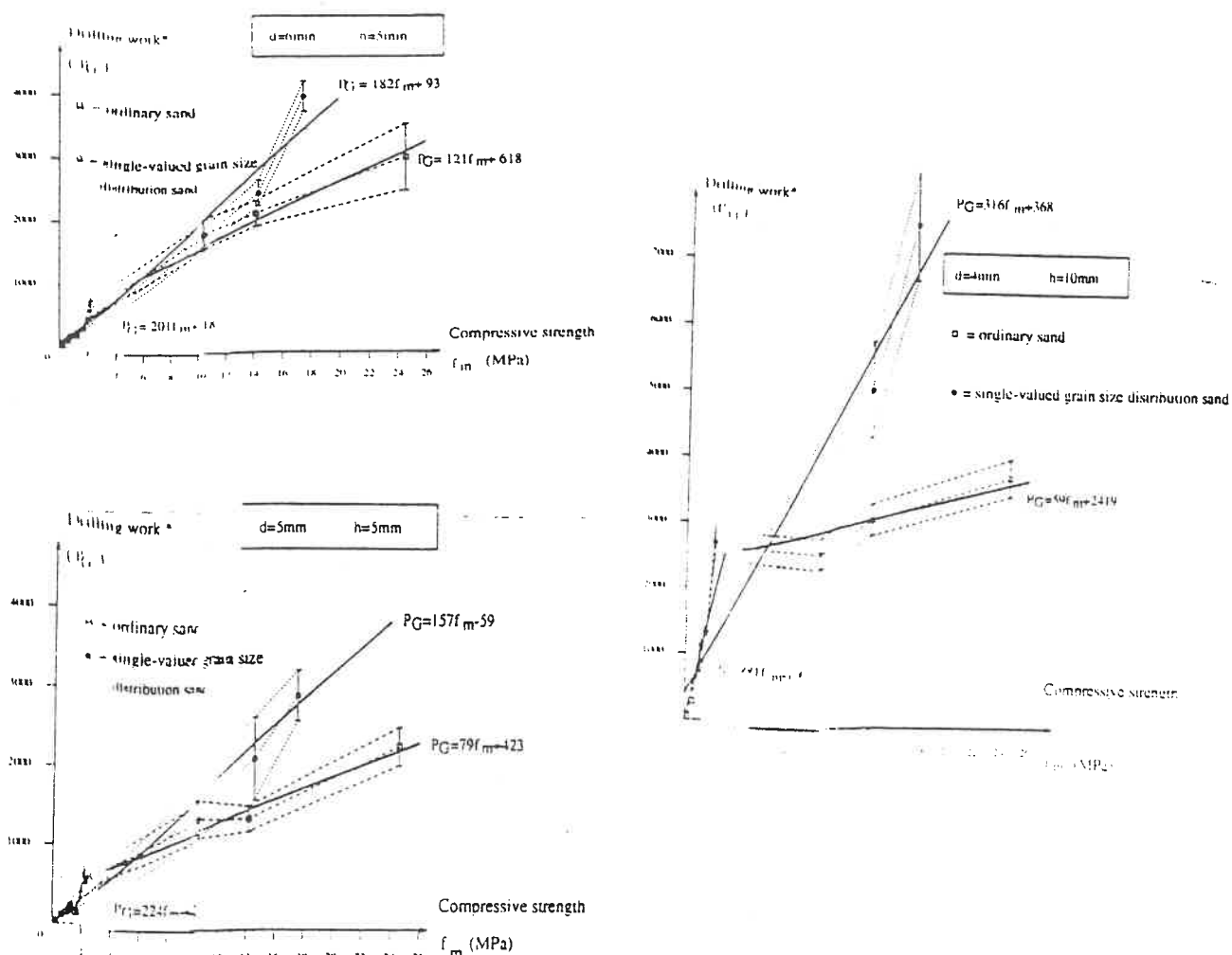
Η διαφοροποίηση ανάλογα με τη στάθμη της αντοχής σχετίζεται με τη θέση (μορφή) των ρωγμών που προκύπτουν από την διαδικασία της διάτρησης. Στην περίπτωση της χαμηλής αντοχής κονιαμάτων, οι κόκκοι της άμμου παραμένουν άθικτοι και οι ρωγμές διέρχονται μέσα από τον τσιμεντοπολτό, ενώ στην περίπτωση της υψηλής αντοχής οι κόκκοι της άμμου θραύονται εν μέρει γιατί οι ρωγμές από τη διάτρηση διέρχονται και από τον τσιμεντοπολτό και από την άμμο.

Έτσι στην περίπτωση αυτή το συνολικό έργο διάτρησης είναι άθροισμα δύο συμβολών, του τσιμέντου και των κόκκων της άμμου και γι αυτό εξαρτάται και από τις μηχανικές ιδιότητες της άμμου.

Στα σχήματα δίνεται γραφικά η συσχέτιση του έργου διάτρησης με τη θλιπτική αντοχή του κονιάματος για τρία μεγέθη κοιλοτήτων. Η συσκευή που απαιτείται για τη μέθοδο αυτή είναι σχετικά απλή, εύκολη στη χρήση της και δεν απαιτείται πεπειραμένος χειριστής.

Η συσκευή αποτελείται από ένα συνηθισμένο χειροκίνητο τρυπάνι με μπαταρία συνδεδεμένο με κατάλληλο ηλεκτρονικό κύκλωμα όπου

καταγράφεται η ενέργεια διάτρησης. Από πειραματική διερεύνηση ως πιο κατάλληλη γεωμετρία της κοιλότητας διάτρησης προέκυψε διάμετρος 4mm και βάθος διάτρησης 5 mm.



Σχήμα 5.6. Συσχέτιση θλιπτικής αντοχής και έργου διάτρησης για 3 μεγέθη κοιλότητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

6.1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο 138 κυβικά δοκίμια ακμής 7 cm, από τα οποία τα 18 (3 μίγματα των 4 δοκιμίων και 2 μίγματα των 3 δοκιμίων) από τσιμεντοκονιάματα, τα 48 (4 μίγματα των 12 δοκιμίων) από πουζολανο-ασβεστοκονιάματα και τέλος τα 72 (6 μίγματα των 12 δοκιμίων) από ασβεστοκονιάματα.

α) Στα πλαίσια της συσχέτισης χρόνος διάτρησης - θλιπτική αντοχή των κονιαμάτων έλαβαν χώρα οι παρακάτω εργαστηριακές εργασίες:

- Προκαταρτική έρευνα

Αρχικά έγινε πειραματική προκαταρτική διερεύνηση για την επιλογή του τύπου και της διαμέτρου του διατρητικού στελέχους (τρυπανιού), του επιβαλλομένου φορτίου, του βάθους διάτρησης και των θέσεων διάτρησης στο δοκίμιο. Συγκεκριμένα στα δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων έγιναν σε πολύ μικρή ηλικία δοκιμές διάτρησης διαφορετικών παραμέτρων (διάμετρος τρυπανιού με αυτιά 4 και 6 mm, βάθος σπηλιάς 4 και 6 mm, φορτίο 200 και 400 N) σε διάφορες θέσεις στην επιφάνειά τους και κατόπιν μετρήθηκαν οι θλιπτικές αντοχές τους, έτσι ώστε βάση αυτών των αποτελεσμάτων να γίνει μια πρώτη εκτίμηση της μεθόδου καθώς επίσης και το αρχικό καλιμπράρισμα.

- Κυρίως έρευνα

Σε 15 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων όπως και σε 18 δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων έγιναν δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού με αυτιά 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N και εν συνεχεία μετρήθηκαν οι αντοχές τους σε θλίψη.

Σε 27 δοκίμια από ασβεστοκονιάματα καθώς επίσης και σε 6 δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων έγιναν δοκιμές διάτρησης με

παραμέτρους, διάμετρος τρυπανιού χωρίς αυτιά 3 mm, βάθος σπηλιάς 4mm φορτίο 50 N και μετά μετρήθηκαν οι θλιπτικές αντοχές τους.

Σε 5 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων, κορεσμένα σε νερό όπως και σε 9 δοκίμια από πουζολανο-ασβεστοκονιάματα κορεσμένα σε νερό έγιναν δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους, διάμετρος τρυπανιού με αυτιά 4mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N και εν συνεχεία μετρήθηκαν οι θλιπτικές αντοχές τους.

Επίσης έγιναν δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού χωρίς αυτιά 3mm, βάθος σπηλιάς 4mm, φορτίο 50N σε 13 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων κορεσμένα σε νερό που μετρήθηκε μετά η θλιπτική τους αντοχή και ομοίως σε 2 δοκίμια κι αυτά κορεσμένα πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων.

- Δευτερεύουσα έρευνα

Σε 12 και 17 άθικτα δοκίμια από πουζολανο-ασβεστοκονιάματα και σβεστοκονιάματα αντίστοιχα μετρήθηκαν οι αντοχές τους σε θλίψη για να συγκριθούν με τις θλιπτικές αντοχές των τρυπημένων δοκιμίων των αντιστοιχών κονιαμάτων και της ίδιας ηλικίας.

β) Στα πλαίσια της συσχέτισης πορώδες - θλιπτική αντοχή έλαβαν χώρα οι παρακάτω εργαστηριακές εργασίες:

- Δευτερεύουσα έρευνα

Σε 18 και 12 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων (τρία από κάθε μίγμα δηλαδή), αντίστοιχα, μετρήθηκε η θλιπτική αντοχή τους και το ολικό πορώδες τους από "ανέπαφα" χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό και από τεμάχια εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2 και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα.

- Κυρίως έρευνα

Το ολικό πορώδες μετρήθηκε επίσης από ανέπαφα τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένου σε απιονισμένο νερό σε 16 και 24 δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιάματων και ασβεστοκονιαμάτων αντίστοιχα (σε 4 δοκίμια από κάθε μίγμα δηλαδή) αφού πρώτα είχε μετρηθεί η αντοχή τους σε θλίψη.

Σε τρία δοκίμια από κάθε μίγμα ασβεστοκονιάματος και πουζολανο-ασβεστοκονιάματος αφού κορέστησαν στο νερό μετρήθηκε η θλιπτική τους αντοχή και τα ολικά πορώδη τους.

Τέλος, σε όλα τα εν λόγω δοκίμια υπολογίστηκε το μέσο πορώδες του πολτού τους, λαμβάνοντας υπόψη ως πορώδες της άμμου το 1%.

6.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

6.2.1. Γενικά

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο 4 μίγματα των 12 δοκιμών από υδράσβεστο σε σκόνη, μηλαϊκή γή (που μας προμήθευσε το Κ.Ε.Τ.Ε.) θραυστή ασβεστολιθική άμμο και νερό, οι συνθέσεις των οποίων φαίνονται στον πίνακα 6.2. Ακόμα 6 μίγματα των 12 δοκιμών από υδράσβεστο σε σκόνη, ασβεστολιθική θραυστή άμμο και νερό οι συνθέσεις των οποίων επίσης φαίνονται στον πίνακα 6.2.

Τέλος παρασκευάστηκαν από τσιμέντο υψηλής αντοχής, ασβεστολιθική θραυστή άμμο και νερό 3 μίγματα των 4 δοκιμών και 2 μίγματα των 3 δοκιμών των οποίων οι συνθέσεις φαίνονται στον πίνακα 6.1.

Οι διαδικασία παρασκευής ήταν κοινή για όλα τα δοκίμια όλων των αναμιγμάτων.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ			ΑΝΑΛΟΓΙΑ N/ΤΣΙΜ. (κ.β.)
	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (kgr)	ΑΜΜΟΣ (kgr)	ΝΕΡΟ (kgr)	
4	0,868	2,6	0,608	0,7
4	0,689	2,907	0,551	0,8
4	0,586	3,274	0,526	0,9
3	0,298	2,374	0,328	1,1
3	0,223	2,486	0,29	1,3

Πίνακας 6.1. Συστάσεις μιγμάτων τσιμεντοκονιαμάτων

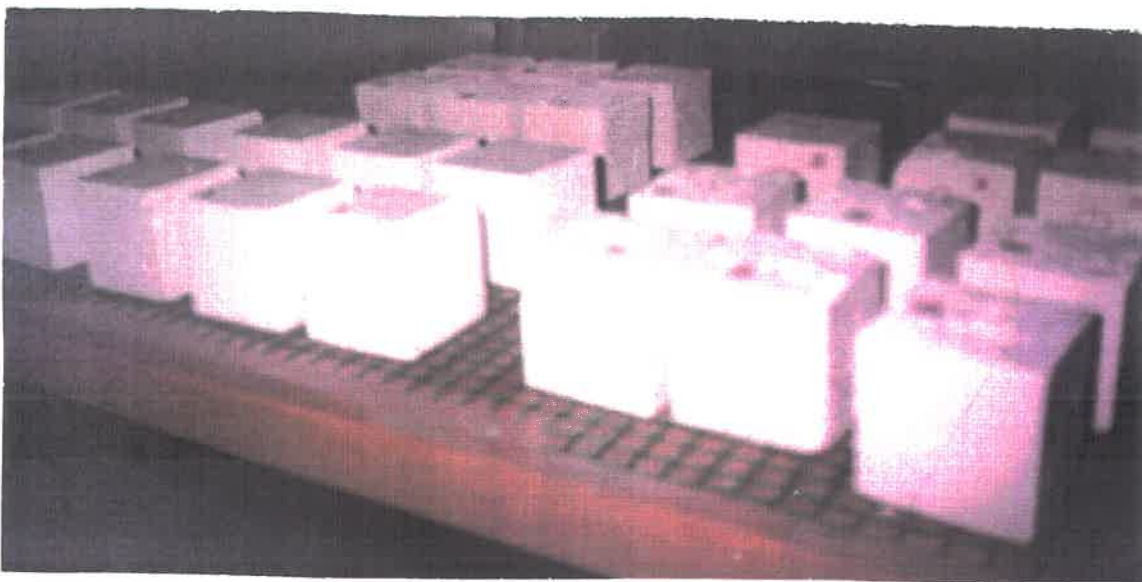
ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ				ΑΝΑΛΟΓΙΑ		
			ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟΣ (kg)	ΑΜΜΟΣ (kg)	ΘΗΡΑΙΚΗ ΓΗ (kg)	ΝΕΡΟ (kg)	ΥΔ/ΑΜ (κ.ο.)	ΥΔ/ΑΜ/ΒΗ (κ.ο.)	
I	19~24	7/6/1995	1,466	2,2	-	1,466	1/0,44	-	
I	43~48	9/6/1995	1,466	2,2	-	1,466	1/0,44	-	
II	1~6	6/6/1995	1,36	3,4	-	1,36	1/0,74	-	
II	31~36	8/6/1995	1,36	3,4	-	1,36	1/0,74	-	
III	7~12	6/6/1995	1	3,5	-	1	1/1,03	-	
III	25~30	8/6/1995	1	3,5	-	1	1/1,03	-	
IV	13~18	7/6/1995	0,777	3,5	-	0,777	1/1,32	-	
IV	37~42	9/6/1995	0,777	3,5	-	0,777	1/1,32	-	
V	85~96	10/7/1995	0,875	7,487	-	1,45	1/2,5	-	
VI	109~120	13/7/1995	0,625	8,5	-	1,4	1/4,0	-	
A	49~60	10/6/1995	1	8,5	1,6	2,1	-	2/5/2,0	
B	61~72	11/6/1995	2,25	6,375	1,2	2,5	-	4,5/3,75/1,5	
Γ	73~84	13/6/1995	0,75	6,375	1,8	1,85	-	2/5/3,0	
Δ	97~108	11/7/1995	0,55	5,61	3,52	2,2	-	1/3/4,0	

Πίνακας 6.2. Συστάσεις μιγμάτων ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανό-
ασβετοκονιαμάτων

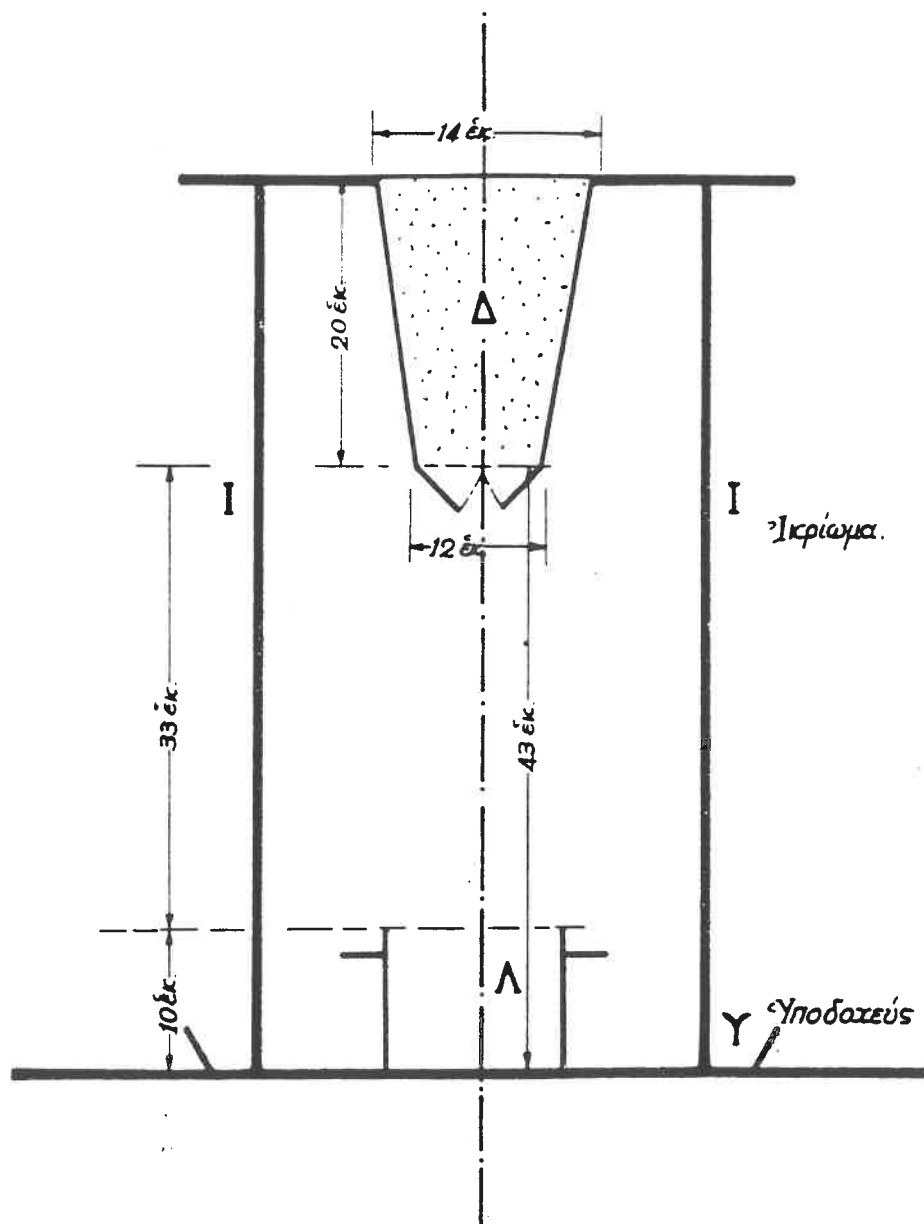
6.2.2. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν υδράσβεστος σε σκόνη με φαινόμενο βάρος $0,5 \text{ kg/m}^3$, μηλαϊκή γή με φαινόμενο βάρος $0,8 \text{ kg/m}^3$, θραυστή ασβετολιθική άμμος με φαινόμενο βάρος $1,7 \text{ kg/m}^3$, τσιμέντο υψηλής αντοχής και νερό.

Τα φαινόμενα βάρη των υλικών υπολογίσθηκαν με συσκευή που περιγράφεται από το σχήμα 6.1. [12]. Αυτή αποτελείται από ένα κολουροκωνικό δοχείο εκχύσεως του υλικού (Δ), από ένα ικρίωμα επάνω στο οποίο τοποθετείται το κολουροκωνικό δοχείο και από ένα ογκομετρικό δοχείο (A) το οποίο τοποθετείται κεντρικά ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κολουροκωνικού δοχείου. Το υλικό τοποθετείται στο δοχείο Δ και με κατάλληλο χειρισμό απομακρύνεται απότομα ο κινητός πυθμένας οπότε το υλικό πέφτει ελεύθερα μέσα στο δοχείο A το οποίο ξεχειλίζει. Με μυστρί ισοπεδώνεται η άνω επιφάνεια του δοχείου χωρίς να εξασκηθεί πίεση ή κρούση στο υλικό και ζυγίζεται το περιεχόμενο. Η μέτρηση γίνεται τρεις φορές και λαμβάνεται ο μέσος όρος. Ο υπολογισμός του φαινόμενου βάρους γίνεται με την σχέση $\Phi=W/V$, όπου W το βάρος του υλικού σε kg και V ο όγκος του δοχείου σε m^3 .



Εικόνα 6.1. Δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων



Σχήμα 6.1. Συσσκευή προσδιορισμού φαινόμενου βάρους [12]
(Δ κολυροκωνικό δοχείο, Α ογκομετρικό δοχείο, Υ υποδοχέας, Ι ικρίωμα)

6.2.3. Ανάμιξη

Χρησιμοποιήθηκε αναμικτήρας τύπου οριζόντιας βίαιης ανάμιξης χωρητικότητας 10 lt Η διαδικασία ανάμιξης που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Αρχικά γίνεται ύγρανση του κάδου και των μαχαιριών για την πρόληψη απορρόφησης νερού από το μίγμα. Ακολούθως ο κάδος τροφοδοτούνταν με την μισή ποσότητα όλων των υλικών (εκτός του νερού) και ικανή μετρημένη ποσότητα νερού για ανάμιξη των εν λόγω ποσοτήτων των υλικών και γινόταν η πρώτη ανάμιξη του μίγματος. Εν συνεχεία γινόταν προσθήκη των υπόλοιπων ποσοτήτων των υλικών (εκτός του νερού) και διαδοχική προσθήκη μικρών μετρημένων ποσοτήτων νερού. Ανάμεσα στις διαδοχικές τροφοδοσίες του κάδου με νερό γινόταν ανάμιξη του μίγματος και μέτρηση της εργασιμότητάς του με δοκιμές κάθισης (σε δύο στρώσεις με 15 ραβδισμούς) σε κολουροκώνο (διαστάσεων: διάμετρος μεγάλης βάσης 7 mm, διάμετρος μικρής βάσης 5 mm, ύψος 9 mm) και όταν βρισκόταν κάθιση 2,5-3 cm ολοκληρωνόταν η διαδικασία ανάμιξης.

6.2.4. Διάστρωση

Χρησιμοποιήθηκαν κυβικές μήτρες (βλ. εικόνα 6.2.), ακμής 7 cm από χυτοσίδηρο. Τα μίγματα διαστρωνόντουσαν με μυστρί σε μία στρώση.



Εικόνα 6.2. Κυβικές μήτρες 7 cm

6.2.5. Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση έγινε σε όλα τα δοκίμια με 30 ραβδισμούς από σιδερένια βέργα διαμέτρου 0,5 cm.

6.2.6. Συντήρηση

Για την επιτάχυνση της σκλήρυνσης των δοκιμίων ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Για τις 30 πρώτες ημέρες από την παρασκευή τους, τα δοκίμια καθημερινά για περίπου 15 με 20 λεπτά της ώρας βρίσκονταν σε αέριο περιβάλλον αποκλειστικά από διοξείδιο του άνθρακα CO₂. Συγκεκριμένα, τα δοκίμια κλείνονταν αεροστεγώς σε πλαστικές σακούλες από τις οποίες είχε αφαιρεθεί ο αέρας και διοχετεύονταν διαρκώς με CO₂ από φιάλη. Προφανώς η εν λόγω συντήρηση έγινε σε όλα τα δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων και όχι σε αυτά των τσιμεντοκονιαμάτων.

6.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥΣ

Στα υλικά που εμπεριέχεται τσιμέντο η αντοχή σε απότριψη έχει άμεση σχέση με την αντοχή σε συνάφεια και με την εφελκυστική αντοχή, άρα και έμμεση σχέση με την αντοχή σε θλίψη. Ανάλογη σχέση είναι λογικό να υποθέσουμε ότι ισχύει και για τα κονιάματα γενικότερα. Στη διερεύνηση αυτή της σχέσης μεταξύ της αντοχής σε απότριψη και της αντοχής σε θλίψη των κονιαμάτων αναλώθηκε μεγάλο μέρος της πειραματικής εργασίας της παρούσας διπλωματικής με απώτερο σκοπό την ανάπτυξη μίας νέας μη καταστρεπτικής μεθόδου εκτίμησης της θλιπτικής αντοχής των κονιαμάτων.

Η μέθοδος στηρίζεται στην απλή ιδέα της δημιουργίας μικρών συγκεκριμένων διαστάσεων σπηλιών στην επιφάνεια των κονιαμάτων με τρυπάνι δεδομένης διαμέτρου που περιστρέφεται με δεδομένη σταθερή ταχύτητα. Το τρυπάνι να εφάπτεται κάθετα και με δεδομένη σταθερή πίεση στα κονιάματα και μετριέται ο χρόνος που απαιτείται για τη δημιουργία των σπηλιών. Με βάση αυτούς τους χρόνους διάτρησης εκτιμάται η θλιπτική αντοχή του κονιάματος από διαγράμματα συσχέτισης χρόνου διάτρησης - θλιπτικής αντοχής βασισμένα σε εργαστηριακά πειράματα/δοκιμές.

Για αυτά τα πειράματα/δοκιμές χρησιμοποιήσαμε ένα μηχάνημα αρχικά κατασκευασμένο για δοκιμές διάτμησης που βρίσκεται στο εργαστήριο οδοποιίας του Ε.Μ.Π. με κατάλληλες και αναγκαίες μετατροπές (βλ. εικόνες 6.3. 6.4.).

Το μηχάνημα αυτό ουσιαστικά αποτελείται από δύο μέρη.

Το πρώτο έχει τα εξής εξαρτήματα:

- ένα ηλεκτρικό κινητήρα που παράγει την απαιτούμενη ενέργεια
- ένα σύστημα αλυσίδων και τροχαλιών που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε περιστροφική και παράλληλα με την παρεμβολή ενός συστήματος οδοντωτών τροχών διαδοχικά αυξανόμενης διαμέτρου διατηρεί σταθερή την περιστροφή ανεξάρτητα από την αντίσταση που επιβάλλεται στην περιστροφή.

- το τρυπάνι συνδεδεμένο κατάλληλα με το παραπάνω σύστημα.
- και ένα μηκυνσιόμετρο σε τέτοια θέση, ώστε να εφάπτεται στο δοκίμιο.

Το δεύτερο έχει:

- ένα πιεσόμετρο συνδεδεμένο στη μία πλευρά του με ένα σταθερό σημείο
- και ένα χειροκίνητο γρύλο εφραπτόμενο στη μια πλευρά με το ελεύθερο άκρο του πιεσόμετρου και στην άλλη με την επιφάνεια του δοκιμίου, την αντίθετη με αυτή που εφάπτεται στο τρυπάνι.

Η δοκιμή έχει ως εξής:

Το δοκίμιο τοποθετείται ανάμεσα στα δύο μέρη του μηχανήματος και με τον γρύλλο εφαρμόζεται σε αυτό φορτίο μέχρι την επιθυμητή τιμή. Αμέσως μετά ενεργοποιούμε του κινητήρα αρχίζοντας έτσι την διάτρηση χρονομετρώντας την ταυτόχρονα με κάποιο χρονόμετρο. Με το πέρασμα του χρόνου, το δοκίμιο συνεχώς κινείται προς το τρυπάνι μειώνοντας έτσι το φορτίο που του ασκείται. Ο χειριστής του μηχανήματος με κατάλληλους χειρισμούς του γρύλλου διατηρεί διαρκώς το φορτίο σταθερό μέχρι να ολοκληρωθεί το πείραμα, να φτάσει δηλαδή το τρυπάνι στο καθορισμένο βάθος. Αυτό φαίνεται από την ένδειξη του μηκυνσιομέτρου. Τότε η δοκιμή ολοκληρώνεται, ο χειριστής κλείνει το κινητήρα και σημειώνει την ένδειξη του χρονομέτρου για τον χρόνο διάτρησης.

Η προκαταρκτική διερεύνηση που έγινε περιελάμβανε δοκιμές διάτρησης σε 18 δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων, στα πλαίσια της προκαταρκτικής διερεύνησης της μεθόδου.

Συγκεκριμένα, σε 9 από αυτά έγιναν δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού με αυτιά 4mm βάθος σπηλιάς 4mm και φόρτιο 200N. Σε 9 επίσης, έγιναν δοκιμές με παραμέτρους όπως οι παραπάνω αλλά με διπλάσιο φορτίο (400N)

Σε 9 έγιναν δοκιμές με παραμέτρους, διάμετρο τρυπανιού με αυτιά 4 mm, βάθος σπηλιάς 6mm, φορτίο 200N και επίσης σε 9 με τους ίδιους παραμέτρους αλλά διπλάσιο φορτίο.

Σε 15 δοκίμια τσιμεντοκονιάματος, έγιναν δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού με αυτιά 6mm, βάθους σπηλιάς 4mm, φορτίο 200 N (στα 6), 400 N (στα 9).

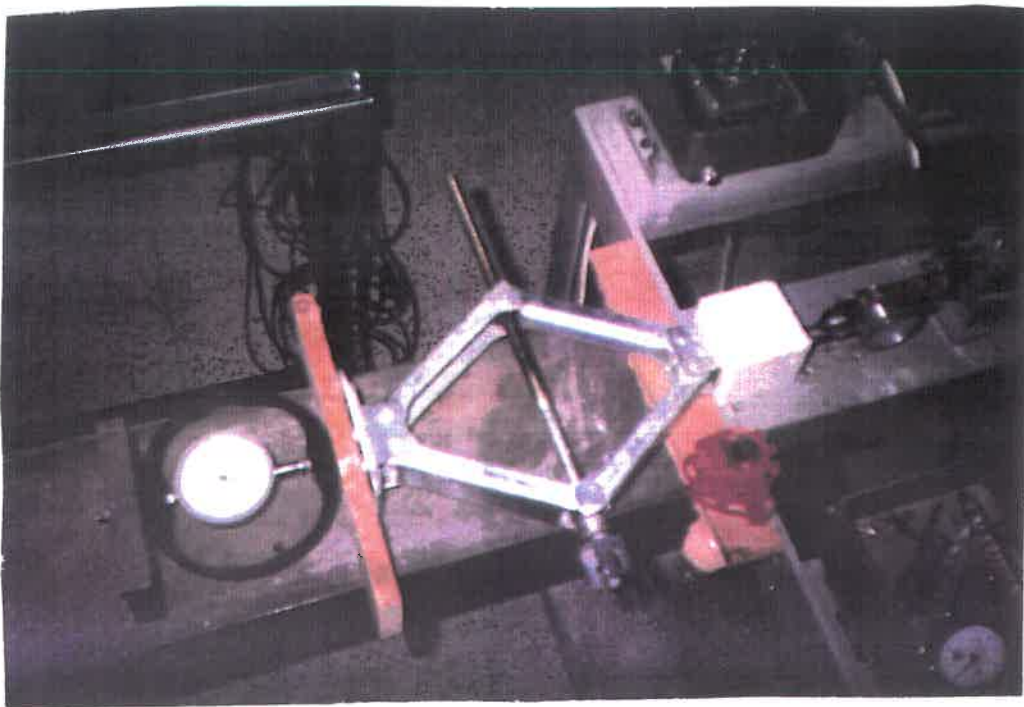
Και τέλος σε 9 δοκίμια έγιναν δοκιμές με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού με αυτιά 6 mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 200N (στα 3) 400N (στα 6).

Σε όλα τα εν λόγω δοκίμια, έγιναν διατρήσεις από μία στον πυθμένα και στη ελεύθερη επιφάνειά τους και στις πλάγιες επιφάνειές τους τουλάχιστων 3 (κάτω , κέντρο, επάνω μέρος).

Η κυρίως έρευνα περιελάμβανε δοκιμές διάτρησης σε 20 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων (εξ' αυτών τα 5 κορεσμένα σε νερό) και σε 27 δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων (εξ' αυτών τα 9 κορεσμένα σε νερό) με παραμέτρους, διάμετρο τρυπανιού με αυτιά 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm και φορτίο 200N.

Τέλος δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους, διάμετρο τρυπανιού 3mm, βάθος σπηλιάς 4mm, φορτίο 50N, έγιναν σε 40 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων (εξ' αυτών τα 13 κορεσμένα σε νερό) και σε 8 δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων (τα 2 από αυτά κορεσμένα σε νερό). Γι αυτές τις δοκιμές επιλέχθησαν αυτοί οι παράμετροι έτσι ώστε να είναι εφικτές οι δοκιμές.

Στις παραπάνω δοκιμές σε κάθε δοκίμιο γινόντουσαν 4 σπηλιές από 2 σε εκατέρωθεν πλάγιες επιφάνειες του δοκίμιου.



Εικόνα 6.3. Μηχανή δοκιμής διάτρησης



Εικόνα 6.4. Μηχανή δοκιμής διάτρησης

6.4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥ ΠΟΡΩΔΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥΣ

Η επιλεχθείσα μέθοδος μέτρησης του πορώδους, πορομετρίας νερού, συνίσταται από τα ακόλουθα στάδια:

α. Επιβολή κενού και κορεσμός με νερό.

Σ' ένα δοχείο ανάπτυξης κενού τοποθετήθηκαν "ανέπαφα" τεμάχια (μεγέθη ίδια με αυτά της πραγματικής κατάστασης) ασβεστοκονιαμάτων και θηραϊκο-ασβεστοκονιαμάτων που λήφθηκαν από τους κώνους των κυβικών δοκιμίων μετά τη θραύση τους σε θλίψη. Τα τοποθετήσαμε μέσα στο δοχείο αφού πρώτα βάλαμε σε τούλι τα τεμάχια κάθε δοκιμίου ξεχωριστά. Το δοχείο συνδέεται με μία αντλία κενού και με δοχείο τροφοδοσίας με νερό. Ο σωλήνας συνδέσεως με την αντλία διακλαδίζεται με σωλήνα σχήματος V, με υδράργυρο έτσι ώστε καθόλη τη διάρκεια της επίβλεψης του κενού (και της τροφοδοσίας με νερό) να είναι δυνατό να ελέγχεται η δημιουργούμενη υποπίεση. Η υποπίεση που επιβάλλεται είναι μεγαλύτερη ή ίση με 750 mm στήλης υδραργύρου και η διάρκειά της είναι 2 ώρες (βλ. εικόνα 6.5.). Μετά το πέρας του 2ωρου σταδίου υποπίεσης η στρόφιγγα τροφοδοσίας με νερό ανοίγεται και απεσταγμένο νερό εισέρχεται στο δοχείο. Καθόλη αυτή τη διαδικασία δεν είναι δυνατόν να εισέλθει αέρας στο σύστημα του οποίου η υποπίεση παρακολουθείται μέσω της στήλης υδραργύρου. Τα δείγματα αφήνονται να κορεσθούν επί 24 ώρες περίπου.

β. Προσδιορισμός βαρών υπολογισμού.

Μετά το πέρας του κορεσμού τα δείγματα ζυγίζονται (ζυγός με ακρίβεια 0,01 γρ) σε κατάσταση "κορεσμένη επιφανειακώς στεγνή" οπότε προσδιορίζεται η τιμή του βάρους υπολογισμού A σύμφωνα με την παράγραφο 3.5.3.

Το βάρος B προσδιορίζεται με ζύγιση των δοκιμίων μέσα σε δοχείο γνωστού βάρους (μενερό) °C.

Ο προσδιορισμός των βαρών υπολογισμού ολοκληρώνεται με ξήρανση των τεμαχίων για 24 ώρες στους 105 °C και ζύγιση του ξηρού βάρους των τεμαχίων D.

Με δεδομένα τα βάρη A, B, C και D προσδιορίζεται το συνολικό πορώδες των δοκιμίων καθώς και οι διάφορες πυκνότητες σύμφωνα με το επόμενο μέρος του υποκεφαλαίου αυτού.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΡΩΔΕΣ.

Το ολικό πορώδες των ασβεστοκονιαμάτων και των θηραϊκο-ασβεστοκονιαμάτων είναι συνάρτηση του πορώδους των αδρανών (άμμου) και του μέσου ολικού πορώδους του ασβεστοπήγματος και του πουζολανο-ασβεστοπήγματος αντίστοιχα, σύμφωνα με την σχέση :

$$P_m = aP_a + \beta P_p \quad (1)$$

όπου P_m = το ολικό πορώδες του ασβεστοκονιάματος ή του θηραϊκο-ασβεστοκονιάματος

P_a = το πορώδες των αδρανών

P_p = το μέσο ολικό πορώδες

$a = V_a/V_o$ ο λόγος όγκου των αδρανών V_a προς ολικό όγκο του μίγματος V_o

$\beta = V_p/V_o$ ο λόγος του όγκου του πήγματος V_p προς τον ολικό όγκο του μίγματος V_o .

Στις περιπτώσεις των μιγμάτων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων θεωρήσαμε ως όγκο του πήγματος τον όγκο της υδρασβέστου σύν αντίστοιχο όγκο (εάν υπήρχε) μηλαϊκής γής. Όγκο αδρανών θεωρήσαμε τον υπόλοιπο όγκο μηλαϊκής γής (εάν υπήρχε) σύν τον όγκο της άμμου.

Οι συντελεστές μεταβάλλονται γενικά από μίγμα σε μίγμα και το μέσο πορώδες του πήγματος P_p μεταβάλλεται ανάλογα με το λόγο νερό προς ασβέστη και την ηλικία, ενώ το πορώδες των αδρανών (άμμου) παραμένει σταθερό. Είναι επομένως αναγκαίο να γίνεται κάθε φορά αναγωγή στο μέσο πορώδες του πήγματος P_p . Άλλωστε η αντοχή των ασβεστοκονιαμάτων γενικότερα εξαρτάται άμεσα από την αντοχή του συνδετικού μέσου, δηλαδή από το πορώδες του πήγματος. Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τις τιμές των συντελεστών της σχέσης a και β συναρτήσει των ποσοτήτων άμμου, υδρασβέστου, θηραϊκής γής και νερού του παρασκευαζόμενου μίγματος. Τέλος σημειώνεται ότι στην ανάλυση των αποτελεσμάτων θεωρήθηκε ως πορώδες των αδρανών (της άμμου, και της θηραϊκής γής) η τιμή 1%. Η τιμή αυτή είναι αντιπροσωπευτική και όχι απαραίτητη ή ακριβής κάτι το οποίο δεν ενδιαφέρει εφόσον αναζητείται η σχετική μεταβολή του πορώδους από δοκίμιο σε δοκίμιο, συναρτήσει της αντοχής και όχι την απόλυτη μεταβολή του. Παρακάτω δίνεται πίνακας (6.3.) με τα μεγέθη a, β

ΜΙΓΜΑ	$\alpha = V_a/V_o$	$\beta = V_p/V_o$
I	0,1514	0,8486
I	0,1514	0,8486
II	0,2387	0,7613
II	0,2387	0,7613
III	0,3399	0,6601
III	0,3399	0,6601
IV	0,4262	0,5738
IV	0,4262	0,5738
V	0,5051	0,4949
VI	0,625	0,375
A	0,4504	0,5496
B	0,3061	0,6939
Γ	0,5063	0,4937
Δ	0,5882	0,4118

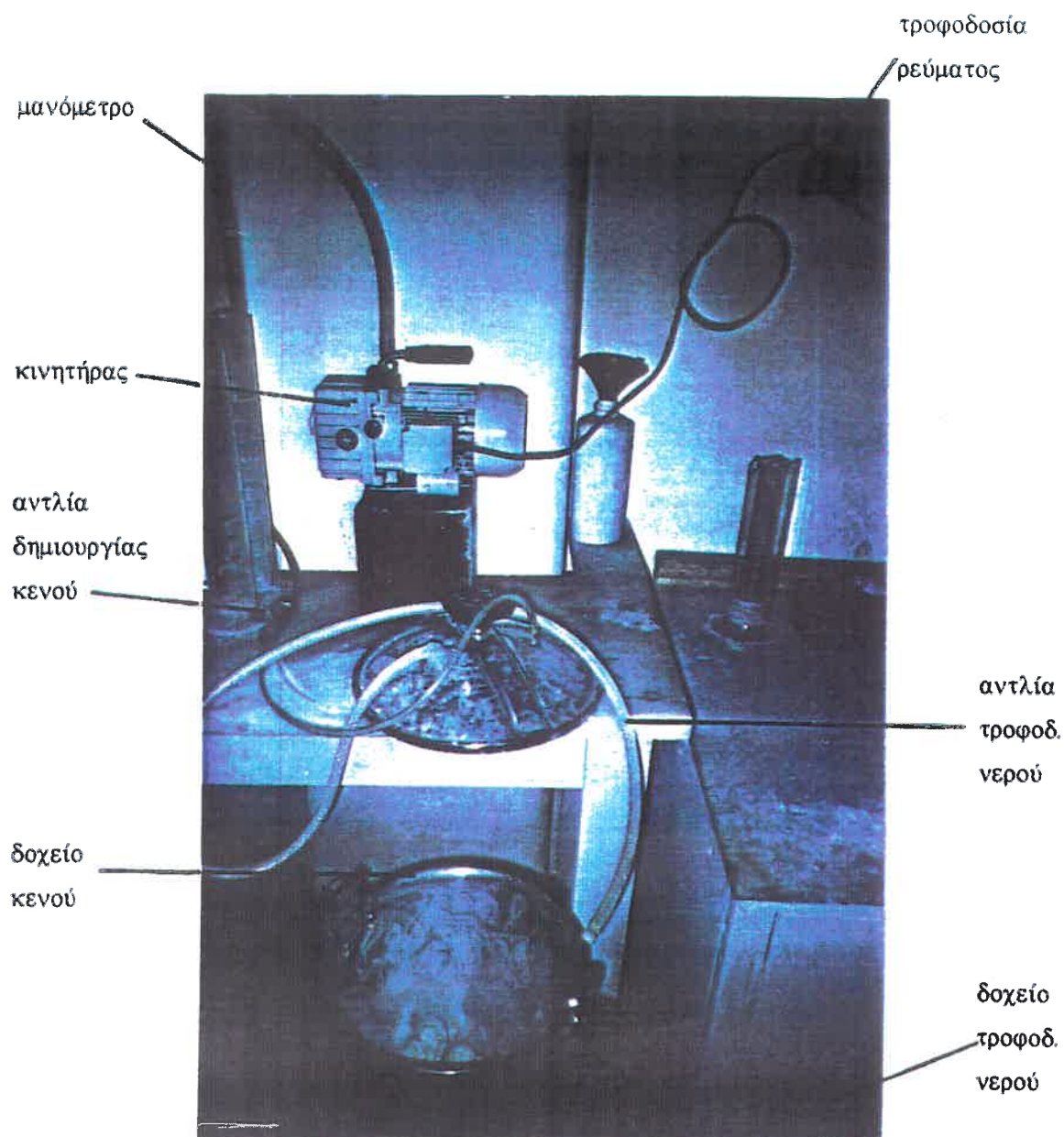
Πίνακας 6.3. Συντελεστές α β ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβετοκονιαμάτων

Σε 18 και 12 δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβετοκονιαμάτων (τρία από κάθε μίγμα δηλαδή), αντίστοιχα, μετρήθηκε η θλιπτική αντοχή τους και το ολικό πορώδες τους από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό και από τεμάχια εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2 και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα.

Το ολικό πορώδες μετρήθηκε επίσης από ανέπαφα τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένου σε απιονισμένο νερό σε 16 και 24 δοκίμια πουζολανο-ασβετοκονιαμάτων και ασβεστοκονιαμάτων αντίστοιχα (σε 4 δοκίμια από κάθε μίγμα δηλαδή) αφού πρώτα είχε μετρηθεί η αντοχή τους σε θλίψη.

Σε τρία δοκίμια από κάθε μίγμα ασβεστοκονιάματος και πουζολανο-ασβετοκονιάματος αφού κορέστησαν στο νερό μετρήθηκε η θλιπτική τους αντοχή και τα ολικά πορώδη τους.

Τέλος, σε όλα τα εν λόγω δοκίμια υπολογίστηκε το μέσο πορώδες του πολτού τους, λαμβάνοντας υπόψη ως πορώδες της άμμου το 1%.



Εικόνα 6.5. Διάταξη μέτρησης ολικού πορώδους

6.5. ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Η μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων έγινε με την ακόλουθη διαδικασία:

Αρχικά εξομαλύνθηκαν οι ακμές των δοκιμίων με λίμα για εξασφάλιση καλής προσαρμογής στις επιφάνειες των πλακών της μηχανής φόρτισης. Χρησιμοποιήθηκε υδραυλική μηχανή 60t τύπου TONIPACT, TONINPUSTRIE.

Το δοκίμιο τοποθετήθηκε με την ελεύθερη επιφάνειά του παραπλεύρως και φυσικά με τις δύο εκατέρωθεν επιφάνειες με τις σπηλιές σε επαφή με τις πλάκες της μηχανής. Η ταχύτητα φόρτισης κρατήθηκε σταθερή και ίση με 0,98 KN/sec.



Εικόνα 6.6. Υδραυλική μηχανή 60t θράυσης τύπου TONIPACT TONINPUSTRIE

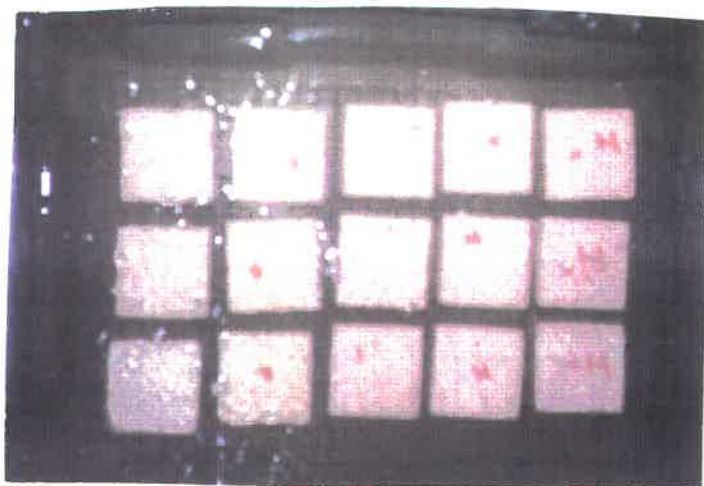
6.6. ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΑΘΟΥΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ

Στα περισσότερα δοκίμια αμέσως μετά την θραύση τους έγιναν μετρήσεις του βάθους ενανθράκωσής τους με κατάλληλη μέθοδο για να εκτιμηθεί κατά πόσο η αντοχή που είχαν αναπτύξει ήταν κοντά στη μέγιστη δυνατή. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στηρίζεται στο ψεκασμό μιας νωπής επιφάνειας θραύσης του δοκιμίου με κατάλληλο δείκτη οξύτητας (φαινολοφθαλείνη). Κατόπιν γίνεται μέτρηση του βάθους της ενανθράκωσης δηλαδή του πάχους της ζώνης μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας μέχρι την περιοχή που είχε βαφεί. Αυτός ο δείκτης οξύτητας συνίσταται από 0,1% αλκοολούχου διαλύματος φαινολοφθαλείνης (1 γρ. φαινολοφθαλείνη διαλύεται σε 1 lt αλκοόλ).

Στα περισσότερα δοκίμια τα αποτελέσματα έδωσαν γενική εικόνα με χρωματισμό μικρής έντασης, γεγονός που μας επιτρέπει να θεωρήσουμε ότι η ενανθράκωση είχε συντελεστεί σε μεγάλο ποσοστό.

6.7. ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Τρία δοκίμια από κάθε μίγμα μπήκαν σε δοχείο με νερό και παρέμειναν για τέσσερης ημέρες. Κατόπιν κορεσμένα χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές δοκιμές.



Εικόνα 6.7. Κορεσμένα σε νερό δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων

6.8. ΚΟΡΕΣΜΟΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

Το νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο του ασβεστίου $\text{Ca}(\text{OH})_2$ παρασκευάστηκε με την εξής διαδικασία:

Απιονισμένο νερό θαιρμένεται στους $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ και εν συνεχεία τροφοδοτείται με υδράσβεστο σε σκόνη και για μικρό χρονικό διάστημα τα αναμιγνύονται. Η μη διαλυμένη άσβεστος καθιζάνει καθώς επίσης και στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού δημιουργείται κρούστα. Αφού κρυώσει το νερό αφαιρείται η κρούστα αυτή και αφού διηθύσουμε το νερό το χρησιμοποιούμε για την μέτρηση του ολικού πορώδους των δοκιμίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

7.1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι συστάσεις των μιγμάτων των δοκιμών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στις πειραματικές εργασίες φαίνονται στους επόμενους πίνακες (7.1., 7.2.)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ			ΑΝΑΛΟΓΙΑ
	ΤΣΙΜΕΝΤΟ	ΑΜΜΟΣ	ΝΕΡΟ	N/ΤΣΙΜ.
	(kgr)	(kgr)	(kgr)	(κ.β.)
4	0,868	2,6	0,608	0,7
4	0,689	2,907	0,551	0,8
4	0,586	3,274	0,526	0,9
3	0,298	2,374	0,328	1,1
3	0,223	2,486	0,29	1,3

Πίνακας 7.1. Συστάσεις μιγμάτων τσιμεντοκονιαμάτων

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ				ΑΝΑΛΟΓΙΑ	
			ΥΔΡΑΣΒΕΣΤΟΣ (kg)	ΑΜΜΟΣ (kg)	ΘΗΡΑΙΚΗ ΓΗ (kg)	ΝΕΡΟ (kg)	ΥΔ/ΑΜ (κ.ο.)	ΥΔ/ΑΜ/ΒΗ (κ.ο.)
I	19~24	7/6/1995	1,466	2,2	-	1,466	1/0,44	-
I	43~48	9/6/1995	1,466	2,2	-	1,466	1/0,44	-
II	1~6	6/6/1995	1,36	3,4	-	1,36	1/0,74	-
II	31~36	8/6/1995	1,36	3,4	-	1,36	1/0,74	-
III	7~12	6/6/1995	1	3,5	-	1	1/1,03	-
III	25~30	8/6/1995	1	3,5	-	1	1/1,03	-
IV	13~18	7/6/1995	0,777	3,5	-	0,777	1/1,32	-
IV	37~42	9/6/1995	0,777	3,5	-	0,777	1/1,32	-
V	85~96	10/7/1995	0,875	7,487	-	1,45	1/2,5	-
VI	109~120	13/7/1995	0,625	8,5	-	1,4	1/4,0	-
A	49~60	10/6/1995	1	8,5	1,6	2,1	-	2/5/2,0
B	61~72	11/6/1995	2,25	6,375	1,2	2,5	-	4,5/3,75/1,5
Γ	73~84	13/6/1995	0,75	6,375	1,8	1,85	-	2/5/3,0
Δ	97~108	11/7/1995	0,55	5,61	3,52	2,2	-	1/3/4,0

Πίνακας 7.2. Συστάσεις μιγμάτων ασβεστοκονιαμάτων
και πουζολανο- ασβεστοκονιαμάτων

7.2. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

7.2.1. Θλιπτική αντοχή ασβεστοκονιαμάτων

Στον πίνακα 7.3. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των “άθικτων” δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων.

Στον πίνακα 7.4. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές διάτρησης.

Στον πίνακα 7.5. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που κορέστηκαν στο νερό.

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
I	46	192	476,5	1,778
I	47	192	483,3	1,722
I	48	192	462,0	1,908
II	31	193	539,2	1,761
II	35	193	540,3	2,100
II	36	193	572,3	2,080
III	8	195	610,3	1,224
III	11	195	611,7	1,292
IV	40	192	647,2	3,749
IV	41	192	650,3	3,265
IV	42	192	648,1	3,371
V	91	161	660,5	3,602
V	92	161	667,0	3,435
V	93	161	635,7	3,124
VI	115	151	677,8	0,890
VI	116	151	674,7	0,631
VI	117	151	700,5	0,692
Πίνακας 7. 3. Αποτελέσματα μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής των "άθικτων" δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων				

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
I	19	154	473,8	0,955
I	20	154	480,7	1,077
I	21	154	472,9	1,112
I	43	192	483,1	1,792
I	44	192	473,8	1,878
I	45	192	478,6	1,924
II	1	149	548,8	0,612
II	2	149	547,1	0,696
II	3	149	521,8	0,667
II	32	193	558,2	1,894
II	33	193	553,9	1,949
II	34	193	566,9	2,051
III	26	153	609,1	2,349
III	27	153	616,8	2,443
III	28	153	619,0	2,479
III	7	195	615,6	1,208
III	9	195	606,8	1,224
III	10	195	622,3	1,296
IV	13	148	661,9	1,504
IV	14	148	648,1	1,718
IV	15	148	650,3	1,724
IV	37	192	643,7	3,476
IV	38	192	660,2	3,388
IV	39	192	650,7	3,927
V	85	128	660,1	3,351
V	86	128	673,5	3,250
V	87	128	669,4	3,184
V	88	161	679,8	3,016
V	89	161	662,5	3,063
V	90	161	658,8	3,322
VI	109	125	690,5	0,569
VI	110	125	680,1	0,633
VI	111	125	652,5	0,512
VI	112	151	695,3	0,694
VI	113	151	697,0	0,696
VI	114	151	682,5	0,714
Πίνακας 7. 4. Αποτελέσματα μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές διάτρησης				

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
I	22	195	642,2	0,68
I	23	195	642	0,627
I	24	195	653,2	0,78
II	4	196	683,2	0,537
II	5	196	675	0,553
II	6	196	672,3	0,49
III	12	196	711,6	0,829
III	29	194	718,4	1,571
III	30	194	721,2	1,545
IV	16	195	754,3	1,002
IV	17	195	745	1,184
IV	18	195	716,1	0,969
V	94	162	745,1	2,396
V	95	162	737,9	2,269
V	96	162	742,2	2,382
VI	118	153	767,4	0,5796
VI	119	153	773,3	0,6327
VI	120	153	755,9	0,6429
Πίνακας 7. 5. Αποτελέσματα μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που εξετάσθηκαν κορεσμένα σε νερό				

7.2.2. Θλιπτική αντοχή πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων

Στον πίνακα 7.6. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των “άθικτων” δοκιμίων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων.

Στον πίνακα 7.7. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές διάτρησης.

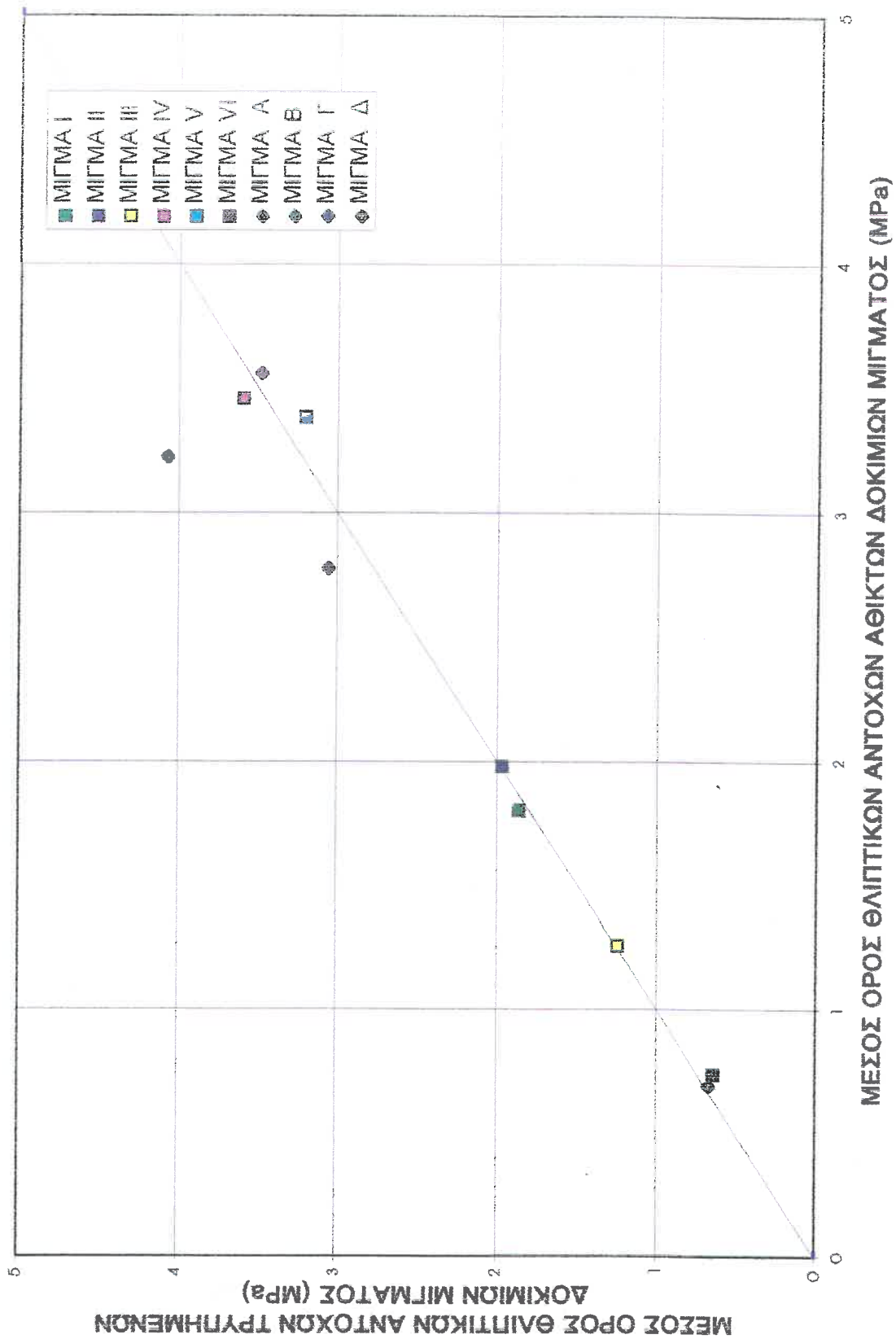
Στον πίνακα 7.8. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μέτρηση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που κορέστηκαν στο νερό.

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
A	56	184	606,8	2,669
A	57	184	645,6	2,745
A	58	184	637,6	2,916
B	67	183	583,4	3,198
B	68	183	591,8	3,482
B	69	183	555,2	2,998
Γ	79	181	607,3	3,604
Γ	80	181	640,6	3,469
Γ	81	181	630,6	3,616
Δ	103	153	568,2	0,682
Δ	104	153	600,8	0,588
Δ	105	153	606,8	0,802
Πίνακας 7. 6. Αποτελέσματα μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής των "άθικτων" δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων				

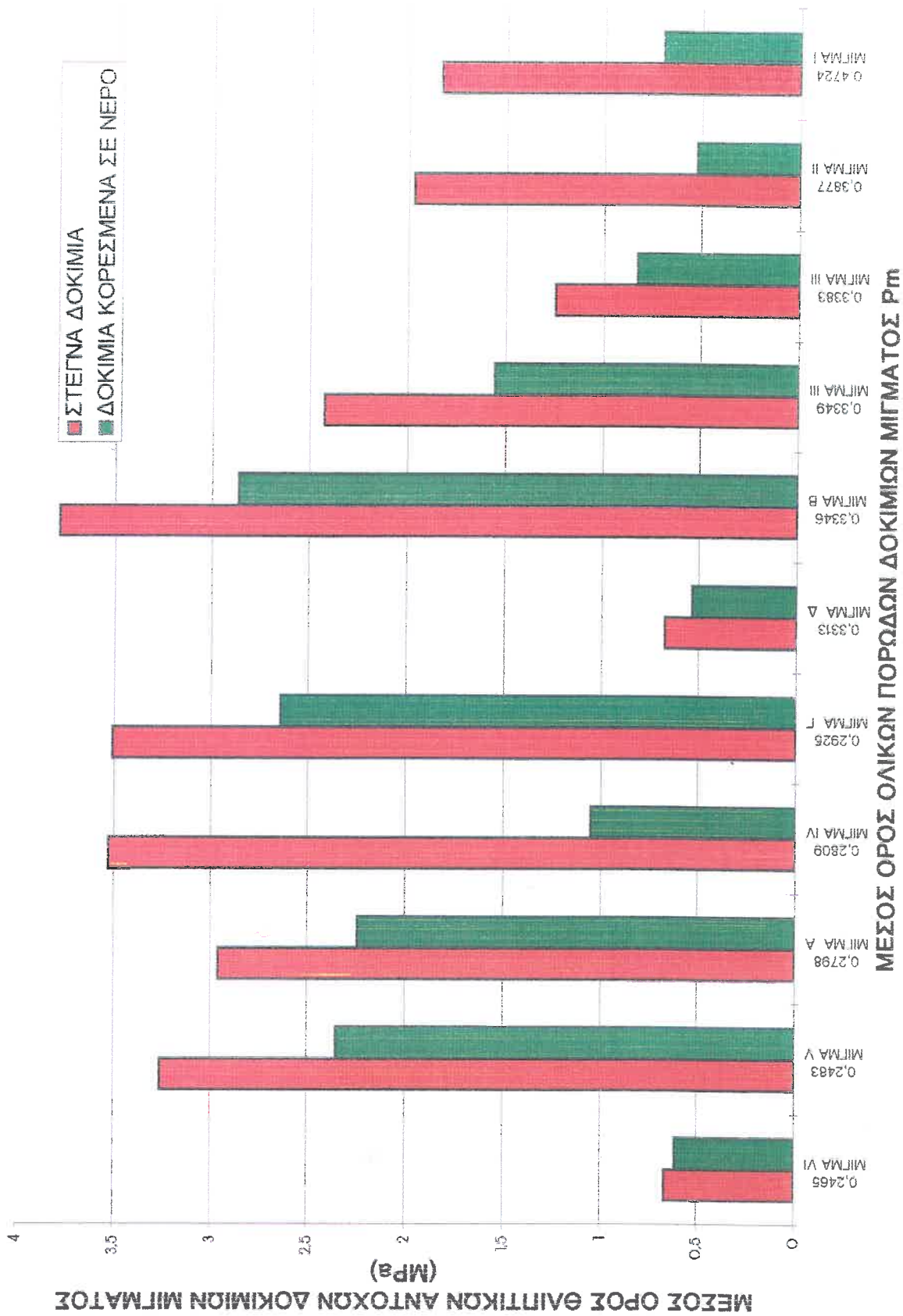
ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
A	49	145	660	3,145
A	50	145	644,6	3,157
A	51	145	645,5	3,078
A	52	184	650,1	2,943
A	53	184	644,8	3,08
A	54	184	637,8	2,933
B	61	152	572,5	4,753
B	62	152	583,9	4,657
B	63	152	588,6	5,11
B	64	183	581	3,296
B	65	183	584,8	3,504
B	66	183	583,4	3,104
Γ	73	150	640,8	3,426
Γ	74	150	644,2	3,586
Γ	75	150	641,5	3,52
Γ	76	181	641,1	3,737
Γ	77	181	625,3	3,169
Γ	78	181	632	3,467
Δ	97	127	598,6	0,622
Δ	98	127	596,6	0,626
Δ	99	127	605,9	0,608
Δ	100	153	603,2	0,716
Δ	101	153	605,1	0,747
Δ	102	153	596,6	0,671
Πίνακας 7. 7. Αποτελέσματα μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές διάτρησης				

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
A	55	186	721,8	2,102
A	59	186	733	2,176
A	60	186	727,1	2,451
B	70	185	676	2,943
B	71	185	691,2	2,876
B	72	185	714,9	2,778
Γ	82	183	718,6	2,743
Γ	83	183	720,5	2,739
Γ	84	183	728	2,445
Δ	106	155	702,1	0,498
Δ	108	155	705,4	0,5735
Πίνακας 7. 8. Αποτελέσματα μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που εξετάστηκαν κορεσμένα σε νερό				

7.2.3. Διαγράμματα



Σχήμα 7.1. Σύγκριση των θλιπτικών αντοχών των "άθικτων" δοκιμών των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με τις θλιπτικές αντοχές των δοκιμών που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές διάτρησης



Σχήμα 7.2. Σύγκριση των θλιπτικών αντοχών των "στεγνών" δοκιμών των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με τις θλιπτικές αντοχές αυτών που χρησιμοποιήθηκαν κορεσμένα σε νερό

7.3. ΠΟΡΩΔΕΣ

7.3.1. Πορώδες ασβεστοκονιαμάτων

Στον πίνακα 7.9.α. παρουσιάζονται τα ολικά πορώδη των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό. Στον πίνακα 7.9.β. παρουσιάζονται τα υπολογισμένα μέσα πορώδη του πολτού τους.

Στον πίνακα 7.10. παρουσιάζονται τα ολικά πορώδη των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο του ασβεστίου.

Στον πίνακα 7.11.α. παρουσιάζονται τα ολικά πορώδη των κορεσμένων σε νερό δοκιμίων ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό. Στον πίνακα 7.11.β. παρουσιάζονται τα υπολογισμένα μέσα πορώδη του πολτού τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	A	B	C	D	Pm
I	19	33,54	1037	1021,6	24,71	0,4876
I	20	29,77	1035,2	1021,6	22,13	0,4748
I	21	32,44	1036,3	1021,6	24,00	0,4768
I	43	25,76	1033,7	1022,00	19,01	0,4787
I	44	24,51	1033,1	1022,00	18,17	0,4714
I	47	22,91	1032,5	1022,00	17,07	0,4710
I	48	26,02	1033,70	1022,00	19,31	0,4686
II	1	33,59	1038,3	1021,6	26,67	0,4097
II	2	31,00	1037	1021,6	24,95	0,3898
II	3	32,37	1037,8	1021,6	25,89	0,4015
II	32	27,76	1035,7	1022,00	22,25	0,3908
II	34	29,97	1036,8	1022,00	24,08	0,3885
II	35	19,56	1031,5	1022,00	15,70	0,3833
II	36	29,11	1036,6	1022,00	23,49	0,3881
III	7	20,24	1032,5	1022,00	17,00	0,3320
III	9	36,12	1041	1022,00	30,18	0,3464
III	10	31,93	1039	1022,00	26,89	0,3364
III	11	28,03	1036,7	1022,00	23,54	0,3366
III	26	33,29	1038,8	1021,6	28,00	0,3304
III	27	29,97	1037,2	1021,6	25,19	0,3331
III	28	34,11	1039,4	1021,6	28,58	0,3395
IV	13	33,63	1039,7	1021,6	28,92	0,3041
IV	14	28,99	1037,3	1021,6	24,93	0,3057
IV	15	43,05	1044,7	1021,6	37,15	0,2969
IV	37	22,62	1034,00	1022,00	19,68	0,2768
IV	39	25,73	1035,70	1022,00	22,28	0,2868
IV	40	29,79	1038,1	1022,00	25,94	0,2816
IV	41	32,27	1039	1022,00	28,03	0,2784
V	85	36,55	1042,10	1021,90	32,52	0,2465
V	86	39,25	1043,7	1021,90	34,92	0,2480
V	87	38,01	1043	1021,90	33,88	0,2435
V	88	27,38	1037	1022,00	24,04	0,2694
V	90	25,55	1035,8	1022,00	22,69	0,2432
V	91	23,56	1035,10	1022,00	20,98	0,2467
V	92	19,48	1032,6	1022,00	17,33	0,2410
VI	109	12,79	1029,3	1021,90	11,48	0,2408
VI	110	10,57	1027,7	1021,90	9,47	0,2311
VI	111	25,54	1035,9	1021,90	22,70	0,2465
VI	113	11,86	1028,5	1021,70	10,55	0,2564
VI	114	19,11	1032,6	1021,70	17,09	0,2446
VI	115	15,23	1030,4	1021,70	13,56	0,2550
VI	116	7,91	1026,30	1021,70	7,08	0,2508

Πίνακας 7.9.α. Μετρημένα ολικά πορώδη πολτού Pm
των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	Pp
I	19	154	473,8	0,955	0,5728
I	20	154	480,7	1,077	0,5578
I	21	154	472,9	1,112	0,5601
I	43	192	483,1	1,792	0,5623
I	44	192	473,8	1,878	0,5537
I	47	192	483,3	1,722	0,5532
I	48	192	462,0	1,908	0,5504
II	1	149	548,8	0,612	0,535
II	2	149	547,1	0,696	0,5089
II	3	149	521,8	0,667	0,5242
II	32	193	558,2	1,894	0,5102
II	34	193	566,9	2,051	0,5072
II	35	193	540,3	2,100	0,5004
II	36	193	572,3	2,080	0,5067
III	7	195	615,6	1,208	0,4978
III	9	195	606,8	1,224	0,5196
III	10	195	622,3	1,296	0,5045
III	11	195	611,7	1,292	0,5047
III	26	153	609,1	2,349	0,4954
III	27	153	616,8	2,443	0,4995
III	28	153	619,0	2,479	0,5091
IV	13	148	661,9	1,504	0,5225
IV	14	148	648,1	1,718	0,5254
IV	15	148	650,3	1,724	0,5101
IV	37	192	643,7	3,476	0,475
IV	39	192	650,7	3,927	0,4924
IV	40	192	647,2	3,749	0,4834
IV	41	192	650,3	3,265	0,4778
V	85	128	660,1	3,351	0,4878
V	86	128	673,5	3,250	0,4909
V	87	128	669,4	3,184	0,4818
V	88	161	679,8	3,016	0,5341
V	90	161	658,8	3,322	0,4812
V	91	161	660,5	3,602	0,4882
V	92	161	667,0	3,435	0,4768
VI	109	125	690,5	0,569	0,6255
VI	110	125	680,1	0,633	0,5996
VI	111	125	652,5	0,512	0,6407
VI	113	151	697,0	0,696	0,667
VI	114	151	682,5	0,714	0,6355
VI	115	151	677,8	0,89	0,6632
VI	116	151	674,7	0,631	0,652

Πίνακας 7.9.β. Υπολογισμένα μέσα πορώδη πολτού Pp
των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	A	B	C	D	Pm
I	19	33,08	1036,8	1021,6	24,28	0,4922
I	20	31,04	1036	1021,6	23,07	0,4807
I	21	37,51	1038,8	1021,6	27,77	0,4810
II	1	39,74	1041,3	1021,6	26,44	0,6670
II	2	36,06	1039,6	1021,6	32,11	0,2188
II	3	32,86	1037,9	1021,6	29,02	0,2327
III	26	34,96	1039,8	1021,6	29,22	0,3437
III	27	35,74	1040,2	1021,6	29,85	0,3450
III	28	27,60	1036,1	1021,6	23,01	0,3512
IV	13	35,18	1040,5	1021,6	30,34	0,2975
IV	14	36,25	1041,1	1021,6	31,27	0,2978
IV	15	36,30	1040,90	1021,6	31,24	0,2985
V	85	25,85	1036,3	1021,70	22,94	0,2575
V	86	41,99	1044,8	1021,70	37,39	0,2436
V	87	24,98	1035,3	1021,70	22,18	0,2463
VI	109	6,41	1025,5	1021,70	5,65	0,2957
VI	110	10,62	1027,8	1021,70	9,50	0,2494
VI	111	7,87	1026,2	1021,70	6,99	0,2588
Πίνακας 7.10. Ολικά πορώδη Pm των δοκιμών των ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από θραύσματα εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο						

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	A	B	C	D	Pm
I	22	25,36	1033,43	1021,95	18,66	0,4827
I	23	24,70	1033,23	1021,95	18,20	0,4844
I	24	22,19	1032,06	1021,95	16,48	0,4727
II	4	25,35	1034,49	1021,95	20,21	0,4012
II	5	25,20	1034,68	1021,95	20,09	0,4098
II	6	26,07	1035,61	1021,95	20,77	0,4271
III	12	22,31	1031,99	1021,95	16,05	0,5102
III	29	24,39	1033,02	1021,95	18,10	0,4722
III	30	27,93	1036,60	1021,95	23,42	0,3396
IV	16	22,31	1034,49	1021,95	19,33	0,3050
IV	17	24,39	1035,14	1021,95	21,05	0,2982
IV	18	27,20	1036,74	1021,95	23,39	0,3070
V	94	19,68	1033,00	1021,95	17,47	0,2561
V	95	23,41	1034,99	1021,95	20,76	0,2555
V	96	25,01	1035,95	1021,95	22,22	0,2534
VI	118	10,44	1027,65	1021,75	9,33	0,2445
VI	119	5,16	1024,86	1021,75	4,66	0,2439
VI	120	9,00	1026,74	1021,75	8,06	0,2344
Πίνακας 7.11.α. Μετρημένα ολικά πορώδη Pm						
των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων						
που εξετάστηκαν κορεσμένα σε νερό						

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (gr)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	Pp
I	22	195	486,0	642,2	0,680	0,5670
I	23	195	484,9	642,0	0,627	0,5690
I	24	195	492,8	653,2	0,780	0,5552
II	4	196	558,5	683,2	0,537	0,5239
II	5	196	550,7	675,0	0,553	0,5351
II	6	196	548,6	672,3	0,490	0,5578
III	12	196	604,4	711,6	0,829	0,7677
III	29	194	609,6	718,4	1,571	0,7102
III	30	194	612,4	721,2	1,545	0,5073
IV	16	195	658,6	754,3	1,002	0,5241
IV	17	195	650,3	745,0	1,184	0,5123
IV	18	195	624,9	716,1	0,969	0,5276
V	94	162	673,3	745,1	2,396	0,5072
V	95	162	667,6	737,9	2,269	0,5062
V	96	162	671,5	742,2	2,382	0,5018
VI	118	153	696,9	767,4	0,580	0,6353
VI	119	153	701,7	773,3	0,633	0,6337
VI	120	153	684,6	755,9	0,643	0,6084
Πίνακας 7.11.β. Υπολογισμένα μέσα πορώδη πολτού Pp των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων που εξετάστηκαν κορεσμένα σε νερό						

7.3.2. Πορώδες πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων

Στον πίνακα 7.12.α.αρουσιάζονται τα ολικά πορώδη των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό. Στον πίνακα 7.12β. παρουσιάζονται τα υπολογισμένα μέσα πορώδη του πολτού τους.

Στον πίνακα 7.13. παρουσιάζονται τα ολικά πορώδη των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο του ασβεστίου

Στον πίνακα 7.14.α. παρουσιάζονται τα ολικά πορώδη των κορεσμένων σε νερό δοκιμίων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από “ανέπαφα” χωρίς ρωγμές τεμάχια θραυσμένου δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό. Στον πίνακα 7.14.β. παρουσιάζονται τα υπολογισμένα μέσα πορώδη του πολτού τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	A	B	C	D	Pm
A	49	37,77	1042,5	1021,6	32,93	0,2869
A	50	33,24	1039,8	1021,6	29,02	0,2823
A	51	35,05	1041,1	1021,6	30,72	0,2785
A	53	34,36	1040,7	1021,70	30,12	0,2768
A	54	26,67	1036,4	1021,70	23,30	0,2806
A	56	27,99	1037,2	1021,70	24,47	0,2807
A	58	28,73	1037,5	1021,70	25,20	0,2732
B	61	31,16	1037,9	1021,6	26,31	0,3284
B	62	32,08	1038,2	1021,6	27,02	0,3269
B	63	29,24	1036,8	1021,6	24,66	0,3262
B	64	30,94	1037,7	1021,70	25,86	0,3407
B	65	17,83	1031,3	1021,70	14,98	0,3446
B	67	31,19	1038,00	1021,70	26,25	0,3318
B	69	22,6	1033,6	1021,70	18,91	0,3433
Γ	73	38,48	1042,3	1021,6	33,29	0,2924
Γ	74	39,13	1043,00	1021,6	33,91	0,2952
Γ	75	36,02	1041,2	1021,6	31,29	0,2881
Γ	76	21,77	1033,4	1021,70	18,78	0,2972
Γ	77	34,41	1040,5	1021,70	29,80	0,2948
Γ	80	31,65	1038,9	1021,70	27,41	0,2940
Γ	81	30,86	1038,3	1021,70	26,78	0,2859
Δ	97	18,70	1031,50	1021,90	15,71	0,3286
Δ	98	42,26	1044,1	1021,90	35,64	0,3307
Δ	99	23,31	1034,2	1021,90	19,59	0,3388
Δ	101	20,54	1032,7	1021,70	17,41	0,3264
Δ	102	14,13	1029,2	1021,70	11,95	0,3278
Δ	104	19,40	1031,9	1021,70	16,29	0,3366
Δ	105	20,67	1032,7	1021,70	17,47	0,3302
Πίνακας 7.12.α.Μετρημένα ολικά πορώδη πολτού Pm						
των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων						

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ (ημέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	Pp
A	49	145	660,0	3,145	0,515
A	50	145	644,6	3,157	0,5054
A	51	145	645,5	3,078	0,4985
A	53	184	644,8	3,080	0,4954
A	54	184	637,8	2,933	0,5024
A	56	184	606,8	2,669	0,5025
A	58	184	637,6	2,916	0,4889
B	61	152	572,5	4,753	0,4688
B	62	152	583,9	4,657	0,4667
B	63	152	588,6	5,110	0,4657
B	64	183	581,0	3,296	0,4866
B	65	183	584,8	3,504	0,4922
B	67	183	583,4	3,198	0,4737
B	69	183	555,2	2,998	0,4903
Γ	73	150	640,8	3,426	0,582
Γ	74	150	644,2	3,586	0,5878
Γ	75	150	641,5	3,520	0,5732
Γ	76	181	641,6	3,737	0,5918
Γ	77	181	625,3	3,169	0,5868
Γ	80	181	640,6	3,469	0,5853
Γ	81	181	630,6	3,616	0,5689
Δ	97	127	598,6	0,622	0,7836
Δ	98	127	596,6	0,626	0,7887
Δ	99	127	605,9	0,608	0,8084
Δ	101	153	605,1	0,747	0,7783
Δ	102	153	596,6	0,671	0,7818
Δ	104	153	600,8	0,588	0,8031
Δ	105	153	606,8	0,802	0,7877
Πίνακας 7.12.β. Υπολογισμένα μέσα πορώδη πολτού Pp των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων					

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	A	B	C	D	Pm
A	49	30,58	1038,3	1021,6	26,72	0,2793
A	50	36,17	1041,2	1021,6	31,61	0,2752
A	51	34,76	1040,5	1021,6	30,41	0,2748
B	61	29,60	1037,20	1021,6	24,87	0,3391
B	62	26,50	1035,40	1021,6	22,14	0,3447
B	63	31,07	1038,1	1021,6	26,23	0,3336
Γ	73	26,78	1036	1021,6	23,12	0,2966
Γ	74	28,46	1037,1	1021,6	24,68	0,2919
Γ	75	27,03	1036,6	1021,6	23,31	0,3108
Δ	97	31,38	1038,1	1021,70	26,53	0,3227
Δ	98	22,91	1033,6	1021,70	19,33	0,3237
Δ	99	27,60	1036	1021,70	23,20	0,3316
Πίνακας 7.13. Ολικά πορώδη Pm των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων που μετρήθηκαν από θραύσματα εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο						

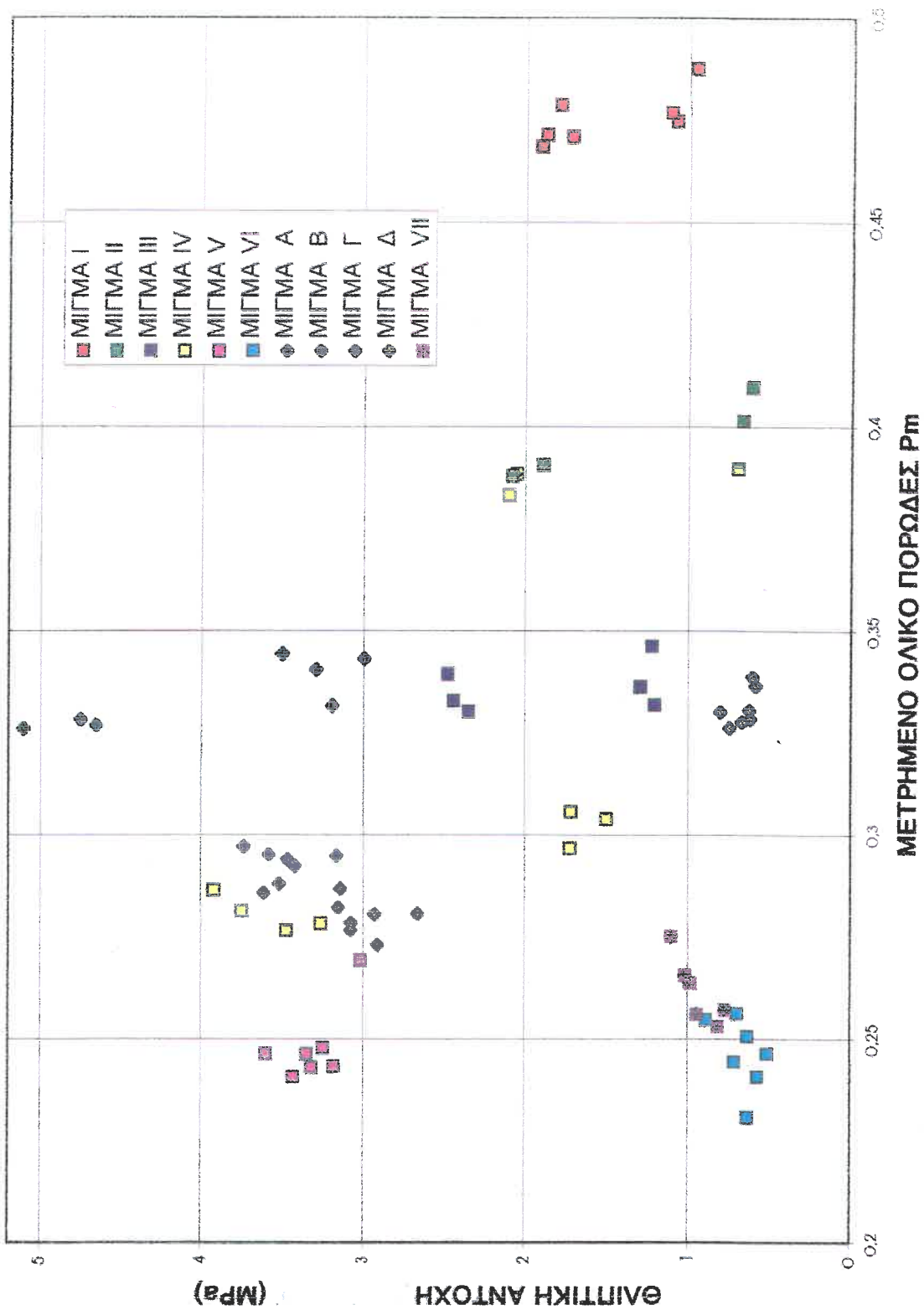
ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	A	B	C	D	Pm
A	55	25,14	1035,57	1021,75	21,92	0,2845
A	59	25,00	1035,80	1021,75	21,88	0,2849
A	60	23,47	1034,93	1021,75	20,45	0,2935
B	70	30,32	1037,77	1021,75	25,30	0,3510
B	71	23,59	1034,47	1021,75	19,75	0,3533
B	72	27,21	1036,61	1021,75	22,73	0,3628
Γ	82	27,65	1037,30	1021,75	23,76	0,3215
Γ	83	30,90	1038,95	1021,75	26,72	0,3051
Γ	84	30,38	1038,40	1021,75	26,21	0,3037
Δ	106	13,97	1029,09	1021,75	11,75	0,3348
Δ	108	21,65	1033,00	1021,75	18,25	0,3269

Πίνακας 7.14.α. Μετρημένα ολικά πορώδη Pm
των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων
που εξετάστηκαν κορεσμένα σε νερό

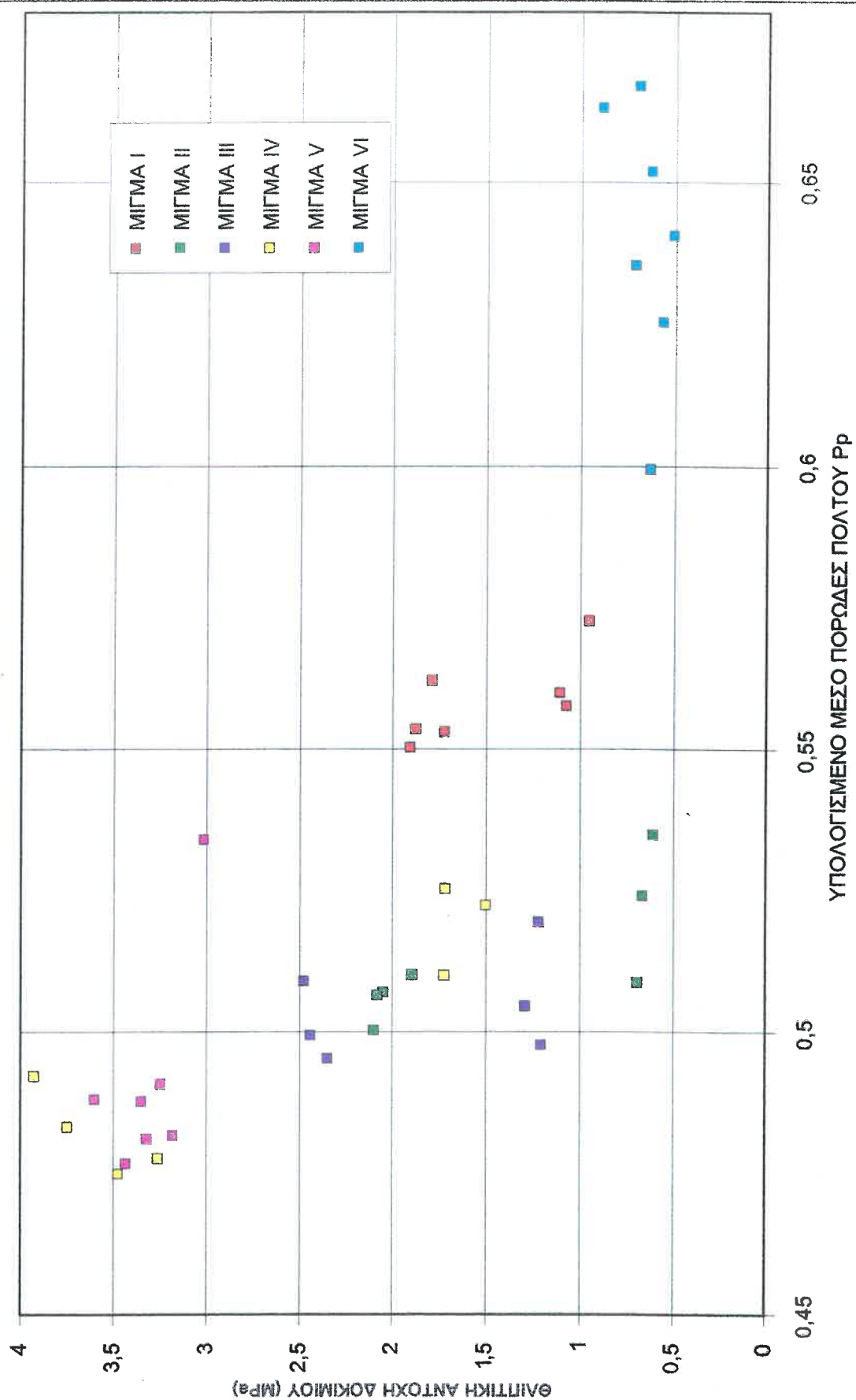
ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (gr)	ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	Pp
A	55	186	637,8	721,8	2,102	0,7419
A	59	186	647,3	733,0	2,176	0,7432
A	60	186	642,1	727,1	2,451	0,7660
B	70	185	574,7	676,0	2,943	0,5015
B	71	185	587,3	691,2	2,876	0,5047
B	72	185	607,8	714,9	2,778	0,5184
Γ	82	183	627,2	718,6	2,743	0,6409
Γ	83	183	629,0	720,5	2,739	0,6078
Γ	84	183	636,9	728,0	2,445	0,6049
Δ	106	155	599,5	702,1	0,498	0,7988
Δ	108	155	604,3	705,4	0,574	0,7796

Πίνακας 7.14.β. Υπολογισμένα μέσα πορώδη πολτού Pp
των δοκιμίων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων
που εξετάστηκαν κορεσμένα σε νερό

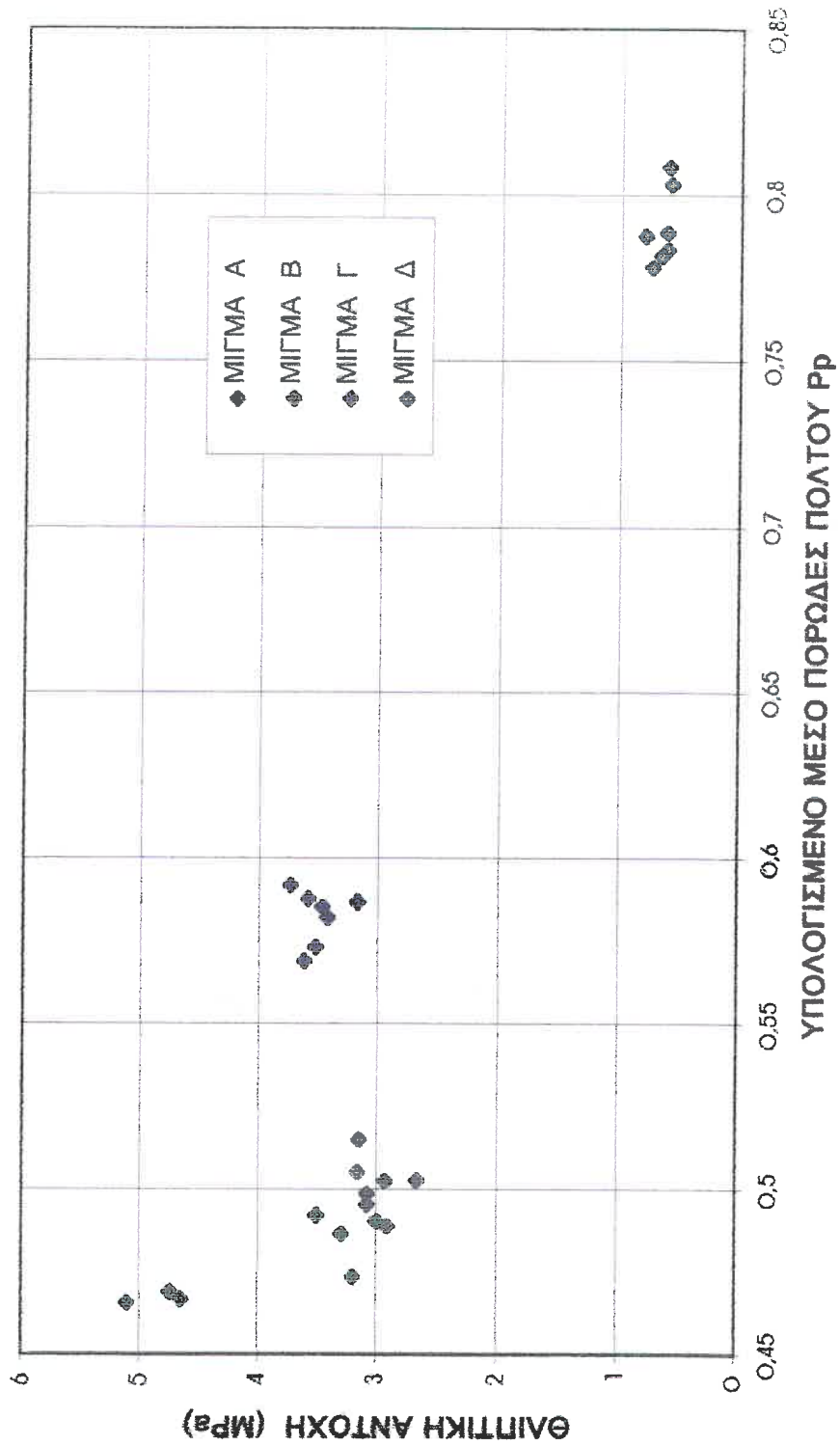
7.3.3. Διαγράμματα



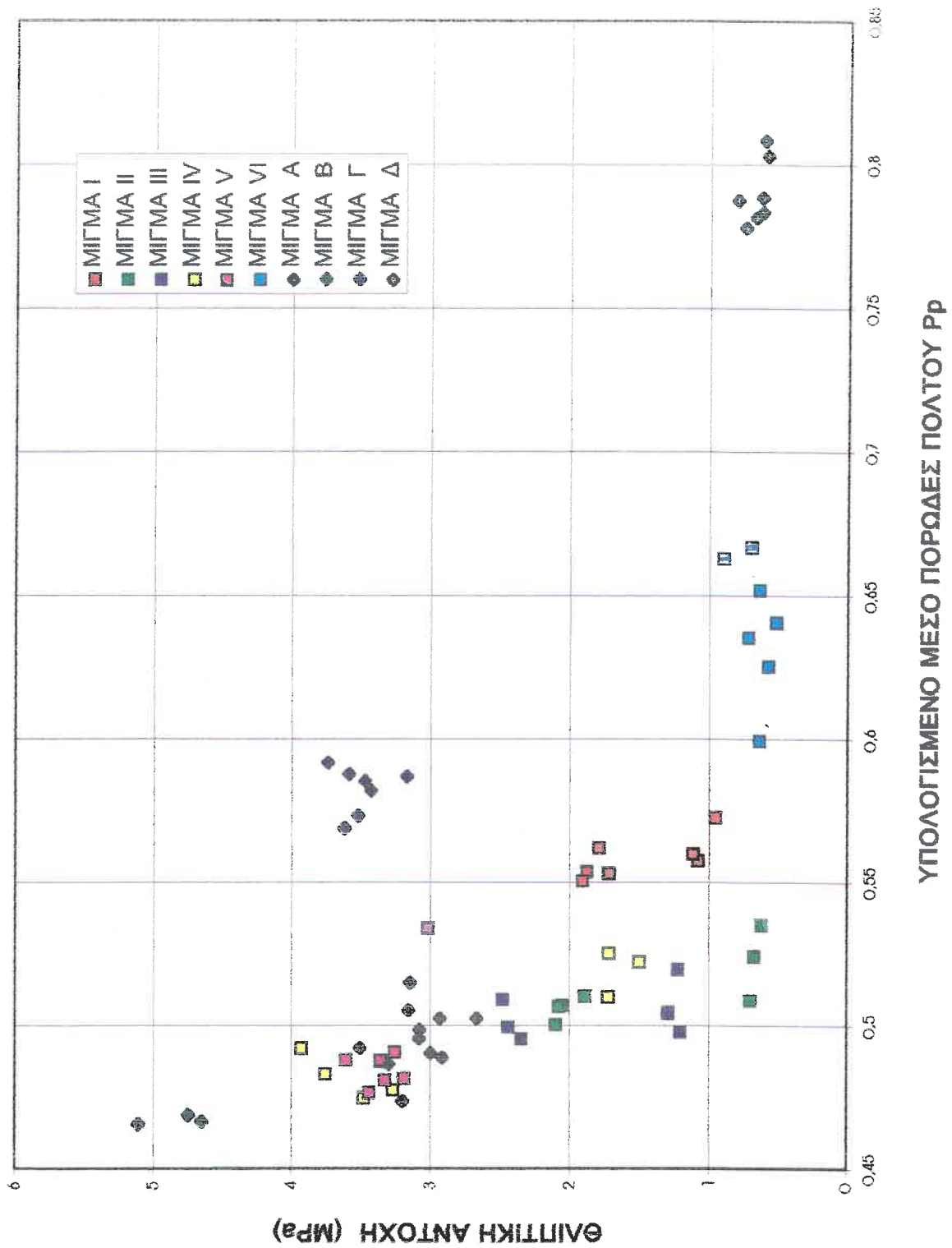
Σχήμα 7.3. Συσχέτιση του μετρημένου ολικού πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



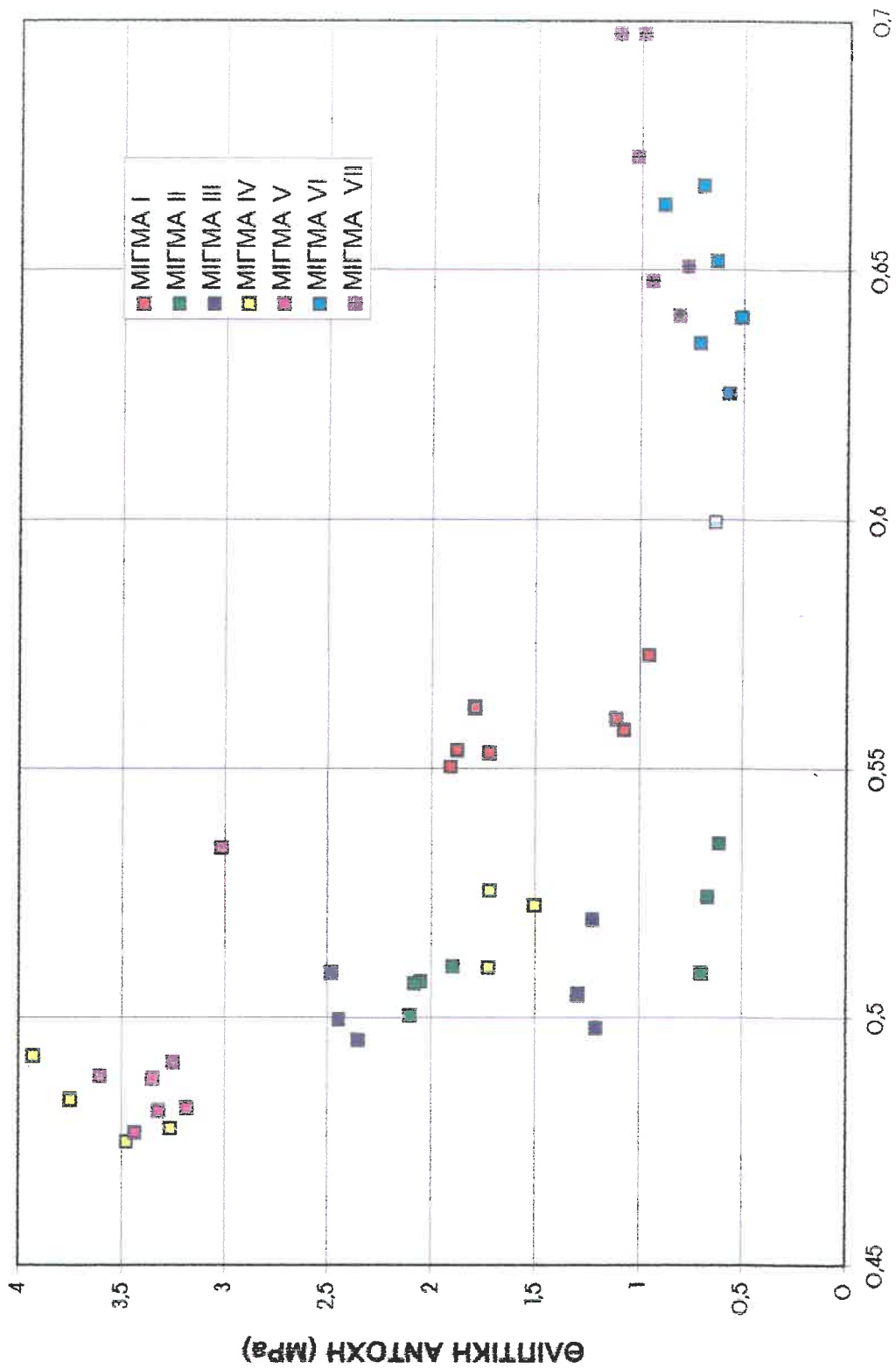
Σχήμα 7.4. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



Σχήμα 7.5. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

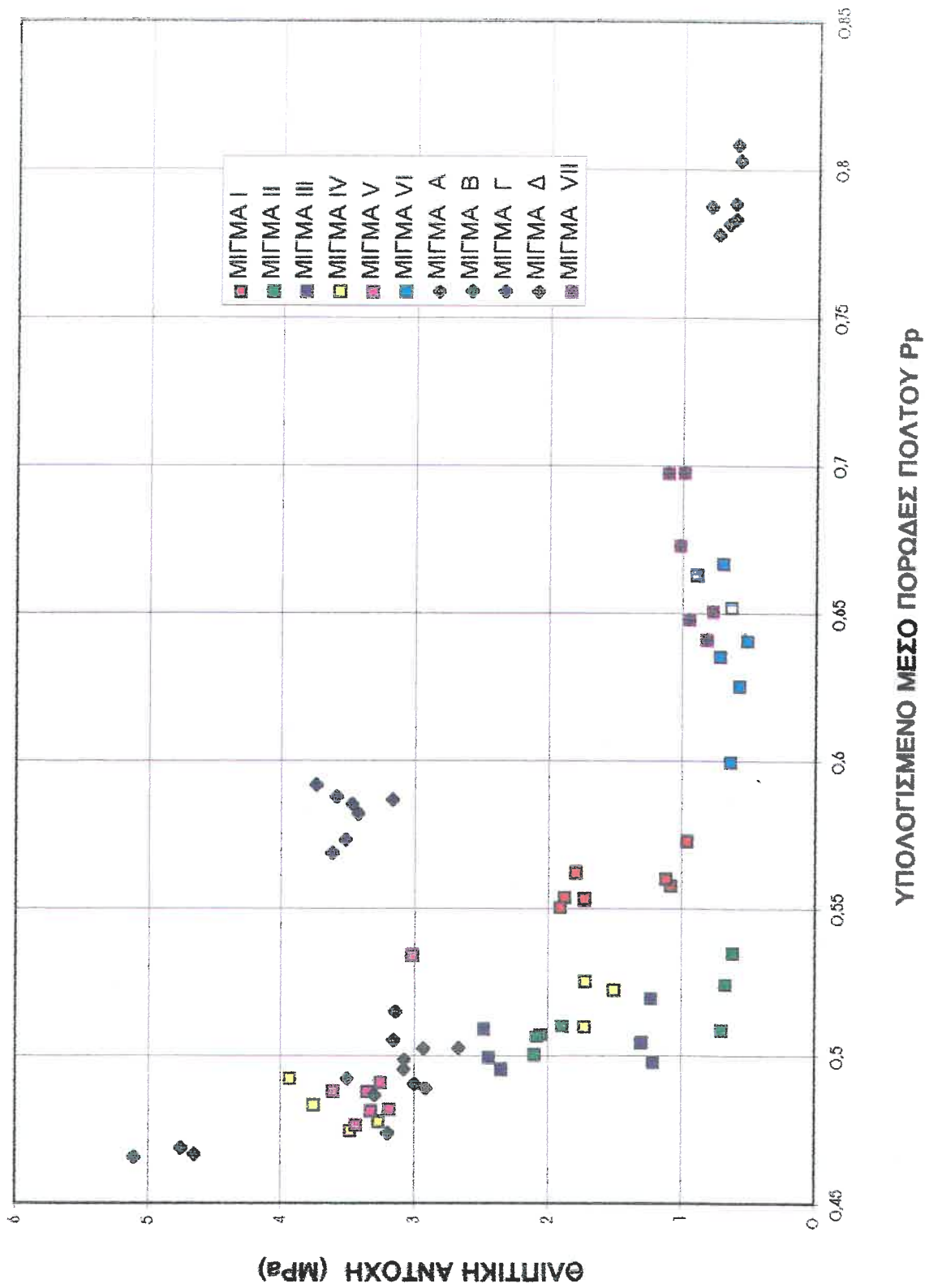


Σχήμα 7.6. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

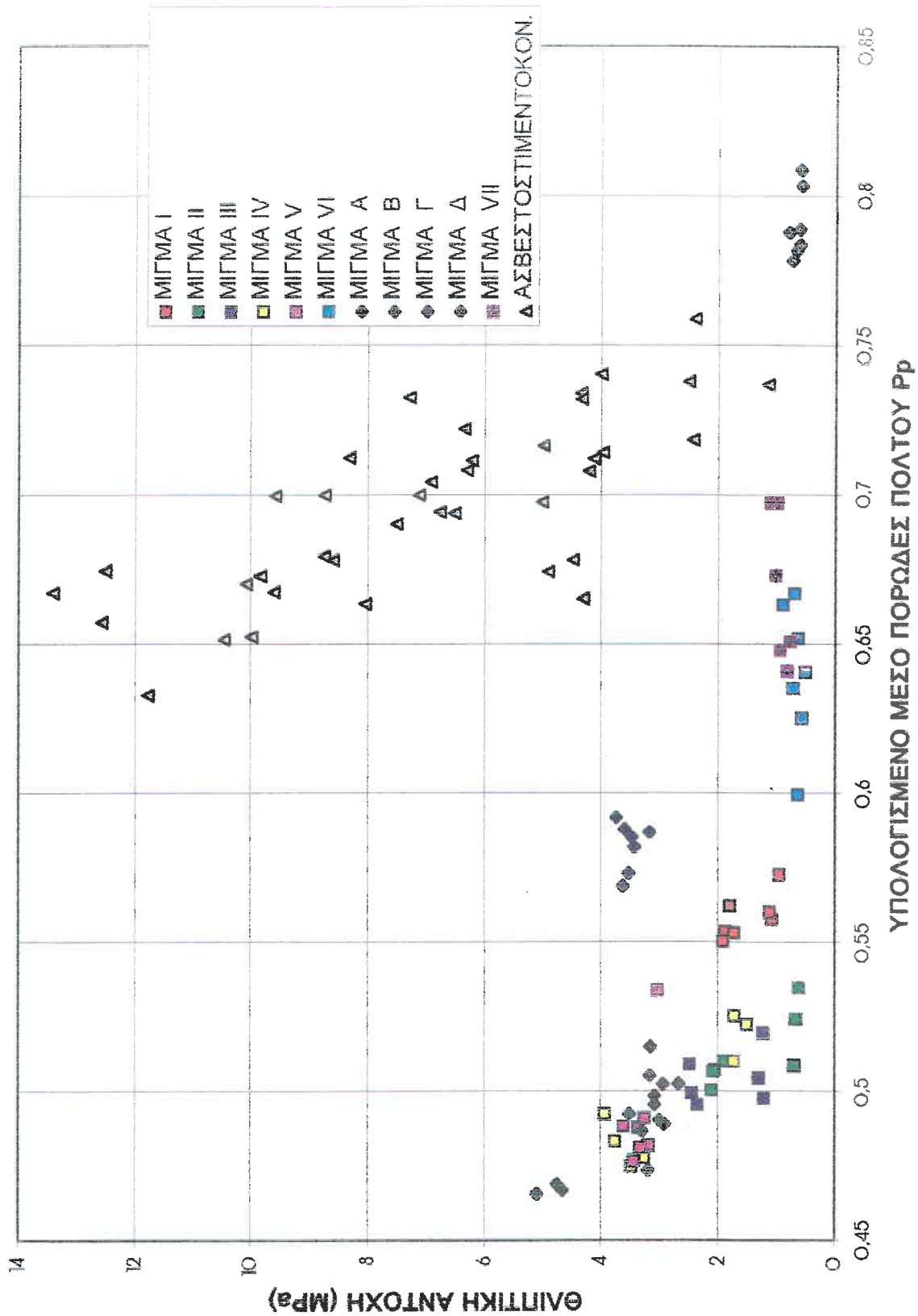


ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΟΛΤΟΥ P_p

Σχήμα 7.7. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων (συμπεριλαμβανομένων αποτελεσμάτων προγενέστερης διπλωματικής [10]) με την θλιπτική αντοχή τους

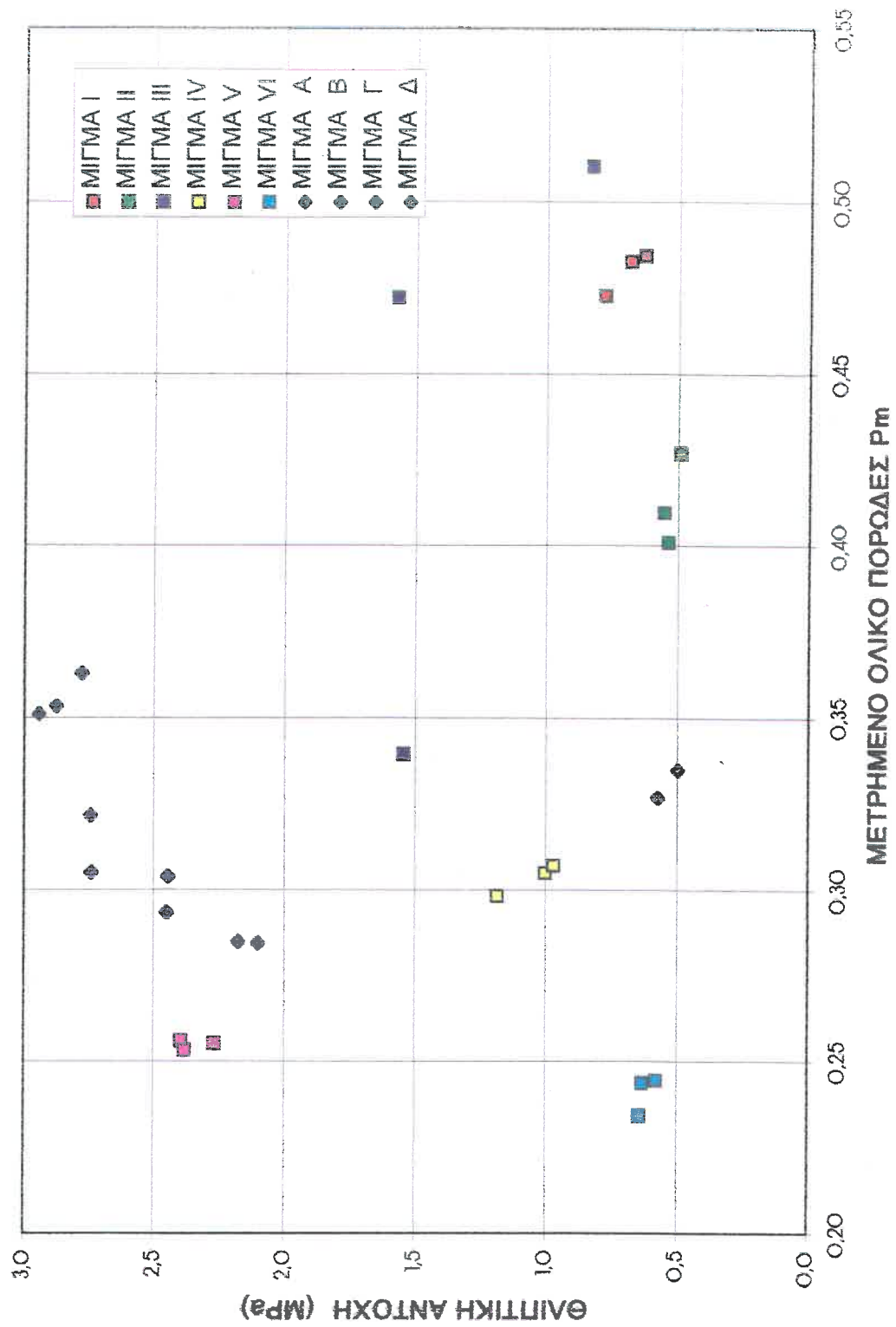


Σχήμα 7.8. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων (συμπεριλαμβανομένων αποτελεσμάτων προγενέστερης διπλωματικής [10]) και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την ελαστική αντοχή τους



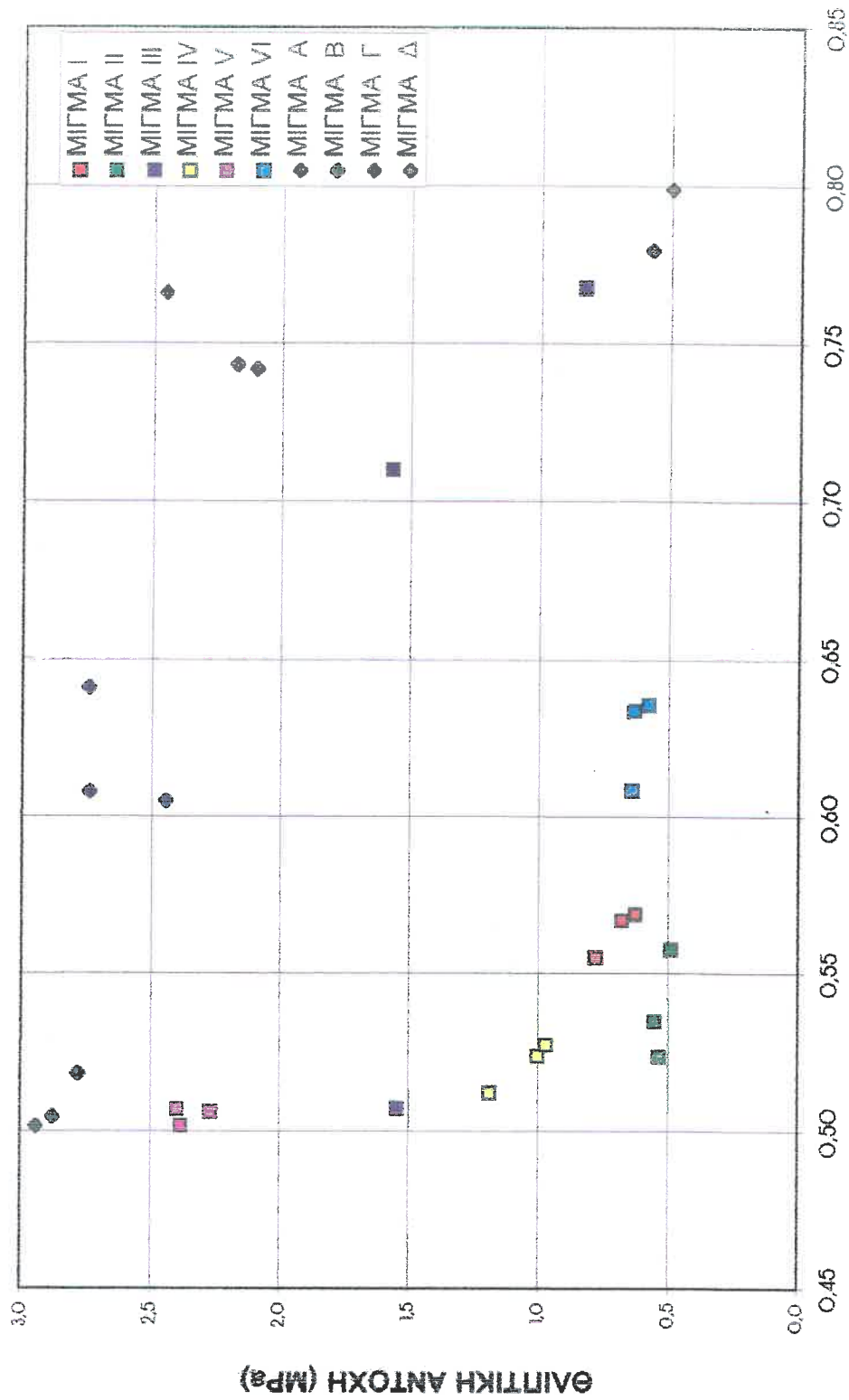
Σχήμα 7.9. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων (συμπεριλαμβανομένων αποτελεσμάτων προγενέστερης διπλωματικής [10]) των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων και των ασβεστοτσιμεντοκονιαμάτων [10] με την ελλειπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ



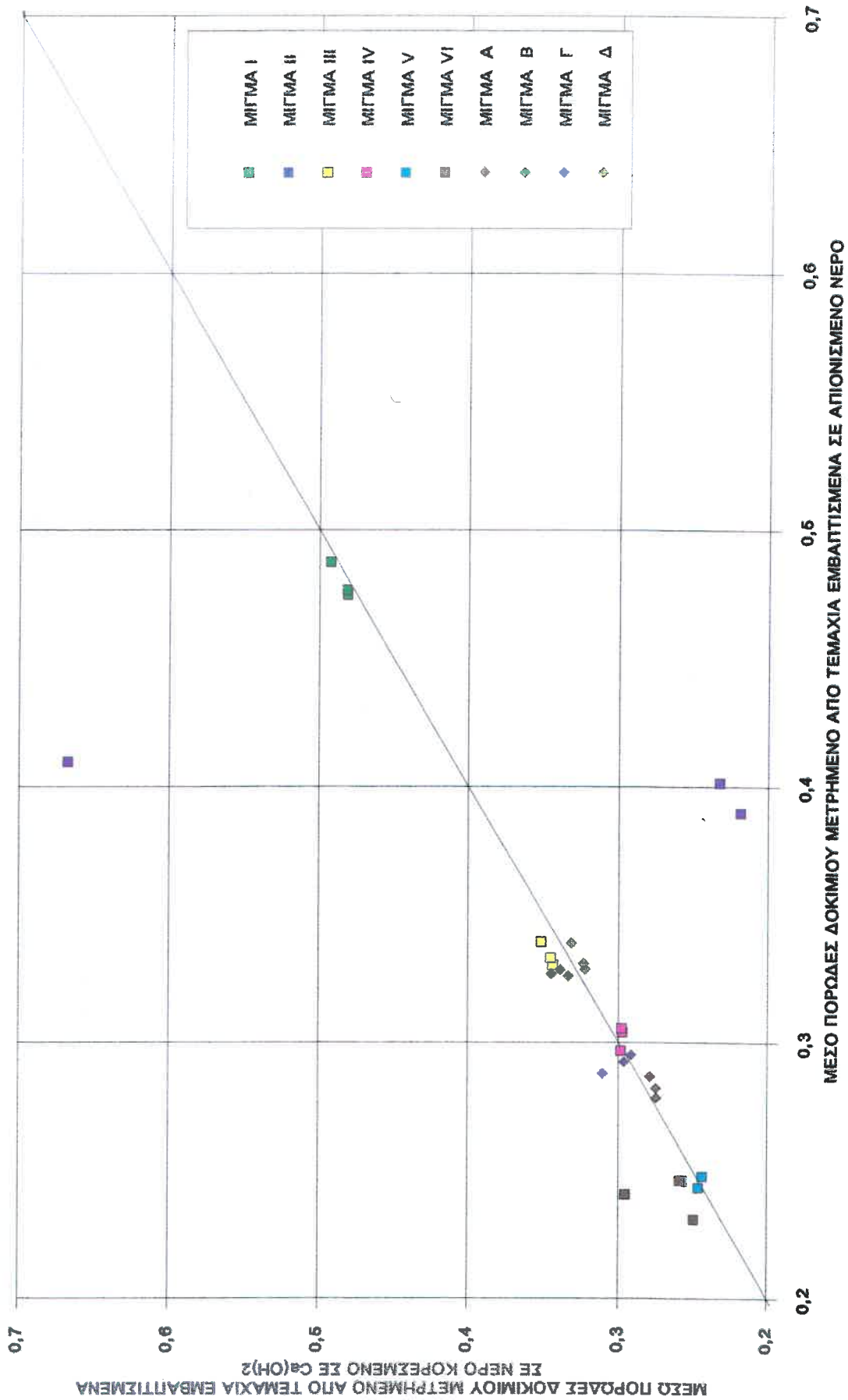
Σχήμα 7.10. Συσχέτιση του μετρημένου ολικού πορώδους των κορεσμένων σε νερό ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την ελλειπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΟ ΜΕΣΟ ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΟΛΤΟΥ Pp

Σχήμα 7.11. Συσχέτιση του του υπολογισμένου μέσου πορώδους των κορεσμένων σε νερό ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



Σχήμα 7.12. Σύγκριση του μετρημένου από τεμάχια δοκιμίου εμβαπτισμένα σε απιονισμένο νερό ολικού πορώδους των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανό-ασβεστοκονιαμάτων με το ολικό πορώδες τους που μετρήθηκε από τεμάχια δοκιμίου εμβαπτισμένα σε νερό κορεσμένο σε υδροξείδιο του ασβεστίου

7.4. ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

7.4.1. Δοκιμές διάτρησης τσιμεντοκονιαμάτων

Τα αποτελέσματα των δοκιμών διάτρησης στα δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (7.14 έως 7.21)

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)						ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ				ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ		
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ		ΑΝΩ			
1,808	60		42	42	50		37	46
2,806	59		65	58			55	59
2,531	58		58	52			56	56
1,469	32	43		37			38	38
1,534			39	37				38
2,486	55		62	64	68		45	59
5,902	145	131	147	103			118	129
7,086	140	197	173	148		176	127	160
8,465	201	170	173	215			135	179

Πίνακας 7.14. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 200 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ				ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ		
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ		ΑΝΩ			
5,902	66	78	66	70			75	71
7,086	85	79	70		85	91	72	80
8,465	87	120	98	84			93	96
6,604	72	78	90	79			84	81
8,400	81	98	76	97			81	87
9,788	85	104	104	98			90	96
2,486				30				30
2,806			32	31				32
2,531	28			29				29

Πίνακας 7.15. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 400 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)						ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ				ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ		ΑΝΩ		
5,902	234	223	276	189		212	227
7,086	270	323	269	255		280	271
8,465	321	287	288	340			302
1,469	55			66			61
1,534			65	66			66
2,486	88		108	108	115		101
1,808	100		69	71	90		77
2,806	106		110	100			106
2,531	99		97	98			98

Πίνακας 7.16. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 6 mm φορτίο 200 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ					ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ			ΑΝΩ		
5,902	124	149	126	120			134	131
7,086	150	146	135	170	147	170	132	150
8,465	150	200	175	146			170	168
6,604	127	147	155	133			143	141
8,400	130	165	147	158			147	149
9,788	157	175	175	166			159	166
2,486				45				45
2,806			61	55				58
2,531	50			54				52

Πίνακας 7.17. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 6 mm φορτίο 400 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ					ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ			ΑΝΩ		
4,190	90	94	103	105		91	130	102
5,027	140	94	110	103	86	120	100	108
5,600	110	95	110	122	102	90	88	102
4,769	130	110	104	102		99	120	111
5,935	118	150	124	128		122	128	128
6,422	98	126	103	125		146	118	119

Πίνακας 7.18. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 6 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 200 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ					ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ			ΑΝΩ		
4,190	57	58	53	54			63	57
5,027	55	60	62	63				60
5,600	52	62	53	48	56		63	56
4,769	62	65	63	62			60	62
5,935	56	62	55	70		73	58	62
6,422	67	82	72	70			70	72
6,604	55		50	60	64		75	61
8,400	90	77	81	84			84	83
9,788	120	103	115	106	78		83	101

Πίνακας 7.19. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 6 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 400 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ					ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ			ΑΝΩ		
4,769	186	173	172	185		168	200	181
5,935	195	220	192	200		178	212	200
6,422	161	207	170	205		220	194	193

Πίνακας 7.20. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 6 mm βάθος σπηλιάς 6 mm φορτίο 200 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)							ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
	ΠΥΘΜΕΝΑΣ	ΠΛΑΓΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ					ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	
		ΚΑΤΩ	ΚΕΝΤΡΟ			ΑΝΩ		
4,769	103	106	106	110			97	104
5,935	95	105	92	110		120	98	103
6,422	108	130	117	114			117	117
6,604	99		110	90	110		121	106
8,4	147	133	138	143			148	142
9,788	192	164	189	167	140		142	166

Πίνακας 7.21. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 6 mm βάθος σπηλιάς 6 mm φορτίο 400 N
σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων

7.4.2. Δοκιμές διάτρησης ασβεστοκονιαμάτων

Τα αποτελέσματα των δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N, σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων παρουσιάζονται στους πίνακες 7.22. και 7.23 όπου στον δεύτερο τα δοκίμια ήταν κορεσμένα σε νερό.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 3 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 50 N, σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων παρουσιάζονται στους πίνακες 7.24. και 7.25 όπου στον δεύτερο τα δοκίμια ήταν κορεσμένα σε νερό.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
IV	37	3,476	81	90	75	79	81
IV	38	3,388	59	71	73	60	66
IV	39	3,927	73	71	83	85	78
V	85	3,351	114	108	118	101	110
V	86	3,25	110	105	134	116	120
V	87	3,184	90	94	82	106	93
V	88	3,016	80	97	120	134	108
V	89	3,063	95	107	83	90	94
V	90	3,322	101	110	86	100	99
VI	109	0,569	40	38	38	28	36
VI	110	0,633	31	32	34		32
VI	111	0,512	30	32			31
VI	112	0,694	39	42	33		38
VI	113	0,696	33	38	36		36
VI	114	0,714	25	39	32		32
Πίνακας 7.22. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 200 N σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων							

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
IV	16	1,002	31	27	21	17	24
V	94	2,396	62	72	59	52	61
V	95	2,269	62	67	58	63	62
V	96	2,382	57	79	51	46	58
VI	118	0,580	17				17
Πίνακας 7.23. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 200 N σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων κορεσμένα σε νερό							

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
I	19	0,955	106	91	52	77	82
I	20	1,077	78	84	97	77	84
I	21	1,112	95	66	67	75	76
I	43	1,792	85	59	97	110	88
I	44	1,878	100	146	96	92	109
I	45	1,924	88	128	101	100	104
II	1	0,612	86	63	42	61	63
II	2	0,696	67	72	67	50	64
II	3	0,667	62	52	78	45	59
II	32	1,894	153	170	97	131	138
II	33	1,949	165	158	114	138	144
II	34	2,051	100	165	163	167	149
III	26	2,349	206	170	175	197	187
III	27	2,443	220	230	202	174	206
III	28	2,479	161	208	178	180	182
III	7	1,208	108	125	122	110	116
III	9	1,224	137	126	94	121	120
III	10	1,296	102	99	130	111	111
IV	13	1,504	84	82	140	108	104
IV	14	1,718	156	120	84	145	126
IV	15	1,724	170	108	152	160	148
VI	109	0,569	134	159	179	133	151
VI	110	0,633	99	112	147	151	127
VI	111	0,512	156	160	103	118	134
VI	112	0,694	155	125	133		138
VI	113	0,696	130	111	132		124
VI	114	0,714	136	137	156		143
Πίνακας 7.24. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 3 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 50 N σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων							

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
I	22	0,680	44	53	46	35	45
I	23	0,627	59	54	37	42	48
I	24	0,780	47	41	53	50	48
II	4	0,537	41	43	35	45	41
II	5	0,553	37	47	65	22	43
II	6	0,490	37	41	42	45	41
III	12	0,829	41	82	59	66	62
III	29	1,571	115	126	95	105	110
III	30	1,545	96	141	94	110	110
IV	17	1,184	87	67	96	104	89
IV	18	0,969	100	114	95	78	97
VI	119	0,633	93	98	109	110	103
VI	120	0,643	100	124	93	95	103
Πίνακας 7.25. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 3 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 50 N σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων κορεσμένα σε νερό							

7.4.3. Δοκιμές διάτρησης πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων

Τα αποτελέσματα των δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N, σε δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων παρουσιάζονται στους πίνακες 7.26. και 7.27 όπου στον δεύτερο τα δοκίμια ήταν κορεσμένα σε νερό.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 3 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 50 N, σε δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων παρουσιάζονται στους πίνακες 7.28. και 7.29 όπου στον δεύτερο τα δοκίμια ήταν κορεσμένα σε νερό.

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
A	49	3,145	64	66	68	65	66
A	50	3,157	63	78	79	65	71
A	51	3,078	65	62	88	79	74
A	52	2,943	72	67	66	76	70
A	53	3,08	58	67	70	55	63
A	54	2,933	62	66	100	54	71
B	61	4,753	95	96	75	112	95
B	62	4,657	100	108	85	83	94
B	63	5,110	90	98	101	83	93
B	64	3,296	96	70	70	98	84
B	65	3,504	105	92	74	97	92
B	66	3,104	110	90	69	113	96
Γ	73	3,426	50	80	58	83	68
Γ	74	3,586	62	76	65	64	67
Γ	75	3,52	58	98	51	77	71
Γ	76	3,737	61	88	81	112	86
Γ	77	3,169	40	103	75	92	78
Γ	78	3,467	98	89	77	72	84

Πίνακας 7.26. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 200 N
σε δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
A	55	2,102	41	35	45	49	43
A	59	2,176	48	40	50	46	46
A	60	2,451	50	41	45	52	47
B	70	2,943	46	62	59	49	54
B	71	2,876	75	66	81	47	67
B	72	2,778	48	67	83	66	66
Γ	82	2,743	29	50	51	33	41
Γ	83	2,739	36	48	53	47	46
Γ	84	2,445	39	29	41	57	42

Πίνακας 7.27. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 4 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 200 N
σε δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων κορεσμένα σε νερό

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
Δ	97	0,622	68	40	73	81	66
Δ	98	0,626	78	84	85	93	68
Δ	99	0,608	88	57	75	54	69
Δ	100	0,716	61	88	81	112	86
Δ	101	0,747	40	106	75	92	78
Δ	102	0,671	98	89	77	72	84

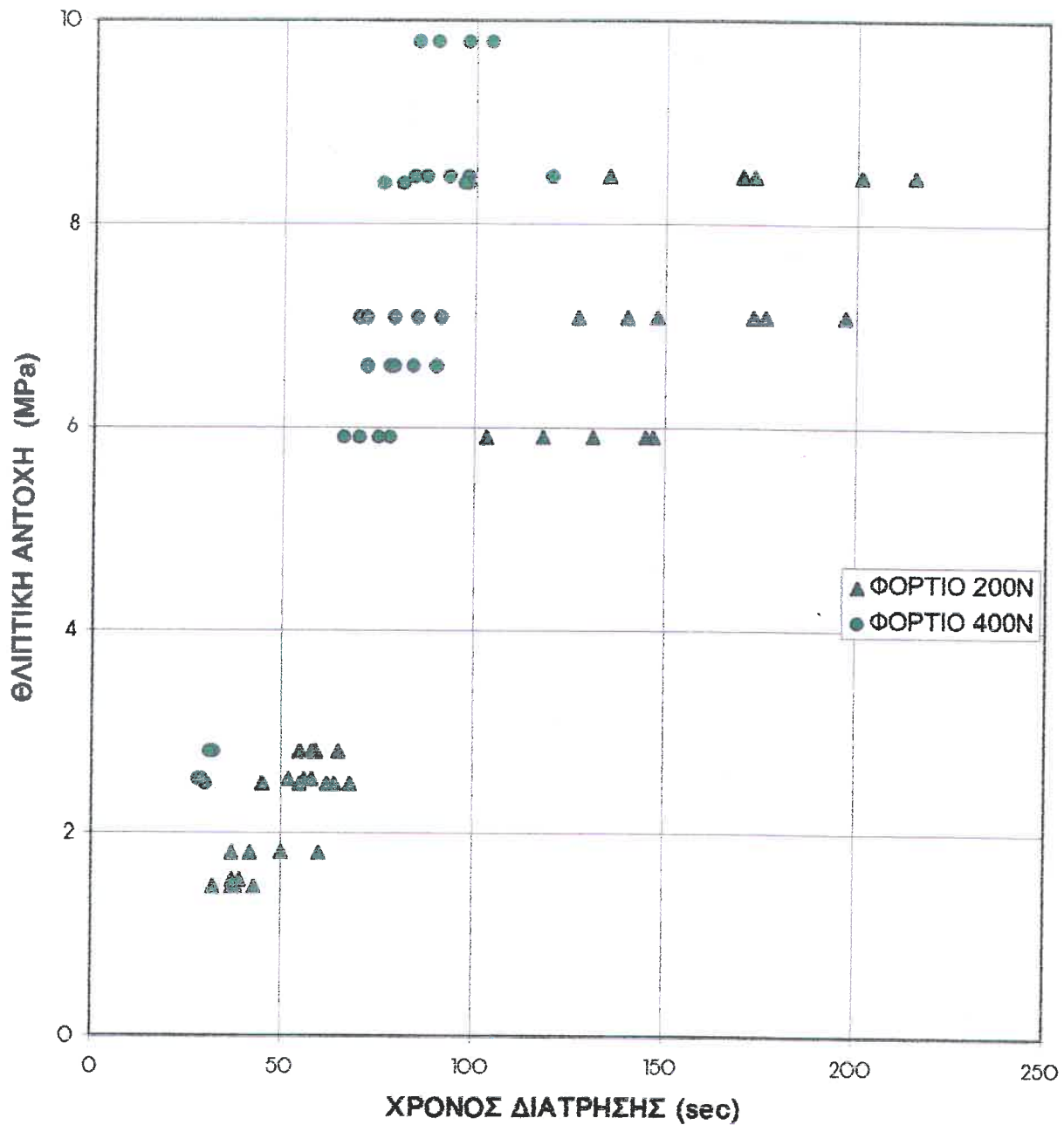
Πίνακας 7.28. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 3 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 50 N
σε δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων

ΜΙΓΜΑ	α/α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΘΛ. ΑΝΤΟΧΗ (MPa)	ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ (sec)				ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
Δ	106	0,498	46	34	38	48	42
Δ	108	0,574	49	60	50	56	54

Πίνακας 7.29. Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παραμέτρους
διάμετρος τρυπανιού 3 mm βάθος σπηλιάς 4 mm φορτίο 50 N
σε δοκίμια πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων κορεσμένα σε νερό

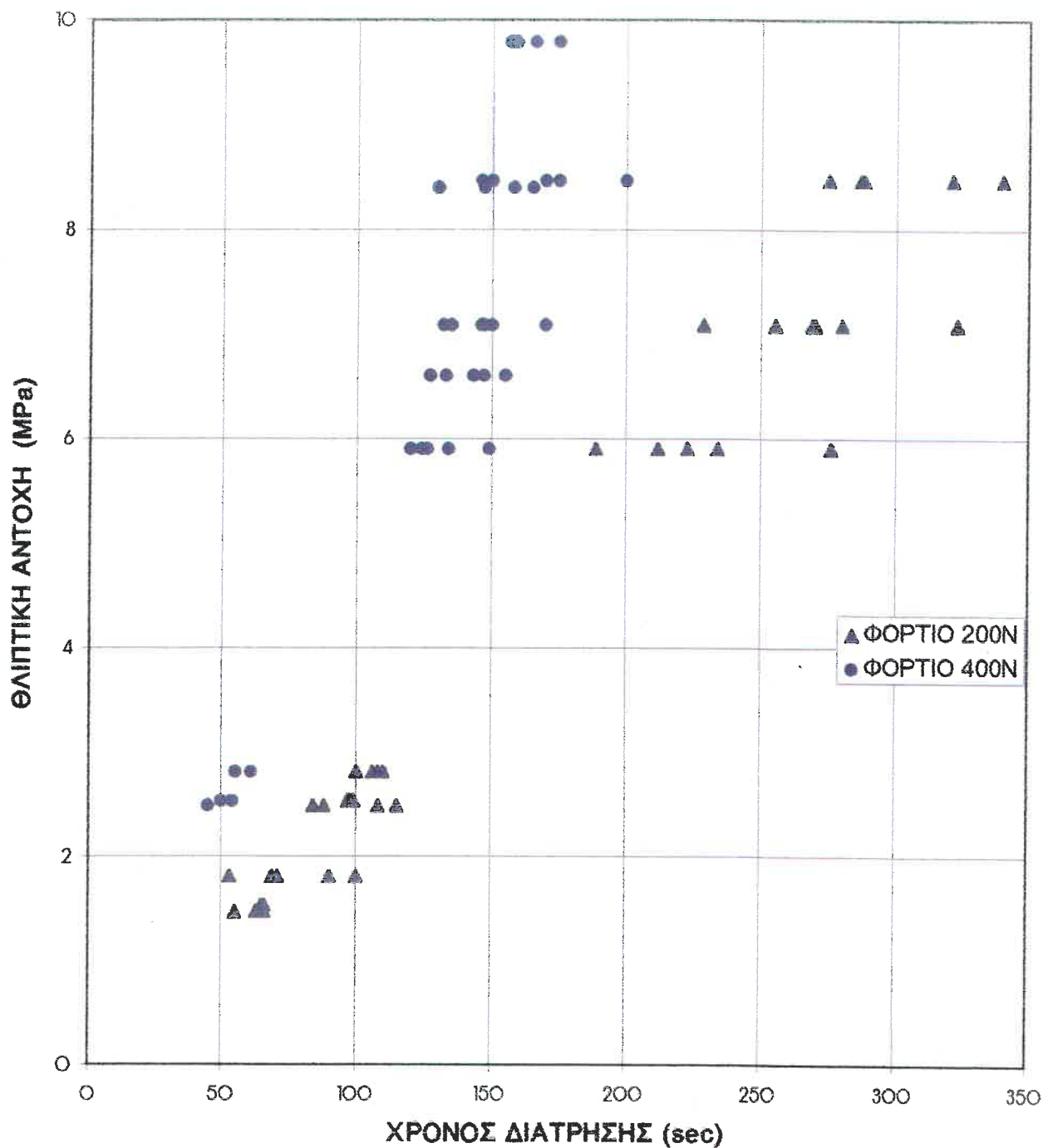
7.4.4. Διαγράμματα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΓΡΥΠΑΝΙΟΥ: 4mm ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 4mm



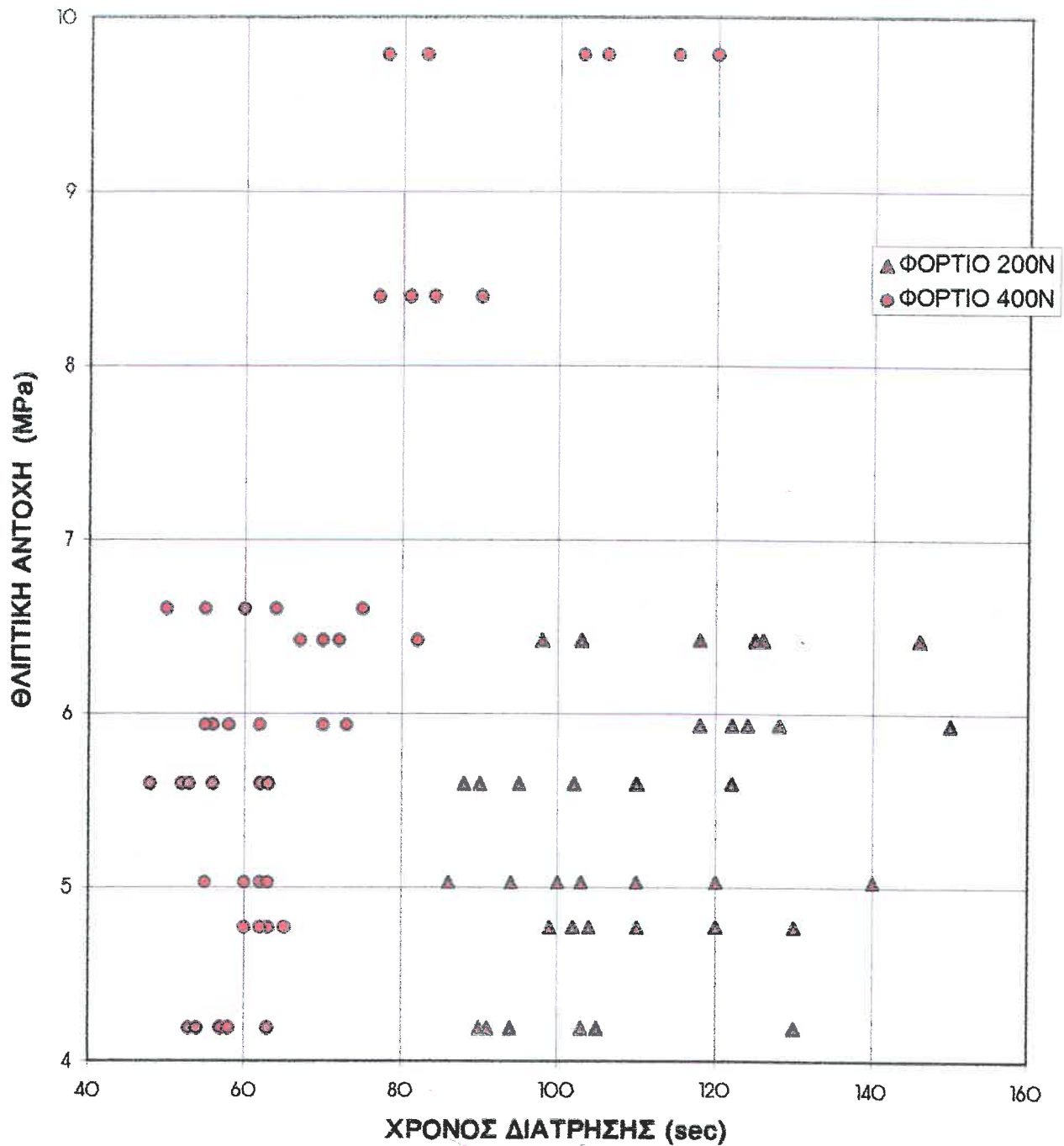
Σχήμα 7.13. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟ
ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ: 4mm ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 6mm



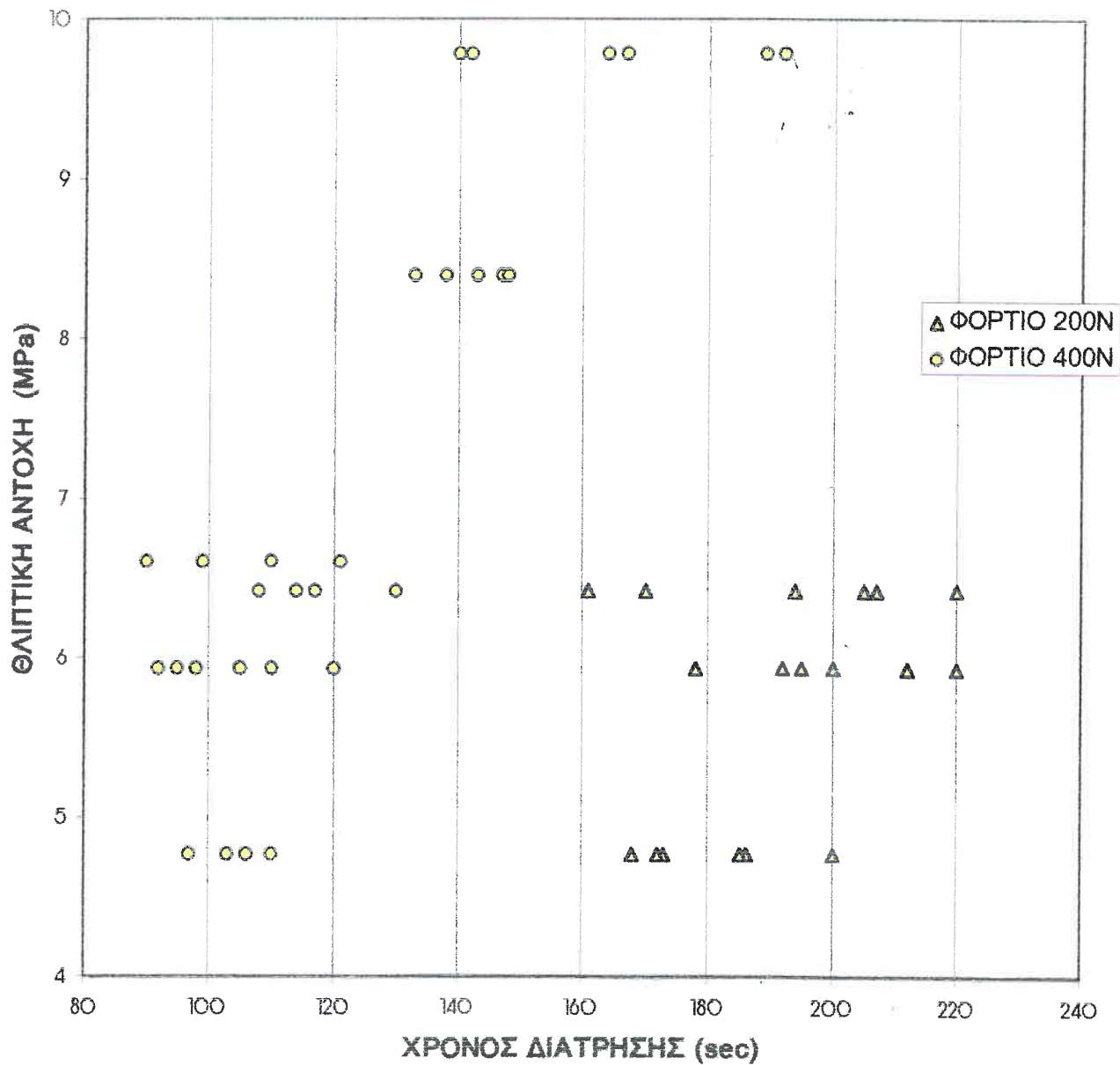
Σχήμα 7.14. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ: 6mm
ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 4mm

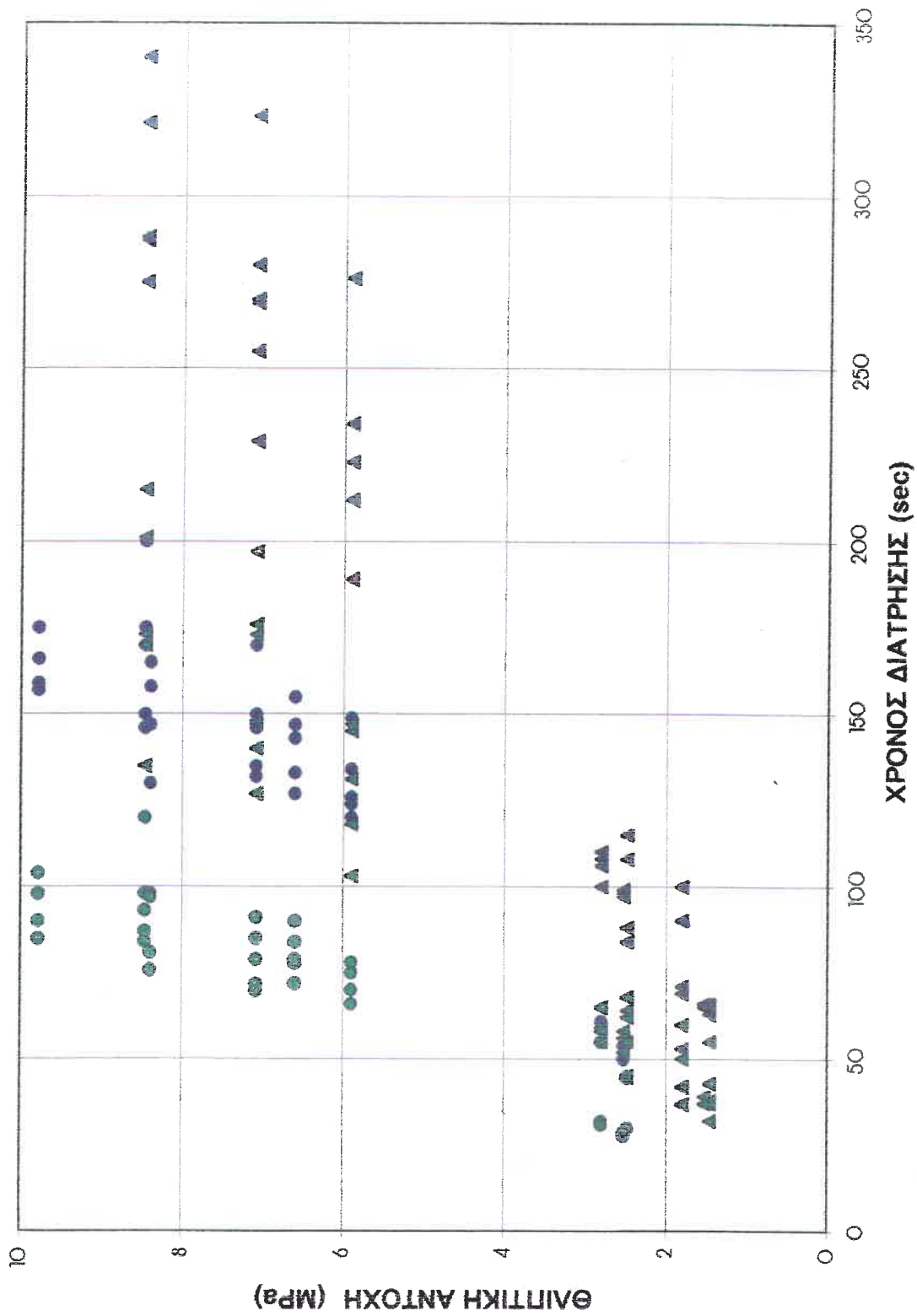


Σχήμα 7.15. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

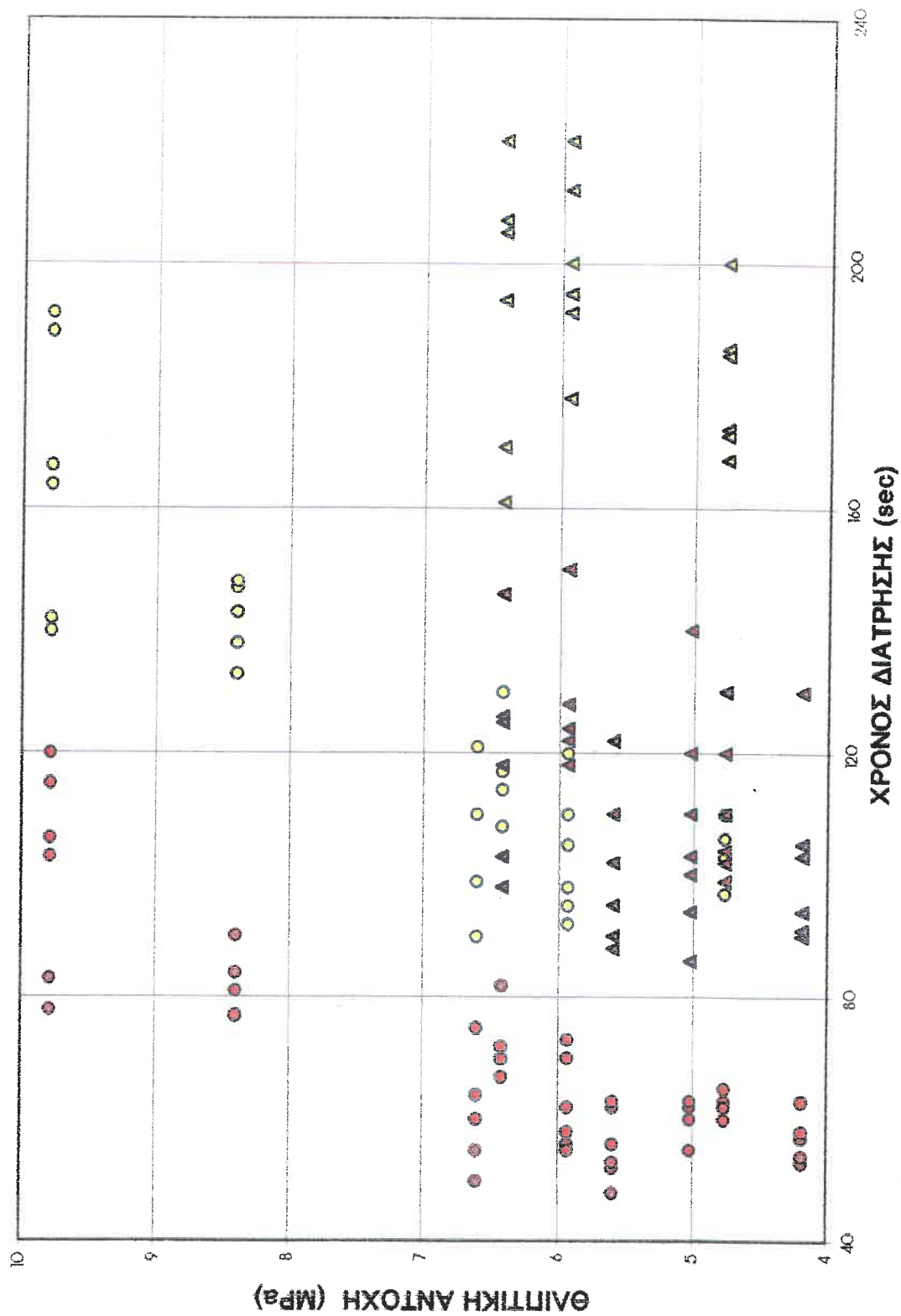
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟ
ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ: 6mm ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 6mm



Σχήμα 7.16. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

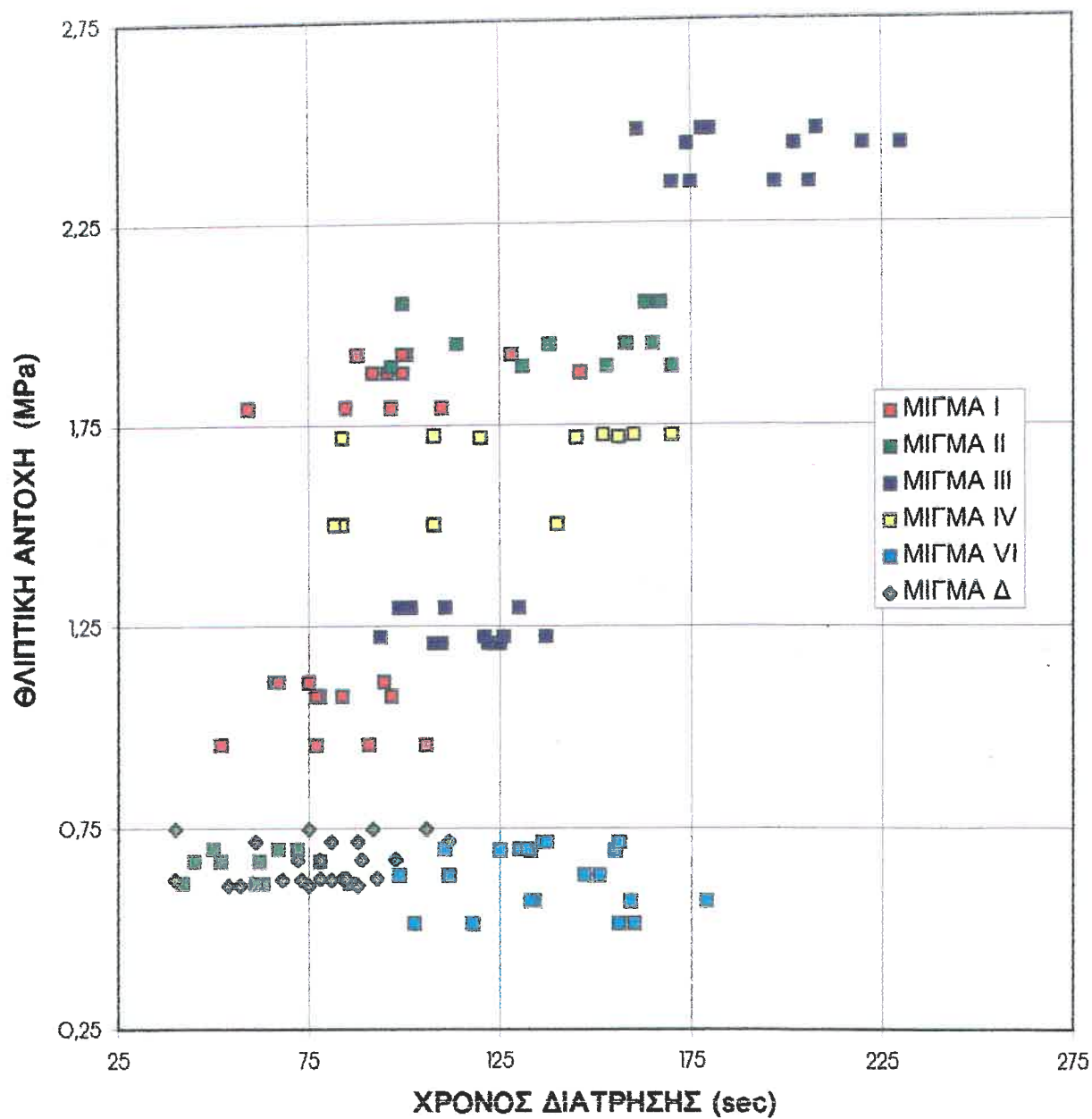


Σχήμα 7.17. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους, σύνθεση των σχημάτων 7.13. και 7.14.



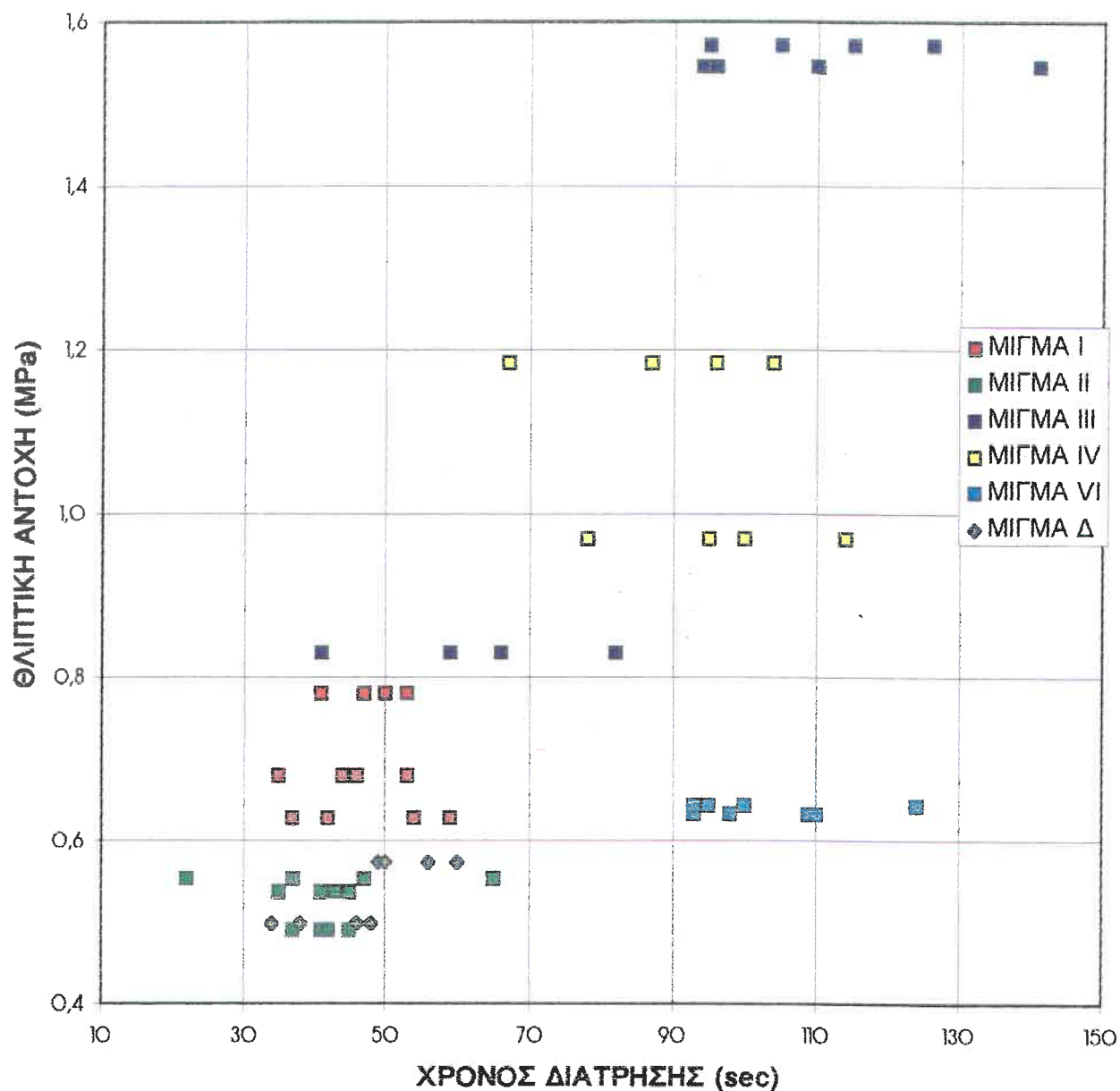
Σχήμα 7.18. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους, σύνθεση των σχημάτων 7.15. και 7.16.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟ
ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ: 3mm ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 4mm ΦΟΡΤΙΟ: 50N



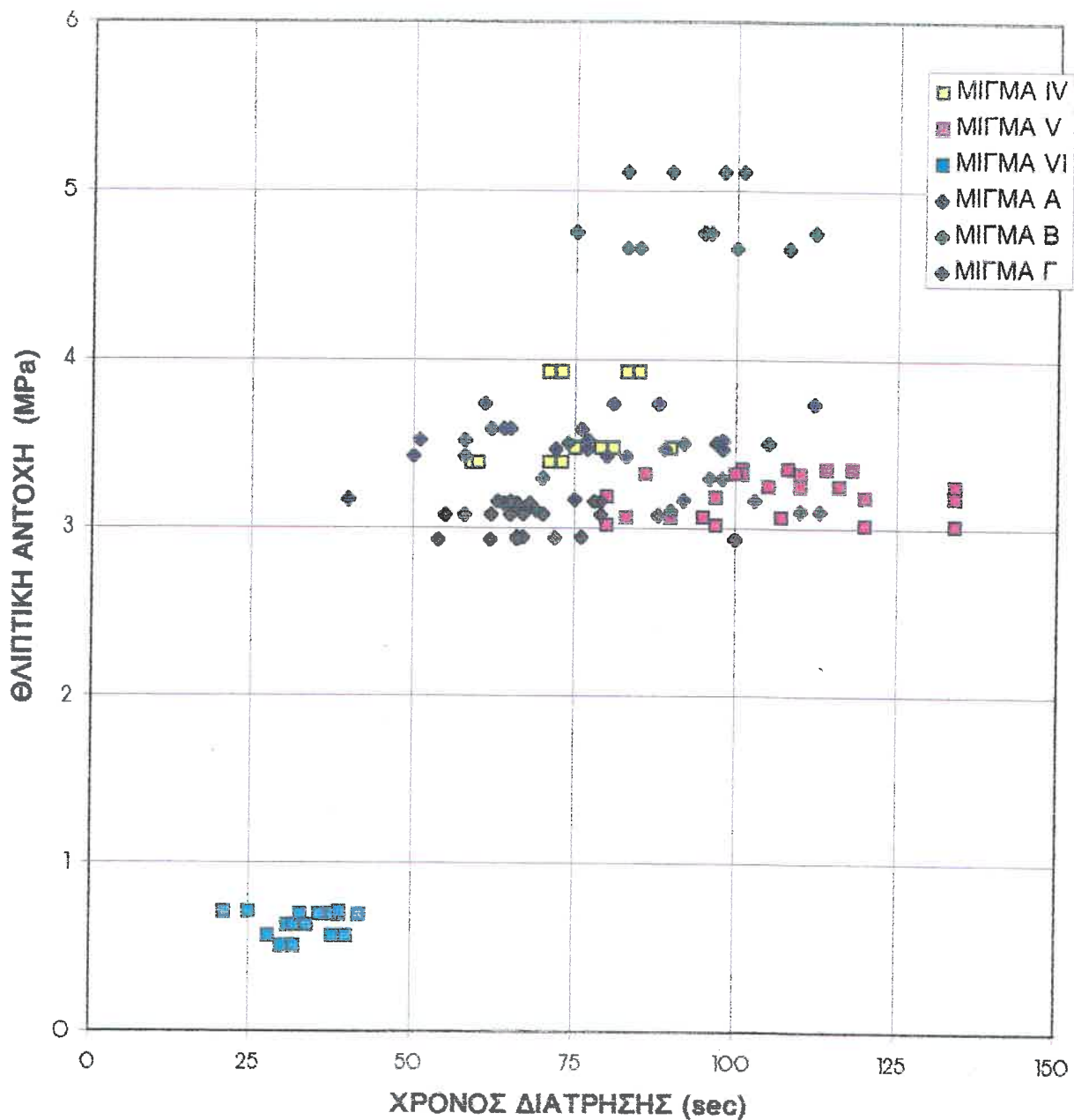
Σχήμα 7.19. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των ασβεστοκονιαμάτων και των
πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΣΕ ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΣΕ
ΝΕΡΟ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ:3mm ΒΑΘΟΣ
ΣΠΗΛΙΑΣ:4mm ΦΟΡΤΙΟ:50N



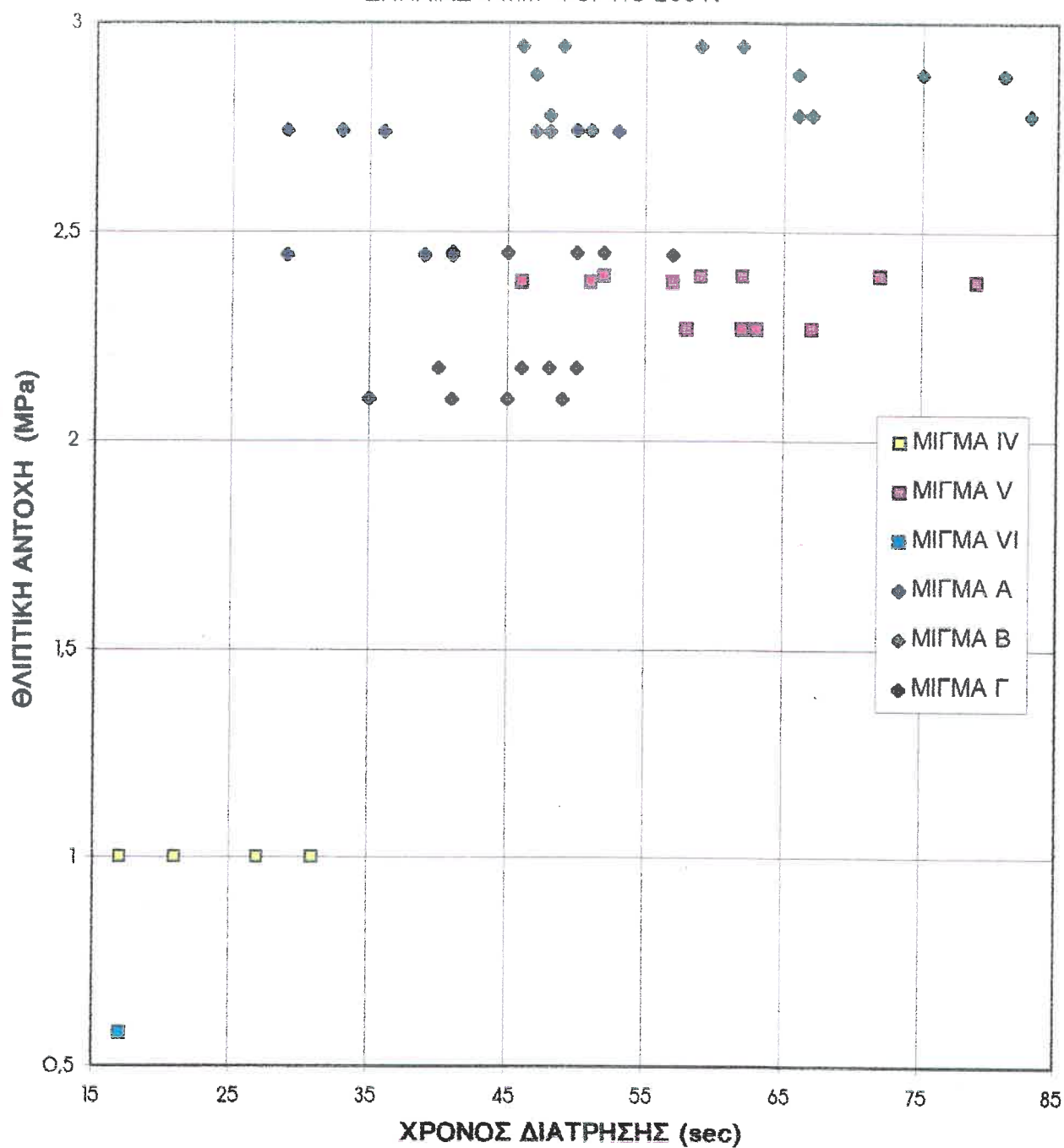
Σχήμα 7.20. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των κορεσμένων σε νερό ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ: 4mm ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 4mm ΦΟΡΤΙΟ: 200N



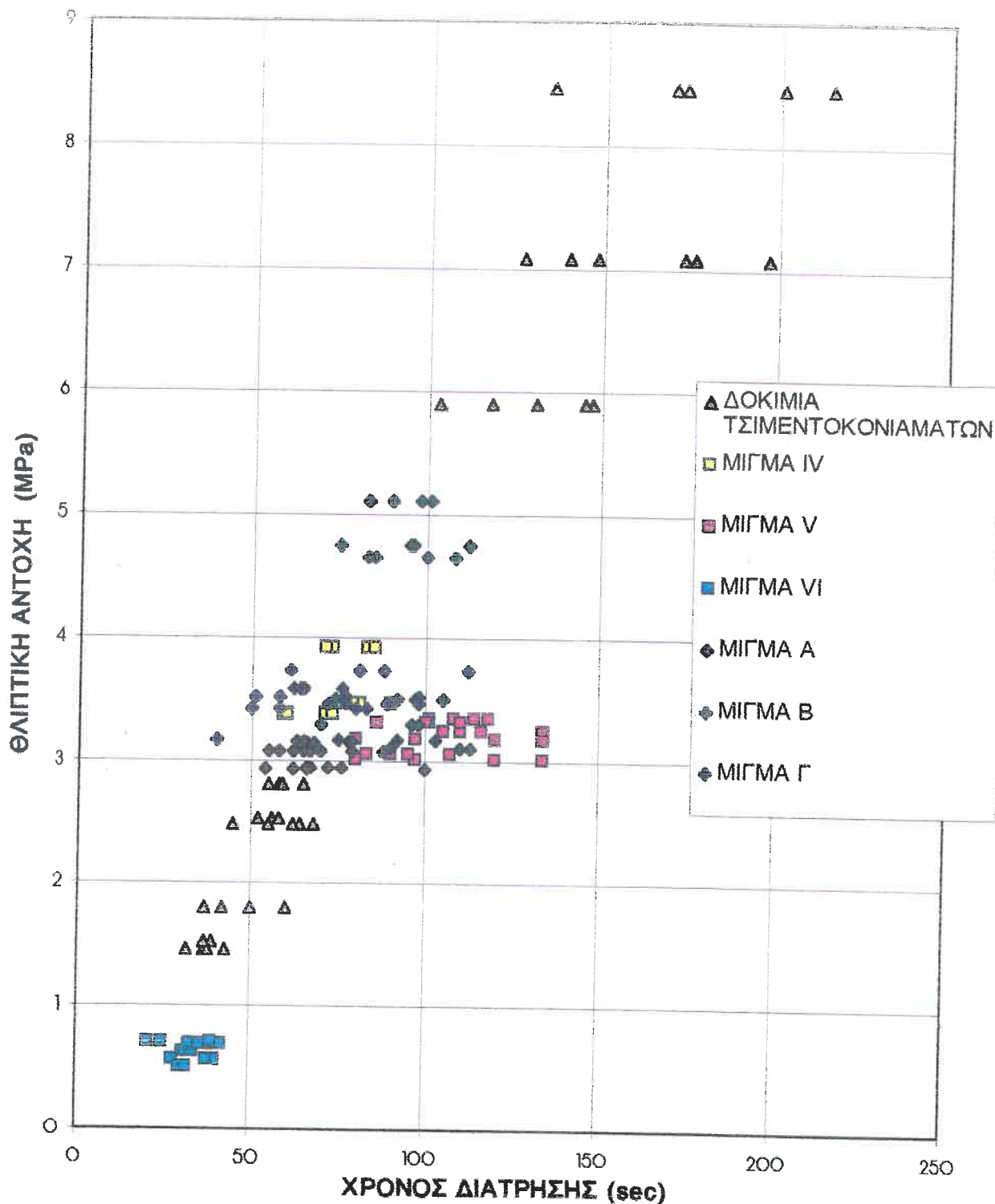
Σχήμα 7.21. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΣΕ ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΣΕ
ΝΕΡΟ ΜΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ 4 mm ΒΑΘΟΣ
ΣΠΗΛΙΑΣ 4 mm ΦΟΡΤΙΟ 200 N



Σχήμα 7.22. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των κορεσμένων σε νερό ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΥΠΑΝΙΟΥ: 4mm ΒΑΘΟΣ ΣΠΗΛΙΑΣ: 4mm ΦΟΡΤΙΟ: 200N



Σχήμα 7.23. Συσχέτιση του χρόνου διάτρησης των ασβεστοκονιαμάτων των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων και των τσιμεντοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ
ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

8.1.1. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής των δοκιμίων με το υπολογισμένο μέσο πορώδες του πολτού τους.

Με βάση τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων, των αριθμητικών υπολογισμών και τη λογιστική τους επεξεργασία προκύπτουν τα εξής :

α. Στα ασβεστοκονιάματα προέκυψε συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού με την θλιπτική αντοχή $Y = aX^b$ με συντελεστή συσχέτισης 77,5% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,40 (βλ. σχήμα 8.1). Γραμμική συσχέτιση δίνει συντελεστή συσχέτισης 71,7% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,75. Αν στα αποτελέσματα συμπεριληφθούν και αποτελέσματα προγενέστερης διπλωματικής [10] ιδίου αντικειμένου με την παρούσα, τότε διαμορφώνεται συσχέτιση $Y = aX^b$ με συντελεστή συσχέτισης 76,2% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,41 (βλ. σχήμα 8.2). Ενώ η προσθήκη των νέων αποτελεσμάτων δεν επηρεάζει την γραμμική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης 71,5% και πάλι, και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,74).

β. Στα πουζολανο-ασβεστοκονιάματα προέκυψε γραμμική συσχέτιση με συντελεστή συσχέτισης 89% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,53 (βλ. σχήμα 8.3).

γ. Μέ βάση τα αποτελέσματα και των δοκιμίων των ασβεστοκονιαμάτων αλλά και αυτών των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων παρατηρείται μεταξύ του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού και της θλιπτικής αντοχής συσχέτιση $Y=aX^b$ με συντελεστή συσχέτισης 71,3% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,49 (βλ. σχήμα 8.4.). Η γραμμική συσχέτιση ($Y=aX+b$) δίνει συντελεστή συσχέτισης 62,4% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,99. Ενδιαφέρον έχει ότι η προσθήκη των επιπλέον αποτελεσμάτων από δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων [10] βελτιώνουν τη συσχέτιση τόσο την $Y=aX^b$ (βλ. σχήμα 8.5) συντελεστής συσχέτισης 73,5% και τυπικό σφάλμα 0,47 όσο και την γραμμική, συντελεστής συσχέτισης 65,6% τυπικό σφάλμα 0,96.

8.1.2. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του "χρόνου διάτρησης" δοκιμίου.

Η συσχέτιση θλιπτικής αντοχής και "χρόνου διάτρησης" παρουσιάζεται στα σχ. 8.6. έως 8.18. Ο "χρόνος διάτρησης" γενικά για το ίδιο δοκίμιο παρουσιάζει αρκετά μεγάλες διακυμάνσεις, γεγονός που θα έπρεπε να αναμένεται δεδομένου ότι εξετάζεται κάθε φορά ένας πολύ μικρός όγκος του δοκιμίου.

Όπως όμως ήδη αναφέρθηκε η δοκιμή δεν επιφέρει σημαντική φθορά στο κονίαμα και επομένως μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές. Επομένως η ακρίβεια της συσχέτισης θα πρέπει να εξεταστεί ως προς τη μέση τιμή του χρόνου διάτρησης. Όλες οι συσχετίσεις που έγιναν προέκυψαν γραμμικές όπως αναλυτικότερα παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

1) Προκαταρτική έρευνα

α. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 99,8% και τυπικό σφάλμα 0,18 (βλ. σχήμα 8.6.).

β. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 98,2% και τυπικό σφάλμα 0,56 (βλ. σχήμα 8.7.).

γ. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 99,8% και τυπικό σφάλμα 0,16 (βλ. σχήμα 8.8.).

δ. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 97% και τυπικό σφάλμα 0,72 (βλ. σχήμα 8.9.).

ε. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 6 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η

συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 66,5 και τυπικό σφάλμα 0,68 (βλ. σχήμα 8.10.).

στ. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 6 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 92,6% και τυπικό σφάλμα 0,72 (βλ. σχήμα 8.11.).

ζ. Στις δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 6mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων η συσχέτιση έδωσε συντελεστή συσχέτισης 95% και τυπικό σφάλμα 0,63 (βλ. σχήμα 8.12.).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι προηγούμενες συσχετίσεις είναι βασισμένες σε αποτελέσματα μικρού αριθμού δοκιμών διάτρησης και χρησιμοποιούνται μόνο για να υποβοηθήσουν την σύγκριση των παραμέτρων που εξετάστηκαν και να εκτιμηθεί ο καλύτερος συνδυασμός διαμέτρου τρυπανιού, φορτίου, και βάθους διάτρησης (σπηλιάς).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα και από την εμπειρία της εφαρμογής των δοκιμών στην πράξη προκύπτουν τα ακόλουθα.

Στο εύρος των τιμών που εξετάστηκαν (διάμετρος τρυπανιού 4mm και 6mm, βάθος σπηλιάς 4mm και 6mm, φορτίο 200N και 400N δεν προκύπτει κανένας συνδυασμός που καταφανώς να δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Η μόνη εξαίρεση αποτελεί διάμετρος τρυπανιού 6 mm, βάθος σπηλιάς 4mm και φορτίο 200N με μικρό συντελεστή συσχέτισης ο οποίος επίσης οφείλεται στον δυσμενή συνδυασμό μεγάλης σχετικής διαμέτρου και μικρού βάθους απότριψης.

Για πρακτικούς λόγους δεδομένου ότι η δοκιμή προορίζεται και για κονιάματα με μικρές σχετικά αντοχές, δεν είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται μεγάλο φορτίο γιατί υπάρχει κίνδυνος θραύσης του δοκιμίου. Επίσης το βάθος του συνεχώς αυξάνει τον χρόνο δοκιμής άρα είναι πρακτικότερο να επιλεγεί το βάθος του 4mm.

Με τις σκέψεις αυτές επιλέχθηκε ως πλεονεκτικότερος ο συνδυασμός διάμετρος τρυπανιού 4mm, βάθους σπηλιάς 4mm, φορτίο 200 N με τον οποίο έγιναν οι δοκιμές της κυρίως έρευνας.

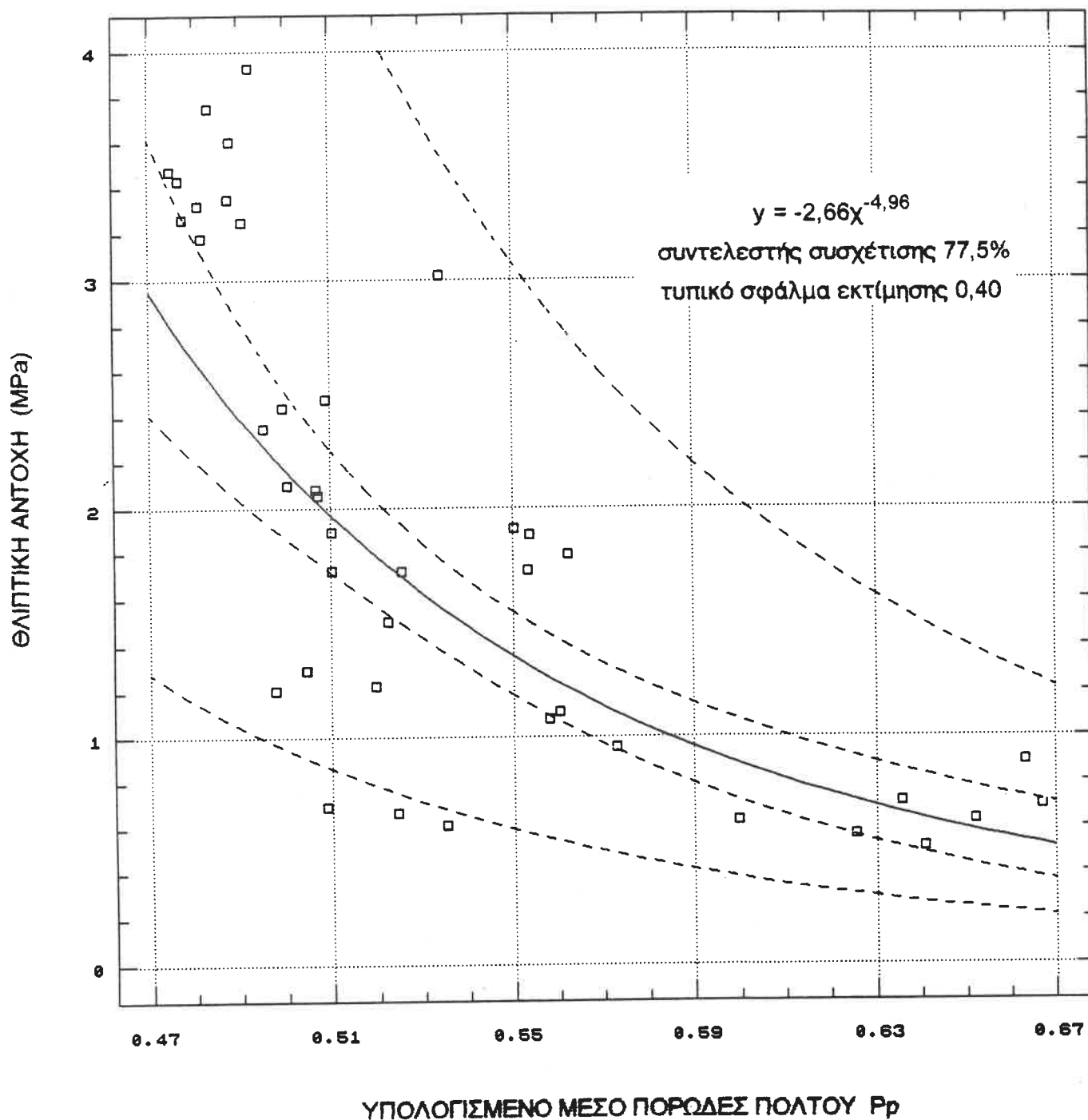
2) Κυρίως έρευνα

Αποτελέσματα δοκιμών διάτρησης με παράμετρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε τσιμεντοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα, πουζολανο-ασβεστοκονιάματα έδωσαν συσχέτιση “ μέσος όρος μετρήσεων χρόνου απότριψης δοκιμίου - θλιπτική αντοχή δοκιμίου “ γραμμική με συντελεστή συχέτισης 90,5% και τυπικό σφάλμα 0,69 (βλ. σχήμα 8.13.). Αν εξαιρεθούν τα αποτελέσματα των δοκιμών του μίγματος V η γραμμική συσχέτιση καλυτερεύει με συντελεστή συσχέτισης 96,3% και τυπικό σφάλμα 0,23 (βλ. σχήμα 8.14.). Με τους εν λόγω παραμέτρους έγιναν δοκιμές και σε δοκίμια κορεσμένα σε νερό ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με συντελεστή συσχέτισης 80,3% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,43 (βλ. σχήμα 8.15).

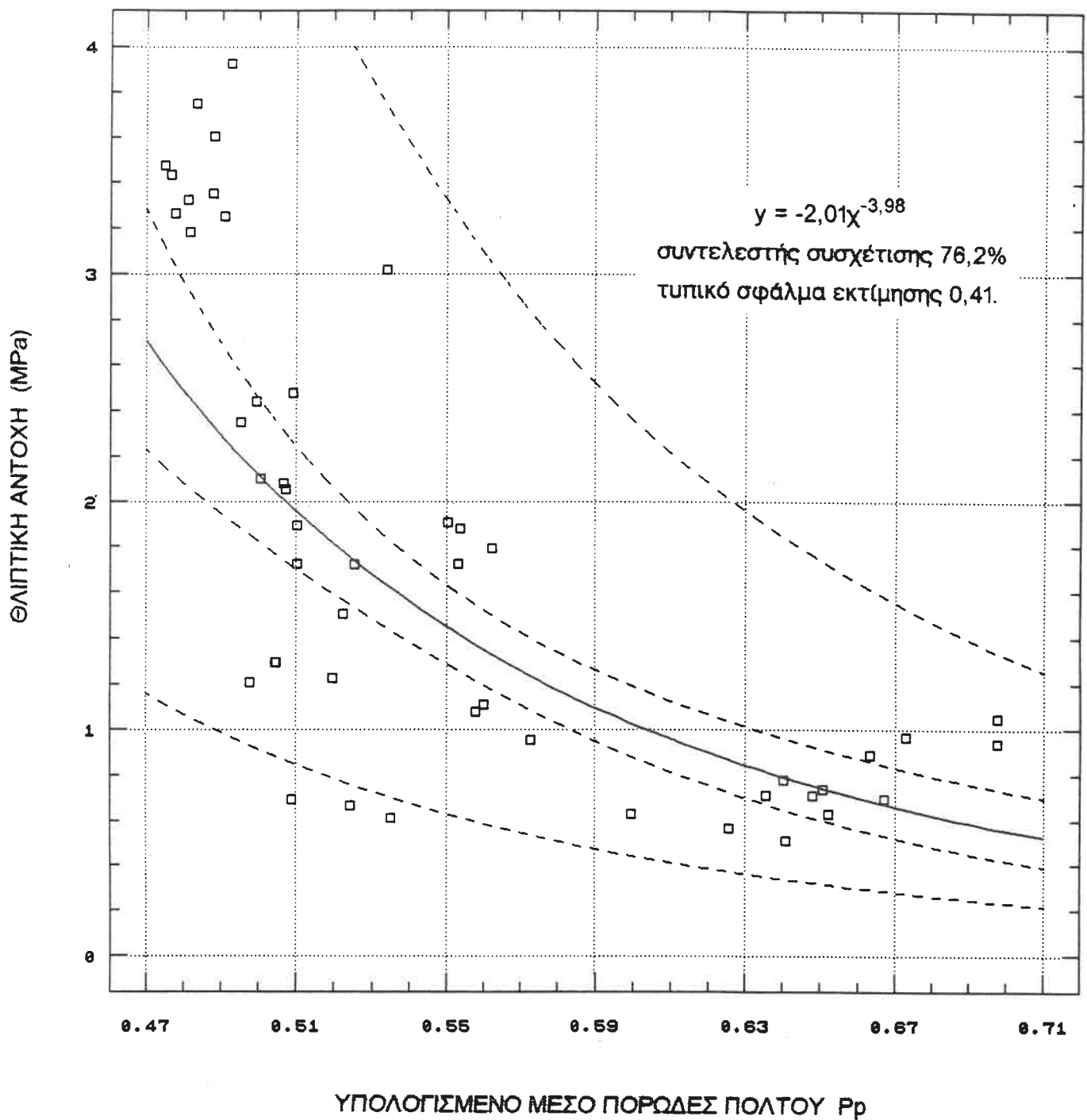
η. Οι δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού χωρίς αυτιά 3mm, βάθος σπηλιάς 4mm, φορτίο 50N, έγιναν σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων, πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων, έδωσαν συντελεστή γραμμικής συσχέτισης 63,8% και τυπικό σφάλμα 0,50 (βλ. σχήμα 8.16.). Αν εξαιρεθούν τα αποτελέσματα των δοκιμών του μίγματος VI η γραμμική συσχέτιση καλυτερεύει αισθητά με συντελεστή συσχέτισης 89,9% και τυπικό σφάλμα 0,15 (βλ. σχήμα 8.17.). Με τους εν λόγω παραμέτρους σε ιδίων συστάσεων δοκίμια αλλά κορεσμένα σε νερό έγιναν δοκιμές απότριψης που έδωσαν γραμμική συσχέτιση με συντελεστή συσχέτισης 72,4% και τυπικό σφάλμα εκτίμησης 0,26 (βλ. σχήμα 8.18.).

Τα αποτελέσματα που φαίνονται στο σχ. 8.13, και δίνουν πολύ καλή ευθύγραμμη συσχέτιση της αντοχής σε θλίψη δοκιμίου με την μέση τιμή χρόνου διάτρησης δοκιμίου που προέκυψαν από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρος τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N για όλα τα μίγματα που εξετάστηκαν (ασβεστοκονιαμάτων, τσιμεντοκονιαμάτων, πουζολανοασβεστοκονιαμάτων), δεδομένου ότι στη συσχέτιση αυτή συμπεριλαμβάνονται τρεις τύποι κονιαμάτων με σημαντικό εύρος αντοχών χωρίς να παρουσιάζεται διαφοροποίηση στη συσχέτιση, κρίνονται ως πολύ ενθαρρυντικά για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου όταν αυτή τελειοποιηθεί. Φυσικά για να γίνει αυτό χρειάζεται διεύρυνση της έρευνας σε κονιάματα διαφορετικών τύπων αδρανών και

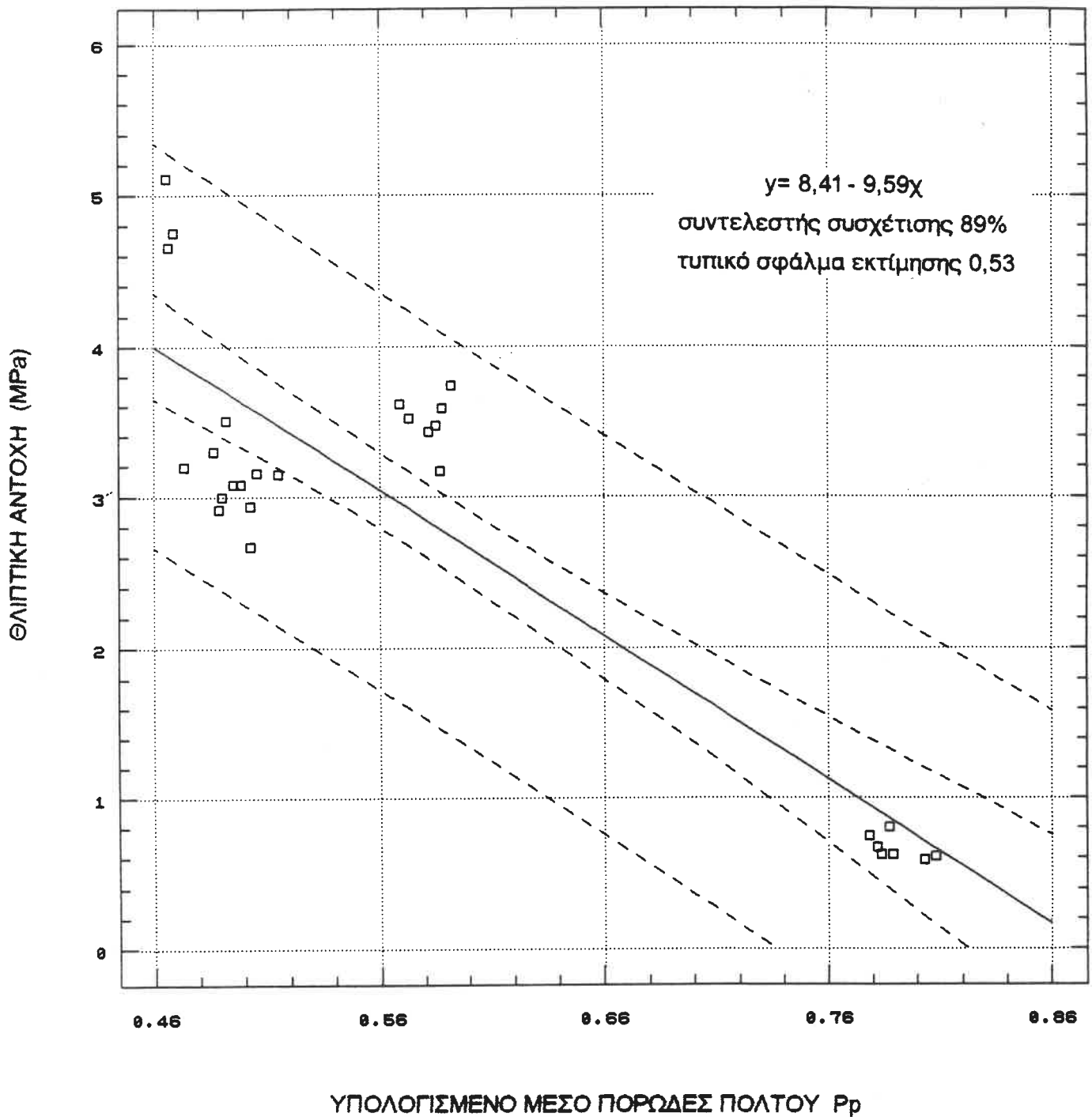
επί πλέον εργασία για να γίνει η δοκιμή πρακτικά εφαρμόσιμη δηλαδή από εργαστηριακή να γίνει "επί τόπου" δοκιμή.



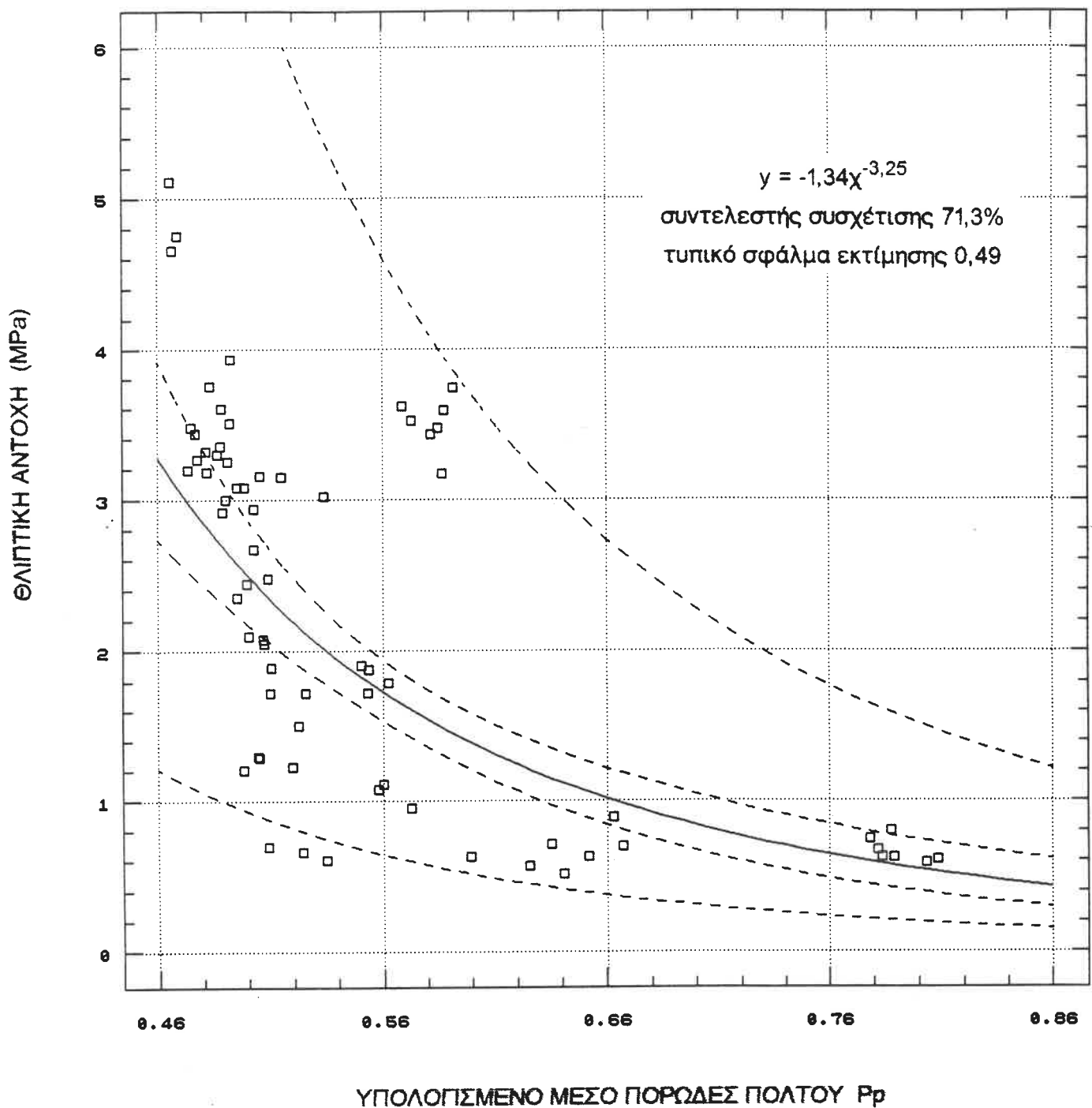
Σχήμα 8.1. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού των ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



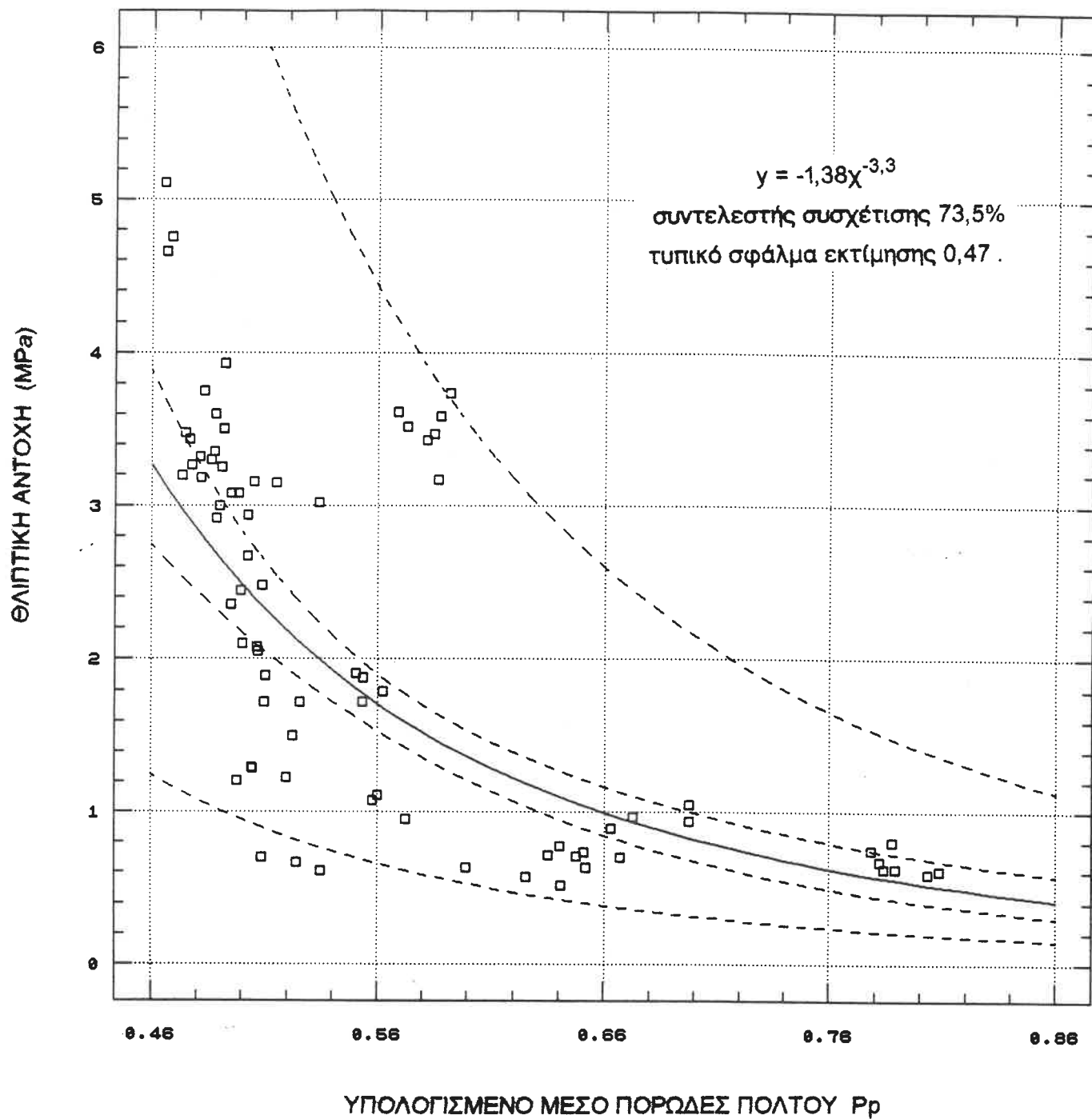
Σχήμα 8.2. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού των ασβεστοκονιαμάτων (συμπεριλαμβανομένων αποτελεσμάτων προγενέστερης διπλωματικής [10]) με την θλιπτική αντοχή τους



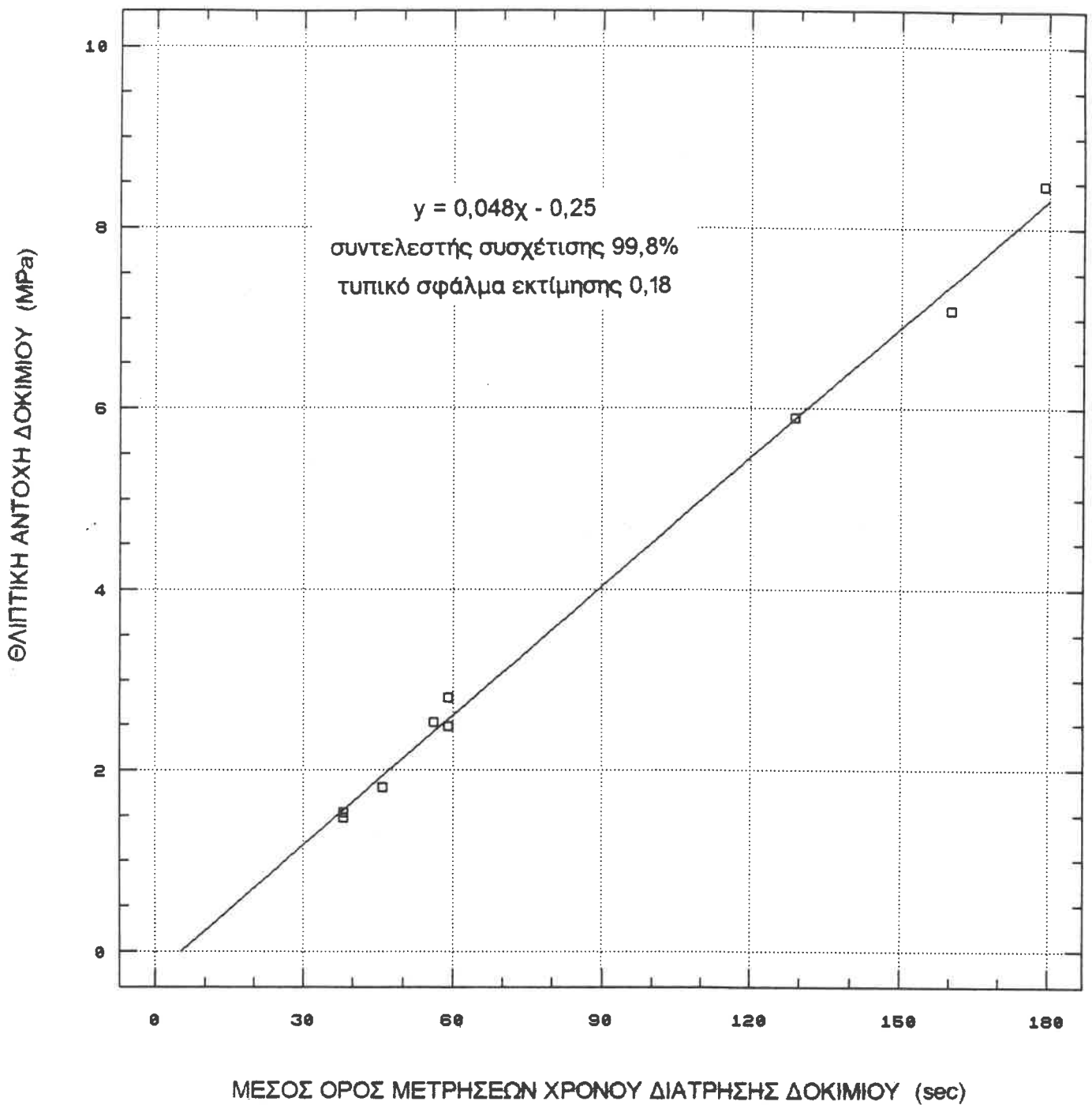
Σχήμα 8.3. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



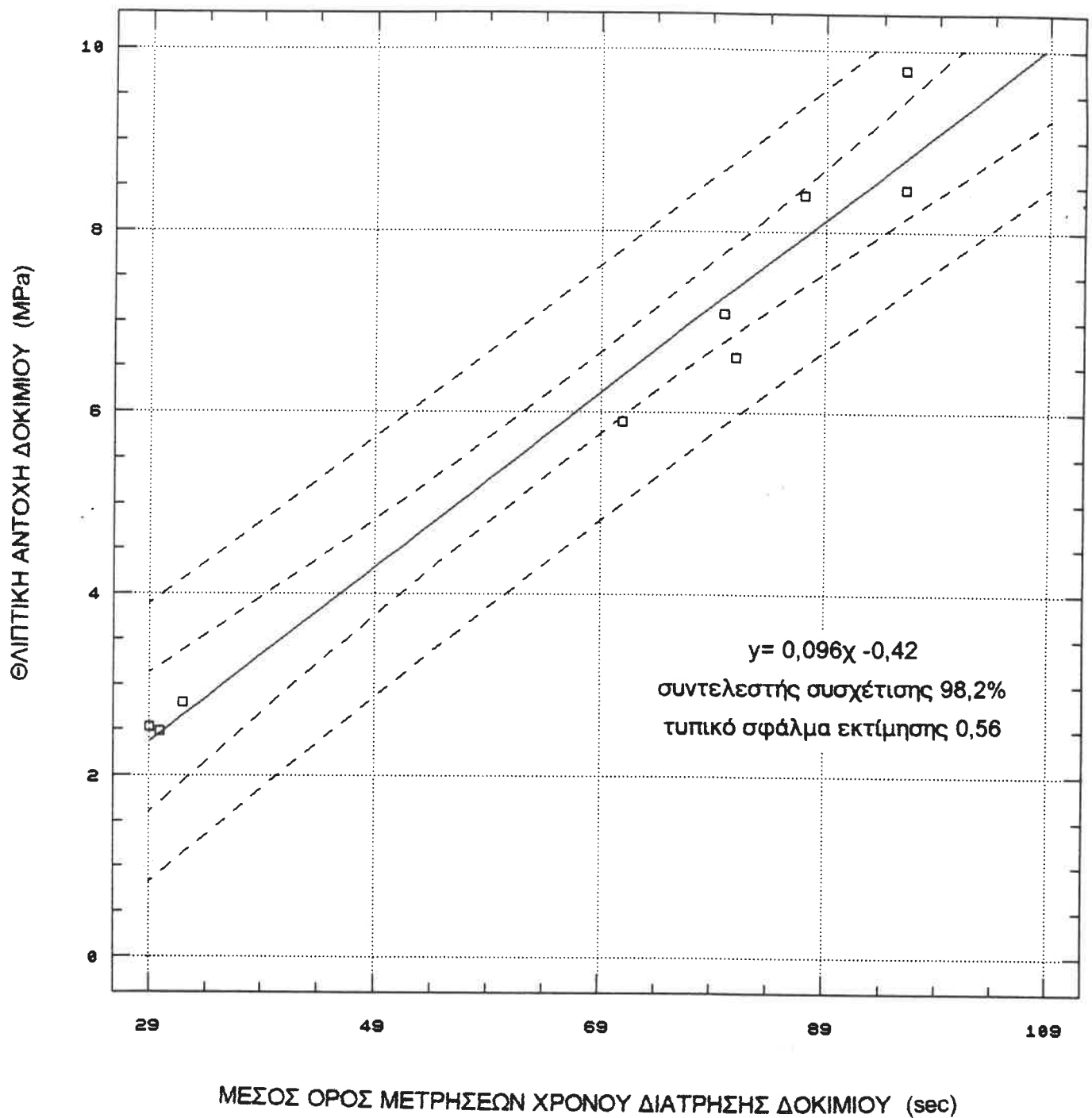
Σχήμα 8.4. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού των ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



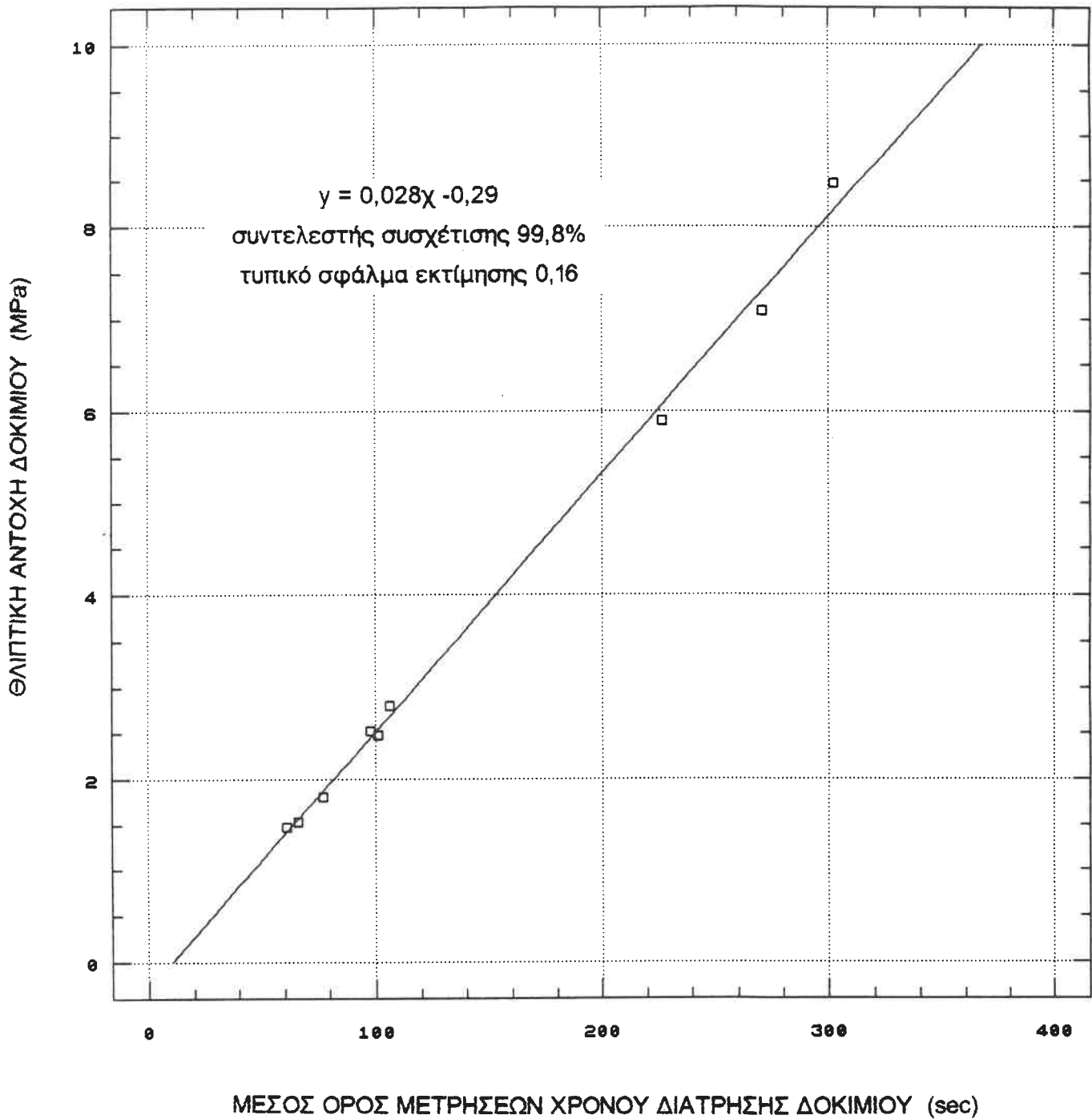
Σχήμα 8.5. Συσχέτιση του υπολογισμένου μέσου πορώδους πολτού των ασβεστοκονιαμάτων (συμπεριλαμβανομένων αποτελεσμάτων προγενέστερης διπλωματικής [10]) και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων με την θλιπτική αντοχή τους



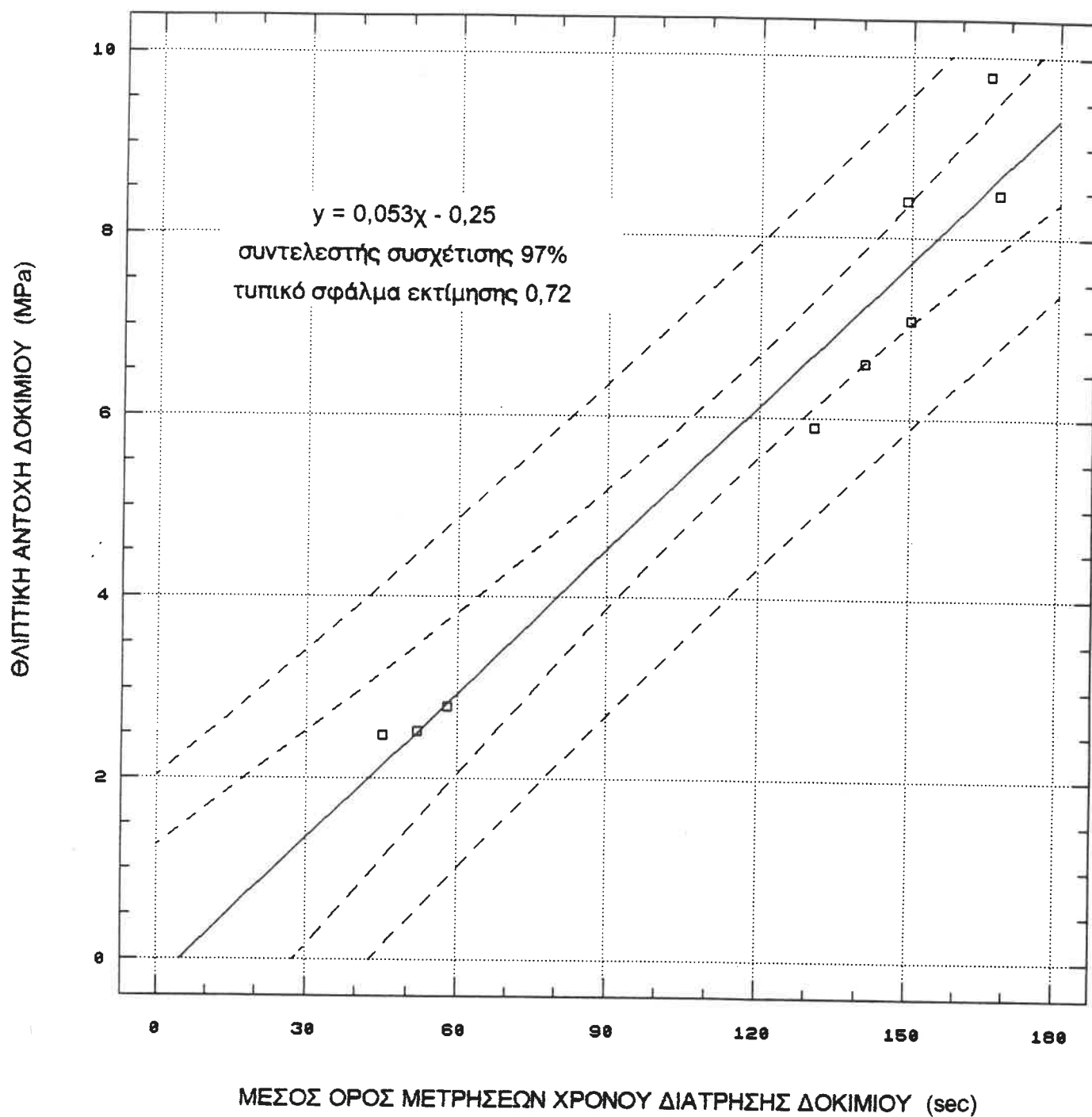
Σχήμα 8.6. Συσχέτιση της θαλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



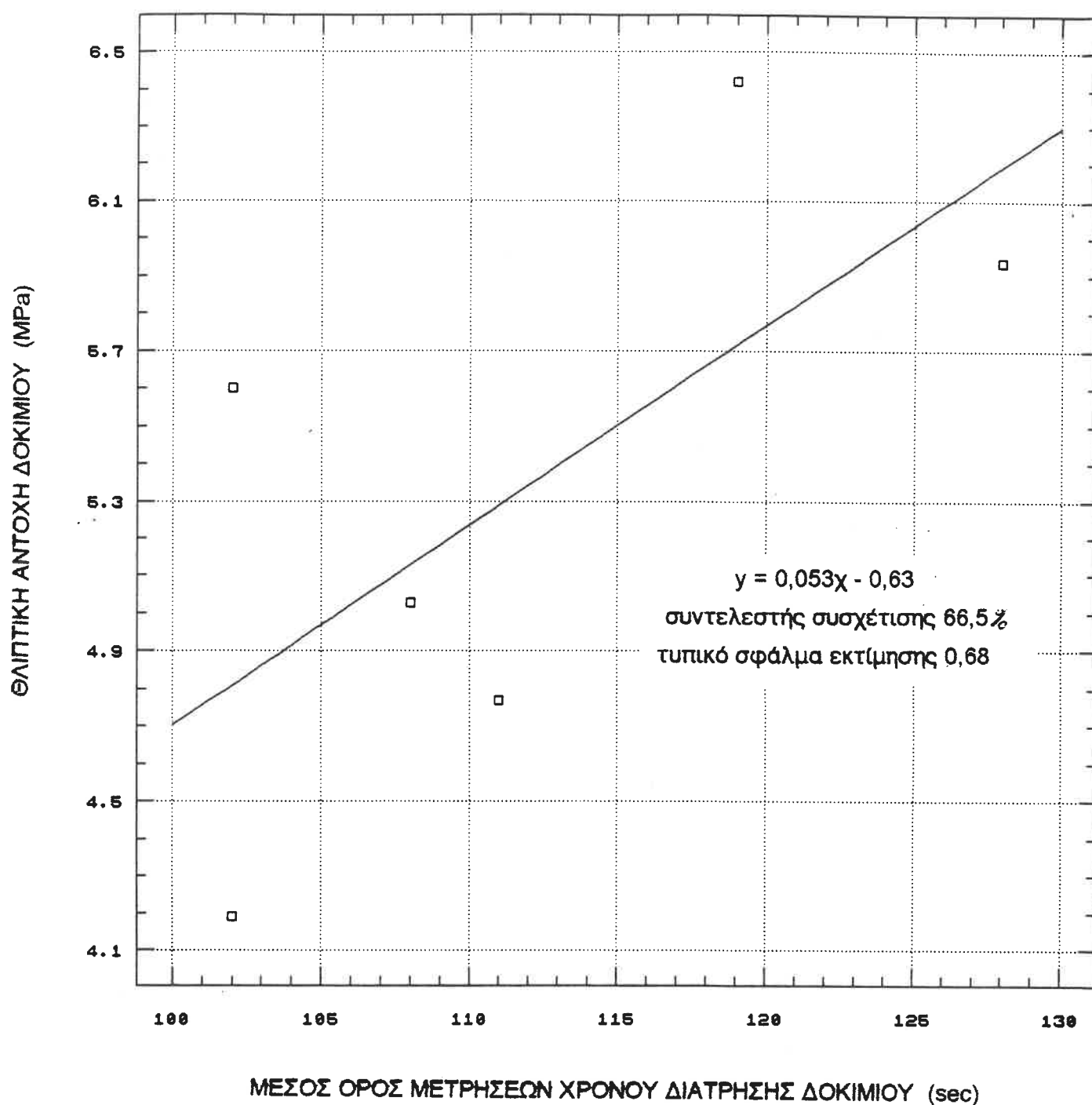
Σχήμα 8.7. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



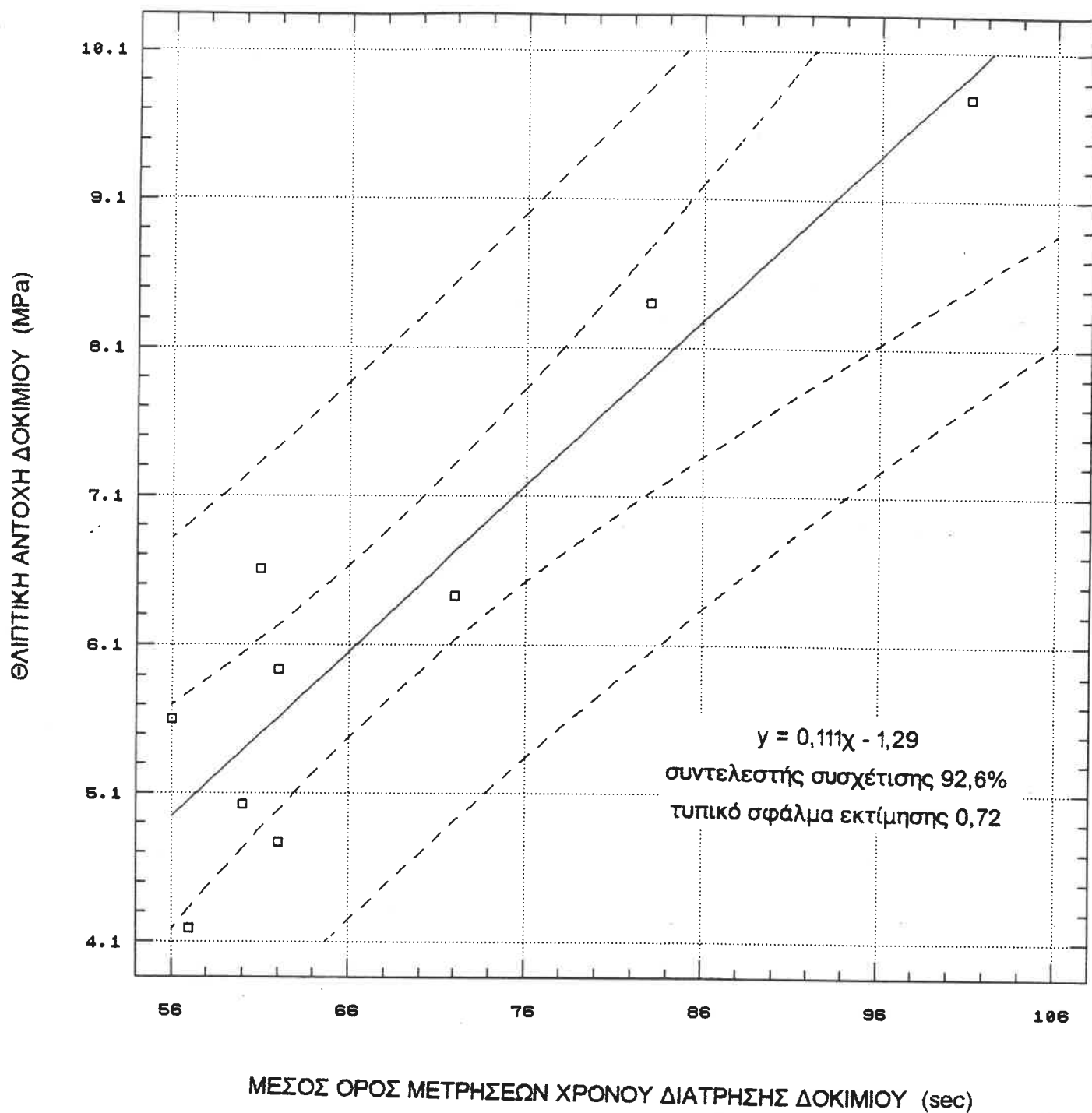
Σχήμα 8.8. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



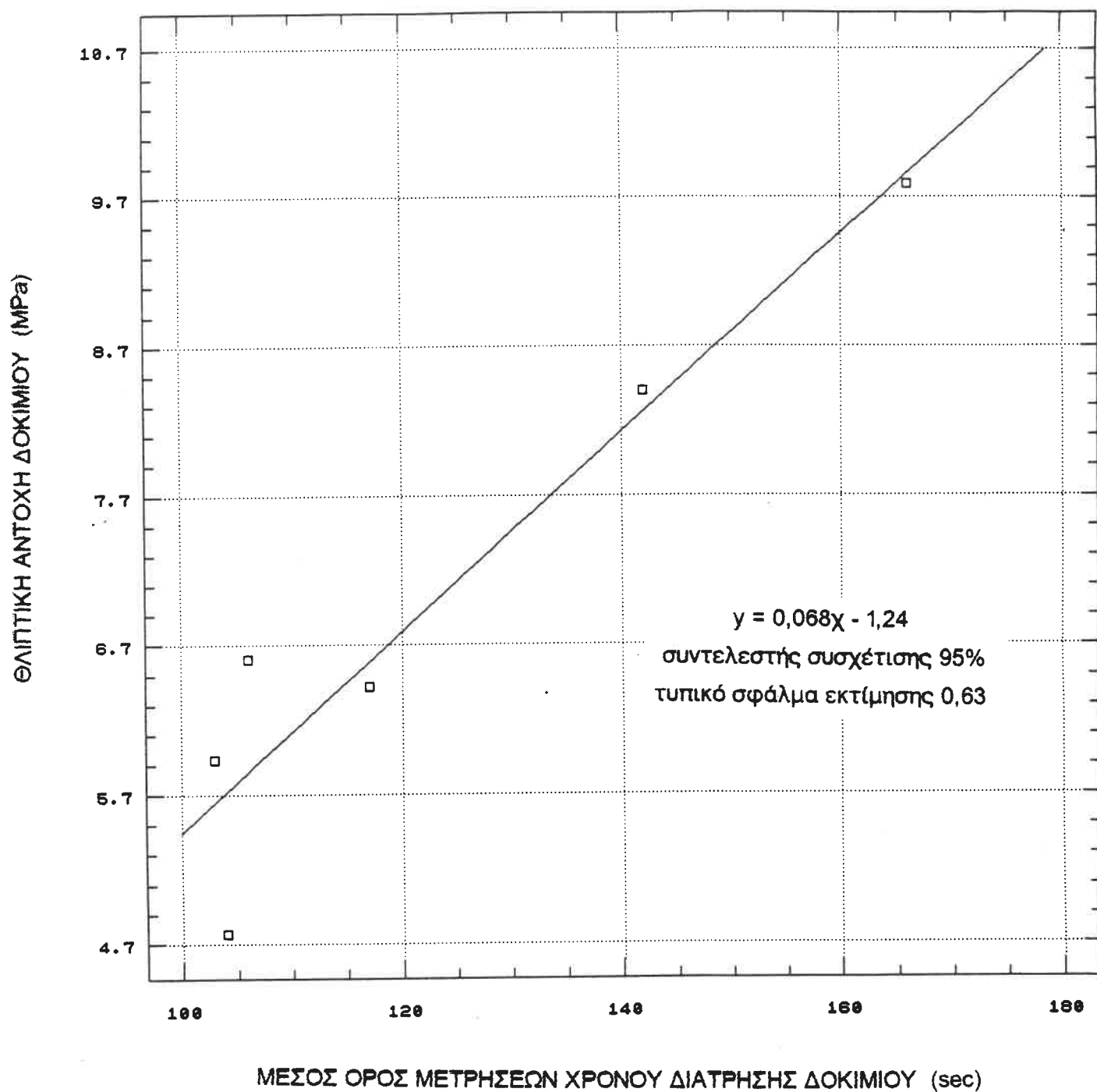
Σχήμα 8.9. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



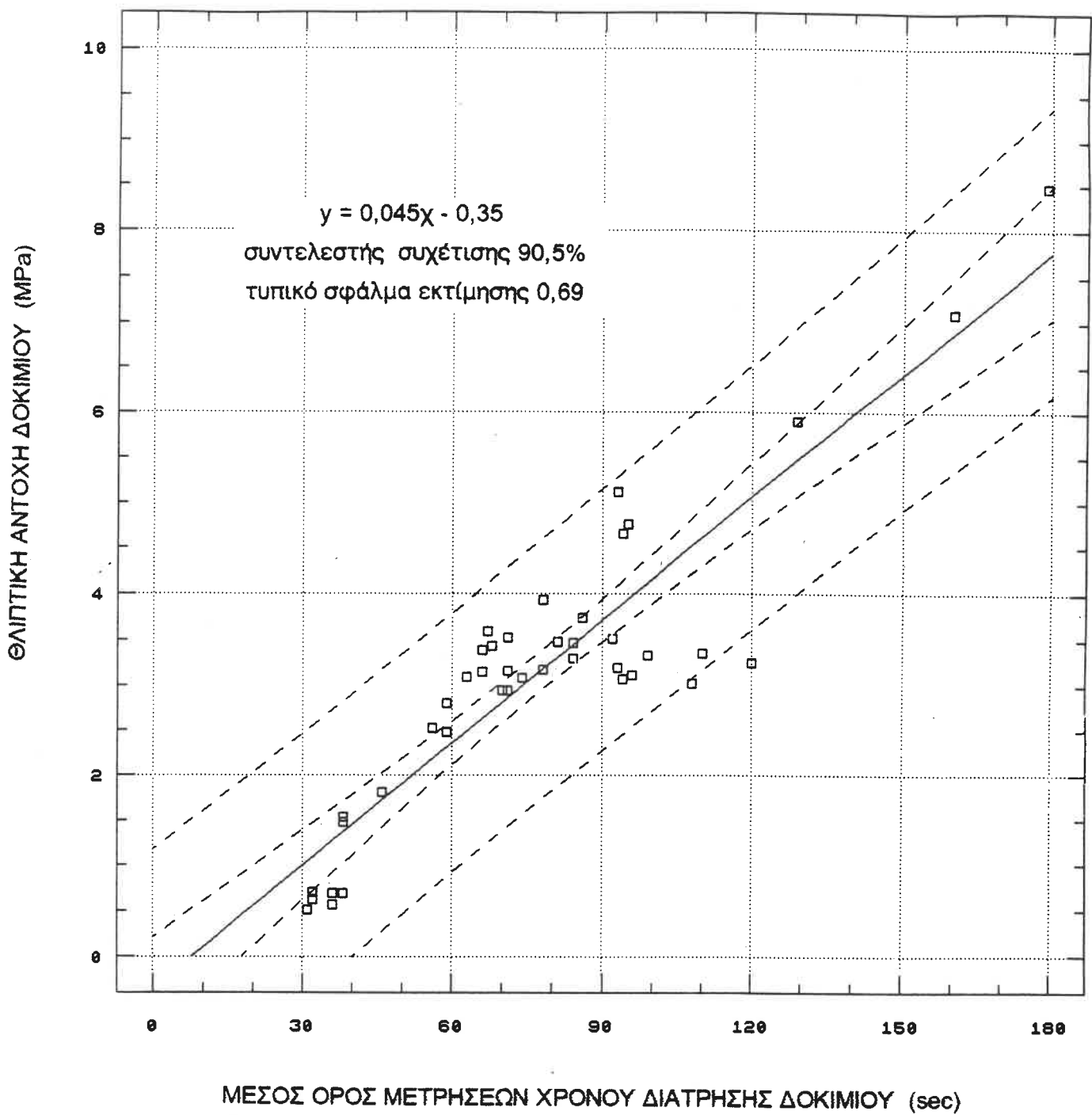
Σχήμα 8.10. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 6 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



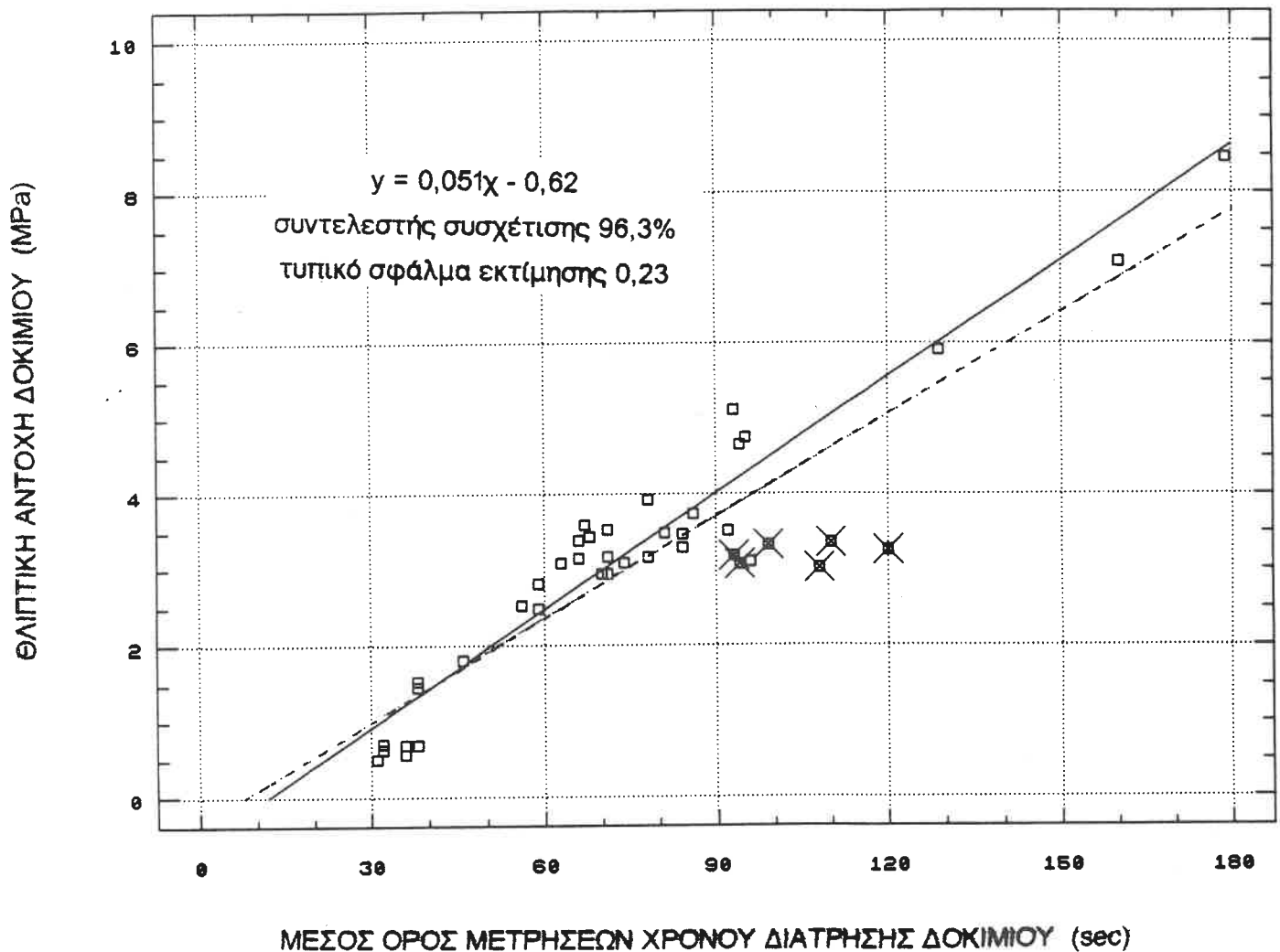
Σχήμα 8.11. Συσχέτιση της θαλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 6 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



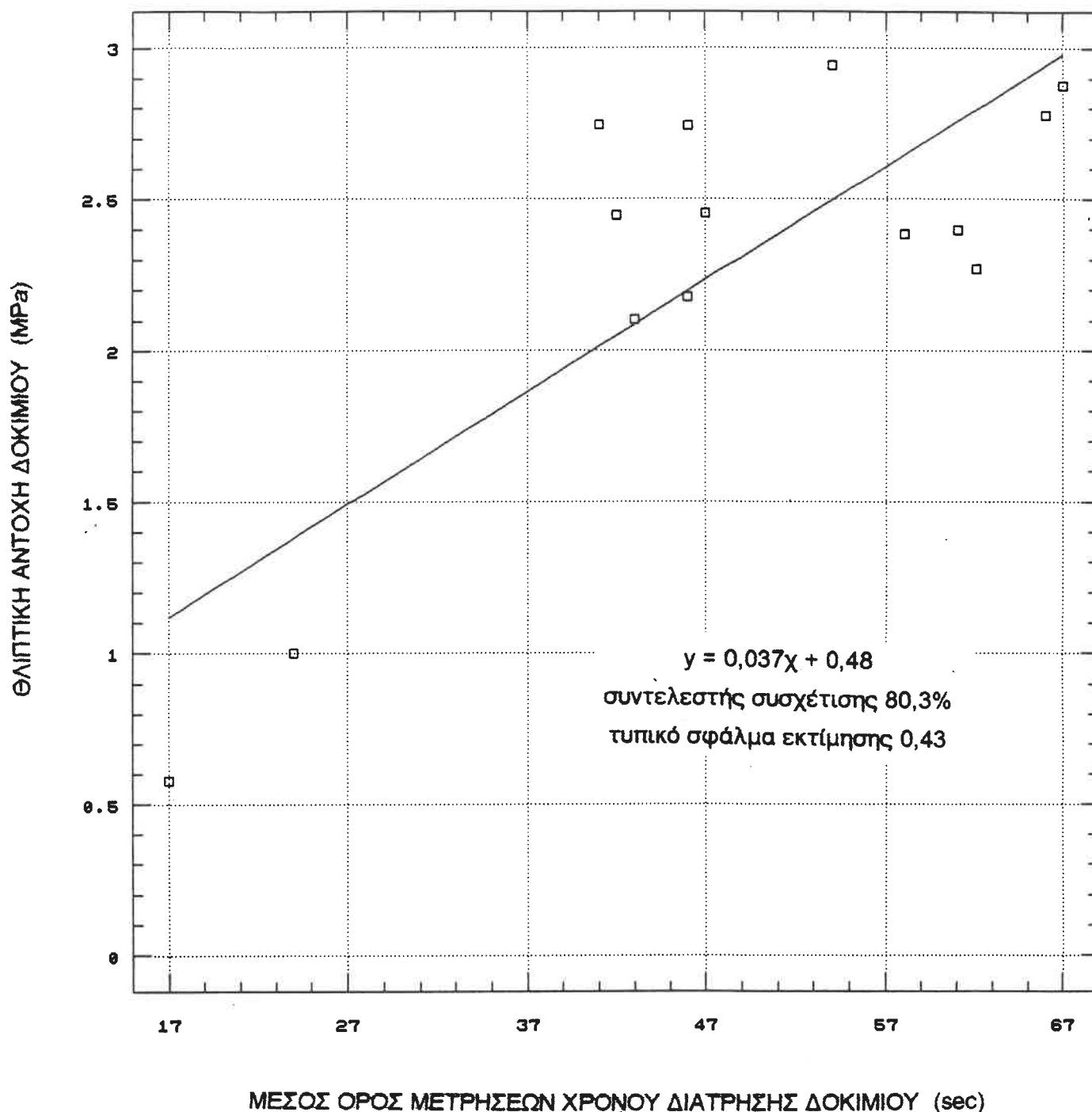
Σχήμα 8.12. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 6 mm, βάθος σπηλιάς 6 mm, φορτίο 400 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων



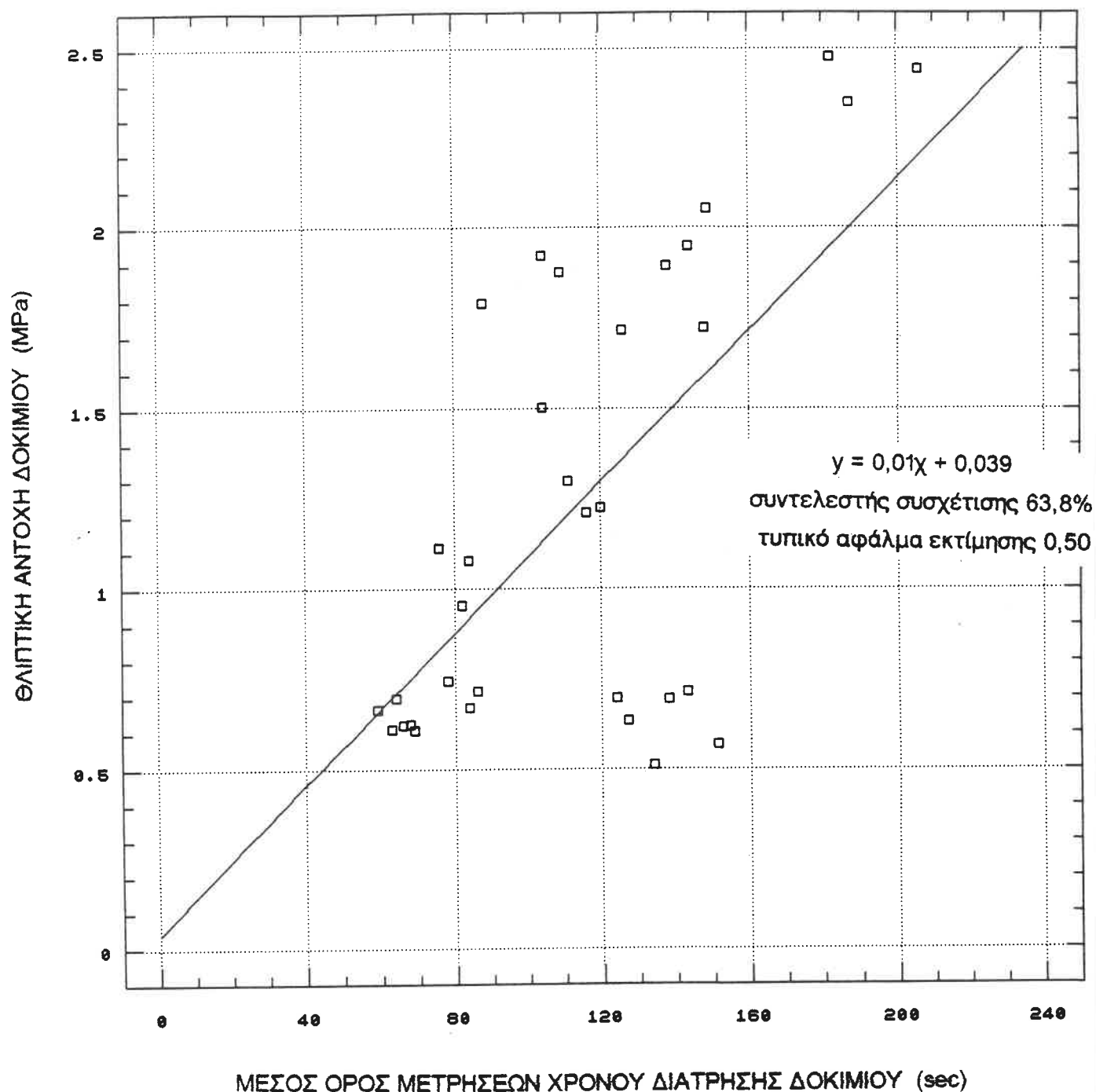
Σχήμα 8.13. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων ασβεστοκονιαμάτων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων



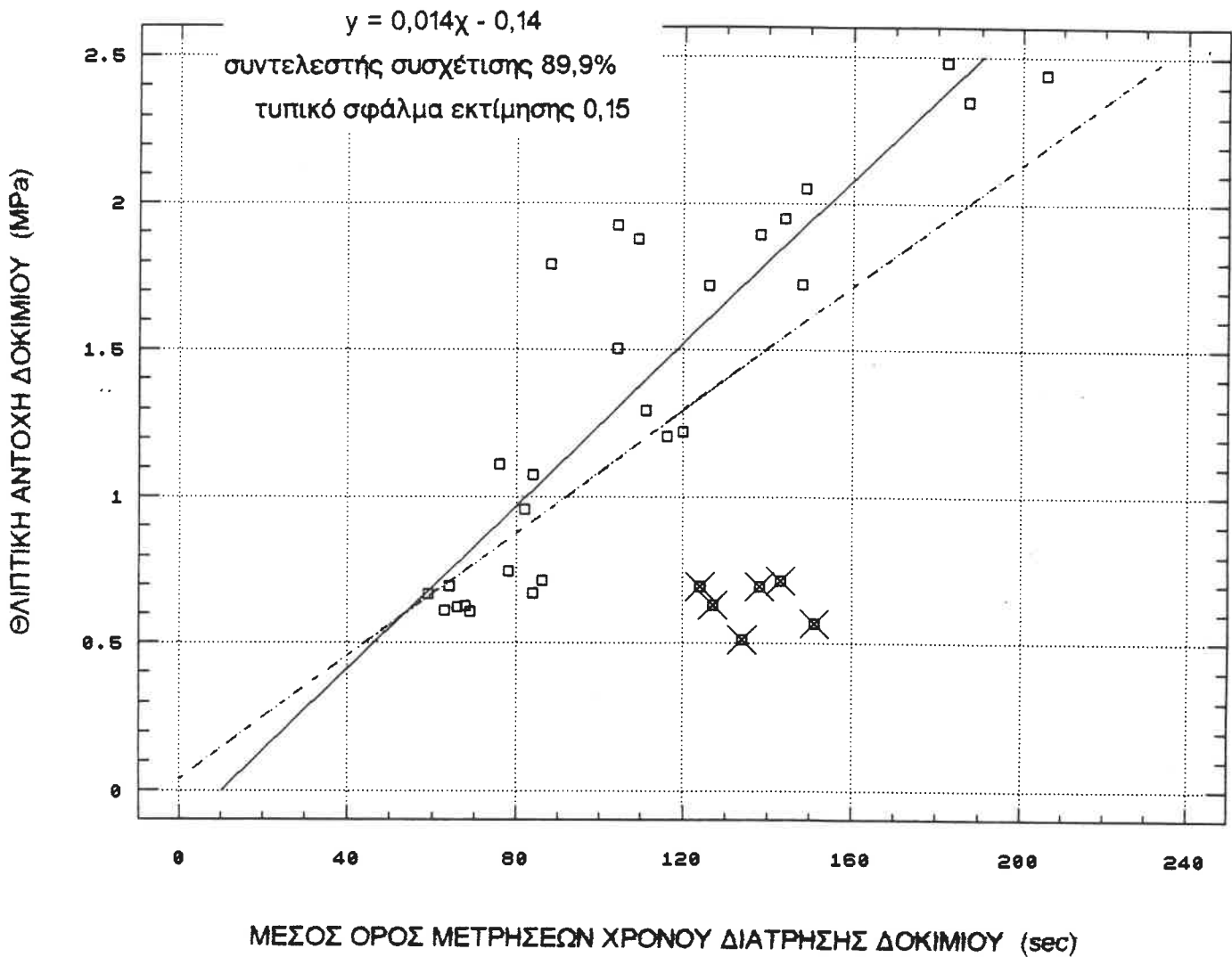
Σχήμα 8.14. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια τσιμεντοκονιαμάτων ασβεστοκονιαμάτων (εκτός των αποτελεσμάτων των δοκιμών του μίγματος V) πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων



Σχήμα 8.15. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 4 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N σε δοκίμια κορεσμένα σε νερό ασβεστοκονιαμάτων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων



Σχήμα 8.16. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 3 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 50 N σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων



Σχήμα 8.17. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 3 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτία 50 N σε δοκίμια ασβεστοκονιαμάτων (εκτός των αποτελεσμάτων των δοκιμών του μίγματος VI) και πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων



Σχήμα 8.18. Συσχέτιση της θλιπτικής αντοχής δοκιμίου με τον μέσο όρο μετρήσεων του χρόνου διάτρησης δοκιμίου από δοκιμές διάτρησης με παραμέτρους διάμετρο τρυπανιού 3 mm, βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 50 N σε δοκίμια κορεσμένα σε νερό ασβεστοκονιαμάτων πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων

8.1.3. Σύγκριση των δύο μεθόδων που εξετάστηκαν

Όπως προκύπτει από τα προηγούμενα είναι φανερό ότι η μέθοδος εκτίμησης της αντοχής των κονιαμάτων με μέτρηση χαρακτηριστικών διάτρησης υπερτερεί έναντι της μεθόδου που βασίζεται στη μέτρηση του πορώδους.

Αυτό καταδύκνεται από τις καλύτερες συσχετίσεις που έδωσαν τα αποτελέσματα των δοκιμών διάτρησης έναντι αυτών της μέτρησης του πορώδους.

Επίσης καταδύκνεται και απο το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της πειραματικής διερεύνησης της μεθόδου εκτίμησης αντοχής των κονιαμάτων με μέτρηση χαρακτηριστικών διάτρησης, έδωσαν συσχετίσεις που δεν επιδέχονταν διαχωρισμό στα διαφορετικά είδη των κονιαμάτων σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της μεθόδου εκτίμησης αντοχής που βασίζεται στην μέτρηση του πορώδους.

Επιπλέον, σημαντικό είναι το ότι η μέθοδος εκτίμησης αντοχής των κονιαμάτων που βασίζεται στη μέτρηση χαρακτηριστικών διάτρησης "λαμβάνει υπόψη της" τόσο τη συνάφεια του πολτού όσο και της συνάφειας του πολτού με τα αδρανή, σε αντίθεση με την μέθοδο μέτρησης του πορώδους, όπου λαμβάνει υπόψη της μόνο την συνάφεια του πολτού.

8.2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα γενικά συμπεράσματα που βγαίνουν από την έρευνα είναι τα εξής:

- Το υπολογιζόμενο μέσο πορώδες του πολτού των ασβεστοκονιαμάτων θεωρούμε ότι παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής τους.
- Επίσης ικανοποιητική εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής θεωρούμε ότι παρέχει το υπολογιζόμενο μέσο πορώδες του πολτού και στα πουζολανο-ασβεστοκονιάματα.
- Η χρήση απιονισμένου νερού για τον υπολογισμό του ολικού πορώδες των ασβεστοκονιαμάτων και των πουζολανο-ασβεστοκονιαμάτων φαίνεται ότι δεν οδηγεί σε λανθασμένα αποτελέσματα (υπερεκτίμηση του πορώδους λόγω απόπλυσης υλικού $\text{Ca}(\text{OH})_2$).
- Υπάρχει συσχέτιση και μάλιστα γραμμική μεταξύ της αντοχής των κονιαμάτων και των χαρακτηριστικών διάτρησης των κονιαμάτων, όπως αυτή διερευνήθηκε σε δοκιμές διάτρησης στο εργαστήριο.
- Οι παράμετροι διάμετρος τρυπανιού 4 mm , βάθος σπηλιάς 4 mm, φορτίο 200 N με τους οποίους έγιναν οι περισσότερες δοκιμές διάτρησης έδωσαν αποτελέσματα που θεωρούμε ότι παρέχουν πολύ ικανοποιητική εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής των κονιαμάτων ανεξάρτητα από το είδος του κονιάματος και για ένα ευρύ φάσμα αντοχών.
- Η δημιουργία σπηλιών σε επιφάνειες των δοκιμών φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την μετρούμενη θλιπτική αντοχή τους, δεν δίνει δηλαδή υποεκτιμημένα αποτελέσματα. Επίσης το μέρος όπου γίνονται οι σπηλιές δεν παίζει κανένα ρόλο στα αποτελέσματα του χρόνου διάτρησης.

8.3. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Σημειώνεται ότι οι διαπιστώσεις του προηγούμενου υποκεφαλαίου ισχύουν για την περιοχή του πειραματικού προγράμματος της παρούσας εργασίας (υλικά, αντοχή, παρασκευή δοκιμίων). Ενδέχεται για περιοχές εκτός των εξετασθέντων οι διαπιστωμένες συσχετίσεις καθώς επίσης και οι τιμές των συντελεστών των να αποκλίνουν.

Επίσης σημειώνεται, ότι τα ενδιαφέροντα συμπεράσματα αυτά στηρίζονται σε ένα ικανό αριθμό πειραμάτων αλλά όχι τέτοιου, ώστε να δίνουν την πληρέστερη αξιολόγηση των συσχετίσεων "πορώδες πολτού-θλιπτική αντοχή", "χρόνος διάτρησης - θλιπτική αντοχή" των κονιαμάτων.

Προτείνεται λοιπόν διεύρυνση των πειραματικών αποτελεσμάτων με πειράματα και στις περιοχές τιμών με τις οποίες ερεύνησε η παρούσα διπλωματική αλλά και κυρίως σε εκείνες τις οποίες δεν ασχολήθηκε.

Συγκεκριμένα πρέπει να διερευνηθεί κατά πόσο (ή όχι) είναι συμβατές οι συσχετίσεις "πορώδες πολτού - θλιπτική αντοχή" στα ασβεστοκονιάματα και τα πουζολανο-ασβεστοκονιάματα.

Είναι αναγκαίο επιπλέον να γίνει έρευνα για να βρεθεί τρόπος να διαπιστώνεται ποιο είναι το ποσοστό του πολτού και ποιο το ποσοστό των αδρανών που συνιστούν ένα κονίαμα.

Έρευνα πρέπει να γίνει επίσης και για να διαπιστωθεί στα πουζολανο-ασβεστοκονιάματα ποιο είναι το πορώδες της πουζολάνης που δεν έχει αντιδράσει με την υδράσβεστο αλλά συμπεριφέρεται ως αδρανές υλικό.

Επίσης περαιτέρω πειραματική διεύρυνση χρειάζεται για να επιλεγούν οι ιδανικοί παράμετροι της δοκιμής διάτρησης, και διεύρυνση της έρευνας σε κονιάματα διαφορετικών τύπων αδρανών.

Τέλος προτείνεται αναβάθμιση της δοκιμής διάτρησης με αλλαγή των συνθηκών φόρτισης του δοκιμίου που εξετάζεται, από μονοαξονική σε τριαξονική, έτσι ώστε να προσομοιάζονται καλύτερα οι συνθήκες που επικρατούν στα κονιάματα των κατασκευών. Με αυτό το τρόπο τα αποτελέσματά της θα είναι πιο αξιόπιστα και φυσικά πιο χρήσιμα.

Φυσικά χρειάζεται και επί πλέον εργασία για να γίνει η δοκιμή πρακτικά εφαρμόσιμη δηλαδή από εργαστηριακή να γίνει "επί τόπου" δοκιμή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Binda L. "Masonry material and structures", Technical session RILEM TC127-MS, Trento Italy 29 September 1994
2. Cucci N., Barsotti R., "A non destructive technique for the determination of mortar low capacity in situ", Materials and Structures 1995, Vol.28, pp 276-283.
3. Ευσταθιάδης Ευστ. "Ελληνικό μπετόν τριών χιλιετηρίδων" Αθήνα Απρίλης 1978
4. Ghorab H., Ragai J., and Antar A., "Surface and bulk properties of ancient egyptian mortars. Part I: x-ray diffraction studies". Cement and Concrete research. Vol. 16, pp. 813-822 1986.
5. Κόλλιας Στ., Κακούρη Κ., Σαρρή Ι., " Επίδραση του μεγέθους των δοκιμίων στην αντοχή σε θλίψη κατεργασμένων με τσιμέντο υλικών". Αθήνα, 1987
6. Κόλλιας Στ., "Διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος με τη μέτρηση του πορώδους". Ένωση τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδας, Αθήνα 1992.
7. Κωδινός Γ., "Το χρονικό για το κτίσιμο της Αγιά Σοφιάς. Εκδόσεις Ακρίτας.
8. Κορωναίος Α., "Τεχνικά υλικά", τόμος 1. Αθήνα 1985
9. Λεγάκης Α. "Δομικά υλικά" τόμος 1ος, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1995
10. Πετρακάκη Ε. "Συσχέτιση της αντοχής με το πορώδες και την υδατοαπορροφητικότητα σε κονιάματα. Αθήνα, Οκτώβριος 1995

11. Σπυρόπουλος Π., "Τα υλικά δομής των Βυζαντινών", Δελτίο ΣΠΜΕ αρ. 212, Μάρτιος - Απρίλιος 1993
 12. Σταθάκης Ε., Λαγγιώτης Χρ., "Τα δομικά υλικά και οι εφαρμογές τους" τόμος Ι, Αθήνα 1967
 13. Tassios T., "History of concrete in Greece".
- Nielsen L., "Strength development in hardened cement paste: examination of some empirical equations" Materials and structures 1993, Vol.26, pp 255-260.
- Robler M. and Odler I., "Investigations of the relationship between porosity, structure and strenght of hydrated portland cement pastes". Cement and Concrete research. Vol.15, pp320-330,1985.
- Soroka I. "Portland cement paste and concrete". First published 1979 by The Macmillan Press Ltd.
- Κουφόπουλος Π. "Θέματα τεχνολογίας σκυροδέματος" Αθήνα 1988

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον κ. Στέλιο Κόλια, αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος πολιτικών μηχανικών του Ε.Μ.Π. για την καθοδήγηση αλλά και την απεριόριστη συμπαράστασή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ τις πολιτικούς μηχανικούς Πέπη Καρκιλή, Μάρθα Κατσάκου, γιατί με την βοήθειά τους συντέλεσαν κι αυτές στην ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Ευχαριστώ ακόμη τον σύλλογο τσιμεντοβιομηχάνων Ελλάδος για την παραχώρηση του εργαστηρίου τους στο οποίο έλαβε χώρα σημαντικό μέρος της πειραματικής εργασίας αυτής της διπλωματικής.

Μικρή αλλά σημαντική βοήθεια μου έδωσαν οι Γιάννης Αγγελής φυσικός, Δήμητρα Κοντούλη οικονομολόγος, Έλενα Κοντούλη προγραμματίστρια Η/Υ, Εύη Παγκράτη οικονομολόγος, Κλαίρη Παπαδοπούλου οικονομολόγος, τους οποίους και ευχαριστώ πολύ.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την πολιτικό μηχανικό Άννα Μακράκη για τη βοήθειά της καθώς και για την ηθική συμπαράστασή της στην εκπόνηση μέρους της πειραματικής εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ την πολιτικό μηχανικό Αννέτα Σιαβελή γιατί με την συμβολή της έγινε δυνατή η εκτύπωση της παρούσας διπλωματικής.

Τέλος θερμά ευχαριστώ την Τόνια Πανάγου για την δακτυλογράφηση της παρούσας διπλωματικής.

