

Θέμα: `` Συσχέτιση των συμβατικών θλιπτικών αντοχών συζυγών συμβατικών δοκιμίων σκυροδέματος κυλινδρικών και κυβικών ``

Πτυχιακή εργασία Καραθανάση Ιωάννη / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σχεδιάστηκε ολοκληρωμένη μέθοδος α) δειγματοληψίας από ομογενοποιημένη παρτίδα (βαρέλα ναπού σκυροδέματος), β) κατασκευής συζυγών συμβατικών δοκιμίων 3 κυλινδρικών και 3 κυβικών από το ίδιο αυτό ομογενοποιημένο δείγμα, γ) συμβατικής συντήρησης και θραύσης των δοκιμίων αυτών με τα ίδια μέσα και στον ίδιο χρόνο, μετά από καπέλωμα των κυλινδρικών δοκιμίων με επιλεγμένο ίδιο μείγμα θείου/πετκόκ/πυριτικής άμμου.

Ο πειραματικός έλεγχος της επαναληψιμότητας της μεθόδου έδωσε τυπική απόκλιση, εντός του ιδίου δείγματος (within test) περίπου 1 Μρα και αντίστοιχα συντελεστής μεταβλητότητας περίπου 3% και για τα κυλινδρικά και για τα κυβικά δοκίμια χωριστά, που κρίνεται άριστη για δοκιμές ελέγχου παραγωγής. Οι δειγματοληψίες των 6 δοκιμίων, ήταν 17, από 5 διαφορετικές κατηγορίες αντοχής σκυροδέματος C16/20 έως και C35/45 (θλιπτικής αντοχής κύβου 28 – 55 Μρα), και τα αποτελέσματα έδωσαν ικανοποιητική συσχέτιση αντίστοιχων αντοχών κυλινδρικού, με 2 διαφορετικές συναρτήσεις εκτίμησης.

Τα πειραματικά αποτελέσματα και των δύο προηγούμενων συναρτήσεων εκτίμησης, της αντοχής κυβικού δοκιμίου από το συζυγές του κυλινδρικό δοκίμιο, δίνουν μικρότερες από τις αντίστοιχες της αναγωγής της παραγράφου 13.2.3 του Ελληνικού Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος, με αποκλίσεις περίπου 6% στις μεγάλες αντοχές και 12% στις μικρές αντοχές.

Ελέγχθηκε και κρίθηκε σταθερή η πραγματοποιούμενη σύνθεση του υλικού καπελώματος, που μολονότι το εύκολο και φτηνά προμηθευόμενο αυτό υλικό δεν έπιασε πειραματικά την απαιτούμενη ελάχιστη αντοχή, έδωσε όμως σχετικά μεγαλύτερα αποτελέσματα αντοχής κυλίνδρου στις σχετικά μεγάλες αντοχές. Απαιτείται όμως καλύτερη εργαστηριακή μελέτη της σύνθεσης του και του τρόπου εφαρμογής του καπελώματος.

“ Η πτυχιακή αυτή αφιερώνεται στους γονείς μου Βασίλη και Μαρία, που μου έδωσαν την ευκαιρία να σπουδάσω πάνω στο αντικείμενο του μηχανικού, καθώς και στους καθηγητές μου Φ.Φωτόπουλο και Ν. Νικολάου που με εμπιστεύτηκαν με αυτήν την εργασία ”.

“ΠΡΟΛΟΓΟΣ”

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 16 του “Κανονισμού Σπουδών των Τ.Ε.Ι.” (Φ.Ε.Κ. 861/Α/21-5-99). Για την τεκμηρίωση και την παρουσίασή της, εφαρμόστηκε η σχετική μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί για την συγγραφή των πτυχιακών του εργαστηρίου Ελέγχου Ποιότητας και Τεχνολογίας Υλικών (Π.Ε.Τ.ΥΛ) του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ και καταβλήθηκε προσπάθεια να εφαρμοσθούν οι κανόνες του διεθνούς οργανισμού τυποποίησης [ISO 7144 – 1986 (E) Documentation Presentation of theses and similar Documents].

Το θέμα της πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκε μετά από προσυμφωνία του καθηγητή και υπεύθυνου του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.ΥΛ του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ κ.Φ. Φωτόπουλο και της εταιρείας ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε., υποβλήθηκε και εγκρίθηκε από τα τμήματα Πολιτικών Δομικών Έργων και Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών της ΣΤΕΦ του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ.

Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάπτυξη και εφαρμογή μιας πρότυπης πειραματικής τεχνολογίας για την εκτίμηση της συσχέτισης της συμβατικής θλιπτικής αντοχής κυλινδρικού συμβατικού δοκιμίου με την συμβατική θλιπτική αντοχή κυβικού συμβατικού δοκιμίου. Η εκτίμηση αυτή χωρίς αναφορά διαστήματος εμπιστοσύνης βασίζεται σε στοιχεία ερευνών που χρονολογούνται είκοσι και πλέον χρόνια πριν, ενώ δεν υπάρχουν ακόμα και σήμερα πρόσφατα εργαστηριακά συγκριτικά δεδομένα με συγκεκριμένα σκυροδέματα και τσιμέντα, συμφωνά με τους κανονισμούς και τις πρότυπες προδιαγραφές δοκιμών που ισχύουν σήμερα στην Ελλάδα.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω έγινε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων θλιπτικής αντοχής 17 δειγματοληψιών σκυροδέματος κατηγοριών θλιπτικής αντοχής από C16/20, έως C35/45. Συγκεκριμένα :

- Κατηγορία C16/20, τρεις δειγματοληψίες συνολικά 11 κυβικών και 9 κυλινδρικών δοκιμών.

- Κατηγορία C20/25, επτά δειγματοληψίες συνολικά 29 κυβικών και 21 κυλινδρικών δοκιμών.
- Κατηγορία C25/30, τρεις δειγματοληψίες συνολικά 11 κυβικών και 9 κυλινδρικών δοκιμών.
- Κατηγορία C30/37, δυο δειγματοληψίες συνολικά 8 κυβικών και 6 κυλινδρικών δοκιμών.
- Κατηγορία C35/45, δυο δειγματοληψίες συνολικά 6 κυβικών και 6 κυλινδρικών δοκιμών.

Η συντήρηση όλων των δοκιμών έγινε σε δεξαμενή νερού με ελεγχόμενες συνθήκες συντήρησης για 7 και 28 ημέρες (υγρασία 100% και θερμοκρασία 20°C ±2)

Το πειραματικό μέρος της εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας και Τεχνολογίας Υλικών (Π.Ε.Τ.ΥΛ) του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ, στο αντίστοιχο εργαστήριο του εργοστασίου ετοιμού σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. στο Βύρωνα, καθώς και στο εργαστήριο σκυροδέματος του Ελληνικού Κέντρου Ερευνών Τσιμέντου (ΕΚΕΤ) στην Λυκόβρυση. Κατά την διάρκεια εκπόνησης του κυρίου εργαστηριακού μέρους της εργασίας, περίπου 6 μήνες πλήρους απασχόλησης, ο σπουδαστής τελούσε εργαστηριακός βοηθός στο εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ, αφού είχε προηγουμένως αποπερατώσει την εξάμηνη Πρακτική Άσκηση του σε εργαστήριο εταιρίας παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος.

Όλες οι πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών, στις οποίες παραπέμπει ο Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

Για την επιτυχή πραγματοποίηση του εργαστηριακού μέρους καθώς και της συγγραφής της πτυχιακής εργασίας, προηγήθηκε προεκπαίδευση του σπουδαστή σε όλες τις δοκιμές που αφορούν την πτυχιακή εργασία ως εξής :

α) Στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.Υ.Λ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ κατά το Β΄ τυπικό εξάμηνο σπουδών και κατά την δωδεκάμηνη προπρακτική άσκηση στο επάγγελμα.

β) Στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ κατά την διάρκεια της άτυπης, μη αμειβόμενης δωδεκάμηνης πρακτικής άσκησης του σπουδαστή στην εταιρεία.

γ) Στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος LAFARGE BETON κατά την διάρκεια της πρακτικής άσκησης του σπουδαστή στην εταιρεία ως εργαστηριακού.

Επίσης πραγματοποιήθηκε και συγκριτικό διεργαστηριακό τεστ, με παλαιότερους σπουδαστές και τους δύο επιβλέποντες της πτυχιακής εργασίας, του οποίου τα αποτελέσματα κρίθηκαν εξαιρετικά ικανοποιητικά.

Στο σημείο αυτό οφείλονται ευχαριστίες στους ακόλουθους καθηγητές και συναδέλφους χωρίς την βοήθεια των οποίων θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας και η όποια επιτυχία της.

- Αρχικά στον δάσκαλο μου κ. Φ.Φωτόπουλο, καθηγητή και υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ για την εμπιστοσύνη και την ευκαιρία που μου έδωσε, καθώς και για πολύτιμη βοήθεια του, τόσο στον σχεδιασμό των δειγματοληψιών, των πειραματικών δοκιμών και των στατιστικών εφαρμογών, όσο και στην συνεργασία των τριών εργαστηρίων και όλων των εμπλεκομένων σε αυτή την πτυχιακή.
- Στον κ. Ν.Νικολάου, χημικό μηχανικό, Διευθυντή Παραγωγής και Ελέγχου Ποιότητας στις Εταιρίες Παραγωγής Έτοιμου Σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ και Ελληνικό Σκυρόδεμα ΑΕ, εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ και εισηγητή και επιβλέποντα της εργασίας αυτής, για την εκπαίδευση μου σε θέματα ελέγχου ποιότητας αδρανών υλικών και σκυροδέματος καθώς και την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων.
- Στον κ. Α.Φωτόπουλο, χημικό μηχανικό, υπεύθυνο Παραγωγής και Ελέγχου ποιότητας της Αργυρίου ΕΠΕ, εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ καθώς και επιβλέποντα της εργασίας αυτής, για την εκπαίδευση σε θέματα ποιοτικού ελέγχου, εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων και κατανόηση βασικών εννοιών και προτύπων.
- Στον κ. Δ. Τσαματσούλη, χημικό μηχανικό, Διευθυντή Παραγωγής και Ελέγχου Ποιότητας του ΧΑΛΥΨ ΑΕ και επιστημονικό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ για την

βοήθεια του στην εφαρμογή των προτύπων στατιστικών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή.

- Στον κ. Β. Σκαράκη, χημικό, Διευθυντή παραγωγής και Ελέγχου ποιότητας στην ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ ΑΕ και επιστημονικό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ για την βοήθεια του και την χορήγηση και κατασκευή πρότυπων παρελκομένων, απαραίτητων για την πτυχιακή αυτή.
- Στην κ. Ζ. Τσιμπούκη, Διευθύντρια του ΕΚΕΤ ΕΠΕ για την δυνατότητα που μου έδωσε να εκτελέσω ένα μεγάλο πειραματικό μέρος της εργασίας αυτής χρησιμοποιώντας οποιονδήποτε χώρο και μέσα του εργαστηρίου.
- Στον κ. Γ. Ρουβέλα, Προϊστάμενο του Τμήματος σκυροδέματος, αδρανών, ασφαλικών και οδοποιίας του ΕΚΕΤ, για την χορήγηση του χώρου του εργαστηρίου για της εργαστηριακές δοκιμές και την πολύτιμη βοήθεια και εμπειρία του σε θέματα εφαρμογής εργαστηριακών μεθόδων και δοκιμών.
- Στην κ. Ε. Τσιάβου, Διευθύντρια Ελέγχου Ποιότητας και Ανάπτυξης Νέων Προϊόντων της Lafarge Beton και εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, για την βοήθεια της σε θέματα ελέγχου ποιότητας, εργαστηριακών δοκιμών και χορήγησης εργαστηριακού εξοπλισμού.
- Στην κ. Ι. Πλέσσα, μηχανικό μεταλλειολόγο μηχανικό, υπεύθυνη του τομέα σκυροδέματος του ΚΕΔΕ και πρώην εργαστηριακό συνεργάτη του εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, για την βοήθεια της στην εκπαίδευση μου σε θέματα ποιοτικού ελέγχου σκυροδέματος καθώς και για την πραγματοποίηση των δοκιμαστικών πειραμάτων δοκιμών στο ΚΕΔΕ.
- Στον κ. Ν. Σπαθαριώτη, πρώην Πρόεδρο του ΣΕΒΕΣ και γενικό διευθυντή της εταιρίας παραγωγής σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ κατά την περίοδο εκπόνησης της πτυχιακής, για την δυνατότητα που μου έδωσε να εκτελέσω τις πειραματικές δοκιμές χρησιμοποιώντας τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου.

- Στον κ. Χ. Χατζηγιάννη, Τεχνολόγο Πολιτικό Μηχανικό και εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ για την ουσιαστική συμβολή του στην εργαστηριακή προεκπαίδευσή μου σε δοκιμές αρμοδιότητας πολιτικού μηχανικού δομικών έργων Τ.Ε.

Θερμές ευχαριστίες μπορούν να αποδοθούν επίσης και στα παρακάτω **νομικά πρόσωπα** :

- **ΚΕΔΕ**, και ειδικότερα στο εργαστήριο σκυροδέματος για την διάθεση του εξοπλισμού του για τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια εκπαίδευσής μου για την πραγματοποίηση της πτυχιακής εργασίας.
- **ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ**, εταιρεία παραγωγής σκυροδέματος για την πολύτιμη συνεργασία και βοήθεια της, υλική και οικονομική, τόσο όσον αφορά την πτυχιακή μου εργασία όσο και τη δυνατότητα να εκπαιδευτώ σε αυτή κατά την διάρκεια της πτυχιακής μου.
- **ΕΚΕΤ ΕΠΕ**, για την διάθεση εργαστηριακού χώρου και εξοπλισμού καθώς και για την αμέριστη βοήθεια του προσωπικού του χωρίς την οποία θα ήταν αδύνατο να αποπερατωθούν οι εργαστηριακές δοκιμές της πτυχιακής εργασίας.
- **ΧΑΛΥΨ ΑΕ**, εταιρία παραγωγής τσιμεντου, για την βοήθεια και την παραχώρηση τόσο των εργαστηριακών εγκαταστάσεων της όσο και για την χορήγηση απαραίτητων παρελκομένων και πρώτων υλών της πτυχιακής αυτής.
- **ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ ΑΕ**, για την διάθεση των εργαστηριακών τις εγκαταστάσεων καθώς για την χορήγηση παρελκόμενων απαραίτητων για την αποπεράτωση της πτυχιακής αυτής.

Το κύριο μέρος της πτυχιακής εργασίας αποτελείται από (64) σελίδες με αναφορές στα παραρτήματα Α και Β που αποτελούνται από (60) σελίδες με σχέδια, πιστοποιητικά οργάνων και βαθμονομήσεις. Επίσης έχει κατατεθεί ο πλήρης φάκελος σχεδιασμού και μετρήσεων της πτυχιακής στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ μαζί με όλα τα Δελτία Δοκιμών .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. Τίτλος	
II. Περίληψη.....σελ.	1
III. Αφιέρωση.....σελ.	2
IV. Πρόλογος.....σελ.	3
V. Περιεχόμενα.....σελ.	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

“Εισαγωγή”

1.1 Σκοπός πτυχιακής εργασίας.....σελ.	12
1.2. Επιλογή του σκυροδέματος, αξιοπιστία παραγωγής.....σελ.	13
1.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός, αξιοπιστία, βαθμονόμηση.....σελ.	14
1.4 Στάδια και αντικείμενα εργαστηριακής προεκπαίδευσης σπουδαστή.....σελ.	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

“Ταυτοποίηση λεπτομερειών και διαδικασιών μεθόδου”

2.1 Αναμείγματα σκυροδέματος.....σελ.	18
2.2 Δέσμευση παραμέτρων εργαστηριακού εξοπλισμού.....σελ.	19
2.2.1 Μήτρες σκυροδέματος.....σελ.	19
2.2.2 Βοηθητικά όργανα.....σελ.	20
2.2.3 Δεξαμενή νερού συντήρησης δοκιμών.....σελ.	22
2.2.4 Ηλεκτροκίνητη μηχανή θραύσης.....σελ.	23
2.3 Κατάλογος ταυτοποίησης μεθόδων δοκιμών / διαδικασιών.....σελ.	24

2.3.1 Δειγματοληψία σκυροδέματος.....σελ.	24
2.3.2 Δοκιμή κάθισης.....σελ.	25
2.3.3 Παρασκευή δοκιμών.....σελ.	26
2.3.4. Δοκιμή φαινομένου βάρους	σελ. 27
2.3.5 Δοκιμή αεροπεριεκτικότητας	σελ. 28
2.3.6 Ξεκαλούπωμα δοκιμών.....σελ.	29
2.4 Συνθήκες παρασκευής συντήρησης	σελ. 29
2.4.1 Θερμοκρασία σκυροδέματος.....σελ.	29
2.4.2 Θερμοκρασία περιβάλλοντος.....σελ.	30
2.4.3 Θερμοκρασία δεξαμενής νερού συντήρησης δοκιμών.....σελ.	30
2.5 Συνθήκες μεταφοράς επιπέδωσης και θραύσης των δοκιμών.....σελ.	30
2.5.1. Μεταφορά δοκιμών στο χώρο θραύσης (ΕΚΕΤ).....σελ.	30
2.5.2. Επίπεδωση των κυλινδρικών δοκιμών (Καπέλωμα).....σελ.	31
2.5.2.1. Επιλογή και προετοιμασία υλικού καπελώματος.....σελ.	31
2.5.2.2. Διαδικασία καπελώματος κυλινδρικών δοκιμών.....σελ.	33
2.5.3. Θραύση δοκιμών.....σελ.	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

“Σχεδιασμός προγράμματος πτυχιακής”

3.1 Ανάλυση σχεδιαστικού μέρους	
3.1.1 Σχεδιασμός εργαστηριακού μέρους πτυχιακής	σελ. 36
3.1.2 Επιλογή προγράμματος.....σελ.	38
3.2 Σχεδιασμός και επεξήγηση φύλλων έργου.	
3.2.1 Φύλλο έργου δοκιμών δειγματοληψίας/θραύσης.....σελ.	40

3.2.2	Επεξήγηση στατιστικού πίνακα αξιολόγησης αποτελεσμάτων.....	σελ. 41
3.2.3	Επεξήγηση πίνακα πρόβλεψης συσχέτισης βάση του μοντέλου Κ.Τ.Σ.....	σελ. 43
3.2.4	Επεξήγηση πίνακα της διαφοράς των εκτιμήσεων Πτυχιακής / ΚΤΣ.....	σελ. 44
3.2.5	Επεξήγηση πίνακα των θλιπτικών αντοχών 7ημ. κυβικών δοκιμίων.....	σελ. 45
3.2.6	Επεξήγηση πίνακα ελέγχου μίγματος καπελώματος κυλ. δοκιμίων.....	σελ. 45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

“Μετρήσεις και επεξεργασία μετρήσεων”

4.1	Πίνακας αποτελεσμάτων των θλιπτικών αντοχών κυβικών και κυλινδρικών δοκιμίων.....	σελ. 49
4.2	Πίνακας πρόβλεψης συσχέτισης βάση του μοντέλου Κ.Τ.Σ.....	σελ. 50
4.3	Πίνακας της % διαφοράς των εκτιμήσεων πτυχιακής και ΚΤΣ.....	σελ. 51
4.4	Πίνακας των θλιπτικών αντοχών 7 ημερών κυβικών δοκιμίων.....	σελ. 51
4.5	Ανεξάρτητη πρόβλεψης συσχέτισης με χρήση διπλού λογαριθμικού.....	σελ. 52
4.6	Πίνακας σύγκρισης των δυο προβλέψεων συσχέτισης των θλιπτικών αντοχών.....	σελ. 54
4.7	Πίνακας ελέγχου σταθερότητας μίγματος καπελώματος κυλινδρικών δοκιμίων.....	σελ. 54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Αξιολογηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα.....	σελ. 55
--	---------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1	‘Επεξήγηση συμβόλων’.....	σελ. 61
6.1.1	Συντμήσεις.....	σελ. 61
6.2	Κανονισμοί- Προδιαγραφές.....	σελ. 61

6.2.1 Ακρωνύμια.....σελ. 62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7.1 “Βιβλιογραφία”σελ. 62

7.2 Κανονισμοί- Προδιαγραφές-Πρότυπα.....σελ. 62

7.3 Εγχειρίδιασελ. 64

7.4 Ανακοινώσεις.....σελ. 64

7.5 Πτυχιακές εργασίες.....σελ. 64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

“Παράρτημα Α” Πίνακες-σχεδιαγράμματα.....σελ 65

“Παράρτημα Β” Πιστοποιητικά διακρίβωσηςσελ.73

“ Εισαγωγή ”

1.1 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Η εκτίμηση χωρίς αναφορά διαστήματος εμπιστοσύνης της συμβατικής θλιπτικής αντοχής κυλινδρικού συμβατικού δοκιμίου από την συμβατική αντοχή κυβικού συμβατικού δοκιμίου, βασίζεται συνήθως σε στοιχεία εργασιών που έγιναν πριν από είκοσι και πλέον χρόνια και όχι σε πρόσφατα εργαστηριακά συγκριτικά αποτελέσματα και μάλιστα με συγκεκριμένα σκυροδέματα και τσιμέντα, σύμφωνα με τους κανονισμούς και πρότυπες προδιαγραφές δοκιμών που ισχύουν σήμερα στην Ελλάδα.

Το βάρος της ευθύνης της πειραματικής απόδειξης της εκτίμησης αυτής, φέρει ο μελετητής ή κατασκευαστής ή παραγωγός σκυροδέματος που χρησιμοποιεί τα κυβικά δοκίμια και χρειάζεται μια δοκιμή πρότυπη τεχνολογία για την πειραματική αυτή εκτίμηση.

Με την πτυχιακή αυτή επιχειρείται η ανάπτυξη και η πειραματική εφαρμογή μιας τεχνολογίας με σκοπό την εκτίμηση της συσχέτισης αυτής με συγκεκριμένα σκυροδέματα και μάλιστα με αναφορά διαστήματος εμπιστοσύνης.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω εκτελέστηκαν δειγματοληψίες διαφορών κατηγοριών σκυροδέματος από C16/20 έως C35/45, πάντα πάνω από δυο ανά κατηγορία, οι οποίες συντηρηθήκαν σε δεξαμενή νερού (Θερμοκρασίας $20\pm 2^{\circ}\text{C}$) στο εργαστήριο του εργοστασίου σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. για 28 ημέρες και η θραύση τους έγινε στο εργαστήριο του ΕΚΕΤ .

Μια ιδιαιτερότητα της πτυχιακής αυτής που όμωσ την ενάγει σε έναν από τους βασικούς σκοπούς πραγματοποίησης της, είναι η εμπλοκή των κυλινδρικών δοκιμίων. Η απαραίτητη διαδικασία επιπέδωσης τους (καπέλωμα), καθιστά δύσκολη την σύγκριση των αποτελεσμάτων των θλιπτικών αντοχών, λόγω της απουσίας αντίστοιχης εργασίας ή μελετης με θέμα την αντοχή του υλικού καπελώματος, για τον στοιχειώδη παραλληλισμό των μετρήσεων.

Τέλος ενώ δεν ήταν βασικός σκοπός της πτυχιακής αυτής, έγινε μια προσπάθεια μελέτης και εξευρέυσης των ιδιοτήτων και των προβλημάτων του υλικού καπελώματος βάσει των αμερικανικών προτύπων. Και αυτό λόγω του ότι οι οποίες πληροφορίες σχετικά με αυτό το υλικό ήταν συγκεκριμένες και ποικίλουν από εργαστήριο σε εργαστήριο και βασίζονταν σε καθαρά εμπειρικούς κανόνες εφαρμογών των προδιαγραφών.

Η εκτέλεση της πτυχιακής αυτής εργασίας εκτός των παραπάνω ιδιαιτέρων χαρακτηριστικών στηρίχθηκε σε μεθόδους και αποτελέσματα του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.ΥΛ (αιθ Β216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ καθώς επίσης και σε πτυχιακές παλαιότερων σπουδαστών στο εργαστήριο αυτό .

1.2 Επιλογή του σκυροδέματος, αξιοπιστία παραγωγής

Τα σκυροδέματα που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν στην πτυχιακή εργασία ήταν έτοιμα εργοστασιακά τσιμεντοσκυροδέματα όλα χωρίς ειδικές απαιτήσεις, έτσι ώστε να έχουμε μια καλή κατανομή των αντοχών, σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος τιμών, που να προκύπτουν ασφαλή συμπεράσματα.

Πρόκειται δηλαδή για σκυροδέματα που χρησιμοποιούνται σε επιχρισμένες κατασκευές , περιεκτικότητας σε τσιμέντο τουλάχιστον 270 kg.

Έτσι επιλέχθηκαν οι παρακάτω κατηγορίες αντοχής και κάθισης και επιδιώχθηκε όσο ήταν δυνατό να τηρηθούν λογιστικά οι αναλογίες των πρώτων υλών της κάθε σύνθεσης:

ΣΥΝΘΕΣΗ	ΑΜΜΟΣ KG	ΧΑΛΙΚΙ KG	ΓΑΡΜΠΙΛΙ KG	CEM II B-M (S-P-W) 42,5N KG	CEM IV B (P- W)32,5N KG	ΝΕΡΟ KG	ΣΥΝΟΛΟ KG	ΛΟΓΟΣ N/T
C16/20 S3	1030	700	180	100	170	190	2370	0,70
C20/25 S2	955	700	240	200	85	190	2370	0,66
C25/30 S2	960	730	190	310	0	180	2370	0,58
C30/37 S2	810	720	215	420	0	210	2370	0,5
C35/45 S2	820	735	220	455	0	215	2370	0,47

Επίσης αποφασίστηκε ότι:

- 1) Ο χρόνος παραμονής του κάθε αναμίγματος στον εργοστασιακό αναμκτήρα, βίαιης ανάμιξης (οριζοντίου άξονα και μέγιστης χωρητικότητας 3 m³), να γίνεται για χρόνο 45 δευτερολέπτων έως και 1 λεπτού.
- 2) Πριν τη λήψη δείγματος να γίνεται ομογενοποίηση του προς εξέταση σκυροδέματος (6–9 m³) για χρονικό διάστημα 5 λεπτών (ακριβώς) στην βαρέλα μεταφοράς σε γρήγορες στροφές ανάδευσης (9-11 στροφές/λεπτό).
- 3) Μετά την λήψη του δείγματος , ανάμιξη στο καρότσι επί 2 λεπτά.

Τέλος οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του σκυροδέματος των συνθέσεων ήταν θραυστά αδρανή Ανατολικής Αττικής λατομεία Μαρκόπουλου ,ελληνικό τσιμέντο ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ(εργοστάσιο Χαλκίδας) CEM II B (P-W) II 42,5 N και CEM IV B (P-W) 32,5 N και νερό προερχόμενο από ελεγχόμενη από το ΚΕΔΕ γεώτρηση της μονάδος.

1.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός, αξιοπιστία, βαθμονόμηση

Τα μέσα με τα οποία διεξήχθει η πτυχιακή εργασία περιορίζονταν στις δυνατότητες του εξοπλισμού :

1. Του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ (Π.Ε.Τ.Υ.Λ .αιθ. Β216) και αφορούν τις μήτρες λήψης δοκιμών σκυροδέματος .
2. Του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου της μονάδας παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. και αφορούν τις ζυγίσεις, μετρήσεις μηκών, συντήρησης και θραύσης δοκιμών.
3. Του εργαστηρίου του ΕΚΕΤ και αφορούν τις ζυγίσεις, μετρήσεις μηκών, θραύσης και καπελώματος δοκιμών.

Η επιλογή των οργάνων και των μέσων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τέτοια ώστε η αναπαραγωγή και η εφαρμογή της πτυχιακής από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο να είναι εύκολη και χωρίς μεγάλο κόστος. Σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε παρέμεινε ο ίδιος από την αρχή, ως το τέλος της. Με αυτόν τον τρόπο δεσμεύτηκαν οι παράμετροι που θα μπορούσαν να

επηρεάσουν την τελική μετρούμενη τιμή από την χρήση του εργαστηριακού εξοπλισμού. Συγκεκριμένα ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στο 2^ο κεφάλαιο και συγκεκριμένα στην παράγραφο (2.2) της δέσμευσης των παραμέτρων.

Στα όργανα και στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση του προγράμματος της πτυχιακής εργασίας για τα οποία δεν υπήρχε πιστοποιητικό διακρίβωσης, έγινε άτυπη εσωτερική βαθμονόμηση από τον σπουδαστή με την βοήθεια των καθηγητών που επέβλεπαν την πτυχιακή εργασία. Ομοίως βαθμονομήθηκαν τα διακριβωμένα όργανα.

1.4 Στάδια και αντικείμενα εργαστηριακής προεκπαίδευσης σπουδαστή

Η εργαστηριακή προεκπαίδευση και πιστοποίηση του σπουδαστή ως εργαστηριακό βοηθό/συνεργάτη, έγινε μέσα στα πλαίσια της δωδεκάμηνης προπρακτικής άσκησης στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.ΥΛ (αιθ.Β216) του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ καθώς επίσης και κατά την διάρκεια της άτυπης απασχόλησης του σπουδαστή στην εταιρεία ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. ως εργαστηριακού βοηθού.

Ο σπουδαστής εκπαιδεύτηκε και συνετέλεσε στην προετοιμασία και αποπεράτωση όλων των εργαστηριακών ασκήσεων στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.ΥΛ (αιθ.Β216) του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ, καθώς και στα συνεργαζόμενα με το Τ.Ε.Ι. εργαστήρια Βιομηχανιών Δομικών Υλικών (Παραγωγή ετοίμου σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος, τσιμέντου, κονιαμάτων κ.α.)

Στους παραπάνω εργαστηριακούς χώρους ο σπουδαστής εκπαιδεύτηκε μαζί με άλλους εργαστηριακούς βοηθούς και πραγματοποίησε συγκριτικούς εργαστηριακούς ελέγχους, με τους επιβλέποντες της πτυχιακής εργασίας και εργαστηριακούς συνεργάτες ποιοτικού ελέγχου Β' Πολιτικών Δομικών, κ. Ν.Νικολάου και Α.Φωτόπουλο. Αφού πιστοποιήθηκε άτυπα η ικανότητα του όταν η επαναληψιμότητα του έφθασε στα επιθυμητά όρια, συμμετείχε στην εργαστηριακή προεκπαίδευση των νεότερων σπουδαστών. Η εκπαίδευση και η αποκτηθείσα εμπειρία συνέβαλαν αποτελεσματικά στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Παρακάτω αναφέρονται τα χρονικά στάδια εκπαίδευσης :

- **03/2001 – 07/2001**, Β΄ τυπικό εξάμηνο σπουδών στο Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ θεωρητικό και εργαστηριακό μέρος του μαθήματος Τεχνολογία (Δομικών) Υλικών, (Β΄ Πολιτικών Δομικών).
 - **10/2001 – 12/2002**, προπρακτική άσκηση ως εργαστηριακός βοηθός στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου Π.Ε.Τ.ΥΛ (αιθ. Β216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.
 - **04/2003**, μέχρι και το πέρας της πτυχιακής εργασίας άμισθος εργαστηριακός βοηθός στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου Π.Ε.Τ.ΥΛ (αιθ. Β216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.
 - **07/2003 - 10/2003**, άμισθος εργαστηριακός βοηθός στην ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. στο εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου της εταιρείας.
- ο **Εργαστηριακή προεκπαίδευση του σπουδαστή σε δοκιμές αρμοδιοτήτων Πολιτικού Μηχανικού Δομικών Έργων Τ.Ε. / Ανάπτυξη δεξιοτήτων εργαστηριακού**

Παράλληλα έχει γίνει εκπαίδευση του σπουδαστή σε δοκιμές που αφορούν το τσιμέντο και το χάλυβα οπλισμού, η οποία επέτρεπε στο σπουδαστή να αποκτήσει ευχέρεια στις μετρήσεις, στη σωστή τήρηση των μεθόδων, την αναζήτηση, εύρεση και τέλος τήρηση προδιαγραφών.

- 4) **03/2001 – 07/2001**, Β΄ τυπικό εξάμηνο σπουδών στο Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.ΥΛ.
- **02/2002**, Εκπαίδευση στην τσιμεντοβιομηχανία ΧΑΛΥΨ Α.Ε. στον Ασπρόπυργο και συγκεκριμένα στον ποιοτικό έλεγχο τσιμεντών καθώς και στον τρόπο παραγωγής του προϊόντος.
 - **10/2002**, Διδασκαλία και επίβλεψη των παρακάτω εργαστηριακών μεθόδων στο Β΄ τυπικό εξάμηνο πολιτικών δομικών έργων στο εργαστήριο ετοιμού σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. σαν βοηθός εργαστηρίου ποιοτικού ελέγχου του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ :

Έλεγχος αδρανών υλικών θραύση δοκιμίων σκυροδέματος, Έλεγχοι υπερήχων, χρήση κρουσίμετρου, παρασκευή συμβατικών δοκιμίων ετοιμού σκυροδέματος, παρασκευή εργαστηριακού αναμείγματος.

ο **Διεργαστηριακό τεστ μεταξύ δυο βοηθών του εργαστηρίου**

Πριν την έναρξη της πτυχιακής εργασίας ήταν σκόπιμο να γίνει η αξιολόγηση της μεθόδου που θα εφαρμοζόταν στο πειραματικό μέρος της ώστε να αποτραπεί η εμφάνιση οποιασδήποτε αστοχίας κατά την εκτέλεση των δοκιμών, ταυτόχρονα όμως δόθηκε και η ευκαιρία να αξιολογηθεί και ο εργαστηριακός (σπουδαστής), επισημαίνοντας και βελτιώνοντας τις τυχόν λανθασμένες ενέργειες του.

Η αξιολόγηση της μεθόδου καθώς και η εκπαίδευση και πιστοποίηση του εργαστηριακού πραγματοποιήθηκε μια φορά και έγινε στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του εργοστασίου παραγωγής σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ. Ο έλεγχος της αξιολόγησης της μεθόδου έγινε πραγματοποιώντας 5 δοκιμαστικές δειγματοληπτικές σειρές αποτελούμενες από 5 κυβικά δοκίμια συντηρούμενα στο νερό. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιήθηκε από δύο εργαστηριακούς, τον Χρήστο Χατζηγιάννη και τον Ανδρέα Κωνσταντόπουλο υπό την εποπτεία των επιβλεπόντων καθηγητών, Α. Φωτόπουλο και Ν. Νικολάου. Ταυτόχρονα όμως πραγματοποιήθηκε και σύγκριση της επαναληψιμότητας και της συσχέτισης των δύο εργαστηριακών με κοινές σειρές εργαστηριακών δοκιμίων.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι και οι δυο εργαστηριακοί έχουν πολύ καλή επαναληψιμότητα στα αποτελέσματα τους και η τυπική απόκλιση του καθενός ήταν κατά πολύ κάτω της μονάδος και πολύ κοντά μεταξύ τους. Τα παραπάνω στοιχεία βρίσκονται στο στο παράρτημα (Α1) της πτυχιακής καθώς και αρχείο της πτυχιακής που είναι κατατεθειμένο στο εργαστήριο του ΤΕΙ.

“Ταυτοποίηση λεπτομερειών διαδικασιών μεθόδου ”

2.1 Αναμείγματα σκυροδέματος

Επιλογή αναμειγμάτων σκυροδέματος/τρόπος παραγωγής

Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας αποφασίστηκαν από κοινού με το εργοστάσιο τα παρακάτω : τα υλικά ζυγίζονταν και φορτώνονταν στον εργοστασιακό αναμικτήρα με βάση την μελέτη σύνθεσης, αναμειγνύονταν για 45sec το κάθε ανάμειγμα και φορτώνονταν στη βαρέλα μεταφοράς σε 3 αναμείγματα, όσα είχε ορίσει και το πρόγραμμα της πτυχιακής.

Επίσης σε κάθε ημέρα δειγματοληψίας εκτελέστηκε η παρακάτω διαδικασία:

α) Ελέγχονταν οπτικά τα αδρανή υλικά πριν από την έναρξη παραγωγής των αναμειγμάτων. Με αυτό τον τρόπο ήταν βέβαιο πως δεν έχει γίνει καμιά σοβαρή αλλαγή της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών.

β) Ελέγχονταν οι φορτώσεις τσιμέντου της προηγούμενης ημέρας, έτσι ώστε τα τσιμέντα που θα χρησιμοποιούνταν να ήταν ίδιου τύπου, κατηγορίας και εργοστασίου ανά σιλό σύμφωνα με αυτά που είχε ορίσει το πρόγραμμα της πτυχιακής γιατί η συσχέτιση θλιπτικών αντοχών διαφόρων ηλικιών συντήρησης εξαρτάται πολύ από τον τύπο και το εργοστάσιο τσιμέντου.

γ) Πριν από την φόρτωση αναφέρονταν στο χειριστή του εργοστασιακού αναμικτήρα οι συνθέσεις που θα πραγματοποιούσε και κατόπιν ελεγχόταν από τα καταγραφικά της παραγωγής κατά πόσο πραγματοποιούσε τις συνθέσεις αυτές αντίστοιχα.

δ) Τα ζυγιστήρια των αδρανών, του νερού, του τσιμέντου και των προσθέτων είχαν όλα βαθμονομηθεί για το τρέχον έτος και τα πιστοποιητικά τους παρατίθεται στο παράρτημα (B4.1).

2.2 Δέσμευση παραμέτρων εργαστηριακού εξοπλισμού

Από την έναρξη του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας μέχρι και το πέρας αυτής, ο εργαστηριακός εξοπλισμός παρέμεινε αμετάβλητος σε όλες τις σειρές των δοκιμών. Μ' αυτό τον τρόπο επιτεύχθηκε η δέσμευση εκείνων των παραμέτρων που επεμβαίνουν στο επηρεασμό της τελικής μετρούμενης τιμής κατά την θραύση των δοκιμών. Στη συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά οι απαραίτητες διαδικασίες και ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν ώστε να επιτευχθεί αυτή η δέσμευση.

2.2.1 Μήτρες σκυροδέματος

Για τις ανάγκες του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας απαιτήθηκαν 8 κυβικές χυτοσιδηρές μήτρες ονομαστικής εσωτερικής διάστασης $d=150\text{mm}$ που παραχωρήθηκαν από το Τ.Ε.Ι. Πειραιά και 6 κυλινδρικές χυτοσιδηρές μήτρες διαστάσεων 150 mm πλάτους και 300 mm ύψους που παραχωρήθηκαν από το ΕΚΕΤ.

Οι μήτρες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τη δειγματοληψία των δοκιμών από σκυρόδεμα σ' όλες τις σειρές χωρίς να υποστούν την παραμικρή αλλαγή. Αυτές, έχουν την δυνατότητα να συναρμολογούνται και να αποσυναρμολογούνται κάνοντας εύκολο το ξεκαλούπωμα των υπό σκλήρυνση δοκιμών από σκυρόδεμα, χωρίς να τους προκαλούμε «τραυματισμούς». Έτσι αποφασίστηκε με τρόπο που αναφέρεται στο παράρτημα (Α2) να σημειθούν εξωτερικά ώστε κατά την αποσυναρμολόγηση να μην μπερδεύονται οι πλευρές των μήτρων μεταξύ τους και στην συναρμολόγηση να τοποθετούνται στην ίδια πάντα θέση οι πλευρές της ίδιας μήτρας (ταυτοποίηση και προσανατολισμός μήτρας). Η διαδικασία αυτή οδήγησε στην δέσμευση των παραμέτρων εκείνων που τυχόν επηρέαζαν την τελική μετρούμενη τιμή θραύσης, λόγω κακής συναρμολόγησης των ίδιων πλευρών της μήτρας ή την χρησιμοποίηση διαφορετικών πλευρών στην ίδια ή άλλη μήτρα.

Παράλληλα κρίθηκε σκόπιμο να γίνει άτυπη εσωτερική βαθμονόμηση (χωρίς ιχνηλασιμότητα σε εθνικά και διεθνή πρότυπα) και κυρίως να βαθμονομηθούν όλες οι χυτοσιδηρές μήτρες, ώστε να είναι γνωστό εάν και κατά πόσο αυτές ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των κανονισμών (ΣΚ 303). Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με παχύμετρο ακριβείας 150mm (ακρίβειας 0,01mm), το οποίο παραχωρήθηκε από το εργοστάσιο ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.

και του οποίου ο τύπος και τα χαρακτηριστικά αναγράφονται στο παράρτημα (B2.1) της πτυχιακής εργασίας .

Αξίζει τέλος να σημειωθεί, ότι ο καθαρισμός των μητρών άρχιζε μετά το ξεκαλούπωμα των δοκιμίων της προηγούμενης μέρας, ώστε να είναι έτοιμες για να χρησιμοποιηθούν ξανά για τη δειγματοληψία δοκιμίων των επόμενων σειρών. Στη διάρκεια αυτή απομακρύνονταν επιμελώς όλα τα ξένα σωματίδια όπως κολλημένη σκουριά στις εσωτερικές επιφάνειες τους καθώς και υπολείμματα σκυροδέματος. Ο καθαρισμός τους τελείωνε με το λάδωμα των εσωτερικών τους επιφανειών με μηχανέλαιο από μια λεπτή στρώση χωρίς περίσσεια, προκειμένου να είναι δυνατό και εύκολο το ξεκαλούπωμα, χωρίς να αποκολλώνται μικρά κομμάτια σκυροδέματος από την επιφάνεια των δοκιμίων ή να τραυματίζονται οι ακμές τους. Με τον τρόπο αυτό δεσμεύθηκαν οι παράμετροι εκείνοι που τυχόν θα επηρέαζαν το φορτίο της θραύσης των δοκιμίων από τη γέννηση ανωμαλιών στις επιφάνειες τους, λόγω κακής καθαριότητας των μητρών.

2.2.2 Βοηθητικά όργανα

Για να πραγματοποιηθούν οι πειραματικές δοκιμές απαιτήθηκε η ύπαρξη και χρήση ορισμένων βοηθητικών οργάνων. Αυτά αναφέρονται στη συνέχεια με ομαδοποιημένα, ανάλογα με τη χρησιμότητα τους.

A) Για τον καθαρισμό των μητρών (παρ. 2.2.1)

- Σπάτουλα
- Κατσαβίδι
- Βούρτσα συρμάτινη
- Πινέλο

B) Για την δειγματοληψία του σκυροδέματος (παρ 2.3.1)

- Καρότσι (κήπου)
- Φτυάρι
- Μυστρί
- Θερμόμετρο σκυροδέματος

Γ) Για την δοκιμή τής κάθισης (παρ.2.3.2)

- Κώνος κάθισης (συνοδευόμενος με βάση τοποθέτησης και με στηρίγματα συγκράτησης του για τα χέρια και τα πόδια)
- Ράβδος συμπύκνωσης (Φ16)
- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)
- Μέτρο (ρίγα)

Δ) Για την δοκιμή του φαινομένου βαρους (παρ.2.3.4)

- Δοχείο αεροπεριεκτικότητας
- Σέσουλα
- Ράβδος Φ16
- Ματσόλα
- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)
- Σφουγγάρι

Ε) Για την δοκιμή αεροπεριεκτικότητας (παρ. 2.3.5)

- Συσκευή αεροπεριεκτικότητας
- Υδροβολέας

ΣΤ) Για την δειγματοληψία των δοκιμών (παρ 2.3.3)

- Σέσουλα
- Ράβδος συμπύκνωσης (Φ.16) .
- Ματσόλα (757 gr)
- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)

Ζ) Για το ξεκαλουπωμα των δοκιμων (παρ. 2.3.6)

- Κλειδί ξεκαλουπώματος (ιδιοκατασκευή για βίδες πεταλούδες)
- Σιδερένια λάμα
- Γαλλικό κλειδί

H) Για τις ζυγίσεις των δοκιμιών (παρ. 2.5.3)

- Ηλεκτρονικός ζυγός 20 kg(ακρίβειας 1 gr)
- Ζυγαριά OHAUS τριπλής δοκού (ικανότητα ζύγισης 20 kg/1g) ΕΡΓΑΝΗ .

Θ) Για τις μετρήσεις μέσα στην δεξαμενή νερού (παρ. 2.4.3)

- Θερμόμετρο ψηφιακό(ακρίβειας 0,1 °C)
- Θερμόμετρο υδραργυρικό μεγίστου/ελαχίστου

Ι) Για τις μετρήσεις έξω από το θάλαμο (παρ. 2.4.1 έως 2.4.2)

- Θερμόμετρο σκυροδέματος ψηφιακό(ακρίβειας 0,1°C) (παρ. 2.4.1)
- Θερμόμετρο μεγίστου-ελαχίστου (παρ. 2.4.2)

ΙΑ) Για το καπέλωμα των κυλινδρικών δοκιμιών (παρ. 2.5.2.2)

- Μάτι κουζίνας μονό/πετρογκαζ
- Κατσαρόλα/ιδιοκατασκευή σιδερένια
- Συσκευή καπελώματος
- Συγκαυτήρας δοκιμίου
- Ζυγαριά (20kgr, ακρίβειας 0,1gr)
- Σέσουλα

ΙΒ) Για τον έλεγχο του υλικού καπελώματος των κυλινδρικών δοκιμιών (παρ. 2.5.2)

- Ανοξείδωτο ταψί
- Σέσουλα
- Ηλεκτρονική ζυγαριά
- Χυτοσίδηρη ιδιοκατασκευασμένη μήτρα(βάση AASHTO C 617)
- Πετρογκάζ
- Κατσαρόλα
- Κουτάλα ανάδευσης και συμπλήρωσης
- Συσκευή κοκκομέτρησης alpine(ΧΑΛΥΨ ΑΕ)

Για να μην επηρεαστούν τα μεγέθη των τελικών μετρούμενων τιμών της θραύσης και της καταμέτρησης τόσο της υγρασίας όσο και των διαφόρων θερμοκρασιακών μεταβολών, λόγω λανθασμένης χρήσης και ύπαρξης συστηματικών σφαλμάτων στα βοηθητικά όργανα, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο τα ίδια όργανα κατά την εκτέλεση των πειραμάτων αλλά και να μετρούν αυτά πάντοτε το ίδιο μέγεθος.

2.2.3 Δεξαμενή νερού συντήρησης δοκιμών

Το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου της βιομηχανίας παραγωγής σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. στο Βύρωνα διαθέτει δεξαμενή συντήρησης δοκιμών σκυροδέματος με δείκτες ελέγχου, κατασκευής CONTROLS. Εκεί πραγματοποιήθηκε η συντήρηση όλων των δοκιμών της πτυχιακής εργασίας. Στην προσπάθειά μας να υπάρξει ίδιο και σταθερό περιβάλλον συντήρησης ώστε να μην διαταραχτεί η ομοιόμορφη ωρίμανση των δοκιμών, αποφασίστηκε να επιτευχθούν και οι απαραίτητες προϋποθέσεις, σύμφωνα με τις προδιαγραφές (ΣΚ 303, AASHTO C192/C192M-95, C31/C31M-96, C511-97). Γι'αυτό, πριν την έναρξη της συντήρησης των δοκιμών μέσα στους θαλάμους, πραγματοποιήθηκαν οι ενέργειες εκείνες που διασφάλιζαν τη δέσμευση εκείνων των παραμέτρων που θα επηρέαζαν τις προαναφερόμενες απαιτήσεις.

1. Αδειάστηκε όλη η δεξαμενή, καθαρίστηκε από υπολείμματα σκυροδέματος και τοποθετήθηκε καινούργιο φίλτρο νερού.
2. Τοποθετήθηκε θερμόμετρο μέγιστου/ελάχιστου στην μέση της δεξαμενής, καινούργιο ψηφιακό θερμόμετρο στη δεξαμενή ακριβείας 0,1. °C και υδραργυρικό θερμόμετρο σε θέση κοντά στο χώρο της δεξαμενής.
3. Συμφωνήθηκε το air condition του εργαστηρίου να παραμένει 24 ώρες ανοιχτό και σε θερμοκρασία 18°C

2.2.4 Ηλεκτροκίνητη μηχανή θραύσης

Το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου του ΕΚΕΤ καθώς και του εργοστασίου της ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. διαθέτουν ηλεκτροκίνητη μηχανή θλίψης με δυνατότητα υδραυλικής χειροκίνητης ρυθμίσεως της ταχύτητας φόρτισης, μέγιστου φορτίου θλίψης 3000 KN και 2000 KN αντίστοιχα. Μ' αυτές τις μηχανές πραγματοποιήθηκαν όλες οι θραύσεις των σειρών των

δοκιμών ξεχωριστά ώστε το σφάλμα που τυχόν θα υπεισέρχονταν στις τελικές μετρούμενες τιμές της θραύσης να ήταν το ίδιο λόγω ύπαρξης συστηματικού σφάλματος. Στο παράρτημα (B2) υπάρχει πιστοποιητικό διακρίβωσης των δυο μηχανών που εκδόθηκε από κλιμάκιο του Κ.Ε.Δ.Ε ή ιδιωτικού φορέα διακρίβωσης. Όσον αφορά για την διακρίβωση και τα στοιχεία της κάθε μηχανής γίνεται στο παράρτημα (B2) όπως και για τον έλεγχο της ταχύτητας φόρτισης από τον ίδιο τον σπουδαστή στα παραρτήματα (B1.2.1) και (B1.2.2). Τέλος πραγματοποιήθηκε και διεργαστηριακος ελεγχος μεταξυ των δύο μηχανών θλίψεως από τον ίδιο των σπουδαστή, του οποιου τα αποτελέσματα φαίνονται στο παράρτημα (B1).

2.3 Κατάλογος ταυτοποίησης μεθόδων δοκιμών/διαδικασίες

Οι μέθοδοι που εφαρμόσαμε στο ένα μέρος και στο άλλο στις δειγματοληψίες και στην παραγωγή είναι καθοριζόμενες από τον Ε.Κ.Τ.Σ.

<u>ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ</u> <u>ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</u>	<u>ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΔΟΚΙΜΗ</u>			
	Σ.Κ.	ASTM	AASHTO	ΕΛΟΤ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	350	C-172	T141	671
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	308	C192/C172	M85	521
ΚΑΘΙΣΗ	309	C143	T119	521
ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	311	C231	T152	-----

Για να περιοριστούν στο ελάχιστο τα συστηματικά σφάλματα των εργαστηριακών μετρήσεων καθορίζονται ακολούθως με λεπτομέρειες τα παρακάτω:

- 1^{ov}) Το συγκεκριμένο άτομο να εκτελεί πάντα την ίδια δοκιμή.
- 2^{ov}) Τα όργανα και τα παρελκόμενα μαζί με πρόσφατες εσωτερικές ρυθμίσεις και βαθμονομήσεις τους, ώστε να γίνεται πάντα με το ίδιο όργανο.
- 3^{ov}) Καθορίζονται και τυποποιούνται όλες οι λεπτομέρειες της μεθόδου, ώστε να εφαρμόζονται ακριβώς οι ίδιες.

2.3.1 Δειγματοληψία σκυροδέματος

Οι δειγματοληψίες σκυροδέματος έγιναν από βαρέλα μεταφοράς σκυροδέματος σύμφωνα, με την προδιαγραφή ΕΛΟΤ 671. Για να διασφαλίζεται η ομοιογένεια του δείγματος ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία :

1^{ov}) Η δειγματοληψία σκυροδέματος πραγματοποιούταν μετά τις 11:00 π.μ, διότι μόνο τότε είχε ομαλοποιηθεί πλήρως η παραγωγή και είχε μειωθεί κάπως η κίνηση (με αποτέλεσμα να μην είναι αισθητή η καθυστέρηση της βαρέλας στον τόπο προορισμού) αλλά και για να μην διαταράσσεται η ομαλή διεξαγωγή της παραγωγής, γιατί οι πειραματικές δοκιμές της πτυχιακής καθυστερούσαν πάνω από 10 λεπτά την βαρέλα από τον προορισμό της.

2^{ov}) Η πραγματοποίηση της δειγματοληψίας γινόταν, αφού πρώτα γινόταν ανάμιξη του υπο εξέταση σκυροδέματος μέσα στη βαρέλα για χρονικό διάστημα 5 λεπτών περίπου με ρυθμό περιστροφής της βαρέλας, δέκα με έντεκα στροφές ανά λεπτό (γρήγορα) όπως ακριβώς γίνεται στο τεχνικό έργο (οικοδομή).

3^{ov}) Η δειγματοληψία του σκυροδέματος από το ειδικό στόμιο της βαρέλας (σέσουλα), πραγματοποιούταν με καρότσι κήπου, το οποίο γέμιζε τόσο ώστε να ήταν δυνατή η ανάμιξη του μίγματος μέσα σε αυτό με τη σέσουλα, χωρίς να χύνεται απ' έξω το σκυρόδεμα, ώστε να γίνονται όλα τα τεστ και οι δειγματοληψίες των δοκιμών έχοντας περισσέψει στο καρότσι τουλάχιστον το 1/3 της αρχικής ποσότητας του δείγματος

4^{ov}) Πριν την δειγματοληψία των δοκιμών και της πραγματοποίησης των υπολοίπων τεστ γινόταν σχολαστική ανάμιξη του σκυροδέματος μέσα στο καρότσι, για να εξασφαλίσουμε την πλήρη ομοιογένεια του δείγματος και σημειώνονταν τέλος η θερμοκρασία του σκυροδέματος.

2.3.2 Δόκιμη κάθισης (slump test)

Η δοκιμή κάθισης σε όλες τις σειρές των δοκιμών έγινε σύμφωνα με τις ειδικές προδιαγραφές (ΕΛΟΤ 521, ΣΚ 309) πριν από την λήψη των δοκιμών και μετά την ομογενοποίηση του δείγματος στο καρότσι. Δηλαδή γεμίζαμε τον κώνο κάθισης σε τρεις

ισούψείς στρώσεις συμπυκνώνοντας την κάθε στρώση με 25 χτυπήματα χρησιμοποιώντας την ράβδο Φ16. Μετά το γέμισμα και της τρίτης στρώσης δημιουργούσαμε επίπεδη επιφάνεια στον κώνο και ξεκινούσαμε την αφαίρεση του που διαρκούσε 5 - 7 sec. Έπειτα μετρούσαμε την απόσταση του υψηλότερου σημείου του σωρού από το επάνω σημείο του κώνου και την εκφράζαμε σε εκατοστά. Η εσωτερική διακρίβωση του κώνου κάθισης και της ράβδου συμπυκνώσεως παρατίθεται στο παράρτημα (Α3.1).

Για την εκτέλεση της δοκιμής ο χρόνος που καταναλώθηκε δεν ήταν ποτέ πάνω από τρία λεπτά .

2.3.3 Παρασκευή δοκιμίων

Για την παρασκευή των δοκιμίων κάθε σειράς αλλά και μεταξύ του συνόλου των σειρών της πτυχιακής τηρήθηκε η εξής διαδικασία :

1^{ov}) Γεμίζαμε τις μήτρες σύμφωνα με την προδιαγραφή (ΕΛΟΤ 521) προσπαθώντας το σκυρόδεμα που παίρναμε να είναι όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικό του δείγματος που υπήρχε στο καρότσι, προσέχοντας να μην γίνεται λήψη του υλικού από την επιφάνεια ή τον πυθμένα του καροτσιού αλλά από όλα τα σημεία, για καλύτερη ομοιογένεια.

2^{ov}) Μετά το γέμισμα της πρώτης στρώσης, σε όλες τις μήτρες, με την ίδια πάντα σειρά ακολουθούσε η συμπύκνωση της με την βοήθεια της ράβδου Φ16, εκτελώντας 25 διαδοχικά χτυπήματα σε κάθε μήτρα σε όλη την επιφάνεια συμπύκνωσης και με ιδιαίτερη προσοχή στις παράπλευρες επιφάνειες της μήτρας

3^{ov}) Επαναλαμβάνονταν οι διαδικασίες 1 και 2 για το γέμισμα της δεύτερης και τελευταίας στρώσης για τα κυβικά και της τρίτης για τα κυλινδρικά, προσέχοντας όμως κατά την συμπύκνωση η ράβδος μας να μην εισχωρεί στην προηγούμενη στρώση σε βάθος μεγαλύτερο των δυο εκατοστών.

4^{ov}) Τελειώνοντας την συμπύκνωση της εκάστοτε στρώσης κάθε φορά, χτυπούσαμε τα πλαϊνά της μήτρας(σταυρωτά) με την βοήθεια της ματσόλας, μέχρι το σημείο που διαφαίνονταν εξίδρωση στην επιφάνεια του σκυροδέματος .

5^{ov}) Επόμενο βήμα ήταν η διάστρωση και η τελική μορφοποίηση της επιφάνειας του δοκιμίου με μυστρί, έτσι ώστε να είναι επίπεδη και λεία .

6^{ov}) Πάνω στην τελικά διαμορφωμένη επιφάνεια του δοκιμίου τοποθετούσαμε μια ετικέτα που ανέφερε τον κωδικό του δοκιμίου ημερομηνία και κατηγορία σκυροδέματος (ταυτοποίηση δοκιμίου δειγματοληψίας).

7^{ov}) Τέλος τοποθετούσαμε στην επιφάνεια των δοκιμίων μια πλαστική μεμβράνη έτσι ώστε η απώλεια υγρασίας του δοκιμίου να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, με αποτέλεσμα να επιτυχουμε καλύτερες συνθήκες συντήρησης μέχρι και το ξεκαλούπωμα .

Για την εκτέλεση όλων των παραπάνω διαδικασιών χρειάστηκαν ποτέ περισσότερα από εικοσιπέντε λεπτά .

Οι κυβικές μήτρες που χρησιμοποιήθηκαν για την λήψη δοκιμίων είχαν βαθμονομηθεί άτυπα σε προηγούμενη πτυχιακή εργασία του σπουδαστή Κωνσταντόπουλου Ανδρέα και τα αποτελέσματα από τον επανέλεγχο σε όλες τις μήτρες, από τον ίδιο το σπουδαστή που εκπόνησε την πτυχιακή δίνονται στο παράρτημα (A4.3)

Οι κυλινδρικές μήτρες βαθμονομηθήκαν πριν την χρήση τους από τον σπουδαστή σε συνεργασία με τον Τεχνικό Προϊστάμενο του ΕΚΕΤ Γεώργιο Ρουβέλα και δίνονται στο παράρτημα (A4.3)

2.3.4. Δοκιμή φαινόμενου βάρους

Η εσωτερική βαθμονόμηση του δοχείου αεροπερικεκτικότητας έγινε από τον ίδιο το σπουδαστή και παρατίθεται στο παράρτημα (A5.1).

Η δοκιμή του φαινόμενου βάρους γινόταν με βάση τις προδιαγραφές AASHTO T-152 και ASTM C-231 ως εξής :

- 1) Ζυγίζαμε το δοχείο αεροπερικεκτικότητας άδειο(απόβαρο).

2) Είχε υπολογιστεί έπειτα από εσωτερική βαθμονόμηση του δοχείου αεροπεριεκτικότητας και βρέθηκε ότι ο όγκος του να είναι 8,006 lt.

3) Στην συνέχεια γεμίζαμε το δοχείο αεροπεριεκτικότητας με σκυρόδεμα σε τρεις ισοϋψής στρώσεις και συμπυκνώναμε με 25 χτυπήματα κάθε φορά την κάθε στώση με την ράβδο Φ16. Προσέχαμε κατά την συμπυκνώση στην δεύτερη και τρίτη στρώση η ράβδος να μην εισχωρεί στο επίπεδο της προηγούμενης. Έπειτα από κάθε συμπύκνωση με την ράβδο της κέθε στρώσης, χτυπούσαμε με την ματσόλα μια με δυο φορές στην κάθε πλευρά του δοχείου (σταυρωτά) μέχρι να παρατηρήσουμε εξίδρωση. Στην τελευταία στρώση μετά το χτύπημα με την ματσόλα οριζοντιώναμε με ένα μυστρί την κατασκευαστική επιφάνεια μέχρι το χείλος του δοχείου και καθαρίζαμε επιμελώς το δοχείο από την εξωτερική του πλευρά.

4) Έπειτα ζυγίζαμε το δοχείο με το σκυρόδεμα (μικτό βάρος) .

5) Από τον τύπο $\Phi.B.(N.Σ.Σ.) = (\text{μικτό βάρος} - \text{απόβαρο}) / \text{όγκος δοχείου}$ υπολογίζαμε το πραγματικό φαινόμενο βάρος του νωπού συμπυκνωμένου σκυροδέματος (N.Σ.Σ.).

Για την εκτέλεση της δοκιμής ο χρόνος που καταναλώθηκε δεν ήταν ποτέ πάνω από πέντε λεπτά .

2.3.5. Δοκιμή αεροπεριεκτικότητας

Έπειτα από την δοκιμή του φαινομένου βάρους εκτελούνταν η δοκιμή της αεροπεριεκτικότητας, με βάση τις προδιαγραφές AASHTO T-152 και ASTM C-231 ως εξής :

Στο δοχείο αεροπεριεκτικότητας που ήταν συμπληρωμένο με σκυρόδεμα από την προηγούμενη δόκιμη, τοποθετούνταν το καπάκι του δοχείου το οποίο κουμπώνονταν προσεχτικά με ανοιγμένες τις στρόφιγγες. Στην συνέχεια,

1) Διοχετεύονταν νερό με τον υδροβολέα από την μια στρόφιγγα μέχρι να ξεχειλίσει από την άλλη και σε αυτό το σημείο κλείναμε τις στρόφιγγες. Με τον μοχλό της κεφαλής διοχετεύαμε αέρα στο σύστημα μέχρι η βελόνα να πάει στη ένδειξη μηδέν. Έπειτα αφού

κάναμε διόρθωση της ένδειξης της βελόνας, πατούσαμε το κουμπί τεστ μέχρι να σταθεροποιηθεί η βελόνα ένδειξης της συσκευής και στην συνέχεια περνάμε την ένδειξη της μέτρησης.

2) Μετά την λήψη της ένδειξης γίνονταν διόρθωση της τιμής με βάση την βαθμονόμηση που είχε γίνει από τον σπουδαστή και έτσι είχαμε την πραγματική τιμή.

Η εσωτερική βαθμονόμηση του δοχείου αεροπεριεκτικότητας παρατίθεται στο παράρτημα (Α5.2).

Για την εκτέλεση της δοκιμής ο χρόνος που καταναλώθηκε δεν ήταν ποτέ πάνω από δύο λεπτά.

2.3.6 Ξεκαλούπωμα δοκιμίων

Το ξεκαλούπωμα των δοκιμίων πραγματοποιούνταν αφού πρώτα περνούσε το απαραίτητο χρονικό περιθώριο που αναγραφόταν στην προδιαγραφή (ΕΛΟΤ 521). Η διαδικασία αυτή άρχιζε από τα κυβικά δοκίμια και συνεχίζονταν διαδοχικά μέχρι τα κυλινδρικά δοκίμια, προσέχοντας πάντα ώστε να μην αποκολληθούν μικρά κομμάτια από τις ακμές των δοκιμίων προκαλώντας τους ζημιά. Στην συνέχεια καταγράφονταν τα στοιχεία τους με μολύβι και τοποθετούνταν με προσοχή και όπως είχε προσυμφωνηθεί στην δεξαμενή συντήρησης των δοκιμίων. Με αυτό τον τρόπο δεσμεύθηκαν εκείνες οι παράμετροι που τυχόν θα επηρέαζαν την θλιπτική αντοχή των δοκιμίων λόγω απρόσεχτου τραυματισμού τους κατά το ξεκαλούπωμα και απόθεση αυτών στην δεξαμενή για συντήρηση.

2.4 Συνθήκες παρασκευής / συντήρησης

Λόγω του ότι η πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε κατά τους θερινούς μήνες όπου είχαμε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, τα δοκίμια παρασκευάζονταν και παρέμεναν, μέχρι να ξεκαλουπωθούν μέσα στο χώρο του εργαστηρίου όπου και λειτουργούσε κλιματιστικό μηχάνημα επί εικοσιτετραώρου βάσεως, με προσπάθεια η θερμοκρασία να κυμαίνεται όσο το δυνατόν κοντά στους 20 °C.

2.4.1 Θερμοκρασία σκυροδέματος

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος γίνονταν πριν από την έναρξη της δοκιμής κάθισης, τοποθετώντας το στέλεχος του ψηφιακού θερμομέτρου στο δείγμα που βρισκόταν στο καρότσι. Η ένδειξη λαμβανόταν ύστερα από σταθεροποίηση του θερμομέτρου και ελαφρά συμπύκνωση γύρω από αυτό, με ακρίβεια 0,1 °C.

2.4.2 Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος είχε τοποθετηθεί έξω από το εργαστήριο και σε θέση σκιερή ένα υδραργυρικό θερμόμετρο μεγίστου/ελαχίστου, από το οποίο λαμβανόταν μέτρηση κάθε πρωί για την προηγούμενη ημέρα .

2.4.3 Θερμοκρασία δεξαμενής νερού συντήρησης δοκιμίων

Στη δεξαμενή νερού που διέθετε το εργαστήριο της ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ λαμβάνονταν κάθε μέρα η ένδειξη της θερμοκρασίας από το ψηφιακό θερμόμετρο, καθώς και η ένδειξη της θερμοκρασίας από το υδραργυρικό θερμόμετρο μεγίστου\ελάχιστου το οποίο είχαμε ειδικά τοποθετήσει, για έλεγχο της ομοιομορφίας της θερμοκρασίας καθ'ολη την διάρκεια του εικοσιτετραώρου και τις συντήρησης των δοκιμίων.

2.5 Συνθήκες μεταφοράς , επιπέδωσης και θραύσης των δοκιμίων

Όπως είχε συμφωνηθεί από την προγραμματισμό της πτυχιακής όλα τα δοκίμια κυλινδρικά και κυβικά, θα συντηρούνταν στην δεξαμενή νερού της ΕΡΓΑΝΗ και η θραύση τους θα γίνονταν στην πρέσα του εργαστηρίου του ΕΚΕΤ (πλην των κυβικών ηλικίας 7 ημερών που η θραύση τους θα γινόταν στην ΕΡΓΑΝΗ). Η μεν συντήρηση αποφασίστηκε να γίνει στην ΕΡΓΑΝΗ, γιατί ήταν κοντά στον χώρο παρασκευής των δοκιμίων και αφού οι απαιτήσεις της πτυχιακής μας ανάγκαζαν να είμαστε σε καθημερινή βάση στο χώρο, θα ήταν καθημερινός ο έλεγχος της συντήρησης των δοκιμίων. Η μεν θραύση αποφασίστηκε στο ΕΚΕΤ, γιατί εκεί θα γινόταν το καπέλωμα των κυλινδρικών δοκιμίων, οπότε επιλέχθηκε για λόγους οικονομίας αφού είναι αδύνατη η μεταφορά καπελωμένων κυλινδρικών δοκιμίων από άλλο χώρο, στο χώρο θραύσης.

2.5.1. Μεταφορά Δοκιμών στο Χώρο Θραύσης (EKET)

Τα δοκίμια μετά την έξοδο τους από την δεξαμενή νερού την εκάστοτε ημερομηνία θραύσης τους, σκουπίζονταν προσεκτικά και περιφερειακά οι επιφάνειες τους και τοποθετούνταν σε ειδικά διαμορφωμένο τελάρο μεταφοράς επενδυμένο με φειλεζολ. Αυτό τα διασφάλιζε από χτυπήματα και μικροτραυματισμούς των ακμών τους καθώς και από μεγάλη απώλεια της υγρασίας τους, αφού είχε προστεθεί βρεγμένη λινάτσα εξωτερικά και περιφερειακά ήταν κλειστό με ναύλον. Στην συνέχεια τοποθετούνταν στο πορτ παγκαζ του αυτοκινήτου έτσι ώστε να είναι σταθερό, και προσεκτικά μεταφέρονταν στο EKET. Η μεταφορά διαρκούσε όχι παραπάνω είκοσι λεπτά(μέσω Αττικής Οδού).

2.5.2. Επιπέδωση Των Κυλινδρικών Δοκιμών (Καπέλωμα)

Με την άφιξη των κυβικών και των κυλινδρικών δοκιμών στο EKET, τα μεν κυβικά οδηγούνταν στο χώρο θραύσης, τα δε κυλινδρικά σε άλλο χώρο με ειδικό εξοπλισμό και απαγωγέα για να αρχίσει η παρασκευή του υλικού καπελώματος και η επιπέδωσή τους.

2.5.2.1. Επιλογή Και Προετοιμασία Υλικού Καπελώματος

Η επιλογή της σωστής αναλογίας των συστατικών του καπελώματος παίζει σημαντικό ρόλο στην θραύση των κυλινδρικών δοκιμών και αυτό γιατί τυχόν χαμηλές αντοχές θραύσης του υλικού καπελώματος, υπεισέρχεται σαν σφάλμα στην τελική αντοχή θραύσης του κυλινδρικού δοκιμίου. Άρα η αντοχή θραύσης του υλικού καπελώματος πρέπει να είναι οσοδήποτε μεγαλύτερη από αυτήν την θραύσης που αναμένεται να σπάσει το κυλινδρικό δοκίμιο σκυροδέματος.

Γνωρίζοντας λοιπόν αυτές τις ιδιαιτερότητες ,έπρεπε να γίνει ένας σωστός και προσεκτικός έλεγχος καταρχάς στα συστατικά του και δεύτερον στο τελικό μίγμα. Σε πρώτη φάση συλλέκτικαν οι αναλογίες από δυο ευρέως γνωστά για την ορθή λειτουργία τους και διαπιστευμένα εργαστήρια ,ένα κρατικό το ΚΕΔΕ και ένα ιδιωτικό το EKET. Οι αναλογίες αυτές περιγράφονταν ως εξής :

α) Θειάφι και πυριτική άμμος κοκκομετρίας 250 μ m – 125 μ m σε αναλογία 3:1(EKET)

β) Θειάφι, πυριτική άμμος κοκκομετρίας 250 μ m – 125 μ m και φούμο σε αναλογία 4:1:1 (ΚΕΔΕ).

Στην συνέχεια έγινε προσπάθεια να δούμε σε όλα τα πρότυπα, πως προδιαγράφεται αυτή η αναλογία και κυρίως πως ελέγχεται η αντοχή τους(AASHTO,EN). Το μεν EN προδιάγραφε τα υλικά που θα χρησιμοποιούνταν αλλά δεν ανέφερε καθόλου για αναλογίες των υλικών , το δε AASHTO C 617 σου έδινε κάποια όρια μέγιστου ελάχιστου για την σχέση μεταξύ άμμου/εύφλεκτων υλικών και επίσης σου υποδείκνυε και ένα τρόπο ελέγχου της θλιπτικής αντοχής του ανοίγματος.

Καταλήξαμε λοιπόν σε μια αναλογία που θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε και μάλιστα ελέγχθηκε και η θλιπτική αντοχή της βάση του πρότυπου AASHTO. Η αναλογία των υλικών για το ανάμιγμα του καπελώματος ήταν :

α) Πυριτική άμμος κοκκομετρίας 250 μ m – 125 μ m,

β) Θειάφι υψηλής καθαρότητας (>96%),

γ) Πετκόκ αλεσμένο σε μύλο φαρίνας τσιμέντου ,

σε αναλογία 35% η άμμος ,65 % το θειάφι και το πετκόκ σε αναλογία 5% επί του συνόλου.

Για τα παραπάνω υλικά ζητήθηκε από τον προμηθευτή τους και μια έκθεση/αναφορά του τμήματος ποιοτικού ελέγχου, που μας διαβεβαίωνε για χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών αυτών τα οποία και παρατίθενται στο παράρτημα της πτυχιακής. Βεβαία οπού ήταν εφικτό ελεγχθήκαν και από τον σπουδαστή κάποιες ιδιότητες όπως η κοκκομετρία της πυριτικής άμμου.

Όμως ένα σημαντικό πρόβλημα ήταν και η σταθερότητα του υλικού καπελώματος, δηλαδή κατά ποσό θα πετυχαίναμε συνέχεια να ζυγίζουμε και να αναμιγνύουμε στην ίδια αναλογία όλα τα παραπάνω υλικά. Για να ελέγξουμε αυτό τον παράγοντα, λαμβάνονταν τυχαία δείγματα κάθε φορά που κάναμε κάποιο άνοιγμα και γίνονταν κοκομέτρηση σε μια διάταξη κόσκινων με την χρήση της συσκευής κοσκινίσματος alpine.

Τέλος για να ελέγξουμε και την θλιπτική αντοχή του υλικού καπελώματος ,σε μια τριπλή τετραγωνική μήτρα ακμής 50 mm οπού χρησιμοποιούνταν για έλεγχο τσιμεντοκονιάματος, προσαρμοστήκαν πλάκες από χάλυβα πάνω και κάτω αυτής και στην πάνω πλακά ανοίχτηκαν κουλουροκωνικές τρύπες κάθε μια έκκεντρα στην τετραγωνική μήτρα όπως ακριβώς προδιάγραφε και η AASHTO C 617.Η κατασκευή της ειδικής αυτής διάταξης της μήτρας έγινε από τον Κ.Σκαρακη Βασίλειο Διευθυντή παραγωγής και ποιοτικού ελέγχου της ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ ΑΕ στον οποίο οφείλονται πολλές ευχαριστίες. Τα αποτελέσματα από της θραύσεις τον δοκιμών του υλικού καπελώματος παρατίθενται στο παράρτημα της πτυχιακής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την θλιπτική αντοχή του υλικού καπελώματος έγιναν αρκετά πειράματα σε συνδυασμό με τις διαφορές αναλογίες του αναμείγματος. Μέχρι την κατασκευή της μήτρας για τα πειράματα της θλίψης χρησιμοποιούνταν πρισματικές μήτρες ελέγχου τσιμεντοκονιάματος (40*40*160) και τα δοκίμια μετά από κάμψη οδηγούνταν σε θλίψη(ίδια διαδικασία ελέγχου με αυτήν της αντοχής τσιμεντοκονιάματος στην παραγωγή τσιμέντου).

2.5.2.2. Διαδικασία Καπελώματος Κυλινδρικών Δοκιμίων

Μόλις η τήξη του υλικού καπελώματος ήταν στην κατάλληλη θερμοκρασία (123-149°C) γινόταν έκχυση του στην καπελιέρα, η οποία είχε μια θερμοκρασία 20- 30 °C και ήταν απαλημένη με λεπτό υδραυλικό λάδι. Στη συνέχεια βυθίζονταν σε αυτήν το κυλινδρικό δοκίμιο ,στο οποίο είχαμε προσαρμόσει τον ειδικό συγκρατητήρα, όσο τον δυνατό πιο κατακόρυφα. Η κατακόρυφη αυτήν θέση εξαρτιόταν τόσο από την ταχύτητα που θα βυθίζαμε το δοκίμιο στη καπελιέρα με το καυτό υλικό(αν το υλικό έπηζε το δοκίμιο έπαιρνε αμέσως κλίση μέσα στη καπελιέρα) όσο και από το ποσό σωστά προσαρμόζαμε το δοκίμιο στους οδηγούς της καπελιέρας κατά την βύθιση του.

Μόλις ολοκληρώναμε το καπέλωμα της μιας πλευράς του κυλινδρικού δοκιμιού το αφήναμε για 2 – 3 λεπτά να πήξει και να στερεωθεί το καπέλωμα, μέχρις οτού να ήμασταν σίγουροι, ότι για να σπάσει απαιτείται αρκετή δύναμη από εμάς. Μετά καπελώναμε και την άλλη πλευρά του δοκιμιού και τοποθετούσαμε το δοκίμιο στο χώρο του εργαστηρίου σε επίπεδο σταθερό πάγκο από την πλευρά που καπελώσαμε πρώτα.

Τέλος κάναμε έναν τελευταίο οπτικό έλεγχο του καπελώματος για τυχόν ρυγματώσεις ή πολύ μεγάλα σπασίματα ή κλίση αυτού. Δοκίμια με ανεπιτυχή καπελώματα, δηλαδή με κλίση ή με σπασίματα στην άκρη καταστρέφονταν και ξαναφτιάχνονταν. Μετά από δυο περίπου ώρες (AASHTO C 617) σε θερμοκρασία δωματίου, τα καπελωμένα δοκίμια οδηγούνταν προς θραύση.

2.5.3. Θραύση δοκιμίων

Οι θραύσεις όλων των δειγματοληπτικών σειρών έγιναν σύμφωνα με την προδιαγραφή (ΕΛΟΤ 722) και χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτροκίνητη μηχανή θραύσης που διαθέτε το εργοστάσιο της ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε καθώς και το εργαστήριο σκυροδέματος του ΕΚΕΤ.

Οι διαδικασίες που ακολουθούνταν για την θραύση των δοκιμίων είναι οι εξής:

A. Για τα κυβικά δοκίμια :

1. Βγάζαμε τα δοκίμια ένα, ένα από τη δεξαμενή νερού του εργαστηρίου της ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ.
2. Σκουπίζονταν προσεκτικά οι επιφάνειες τους και τοποθετούνταν στο τελάρο μεταφοράς το οποίο τα διασφάλιζε από χτυπήματα και από απώλεια της υγρασίας. Στην συνέχεια μεταφέρονταν στο ΕΚΕΤ.
3. Φτάνοντας στο ΕΚΕΤ, τα δοκίμια από το αυτοκίνητο οδηγούνταν προσεκτικά στο εργαστήριο. Έπειτα τα βγάζαμε και αμέσως μετρούσαμε τις διαστάσεις του δοκιμίου για τον υπολογισμό της επιφάνειας θλίψης.
4. Τοποθετούσαμε το κάθε δοκίμιο πάνω στις πλάκες της μηχανής θλίψης με συγκεκριμένο ίδιο πάντα προσανατολισμό προσέχοντας το δοκίμιο να έχει τοποθετηθεί στο κέντρο της πλάκας θλίψης της μηχανής και ολοκληρώνονταν η θραύση.

Β. Για τα κυλινδρικά δοκίμια :

Ακολουθούσαμε ακριβώς τα βήματα 1,2 και 3 όπως ακριβώς και στα κυβικά μόνο που :

1. Μετά το μέτρημα των διαστάσεων οδηγούνται για επιπεδώσει των άνω και κάτω επιφανειών τους (καπέλωμα). Το καπέλωμα διαρκούσε περίπου 45 λεπτά οπού ύστερα σύμφωνα με την προδιαγραφή AASHTO C 617 αναμέναμε περίπου δυο ώρες. Έπειτα μετριούνταν το τελικό ύψους των δοκιμίων.

2. Τέλος μεταφέρονταν στο χώρο θραύσεως προσεκτικά χωρίς να προξενήσουμε ρηγματώσεις στο καπέλωμα και αφού προσαρμόζαμε την πρέσα θραύσης με κατάλληλες αλλαγές των πλακών τις ,ολοκληρώνονταν η θραύση.

Περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο σήμανσης και τον προσανατολισμό των δοκιμίων αναφέρονται στο παράρτημα (A 3.1 και A3.2).

“Σχεδιασμός προγράμματος πτυχιακής εργασίας ”

3.1 Ανάλυση σχεδιαστικού μέρους

3.1.1 Σχεδιασμός εργαστηριακού μέρους πτυχιακής

Η πτυχιακή εργασία είχε σαν σκοπο την εκτίμηση, με αναφορά διαστήματος εμπιστοσύνης, της συμβατικής θλιπτικής αντοχής κυλινδρικού συμβατικού δοκιμίου από την συμβατική αντοχή κυβικού συμβατικού δοκιμίου. Για το σκοπο αυτό έγινε έλεγχος σε σκυροδέματα διαφόρων κατηγοριών αντοχής και όσο το δυνατό περισσοτέρων γινόταν έτσι ώστε να είχαμε ένα αρκετά μεγάλο level αντοχών προς έλεγχο και με ένα αντιπροσωπευτικότερο πληθυσμό από κάθε κατηγορία. Έτσι θα πετυχαίναμε ο τελικός πληθυσμός να μας δίνει την δυνατότητα για την εφαρμογή στατιστικών μοντέλων πρότυπων ή μη, και την δυνατότητα αποτύπωσης ένα αξιόπιστου διαστήματος αναφοράς εμπιστοσύνης.

Στον όλο σχεδιασμό αποφασίστηκε όλες οι επιλεγμένες συνθήκες να είναι ίδιες με αυτές που έχει η παραγωγή και ο ποιοτικός έλεγχος. Επίσης δεσμεύσαμε την επαναληψιμότητα των δοκιμών για να μην ξεφύγουμε και προστίθονται επιπλέον σφάλματα στις μετρήσεις μας. Έχοντας την τυποποίηση της μεθόδου, έχουνε ρυθμιστεί όλες οι λεπτομέρειες και το ελάχιστο σφάλμα που μπορεί να δώσει ένα καλό εργαστήριο.

Στο σχεδιαστικό μέρος της πτυχιακής εργασίας αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν αρχικά δέκα δειγματοληπτικές σειρές δοκιμών, οι οποίες λαμβάνονταν δύο σε κάθε ημέρα παραγωγής. Μετά την θραύση των παραπάνω σειρών έγινε συμπληρωματική δειγματοληψία και πραγματοποιήθηκαν άλλες επτά δειγματοληπτικές σειρές δοκιμών, επομένος σύνολο δεκαεφτά. Κάθε σειρά περιλάμβανε τρεις χυτοσιδηρές κυβικές μήτρες παρασκευής δοκιμών σκυροδέματος με κωδικούς Πι που αναγράφονται πάνω σε κάθε πλευρά τους και τρεις χυτοσιδηρές κυλινδρικές μήτρες παρασκευής δοκιμών σκυροδέματος με κωδικούς Κι. Κατά τις πρώτες δέκα δειγματοληπτικές σειρές λαμβάνονταν και δυο κυβικές χυτοσιδηρές κυβικές μήτρες για θραύση στις επτά ημέρες με κωδικούς Ει.

Η συντήρηση των δοκιμών αποφασίστηκε να γίνει στην δεξαμενή νερού του εργαστηρίου της ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ όπου προσπαθήσαμε να δεσμεύσουμε όλες εκείνες τις παραμέτρους που επηρέαζαν την συντήρηση και ιδίως την θερμοκρασία οπού η θερινή περίοδος εκτέλεσης της πτυχιακής έκανε πολύ δύσκολη την όλη διαδικασία.

Η μεταφορά των δοκιμών από το εργαστήριο της ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ, στο εργαστήριο του ΕΚΕΤ μετά το πέρας της συντήρησης των δοκιμών κατά την ημερομηνία θραύσης, θα γίνονταν με ΙΧ και την χρήση ειδικού κατασκευασμένου τελάρου μεταφοράς που θα διασφάλιζε την μεταφορά χωρίς τραυματισμούς των δοκιμών και χωρίς μεγάλη απώλεια της υγρασίας τους.

Η θραύση των δοκιμών κυλινδρικών και κυβικών θα γινόταν στο Εργαστήριο του ΕΚΕΤ εκτός των κυβικών που προορίζονταν για έλεγχο στις επτά ημέρες που θα γινόταν στο εργαστήριο του εργοστασίου της ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ. Συμπληρωματικά θα πραγματοποιούνταν και ένα διεργαστηριακό τεστ αποτελούμενο από 12 θραύσεις κυβικών δοκιμών ίδιας κατηγορίας αντοχής και συντήρησης ανάμεσα στις πρέσες ΕΚΕΤ και ΕΡΓΑΝΗΣ.

Για το καπέλωμα των κυλινδρικών δοκιμών θα χρησιμοποιούνταν το ειδικά διαμορφωμένο με καλό εξαερισμο εργαστήριο του ΕΚΕΤ. Η αναλογία του υλικού καπελώματος που θα χρησιμοποιούνταν ήταν 35/65/5 (πυριτική άμμος/θειάφι/κάρβουνο) με καλή ανάμειξη.

Συνολικά δηλαδή αποφασίστηκε η παρασκευή 134 δοκιμών για συντήρηση και θραύση, 51 κυλινδρικών και 51 κυβικών για θραύση στις 28 ημέρες ,20 κυβικών για θραύση στις 7 ημέρες και 12 κυβικών δοκιμών για διεργαστηριακό έλεγχο. Οι κατηγορίες αντοχών που έγινε τελικά δειγματοληπτικός έλεγχος ήταν C16/20, C20/25, C25/30, C30/37 και C35/45.

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν ήταν αξιόπιστα, τόσο γιατί προήλθαν από ένα μεγάλο δείγμα, όσο και γιατί ήταν δυνατό να επιβεβαιωθούν με πολλούς στατιστικούς συνδυασμούς .

3.1.2 Επιλογή προγράμματος

Για την χρησιμοποίηση του προγράμματος που εκτελέστηκε στην πτυχιακή εργασία χρειάστηκαν αρκετές προκαταρκτικές δοκιμές για να επιλεγεί και να αποφασιστεί μια τελική διαδικασία ,που να είναι πρακτικά εφαρμόσιμη στο ημερήσιο πρόγραμμα του εργοστασίου .

Με βάση λοιπόν τις δοκιμές που έγιναν πριν την έναρξη της πτυχιακής και για να μπορεί να εκτελεστεί το πρόγραμμα σε ώρες λειτουργίας του εργοστασίου, αποφασίστηκε οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν κάθε πρωί στο διάστημα μεταξύ 11:00 π.μ και 13:00 μ.μ, διάστημα στο οποίο και η παραγωγή του εργοστασίου είχε ομαλοποιηθεί και η καθυστέρηση που δημιουργούταν στην βαρέλα μεταφοράς δεν ήταν εμφανείς στο έργο . Μετά την δειγματοληψία τα δοκίμια παρέμεναν για σκλήρυνση 24 ± 4 ώρες περίπου στο χώρο του εργαστηρίου και ξεκαλουπώνονταν την επόμενη ημέρα από τις 9:00 π.μ έως τις 10:30 π.μ, όπου ταυτοποιούνταν με ανεξίτηλη γραφή(μολυβί). Έπειτα τα δοκίμια έμπαιναν στην δεξαμενή νερού του εργαστηρίου της ΕΡΓΑΝΗ, σε θέσεις που είχαμε ορίσει όπου και παρέμεναν σε αυτόν για 7 ή 28 ημέρες μέχρι την θραύση τους ανάλογα με τον προορισμό τους.

Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας, της πραγματοποίησης δοκιμών σε νωπό και σκληρωμένο σκυρόδεμα, της συντήρησης των δοκιμών, του καπελώματος και της θραύσης των δοκιμών, καταγράφονταν όλα εκείνα τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για την εξαγωγή συμπερασμάτων στο ημερήσιο φύλλο έργου. Πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας παρέμεινε η ίδια μέχρι το τέλος, χωρίς να πραγματοποιηθεί ανασχεδιασμός ή η παραμικρή αλλαγή.

Το χρονικό διάστημα που χρειάστηκε για να πραγματοποιηθούν σωστά όλες οι παραπάνω διαδικασίες και πιο συγκεκριμένα το πειραματικό μέρος άρχισε στις 27/7/2004 και τελείωσε στις 28/10/2004 όπως φαίνεται και στον πίνακα δειγματοληψιών που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα.

Πίνακας δειγματοληψιών και θραύσεων δοκιμών σκυροδέματος

Α/Α ΗΜΕΡΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	Α/Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ(i)	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	
			ΚΥΒΙΚΑ 28ημ	ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ
1	26/7/2005	1	Π1.1,Π1.2,Π1.3	Κ1.1,Κ1.2,Κ1.3
1	26/7/2005	2	Π2.1,Π2.2,Π2.3	Κ2.1,Κ2.2,Κ2.3
2	27/7/2005	3	Π3.1,Π3.2,Π3.3	Κ3.1,Κ3.2,Κ3.3
2	27/7/2005	4	Π4.1,Π4.2,Π4.3	Κ4.1,Κ4.2,Κ4.3
3	28/7/2005	5	Π5.1,Π5.2,Π5.3	Κ5.1,Κ5.2,Κ5.3
3	28/7/2005	6	Π6.1,Π6.2,Π6.3	Κ6.1,Κ6.2,Κ6.3
4	29/7/2005	7	Π7.1,Π7.2,Π7.3	Κ7.1,Κ7.2,Κ7.3
4	29/7/2005	8	Π8.1,Π8.2,Π8.3	Κ8.1,Κ8.2,Κ8.3
5	30/7/2005	9	Π9.1,Π9.2,Π9.3	Κ9.1,Κ9.2,Κ9.3
5	30/7/2005	10	Π10.1,Π10.2,Π10.3	Κ10.1,Κ10.2,Κ10.3
64	27/9/2005	11	Π11.1,Π11.2,Π11.3	Κ11.1,Κ11.2,Κ11.3
64	27/9/2005	12	Π12.1,Π12.2,Π12.3	Κ12.1,Κ12.2,Κ12.3
65	28/9/2005	13	Π13.1,Π13.2,Π13.3	Κ13.1,Κ13.2,Κ13.3
65	28/9/2005	14	Π14.1,Π14.2,Π14.3	Κ14.1,Κ14.2,Κ14.3
66	29/9/2005	15	Π15.1,Π15.2,Π15.3	Κ15.1,Κ15.2,Κ15.3
66	29/9/2005	16	Π16.1,Π16.2,Π16.3	Κ16.1,Κ16.2,Κ16.3
67	30/9/2005	17	Π17.1,Π17.2,Π17.3	Κ17.1,Κ17.2,Κ17.3

Α/Α ΗΜΕΡΑΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΘΡΑΥΣΗΣ	Α/Α ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ(i)	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	
			ΚΥΒΙΚΑ 28ημ	ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ 28ημ
28	23/8/2005	1	Π1.1,Π1.2,Π1.3	Κ1.1,Κ1.2,Κ1.3
28	23/8/2005	2	Π2.1,Π2.2,Π2.3	Κ2.1,Κ2.2,Κ2.3
29	24/8/2005	3	Π3.1,Π3.2,Π3.3	Κ3.1,Κ3.2,Κ3.3
29	24/8/2005	4	Π4.1,Π4.2,Π4.3	Κ4.1,Κ4.2,Κ4.3
30	25/8/2005	5	Π5.1,Π5.2,Π5.3	Κ5.1,Κ5.2,Κ5.3
30	25/8/2005	6	Π6.1,Π6.2,Π6.3	Κ6.1,Κ6.2,Κ6.3
31	26/8/2005	7	Π7.1,Π7.2,Π7.3	Κ7.1,Κ7.2,Κ7.3
31	26/8/2005	8	Π8.1,Π8.2,Π8.3	Κ8.1,Κ8.2,Κ8.3
32	27/8/2005	9	Π9.1,Π9.2,Π9.3	Κ9.1,Κ9.2,Κ9.3
32	27/8/2005	10	Π10.1,Π10.2,Π10.3	Κ10.1,Κ10.2,Κ10.3
92	25/10/2005	11	Π11.1,Π11.2,Π11.3	Κ11.1,Κ11.2,Κ11.3
92	25/10/2005	12	Π12.1,Π12.2,Π12.3	Κ12.1,Κ12.2,Κ12.3
93	26/10/2005	13	Π13.1,Π13.2,Π13.3	Κ13.1,Κ13.2,Κ13.3
93	26/10/2005	14	Π14.1,Π14.2,Π14.3	Κ14.1,Κ14.2,Κ14.3
94	27/10/2005	15	Π15.1,Π15.2,Π15.3	Κ15.1,Κ15.2,Κ15.3
94	27/10/2005	16	Π16.1,Π16.2,Π16.3	Κ16.1,Κ16.2,Κ16.3
95	28/10/2005	17	Π17.1,Π17.2,Π17.3	Κ17.1,Κ17.2,Κ17.3

Π_ji: Κυβικό δοκίμιο(28ημ) j δειγματοληψίας και i μήτρας

Κ_ji: Κυλινδρικό (28ημ) δοκίμιο j δειγματοληψίας και i μήτρας

3.2 Σχεδιασμός φύλλων έργου και παραδείγματα συμπλήρωσης

3.2.1. Φύλλο έργου δοκιμών δειγματοληψίας –θραύσης (παράδειγμα συμπληρωμένο)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ(Β216)

ΔΕΛΤΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ								
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ - ΩΡΑ	26/7/2004 , 13:45			ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑ	Δ.Α 14750			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	1			ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΥΚΛ. ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑ	ΕΚΑ - 2827			
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	C 25/30 , S ₂			ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΤΙΔΑΣ	10 m ³			
ΤΟΠΟΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε . ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, ΚΑΚΟΡΕΜΑ ΚΑΡΕΑ ΒΥΡΩΝΑΣ							
ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ								
ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ / ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	Κ 1.1	Κ 1.2	Κ 1.3	Π 1.1	Π 1.2	Π 1.3	Ε 1.1	Ε 1.2
ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΥΝΙΝΔΡΟΣ	ΚΥΝΙΝΔΡΟΣ	ΚΥΝΙΝΔΡΟΣ	ΚΥΒΟΣ	ΚΥΒΟΣ	ΚΥΒΟΣ	ΚΥΒΟΣ	ΚΥΒΟΣ
ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ / ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΤΡΩΝ	1	2	3	1	2	3	4	5
ΚΑΡΤΕΣΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	Α'				ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ		°C	
ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ				ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ		25.4 °C	
ΑΠΟΒΑΡΟ ΜΗΤΡΑΣ								
ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΜΗΤΡΑΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (Ν.Σ.Σ.)								
ΚΑΘΑΡΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ΠΡΟ ΘΑΛΑΜΟΥ)								
ΟΓΚΟΣ ΜΗΤΡΑΣ ΒΑΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΠΥΚΝΟΤΑΣ								
ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ								
ΚΑΘΙΣΗ Σ/Δ (mm)	60mm				ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	30 °C		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΜΙΝ-ΜΑΧ , ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	Min/Max		25 -30 °C		ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ			
ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	Ένδειξη	1,40%				%		
	Διορ/νη	1,20%				%		
ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (N.Σ.Σ.)	19386 - 327 = 19059 /8.006 = 2380kgf/m3							
ΘΡΑΥΣΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ								
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	Κ 1.1	Κ 1.2	Κ 1.3	Π 1.1	Π 1.2	Π 1.3	Ε 1.1	Ε 1.2
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	23\8	23\8	23\8	23\8	23\8	23\8	2\8	2\8
ΗΜΕΡΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	29	29	29	29	29	29	7	7
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΕΚΕΤ	ΕΚΕΤ	ΕΚΕΤ	ΕΚΕΤ	ΕΚΕΤ	ΕΚΕΤ	ΕΡΓΑΝΗ	ΕΡΓΑΝΗ
ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ				8146	8037	8101	8122	8116
ΠΛΑΤΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (1) (mm)	150,1	150,2	150	150,2	150,1	150	149,9	150
ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (2) (mm)				150	150	150	149,7	150
ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (3) (mm)	297,4	298,3	297,5	151,1	151,1	150	150,7	150
ΟΓΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (1) x (2) x (3) ΦΑΙΝ. ΠΥΚΝ.				3404	3402	3375	3382	3375
ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟΥ Σ/Δ ΘΛΙΒΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (2) x (3) (cm2)				2,393	2,362	2,400	2,402	2,405
ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (KN)	17686	17710	17663	22665	22665	22500	22560	22500
ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ (KN)	645,2	570,4	630,6	943,3	988,5	729,7	776,7	779,4
ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ(fi) (Μρα)	36,48	32,21	35,70	41,62	43,61	32,43	34,43	34,64
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΡΑΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΕΚΤΣ	36,50	32,20	35,70	41,60	43,60	32,40	34,40	34,65
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ								
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ "ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΥΖΗΓΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΥΒΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ", ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ , ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2004								

3.2.2 Επεξήγηση στατιστικού πίνακα κατανομής και αξιολόγησης αποτελεσμάτων

a/a	Cube 28d (XΠi,j)			Aver X _{3Π} (i)	S ₃₋₁ cube 28	Cv ₃ (3) Cube28	R ₃ Cube28	Cylinder 28 (XΚi,j)			Aver X _{3Κ} (i)	S ₃₋₁ cyl 28	Cv ₃ % Cyl 28	R ₃ Cyl 28	Cube/Cyl	s_Cub/Cyl	V %
1	XΠ1,1	XΠ1,2	XΠ1,3	X _{3Π} (1)	S ₃₋₁ (Π1)	Cv _{3Π} 1	R ₃ (Π1)	XΚ1,1	XΚ1,2	XΚ1,3	X _{3Κ} (1)	S ₃₋₁ (Κ1)	Cv _{3κ} 1	R ₃ (Κ1)	y1	Uy1	V1
2	XΠ2,1	XΠ2,2	XΠ2,3	X _{3Π} (2)	S ₃₋₁ (Π2)	Cv _{3Π} 2	R ₃ (Π2)	XΚ2,1	XΚ2,2	XΚ2,3	X _{3Κ} (2)	S ₃₋₁ (Κ2)	Cv _{3κ} 2	R ₃ (Κ2)	y2	Uy2	V2
3	XΠ3,1	XΠ3,2	XΠ3,3	X _{3Π} (3)	:	:	:	XΚ3,1	XΚ3,2	XΚ3,3	X _{3Κ} (3)	:	:	:	y3	Uy3	V3
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
16	XΠ16.1	XΠ16.2	XΠ16,3	X _{3Π} (16)	S ₃₋₁ (Π16)	Cv _{3Π} 16	R ₃ (Π16)	XΚ16.1	XΚ16.2	XΚ16.3	X _{3Κ} .16	S ₃₋₁ (Κ16)	Cv _{3κ} 16	R ₃ (Κ16)	y16	Uy16	V16
	Q average (CL)			X̄ _{3Πi}	S̄ ₃₋₁ (Πi)	Cv̄ _{3Πi}	R̄ ₃ (Πi)				X̄ _{3Κi}	S̄ ₃₋₁ (Κi)	Cv̄ _{3κi}	R̄ ₃ (Κi)	ȳ _i	Ȳ _{yi}	V̄ _i
	UCL						RΠ_UCL							SK_UCL			
	LCL						RΠ_LCL							SK_LCL			
	σ _i						σ _{Πi}							σ _{Κi}			
	Vc %						VcΠ'							VcΚ'			

- (i) : Αύξων αριθμός των δειγματοληψιών.
- (j) : Αύξων αριθμός ταυτοποίησης των δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας.
- XΠi,j : Θλιπτική αντοχή κύβικου δοκιμίου σε Μρα μιας (i) δειγματοληψίας και αυξων (j) αριθμου δοκιμίου μεσα σ' αυτήν.
- XΚi,j : Θλιπτική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου σε Μρα μιας (i) δειγματοληψίας και αυξων (j) αριθμου δοκιμίου μεσα σ' αυτήν.
- X_{3Π}(i) = 1/3 Σ(Πi.1 + Πi.2 + Πi.3) : Μέσος όρος 3 κυβικών δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας.
- X_{3Κ}(i) = 1/3 Σ(Κi.1 + Κi.2 + Κi.3) : Μέσος όρος 3 κυλινδρικών δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας.
- S₃₋₁(Πi) = $\left[\frac{\Sigma(\Pi_{i.1} + \Pi_{i.2} + \Pi_{i.3})}{(3-1)} \right]^{1/2}$: Πειραματική τυπική απόκλιση των 3 κυβικών δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας.
- S₃₋₁(Κi) = $\left[\frac{\Sigma(K_{i.1} + K_{i.2} + K_{i.3})}{(3-1)} \right]^{1/2}$: Πειραματική τυπική απόκλιση των 3 κυλινδρικών δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας.
- R₃(Πi) = (Πi max - Πi min) : Εύρος (Range) 3 συντροφικών κυβικών δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας .
- R₃(Κi) = (Ki max - Ki min) : Εύρος (Range) 3 συντροφικών κυλινδρικών δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας.
- Cv₃(Πi) = S₃₋₁(Πi) / X_{3Π}(i) * 100 : Συντελεστής μεταβλητότητας της επαναληψιμότητας των 3 κυβικών δοκιμών της (i) δειγματοληψίας(%).
- Cv₃(Κi) = S₃₋₁(Κi) / X_{3Κ}(i) * 100 : Συντελεστής μεταβλητότητας της επαναληψιμότητας των 3 κυλινδρικών δοκιμών της (i) δειγματοληψίας(%).
- y(i) = X_{3Π}(i) / X_{3Κ}(i) : Ο λόγος του μέσου ορού των αντοχών κυβικών δοκιμών

προς τον μέσο των αντοχών κυλινδρικών δοκιμιών της ίδιας (i) δειγματοληψίας.

$$Uy(i) = \left(\frac{\overline{S_{3-1(\pi)}}^2 + \overline{S_{3-1(\kappa)}}^2 \overline{X_{3\Pi}(i)}^2}{\overline{X_{3\kappa}(i)}^2 \overline{X_{\kappa 3}(i)}^4} \right)^{1/2}$$

: Υπολογιζόμενο τυπικό σφάλμα του λόγου y(i) (στο within test των μέσων όρων κύβου και κυλίνδρου) ENV13005:2000(Guide to the expression of Uncertainty)

$$V(i) \% = Uy(i) / y(i) * 100$$

: Συντελεστής μεταβλητότητας της επαναληψιμότητας του λόγου του μέσου όρου των αντοχών κυβικών δοκιμιών προς τον μέσο των αντοχών κυλινδρικών δοκιμιών της ίδιας (i) δειγματοληψίας(%).

$$Q_{aver}(=CL)$$

: Μέσος όρος των πειραματικών τιμών: α) των μέσων όρων αντοχών κύβου ($X_{3\pi}$) και κυλίνδρου ($X_{3\kappa}$), β) τις τυπικής απόκλισης της τριάδας κύβων ($S_{3-1(\pi)}$) και κυλίνδρων ($S_{3-1(\kappa)}$) γ) του συντελεστή μεταβλητότητας κύβων ($Cv_{3\pi}$) και κυλίνδρων ($Cv_{3\kappa}$) δ) του εύρους range κύβων ($R_{3(\pi)}$) και κυλίνδρων ($R_{3(\kappa)}$), ε) του λογού κύβου προς κυλίνδρου (y) στ) του τυπικού σφάλματος του λόγου (Uy) και του συντελεστή μεταβλητότητας του λόγου (V). Επίσης αποτυπώνει την κεντρική γραμμή (CL) για αναμενόμενη μέση τιμή μονόπλευρης αξιοπιστίας 50%.

$$UCL = B4 * \overline{S_{3-1(\pi \text{ ή } \kappa)}}$$

: Άνω όριο ελέγχου του μέσου όρου της πειραματικής τυπικής απόκλισης, όπου B4 συντελεστής του χάρτη ελέγχου για n=3 (= 2,568) [ISO 8258:1991 πιν 2 παρ. 5,1]

$$UCL = D4 * \overline{R_{3(\pi \text{ ή } \kappa)}}$$

: Άνω όριο ελέγχου του μέσου όρου του εύρους range όπου D4 συντελεστής του χάρτη ελέγχου για n=3 (=2,574) [ISO 8258:1991 πιν 2 παρ. 5,1]

$$LCL = B3 * \overline{S_{3-1(\pi \text{ ή } \kappa)}}$$

: Κάτω όριο ελέγχου του μέσου όρου της πειραματικής τυπικής απόκλισης, όπου B3 συντελεστής του χάρτη ελέγχου για n=3 (= 0) [ISO 8258:1991(E) πιν 2 παρ. 5,1]

$$LCL = D3 * \overline{R_{3(\pi \text{ ή } \kappa)}}$$

: Κάτω όριο ελέγχου του μέσου όρου του εύρους range, όπου D3 συντελεστής του χάρτη ελέγχου για n=3 (= 0) [ISO 8258:1991(E) πιν 2 παρ. 5,1]

$$\sigma' = R_{3(\pi \text{ ή } \kappa)} / d_2$$

: Επαναληψιμότητα απείρου πλυθησμού (within test standard deviation)-τυπική απόκλιση εντός της δοκιμής όπου d2 συντελεστής του χάρτη ελέγχου για n=3 (= 1,693). [ISO 8258:1991(E) πιν 2 παρ. 5,1]

$$V1' = \sigma_1 / X3(K \text{ ή } \Pi)$$

: Συντελεστής μεταβλητότητας του σ_1

$$\sigma_1 = S3-1(\pi \text{ ή } \kappa) / C4$$

: Επαναληψιμότητα απείρου πληθυσμού (within test standard deviation)-τυπική απόκλιση εντός της δοκιμής του C4 συντελεστής του χάρτη ελέγχου για $n=3$ (= 0,8862). [ISO 8258:1991(E) πιν 2 παρ. 5,1]

$$V1 = \sigma_1 / X3(K \text{ ή } \Pi)$$

: Συντελεστής μεταβλητότητας του σ_1

3.2.3 Επεξήγηση πίνακα προβλεπής συσχέτισης βάση του μοντέλου Κ.Τ.Σ.

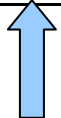
Str_Cube (B)=	1,97	+str_Cyl ×	1,15	ΚΤΣ
----------------------	-------------	-------------------	-------------	------------

R(B)=	0,9999
Std_Err(B)	0,2435

Sir_Cube (A)=	-1,42	+str_Cyl ×	1,15	Experimental
----------------------	--------------	-------------------	-------------	---------------------

Std_Err	S_Er
----------------	-------------

Aver	Dμ
Stdev	SDμ
t(0.95, 16)	2,12
Upp_Lim	UCLSi
Low_Lim	LCLSi



Str_Cyl	Str_Cube	Cube_Calc	Error	Upper_Lim	Low_Lim	Str_KIΣ	Diff
XK3,1	XΠ3,1	AΠ1	E1	AΠ1UCL	AΠ1LCL	BΠ1	D1
XK3,2	XΠ3,2	AΠ2	E2	AΠ2UCL	AΠ2LCL	BΠ2	D2
XK3,3	XΠ3,3	AΠ3	E3	AΠ3UCL	AΠ3LCL	BΠ3	D3
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
XK3,15	XΠ3,15	AΠ15	E15	AΠ15UCL	AΠ15LCL	BΠ15	D15
XK3,16	XΠ3,16	AΠ16	E16	AΠ16UCL	AΠ16LCL	BΠ16	D16

$XK(i), XΠ3(i)$

: Μέσος όρος 3 δοκιμών μιας (i) δειγματοληψίας κυλινδρικών και κυβικών

$AΠ(i)$

: Υπολογιζόμενη αντοχή κύβου βάση τύπου A συνάρτηση της αντοχής κυλίνδρου $X3K, (i)$

$E(i) = (AΠ(i) - XΠ3(i))^2$

: Υπολογιζόμενο τετράγωνο σφάλματος της διαφοράς της υπολογιζόμενης αντοχής κύβου $AΠ(i)$ από την αντοχή του μέσου όρου των 3 δοκιμών $X3Π(i)$ μιας (i) δειγματοληψίας

$AΠ(i)UCL$

: Άνω όριο ελέγχου από την υπολογιζόμενη αντοχή κύβου $AΠ(i)$ προσδιοριζόμενο εκ της πρόσθεσης δυο τυπικών σφαλμάτων

$AΠ(i)LCL$

: Κάτω όριο ελέγχου από την υπολογιζόμενη αντοχή κύβου $AΠ(i)$ προσδιοριζόμενο εκ της αφαίρεσης δυο τυπικών σφαλμάτων

$B_{\Pi(i)}$: Υπολογιζόμενη αντοχή κύβου βάση τύπου B συνάρτηση της αντοχής κυλίνδρου $X_{K3,(i)}$

$D(i)$: Απόλυτη διαφορά μεταξύ των πειραματικών $X_{\Pi3,(i)}$ και υπολογιζόμενων $B_{\Pi(i)}$ αντοχών κύβων βάση των πειραματικών αντοχών κυλίνδρων $X_{K3,(i)}$

$S_{Er} = \left(\frac{\sum(E(i))}{i-1} \right)^{1/2}$: Υπολογιζόμενο τυπικό σφάλμα του τύπου B

D_{μ} : Μέσος όρος του $D(i)$

SD_{μ} : Τυπική απόκλιση των τιμών του $D(i)$

$t(0.95, 16)$: Συντελεστής student μονόπλευρος για 95 % επίπεδο εμπιστοσύνης και 16-1 βαθμούς ελευθερίας.

$LCL_{St} = D_{\mu} + \frac{[t(0.95, 14) * SD_{\mu}]}{(16)^{1/2}}$: Κάτω όριο μέσης τιμής.

$UCL_{St} = D_{\mu} - \frac{[t(0.95, 14) * SD_{\mu}]}{(16)^{1/2}}$: Άνω όριο μέσης τιμής.

ΚΤΣ

$Str_Cube(B)=1,97+str_Cyl \times 1,15$: Τύπος που δίνει την εκτίμηση θλιπτικής αντοχής κυβικών δοκιμίων $15*15*15$ από την πειραματική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου $15*30$ με γραμμική παλινδρόμηση των τιμών του πίνακα 13.2.3 του ΚΤΣ με βάση του τύπου B. Η κλίση της ευθείας είναι ίση με 1,15, η υποθέτουσα αυτής ίση με 1,97, το R της ευθείας 0,999 και το τυπικό σφάλμα αυτής ίσο με 0,2435.

Experimental

$Str_Cube(A)=-1,42+str_Cyl \times 1,15$: Τύπος που δίνει την εκτίμηση θλιπτικής αντοχής κυβικών δοκιμίων $15*15*15$ από την πειραματική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου $15*30$ με γραμμική παλινδρόμηση των τιμών του πίνακα 13.2.3 του ΚΤΣ με βάση του τύπου A, με την παραδοχή ότι θεωρούμε την ίδια κλίση και υποθέτουσα την παραλληλη της προηγούμενης αλλά με αποθεμένουσα για την οποία έχουμε το μικρότερο δυνατό σφάλμα μεταξύ των πειραματικών και εκτιμωμένων με την μεθοδο αυτη αντοχών κύβου.

3.2.4 Επεξήγηση πίνακα της % διαφοράς των εκτιμήσεων πτυχιακής και ΚΤΣ

Str_Cyl(χ_{κ})	Str_Exper($\chi_{\pi A}$)	Str_ΚΤΣ($\chi_{\kappa B}$)	Rdif
24	$\chi_{\pi 1}$	$\chi_{\kappa \pi 1}$	Rdif1
26	$\chi_{\pi 2}$	$\chi_{\kappa \pi 2}$	Rdif2
28	$\chi_{\pi 3}$	$\chi_{\kappa \pi 3}$	Rdif3
:	:	:	:
44	$\chi_{\pi 11}$	$\chi_{\kappa \pi 11}$	Rdif11

Str_Cyl : Αντοχή κυλίνδρου τυχαία από 24 έως 44 ΜΡα
αυξανόμενη ανά 2 ΜΡα

$\chi_{\pi A}$: Αντοχή κύβου υπολογισμένη από τον τύπο Α
(πειραματικό) για την αντίστοιχη τυχαία κυλινδρική
δοκιμή.

$\chi_{\kappa B}$: Αντοχή κύβου υπολογισμένη από τον τύπο Β
(ΚΤΣ) για την αντίστοιχη τυχαία κυλινδρική
δοκιμή.

$Rdif1 = (\chi_{\pi 1} - \chi_{\kappa \pi 1}) / \chi_{\kappa \pi 1} \times 100$: Σχετική % διαφορά των δυο εκτιμήσεων (πειραματικής
και ΚΤΣ) ως προς την εκτιμηση των τιμων ως προς
ΚΤΣ.

3.2.5 Επεξήγηση πίνακα των θλιπτικών αντοχών 7ήμερων κυβικών δοκιμών

Cube 28d Aver	cube 7d		Aver	Growth Developpent Ratio
X3Π1	E1.1	E1.2	$E_{\mu 1}$	Gd1
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
X3Π10	E10.1	E10.2	$E_{\mu 2}$	Gd2

$E_{i,j}$: Αντοχή κυβικών δοκιμών μιας (t) δειγματοληψίας στις 7 ημέρες.

$E_{\mu(t)} = 1/2 (E_{i.1} + E_{i.2})$: Μέσος Όρος των αντοχών ημέρου κυβικών δοκιμών .

$Gd_1 = E_{\mu(i)} / X_{3\pi.(i)}$: Λόγος ανάπτυξης αντοχών κυβικών δοκιμών.

3.2.6 Επεξήγηση πίνακα ελέγχου μίγματος καπελώματος κυλινδρικών δοκιμίων

ΚΟΣΚΙΝΟ	ΑΝ.ΟΠΗΣ	R %				P %				$R_{A,B}$	$R_{\Gamma,\Delta}$	$X_{A,B}$	$X_{\Gamma,\Delta}$	$R_{X_{AB},X_{\Gamma\Delta}}$
		A	B	Γ	Δ	A	B	Γ	Δ					
90	0,09	$R_{\alpha 1}$	$R_{\beta 1}$	$R_{\gamma 1}$	$R_{\delta 1}$	$P_{\alpha 1}$	$P_{\beta 1}$	$P_{\gamma 1}$	$P_{\delta 1}$	$R_{A,B1}$	$R_{\Gamma,\Delta 1}$	$X_{A,B1}$	$X_{\Gamma,\Delta 1}$	$R_{X_{AB},X_{\Gamma\Delta 1}}$
125	0,125	$R_{\alpha 2}$	$R_{\beta 2}$	$R_{\gamma 2}$	$R_{\delta 2}$	$P_{\alpha 2}$	$P_{\beta 2}$	$P_{\gamma 2}$	$P_{\delta 2}$	$R_{A,B2}$	$R_{\Gamma,\Delta 2}$	$X_{A,B2}$	$X_{\Gamma,\Delta 2}$	$R_{X_{AB},X_{\Gamma\Delta 2}}$
200	0,2	$R_{\alpha 3}$	$R_{\beta 3}$	$R_{\gamma 3}$	$R_{\delta 3}$	$P_{\alpha 3}$	$P_{\beta 3}$	$P_{\gamma 3}$	$P_{\delta 3}$	$R_{A,B3}$	$R_{\Gamma,\Delta 3}$	$X_{A,B3}$	$X_{\Gamma,\Delta 3}$	$R_{X_{AB},X_{\Gamma\Delta 3}}$
315	0,315	$R_{\alpha 4}$	$R_{\beta 4}$	$R_{\gamma 4}$	$R_{\delta 4}$	$P_{\alpha 4}$	$P_{\beta 4}$	$P_{\gamma 4}$	$P_{\delta 4}$	$R_{A,B4}$	$R_{\Gamma,\Delta 4}$	$X_{A,B4}$	$X_{\Gamma,\Delta 4}$	$R_{X_{AB},X_{\Gamma\Delta 4}}$
										AVER	$R_{A,Baver}$	$R_{\Gamma,\Delta aver}$	AVER	$R_{X_{AB},X_{\Gamma\Delta aver}}$

A,B : Δύο μοναδιαία δείγματα υλικού καπελώματος από το ένα εκ των δυο χαρμανιών αναμείγματος που λήφθηκαν στο 1/3 και στα 2/3 του συνόλου.

Γ,Δ : Ομοίος με πριν αλλά για το δεύτερο χαρμάνι υλικού καπελώματος

R α : Ολικό συγκροτούμενο % στο αντίστοιχο κόσκινο του A δείγματος

P α : Διερχόμενο % στο αντίστοιχο κόσκινο του A δείγματος

R A,B , R Γ,Δ : Εύρος (Range) μεταξύ των συγκροτούμενων % των δυο δειγμάτων του ίδιου αναμείγματος

X A,B ,X Γ,Δ : Μέσος όρος των συγκροτούμενων % του ίδιου κόσκινου των δυο δειγμάτων του ίδιου ανοίγματος

R $X_{AB},X_{\Gamma\Delta}$: Εύρος (Range) μεταξύ των μέσων όρων συγκροτούμενων % των δυο δειγμάτων του ίδιου αναμείγματος

R $A,Baver$, R $\Gamma,\Delta aver$: Μέσος όρος του Εύρους μεταξύ των συγκροτούμενων % των δυο δειγμάτων του ίδιου αναμείγματος

R_{XAB},X_GΔ_{aver}

: Μέσος όρος του εύρους των μέσων όρων των
συγκροτούμενων % του ίδιου κοσκίνου των δυο
δειγμάτων του ίδιου αναμείγματος

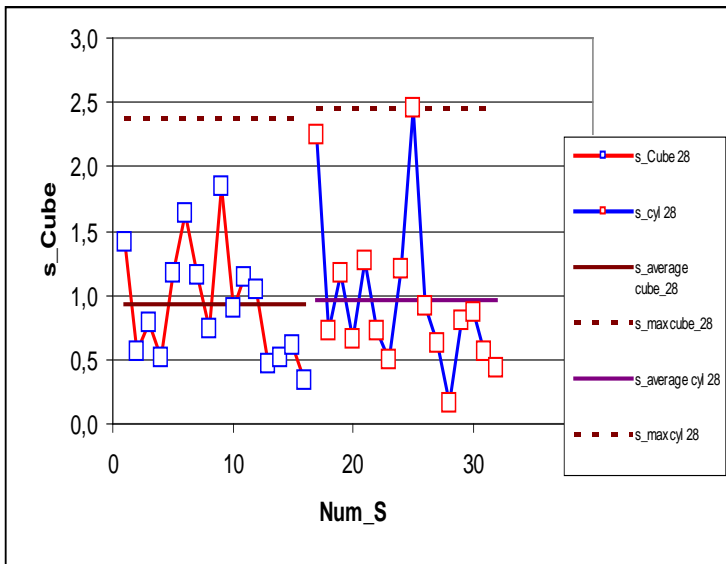
“Μετρήσεις και επεξεργασία μετρήσεων”

Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές των δειγματοληπτικών σειρών που πραγματοποιήθηκαν, συγκεντρώθηκαν και έχουν καταγραφεί στους πίνακες που ακολουθούν για καλύτερη διεξαγωγή συμπερασμάτων. Υπάρχουν οι πίνακες και τα διαγράμματα που αναφέρονται στα δοκίμια που συντηρήθηκαν στο θάλαμο της ΕΡΓΑΝΗ ΑΕ και η θραύση τους έγινε είτε στην ΕΡΓΑΝΗ(για τα κυβικά των επτά ημερών) είτε στο ΕΚΕΤ(για τα υπόλοιπα κυλινδρικά και κυβικά των 28 ημερών). Ουσιαστική βοήθεια για την στατιστική επεξεργασία δόθηκε από τον εργαστηριακό συνεργάτη του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.ΥΛ Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ και Διευθυντή παραγωγής και Ποιοτική ελέγχου κ. Δ.Τσαματσούλη καθώς επίσης και από τον καθηγητή του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ και υπεύθυνο του εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ κ Φ. Φωτοπουλο.

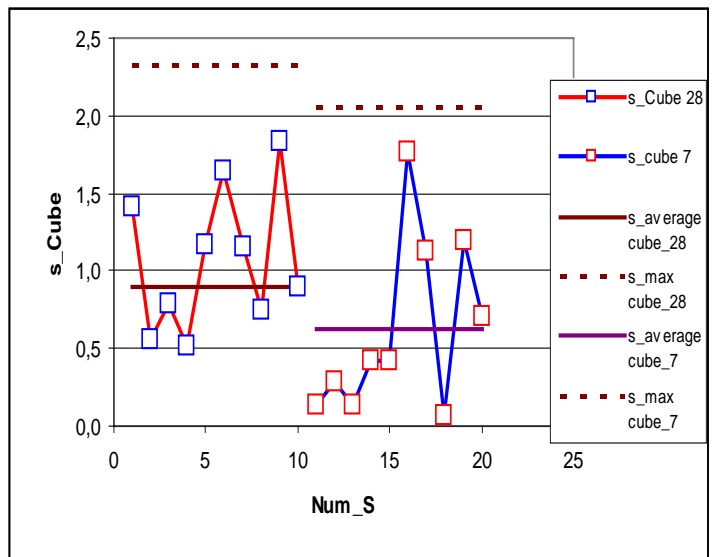
Στην παρούσα πτυχιακή δεν επιδιώχθηκε η αναφορά σε στατιστικούς τύπους και μεθόδους, διότι ο σκοπός της πτυχιακής δεν ήταν η επεξήγηση αυτών. Η επεξήγηση όλων αυτών αναφέρεται με ακρίβεια στα πρότυπα ACI 214-77 (Reapproved 1997), ISO 8258:1991(E), που αποτέλεσαν την βάση της στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων της εργασίας αυτής.

4.1 Πίνακας αποτελεσμάτων των θλιπτικών αντοχών κυβικών και κυλινδρικών δοκιμίων

A/A	KAT. Σ/Δ	Cube 28d			Aver	s_cube 28	Cv % Cub	R Cube 28	Cylinder			Aver	s_cyl 28	Cv % Cyl 28	R_Cyl 28	Cube/Cyl	s_Cube/Cyl	V%
1	C25/30	43,64	41,64		42,64	1,4	3,3	2	36,51	32,28	35,69	34,83	2,24	6,4	4,23	1,22	0,04	3,50
2	C20/25	36,6	35,88	35,5	35,99	0,6	1,6	1,1	30,72	30,43	29,35	30,17	0,72	2,4	1,37	1,19	0,05	4,08
3	C20/25		33,1	31,99	32,55	0,8	2,4	1,11	29,06	30,37	31,4	30,28	1,17	3,9	2,34	1,07	0,05	4,25
4	C16/20	32,05	33,07	32,62	32,58	0,5	1,6	1,02	30,08		29,15	29,62	0,66	2,2	0,93	1,10	0,05	4,30
5	C30/37	43,95	44,52	46,19	44,89	1,2	2,6	2,24	42,69	40,51	40,47	41,22	1,27	3,1	2,22	1,09	0,03	3,10
6	C30/37	43,89	46,8	44,03	44,91	1,6	3,7	2,91	40,2	41,24	39,87	40,44	0,72	1,8	1,37	1,11	0,03	3,14
7	C20/25	36,11	35,79	37,94	36,61	1,2	3,2	2,15	31,89	31,93	32,78	32,20	0,50	1,6	0,89	1,14	0,04	3,90
8	C20/25	35,54	36,57	35,13	35,75	0,7	2,1	1,44	30,68	31,9	33,08	31,89	1,20	3,8	2,4	1,12	0,04	3,96
9	C25/30	38,79	39,86	42,37	40,34	1,8	4,6	3,58	37,48	36,91	32,98	35,79	2,45	6,8	4,5	1,13	0,04	3,52
10	C25/30	39,58	41,38	40,45	40,47	0,9	2,2	1,8	36,7	37,89	38,49	37,69	0,91	2,4	1,79	1,07	0,04	3,41
11	C35/45	55,15	54,57	52,96	54,23	1,1	2,1	2,19	47,35	46,11	46,55	46,67	0,63	1,3	1,24	1,16	0,03	2,67
12	C35/45	53,87	54,29	52,3	53,49	1,0	2,0	1,99	48,3	48,04	48,31	48,22	0,15	0,3	0,27	1,11	0,03	2,63
13	C16/20	29,17	28,3	28,47	28,65	0,5	1,6	0,87	27,1	27,16	28,51	27,59	0,80	2,9	1,41	1,04	0,05	4,74
14	C16/20	29,65	29,35	28,64	29,21	0,5	1,8	1,01	27,08	27,9	28,8	27,93	0,86	3,1	1,72	1,05	0,05	4,66
15	C20/25	30,73	31,53	30,34	30,87	0,6	2,0	1,19	29,76	29,9	28,87	29,51	0,56	1,9	1,03	1,05	0,05	4,41
16	C20/25	30,88	31,12	31,54	31,18	0,3	1,1	0,66	28,99	29,52	28,66	29,06	0,43	1,5	0,86	1,07	0,05	4,43
Q average (c _l)					38,40	0,93	2,35	1,70				34,57	0,95	2,84	1,79	1,11	0,042	3,79
UCL						2,38		4,39					2,45		4,60			
LCL						0,00		0,00					0,00		0,00			
Σ ₁						1,05		1,01					1,08		1,05			
Vc %						2,72		2,62					3,12		3,05			



Διαγ.4.1.1 Χαρτης ελεγχου Shewhart για αντοχες Κυβων/Κυλινδρων σε 28 ημ.



Διαγ.4.1.2 Χαρτης ελεγχου Shewhart για αντοχες Κυβων σε 7/28 ημ

4.2 Πίνακας πρόβλεψης συσχέτισης βάση του μοντέλου Κ.Τ.Σ

KTS							
Cyl	8	9,2	12,8	18,4	25,4	39,5	45
Cube	10,9	12,6	16,8	23,6	31,5	47,3	53,9

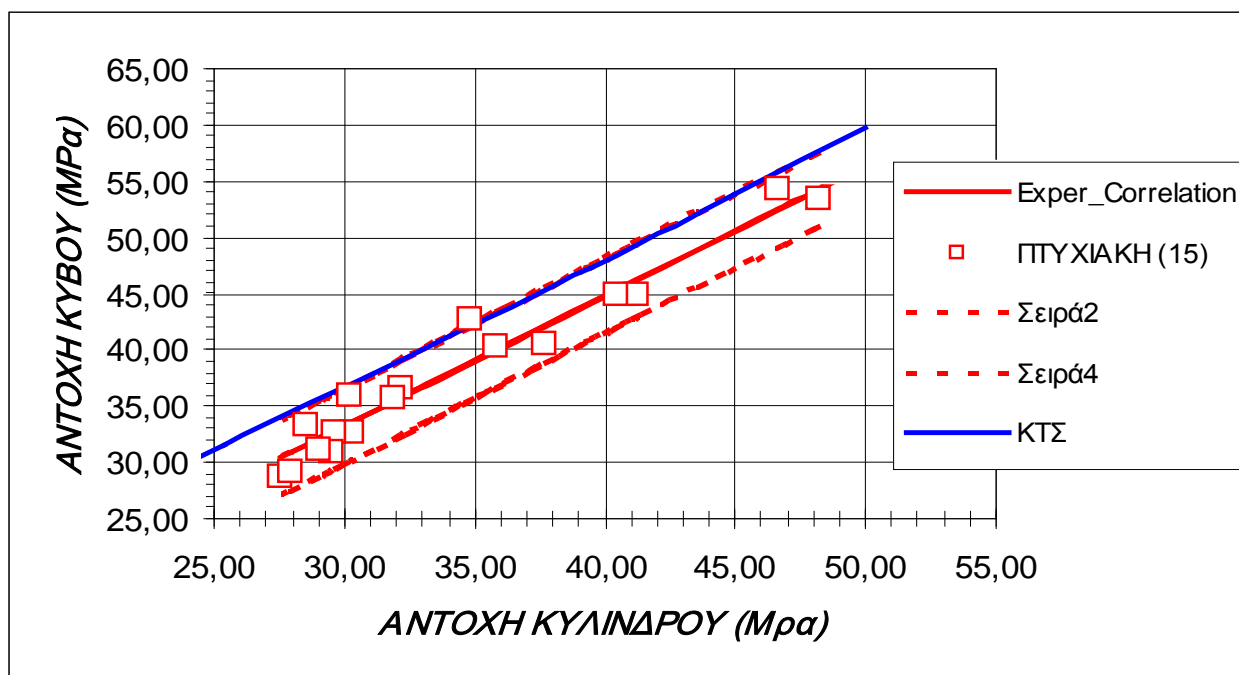
Str_Cube=	1,97	+str_Cyl*	1,15	KTS
-----------	------	-----------	------	-----

R=	0,9999
Std_Err	0,2435

Str_Cube=	-1,42	+str_Cyl*	1,15	Experimental
-----------	-------	-----------	------	--------------

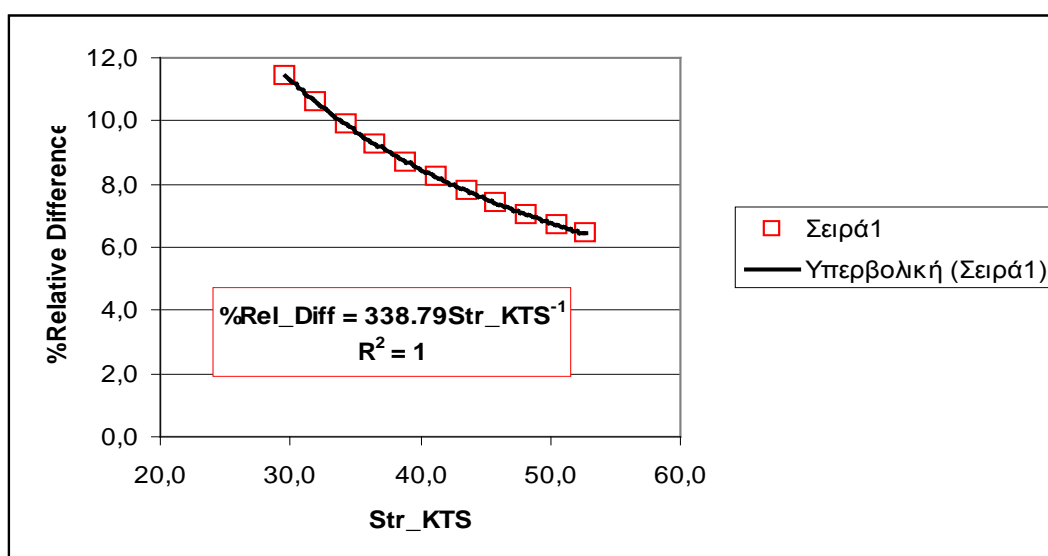
Aver	3,44
Stdev	1,549
t(0.95,16)	2,12
Upp_Lim	0,80
Low_Lim	-0,80
Std_Err	1,67

Str_Cyl	Str_Cube	Cube_Calc	Error	Upper_Lim	Low_Lim	KTS	Diff
34,83	42,64	38,80	14,726	42,1	35,5	42,19	0,449
30,17	35,99	33,42	6,620	36,8	30,1	36,81	0,815
30,28	32,55	33,55	1,005	36,9	30,2	36,94	4,390
29,62	32,58	32,78	0,041	36,1	29,4	36,17	3,591
41,22	44,89	46,19	1,700	49,5	42,9	49,58	4,692
40,44	44,91	45,28	0,141	48,6	41,9	48,67	3,763
32,20	36,61	35,77	0,713	39,1	32,4	39,16	2,544
31,89	35,75	35,41	0,115	38,7	32,1	38,79	3,048
35,79	40,34	39,92	0,180	43,3	36,6	43,30	2,963
37,69	40,47	42,11	2,701	45,5	38,8	45,50	5,031
46,67	54,23	52,48	3,047	55,8	49,1	55,87	1,642
48,22	53,49	54,27	0,610	57,6	50,9	57,66	4,169
27,59	28,65	30,44	3,232	33,8	27,1	33,83	5,186
27,93	29,21	30,83	2,625	34,2	27,5	34,22	5,008
29,51	30,87	32,66	3,223	36,0	29,3	36,05	5,183
29,06	31,18	32,14	0,919	35,5	28,8	35,53	4,346
28,53	33,25	31,53	2,944	34,9	28,2	34,92	1,672



4.3 Πίνακας της διαφοράς % των εκτιμήσεων πτυχιακής και ΚΤΣ

Str_Cyl	Str_Exper	Str_KTS	Rel_Diff
24	26,3	29,7	11,4
26	28,6	32,0	10,6
28	30,9	34,3	9,9
30	33,2	36,6	9,3
32	35,5	38,9	8,7
34	37,8	41,2	8,2
36	40,2	43,5	7,8
38	42,5	45,9	7,4
40	44,8	48,2	7,0
42	47,1	50,5	6,7
44	49,4	52,8	6,4



4.4 Πίνακας των θλιπτικών αντοχών 7ήμερων κυβικών δοκιμίων

Cube	28d Aver	cube 7d		Aver	Growth Developpment Ratio
42,64	34,4	34,4	34,6	34,5	0,81
35,99	27,1	27,1	27,5	27,3	0,76
32,55	25,5	25,5	25,7	25,6	0,79
32,58	24,5	24,5	25,1	24,8	0,76
44,89	38	38	37,4	37,7	0,84
44,91	34,8	34,8	37,3	36,05	0,80
36,61	28,9	28,9	27,3	28,1	0,77
35,75	30	30	30,1	30,05	0,84
40,34	33,9	33,9	32,2	33,05	0,82
40,47	32,7	32,7	31,7	32,2	0,80

4.5 Ανεξάρτητη πρόβλεψη συσχέτισης με γρήση διπλού λογαριθμικού

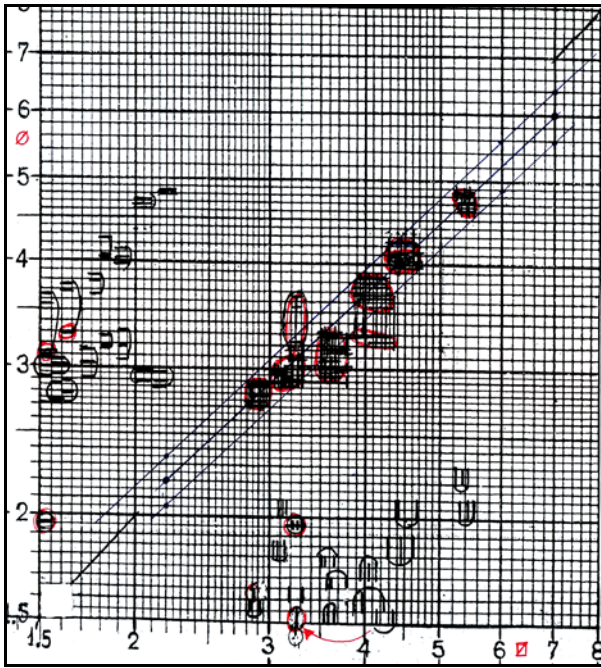
Σε αυτό το κεφάλαιο της πτυχιακής, έγινε η προσπάθεια συσχέτισης των θλιπτικών αντοχών με έναν διαφορετικό και ανεξάρτητο τρόπο από αυτόν που βασίζονταν στην γραμμική παλινδρόμηση των στοιχείων του ΕΚΤΣ. Πρόκειται για έναν γραφικό τρόπο που αποκονίζει την κατανομή όλων των δοκιμών, κυλινδρικών και κυβικών.

Βάση λοιπόν των παραπάνω τρόπου, συσχέτιστηκε κάθε κυβικό δοκίμιο μιας δειγματοληψίας με κάθε κυλινδρικό της ίδιας δειγματοληψίας. Δηλαδή τα τρία κυβικά δοκίμια με τα αντίστοιχα τρία κυλινδρικά δοκίμια της ίδιας συγκεκριμένης δειγματοληψίας δώσανε (3×3) εννιά σημεία συσχετισμού. Όλα τα σημεία εισάχθηκαν σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα κατάλληλα μεγενθυμένο στην δικιά μας περιοχή διασποράς.

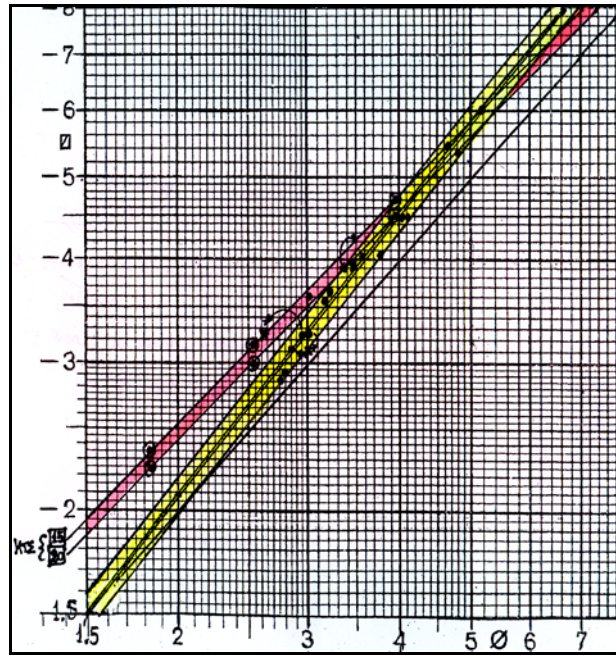
Επίσης στο ίδιο διάγραμμα(κάθε φορά ανάλογα με την περίπτωση) σχεδιάστηκαν και οι ευθείες α) όπου $X_{\text{κυβου}} = X_{\text{κυλινδρου}} (45^\circ)$, β) οι ευθείες για τα κυβικά ακμής 15 και 20 cm του ΕΚΤΣ.

Η διπλή γραμμή είναι η πρόβλεψη μας η οποία και εκφράζει την κεντρική τάση των αποτελεσμάτων μας, και τα όρια του εύρους εμπιστοσύνης αυτής είναι οι παράλληλες ευθείες δεξιά και αριστερά(διαγ. 4.5.3) που εγκλωβίζουν όπως θα δούμε και παρακάτω περίπου το 95% των στοιχείων μας. Επιλύοντας την κατάλληλη εξίσωση ισότητας που προκύπτει από την γραμμή κεντρικής τάσης τυπολογούμε μια πρόβλεψη για την εξίσωση που ακολουθεί η ευθεία και είναι $Y = 0,713 \times X^{1,125}$

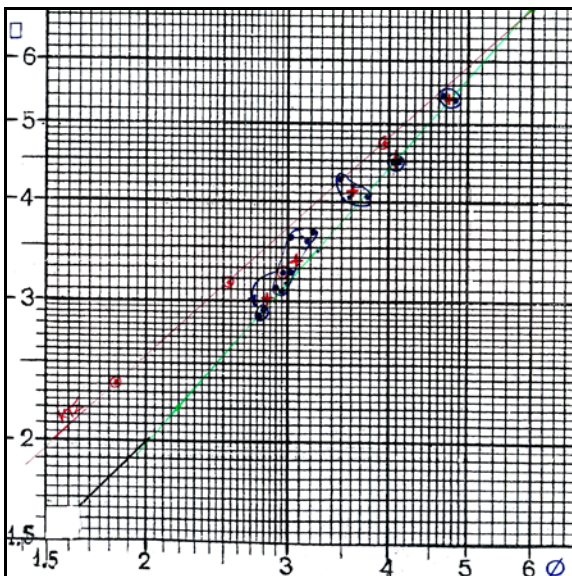
Στην πρόβλεψη αυτήν όμως έπρεπε να δοθούν και κάποια όρια εμπιστοσύνης τα οποία επειδή είναι σε λογαριθμικό διάγραμμα έπρεπε να μετατραπούν σε απόλυτες κανονικές τιμές. Παρατηρώντας το διάγραμμα 4.5.3 έχουμε μια πρώτη εκτίμηση που είναι της τάξης του 19% αστοχίας (ή 81% αξιοπιστίας) με 3 από τα 16 σημεία εκτός ορίων ελέγχου. Αλλά με εξαίρεση των δυο εκ των τριών σημείων κατά κανόνα, έχουμε την τελική εκτίμηση περίπου στο 6,25% αστοχίας (ή 94,75% αξιοπιστίας).



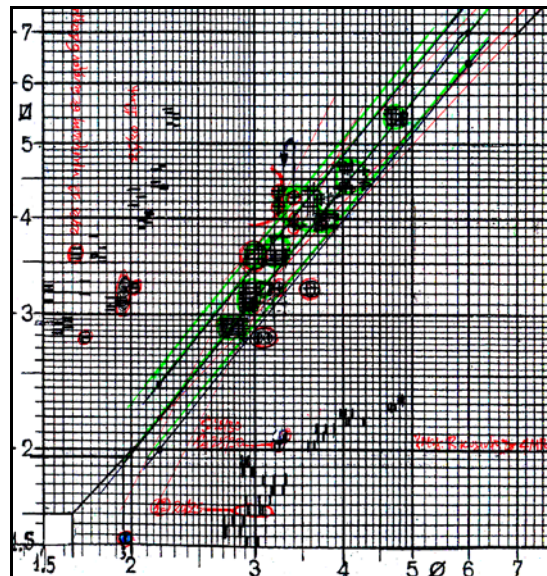
4.5.1 Διάγραμμα συσχέτισης όλων των δοκιμών (μεταξύ τους κυλ. και κυβ.) και όλων των δειγματοληψιών.



4.5.2 Γραφικός τρόπος που αποικονίζει την κατανομή των μέσων όρων των κυβικών και των κυλινδρικών την κεντρική τάση, τα όρια εμπιστοσύνης μαζί με ΚΤΣ



4.5.3 Κατανομή των μ.ο. των κυλ και κυβ. δοκιμών καθώς και του μ.ο. κάθε Κατηγορίας σκυροδέματος.



4.5.4 Πληρέστερο διάγραμμα συσχέτισης όλων των δοκιμών μεταξύ τους.

4.6 Πίνακας σύγκρισης των δυο προβλέψεων συσχέτισης των θλιπτικών αντοχών

Str_Cyl	Str_KΤΣ	Str_EXP_1(KΤΣ)	Str_EXP (2LOG)	Dif_Range
24	29,7	26,3	25,5	0,8
26	32,0	28,6	27,9	0,8
28	34,3	30,9	30,3	0,6
30	36,6	33,2	32,7	0,5
32	38,9	35,5	35,2	0,4
34	41,2	37,8	37,7	0,2
36	43,5	40,2	40,2	0,0
38	45,9	42,5	42,7	0,2
40	48,2	44,8	45,2	0,5
42	50,5	47,1	47,8	0,7
44	52,8	49,4	50,3	0,9

Average	0,5
Sd	0,30

4.7 Πίνακας ελέγχου σταθερότητας μύγματος καπελώματος κυλινδρικών δοκιμίων

ΚΟΣΚΙΝΟ	ΑΝ.ΟΠΗΣ	R %				P %				RA,B	RΓ,Δ	ΧA,B	ΧΓ,Δ	RΧAB,ΧΓΔ		
		A	B	Γ	Δ	A	B	Γ	Δ							
90	0,09	29	28	30,5	30	71	72	69,5	70	1	0,5	71,5	69,75	1,75		
125	0,125	28	22	28,5	29	72	78	71,5	71	6	0,5	75	71,25	3,75		
200	0,2	25,5	24,5	27	26,5	74,5	75,5	73	73,5	1	0,5	75	73,25	1,75		
315	0,315	8,5	8,5	7	9	91,5	91,5	93	91	0	2	91,5	92	0,5		
										AVER	2	0,875			AVER	1,94



5.1 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Από το πειραματικό μέρος και την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτουν αξιόλογα και αξιόπιστα συμπεράσματα τα οποία και αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω. Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων όπως φαίνεται και στα κεφάλαια 3 και 4 χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα πρότυπα ISO, πρότυπες προδιαγραφές (ENV, prEN, EN) καθώς και ελληνικές προδιαγραφές και κανονισμοί, που καταγράφηκαν με τέτοιο τρόπο σε πίνακες ώστε να είναι ευανάγνωστοι και κατανοητοί χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία. Επομένως και εδώ τα συμπεράσματα παρατίθενται με την παραπάνω λογική και μάλιστα με αναφορά σε πρότυπα και προδιαγραφές οσον αφορά την ορθότητα τους.

Αρχικά αναλύοντας τον πιν 4.1.1, παρατίθενται όλα τα αποτελέσματα των θραύσεων των κυλινδρικών και των κυβικών δοκιμών καθώς και η στατιστική επεξεργασία αυτών σύμφωνα με το πρότυπο [ISO 8258:1991]. Για την ορθότερη επεξεργασία των θλιπτικών αντοχών εξαιρέθηκαν από δυο δειγματοληψίες ένα και ένα κυβικό δοκίμιο, των οποίων οι αντοχές ήταν σημαντικά χαμηλότερες. Οι εξαιρέσεις των τιμών αυτών δικαιολογούνται ως εξής :

α) η τάση των άλλων δυο δοκιμών της τριάδας δείχνει ότι ο μέσος όρος της τιμής θραύσης της τριάδας των δοκιμών κυμαίνεται κοντά στο μέσο ορό των δυο αυτών δοκιμών, άρα έχουμε κατασκευαστικό λάθος σε αυτά τα δοκίμια που όπως επισημαίνεται και από της παρατηρήσεις του φύλλου έργου στις θραύσεις, δεν είχαμε και στα δυο καλή συμπύκνωση,

β) όπως φαίνεται από το διάγραμμα 4.1.2 το οποίο συγκρίνει τις τυπικές αποκλίσεις των κυβικών δοκιμών ηλικίας 28 ημερών σε θραύση στο ΕΚΕΤ και τις τυπικές αποκλίσεις των κυβικών δοκιμών ηλικίας 7 ημερών σε θραύση στην ΕΡΓΑΝΗ ,φαίνεται ότι ο ίδιος εργαστηριακός σε κατασκευή δοκιμών σε 7 ημέρες σε ένα πολύ καλό εργαστήριο (σημείο αναφοράς), έχει πολύ καλά αποτελέσματα πολύ κοντά στο μέσο όρο των τυπικών αποκλίσεων. Επομένως μπορούν να εξαιρεθούν κάποιες τιμές των κυβικών 28 ημερών οι οποίες είναι πολύ κοντά στο άνω όριο των 2 τυπικών αποκλίσεων.

Ολοκληρώνοντας τις εξαιρέσεις των δοκιμών έχουμε και ένα κυλινδρικό δοκίμιο στην τέταρτη δειγματοληψία το οποίο εξαιρέθηκε γιατί η αντοχή του ήταν αισθητά χαμηλή

από αυτήν που υποδείκνυε ο μέσος όρος των άλλων δυο δοκιμίων. Αυτό γιατί η δειγματοληψία για την οποία γίνεται λόγος ήταν στην αρχή της πτυχιακής και η απειρία μας στην κατασκευή και θραύση κυλινδρικών δοκιμίων ήταν δεδομένη καθώς και από το γεγονός ότι στις παρατηρήσεις του φύλλου έργου τη 4^η δειγματοληψία το καπέλωμα στο συγκεκριμένο δοκίμιο ήταν σαθρό. Τέλος η τελευταία 17^η δειγματοληψία εξαιρέθηκε εντελώς από τον στατιστικό έλεγχο γιατί η θραύση των κυλινδρικών δοκιμίων δεν έγινε στο ΕΚΕΤ αλλά σε άλλο ιδιωτικό εργαστήριο και η οποία όμως απέτυχε αφού η πρέσα του εργαστηρίου ήταν εκτός προδιαγραφών.

Αφού δικαιολογήθηκαν οι εξαιρέσεις των δοκιμίων από τον στατιστικό έλεγχο τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής :

α) Ο μέσος όρος όλων των πειραματικών τυπικών αποκλίσεων όλων των τριάδων κυβικών(= 0.93) και κυλινδρικών(=0.95) δοκιμίων ηλικίας 28 ημερών είναι εντός των άνω και κάτω ορίων ελέγχου του μέσου όρου της πειραματικής τυπικής απόκλισης και στις δυο περιπτώσεις (2,38 για τα κυβικά και 2,45 για τα κυλινδρικά). Το αυτό όριο ελέγχου εκφράζεται από το εύρος 3 τυπικών αποκλίσεων. Έλεγχος όμως σε στενότερα όρια των 2 τυπικών αποκλίσεων, οι παραπάνω τιμές είναι πάλι εντός αυτών των ορίων.

β) Ο μέσος όρος όλων των πειραματικών τιμών του εύρους όλων των τριάδων κυβικών(= 1.70) και κυλινδρικών(=1.79) δοκιμίων ηλικία 28 ημερών είναι εντός των άνω και κάτω ορίων ελέγχου του μέσου όρου της εύρους και στις δυο περιπτώσεις (4.39 για τα κυβικά και 4.60 για τα κυλινδρικά). Το αυτό όριο ελέγχου όπως αναφέραμε και παραπάνω εκφράζεται από το εύρος 3 τυπικών αποκλίσεων ,ο έλεγχος όμως σε στενότερα όρια των 2 τυπικών αποκλίσεων δείχνει ότι οι παραπάνω τιμές είναι και πάλι εντός αυτών των ορίων.

γ) Ο συντελεστής μεταβλητός C_v% κανονικά δεν θα έπρεπε να εφαρμόζεται εδώ για δύο λόγους. Πρώτων για τον λίγο αριθμό δοκιμίων εντός της πτυχιακής και δεύτερον γιατί μας δίνει κυρίως το level της αντοχής εντός της τριάδας των δοκιμίων. Γι'αυτό και δεν των αξιολογούμε παιρετέρω βάζοντας του όρια ελέγχου. Έτσι γίνεται η χρήση του κυρίως για να αξιολογήσουμε την ικανότητα μας στην κατασκευή των δοκιμίων και στη περίπτωση μας φαίνεται το αυτονόητο δηλαδή ότι η ικανότητα μας στην κατασκευή και

θραύση κυβικών δοκιμίων ($C_v\% = 2.35$) είναι λίγο καλύτερη από αυτήν των κυλινδρικών ($C_v\% = 2.84$)

δ) Η αντιπροσωπευτική τυπική απόκλιση εντός του τεστ της δοκιμής (επαναληψιμότητα απείρου πλυθισμού) σ_1 που υπολογίζεται με δυο τρόπους, ένας που την εκφράζει συναρτήσει του μέσου όρου των τυπικών αποκλίσεων και ένας που την εκφράζει συναρτήσει του μέσου όρου του εύρους των τριάδων των δοκιμίων, είναι καταρχάς αρκετά μικρή και περίπου ίση με 1 και κατά δεύτερον σημαντικά ίδια (απόκλιση < 5 στο δεύτερο δεκαδικό) και για τους κύβους και για τους κυλίνδρους. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι τα αποτελέσματα όχι απλώς μας δείχνουν ότι είχαμε επαναληψιμότητα και αναπαραγωγή στον τρόπο δουλειάς μας αλλά και μάλιστα επαληθεύεται το συμπέρασμα αυτό με δυο τρόπους.

ε) Οι συντελεστές μεταβλητότητας της αντιπροσωπευτικής τυπικής απόκλισης εντός του τεστ για τους κύβους και με τους τρόπους που υπολογίστηκαν είναι πολύ κοντά και μικρότερη του 3 (2.72 και 2.62) όπου σύμφωνα με την ACI 214-77 κρίνεται σαν τρόπος εργασίας εντός των τεστ της πτυχιακής άριστος. Για τους κυλίνδρους τώρα οι συντελεστές μεταβλητότητας είναι 3.12 και 3.05 μεγαλύτεροι του 3 και σύμφωνα με την ACI 214-77 ο τρόπος εργασίας κρίνεται πολύ καλώς. Άρα διακρίνεται και εδώ καθαρά το συμπέρασμα ότι υπάρχει έλλειψη πείρας στην κατασκευή, θραύση και καπέλωμα στα κυλινδρικά δοκίμια ενώ στα κυβικά δοκίμια σε αντίθεση είμαστε άριστοι σε όλα τα στάδια κατασκευής και θραύσης.

στ) Οι πειραματικοί λόγοι κύβου προς κυλίνδρου δεν φαίνεται να συμφωνούν με τις αντοχές απόλυτα και έχουμε μια διακύμανση ελάχιστου/μέγιστου από 1.04 έως 1.22. Το υπολογιζόμενο τυπικό σφάλμα του λόγου που στην ουσία είναι αβεβαιότητα της μεθόδου φαίνεται να είναι της τάξης του 0.04 με 0.05 που είναι αρκετά μικρό. Ο δε συντελεστής μεταβλητότητας του λόγου δίνει ένα μέσο όρο στα 3.79 (> 3) που όμως δεν υπάρχουν συγκριτικά στοιχεία για περαιτέρω αξιολόγηση αυτού του στοιχείου και επομένως δεν μπορεί να κριθεί κάτι από αυτό.

Το γενικό συμπέρασμα όλων το παραπάνω που προκύπτει από την στατιστική επεξεργασία του πιν 4.1.1 είναι ότι αυτοκρινόμενοι καταλήξαμε στο ότι ο σχεδιασμός και οι

εργαστηριακές δοκιμές που επιλέξαμε για την εκτέλεση της πτυχιακής κρίνονται από πολύ καλοί έως άριστοι.

Στο διάγραμμα 4.1.1 που είναι χάρτης ελέγχου Shewhart για την τυπική απόκλιση Sd φαίνεται ότι έχουμε καλύτερη κατανομή στον κύβο 28 ημερών και όλα τα σημεία του είναι εντός των ορίων ελέγχου. Ενώ για τον κύλινδρο έχουμε μεγάλη διασπορά των σημείων και όλα τα σημεία εντός ορίων ελέγχου πλην ενός οριακού. Άρα το συμπέρασμα είναι ότι εμπειρία μας στον κύβο είναι πολύ καλή σε αντίθεση με τους κυλίνδρους, όπου φαίνεται η έλλειψη ικανότητάς για αριστο αποτέλεσμα.

Προχωρώντας με τα συμπεράσματα και φτάνοντας στην πρόβλεψη συσχέτισης με βάση του μοντέλο του ΕΚΤΣ ο πιν 4.2.1 μας δείχνει ότι γραμμική παλινδρόμηση στις τιμές του πιν 13.2.3 του ΚΤΣ μας δίνει μια καλή γραμμική συσχέτιση πολύ κοντά στο 1, με τυπικό σφάλμα αρκετά μικρό περίπου στο 0.2435 και κλίση 1.15. Στην δικιά μας παραδοχή ότι η κλίση παραμένει ίδια υπολογίζεται η αποτέμνουσα -1.42 της οποίας η γραμμική παλινδρόμηση των τιμών δίνει ένα υπολογιζόμενο τυπικό σφάλμα 1.67 (το μικρότερο δυνατό για να έχουμε την αυτή αποτέμνουσα). Απεικονίζοντας τις τιμές των δυο αυτών τύπων πάνω μαζί με το άνω και κάτω όρια ελέγχου στο διάγραμμα 4.2.1 προκύπτει ότι το πάνω όριο της πειραματικής ευθείας μας συμπίπτει οριακά με την ευθεία του ΚΤΣ. Συνεπώς διαφαίνεται ότι ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος υπερεκτιμά τις αντοχές του σε όφελος όχι του πελάτη αλλά του παραγωγού. Δηλαδή υπερεκτιμά τα κυβικά δοκίμια σε σχέση με τα κυλινδρικά και το αντίστροφο υποεκτιμά τις αντοχές κυλίνδρου.

Αναλύοντας περισσότερο τον πειραματικό τύπο της συσχέτισης και αυτόν που προκύπτει από τον ΚΤΣ της παραγράφου 4.2 οδηγούμαστε στον πιν 4.3.1 ο οποίος εκφράζει την % διαφορά των δυο εκτιμήσεων. Από το διάγραμμα 4.3.1 λοιπόν συμπεραίνουμε ότι η σχετική διαφορά μεταξύ των δυο αυτών εκτιμήσεων μειώνεται όσο αυξάνεται το level αντοχής. Μάλιστα αποδείχθηκε ότι τα σημεία αυτή ακολουθούν μια εξίσωση με αρίστη γραμμική συσχέτιση ίση με 1 ακριβώς. Ο τύπος αυτό είναι $%Rel_Diff = 338.79 * Str_KTΣ^{-1}$.

Συγκρίνοντας τώρα τα αποτελέσματα των θλιπτικών αντοχών των κυβικών δοκιμίων των 7 ημερών σε αντιστοιχία με αυτά των 28 ημερών της ίδιας δειγματοληψίας για διαφορετικές κατηγορίες θλιπτικών αντοχών σκυροδέματος, μέθοδος που αποτελεί συνήθη πρακτική των

εταιρειών σκυροδέματος για την εκτίμηση της αντοχής 28 ημερών, βλέπουμε ότι η μέθοδος συντήρησης που ακολουθήθηκε ήταν επαναλήψιμη και αναπαραγωγίσιμη, χωρίς να προκαλεί σημαντικές διαφοροποιήσεις στις τελικές μετρούμενες τιμές, αφού όπως φαίνεται από τον μέσο όρο του λόγου ανάπτυξης είναι της τάξης του 0.8 με μια τυπική απόκλιση μικρότερη της μονάδος.

Στην πρόβλεψη της συσχέτισης που πραγματοποιήθηκε χωρίς την γραμμική παλινδρόμηση των τιμών του ΚΤΣ, αλλά με τη χρήση ενός αλλού μοντέλου το οποίο προέβλεπε την συσχέτιση όλων των δοκιμών μια δειγματοληψίας (κυλινδρικών και κυβικών) σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα, υπολογίσαμε μια εξίσωση η οποία μας δίνει την κεντρική τάση της διασποράς των τιμών μας και είναι η $Y = 0,713 \times X^{1,125}$ με όρια στο $\pm 6.25\%$. Από τα διαγράμματα που παρατείνονται στην παράγραφο 4.5 προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα :

α) Στα διαγράμματα 4.5.1 και 4.5.3 φαίνεται ότι έχουμε περιοχές υποεκτίμησης της αντοχής και για κυλινδρικά και για κυβικά δοκίμια. Ιδίως στα κυλινδρικά σε δυο περιοχές φαίνεται να υπάρχει μεγάλο Range που υποδηλώνει πρόβλημα στην διαδικασία καπελώματος. Κάποιες περιπτώσεις στις οποίες τα δοκίμια εξαιρέθηκαν κατά κανόνα δεν ληφθήκαν υπόψη στις διασταυρώσεις των συσχετισμών και κατ'επέκταση στα συμπεράσματα.

β) Στα διάγραμμα 4.5.2 και 4.5.4 όπου σχεδιάστηκε η κεντρική τάση της διασποράς των σημείων με τα όρια της φαίνεται ότι στις χαμηλές αντοχές δηλαδή σε μικρές κατηγορίες σκυροδέματος έχουμε άλλη τάση απ'οτι στις μεγάλες κατηγορίες. Άρα απαιτείται παιρετέρω έλεγχος σε αυτά τα σημεία αμφισβήτησης. Επίσης θα μπορούσε κανείς να πει ότι είναι σωστές οι εκτιμήσεις της πτυχιακής για την περιοχή του κανονισμού που ορίζεται από την περιοχή αντοχών κύβου από 47-60 MPa. Ακόμα για τις πάνω από 56 MPa αντοχές κυλίνδρου ο ΚΤΣ υποεκτιμά τις αντοχές κύβου σε όφελος του αγοραστή και όχι του παραγωγού. Σε αντίθεση με τις τιμές της περιοχής κυλίνδρου έως 35 MPa όπου ο ΚΤΣ υπερεκτιμά σημαντικά της αντοχές κύβου σε όφελος του παραγωγού.

Συνοψίζοντας τα δυο παραπάνω συμπεράσματα μπορούμε να πούμε ότι στη περίπτωση που τυποποιείται ένα έργο σε αντοχή κυλίνδρου και επιθυμούμε να προδιαγράψουμε το

έργο σε αντοχή κύβου, εύλογο είναι η εκτίμηση του κύβου να γίνει με υπερεκτίμηση και οι τύποι να δίνουν απαίτηση μεγαλύτερων αντοχών λόγω ασφαλείας στους κύβους. Εάν το έργο έχει γίνει με κύβους και η εκτίμηση με κυλίνδρους, γιατί είναι έργο περατωμένο και η πειρηνοληψία έχει γίνει με πυρήνες κυκλικής διατομής, τότε η εκτίμηση του κύβου θα έδινε πολύ μεγαλύτερες αντοχές από το πραγματικές και θα ευνοούσε τον κρινόμενο. Σκέψη η οποία είναι σωστή, δηλαδή να είσαι ευνοϊκός λόγω και των αναμένων σφαλμάτων στην συσχέτιση κύβου/κυλίνδρου.

Σε μια σύγκριση των δυο τύπων που προέκυψαν με διαφορετικά όμως μοντέλα συσχέτισης και επεξεργασίας των πειρατικών τιμών συμπαιρένουμε με την βοήθεια του πίνακα της παραγράφου 4.6, ότι το εύρος (range) των αντοχών που προέκυψε σε εφαρμογή τους πάνω σε τυχαίες τιμές κυλίνδρου δίνει έναν μέσο όρο 0,5 με τυπική απόκλιση 0,3. Το αξιόλογο προσοχής είναι ότι η διαφορά αυτή είναι θετική και υπέρ του τύπου που προέκυψε βάση του μοντέλου του ΚΤΣ για σχετικά μικρές αντοχές κυλίνδρου, όμως κάπου μηδενίζεται και γίνεται αρνητική, για μεγάλες αντοχές κυλίνδρου υπέρ του τύπου που προέκυψε από την συσχέτιση των τιμών σε λογαριθμικό διάγραμμα.

Τέλος στην διαδικασία καπελώματος διασφαλίσαμε όπως φαίνεται και στον πίνακα της παραγράφου 4.7 τόσο την επαναληψιμότητα όσο και αναπαραγωγιμότητα του μείγματος καπελώματος σε πολύ καλό βαθμό. Οι αντοχές σε θλίψη που έδωσε το υλικό καπελώματος βάση των κυβικών δοκιμίων ακμής 50 mm που αναφέρει και η AASHTO C 617 έδωσαν πολύ καλή αναπαραγωγιμότητα αλλά έναν μέσο όρο κοντά στο 30,71 MPa με μέγιστη τιμή το 36,1 MPa. Επόμενος απαιτείται επανέλεγχος όσον αφορά την αντοχή καπελώματος.

6.1 Επεξήγηση Συμβόλων

6.1.1 Συντμήσεις

ΕΛ.Ο.Τ.	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης .
Κ.Ε.Δ.Ε	Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων Έργων.
Ε.Κ.Ε.Τ.	Ελληνικό Κέντρο Ελέγχου Τσιμέντου ,ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ
Π.Ε.Τ.ΥΑ	Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών (αίθουσα Β216), του τμήματος Φυσικής- Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών της σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ.
Τ.Ε.Ι.	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

6.2 Κανονισμοί –Προδιαγραφές

6.2.1 Ακρωνύμια

ASTM	American Society for testing and Materials
A.C.I.	American Concrete Institute
EN	Europäische Norm
Κ.Τ.Σ.	Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος
ISO	International Standard

7.1 Βιβλιογραφία

- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος(Φ.Ε.Κ. :266/B/9-5-1985).
- Έκθεση Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1985.
- Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος(Φ.Ε.Κ. :17/04/1997,ΥΠ.Α .Δ14/19164).
- Έκθεση Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1997.

7.2 Κανονισμοί-προδιαγραφές-πρότυπα

Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε./Κ.Ε.Δ.Ε./ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ Σ/Δ

- ΣΚ-303 Μέθοδος παρασκευής και συντήρησης δοκιμίων σκυροδέματος.
- ΣΚ-304 Μέθοδος ελέγχου αντοχής σε θλίψη για δοκίμια σκυροδέματος.
- ΣΚ-308 Χημικά πρόσθετα σκυροδέματος.
- ΣΚ-309 Μέθοδος δοκιμής κάθισης.
- ΣΚ-350 Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος.

ΕΛΟΤ

- ΕΛΟΤ 345-79 [ΣΕΠ] Το ύδωρ αναμίξεως και συντηρήσεως σκυροδέματος.
- ΕΛΟΤ 346-79 [ΣΕΠ] Έτοιμο σκυρόδεμα.
- ΕΛΟΤ 408-79 [ΣΕΠ] Θραυστά αδρανή δια συνήθη σκυροδέματα.
- ΕΛΟΤ 516-82 [ΣΕΠ] Νωπό σκυρόδεμα δειγματοληψία.
- ΕΛΟΤ 521-81[ΣΕΠ] Δοκιμή κάθισης.
- ΕΛΟΤ 671-81 [ΣΕΠ] Παρασκευή και συντήρηση δοκιμίων σκυροδέματος.
- ΕΛΟΤ 722-81 [ΣΕΠ] Έλεγχος αντοχής σε θλίψη για δοκίμια σκυροδέματος.
- ΕΛΟΤ 778-81 [ΣΕΠ] Μελέτη συνθέσεως σκυροδέματος .

AASHTO

- AASHTO T 22-92 Compressive strength of concrete specimens.
- AASHTO T23-93 Making and curing concrete test specimens in the field.
- AASHTO T 26-79 Quality of water to be used in concrete.
- AASHTO T 119-93 Slump of hydraulic cement concrete.
- AASHTO T 126-93 Making and curing concrete test specimens in the laboratory.
- AASHTO T 1414-93 Sampling freshly mixed concrete.
- AASHTO 152-93 Air content of freshly mixed concrete dye the pressure method.

ASTM

- ASTM C 31M- 96 Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field.
- ASTM C 33-93 Standard specification for concrete aggregates.
- ASTM C 94-98 Standard specification for ready mixed concrete.
- ASTM C 172-90 Standard practice for sampling freshly mixed concrete.
- ASTM C 192M- 95 Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory.
- ASTM C 494 –92 Standard specifications for chemical admixtures for concrete.
- ASTM C511-97 Standard specification for moist cabinets, moist rooms and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concrete.

ISO

- ISO 3301 Statistical interpretation of data-Comparison of two means in the case of paired observations.
- ISO 7870:1993 Control charts –General guide introduction.
- ISO 8258:1991 Shewhart control charts.

7.3 Εγχειρίδια

A.C.I.

- A.C.I. 214-77(1997) Recommended practice for evaluation of strength test results of concrete.

7.4 Ανακοινώσεις συνεδρίων

ΘΕΜΑ «Στατιστικός έλεγχος ποιότητας παραγωγής τσιμεντοσκυροδέματος. Στατιστική αξιολόγηση και αξιοποίηση εργαστηριακών αποτελεσμάτων συμβατικής θλιπτικής αντοχής».

Εισηγητές :Ν.Νικολάου – Α.Φωτόπουλος

13^ο Συνέδριο Σκυροδέματος

7.5 Πτυχιακές εργασίες

- ΘΕΜΑ « Πειραματική εκτίμηση συνολικής αβεβαιότητας της μεθόδου προσδιορισμού της συμβατικής θλιπτικής αντοχής ετοιμού σκυροδέματος σε συγκεκριμένο εργαστήριο. »

Σπουδαστής : Κωνσταντοπουλος Ανδreas

(ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2003)

- ΘΕΜΑ « Συσχέτιση των θλιπτικών αντοχών συζυγών συμβατικών δοκιμίων σκυροδέματος με συντήρηση αντίστοιχα, σε θάλαμο υγρασίας και νερό . »

Σπουδάστρια : Καραμάνου Σοφία

(ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2003)

- ΘΕΜΑ « Συσχέτιση των θλιπτικών αντοχών συντροφικών δοκιμίων τσιμεντοσκυροδέματος συμβατικής και επιταχυνόμενης συντήρησης. »

Σπουδαστής : Χατζηγιαννης Χρηστος

(ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2001)

Α.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΠΡΟΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ

Εργαστηριακή αξιολόγηση του διεργαστηριακού τεστ.

Α/Α ΗΜΕΡΑΣ	Όνομα Εργαστηριακού	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜ/ΙΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΙΑΣ	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΘΡΑΥΣΗΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΘΡΑΥΣΗΣ	ΑΝΤΟΧΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ σε(Mpa)
01	Χρήστος	17/04/04	Π.Δ1,1	15/07/02	Π.Δ1,1	32,7
01	Ανδρέας	17/04/02	Π.Δ1,2	15/07/02	Π.Δ1,2	32,6
01	Γιάννης	17/04/02	Π.Δ1,3	15/07/02	Π.Δ1,3	32,6
02	Χρήστος	19/04/02	Π.Δ2,1	17/07/02	Π.Δ2,1	33,5
02	Ανδρέας	19/04/02	Π.Δ2,2	17/07/02	Π.Δ2,2	33,7
02	Γιάννης	19/04/02	Π.Δ2,3	17/07/02	Π.Δ2,3	33,4
03	Χρήστος	24/04/02	Π.Δ3,1	22/07/02	Π.Δ3,1	32,9
03	Ανδρέας	24/04/02	Π.Δ3,2	22/07/02	Π.Δ3,2	32,6
03	Γιάννης	24/04/02	Π.Δ3,3	22/07/02	Π.Δ3,3	32,1
04	Χρήστος	26/04/02	Π.Δ4,1	24/07/02	Π.Δ4,1	31,9
04	Ανδρέας	26/04/02	Π.Δ4,2	24/07/02	Π.Δ4,2	31,9
04	Γιάννης	26/04/02	Π.Δ4,3	24/07/02	Π.Δ4,3	32,2
05	Χρήστος	27/04/02	Π.Δ5,1	25/07/02	Π.Δ5,1	32,7
05	Ανδρέας	27/04/02	Π.Δ5,2	25/07/02	Π.Δ5,2	32,3
05	Γιάννης	27/04/02	Π.Δ5,3	25/07/02	Π.Δ5,3	32,8

Χρήστος : $X_5=(X_{11}+X_{21}+\dots+X_{51})/5 = 32,75$ Mpa

$$S_{5-1}=[\Sigma(X_{j1}+X_{2j})^2/(5-1)]^{1/2} = 0,60$$

Ανδρέας : $X_5=(X_{1,2}+X_{2,2}+\dots+X_{5,2})/5 = 32,60$ Mpa

$$S_{5-1}=[\Sigma(X_{j1}+X_{2j})^2/(5-1)]^{1/2} = 0,70$$

Γιάννης : $X_5=(X_{1,2}+X_{1,3}+\dots+X_{5,2}+X_{5,3})/10 = 32,60$ Mpa

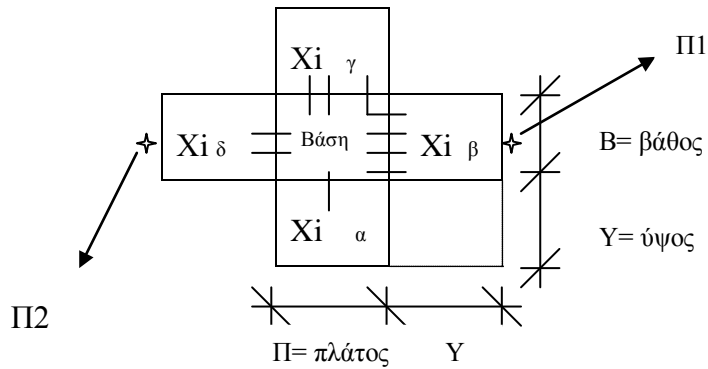
$$S_{5-1}=[\Sigma(X_{j1}+X_{2j})^2/(5-1)]^{1/2} = 0,60$$

ΣΥΝΟΛΙΚΑ: $X_{15}=(X_{1,1}+X_{1,2}+\dots+X_{5,3})/5 = 32,65$ Mpa

$$S_{15-1}=[\Sigma(X_{j1}+X_{2j})^2/(15-1)]^{1/2} = 0,55$$

Α2. Τρόπος σήμανσης μήτρων – Προσανατολισμός μήτρας

Κάτοψη αποσυναρμολογημένης μήτρας (σε ανάπτυγμα)



ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

X_i : Αύξων αριθμός μήτρας

Έδρες μήτρας

α = εμπρός (I)

β = αριστερό (II)

γ = πίσω (III)

δ = δεξί (IIII)

πεταλούδα σύσφιξης

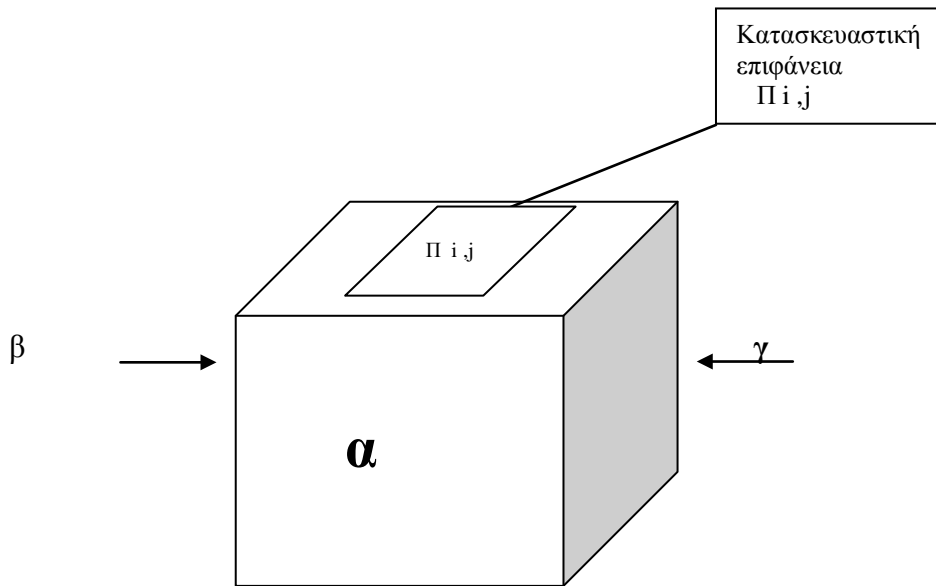
Π1=Δεξια πεταλούδα

Π2=αριστερή πεταλούδα

Οι ευθείες που βρίσκονται στην βάση των παράπλευρων εδρών και στην βάση της μήτρας χαράσσονται με ανεξίτηλο μαρκαδόρο ώστε να χρησιμεύουν σαν οδηγός κατά την συναρμολόγηση της μήτρας .

A.3 Δοκίμια σκυροδέματος

A3.1 Προσανατολισμός δοκιμίων



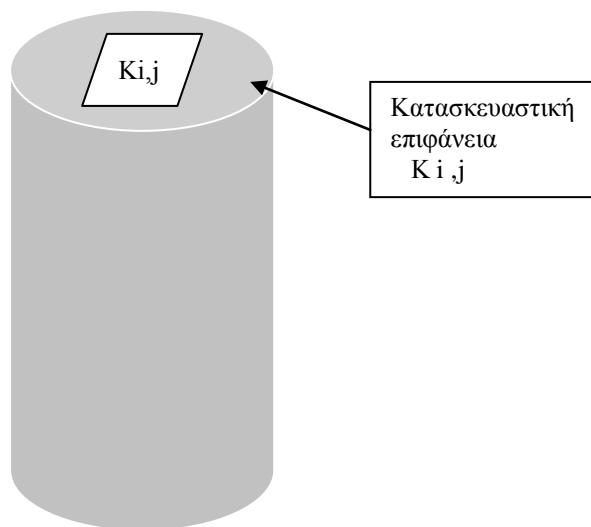
Πάνω, βλέπουμε τον τρόπο σήμανσης του δοκιμίου μετά το ξεκαλούπωμα από την μήτρα όπου $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ = παράπλευρες έδρες του κυβικού δοκιμίου

Π = Κυβικό δοκίμιο, είδος συντήρησης

K = Κυλινδρικό δοκίμιο, είδος συντήρησης

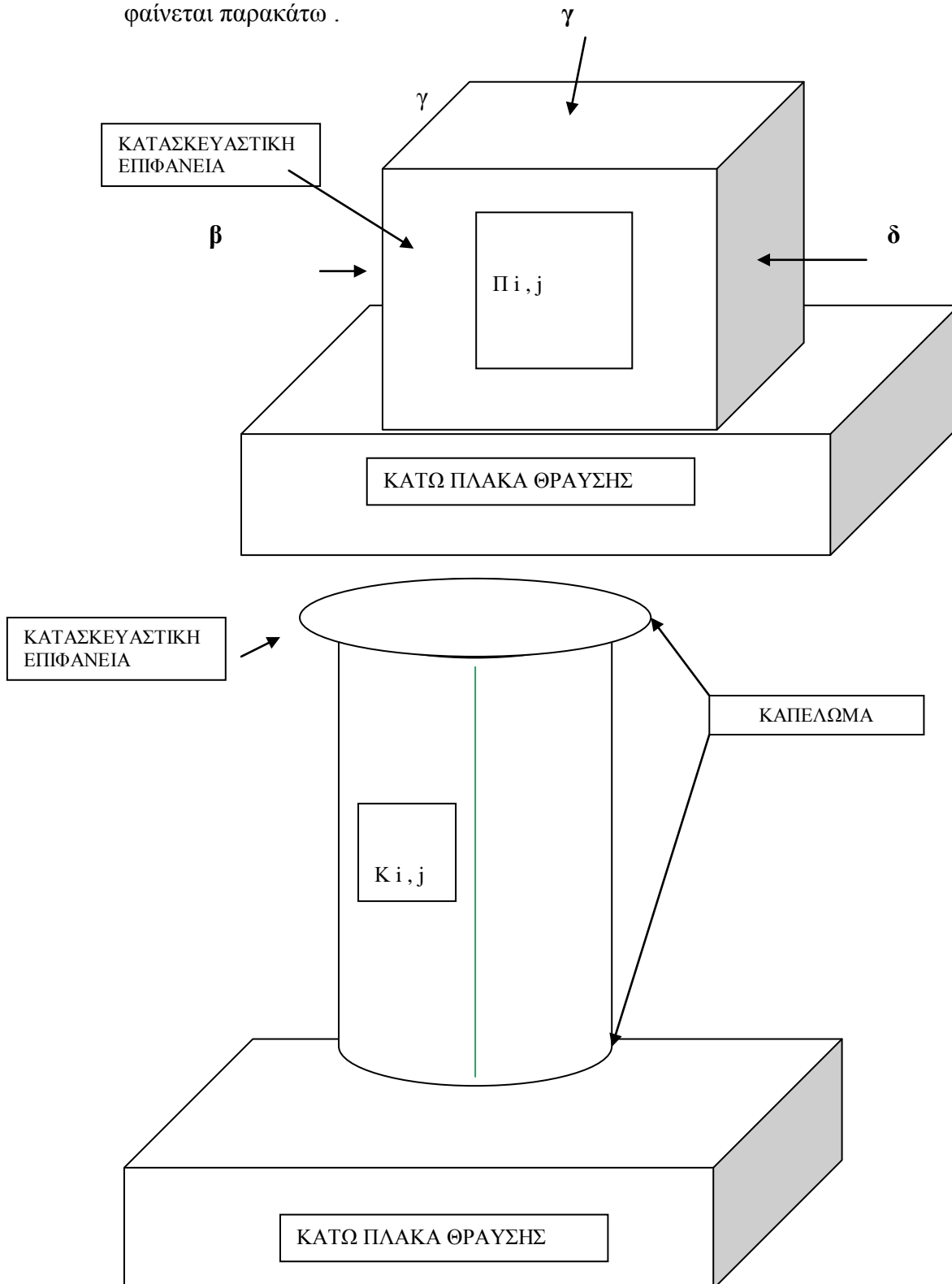
i = κωδικός δειγματοληψίας

j = κωδικός ταυτοποίησης

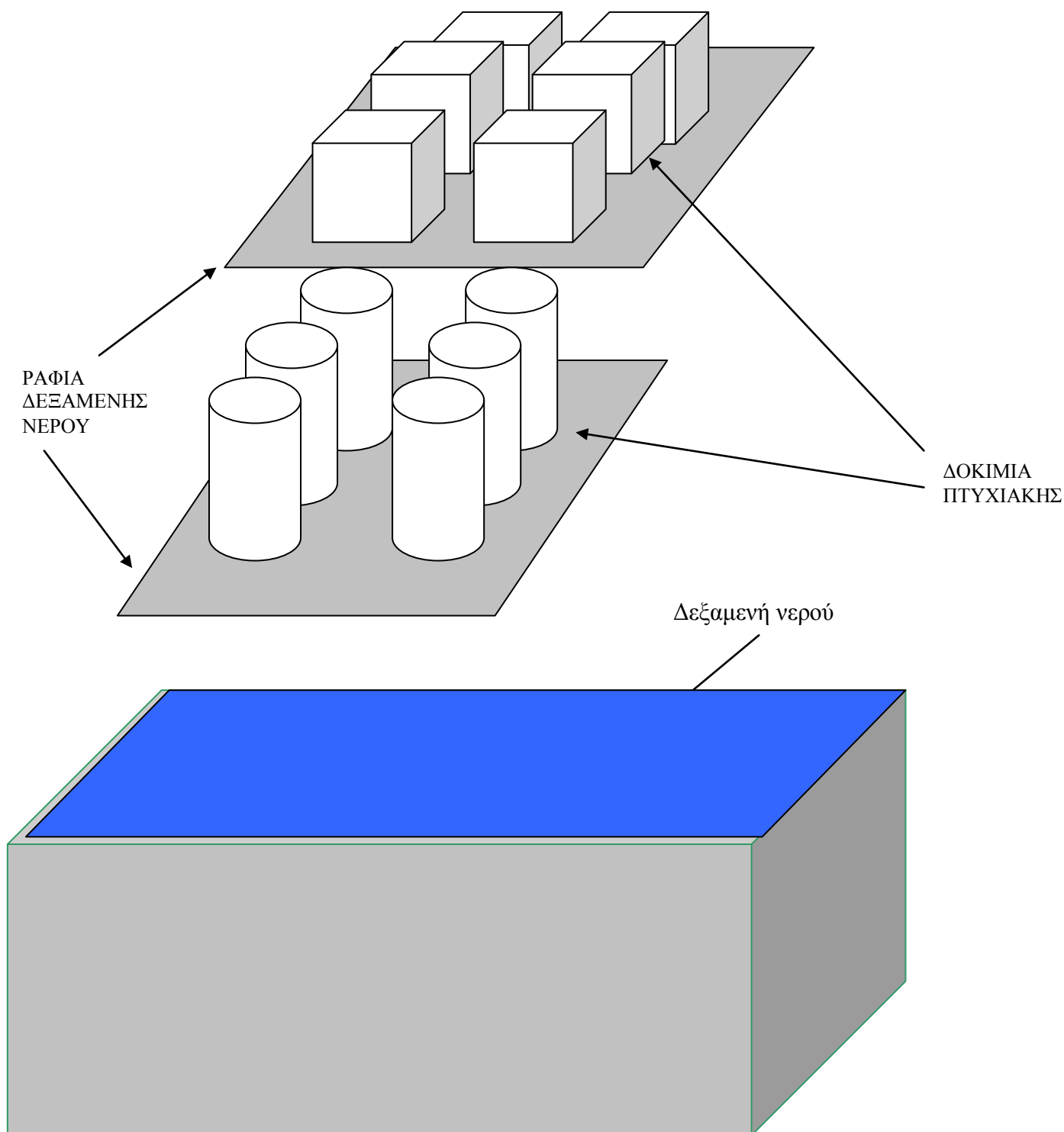


A3.2 Προσανατολισμός θραύσης δοκιμίων

Ο τρόπος που το δοκίμιο τοποθετούταν στην πλάκες θλίψης πριν από την θραύση φαίνεται παρακάτω .



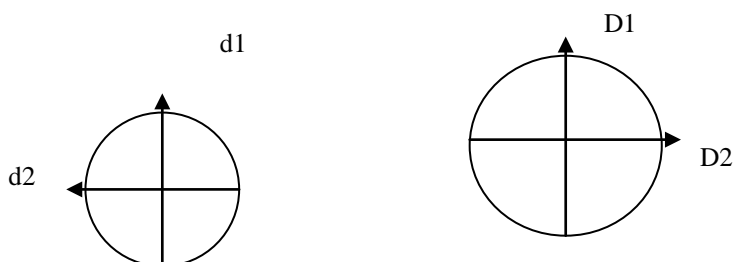
Α3.3. Τοποθέτηση δοκιμίων μέσα στην δεξαμενή συντήρησης



Α.4 Εσωτερικές βαθμονομήσεις

4.1 Πίνακας βαθμονόμησης κώνου κάθισης – ράβδου συμπίκνωσης

Η βαθμονόμηση έγινε με την βοήθεια ψηφιακού παχυμέτρου μετρώντας τις διαστάσεις του κώνου αντιδιαμετρικά όπως στο σχήμα που ακολουθεί



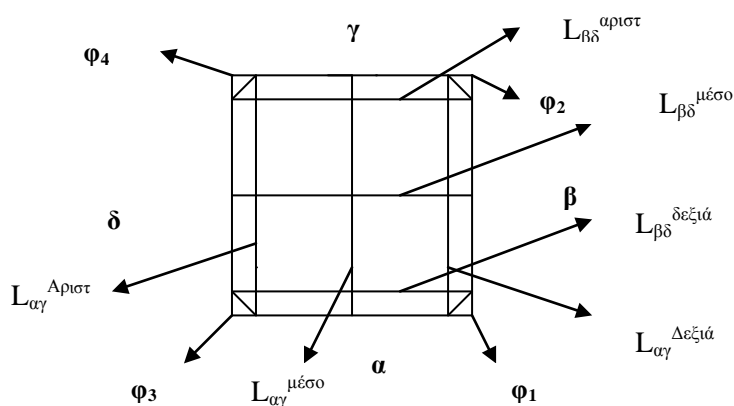
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	Διάμετρος 1 (mm)	Διάμετρος 2 (mm)	ΟΡΙΑ ΣΚ-309
------------	--------------------	--------------------	-------------

ΑΝΩ ΒΑΣΗ ΚΩΝΟΥ	d1=100,8	d1=101,3	100±2 mm
ΚΑΤΩ ΒΑΣΗ ΚΩΝΟΥ	D1=200,7	D1=201,0	200±2 mm
ΔΕΞΙ ΑΚΡΟ ΚΩΝΟΥ	15,89		
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΚΩΝΟΥ	15,91		

Α4.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΥΒΙΚΩΝ ΜΗΤΡΩΝ

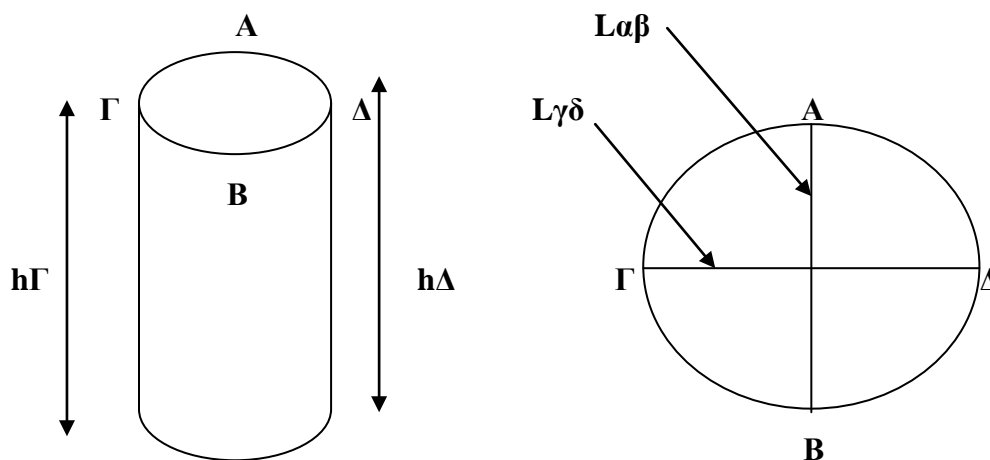
Κωδικός Μήτρας	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΕΥΡΩΝ (mm)						ΥΨΟΣ ΠΛΕΥΡΩΝ (mm)				ΓΩΝΙΑ (°)			
	L _{αγ} Δεξιά	L _{αγ} Μέσο	L _{αγ} Αριστ.	L _{βδ} Δεξιά	L _{βδ} Μέσο	L _{βδ} Αριστ.	h _α Μέσο	h _β Μέσο	h _γ Μέσο	h _δ Μέσο	Φ1	Φ2	Φ3	Φ4
T1	149,86	150,07	149,86	149,85	149,86	149,74	150,07	150,00	150,00	150,04	90,0	90,0	90,0	90,0
T3	149,98	149,93	149,90	149,89	149,80	149,99	150,08	150,15	150,17	150,15	90,0	90,0	90,1	90,0
T4	149,72	150,01	149,82	149,95	149,73	149,88	150,10	150,00	150,20	150,30	90,0	90,1	90,0	90,0
T5	149,94	150,01	149,88	149,87	149,89	149,95	150,01	150,16	150,17	150,15	90,0	90,0	90,0	90,0
T6	149,95	150,01	149,92	149,89	149,84	149,90	150,06	150,06	150,11	150,23	90,0	90,0	90,0	90,1
T7	149,87	150,06	149,85	149,91	149,87	149,68	150,02	150,14	150,04	150,12	90,1	90,0	90,0	90,0
T7	149,90	150,05	149,99	149,93	149,89	149,99	150,00	150,10	150,12	150,05	90,1	90,0	90,1	90,0
T8	149,99	150,08	149,95	149,86	149,82	149,78	150,01	150,04	150,03	150,11	90,0	90,0	90,0	90,0
ΟΡΙΑ Σ.Κ. 303	150,00±0,45 (mm)						150,00±0,45 (mm)				90 ⁰ ± 0,5 ⁰			

Επομένως βρισκόμαστε εντός ορίων και οι μήτρες μας είναι κατάλληλες για την παρασκευή δοκιμών.



Α4.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΜΗΤΡΩΝ

Κωδικός Μήτρας	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΕΥΡΩΝ (mm)		ΥΨΟΣ ΠΛΕΥΡΩΝ (mm)			
	Laβ Μέσο	Lγδ Μέσο	ha Μέσο	hb Μέσο	hg Μέσο	hd Μέσο
K1	149,90	150,17	300,10	300,32	300,11	300,15
K2	149,98	149,97	300,14	300,20	300,07	300,06
K3	149,92	150,01	300,03	300,23	300,13	300,18
K4	149,94	150,04	300,07	300,33	300,00	300,12
K5	149,95	150,02	300,12	300,12	300,21	300,13
K6	149,87	150,08	300,14	300,22	300,16	300,02
ΟΡΙΑ Σ.Κ. 303	150,00±0,45 (mm)		300,00±0,45 (mm)			



Α.5 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Α5.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

<u>ΖΥΓΙΣΗ ΝΕΡΟΥ</u>	<u>ΟΓΚΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ</u>	<u>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</u>	<u>ΕΝΔΕΙΞΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ</u>
gr	Lt	%	%
0	8006	0	0,02
32	8006	0,40	0,48
67	8006	0,84	0,99
89	8006	1,11	1,30
130	8006	1,62	1,82
176	8006	2,20	2,45
218	8006	2,72	2,95
275	8006	3,43	3,78
341	8006	4,26	4,45
427	8006	5,33	5,6
561	8006	7,01	7,1
760	8006	9,49	9,4
900	8006	11,24	11,2
1165	8006	14,55	14,4

Α5.2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

