



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΑΠΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Επόπτης : Σ.Κόλιας

Φοιτητής : Ζιώγας Αθανάσιος

Αθήνα , Οκτώβριος 2005

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τον αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π. κύριο Σ.Κόλια για την ανάθεση , καθοδήγηση και πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσης διπλωματικής εργασίας .

Επίσης , την Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος για την ευκαιρία εκπόνησης της μελέτης σύνθεσης στο εργαστήριο της . Δε θα μπορούσα να παραλείψω τον Κ.Ζόμπολα για τη μέγιστη βοήθεια του στη διεξαγωγή των πειραμάτων .

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	4
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	4
1.2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	6
1.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ...7	7
1.3.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ.....	7
1.3.2. ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΥΛΙΚΑ.....	7
1.3.2.1. Τσιμέντο.....	7
1.3.2.2. Αδρανή υλικά.....	8
1.3.2.3. Πρόσθετα σκυροδέματος.....	9
1.3.2.4. Νερό.....	10
1.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	12
1.4.1. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	12
1.4.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	13
1.4.2.1. Κεντρική εγκατάσταση αναμίξεως.....	13
1.4.2.2. Εξοπλισμός διάστρωσης.....	14
1.4.2.3. Εξοπλισμός συμπύκνωσης.....	15
1.4.3. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ.....	15
1.4.3.1. Έλεγχοι ποιότητας υλικών.....	16
1.4.3.2. Έλεγχοι παρασκευής μίγματος.....	16
1.4.3.3. Έλεγχοι κατά την κατασκευή.....	16
1.4.4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	19
1.4.4.1. Παρασκευή του μίγματος.....	19
1.4.4.2. Μεταφορά και διάστρωση του μίγματος.....	19
1.4.4.3. Συμπύκνωση.....	20
1.4.4.4. Διαμόρφωση της επιφάνειας.....	20
1.4.4.5. Κατασκευή αρμών.....	21
1.4.4.6. Συντήρηση και προστασία.....	21
1.4.4.7. Περιορισμοί καιρικών συνθηκών.....	22
1.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ.....	23
1.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	24
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ.....	 25
2.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	25
2.2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΕΩΣ.....	26
2.3. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ.....	27
2.3.1. ΝΕΡΟ.....	27
2.3.2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΚΟΝΙΕΣ.....	27
2.3.3. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ.....	27
2.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	29
2.4.1 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	29

2.4.2	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	30
2.4.2.1.	Συγκρότημα σκυροδέματος.....	30
2.4.2.2	Σιλό αποθήκευσης στο συγκρότημα παραγωγής Σκυροδέματος.....	31
2.4.2.3.	Τροφοδοσία τσιμέντου και αδρανών υλικών.....	31
2.4.2.4.	Διάταξη τροφοδοσίας νερού.....	31
2.4.2.5.	Χοάνη τροφοδοσίας	32
2.4.2.6.	Λειτουργία του αναμικτήρα και ανοχές.....	32
2.4.3.	ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	33
2.4.3.1.	Γενικά.....	33
2.4.3.2.	Σιλό προσωρινής αποθήκευσης.....	33
2.4.3.3.	Μεταφορικές ταινίες.....	34
2.4.3.4.	Κεκλιμένοι αγωγοί.....	34
2.4.3.5.	Οχήματα μεταφοράς.....	34
2.4.4.	ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ.....	35
2.4.4.1.	Γενικά.....	35
2.4.4.2.	Επίδραση των καιρικών συνθηκών.....	35
2.4.4.3.	Εναπόθεση μίγματος.....	35
2.4.4.4.	Διάστρωση.....	36
2.4.5.	ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ.....	36
2.4.6.	ΑΡΜΟΙ.....	37
2.4.7.	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	38
2.5.	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΙΔΙΚΑ ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (ΚΟΝΙΕΣ)

	ΟΔΟΠΟΙΑΣ.....	40
3.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	40
3.2.	ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	40
3.3.	ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	41
3.4.	ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ.....	41
3.5.	ΑΝΤΟΧΗ.....	41
3.6.	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	42
3.6.1	Μηχανικές απαιτήσεις.....	42
3.6.2	Φυσικές απαιτήσεις.....	43
3.6.3	Χημικές απαιτήσεις.....	43
3.6.4	Απαιτήσεις σύνθεσης μίγματος.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....

4.1.	ΣΤΟΧΟΣ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ.....	44
4.2.	ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	44
4.3.	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	46
4.4.	ΘΡΑΥΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	56
4.5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	58
4.5.1.	ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	58
4.5.2.	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΑΠΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ.....	60
4.5.2.1.	Θραύση δοκιμίων.....	60
4.5.2.2.	Δοκιμή ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας δοκιμίων με συνδετική κονία οδοποιίας.....	62

4.5.2.3.	Δοκιμή υπερήχων δοκιμίων με συνδετική κονία.....	64
4.6.	ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	68
4.6.1.	ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	68
4.6.1.1.	Αντοχή σε θλίψη.....	68
4.6.1.2.	Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη.....	71
4.6.2.	ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ.....	74
4.6.2.1.	Αντοχή σε κάμψη.....	74
4.6.2.2.	Αντοχή σε θλίψη.....	77
4.6.3.	ΣΧΟΛΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	86
4.6.3.1	Αντοχή σε θλίψη.....	86
4.6.3.2	Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη	86
4.6.4.	ΣΧΟΛΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ.....	87
4.6.4.1.	Αντοχή σε κάμψη.....	87
4.6.4.2.	Αντοχή σε θλίψη.....	87
4.7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	88
4.7.1.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ...	88
4.7.2.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ.....	89
4.8.	ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	91
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : **ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ**

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Τα κυλινδρούμενα σκυροδέματα είναι μίγματα αδρανών , τσιμέντου ή/και άλλων υδραυλικών κονιών , όπως ποζολανικών υλικών (ιπτάμενες τέφρες) , ασβέστου και νερού τα οποία έχουν πλήρως καθαρισμένα χαρακτηριστικά και δεδομένες αναλογίες. [17]

Τα οδοστρώματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα είναι το αποτέλεσμα μιας νέας τεχνολογίας διάστρωσης σκυροδέματος κατά την οποία ένα μηδενικής κάθισης σκυρόδεμα με τσιμέντο Portland διαστρώνεται με ένα τροποποιημένο διαστρωτήρα ασφατομίγματος και συμπυκνώνεται με ένα δονητικό συμπυκνωτή . Αυτή η μέθοδος κατασκευής , που είναι παρόμοια με την οδοστρωσία ασφατικού σκυροδέματος , παρέχει τη δυνατότητα εξοικονόμησης του ενός τρίτου ή και περισσότερο του κόστους κατασκευής ενός οδοστρώματος από συμβατικό σκυρόδεμα , συνδυάζοντας τα πλέον ελκυστικά χαρακτηριστικά των οδοστρωμάτων από σκυρόδεμα αφ' ενός και των ασφατικών οδοστρωμάτων αφ' ετέρου . [19]

Η ιδέα της διάστρωσης και συμπύκνωσης ενός σκυροδέματος μηδενικής κάθισης σε στρώσεις ξεκίνησε στις αρχές τις δεκαετίας του 1970 για χρήση σε ογκώδεις κατασκευές από σκυρόδεμα , κυρίως φράγματα .

Δυο πειραματικά οδοστρώματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα κατασκευάστηκαν στο U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station (WES) στο Vicksburg , Mississippi στα μέσα της δεκαετίας του 1970 . Το ένα προκειμένου να μελετηθεί η συμπύκνωση σκυροδέματος μηδενικής κάθισης με διάφορους δονητικούς συμπυκνωτές και το άλλο για να μελετηθεί η χρήση διαφόρων ποιοτήτων αδρανών σαν συνθετικά του κυλινδρούμενου σκυροδέματος οδοστρωμάτων . [12]

Την ίδια περίπου εποχή οι Καναδοί πειραματίζονταν με οδοστρώματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα στη βιομηχανία ξυλείας σαν μια χαμηλού κόστους εναλλακτική λύση για την κατασκευή δαπέδων μεταφοράς και αποθήκευσης ξυλείας , όπου συχνά εμφανίζονται φορτία στον άξονα που υπερβαίνουν τους 10 τόνους .

Οι πρώτες εφαρμογές μεγάλης έκτασης οδοστρωμάτων από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα από τα U.S. Army Corps of Engineers έγινε στο Fort Hood , Texas , τον Ιούλιο του 1984 . Κατασκευάστηκε ένας χώρος στάθμευσης για άρματα M1 και οχήματα μεταφοράς προσωπικού , έκτασης 16.700 τ.μ. σε 11 ημέρες και προέκυψε μια εξοικονόμηση κατά 15 % σε σχέση με το κόστος ενός οδοστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα . [6]

Στην Ευρώπη και σε άλλες χώρες η διάδοση του κυλινδρούμενου σκυροδέματος για την κατασκευή οδοστρωμάτων υπήρξε ανάλογη . Μετά το 1980 η Γαλλία , η Νορβηγία , η Σουηδία , η Φινλανδία , η Γερμανία , η Αυστραλία , η Αργεντινή και η Ιαπωνία έχουν να επιδείξουν την κατασκευή περισσότερων από 100.000 τ.μ. οδοστρωμάτων από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα η κάθε μια .

Σημαντική εμπειρία με το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα έχει επίσης αποκτηθεί σε δρόμους που φέρουν βαριά η μέτρια κυκλοφορία . Η πρώτη κατασκευή αυτού του είδους ήταν το Cadi Tunnel , που κατασκευάστηκε το 1984 , όπου ήταν απαραίτητο να διατηρηθεί το οδόστρωμα ανοιχτό στην κατασκευαστική κυκλοφορία . Αυτός ήταν ο λόγος για τον οποίο το οδόστρωμα κατασκευάστηκε σε μισά πλάτη με τη κυκλοφορία να περνά το απόγευμα πάνω στο μισό οδόστρωμα που κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια του πρωινού .

Έχει εκτιμηθεί ότι περισσότερα από 300.000 τ.μ. επιφάνειας δρόμων έχουν κατασκευαστεί με κυλινδρούμενο σκυρόδεμα . Ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί στο άμεσο μέλλον .

Διάφοροι λόγοι μπορούν να αναφερθούν για την εκτεταμένη χρήση κυλινδρούμενου σκυροδέματος . Κατ' αρχήν δεν απαιτείται ειδικός εξοπλισμός και τα οδοστρώματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα κατασκευάζονται με εξοπλισμό που διατίθεται ευρέως και χρησιμοποιείται για μια ποικιλία εργασιών . Ακόμη , προσφέρουν τη δυνατότητα σύντομης διάνοιξης στην κυκλοφορία λόγω της σταθερότητας του ορυκτού σκελετού που σχηματίζεται από τα αδρανή , όταν το υλικό έχει συμπυκνωθεί . Για εργασίες επίστρωσης η κυκλοφορία μπορεί να γίνει αμέσως . Τέλος , μπορούν να υπάρξουν σημαντικές εξοικονομήσεις σε σχέση με άλλες εναλλακτικές λύσεις .

Η τεχνική των οδοστρωμάτων από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα έχει και ορισμένους περιορισμούς . Όταν το οδόστρωμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από κυκλοφορία υψηλής ταχύτητας εφαρμόζεται συνήθως μια επίστρωση ασφαλικού σκυροδέματος πάχους μερικών εκατοστών , λόγω μια ομαλότητας της αρχικής επιφάνειας . Επιπλέον , απαιτείται προσεκτικός έλεγχος κατά την κατασκευή διότι το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε διακυμάνσεις της υγρασίας καθώς και σε ανεπαρκή συμπύκνωση .

1.2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Κυλινδρούμενο σκυρόδεμα οδοστρωμάτων είναι το ομοιογενές μίγμα αδρανών , τσιμέντου , νερού και ενδεχομένως προσμίκτων σκυροδέματος (επιβραδυντικών) , το οποίο διαστρώνεται σε καθορισμένο πάχος , συμπυκνώνεται με οδοστρωτήρες , συντηρείται για ορισμένο χρονικό διάστημα και αποτελεί την κυρίως φέρουσα στρώση ενός οδοστρώματος . [19]

Το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα διαφέρει , αφενός από τα κατεργασμένα με τσιμέντο αμμοχάλικα , κυρίως ως προς την περιεκτικότητα σε τσιμέντο (διπλάσια ή τριπλάσια) και αφετέρου από το σκυρόδεμα των κοινών δύσκαπτων οδοστρωμάτων , ως προς την περιεκτικότητα σε νερό η οποία καθορίζεται με κριτήριο την όσο το δυνατόν καλύτερη συμπίκνωση του υλικού με οδοστρωτήρες .

Η επιφάνεια της στρώσης του κυλινδρούμενου σκυροδέματος δεν έχει συνήθως την απαιτούμενη ομαλότητα για στρώση κυκλοφορίας και για τον λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται χωρίς επίστρωση μόνο σε οδούς με μικρή ταχύτητα κίνησης οχημάτων , ενώ σε οδούς με μεγάλη ταχύτητα θα πρέπει να διαστρώνεται απ' αυτής στρώση κυκλοφορίας , συνήθως ασφαλική , σύμφωνα με την μελέτη .

Οι απαιτήσεις ως προς την αντοχή και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος καθώς και η ιδιαιτερότητα της εφαρμογής επηρεάζουν την επιλογή των υλικών. Ενώ το κόστος των χρησιμοποιούμενων υλικών για κυλινδρούμενα σκυροδέματα δεν είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με το κόστος των χρησιμοποιούμενων υλικών σε συμβατικά σκυροδέματα, εντούτοις η οικονομία που μπορεί να επιτευχθεί λόγω χρησιμοποίησης μηχανημάτων διάστρωσης μεγάλης απόδοσης και πιθανής μείωσης της ποσότητας του τσιμέντου , μπορεί να είναι σημαντική .

1.3. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1.3.1. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

Για την εκτέλεση της εργασίας απαιτούνται τα εξής υλικά

- Τσιμέντο
- Αδρανή υλικά
- Πρόσθετα τσιμέντου (επιβραδυντικά υλικά)
- Νερό

1.3.2. ΑΠΟΔΕΚΤΑ ΥΛΙΚΑ

1.3.2.1. Τσιμέντο

Το τσιμέντο πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις των Πρότυπων ΕΛΟΤ EN 197.01 και ΕΛΟΤ-EN 197.02 , που αναφέρονται στη σύνθεση και την αποδοχή του .

Ειδικότερα συνιστάται η χρήση τσιμέντου CEM II η CEM IV κατηγορίας αντοχής 32,5

Στην περίπτωση που το έδαφος έδρασης του σκυροδέματος περιέχει θειικά στοιχεία SO₃ σε ποσοστό μεγαλύτερο από 0,5% προσδιοριζόμενο σύμφωνα με τον Κανονισμό BS 1377 , Part3 , τότε θα χρησιμοποιείται τσιμέντο ανθεκτικό σε θειικά στοιχεία που θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις του ΠΔ 244/29-2-80 << Περί Κανονισμού Τσιμέντου για Έργα από Σκυρόδεμα >> .

Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο κυμαίνεται από 10 – 17 % του ολικού βάρους του στεγνού υλικού . Η συνήθης αναλογία είναι $300 \pm 30 \text{ kg/m}^3$.

1.3.2.2. Αδρανή υλικά

Τα αδρανή υλικά έχουν πολύ μεγάλη σημασία για τις ιδιότητες του κυλινδρούμενου σκυροδέματος . Ο κίνδυνος της απόμιξης , η ευκολία στη διαδικασία μίξης , η ομαλότητα της τελικής επιφάνειας και η μέγιστη πυκνότητα εξαρτώνται σε ένα μεγάλο βαθμό από τη διαβάθμιση των αδρανών και το μέγιστο μέγεθος τους .

Η διαβάθμιση του μίγματος αδρανών και τσιμέντου πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια που αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα :

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.2.2.1. ΟΡΙΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ
(Π.Ε.Τ.Ε.Π. 05 – 03 – 07 - 00)

Κόσκινα 565		Διερχόμενο %	
Άνοιγμα οπής [mm]	Διαβάθμιση 0/20	Διαβάθμιση 0/16	Διαβάθμιση 0/14
31,5	100	100	100
16	73-100	95-100	90-100
8	53-73	62-84	64-88
4	39-59	48-68	47-68
2	29-47	35-52	35-51
1	22-38	26-42	26-41
0,5	18-30	20-32	20-32
0,25	14-24	13-26	13-26
0,063	10-20	10-20	10-20

Η διαβάθμιση 0/20 θα χρησιμοποιείται μόνο μετά από άδεια της Υπηρεσίας , λόγω του κινδύνου απόμιξης εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους του μέγιστου κόκκου των αδρανών υλικών .Ο κίνδυνος της απόμιξης μπορεί να μειωθεί όταν κατά την διάστρωση του μίγματος χρησιμοποιηθεί μηχανικός διαστρωτήρας (finisher) και με επίτευξη κατάλληλης συνεκτικότητας του μίγματος .

Συνιστάται να χρησιμοποιούνται διαβαθμίσεις με μικρά ποσοστά σε λεπτόκοκκα υλικά . Η καταλληλότητα της διαβάθμισης θα πρέπει να επιβεβαιώνεται με δοκιμές .

Για την ομοιομορφία της διαβάθμισης και του μίγματος τα αδρανή προσκομίζονται σε δυο τουλάχιστον κλάσματα (π.χ. άμμος – γαρμπίλι) .

Το ποσοστό του λεπτόκοκκου υλικού και το είδος του , έχουν σημαντική επιρροή στην ευστάθεια (άμεση φέρουσα ικανότητα) του μίγματος . Σχετικά μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού , και ιδιαίτερα υλικού με στρογγυλεμένους κόκκους καθιστά το μίγμα ευκολότερα συμπτκνώσιμο αλλά λιγότερο ευσταθές .

Επίσης το μέγεθος και το είδος του κόκκου επηρεάζει την απαιτούμενη ποσότητα νερού ανάμιξης για δεδομένη εργασιμότητα .

Ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή των κόκκων των αδρανών είναι η δυνατότητα του μίγματος να αποκτά υψηλή εσωτερική ευστάθεια όταν αυτό συμπτκνωθεί . Μελέτες καταπόνησης που διεξήχθησαν στη Γαλλία υποστηρίζουν ότι σε αυτή τη περίπτωση , το οδόστρωμα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα μπορεί να δοθεί στη κυκλοφορία χωρίς καμία καθυστέρηση . Η ευστάθεια υπολογίζεται από τη δοκιμή Άμεσης Φέρουσας Ικανότητας . Η δοκιμή πραγματοποιείται σε δείγματα φρεσκοσυμπιεσμένου υλικού , με τα ίδια μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τις δοκιμές CBR . Το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα θεωρείται ότι έχει μια επαρκή ευστάθεια όταν ο δείκτης της Άμεσης Φέρουσας Ικανότητας , δηλαδή η τιμή του CBR νωπού σκυροδέματος είναι πάνω από 65 .

1.3.2.3. Πρόσθετα σκυροδέματος

Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιούνται πλαστικοποιητές και επιβραδυντές . Ειδικά οι επιβραδυντές χρησιμοποιούνται στη Γαλλία , στην Αυστραλία και στην Ισπανία συνήθως για να επιτευχθεί η επιθυμητή περίοδος εργασιμότητας , δηλαδή προκειμένου να επιμηκυνθεί ο διαθέσιμος χρόνος για την συμπύκνωση του μίγματος (ιδιαίτερα σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών) .

Όσον αφορά στα αερακτικά πρόσμικτα η χρήση τους είναι περιορισμένη στα οδοστρώματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα .

Για την χρήση προσθέτων απαιτείται ειδική εργαστηριακή μελέτη (η οποία θα περιλαμβάνει την επίδραση του επιβραδυντικού στο χρόνο για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος) και έγκριση αυτής από την Υπηρεσία .

Ως χρόνος εργασιμότητας του μίγματος θεωρείται το χρονικό διάστημα από την έναρξη της αναμίξεως , κατά το οποίο το μίγμα είναι δυνατό να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί εύκολα . Οι ελάχιστοι συνιστώμενοι χρόνοι δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.2.3.1. ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΤΑΣΕΩΣ ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ
(Π.Ε.Τ.Ε.Π. 05 – 03 – 07- 00)

Εργασία	Παράταση εργασιμότητας (ώρες)
Νέο οδόστρωμα η ενίσχυση υπάρχοντος χωρίς σύγχρονη κυκλοφορία	
Α. Σε όλο το πλάτος	6
Β. Σε τμήμα του συνολικού πλάτους	12
Ενίσχυση οδοστρώματος με σύγχρονη κυκλοφορία	12

Σημειώνεται πως ο χρόνος εργασιμότητας μειώνεται περίπου στο μισό όταν η θερμοκρασία διπλασιαστεί .

Το πέρας της περιόδου εργασιμότητας θεωρείται ότι είναι η χρονική στιγμή κατά την οποία η πυκνότητα έγινε μικρότερη από ένα ορισμένο ποσοστό της αρχικής πυκνότητας , δηλαδή της πυκνότητας που αποκτήθηκε σε μίγμα που συμπυκνώθηκε αμέσως μετά την ανάμιξή του .

1.3.2.4. Νερό

Η περιεκτικότητα σε νερό είναι συνήθως της τάξης του 4,5 – 6,5 % του βάρους των ξηρών υλικών . Η συνήθης αναλογία είναι 110 – 160 l/m³ .

Το νερό αναμίξεως και συντηρήσεως πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Προτύπου EN 1008

Σε αντίθεση με το συμβατικό σκυρόδεμα ,για τη μελέτη σύνθεσης του οποίου πρωταρχική παράμετρος προσδιορισμού είναι ο λόγος των ποσοτήτων κ.β. Νερού και Τσιμέντου , στην περίπτωση του κυλινδρούμενου σκυροδέματος η πρωταρχική παράμετρος που πρέπει να προσδιοριστεί είναι η απαιτούμενη ποσότητα Νερού .

Η ποσότητα του νερού προσδιορίζεται όχι με βάση τις απαιτήσεις σε αντοχή αλλά τις απαιτήσεις του μίγματος για να συμπυκνωθεί με τα συμπυκνωτικά μέσα (οδοστρωτήρες) που διατίθενται

Για το λόγο αυτό γίνονται δοκιμές συμπυκνώσεως σε μίγμα αδρανών υλικών και μιας εκτιμώμενης εκ των προτέρων ποσότητας τσιμέντου με διάφορα ποσοστά κ.β. νερού . Στις δοκιμές αυτές προσδιορίζεται για σταθερή ενέργεια συμπυκνώσεως και μεταβαλλόμενη υγρασία μίγματος η πυκνότητα του συμπυκνωμένου υλικού και επιλέγεται η υγρασία εκείνη για την οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη πυκνότητα ξηρού συμπυκνωμένου υλικού .

1.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

1.4.1. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Στη μελέτη σύνθεσης επιλέγεται η καταλληλότερη κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών , καθορίζονται οι βέλτιστες αναλογίες τσιμέντου , νερού , αδρανών , προσθέτων και ενδεχομένως στερεών προσμίκτων , ώστε το μίγμα να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Προδιαγραφής .

Η ελάχιστη ποσότητα τσιμέντου δεν πρέπει να είναι κατώτερη από 250 kg/m^3 . Το απαιτούμενο νερό για τις διάφορες συνθέσεις αδρανών που θα δοκιμαστούν καθορίζεται ως η βέλτιστη υγρασία κατά την τροποποιημένη δόκιμη συμπτκνώσεως E105-86 ή με τη δόκιμη συμπτκνώσεως με δονητική σφύρα (Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13-04-00-00) . Σε κάθε περίπτωση επιλέγονται οι συνθέσεις εκείνες που θα παρουσιάζουν τα μικρότερα κενά και θα είναι λιγότερο ευαίσθητες στις διακυμάνσεις της υγρασίας .

Η μελέτη σύνθεσης πραγματοποιείται ένα τουλάχιστον μήνα πριν από την έναρξη της κατασκευής του δοκιμαστικού τμήματος , με υλικά τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο έργο .

Η χαρακτηριστική αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη σύμφωνα με τη μέθοδο δόκιμης ΕΛΟΤ EN 12362 σε κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 100 mm και ύψους 200 mm πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3,3 MPa σε 28 ημέρες (Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13-04-00-00) . Στην περίπτωση οδών με ελαφρά κυκλοφορία , η αντοχή σε διάρρηξη μπορεί να ελαττωθεί σε 2,8 MPa . Ως χαρακτηριστική αντοχή θεωρείται η αντοχή εκείνη για την οποία η πιθανότητα να ευρεθεί αντοχή μικρότερη είναι 10 % .

Προκειμένου να διευκολύνεται ο ποιοτικός έλεγχος θα πρέπει η μελέτη σύνθεσης να περιλαμβάνει έρευνα προσδιορισμού του λόγου των αντοχών σε ηλικία 7 και 28 ημερών .

Συνιστάται να επιλέγονται 3 έως 4 διαφορετικές συνθέσεις και από κάθε μια σύνθεση να παρασκευάζονται 3 δοκίμια με τη βέλτιστη υγρασία συμπτκνώσεως κατά την τροποποιημένη δόκιμη συμπτκνώσεως E105-86 ή κατά την δόκιμη συμπτκνώσεως με δονητική σφύρα (Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13-04-00-00).

Θα επιλέγεται η σύνθεση εκείνη της οποίας τα δοκίμια έδωσαν αντοχή μεγαλύτερη από 3,3 MPa αυξημένη κατά ένα περιθώριο τέτοιο ώστε λαμβάνοντας υπόψη τη διασπορές αντοχών του έργου , η πιθανότητα εμφάνισης αντοχών μικρότερων από 3,3 MPa να μην υπερβαίνει το 10 % . Εφ' όσον δεν υπάρχουν στοιχεία από πρόσφατες (εντός του προηγούμενου το πολύ εξαμήνου) εργασίες του συγκροτήματος παραγωγής για κυλινδρούμενο σκυρόδεμα με τα ίδια η παραπλήσια αδρανή , ο Συντελεστής Μεταβλητότητας (ΣΜ) των αντοχών σε διάρρηξη θα λαμβάνεται ίσος προς 20 % και η απαιτούμενη μέση αντοχή μίγματος f_a θα λαμβάνεται τουλάχιστον ίση με την τιμή που δίνεται από την ακόλουθη σχέση (Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13-04-00-00)

$$f_a \geq 1,58 f_{ck}$$

Όπου f_a είναι η χαρακτηριστική αντοχή σε διάρρηξη

Η εφαρμογή της σχέσης αυτής εξασφαλίζει πιθανότητα αποδοχής 82 % τουλάχιστον με Συντελεστή Μεταβλητότητας (ΣΜ) ίσο προς 20 %.

Επιπροσθέτως , για κάθε σύνθεση που εξετάζεται θα προσδιορίζεται :

- Η τιμή CBR του νωπού μίγματος χωρίς βάρη επιφόρτισης
- Ο χρόνος εργασιμότητας του μίγματος

1.4.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για την εκτέλεση των εργασιών κατασκευής είναι απαραίτητος ο ακόλουθος εξοπλισμός :

1.4.2.1. Κεντρική εγκατάσταση αναμίξεως

Το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα απαιτεί μια έντονη ανάμιξη για να διανεμηθεί ομοιόμορφα η μικρή ποσότητα νερού αναμίξεως σε όλη τη μάζα .

Η παρασκευή του μίγματος γίνεται σε κεντρική εγκατάσταση ανάμιξης συνεχούς ή ασυνεχούς τύπου , η οποία εξασφαλίζει ξεχωριστή δόσομέτρηση των αδρανών , του τσιμέντου , του νερού και των προσθέτων .

Οι αναμικτήρες συνεχούς αναμίξεως χρησιμοποιούνται συνήθως επειδή μπορούν εύκολα να μετακινηθούν και να τοποθετηθούν στη θέση τους , έχουν μεγάλη σχετικά παραγωγή και προσδίδουν ικανοποιητική απόδοση ανάμιξης .

Στους αναμικτήρες συνεχούς αναμίξεως τοποθετείται στο τέλος ένα χωνί με το οποίο ελαττώνεται το ύψος ελεύθερης πτώσης του παραγόμενου σκυροδέματος , και επομένως μειώνεται η απόμιξη .

1.4.2.2. Εξοπλισμός διάστρωσης

Για τη διάστρωση του μη ακόμη συμπυκνωμένου υλικού χρησιμοποιείται μια μεγάλη ποικιλία μηχανημάτων όπως διαστρωτήρες (graders) , αυτόματοι διαστρωτήρες (auto graders) , περαιωτές (finishers) .

Υπάρχει όμως μια γενικότερη τάση για τη χρήση των μηχανών διάστρωσης , οι οποίες εξασφαλίζουν μια υψηλή προσυμπύκνωση του μίγματος , πάνω από 90% της μέγιστης πυκνότητας .

Τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς την επιτυγχανόμενη επιπεδότητα παρουσιάζουν τα μηχανήματα διάστρωσης τα οποία συνδυάζουν εκτός από τον δονητικό πήχη και δοκούς κοπανίσματος .

Σε ζεστές περιόδους , η επιφάνεια της βάσης υποδοχής πρέπει να βρέχεται λίγο πριν τη διάστρωση του σκυροδέματος . Αυτό επιβάλλεται να γίνεται ιδιαίτερα σε εργασίες επανεπίστρωσης σε ήδη υπάρχοντες δρόμους καθώς αυτοί έχουν μια σκοτεινή επιφάνεια που απορροφά περισσότερο τη ζέστη .

Η επιλογή του κατάλληλου χρόνου της διάστρωσης και της συμπύκνωσης των λωρίδων του οδοστρώματος είναι κρίσιμη για να αποκτηθεί επαρκής πυκνότητα και ομαλότητα στο τελικό οδόστρωμα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα .

1.4.2.3. Εξοπλισμός συμπύκνωσης

Το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα συμπυκνώνεται συνήθως με ένα βαρύ δονητικό οδοστρωτήρα , σε συνδυασμό πολλές φορές και με έναν ελαστικοφόρο οδοστρωτήρα .

Ένας κοινός τρόπος συμπύκνωσης με οδοστρωτήρα απαιτεί δυο στατικές διελεύσεις (μια μπροστά και μια πίσω κίνηση ισούται με δυο διελεύσεις) στη νωπή επιφάνεια του σκυροδέματος για να προσυμπυκνώσει την επιφάνεια πριν αρχίσουν οι δονητικές διελεύσεις .

Κατά το σύντομο χρονικό διάστημα που ο οδοστρωτήρας αλλάζει κατεύθυνση , συνιστάται να κλείνεται η δόνηση .

Οι στατικές διελεύσεις ακολουθούνται από πολλές δονητικές διελεύσεις μέχρι να επιτευχθεί η προκαθορισμένη πυκνότητα και αυτό συμβαίνει συνήθως ύστερα από τέσσερις ή περισσότερες διελεύσεις .

1.4.3. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

Στις περισσότερες χώρες απαιτείται συνήθως η κατασκευή ενός δοκιμαστικού τμήματος .

Δέκα τουλάχιστον ημέρες πριν από την έναρξη των κυρίων εργασιών πρέπει να κατασκευαστεί αυτό το δοκιμαστικό τμήμα εκτάσεως τουλάχιστον 400 τ.μ. με τα υλικά , τη σύνθεση , τα μηχανήματα και το εργατικό προσωπικό που θα χρησιμοποιηθεί για το κύριο έργο . Σκοπός της κατασκευής του τμήματος αυτού είναι να αποδειχθεί η καταλληλότητα των μεθόδων , των μηχανημάτων και της σύνθεσης των υλικών . Το δοκιμαστικό τμήμα θα περιλαμβάνει ένα εγκάρσιο και ένα κατά μήκος αρμό εφ' όσον προβλέπεται η κατασκευή κατά μήκος αρμών .

Στο δοκιμαστικό τμήμα θα γίνουν οι ακόλουθοι έλεγχοι :

1.4.3.1. Έλεγχοι ποιότητας υλικών

Με ευθύνη του Αναδόχου θα λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα υλικών , τα οποία θα ελέγχονται από πιστοποιημένο εργαστήριο και θα χρησιμοποιούνται μόνο μετά από έγκριση της Υπηρεσίας . Η Υπηρεσία σε οποιοδήποτε στάδιο της κατασκευής διατηρεί το δικαίωμα δειγματοληπτικού ελέγχου προς επιβεβαίωση της ποιότητας η απόρριψη των υλικών .

1.4.3.2. Έλεγχοι παρασκευής μίγματος

Η παραγωγή σκυροδέματος θα ελέγχεται με τη διεξαγωγή κάθε ημέρα η κάθε 800 τ.μ. των ακόλουθων ελέγχων , κατ' ελάχιστο :

- 5 μετρήσεις υγρασίας μίγματος
- 2 μετρήσεις κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών
- 1 έλεγχος κατανάλωσης τσιμέντου
- 6 δοκιμές σε διάρρηξη , σε ισάριθμα δοκίμια που παρασκευάζονται από δείγματα που λαμβάνονται κατά τυχαίο τρόπο από το σκυρόδεμα που έχει εναποτεθεί στο δρόμο .

1.4.3.3. Έλεγχοι κατά την κατασκευή

Σε όλη την διάρκεια της κατασκευής θα γίνονται έλεγχοι ώστε να τηρούνται οι περιορισμοί λόγω καιρικών συνθηκών , οι χρονικοί περιορισμοί μεταξύ διαδοχικών εργασιών καθώς και οι απαιτήσεις κατασκευής αρμών . Επιπλέον , θα διεξάγονται οι ακόλουθοι έλεγχοι :

- Έλεγχος εργασιών συμπύκνωσης

Ο έλεγχος των εργασιών συμπύκνωσης θα γίνεται με έλεγχο αν τα συμπυκνωτικά μηχανήματα εξετέλεσαν τον απαραίτητο αριθμό διελεύσεων για την επίτευξη της πυκνότητας μέσα στο απαιτούμενο χρονικό διάστημα που έχει προδιαγραφεί , ο οποίος έχει προσδιοριστεί στο δοκιμαστικό τμήμα .

- Έλεγχος πυκνότητας

Σε κάθε ελεγχόμενο τμήμα διενεργούνται 5 έλεγχοι πυκνότητας .

Ως ελεγχόμενο τμήμα ορίζεται το τμήμα με την μικρότερη επιφάνεια από τα ακόλουθα

- το τμήμα που κατασκευάζεται κάθε ημέρα
- το τμήμα που έχει επιφάνεια 2500 τ.μ. , εφ' όσον χρησιμοποιείται η μέθοδος της άμμου ή η πυκνότητα προσδιορίζεται με πυρηνοληψία .
- το τμήμα που έχει επιφάνεια 500 τ.μ. , εφ' όσον χρησιμοποιούνται πυρηνικές συσκευές .

Η μέση τιμή των ελέγχων αυτών δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 98 % και καμία μεμονωμένη τιμή στην πεντάδα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 95 % της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας .

- Έλεγχος υγρασίας

Θα γίνονται μετρήσεις υγρασίας σε τυχαία σημεία επί τόπου του έργου σε αντιστοιχία με τις ήδη πραγματοποιηθείσες κατά τον έλεγχο παρασκευής του μίγματος .

- Έλεγχος πάχους στρώσης

Κάθε 10 μέτρα διάστρωσης περίπου θα πρέπει να γίνεται επί του ασυμπύκνωτου υλικού έλεγχος του μέσου πάχους με οδηγό ένα μεταλλικό στέλεχος με μετρητική κλίμακα , λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση πάχους που θα υποστεί το υλικό κατά την συμπίκνωση .

Το πάχος δεν πρέπει σε κανένα σημείο να είναι μικρότερο από το απαιτούμενο περισσότερο από 1,5 cm .

- Γεωμετρικός έλεγχος τελειωμένης επιφάνειας

Θα ελέγχεται η στάθμη , η ομαλότητα και η συμμόρφωση με την οριζοντιογραφία της τελειωμένης επιφάνειας της στρώσης σκυροδέματος , ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις .

- Έλεγχος συντήρησης και προστασίας στρώσης

Θα ελέγχεται ότι η επιφάνεια του σκυροδέματος παραμένει συνεχώς υγρή πριν από τη διάστρωση του υλικού συντήρησης και προστασίας .

Θα γίνεται κατ' ελάχιστον ένας ημερήσιος έλεγχος της ποσότητας του υλικού συντήρησης και προστασίας , η του ασφαλικού γαλακτώματος συντήρησης , κατά τη διάρκεια επάλειψης της επιφάνειας του σκυροδέματος , με συλλογή και μέτρηση της ποσότητας που διασκορπίστηκε σε επιφάνεια γνωστού εμβαδού .

1.4.4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1.4.4.1. Παρασκευή του μίγματος

Θα πρέπει να εμποδίζεται η ανάμιξη των αδρανών με τα εδαφικά υλικά και να εξασφαλίζεται η στράγγιση της επιφάνειας απόθεσης .

Πριν από την έναρξη της παρασκευής του μίγματος θα πρέπει να είναι συσσωρευμένη ποσότητα αδρανών τουλάχιστον ίση με το 50 % της προβλεπόμενης ποσότητας για το σύνολο του μίγματος . Το τσιμέντο θα πρέπει να αποθηκεύεται σε σιλό .

Οι σάκοι προϊόντων σε σκόνη θα αποθηκεύονται σε κλειστό χώρο χωρίς να έρχονται σε επαφή με το δάπεδο .

Τα προσθετά που βρίσκονται σε υγρή μορφή θα αποθηκεύονται σε στεγανά δοχεία , προστατευμένα από την ηλιακή ακτινοβολία και τον παγετό .

1.4.4.2. Μεταφορά και διάστρωση του μίγματος

Η μεταφορά του σκυροδέματος γίνεται με ανατρεπόμενα αυτοκίνητα . Το σκυρόδεμα κατά την μεταφορά πρέπει να προφυλάσσεται από εξάτμιση ή από διάβροχη λόγω βροχής .

Η διάστρωση του σκυροδέματος θα γίνεται επί τελειωμένης στρώσης έδρασης η υπόβασης .

Το μίγμα διαστρώνεται σε όλο το πλάτος της οδού . Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να διαστρώνεται το μέγιστο δυνατό πλάτος , εντός του ορίου εργασιμότητας του υλικού της στρώσης που διαστρώθηκε αρχικά .

Κατά την εργασία της διάστρωσης του μίγματος θα πρέπει να ελέγχεται η θερμοκρασία και να επαναπροσδιορίζεται , εφ' όσον απαιτείται , η ποσότητα του επιβραδυντικού προσθέτου .

1.4.4.3. Συμπύκνωση

Για την εξασφάλιση της απαιτούμενης προσυμπύκνωσης προηγούνται ορισμένες διελεύσεις οδοστρωτήρα (με λείους μεταλλικούς κυλίνδρους) χωρίς δόνηση . Ακολουθεί η κανονική συμπύκνωση με δόνηση .

Στη συνέχεια έχουμε τη συμπύκνωση με ελαστικοφόρο οδοστρωτήρα για να γίνει η μόρφωση της επιφάνειας με την απαιτούμενη ομαλότητα και τραχύτητα .

Σε κάθε θέση η συμπύκνωση θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί πλήρως εντός του χρόνου εργασιμότητας του μίγματος . Αν δεν χρησιμοποιούνται επιβραδυντές , θα πρέπει σε κάθε θέση το χρονικό διάστημα από την έναρξη της διάστρωσης έως το τέλος της εργασίας συμπύκνωσης , να μην υπερβαίνει τις 3 ώρες .

Πάντοτε η επιφάνεια της στρώσης θα πρέπει να διατηρείται υγρή , με ψεκασμό με νερό σε λεπτά σταγονίδια , χωρίς να παραμένει επί αυτής συγκεντρωμένη ποσότητα νερού .

Για την επίτευξη ικανοποιητικής συμπύκνωσης στα άκρα της διατομής , συνιστάται η συμπύκνωση του σκυροδέματος να συνδυάζεται με την μόρφωση και την συμπύκνωση των ερεισμάτων . Αρχικά ο οδοστρωτήρας θα διέρχεται χωρίς δόνηση κατά το 1/3 του πλάτους του πάνω από το έρεισμα και κατά τα 2/3 πάνω από το σκυρόδεμα , ενώ στη συνέχεια θα διέρχεται χωρίς δόνηση μόνο πάνω από το σκυρόδεμα . Στη συνέχεια η εργασία της συμπύκνωσης θα συνεχίζεται κανονικά .

1.4.4.4. Διαμόρφωση της επιφάνειας

Κατά τη διάστρωση του μίγματος θα πρέπει η στάθμη της άνω επιφάνειας της στρώσης να βρίσκεται υψηλότερα από το θεωρητικό υψόμετρο της επιφάνειας , έτσι ώστε κατά τη συμπύκνωση να προκύπτει η επιθυμητή στάθμη . Η διαμόρφωση της επιφάνειας μπορεί να γίνεται με μηχανικό διαμορφωτήρα ή αλλά κατάλληλα μηχανήματα εφ' όσον όμως έχει προηγηθεί συμπύκνωση της στρώσης μέχρι το 95 % της απαιτούμενης .

Το υλικό που προκύπτει ως πλεονάζον κατά τη διαμόρφωση θα πρέπει να απομακρύνεται από την επιφάνεια της στρώσης και να απορρίπτεται σε χώρο προβλεπόμενο στα συμβατικά τεύχη και εγκρινόμενο από την Υπηρεσία .

1.4.4.5. Κατασκευή αρμών

Οι αρμοί σε ένα οδόστρωμα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα είναι η πιο κρίσιμη περιοχή για την επίτευξη ικανοποιητικής ομαλότητας.

Οι κατά μήκος αρμοί κατασκευάζονται ανάμεσα σε γειτονικές λωρίδες στη κατεύθυνση της διάστρωσης και οι εγκάρσιοι αρμοί καθέτως προς τη διεύθυνση διάστρωσης .

Οι κατά μήκος αρμοί στο νωπό σκυρόδεμα κατασκευάζονται αφήνοντας την ακραία λωρίδα πλάτους 30 – 50 cm χωρίς να έχει συμπυκνωθεί . Αυτή η ασυμπύκνωτη επιμέρους λωρίδα χρησιμοποιείται για να ορίσει το ύψος του πήχη για τη διάστρωση της γειτονικής λωρίδας . Αφού διαστρωθεί η γειτονική λωρίδα , ο αρμός συμπυκνώνεται τοποθετώντας το τύμπανο του οδοστρωτήρα στο κέντρο πάνω στον αρμό και συμπυκνώνοντας τις άκρες της ταυτοχρόνως .

Θα κατασκευάζονται εγκάρσιοι αρμοί διακοπής εργασίας στο τέλος κάθε μέρας η όταν η κατασκευή διακόπτεται για διάστημα μεγαλύτερο από το χρόνο εργασιμότητας του μίγματος .

Οι αρμοί θα κατασκευάζονται με επίπεδες και κατακόρυφες παρειές , ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος θραύσης η και ανύψωσης στα σημεία αυτά .

Η δημιουργία διαμήκων αρμών πρέπει γενικά να αποφεύγεται και θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την αποφυγή των .

1.4.4.6. Συντήρηση και προστασία

Η μειωμένη περιεκτικότητα σε νερό των μιγμάτων κυλινδρούμενου σκυροδέματος , προσδίδει μεγάλη σημασία στην αποτελεσματική συντήρηση η οποία πρέπει να ξεκινήσει αμέσως μόλις ολοκληρωθεί η συμπίκνωση .

Αν αυτό αφεθεί ακάλυπτο , εφαρμόζεται μια συντήρηση νερού για περίπου μια εβδομάδα .

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ασφαλικά γαλακτώματα με ΡΗ όχι μικρότερο του 5 .

Μετά την κοπή των αρμών και εφ' όσον η συντήρηση δεν γίνει με ασφαλικό γαλάκτωμα αλλά με υλικά συντήρησης σκυροδέματος , οι δημιουργούμενες παρειές θα ψεκάζονται με υλικό συντήρησης για την προστασία τους από την εξάτμιση .

Εφ' όσον η επιφάνεια της στρώσης του κυλινδρούμενου σκυροδέματος θα χρησιμοποιηθεί ως στρώση κυκλοφορίας , μετά την εφαρμογή του γαλακτώματος , γίνεται διάστρωση της επιφάνειας με αδρανή υλικά (ψηφίδα) και στη συνέχεια ακολουθεί η κυλίνδρωση τους .

Οι εργασίες ψεκασμού , διάστρωσης και κυλίνδρωσης των αδρανών θα γίνονται πριν από την πάροδο 12 ωρών από το πέρας της εργασίας συμπίκνωσης της στρώσης .

Η τελειωμένη επιφάνεια δε θα δίνεται στην κυκλοφορία πριν από τη φυσική διάσπαση του γαλακτώματος συντήρησης .

1.4.4.7. Περιορισμοί καιρικών συνθηκών

Απαγορεύεται η διάστρωση όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μικρότερη από 5° C . Η διάστρωση μπορεί να αρχίσει εφ' όσον η θερμοκρασία είναι 5° C αλλά βρίσκεται σε ανοδική πορεία . Επίσης δεν θα γίνεται διάστρωση μίγματος αν η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την στιγμή της εκφόρτωσης από το ανατρεπόμενο αυτοκίνητο υπερβαίνει τους 30° C .

Η στρώση πρέπει να προστατεύεται κατάλληλα όταν αναμένεται παγετός για το διάστημα των 7 πρώτων ημερών μετά τη διάστρωση του υλικού .

1.5. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Πληροφορίες από χώρες όπως η Γερμανία , δείχνουν ότι υπάρχει εξοικονόμηση χρημάτων της τάξης του 10 – 40% στο κόστος κατασκευής των κυλινδρούμενων οδοστρωμάτων σε σχέση με τα οδοστρώματα από δονούμενο σκυρόδεμα .

Αυτό οφείλεται σε παράγοντες όπως η χρήση μηχανημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες εργασίες , οι μεγάλες αποδόσεις που μπορούν να επιτευχθούν και η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν συνδετικές κονίες μικρότερου κόστους λόγω του υψηλού ποσοστού προσμίξεων .

Στις τιμές μονάδος επιμέτρησης περιλαμβάνονται :

- Η προμήθεια και μεταφορά στη θέση παρασκευής του μίγματος όλων των απαιτούμενων υλικών (τσιμέντου , νερού , αδρανών , επιβραδυντικού) , καθώς και η μεταφορά του παραγόμενου μίγματος στη θέση ενσωμάτωσης στο έργο .
- Η κάθε είδους εργασία η οποία απαιτείται για την προετοιμασία της επιφάνειας στην οποία εδράζεται η στρώση .
- Η κάθε είδους εργασία η οποία απαιτείται για την πλήρη κατασκευή της στρώσης από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα , συμπεριλαμβανομένων της μόρφωσης των αρμών , της διάβροχης , της συντήρησης και προστασίας της στρώσης και της διάστρωσης και κυλίνδρωσης με αδρανή .
- Το κόστος της μελέτης σύνθεσης , της εκτέλεσης των δοκιμών στο εργαστήριο και στο εργοτάξιο , καθώς και το κόστος κατασκευής του δοκιμαστικού τμήματος .
- Οι δαπάνες αποξήλωσης και απομάκρυνσης των υλικών και το κόστος επανακατασκευής και διορθωτικών εργασιών της στρώσης σε περίπτωση όπου , είτε τα υλικά βρεθούν ακατάλληλα , είτε τα αποτελέσματα των ελέγχων αποδειχτούν μη ικανοποιητικά .

Επιμέτρηση . Η επιμέτρηση θα γίνεται ανά κυβικό μέτρο πλήρους κατασκευής (εργασία και υλικά) . Το πάχος της στρώσης εκτός των ελέγχων που αναφέρονται θα εξακριβώνεται και με χωροστάθμιση της επιφάνειας έδρασης της στρώσης και της τελικής επιφάνειας της .

Πληρωμή . Η πληρωμή θα γίνεται ανά κυβικό μέτρο πλήρους περαιωμένης εργασίας στρώσης από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα όπως επιμετρήθηκε .

1.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε χαμηλού φόρτου δρόμους , το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα μπορεί να θεωρηθεί η καταλληλότερη τεχνική , που προσφέρει αρκετή εξοικονόμηση χρήματος σε σχέση με το συμβατικό σκυρόδεμα , ειδικά σε περιπτώσεις όπου κάποια μηχανήματα δεν είναι διαθέσιμα .

Σε αυτοκινητόδρομους το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα είναι μια οικονομική εναλλακτική λύση , παρά το γεγονός ότι απαιτείται ένα στρώμα ασφαλοσκυροδέματος και η υιοθέτηση μέτρων εναντίον των αναδυόμενων ρωγμών , το οποίο είναι ένα πρόβλημα που δεν έχει ακόμα λυθεί .

Αναμένεται πάντως ότι με τις τελευταίες εξελίξεις σε περαιωτές (finishers) υψηλής προσυμπύκνωσης , οι οποίοι ελαττώνουν ή κάνουν μη απαραίτητη τη χρησιμοποίηση οδοστρωτήρων , θα βελτιωθούν οι ιδιότητες κύλισης , πράγμα το οποίο θα έχει σαν αποτέλεσμα μια εκτεταμένη χρήση του κυλινδρούμενου σκυροδέματος .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :

ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Παρόλο που το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα Φραγμάτων τυπικά δεν εμπίπτει στο αντικείμενο της Διπλωματικής αυτής εργασίας εντούτοις κρίθηκε σκόπιμο να γίνει μία σχετικώς εκτενής αναφορά διότι δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους (εκτός από την απαίτηση σε αντοχή που στην περίπτωση των φραγμάτων είναι πολύ μικρότερη) και διότι είναι το μόνο κυλινδρούμενο σκυρόδεμα που έχει βρεί εφαρμογή στη χώρα μας(φράγμα στην περιοχή Πλατανόβρυση). [13]

Επιπλέον των όσων αναφέρθηκαν για το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα των οδοστρωμάτων , στην περίπτωση των φραγμάτων θα ισχύουν τα ακόλουθα :

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα θα συνίσταται από τσιμέντο τύπου Πορτλαντ , αδρανή και νερό . Τυχόν χρήση προσθέτων θα καθορίζεται από την εγκεκριμένη Μελέτη Συνθέσεως .

Το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα αποτελεί σύνθεση λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών και υδραυλικών κονιών , όπως τσιμέντο , τα οποία αναμιγνύονται με ύδωρ και πιθανώς και με προσθετά , όπως το μειωτικό ύδατος ή μειωτικό ύδατος – επιβραδυντικό πήξεως , για την παραγωγή υγρής σύνθεσης που καθιστά δυνατή τη διακίνηση και διάστρωση με συνήθη χωματουργικά μηχανήματα και την συμπίκνωση με δονητικούς κυλινδροσυμπιεστές . [19]

2.2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΕΩΣ

Η Μελέτη Συνθέσεως του κυλινδρούμενου σκυροδέματος αποσκοπεί :

- Στην επίτευξη ικανοποιητικής αντοχής .
- Στην ελαχιστοποίηση της θερμότητας που αναπτύσσεται από την ενυδάτωση των υδραυλικών κονιών και την ελαχιστοποίηση της δημιουργίας ρωγμών .
- Στην εξασφάλιση της παραγωγής μίγματος που θα ανταποκρίνεται στις κατασκευαστικές απαιτήσεις του έργου .
- Στην οικονομικότητα της κατασκευής .

Οι αναλογίες σύνθεσης του μίγματος του κυλινδρούμενου σκυροδέματος θα είναι κατά προσέγγιση οι παρακάτω (τα βάρη αφορούν στεγνά , κεκορεσμένης επιφάνειας αδρανή) :

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1. ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ
(Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13 – 04 – 00 – 00)

ΜΙΓΜΑ	Θέση	Μέγεθος αδρανών	Τσιμέντο	Νερό	Αδρανή υλικά
1	Κύρια μάζα φράγματος	< 76 mm	75-125 kg	115 kg	2400 kg
2	Οι δυο τελευταίες στρώσεις	< 76 mm	100-150 kg	115 kg	2400 kg

Οι ακριβείς αναλογίες του μίγματος , για διάστρωση με καιρό ψυχρό / υγρό θα καθορίζονται σε συνεχή βάση με συστηματική παρακολούθηση του παραγόμενου μίγματος .

2.3. ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

2.3.1. ΝΕΡΟ

Θα πληροί τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ 345

2.3.2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΚΟΝΙΕΣ

Το τσιμέντο Πορτλαντ που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι τύπου CEM IV/B (P-W) 32,5 N ή CEM II/B-M (S-P-W) 42,5 N κατά ΕΛΟΤ EN 197-1 .

Τα φορτία του θα συνοδεύονται από πιστοποιητικά του παραγωγού από το οποίο να προκύπτει ότι το τσιμέντο ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Πρότυπου ΕΛΟΤ EN 197-1 .

Το τσιμέντο κατά την παράδοση του στο Εργοτάξιο δεν θα έχει θερμοκρασία άνω των 60⁰ C .

Το τσιμέντο θα αποθηκεύεται σε στεγανές , σωστά αεριζόμενες δεξαμενές (σιλό) , απρόσβλητες από καιρικές συνθήκες . Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης θα επιτρέπουν εύκολη πρόσβαση και αναγνώριση .

2.3.3. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

Συνιστάται να παραχθεί μια πλήρης διαβάθμιση αδρανών και να δημιουργηθεί μια ενιαία (όσον αφορά στην διαβάθμιση) αποθήκη αδρανών υλικών .

Τα όρια διαβάθμισης των αδρανών που θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή του κυλινδρούμενου σκυροδέματος είναι :

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.3.1. ΟΡΙΑ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΜΙΓΜΑΤΟΣ
(Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13 – 04 – 00 – 00)

ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟ ΤΥΠΙΚΟ ΚΟΣΚΙΝΟ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (%) ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ
76 mm	100
50 mm	97 – 100
38 mm	86 – 95
25 mm	73 – 85
20 mm	67 – 79
9,5 mm	52 – 63
4,75 mm	39 – 50
2,36 mm	27 – 37
1,18 mm	20 – 30
0,60 mm	15 – 24
0,30 mm	10 – 18
0,15 mm	7 – 13
0,075 mm	3 – 8

Η κοκκομετρική καμπύλη των προς ενσωμάτωση υλικών κείται εντός των ορίων του παραπάνω πίνακα, και επιπρόσθετα είναι ομαλή, χωρίς γωνίες και χωρίς μεταβάσεις από το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό ενός κόσκινου στο ελάχιστο επιτρεπόμενο ποσοστό του επόμενου κόσκινου ή αντίθετα.

2.4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Παρόμοιες με αυτές που λαμβάνουν χώρα στη κατασκευή οδοστρωμάτων , οι εργασίες για την κατασκευή φραγμάτων από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες :

2.4.1 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Κατά την αποθήκευση και κατά την διακίνηση των αδρανών υλικών από τους χώρους αποθήκευσης λαμβάνεται μέριμνα ώστε να ελαχιστοποιείται ο διαχωρισμός και να αποφεύγεται η ρύπανση από γαίες και άλλα ξένα υλικά . Αδρανή υλικά που εμφανίζουν διαχωρισμό ή ρύπανση δεν θα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του κυλινδρούμενου σκυροδέματος .

Αν χρησιμοποιηθούν περισσότερα του ενός κλάσματα αδρανών , δημιουργούνται ξεχωριστές αποθήκες και θα λαμβάνονται μέτρα αποφυγής της ανάμιξης .

Κάθε κλάσμα αδρανών αποθηκεύεται σε ξεχωριστούς σωρούς σε χώρους εγκεκριμένους από την Υπηρεσία . Οι σωροί θα έχουν ύψος έως δυο μέτρα περίπου και η απόθεση θα γίνεται κατά στρώσεις .

Τα αποθηκευμένα αδρανή πρέπει να ψεκάζονται ελαφρά με νερό για να διατηρείται σταθερή η υγρασία τους , για να μην γίνεται εύκολα διαχωρισμός και για να παραμένει η θερμοκρασία σε χαμηλά επίπεδα .

Τα αδρανή αποθηκεύονται με το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που μπορεί να συγκρατηθεί στις αποθέσεις , χωρίς όμως να παρατηρούνται φαινόμενα ύγρανσης στον πυθμένα των αποθέσεων .

2.4.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.4.2.1. Συγκρότημα σκυροδέματος

Το συγκρότημα θα περιλαμβάνει τους αναγκαίους αναμικτήρες , τις ογκομετρικές συσκευές ή ζυγίστρα , τα σιλό αποθήκευσης , τα συστήματα τροφοδοσίας και τους μηχανισμούς εκφόρτωσης .

Οι αναμικτήρες εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή των υλικών του σκυροδέματος , και μάλιστα των αδρανών μεγάλου μεγέθους , τόσο για σχετικά στεγνό όσο και για υγρό μίγμα του κυλινδρούμενου σκυροδέματος .

Ο ελάχιστος χρόνος παραμονής του μίγματος στον αναμικτήρα είναι 15 sec .

Το συγκρότημα διαθέτει σύστημα ρύθμισης του χρόνου ανάμιξης με μεταβολή της κλίσης του θαλάμου ανάμιξης και έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής των αναδευτήρων του αναμικτήρα .

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.2.1.1 ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΔΟΚΙΜΕΣ
(Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13 – 04 – 00 – 00)

ΔΟΚΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ
Δοκιμή περιεκτικότητας ύδατος στο πλήρες μίγμα	15 %
Δοκιμή περιεκτικότητας των χονδρόκοκκων αδρανών υλικών στο πλήρες μίγμα (μεγαλύτερα των 4,75 mm)	15 %
Δοκιμή πυκνότητας κονιάματος που είναι απαλλαγμένο από αέρα	2 %
Δοκιμή περιεκτικότητας σε αέρα του πλήρους μίγματος	100 %
Δοκιμή υγρής πυκνότητας συμπυκνωμένου πλήρους μίγματος	2 %
Δοκιμή περιεκτικότητας σε τσιμέντο του πλήρους μίγματος	15 %

2.4.2.2. Σιλό αποθήκευσης στο συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος

Θα υπάρχουν χωριστά σιλό η διαμερίσματα τροφοδοσίας για κάθε κλάσμα αδρανών , ικανοποιητικού μεγέθους , που θα είναι διαμορφωμένα έτσι ώστε τα υλικά να μην αναμιγνύονται μεταξύ τους , και θα εξασφαλίζουν την ομαλή και χωρίς διακοπές τροφοδοσία των υγρών αδρανών .

2.4.2.3. Τροφοδοσία τσιμέντου και αδρανών υλικών

Το τσιμέντο και τα αδρανή τροφοδοτούνται ομοιόμορφα , συνεχώς και ταυτόχρονα στον αναμικτήρα , στις σωστές αναλογίες , όπως προβλέπει η μελέτη σύνθεσης του μίγματος του κυλινδρούμενου σκυροδέματος , με ταινία μεταφοράς η άλλη αποδεκτή μέθοδο .

Οι μετρήσεις τροφοδοσίας μπορεί να γίνονται κατά όγκο η κατά βάρος .

Η τροφοδοσία του τσιμέντου είναι συνεχής και ελεγχόμενη μέσω ρυθμίσεων της ταχύτητας του ιμάντα η του κοχλία τροφοδοσίας . Η διάταξη τροφοδοσίας τσιμέντου θα πρέπει να ανταποκρίνεται ικανοποιητικά και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες .

2.4.2.4. Διάταξη τροφοδοσίας νερού

Το συγκρότημα είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο διανομέα νερού , ικανό να το τροφοδοτεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της σύνθεσης του μίγματος .

Ο μηχανισμός τροφοδοσίας νερού στο μίγμα πρέπει να είναι απαλλαγμένος από διαρροές .

Οι βαλβίδες έλεγχου της ροής θα ρυθμίζονται μέσω αυτοματισμού κατά την διάρκεια της ανάμιξης , ώστε να αντισταθμίζεται η περιεκτικότητα των αδρανών σε υγρασία . Το σύστημα αυτοματισμού θα διακόπτει την τροφοδοσία σε περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο δεν εισέρχονται στον αναμικτήρα τσιμέντο ή και αδρανή στον απαιτούμενο ρυθμό .

2.4.2.5. Χοάνη τροφοδοσίας

Εάν δεν χρησιμοποιηθεί σύστημα μεταφοράς του κυλινδρούμενου σκυροδέματος μέχρι την θέση διάστρωσης με μεταφορικές ταινίες , εγκαθίσταται χοάνη τροφοδότησης του έτοιμου μίγματος , για να αποφεύγεται διαχωρισμός , ρύπανση ή ξήρανση της επιφάνειας της στρώσης κατά την απόθεση του μίγματος ή την έναρξη / παύση της λειτουργίας του αναμικτήρα . Η χοάνη τροφοδοσίας μπορεί να τοποθετηθεί στην θέση ενσωμάτωσης ή πλησίον αυτής .

2.4.2.6. Λειτουργία του αναμικτήρα και ανοχές

Είναι επιθυμητό η λειτουργία του αναμικτήρα να είναι συνεχής και ο ρυθμός τροφοδοσίας ομαλός και ενιαίος . Οι διακοπές και επανενάρξεις της λειτουργίας του αναμικτήρα κατά την διάρκεια της παραγωγής και τοποθέτησης του κυλινδρούμενου σκυροδέματος θα πρέπει να είναι ελάχιστες .

Όταν ο αναμικτήρας τίθεται σε λειτουργία όλα τα υλικά αρχίζουν να τροφοδοτούνται ταυτόχρονα και στους σωστούς ρυθμούς (αναλογίες) , όταν δε τίθεται εκτός λειτουργίας θα διακόπτεται ταυτόχρονα η τροφοδοσία όλων .

Κατά την έναρξη της λειτουργίας καθημερινά ή μετά από κάθε διακοπή μεγαλύτερη των 30 λεπτών , η πρώτη παρτίδα μίγματος κυλινδρούμενου σκυροδέματος που θα παράγεται από τον αναμικτήρα θα απορρίπτεται .

Τα βάρη των συστατικών του μίγματος κυλινδρούμενου σκυροδέματος από τον αναμικτήρα πρέπει να είναι εντός των εξής ορίων ακριβείας :

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.2.6.1. ΟΡΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
(Π.Ε.Τ.Ε.Π. 13 – 04 – 00 – 00)

Τσιμέντο	$\pm 4 \%$
Ύδωρ	$\pm 4 \%$
Αδρανή υλικά (σύνολο)	$\pm 4 \%$

2.4.3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ

2.4.3.1. Γενικά

Το σκυρόδεμα θα μεταφέρεται από τον αναμικτήρα στην θέση ενσωμάτωσής του όσο το δυνατόν συντομότερα , με χρήση μέσων και μεθόδων που ελαχιστοποιούν τον διαχωρισμό την ρύπανση με ξένες ύλες και την ξήρανση του μίγματος .

Δεν επιτρέπεται σε οχήματα να μεταφέρουν λάσπη ή άλλους ρυπαντές σε επιφάνεια προσφάτως διαστρωμένου κυλινδρούμενου σκυροδέματος .

Οι τοπικές αλλοιώσεις της επιφάνειας του διαστρωμένου κυλινδρούμενου σκυροδέματος πρέπει να καθορίζονται από τα χαλαρά υλικά πριν διαστρωθεί .

Ο συνολικός χρόνος , από την έναρξη της ανάμιξης μέχρι την αποπεράτωση της συμπύκνωσης κυλινδρούμενου σκυροδέματος χωρίς επιβραδυντή πήξεως , δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 40 λεπτά όταν η θερμοκρασία του μίγματος είναι μεταξύ 18 και 25° C , και τα 60 λεπτά όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 18° C .

2.4.3.2. Σιλό προσωρινής αποθήκευσης

Όταν δεν προβλέπεται σύστημα διακίνησης του κυλινδρούμενου σκυροδέματος με ταινιόδρομο , εγκαθίσταται σιλό προσωρινής αποθήκευσης του μίγματος σε διάφορες θέσεις (λ.χ. στην θέση κατασκευής του φράγματος ή κοντά στον αναμικτήρα) .

Τα σιλό πρέπει να έχουν αρκετή χωρητικότητα ώστε να μην διακόπτεται και να μην επιβραδύνεται ο ρυθμός του αναμικτήρα κατά την διάρκεια της παραγωγής , αν συμβεί να καθυστερήσουν τα οχήματα μεταφοράς .

Προβλέπεται σύστημα επικοινωνίας , τηλεφωνικής ή ασύρματης , μεταξύ της θέσης των σιλό , του παρασκευαστηρίου σκυροδέματος και των θέσεων κατασκευής του φράγματος .

2.4.3.3. Μεταφορικές ταινίες

Εάν χρησιμοποιηθούν μεταφορικές ταινίες , πρέπει να είναι κατάλληλες για μεταφορά μαζικού σκυροδέματος μηδενικής κάθισης , χαμηλής περιεκτικότητας σε τσιμέντο και με χονδρόκοκκα αδρανή .

Οι μεταφορικές ταινίες θα είναι υψηλής ταχύτητας , εύρους 60 cm τύπου "ROTEC" η ισοδύναμες .

Οι μεταφορικές ταινίες πρέπει να προστατεύονται με καλύμματα σε όλο το μήκος τους , για να αποφεύγεται τόσο η ξήρανση από την επίδραση του περιβάλλοντος , όσο και η υπερβολική υγρασία από την βροχή .

2.4.3.4. Κεκλιμένοι αγωγοί

Εάν ο Ανάδοχος επιθυμεί χρήση κεκλιμένων αγωγών η σύστημα "ελεγχόμενης πτώσης" , αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί προσωρινά , αφού δοθεί αρχική υπό όρους έγκριση από την Υπηρεσία .

2.4.3.5. Οχήματα μεταφοράς

Εάν χρησιμοποιηθούν φορτηγά αυτοκίνητα , πρέπει να φέρουν θύρα εκκένωσης η σύστημα "ελεγχόμενης πτώσης" , ώστε να αδειάζουν το μίγμα χωρίς να προκαλείται διαχωρισμός .

Ποσότητες υλικού που υφίστανται διαχωρισμό κατά την φορτοεκφόρτωση , ή θα αφαιρούνται χειρωνακτικά ή θα αναμοχλεύονται αποτελεσματικά κατά την διάρκεια της διάστρωσης .

Τα οχήματα μεταφοράς πρέπει να διατηρούνται σε καλή κατάσταση λειτουργίας και δεν θα επιτραπεί να παρουσιάζουν διαρροές λιπαντικών .

2.4.4. ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ

2.4.4.1. Γενικά

Η κατασκευή του φράγματος από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν συνεχής . Ο ρυθμός ανύψωσης μεταξύ των οριζοντίων αρμών διακοπής θα είναι τουλάχιστον 0,9 μέτρα κάθε μέρα . Πρέπει επίσης να προγραμματισθεί εκτέλεση των εργασιών έξι ημέρες τουλάχιστον την εβδομάδα .

2.4.4.2. Επίδραση των καιρικών συνθηκών

Η κατασκευή από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα πρέπει να διακόπτεται όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέσει κάτω από 0° C .

Αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πέσει κάτω από -1° C και η επιφάνεια οποιουδήποτε τμήματος του κυλινδρούμενου σκυροδέματος , ηλικίας μικρότερης των 7 ημερών , πέσει κάτω από 2° C η επιφάνεια θα πρέπει να καλυφθεί με μουσαμάδες , λινάτσες ή άλλο αποδεκτό μέσο προσωρινής προστασίας , μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από τον 1° C .

Εν γενεί οι εργασίες θα πρέπει να διακόπτονται κατά την διάρκεια βροχόπτωσης .

2.4.4.3. Εναπόθεση μίγματος

Το μίγμα του κυλινδρούμενου σκυροδέματος εναποτίθεται αποκλειστικά και μόνον στη θέση που πρόκειται να διαστρωθεί . Εάν χρησιμοποιούνται ανατρεπόμενα φορτηγά ή χωματοσυλλέκτες η απόθεση θα γίνεται ενώ το όχημα κινείται , επάνω στη νέα στρώση του κυλινδρούμενου σκυροδέματος που προωθείται , και όχι στην παλιά που σκεπάζεται .

2.4.4.4. Διάστρωση

Εντός 10 λεπτών από την εναπόθεση , το μίγμα του κυλινδρούμενου σκυροδέματος πρέπει να έχει διαστρωθεί σε οριζόντια ομαλή στρώση , ονομαστικού πάχους 250 έως 300 mm μετά τη συμπίκνωση .

Η διάστρωση θα γίνεται με προωθητή και μπορεί να συμπληρωθεί με χρήση διαμορφωτή .

Γενικά ο ερπυστριοφόρος εξοπλισμός θα κινείται μόνο σε περιοχές διάστρωσης και πάνω σε μη συμπτυνωμένο υλικό , και δεν θα επιτρέπεται να προχωρεί η να στρίβει πάνω σε συμπτυνωμένο κυλινδρούμενο σκυρόδεμα .

Η διάστρωση πραγματοποιείται κατά τρόπο που να μην προκαλείται διαχωρισμός του μίγματος .

Αν στην εξωτερική επιφάνεια μιας στρώσης κυλινδρούμενου σκυροδέματος κυλούν χονδρόκοκκα υλικά ή εμφανίζεται απόμειξη , το υλικό αυτό θα αναμιγνύεται εκ νέου με το ομοιόμορφο κυλινδρούμενο σκυρόδεμα ή θα αφαιρείται .

Όταν η διάστρωση του σκυροδέματος διακόπτεται για οποιονδήποτε λόγο , πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε τα άκρα της λωρίδας να απέχουν άνω των 3 μέτρων από τυχόν προηγούμενα παράλληλα άκρα λωρίδων .

2.4.5. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Εντός 10 λεπτών από τη διάστρωση οι στρώσεις του κυλινδρούμενου σκυροδέματος θα συμπτυνώνονται με 4 – 6 διελεύσεις δονητικού συμπιεστή .

Οι μετρήσεις πυκνότητας θα περιλαμβάνουν όλο το πάχος της στρώσης και αν είναι δυνατόν θα πρέπει να λαμβάνονται τιμές πυκνότητας στο κάτω , μέσο και άνω τρίτο του πάχους .

Η μέση τιμή της πυκνότητας του μέσου τρίτου και του κάτω τρίτου δεν πρέπει να είναι κατώτερες του 97 % και του 95 % αντίστοιχα της μέγιστης εργαστηριακής πυκνότητας κατά την τροποποιημένη δόκιμη συμπίκνωσης .

Οι μεγάλοι πλάτους κυλινδροσυμπιεστές θα χρησιμοποιούνται στις ανοιχτές περιοχές .

Στις περιοχές των ερεισμάτων και σε επιφάνειες που δε μπορούν να συμπυκνωθούν με μεγάλο συμπυκνωτή θα χρησιμοποιούνται μικροί δονητικοί οδοστρωτήρες κύλινδροι ή περιπατητικού τύπου κόπανοι .

Οι ακμές των συμπυκνωμένων στρώσεων , επί των οποίων δεν έχει γίνει εναπόθεση κυλινδρούμενου σκυροδέματος επί 30 λεπτά , θα καθαιρούνται ή θα αποκόπτονται και θα κυλινδρώνονται , ώστε να είναι πλήρως συμπυκνωμένες και να μην περιέχουν απομειγμένα , διαχωρισμένα αδρανή .

Η συμπύκνωση θα γίνεται έτσι ώστε να προκύπτει επίπεδη επιφάνεια , με ελάχιστα ίχνη ακμών τύμπανου .

2.4.6. ΑΡΜΟΙ

Το ανεκτό χρονικό διάστημα εναπόθεσης δυο διαδοχικών στρώσεων κυλινδρούμενου σκυροδέματος , εξαρτάται από την καθαρότητα της επιφάνειας και την υγρασία αυτής . Όταν το χρονικό αυτό διάστημα υπερβαίνει τα όρια που έχουν τεθεί , θεωρείται ότι εμφανίστηκε “ψυχρός αρμός” και τότε εφαρμόζονται οι διαδικασίες που προβλέπονται για την επεξεργασία των “ψυχρών αρμών” .

Οι επιφάνειες των αρμών διακοπής πρέπει να διατηρούνται καθαρές , να μη ρυπαίνονται και να βρίσκονται συνεχώς σε υγρή κατάσταση , μέχρι την εναπόθεση της επόμενης στρώσης .

Οι “ψυχροί αρμοί” διακρίνονται σε Τύπου I και Τύπου II , ανάλογα με την απαιτούμενη κατεργασία και βάση των ακόλουθων κριτηρίων .Αν ένας αρμός δεν εμπίπτει στον Τύπο I ή τον Τύπο II ,δεν θεωρείται “ψυχρός αρμός” και δεν απαιτείται ειδική κατεργασία .

Τύπος I : Περισσότερες από 80 βαθμό-ώρες και λιγότερες από 36 ώρες έχουν περάσει χωρίς να διαστρωθεί η επόμενη στρώση κυλινδρούμενου σκυροδέματος .

Τύπος II : Περισσότερες από 36 ώρες ή 600 βαθμό-ώρες έχουν περάσει χωρίς να πραγματοποιηθεί διάστρωση της επόμενης στρώσης .

Οι βαθμό-ώρες καθορίζονται από το άθροισμα των μετρήσεων της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της στρώσης σε $^{\circ}\text{C}$, που παίρνονται ανά ώρα μετά τη συμπύκνωση της στρώσης .

2.4.7. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η επιφάνεια των στρώσεων του κυλινδρούμενου σκυροδέματος επί της οποίας θα διαστρωθεί επόμενη στρώση διατηρείται διαρκώς υγρή και σε θερμοκρασία πάνω από 2°C ,μέχρι να καλυφθεί .

Επίσης , πρέπει να προστατεύεται από διάβρωση λόγω βροχής και από οποιοσδήποτε ζημιές είναι δυνατόν να προκληθούν από τη διακίνηση οχημάτων .

Η τελική άνω επιφάνεια του κυλινδρούμενου σκυροδέματος πρέπει να συντηρηθεί τουλάχιστον 45 ημέρες με βρεγμένη άμμο ή άλλο υλικό εγκεκριμένο από την Υπηρεσία .

Δεν θα επιτραπεί η χρήση χημικών υλικών συντηρήσεως του κυλινδρούμενου σκυροδέματος.

2.5. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι επιτρεπόμενες υψομετρικές ανοχές καθορίζονται σε ± 5 cm .

Οι αποδεκτές αποκλίσεις των εξωτερικών παρειών του φράγματος έναντι θεωρητικών γραμμών καθορίζονται σε +25 cm στα 20 μέτρα μήκους , +50 cm στα 50 μέτρα μήκους και +1,00 m στα 125 μέτρα μήκους .

Το πάχος κάθε συμπτυκνωμένης στρώσης δεν πρέπει να αποκλίνει πέραν των ± 50 mm του αντίστοιχου πάχους που προβλέπεται από τη Μελέτη .

Ο Ανάδοχος θα εφαρμόσει και θα τηρεί αποτελεσματικό πρόγραμμα ποιοτικού ελέγχου (ΠΠΕ) για το κυλινδρούμενο σκυροδέμα και θα τηρεί πλήρες αρχείο ελέγχων , δοκίμων , επιθεωρήσεων και κάθε διορθωτικής εργασίας και επέμβασης κατά τη φάση της κατασκευής .

Το ΠΠΕ του κυλινδρούμενου σκυροδέματος θα καλύπτει , ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά , τα εξής :

- Θέματα παραγωγής και διαβάθμισης αδρανών
- Μετρήσεις υγρασίας
- Απαιτήσεις παραγωγής σκυροδέματος και αναλογίες μίγματος
- Ελέγχους συμπίκνωσης
- Θέματα σχετικά με τη κατασκευή αρμών
- Ελέγχους επάρκειας διαθέσιμων υλικών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΙΔΙΚΑ ΣΥΝΔΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ (ΚΟΝΙΕΣ) ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

Πρόκειται για ένα είδος τσιμέντου που δεν πληροί τις απαιτήσεις του Προτύπου EN 196 για τσιμέντο τύπου Πορτλαντ , αλλά είναι μια κονία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή βάσεων και υποβάσεων οδοστρωμάτων , στρωμάτων επικάλυψης , σταθεροποίηση και εξυγίανση εδαφών . Το υπό δοκιμή Πρότυπο ENV 13282 περιλαμβάνει τις απαιτήσεις που θα πρέπει να πληρούν οι ειδικές αυτές κονίες οδοποιίας.

Το συνδετικό υλικό οδοποιίας χρησιμοποιείται σε μεγάλες σχετικά περιεκτικότητες στα μίγματα του σκυροδέματος , δίνοντας μικρότερες αντοχές από το συμβατικό σκυρόδεμα .

3.2. ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Αυτοματοποιημένος έλεγχος : Συνεχείς έλεγχοι γίνονται στη βιομηχανία παραγωγής του τσιμέντου με τη λήψη δειγμάτων τα οποία εξετάζονται ως προς τη συμμόρφωση τους στις απαιτήσεις του έργου .
- Περίοδος ελέγχων : Πρόκειται για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών των δειγμάτων που προκύπτουν από τη βιομηχανία παραγωγής .
- Ποιότητα χαρακτηριστικών των υλικών : Αναφέρεται στην άξια των μηχανικών , φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των προϊόντων της βιομηχανίας και στην πιθανότητα να έχουν αποδεκτές τιμές σε έναν μεγάλο αριθμό ελέγχων .
- Πιθανότητα αποδοχής δειγμάτων : Για ένα συγκεκριμένο μοντέλο δειγμάτων , η πιθανότητα αποδοχής των χαρακτηριστικών τους πρέπει να είναι ίση με την πιθανότητα αναφοράς .
- Οριακή τιμή : Πρόκειται για την μέγιστη τιμή ενός μηχανικού , φυσικού ή χημικού χαρακτηριστικού του δείγματος και η οποία δεν ξεπερνιέται από τις τιμές των επιμέρους στοιχείων του δείγματος .

3.3. ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τα βασικά συστατικά ενός υδραυλικού συνδετικού υλικού μπορούν να επιλέγουν από την ακόλουθη λίστα :

- Πορτλαντ τσιμέντο κλίνκερ
- Κοκκοποιημένη σκωρία υψικαμίνου
- Ποζολανικά υλικά
- Τέφρα
- Ψημένος σχιστόλιθος
- Ασβεστόλιθος

3.4. ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Υπάρχουν συστατικά που μπορούν να προστεθούν στην παρασκευή του συνδετικού υλικού . Αυτά , όμως , πρέπει να επιλεγούν προσεκτικά , να είναι ανόργανα και να μην ξεπερνούν το 10 % της μάζας του μίγματος .

Τα συστατικά αυτά προετοιμάζονται κατάλληλα πριν προστεθούν στο μίγμα , βελτιώνοντας τα φυσικά χαρακτηριστικά του υδραυλικού συνδετικού υλικού .

3.5. ΑΝΤΟΧΗ

Η χαρακτηριστική αντοχή ενός υδραυλικού συνδετικού υλικού είναι η αντοχή σε θλίψη σε 28 ημέρες , όπως αυτή προσδιορίζεται σύμφωνα με την EN 196-1 .

Τέσσερις κατηγορίες αντοχής καλύπτουν τις Ευρωπαϊκές Προδιαγραφές : κατηγορία 5 , κατηγορία 12,5 , κατηγορία 22,5 και κατηγορία 32,5 .

3.6. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

3.6.1. Μηχανικές απαιτήσεις

Τα πρισματικά δοκίμια παρασκευάζονται , αποθηκεύονται και ελέγχονται σύμφωνα με την EN 196-1 .

Τα δοκίμια μετακινούνται από τις μήτρες 24 ώρες μετά την παρασκευή τους και στη συνέχεια αποθηκεύονται , κατά τη διάρκεια των ελέγχων , σε ειδικούς θαλάμους με σχετική υγρασία μεγαλύτερη από 90 % .

Σε περίπτωση που τα δοκίμια δεν μπορούν να μετακινηθούν από τις μήτρες σε διάστημα 24 ωρών , επιτρέπεται να μετακινηθούν αργότερα , αρκεί αυτό να αναγράφεται στην αντίστοιχη έκθεση .

Το υδραυλικό συνδετικό υλικό πρέπει να συμμορφώνεται στις απαιτήσεις αντοχής του πίνακα που ακολουθεί :

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6.1.1. ΑΝΤΟΧΕΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
(Πρότυπο ENV 13282)

Κατηγορία αντοχής	Αντοχή θλίψης (Mpa) σε 7 ημέρες	Αντοχή θλίψης (MPa) σε 28 ημέρες	
5	-	≥ 5	≤ 15
12,5	-	$\geq 12,5$	$\leq 32,5$
22,5	-	$\geq 22,5$	$\leq 42,5$
22,5E	$\geq 10,0$	$\geq 22,5$	$\leq 42,5$
32,5	-	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5E	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$

3.6.2. Φυσικές απαιτήσεις

- Ομαλότητα : Όπως αυτή προσδιορίζεται μέσα από την διαδικασία κοσκινίσματος και την Προδιαγραφή EN 196-6:1989 .
- Χρονική αφετηρία : Όπως προκύπτει μέσα από την EN 196-3 και η οποία πρέπει να ξεπερνά τα 120 λεπτά .
- Κατασκευαστική ορθότητα : Προσδιορίζεται από την EN 196-3 και δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 10 mm ανοχής .

3.6.3. Χημικές απαιτήσεις

Η περιεκτικότητα του μίγματος σε θειικό άλας , όπως αυτή εκφράζεται σαν ποσοστό του SO_3 , δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 4,0 % της μάζας του μίγματος .

Περιεκτικότητες θειικού άλατος μεγαλύτερες από 7,0 % της μάζας του μίγματος επιτρέπονται κατ' εξαίρεση και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις .

3.6.4. Απαιτήσεις σύνθεσης μίγματος

Η σύνθεση ενός υδραυλικού συνδετικού υλικού γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε τα υλικά να τοποθετούνται μεμονωμένα , τα χαρακτηριστικά και η ποιότητα τους να αξιολογούνται με συγκεκριμένο τρόπο και να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις που έχουν τεθεί .

Η περιεκτικότητα ενός υδραυλικού συνδετικού υλικού κατηγορίας αντοχής 22,5E και 32,5E σε Πορτλαντ τσιμέντο κλίνκερ δεν θα είναι μικρότερη από 20 % .

Τα υλικά που συνθέτουν το μίγμα τοποθετούνται με τις εξής ανοχές ως προς τα ποσοστά τους :

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6.4.1. ΑΝΟΧΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΜΙΓΜΑΤΟΣ
(Πρότυπο ENV)

Ποσοστό συστατικού στο μίγμα	Ανοχή
> 20 %	± 10 %
από 6 % έως 20 %	± 5%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1. ΣΤΟΧΟΣ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι εργασίες και οι δοκιμές για την εκτέλεση της μελέτης σύνθεσης α) κυλινδρούμενου σκυροδέματος και β) σκυροδέματος από συνδετική κονία οδοποιίας προκειμένου να γίνει πειραματική εφαρμογή της μεθόδου. Οι δοκιμές έγιναν στο εργαστήριο της Ενώσεως Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος.

Οι δοκιμές περιλαμβάνουν :

- Κοκκομετρική ανάλυση των αδρανών
- Σύνθεση των κλασμάτων των αδρανών ώστε το μίγμα να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της Π.Ε.Τ.Ε.Π. 05 – 03 – 07 – 00 .
- Προσδιορισμό των τιμών μέτρου ελαστικότητας με τη χρήση διάταξης ηλεκτροδυναμικού-ιδιοσυχνότητας και υπερήχων αντίστοιχα .
- Παρασκευή δοκιμών με διάφορα ποσοστά τσιμέντου .
- Εκτέλεση δοκιμών σε θλίψη , κάμψη και διάρρηξη σε ηλικία 7 και 28 ημερών για τον προσδιορισμό της αντοχής σε θλίψη , κάμψη και εφελκυσμό από διάρρηξη .

4.2. ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

• Τσιμέντο

Χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο CEM II/B – M 32,5 για την παρασκευή του κυλινδρούμενου σκυροδέματος και συνδετική κονία για την παρασκευή του ειδικού σκυροδέματος .Το τσιμέντο ζυγίστηκε σε ζυγαριά με δυνατότητα ανάγνωσης 0,1 gr.

- **Νερό**

Το νερό που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή και των δυο ειδών σκυροδέματος ήταν νερό βρύσης και ζυγίστηκε σε ζυγαριά με δυνατότητα ανάγνωσης 0,1 gr .

- **Αδρανή**

Χρησιμοποιήθηκαν θραυστά αδρανή (άμμος , χαλίκι , γαρμπίλι) , τα οποία ζυγίστηκαν σε ζυγαριά με δυνατότητα ανάγνωσης 0,1 gr και είχαν την παρακάτω κοκκομετρική διαβάθμιση .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ

ΚΟΣΚΙΝΟ	ΑΜΜΟΣ (gr)	ΓΑΡΜΠΙΛΙ (gr)
Παιπάλη	8,75	21,10
200	172,04	14,74
100	213,05	-
50	236,56	-
30	442,41	-
16	470,09	-
8	292,40	27,55
4	-	80,45
1/4	-	1309,53
3/8	-	544,38

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζεται η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών .

Σημειώνεται πως η κοκκομετρική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για ποσότητες άμμου και γαρμπιλιού 2400 gr και 2000 gr αντίστοιχα .

Με βάση την κοκκομετρική διαβάθμιση των θραυστών υλικών και τα όρια της κοκκομετρικής διαβάθμισης κατά ISO 565 που ακολουθούν οι Π.Ε.Τ.Ε.Π. 05 – 03 – 07 – 00 προσδιορίστηκαν οι αναλογίες του μίγματος σε θραυστά υλικά .

Οι αναλογίες που θα έχουν τα διάφορα μίγματα που κατασκευάστηκαν είναι 53% άμμος , 30% χαλίκι , 17% γαρμπίλι για τα μίγματα του κυλινδρούμενου σκυροδέματος και 58% άμμος, 42% γαρμπίλι για τα μίγματα με συνδετική κονία .

4.3. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Οι δοκιμές συμπίκνωσης έγιναν με την παρασκευή δοκιμίων από μίγμα σύνθεσης αδρανών υλικών :

Κυλινδρούμενο σκυρόδεμα : 53% άμμος , 30% χαλίκι , 17% γαρμπίλι και 8,5% , 10,5%, 12,5% τσιμέντο (κ.β. συνολικής ποσότητας αδρανών) για καθένα από τα τρία μίγματα .

Σκυρόδεμα με ειδική συνδετική κονία (Roadbinder): 58% άμμος , 42% γαρμπίλι και 5% , 10% , 15% συνδετική κονία (κ.β. συνολικής ποσότητας αδρανών) για καθένα από τα τρία μίγματα .

Στα μίγματα προστέθηκαν διαφορετικές ποσότητες νερού . Για τα μίγματα του κυλινδρούμενου σκυροδέματος η περιεκτικότητα του νερού ήταν σταθερή και ίση με 5,6% της συνολικής ποσότητας αδρανών και τσιμέντου . Για τα μίγματα σκυροδέματος με συνδετική κονία η περιεκτικότητα ήταν επίσης σταθερή και ίση με 6% .

Τα μίγματα που παρασκευάστηκαν συμπυκνώθηκαν κατά τυποποιημένο τρόπο με την ηλεκτροσφύρα . Χρησιμοποιήθηκαν κυβικές και κυλινδρικές μήτρες (καλούπια) για τα μίγματα από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα και ορθογωνικές για τα μίγματα από συνδετική κονία .

Τα κυβικά δοκίμια εξετάστηκαν ως προς την αντοχή τους σε θλίψη . Τα κυλινδρικά δοκίμια εξετάστηκαν ως προς την αντοχή τους σε εφελκυσμό από διάρρηξη . Τα ορθογωνικά δοκίμια εξετάστηκαν ως προς την αντοχή τους σε κάμψη και στη συνέχεια σε θλίψη των τμημάτων που προέκυπταν από τη κάμψη (δοκιμή ισοδύναμου κύβου) .

Τα αδρανή υλικά απλώθηκαν σε τελάρα και αφέθηκαν να στεγνώσουν στην ελεύθερη ατμόσφαιρα του εργαστηρίου για μια μέρα ώστε να εξατμιστεί η υγρασία .

Την επόμενη μέρα μετρήθηκαν οι αντίστοιχες απαραίτητες ποσότητες των υλικών του μίγματος στη ζυγαριά και τοποθετήθηκαν στον αναμικτήρα του οποίου η εσωτερική επιφάνεια και οι λεπίδες είχαν προηγουμένως διαβραχεί με ένα σφουγγάρι καλά στραγγισμένο ώστε να μην απορροφήσουν ποσότητα νερού από το μίγμα (Φωτογραφία 4.3.1.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.1 ΔΙΑΒΡΟΧΗ ΑΝΑΜΙΚΤΗΡΑ

Αναμίχθηκε ολόκληρη η ποσότητα των θραυστών αδρανών υλικών με τη μισή περίπου ποσότητα νερού για περίπου 3 λεπτά και στη συνέχεια το μίγμα αυτό σκεπάστηκε με νάilon , για την αποφυγή της εξάτμισης του νερού , για περίπου 20 λεπτά . Στη χρονική αυτή διάρκεια τα αδρανή απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας απορροφήσεως . Το τελευταίο γίνεται για να γίνει η συμπύκνωση με μίγμα που όσο το δυνατόν θα είναι παρόμοιο με αυτό που διαστρώνεται σε έναν πραγματικό δρόμο (Φωτογραφία 4.3.2.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.2. ΠΑΡΑΜΟΝΗ ΤΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΣΤΟΝ ΑΝΑΜΙΚΤΗΡΑ

Μετά το τέλος του χρονικού αυτού διαστήματος προστέθηκε το τσιμέντο (ή αντίστοιχα το συνδετικό υλικό οδοποιίας) στον αναμικτήρα και η υπόλοιπη ποσότητα νερού και η ανάμιξη συνεχίστηκε για ακόμη 3 λεπτά για να προκύψει ομογενές μίγμα (Φωτογραφία 4.3.3.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.3. ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΜΙΓΜΑ

Στη συνέχεια το μίγμα τοποθετήθηκε στις μήτρες , οι οποίες πιο πριν είχαν αλειφθεί με λάδι ώστε να διευκολυνθεί η αποκόλληση του δοκιμίου (Φωτογραφία 4.3.4.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.4. ΛΑΔΩΜΕΝΕΣ ΜΗΤΡΕΣ ΕΤΟΙΜΕΣ ΝΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΘΕΙ ΤΟ ΜΙΓΜΑ

Ακολούθησε συμπύκνωση με την δονητική ηλεκτροσφύρα για περίπου 15 –25 sec σε δυο ισοϋψείς στρώσεις (Φωτογραφία 4.3.5.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.5. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΜΕ ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΣΦΥΡΑ

Σημειώνεται πως ανάλογα με το είδος της μήτρας (κυβικό , κυλινδρικό , ορθογωνικό) μέσα στην οποία θα γίνει η συμπύκνωση του δοκιμίου , τοποθετείται στη δονητική ηλεκτροσφύρα και το αντίστοιχο συμπυκνωτικό στέλεχος ("παπούτσι") .

Η πρώτη στρώση συμπυκνώνεται αφού γεμίσει όλο το δοκίμιο με ασυμπύκνωτο υλικό και αυτό γιατί εκ πείρας τόση είναι η ποσότητα που πρέπει να τοποθετηθεί ώστε το συμπυκνωμένο υλικό που θα μείνει να είναι ως τη μέση περίπου του ύψους της μήτρας .

Η συμπύκνωση γίνεται με δονητική ηλεκτροσφύρα ασκώντας πάνω της το βάρος του σώματος του ατόμου που συμπυκνώνει και μετακινώντας την προς όλες τις πλευρές του δοκιμίου ώστε η συμπύκνωση με άσκηση δόνησης υπό πίεση να συμπληρωθεί και με μια "ζυμωτική" δράση .

Όταν περατωθεί η συμπύκνωση της πρώτης στρώσης η επιφάνεια πρέπει να βρίσκεται περίπου στο μέσο του ύψους της μήτρας έτσι ώστε οι δυο στρώσεις να έχουν το ίδιο περίπου πάχος .

Πριν τοποθετηθεί το υλικό για τη δεύτερη στρώση , η συμπυκνωμένη επιφάνεια αναμοχλεύεται με ένα αιχμηρό όργανο (σπάτουλα ή κατσαβίδι) σε βάθος περίπου 5 mm . Η αναμόχλευση αυτή έχει ως σκοπό να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες για τη συγκόλληση των δυο στρώσεων (Φωτογραφία 4.3.6.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.6. ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΗΔΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Επειδή η ποσότητα του υλικού της δεύτερης στρώσης σε ασυμπύκνωτη κατάσταση καταλαμβάνει πολύ περισσότερο χώρο από το διαθέσιμο χώρο πάνω από την ήδη συμπυκνωμένη στρώση , στο δοκίμιο τοποθετούμε ως προέκταση ένα δεύτερο καλούπι από το οποίο έχει αφαιρεθεί ο πυθμένας . Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται επαρκής χώρος για να τοποθετηθεί το ασυμπύκνωτο υλικό της δεύτερης στρώσης . Ακολουθεί συμπίκνωση της στρώσης αυτής , για το ίδιο χρονικό διάστημα που διήρκεσε και η συμπίκνωση της πρώτης , και προσεκτική απομάκρυνση του δεύτερου καλουπιού που χρησιμοποιήθηκε ως προέκταση (Φωτογραφία 4.3.7.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.7. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ – ΠΡΟΕΚΤΑΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

Μετά την απομάκρυνση του δεύτερου καλουπιού το συμπυκνωμένο δοκίμιο έχει ύψος μεγαλύτερο από το ύψος της μήτρας . Το επιπλέον υλικό απομακρύνεται εν μέρει με τη βοήθεια σπάτουλας και μορφώνεται η τελική επιφάνεια του δοκιμίου με τοποθέτηση μεταλλικής πλάκας διαστάσεων μεγαλύτερων κατά πολύ από τις διαστάσεις τις μήτρας και δόνηση της πλάκας αυτής με τη δονητική ηλεκτρόσφυρα έτσι ώστε να έρθει σε επαφή με τα τοιχώματα της μήτρας (Φωτογραφία 4.3.8.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.3.8. ΜΟΡΦΩΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΠΛΑΚΑΣ

Τα καλούπια με συμπυκνωμένο υλικό αριθμήθηκαν , τοποθετήθηκαν σε οριζόντια θέση σε συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας του εργαστηρίου και καλύφθηκαν με ένα νάιλον και από πάνω από αυτό τοποθετήθηκε μια βρεγμένη και καλά στραγγισμένη λινάτσα .

Εκεί παρέμειναν για μια ημέρα και την επόμενη ακολούθησε το ξεκαλούπωμα και τα καλούπια καθαρίστηκαν από υπολείμματα σκυροδέματος .

Τα σχηματισμένα και σταθεροποιημένα πλέον δοκίμια ζυγίστηκαν και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με υγρομετρικές συνθήκες (σχετική υγρασία > 96%) που δεν επέτρεπταν εξάτμιση του νερού σε βαθμό που να επηρεάσει αρνητικά την ενυδάτωση του τσιμέντου μέχρι την θραύση τους .

Επισημαίνεται πως οι φωτογραφίες που παρατέθηκαν παραπάνω αποτελούν ενδεικτική απεικόνιση της διαδικασίας παρασκευής και συντήρησης των δοκιμίων . Αναφέρονται στα ορθογωνικά δοκίμια του σκυροδέματος από συνδετική κονία καθώς η παρασκευή και συντήρηση των κυβικών και κυλινδρικών δοκιμίων ακολουθεί ανάλογη διαδικασία .

Τα δοκίμια από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα με τις αναλογίες σύνθεσής τους και τις ημερομηνίες παρασκευής τους αναγράφονται συγκεντρωτικά παρακάτω :

ΜΙΓΜΑΤΑ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

• Δευτέρα , 7 Φεβρουαρίου 2005

Παρασκευή 6 κυβικών και 6 κυλινδρικών δοκιμών κυλινδρούμενου σκυροδέματος με περιεκτικότητα τσιμέντου 10,5%

Η ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΕΓΙΝΕ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ CEM II B/M 32,5

Το μίγμα αποτελείται από τις ακόλουθες ποσότητες

ΑΔΡΑΝΗ	%	gr
ΑΜΜΟΣ	53	11130
ΧΑΛΙΚΙ	30	6300
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	17	3570
ΣΥΝΟΛΟ	100	21000

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	10,5	2205
ΝΕΡΟ	5,6	1299,48

Σημειώνεται πως η ποσότητα του τσιμέντου είναι το 10,5% του συνόλου των αδρανών , ενώ η ποσότητα του νερού είναι το 5,6% του συνόλου αδρανών και τσιμέντου

• Τρίτη , 8 Φεβρουαρίου 2005

Παρασκευή 6 κυβικών και 6 κυλινδρικών δοκιμών κυλινδρούμενου σκυροδέματος με περιεκτικότητα τσιμέντου 12,5%

Η ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΕΓΙΝΕ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ CEM II B/M 32,5

Το μίγμα αποτελείται από τις ακόλουθες ποσότητες

ΑΔΡΑΝΗ	%	gr
ΑΜΜΟΣ	53	11130
ΧΑΛΙΚΙ	30	6300
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	17	3570
ΣΥΝΟΛΟ	100	21000

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	12,5	2625
ΝΕΡΟ	5,6	1323

Σημειώνεται πως η ποσότητα του τσιμέντου είναι το 12,5% του συνόλου των αδρανών , ενώ η ποσότητα του νερού είναι το 5,6% του συνόλου αδρανών και τσιμέντου

•Δευτέρα , 21 Φεβρουαρίου 2005

Παρασκευή 3 κυβικών και 3 κυλινδρικών δοκιμών κυλινδρούμενου σκυροδέματος με περιεκτικότητα τσιμέντου 8,5%

Η ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΕΓΙΝΕ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ CEM II B/M 32,5

Το μίγμα αποτελείται από τις ακόλουθες ποσότητες

ΑΔΡΑΝΗ	%	gr
ΑΜΜΟΣ	53	11130
ΧΑΛΙΚΙ	30	6300
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	17	3570
ΣΥΝΟΛΟ	100	21000

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	8,5	1785
ΝΕΡΟ	5,6	1275,96

Σημειώνεται πως η ποσότητα του τσιμέντου είναι το 8,5% του συνόλου των αδρανών , ενώ η ποσότητα του νερού είναι το 5,6% του συνόλου αδρανών και τσιμέντου

Οι αναλογίες σύνθεσης των δοκιμών από συνδετική κονία οδοποιίας και οι αντίστοιχες ημερομηνίες συνοψίζονται ως :

ΜΙΓΜΑΤΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

- Τετάρτη , 6 Ιουλίου 2005 και Δευτέρα , 11 Ιουλίου 2005 Ποσοστό τσιμέντου 5%

Σύνθεση μίγματος

ΑΜΜΟΣ 58% = 12760 gr
ΓΑΡΜΠΙΛΙ 42% = 9240 gr
ΤΣΙΜΕΝΤΟ 5% = 1100 gr
ΝΕΡΟ 5,75% = 1328,25 gr

ΑΜΜΟΣ 58% = 6960 gr
ΓΑΡΜΠΙΛΙ 42% = 5040 gr
ΤΣΙΜΕΝΤΟ 5% = 600 gr
ΝΕΡΟ 5,75% = 724,5 gr

Σημειώνεται πως από το αριστερό μίγμα παράγονται τα δοκίμια 1-6 , ενώ από το δεξιό μίγμα τα δοκίμια 19-21

- Πέμπτη , 7 Ιουλίου 2005 και Τρίτη , 12 Ιουλίου 2005 Ποσοστό τσιμέντου 10%

Σύνθεση μίγματος

ΑΜΜΟΣ 58% = 12760 gr
ΓΑΡΜΠΙΛΙ 42% = 9240 gr
ΤΣΙΜΕΝΤΟ 10% = 2200 gr
ΝΕΡΟ 5,75% = 1391,5 gr

ΑΜΜΟΣ 58% = 6380 gr
ΓΑΡΜΠΙΛΙ 42% = 4620 gr
ΤΣΙΜΕΝΤΟ 10% = 1100 gr
ΝΕΡΟ 5,75% = 695,75 gr

Σημειώνεται πως από το αριστερό μίγμα παράγονται τα δοκίμια 7-12 , ενώ από το δεξιό μίγμα τα δοκίμια 22-24

- Παρασκευή , 8 Ιουλίου 2005 και Τρίτη , 12 Ιουλίου 2005 Ποσοστό τσιμέντου 15%

Σύνθεση μίγματος

ΑΜΜΟΣ 58% = 12180 gr
ΓΑΡΜΠΙΛΙ 42% = 8820 gr
ΤΣΙΜΕΝΤΟ 15% = 3100 gr
ΝΕΡΟ 6% = 1449 gr

ΑΜΜΟΣ 58% = 6380 gr
ΓΑΡΜΠΙΛΙ 42% = 4620 gr
ΤΣΙΜΕΝΤΟ 15% = 1650 gr
ΝΕΡΟ 6% = 671,37 gr

Σημειώνεται πως από το αριστερό μίγμα παράγονται τα δοκίμια 13-18 , ενώ από το δεξιό μίγμα τα δοκίμια 25-27

4.4. ΘΡΑΥΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Τα δοκίμια του κυλινδρούμενου σκυροδέματος είναι κυβικά και κυλινδρικά ενώ του σκυροδέματος με συνδετική κονία είναι ορθογωνικά .

Τα κυβικά δοκίμια του κυλινδρούμενου σκυροδέματος εξετάζονται ως προς την αντοχή τους σε θλίψη . Στα κυλινδρικά δοκίμια του κυλινδρούμενου σκυροδέματος , αφού τοποθετήσουμε σε αντιδιαμετρικές θέσεις ξύλινα τμήματα – πηχάκια διαστάσεων 7mm*10mm*200mm , εξετάζουμε την αντοχή τους σε εφελκυσμό από διάρρηξη , επιβάλλοντας θλιπτικό γραμμικό φορτίο στο δοκίμιο κατά αυτή τη διεύθυνση .

Τα ορθογωνικά δοκίμια του σκυροδέματος με συνδετική κονία εξετάζονται ως προς την αντοχή τους σε κάμψη και σε θλίψη.

Σημειώνεται ότι η ταχύτητα θλίψης των κυβικών δοκιμίων είναι $2,0 \text{ kN/sec}$, η ταχύτητα διάρρηξης των κυλινδρικών δοκιμίων είναι $1,6 \text{ kN/sec}$ και για τα ορθογωνικά δοκίμια η ταχύτητα κάμψης είναι $0,07 \text{ kN/sec}$ και η ταχύτητα θλίψης είναι $1,0 \text{ kN/sec}$. Επισημαίνεται ότι ταχύτητα επιβολής του φορτίου επιτυγχάνεται αυτόματα από την μηχανή δοκιμής με κατάλληλη ρύθμιση.

Τα δοκίμια εισάγονταν στη μηχανή θραύσης , αφού αυτή είχε προετοιμαστεί κατάλληλα ώστε να εκτελέσει τη ζητούμενη καταπόνηση (κάμψη , θλίψη) , και η μηχανή εφάρμοζε το αρχικό φορτίο κατά τρόπο που αυτό να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή κρούση (Φωτογραφία 4.4.1.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.4.1. ΜΗΧΑΝΗ ΘΡΑΥΣΗΣ

Στη συνέχεια το φορτίο αυξάνονταν με την ορισμένη σταθερή ταχύτητα φόρτισης μέχρι να θραυστεί το δοκίμιο .

4.5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.5.1 ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της θραύσης των δοκιμών κυλινδρούμενου σκυροδέματος τόσο σε θλίψη (κυβικά δοκίμια) όσο και σε διάρρηξη (κυλινδρικά δοκίμια) για 7 και για 28 ημέρες .

ΘΡΑΥΣΗ 7 ΗΜΕΡΩΝ

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΥΒΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ

Ταχύτητα θραύσεως 2 kN/sec

14/02/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 10,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
1	343,70	34,37
2	322,90	32,29
3	312,70	31,27

AVERAGE	32,64
STDEV	1,58
CV	4,84

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ

Ταχύτητα θραύσεως 1,6 kN/sec

14/02/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 10,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
1	85,10	2,71
2	79,30	2,53
3	80,60	2,57

AVERAGE	2,60
STDEV	0,10
CV	3,73

15/02/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 12,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
7	486,10	48,61
8	485,40	48,54
9	488,80	48,88

AVERAGE	48,68
STDEV	0,18
CV	0,37

15/02/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 12,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
7	110,20	3,51
8	106,90	3,40
9	88,20	2,81

AVERAGE	3,24
STDEV	0,38
CV	11,66

ΘΡΑΥΣΗ 28 ΗΜΕΡΩΝ

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΚΥΒΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ

Ταχύτητα θραύσεως 2 kN/sec

07/03/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 10,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
4	360,60	36,06
5	430,60	43,06
6	433,60	43,36

AVERAGE	40,83
STDEV	4,13
CV	10,11

ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ

Ταχύτητα θραύσεως 1,6 kN/sec

07/03/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 10,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
4	101,00	3,22
5	105,80	3,37
6	94,60	3,01

AVERAGE	3,20
STDEV	0,18
CV	5,62

08/03/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 12,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
10	515,80	51,58
11	496,70	49,67
12	470,80	47,08

AVERAGE	49,44
STDEV	2,26
CV	4,57

08/03/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 12,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
10	101,50	3,23
11	129,60	4,13
12	109,40	3,48

AVERAGE	3,61
STDEV	0,46
CV	12,74

21/03/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 8,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
13	337,30	33,73
14	345,80	34,58
15	347,80	34,78

AVERAGE	34,36
STDEV	0,58
CV	1,69

21/03/05

ΤΣΙΜΕΝΤΟ 8,5%

Αριθμός Δοκιμίου	kN	MPa
13	85,30	2,72
14	87,30	2,78
15	88,60	2,82

AVERAGE	2,77
STDEV	0,05
CV	1,81

4.5.2. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΑΠΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

4.5.2.1. Θραύση δοκιμίων

Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της θραύσης των δοκιμίων σκυροδέματος από συνδετικό υλικό οδοποιίας τόσο σε κάμψη όσο και σε θλίψη .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2.1.1. ΚΑΜΨΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΑΡ.ΔΟΚ.	ΠΟΣ.ΤΣΙΜ.	ΜΕΡΑ	ΒΑΡΟΣ	KN/sec	Mpa	AVERAGE	STDEV	CV
1	5%	7	3298,00	1,86	1,14	1,72	0,51	29,83
2	5%	7	3386,00	3,45	2,11			
3	5%	7	3394,00	3,11	1,90			
4	5%	28	3227,50	4,74	2,90	2,54	0,32	12,57
5	5%	28	3234,50	3,91	2,39			
6	5%	28	3122,00	3,78	2,31			
7	10%	7	3166,50	6,33	3,88	3,37	0,82	24,43
8	10%	7	3088,50	3,95	2,42			
9	10%	7	3209,00	6,22	3,81			
10	10%	28	3231,00	7,65	4,68	3,40	1,21	35,66
11	10%	28	2985,00	3,71	2,27			
12	10%	28	3063,00	5,31	3,25			
13	15%	7	3113,50	4,63	2,83	1,75	1,46	83,31
14	15%	7	3077,00	0,15	0,09			
15	15%	7	2956,50	3,81	2,33			
16	15%	28	2982,00	3,45	2,11	2,36	0,32	13,74
17	15%	28	2972,00	4,45	2,72			
18	15%	28	3012,50	3,65	2,23			
19	5%	3	3340,00	0,25	0,15	0,19	0,11	56,13
20	5%	3	3360,50	0,17	0,10			
21	5%	3	3378,00	0,50	0,31			
22	10%	3	3104,00	2,81	1,72	1,26	1,01	80,80
23	10%	3	2920,00	0,15	0,09			
24	10%	3	3177,00	3,19	1,95			
25	15%	3	2984,50	1,75	1,07	1,12	0,78	69,89
26	15%	3	2884,50	0,59	0,36			
27	15%	3	3115,50	3,14	1,92			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2.1.2. ΘΛΙΨΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΑΡ.ΔΟΚ.	ΠΟΣ.ΤΣΙΜ.	ΜΕΡΑ	ΒΑΡΟΣ	A	B	Μ.ΟΡΟΣ	MPa	AVERAGE	STDEV	CV
1	5%	7	3298,00	39,7	43,24	41,45	8,46	8,24	0,56	6,78
2	5%	7	3386,00	40,3	44,50	42,39	8,65			
3	5%	7	3394,00	36,2	38,34	37,25	7,60			
4	5%	28	3227,50	72,7	80,20	76,45	15,60	14,20	1,63	11,50
5	5%	28	3234,50	74,9	68,10	71,50	14,59			
6	5%	28	3122,00	63,3	58,30	60,80	12,41			
7	10%	7	3166,50	78,2	105,70	91,95	18,77	18,37	2,83	15,39
8	10%	7	3088,50	65,6	85,00	75,30	15,37			
9	10%	7	3209,00	96,5	109,10	102,80	20,98			
10	10%	28	3231,00	143	97,50	120,25	24,54	18,82	5,04	26,80
11	10%	28	2985,00	58,2	89,00	73,60	15,02			
12	10%	28	3063,00	71,5	94,10	82,80	16,90			
13	15%	7	3113,50	70,3	90,20	80,25	16,38	13,76	3,23	23,44
14	15%	7	3077,00	79,8	64,80	72,30	14,76			
15	15%	7	2956,50	54,5	45,04	49,77	10,16			
16	15%	28	2982,00	79,8	70,90	75,35	15,38	15,25	1,53	10,06
17	15%	28	2972,00	71,2	92,60	81,90	16,71			
18	15%	28	3012,50	71	62,80	66,90	13,65			
19	5%	3	3340,00	24,9	27,75	26,33	5,37	5,64	0,23	4,08
20	5%	3	3360,50	32,3	24,18	28,26	5,77			
21	5%	3	3378,00	28,1	28,50	28,31	5,78			
22	10%	3	3104,00	52,1	39,83	45,99	9,38	9,59	4,78	49,78
23	10%	3	2920,00	20,4	27,92	24,14	4,93			
24	10%	3	3177,00	79,4	62,40	70,90	14,47			
25	15%	3	2984,50	35,7	33,55	34,61	7,06	7,55	2,29	30,42
26	15%	3	2884,50	28,9	25,25	27,10	5,53			
27	15%	3	3115,50	57,70	40,72	49,21	10,04			

4.5.2.2. Δοκιμή ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας δοκιμίων με συνδετική κονία οδοποιίας

Τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν με συνδετική κονία εξετάστηκαν στην ειδική διάταξη του ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας . Στη διάταξη αυτή το κάθε δοκίμιο τοποθετείται οριζόντια πάνω σε ένα μεταλλικό στοιχείο πάχους περίπου 3 cm . Αφού το ισορροπήσουμε σταθερά το εξασφαλίζουμε από μετάθεση μέσω σύσφιξης με τη βοήθεια ενός επίσης μεταλλικού στελέχους . Στη συνέχεια καθιστούμε τα άκρα του δοκιμίου σε συνεχή επαφή με τους δυο ακροδέκτες της συσκευής. Από τους ακροδέκτες αυτούς ο ένας επιβάλλει στο δοκίμιο παλμούς τους οποίους παραλαμβάνει ο άλλος ακροδέκτης. Η συσκευή έχει την δυνατότητα να μεταβάλλει την συχνότητα των παλμών. Όταν η παραλαμβανόμενος παλμός γίνει μέγιστος τότε το δοκίμιο βρίσκεται σε κατάσταση συντονισμού και η συχνότητα των παλμών είναι ίση με την ιδιοσυχνότητα (η) (Φωτογραφία 4.5.2.2.1.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.5.2.2.1. ΔΙΑΤΑΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ - ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Η ιδιοσυχνότητα συνδέεται με το μέτρο ελαστικότητας του υλικού με την ακόλουθη σχέση :

$$E = 4 \cdot \eta^2 \cdot L^2 \cdot \rho \cdot 10^{-15}$$

με E : το μέτρο ελαστικότητας (GPa)
 η : η τιμή του ηλεκτροδυναμικού
 L : το μήκος του δοκιμίου (mm)
 ρ : την πυκνότητα (kg/m^3)

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής μεταβάλλεται από τον χειριστή η συχνότητα των παλμών και παρακολουθείται η απόκριση του άλλου ακροδέκτη στο ενδεικτικό του όργανο. Όταν η απόκριση αυτή γίνει μέγιστη (ο δείκτης αλλάζει φορά κίνησης) σημειώνεται η συχνότητα του παλμού που εμφανίζεται στην οθόνη ενός συχνομέτρου.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας των δοκιμίων ανάλογα με το ποσοστό συνδετικού υλικού που περιείχαν και την ημέρα διεξαγωγής αυτής παραθέτονται συγκεντρωτικά παρακάτω :

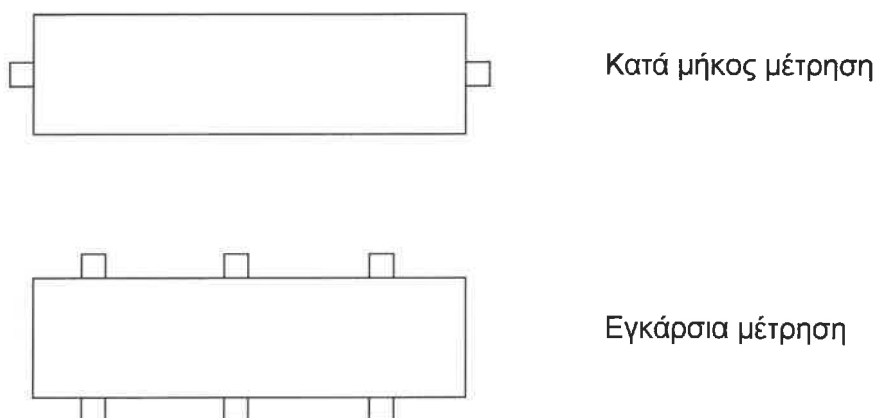
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2.2.1. ΔΟΚΙΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ

ΔΟΚΙΜΙΑ	ΒΑΡΟΣ (gr)	2 ΗΜΕΡΩΝ	3 ΗΜΕΡΩΝ	7 ΗΜΕΡΩΝ	28ΗΜΕΡΩΝ
1	3298,00	6690	7500	5780	-
2	3386,00	7040	8680	5930	-
3	3394,00	7020	8120	5750	-
4	3227,50	7190	7370	-	6450
5	3234,50	6910	-	-	6660
6	3122,00	7180	-	-	6340
7	3166,50	-	-	6560	-
8	3088,50	-	-	6120	-
9	3209,00	-	-	6610	-
10	3231,00	-	-	-	6980
11	2985,00	-	-	-	5650
12	3063,00	-	-	-	6260
13	3113,50	-	-	6090	-
14	3077,00	-	-	5660	-
15	2956,50	-	-	5260	-
16	2982,00	-	-	-	5540
17	2972,00	-	-	-	5900
18	3012,50	-	-	-	5860
19	3340,00	7770	4440	-	-
20	3360,50	7760	4550	-	-
21	3378,00	7680	4360	-	-
22	3104,00	5470	5770	-	-
23	2920,00	5120	5340	-	-
24	3177,00	5760	6060	-	-
25	2984,50	6160	6430	-	-
26	2884,50	6180	6350	-	-
27	3119,50	5520	5800	-	-

4.5.2.3. Δοκιμή υπερήχων δοκιμών με συνδετική κονία

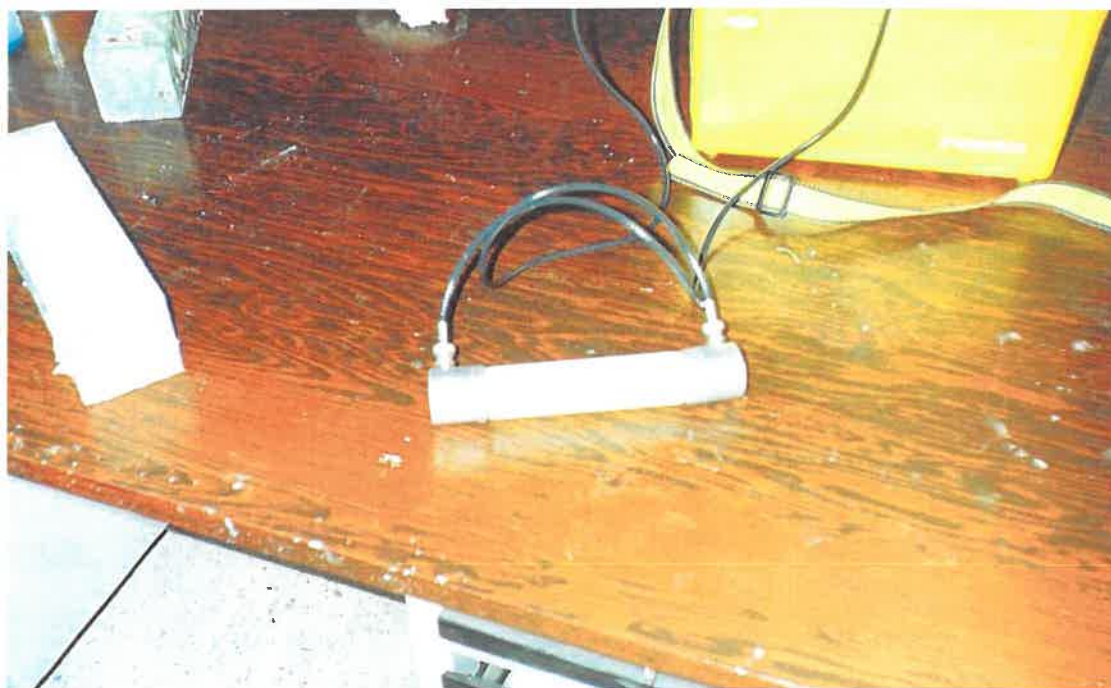
Η συσκευή με την οποία πραγματοποιείται η δοκιμή αυτή αποτελείται από μια κεντρική μονάδα , η οποία φέρει και τις ενδείξεις , ένα πομπό και ένα δέκτη υπερήχων .

Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ο πομπός και ο δέκτης τοποθετήθηκαν σε δύο «αντικριστές» θέσεις σε απέναντι επιφάνειες του δοκιμίου που απέιχαν μεταξύ τους 70 mm ή 280 mm. Η συσκευή μετράει τον απαιτούμενο χρόνο t σε μs για να μεταβεί ο υπέρηχος από την μία επιφάνεια στην άλλη



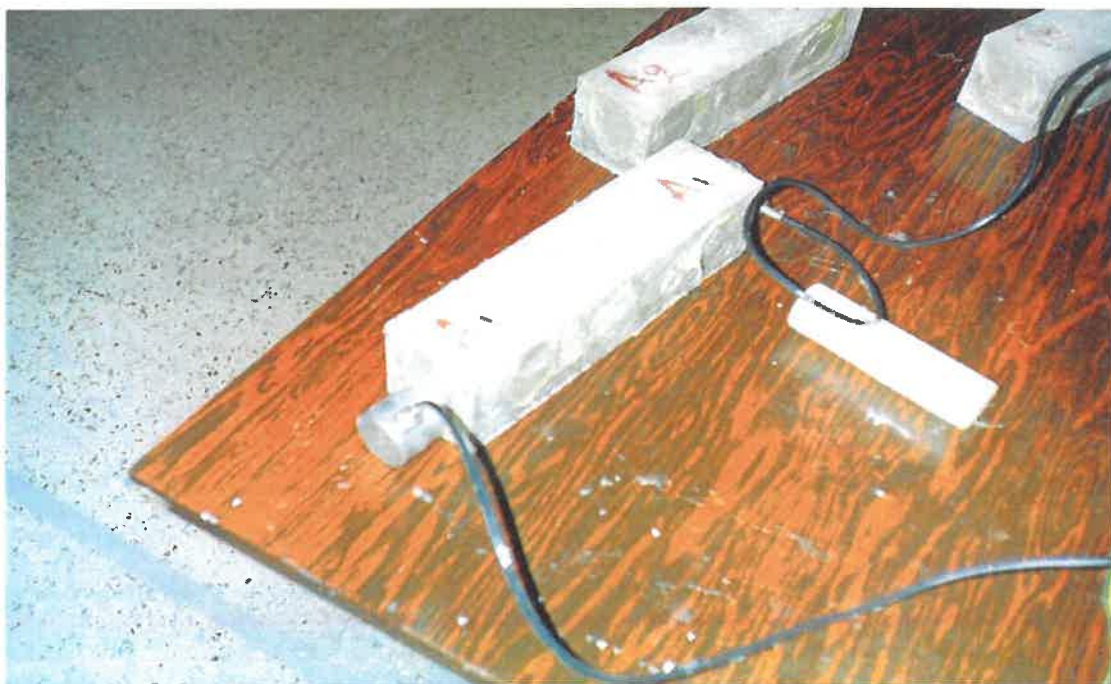
ΣΧΗΜΑ 4.5.2.3.1. ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

ο δοκίμιο τοποθετείται σε οριζόντια θέση σε μια ελεύθερη επιφάνεια . Στη συνέχεια ελέγχεται η ακρίβεια ανάγνωσης της συσκευής με τη χρήση μιας ράβδου σταθερής τιμής υπερήχων . Αν η συσκευή μας ικανοποιεί αυτή την τιμή τότε ξεκινάμε την έρευνα . Αν όχι, τότε τη ρυθμίζουμε ανάλογα στη τιμή αναφοράς (Φωτογραφία 4.5.2.3.1.) .



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.5.2.3.1. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Έπειτα , τοποθετούμε τα δυο στελέχη της συσκευής στις πλαϊνές έδρες και στα τέταρτα του μήκους του δοκιμίου παίρνοντας τις αντίστοιχες τιμές (Φωτογραφία 4.5.2.3.2.)



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 4.5.2.3.2. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Τα αποτελέσματα της δοκιμής των υπερήχων ανάλογα με το ποσοστό συνδετικού υλικού των μιγμάτων και την ημέρα της δοκιμής παραθέτονται συνοπτικά παρακάτω :

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2.3.1. ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 2 ΗΜΕΡΩΝ

ΔΟΚΙΜΙΟ	28 cm	7 cm	7 cm	7 cm	(μέσος όρος)*4	STDEV	CV
	t	t	t	t	t		
1	87,6	17,1	17,0	16,3	67,2	0,4	2,6
2	86,8	17,9	16,0	16,8	67,6	1,0	5,6
3	88,9	19,1	17,4	17,8	72,4	0,9	4,9
4	90,5	17,0	17,4	16,9	68,4	0,3	1,5
5	81,1	15,0	15,7	15,8	62,0	0,4	2,8
6	86,6	17,4	15,8	15,8	65,3	0,9	5,7
7	71,0	17,0	17,5	17,7	69,6	0,4	2,1
8	75,9	16,5	17,9	16,8	68,3	0,7	4,3
9	78,3	17,1	17,0	17,5	68,8	0,3	1,5
10	72,0	17,3	17,1	17,2	68,8	0,1	0,6
11	82,5	18,5	21,0	19,5	78,7	1,3	6,4
12	78,8	20,0	18,9	19,1	77,3	0,6	3,0
13	73,9	17,6	16,7	13,9	64,3	1,9	12,0
14	75,9	15,0	16,6	16,9	64,7	1,0	6,3
15	84,4	15,6	19,2	17,8	70,1	1,8	10,4
16	83,4	16,7	20,3	17,1	72,1	2,0	10,9
17	79,1	15,2	19,8	18,2	70,9	2,3	13,2
18	80,6	17,1	17,1	18,7	70,5	0,9	5,2
19	99,5	25,5	22,5	23,5	95,3	1,5	6,4
20	89,5	21,7	20,8	23,3	87,7	1,3	5,8
21	91,8	24	23,5	21	91,3	1,6	7,0
22	76,6	18,3	18,0	20,3	75,5	1,3	6,6
23	92,7	23,7	22,4	20,7	89,1	1,5	6,8
24	68,6	17,4	18,3	16,7	69,9	0,8	4,6
25	97,2	23,3	22,7	20,4	88,5	1,5	6,9
26	91,5	25,4	29,8	25,4	107,5	2,5	9,5
27	80,9	18,1	18,0	20,6	75,6	1,5	7,8

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.3.2.2. ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 3 ΗΜΕΡΩΝ

ΔΟΚΙΜΙΟ	28 cm	7 cm	7 cm	7 cm	(μέσος όρος)*4	STDEV	CV
	t	t	t	t	t		
1	94,5	22,4	22,8	20,4	87,5	1,3	5,9
2	96	21,6	21,2	21,2	85,3	0,2	1,1
3	103	22,5	22,2	25,5	93,6	1,8	7,8
4	104,1	24,0	21,8	22,4	90,9	1,1	5,0
5	94,4	23,0	22,9	20,0	87,9	1,7	7,8
6	99	22,0	21,9	24,0	90,5	1,2	5,2
7	71,3	14,6	15,1	15,2	59,9	0,3	2,1
8	78,3	14,8	14,3	13,9	57,3	0,5	3,1
9	78,8	15,6	14,3	14,4	59,1	0,7	4,9
10	74,6	14,3	15,1	15,2	59,5	0,5	3,3
11	84,4	16,0	18,7	18,0	70,3	1,4	8,0
12	84,0	17,0	17,9	17,4	69,7	0,5	2,6
13	83,2	17,1	19,9	20,5	76,7	1,8	9,5
14	86,1	21,0	20,1	18,2	79,1	1,4	7,2
15	89,3	21,2	22,8	20,3	85,7	1,3	5,9
16	90,3	20,2	21,6	20,0	82,4	0,9	4,2
17	87,8	21,3	21,7	17,5	80,7	2,3	11,5
18	86,6	20,3	20,8	20,1	81,6	0,4	1,8
19	102,1	21,4	20,6	18,1	80,1	1,7	8,6
20	96,8	22,1	19,5	17,9	79,3	2,1	10,7
21	100,9	19,5	21,2	19,4	80,1	1,0	5,0
22	81,5	18,1	18,2	18,8	73,5	0,4	2,1
23	102,3	23,9	30,5	21,2	100,8	4,8	19,0
24	74,8	18,4	18,6	18,4	73,9	0,1	0,6
25	98,0	27,4	23,2	22,2	97,1	2,8	11,4
26	98,5	20,5	31,4	22,6	99,3	5,8	23,3
27	87,8	21,0	20,3	19,4	80,9	0,8	4,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.3.2.3. ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 7 ΗΜΕΡΩΝ

ΔΟΚΙΜΙΟ	28 cm	7 cm	7 cm	7 cm	(μέσος όρος)*4	STDEV	CV
	t	t	t	t	t		
1	69,1	14,0	14,3	14,3	56,8	0,2	1,2
2	71,5	14,8	13,2	14,0	56,0	0,8	5,7
3	74,2	14,3	14,7	14,1	57,5	0,3	2,1
7	64,1	15,4	15,7	16,2	63,1	0,4	2,6
8	66,5	15,2	16,1	16,1	63,2	0,5	3,3
9	70,5	15,9	15,6	15,7	62,9	0,2	1,0
13	70,4	17,4	16,8	18,7	70,5	1,0	5,5
14	75,7	18,8	18,6	17,0	72,5	1,0	5,4
15	77,5	18,5	20,8	19,5	78,4	1,2	5,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.3.2.4 ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 28 ΗΜΕΡΩΝ

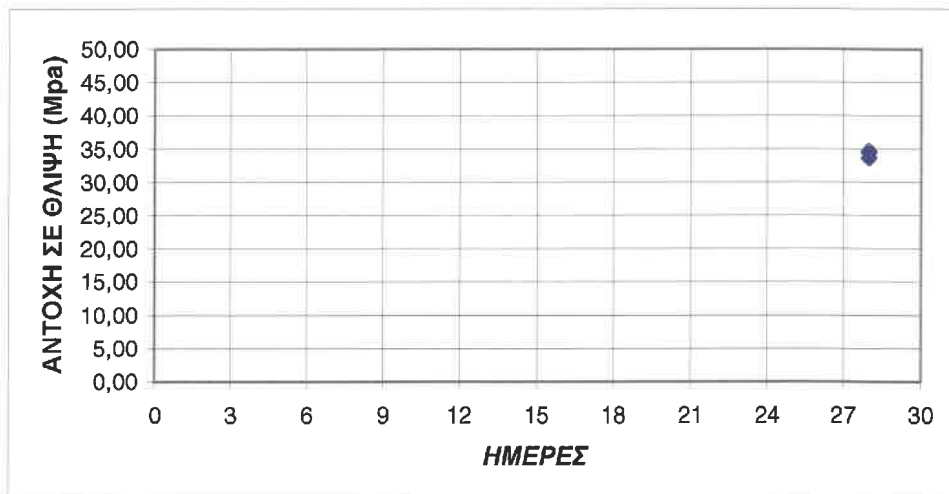
ΔΟΚΙΜΙΟ	28 cm	7 cm	7 cm	7 cm	(μέσος όρος)*4	STDEV	CV
	t	t	t	t	t		
4	65,8	15,8	16	15,8	63,5	0,1	0,7
5	64,8	15,2	15,4	15,7	61,7	0,3	1,6
6	65,5	15,6	15,4	15,5	62,0	0,1	0,6
10	66,4	15	14,7	15	59,6	0,2	1,2
11	72,3	17,8	19	16,9	71,6	1,1	5,9
12	67,6	17	16,3	17	67,1	0,4	2,4
16	72,7	14,9	17,1	14,3	61,7	1,5	9,6
17	72,2	16,8	17,8	15,1	66,3	1,4	8,2
18	71,1	16,3	16,6	13,5	61,9	1,7	11,1

4.6. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

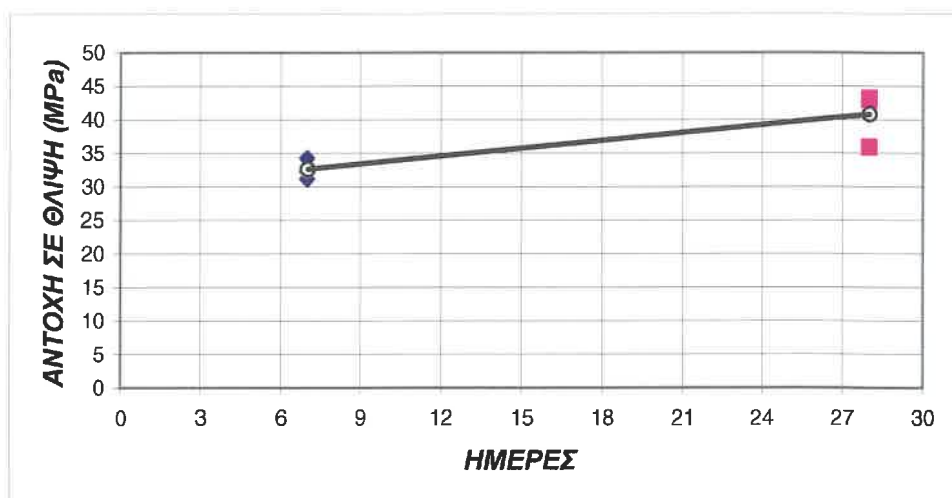
4.6.1. ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

4.6.1.1 Αντοχή σε θλίψη

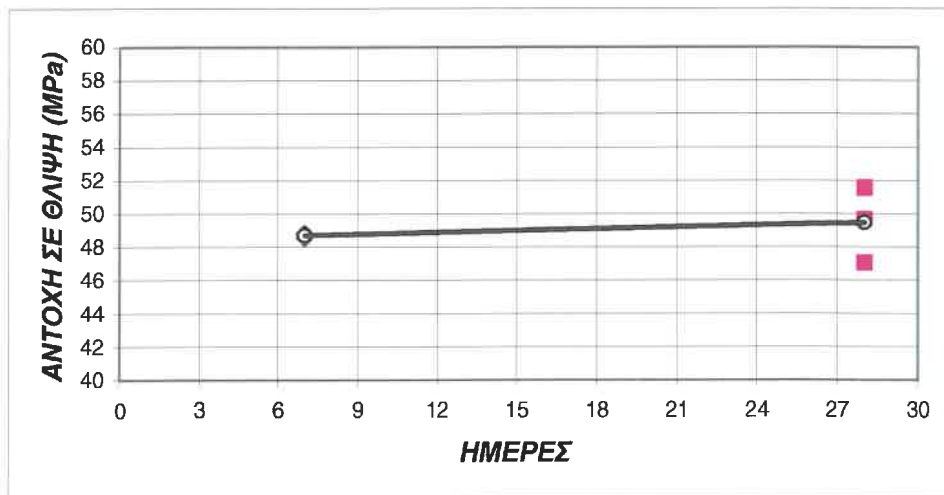
Τα σχήματα 4.6.1.1.1. έως 4.6.1.1.3. παρουσιάζουν τη μεταβολή των τιμών αντοχής σε θλίψη των δοκιμίων με το χρόνο .



ΣΧΗΜΑ 4.6.1.1.1: ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕ 8,5% ΤΣΙΜΕΝΤΟ

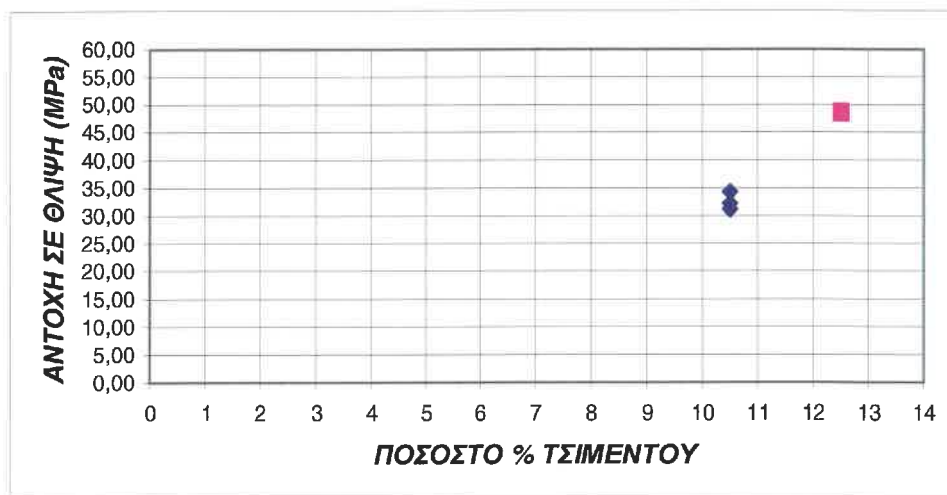


ΣΧΗΜΑ 4.6.1.1.2: ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 10,5% ΤΣΙΜΕΝΤΟ

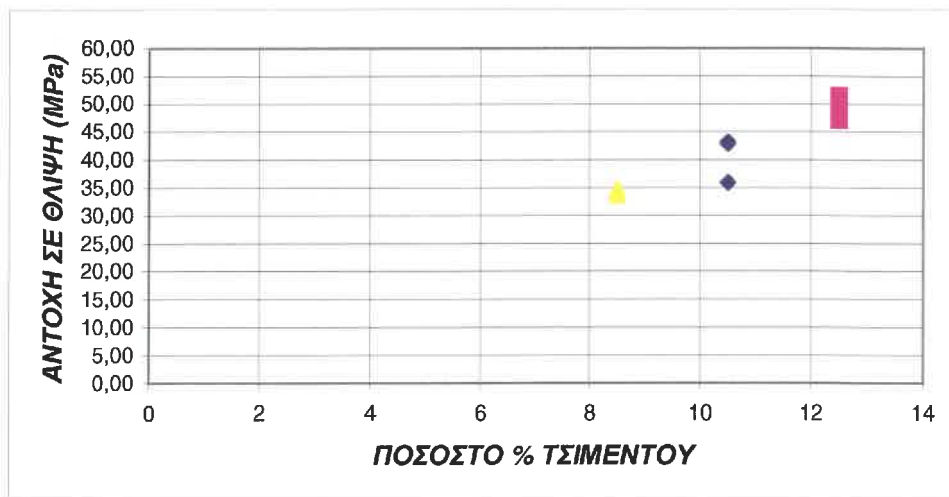


ΣΧΗΜΑ 4.6.1.1.3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 12,5% ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Επίσης , για τη σχέση μεταξύ της τιμής αντοχής σε θλίψη (7 και 28 ημέρες) και του ποσοστού του τσιμέντου του κυλινδρούμενου σκυροδέματος προκύπτουν τα ακόλουθα :



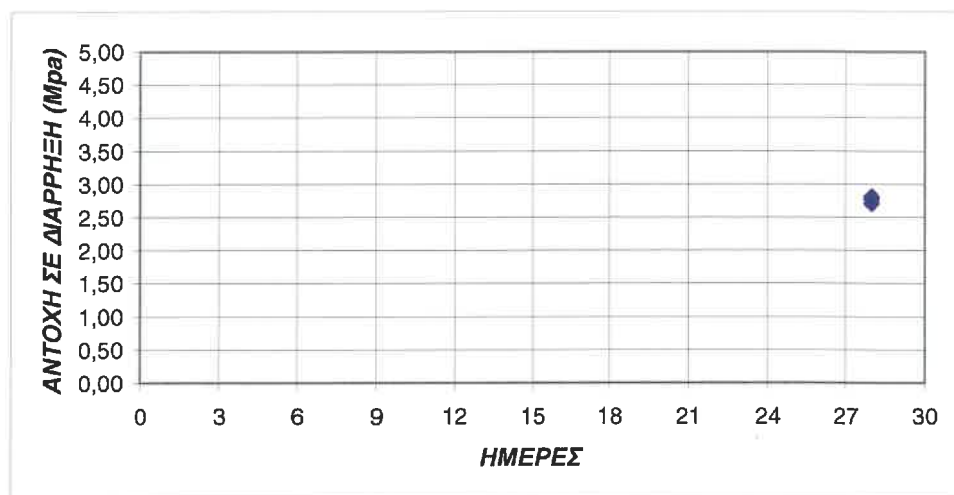
ΣΧΗΜΑ 4.6.1.1.4. ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 7 ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ



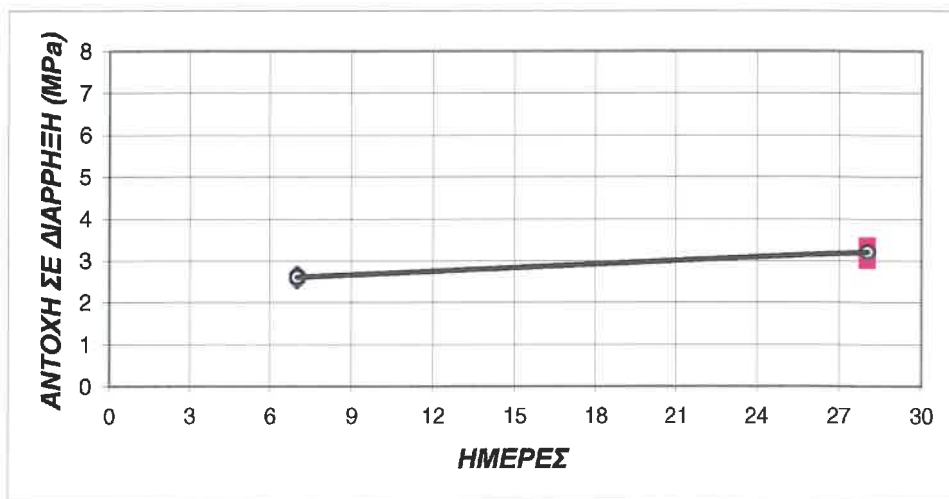
ΣΧΗΜΑ 4.6.1.1.5. ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 28 ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

4.6.1.2. Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη

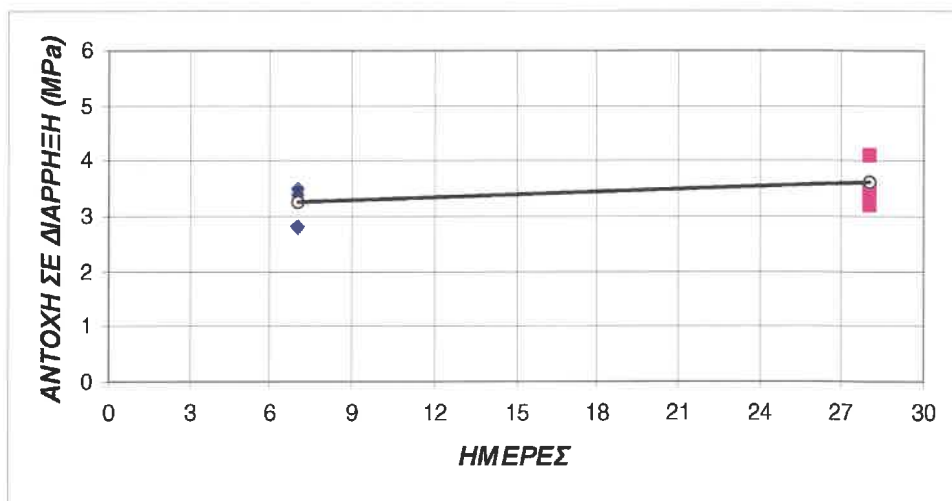
Τα σχήματα 4.6.1.2.1. έως 4.6.1.2.3. παρουσιάζουν τη μεταβολή των τιμών αντοχής σε εφελκυσμό από διάρρηξη των δοκιμίων με το χρόνο .



ΣΧΗΜΑ 4.6.1.2.1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΜΜΕΣΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕ 8,5% ΤΣΙΜΕΝΤΟ

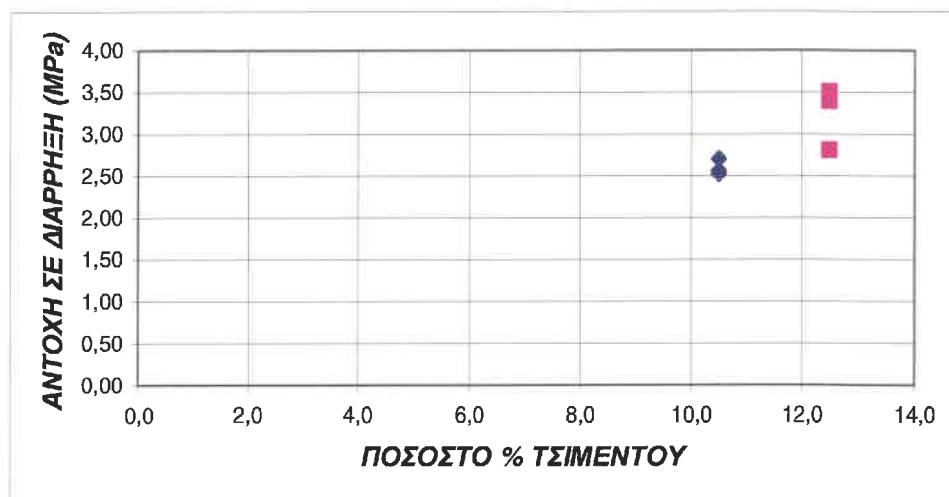


ΣΧΗΜΑ 4.6.1.2.2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΜΜΕΣΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 10,5% ΤΣΙΜΕΝΤΟ

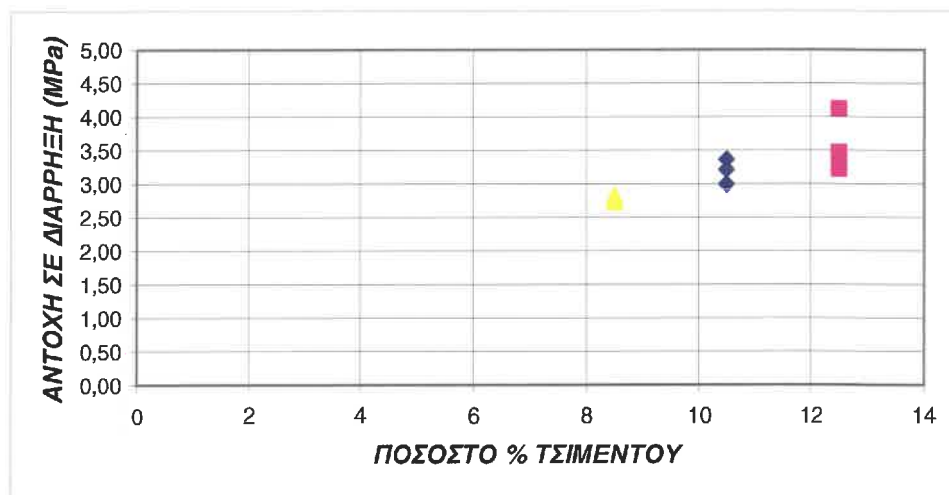


ΣΧΗΜΑ 4.6.1.2.3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΜΜΕΣΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 12,5% ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Για τη σχέση ανάμεσα στην αντοχή σε διάρρηξη και στο ποσοστό τσιμέντου του κυλινδρούμενου σκυροδέματος θα ισχύουν :

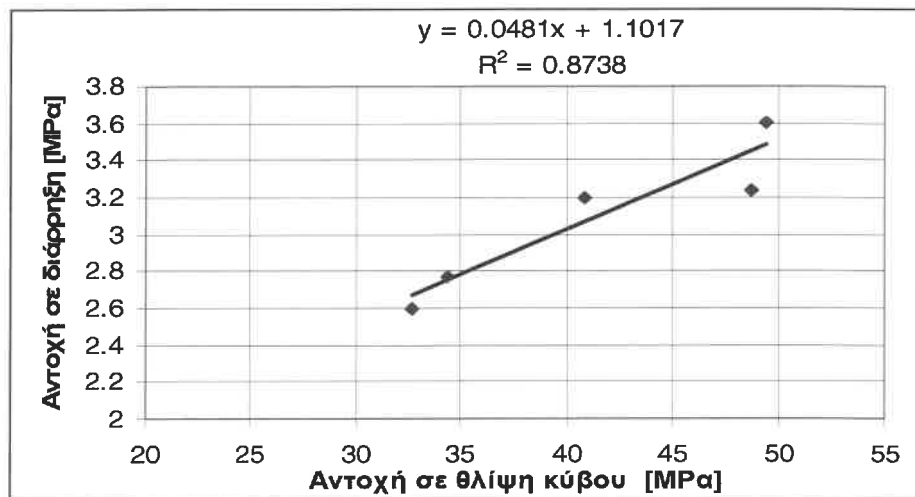


ΣΧΗΜΑ 4.6.1.2.4. ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 7 ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ



ΣΧΗΜΑ 4.6.1.2.5. ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΗΛΙΚΙΑΣ 28 ΗΜΕΡΩΝ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Στο Σχήμα 4.6.1.2.6. δίδεται η συσχέτιση της αντοχής σε θλίψη με την αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη



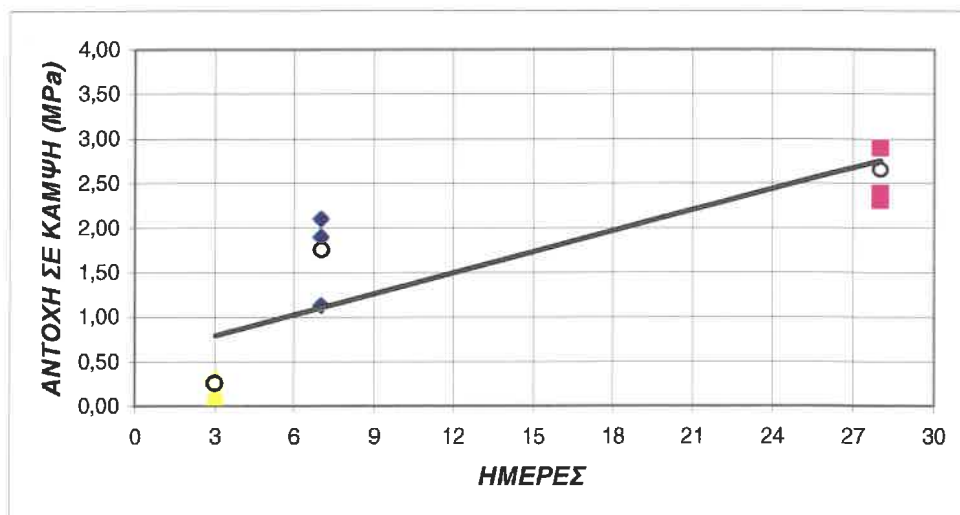
ΣΧΗΜΑ 4.6.1.2.6. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΜΜΕΣΟ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

Όπως προκύπτει από το σχήμα 4.6.1.2.6. η αντοχή σε διάρρηξη είναι το 0,05 ή 2% της αντοχής σε θλίψη .

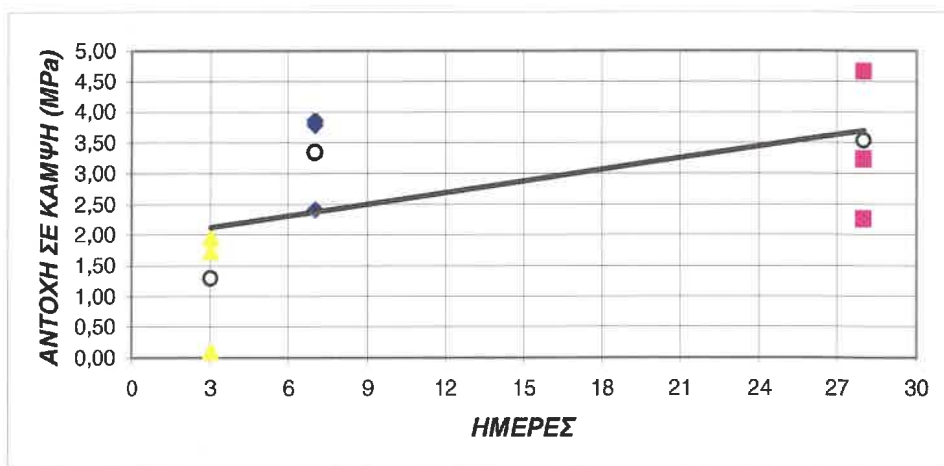
4.6.2. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

4.6.2.1 Αντοχή σε κάμψη

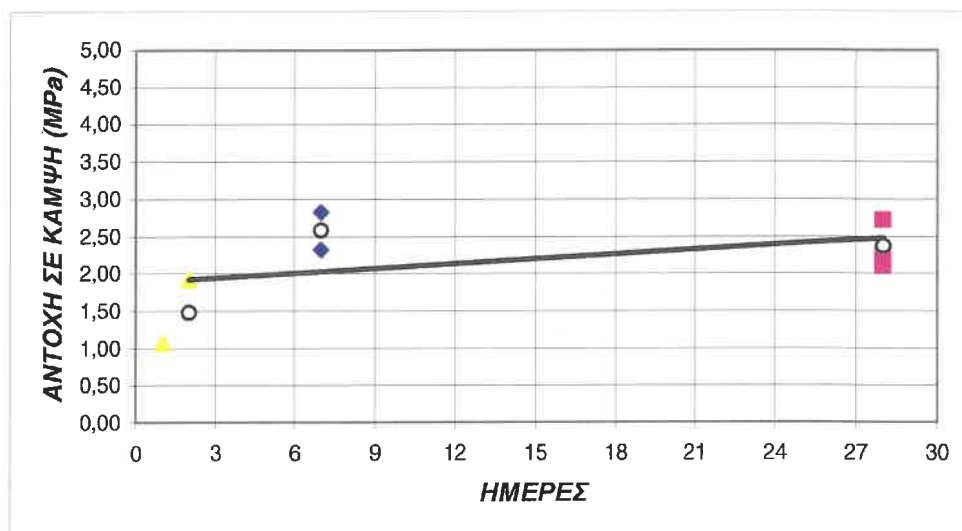
Η μεταβολή της καμπτικής αντοχής με την ηλικία του δοκιμίου παρουσιάζεται στα σχήματα 4.6.2.1.1. έως 4.6.2.1.3. για 5% 10% και 15% αντίστοιχα :



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.1.1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 5% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ

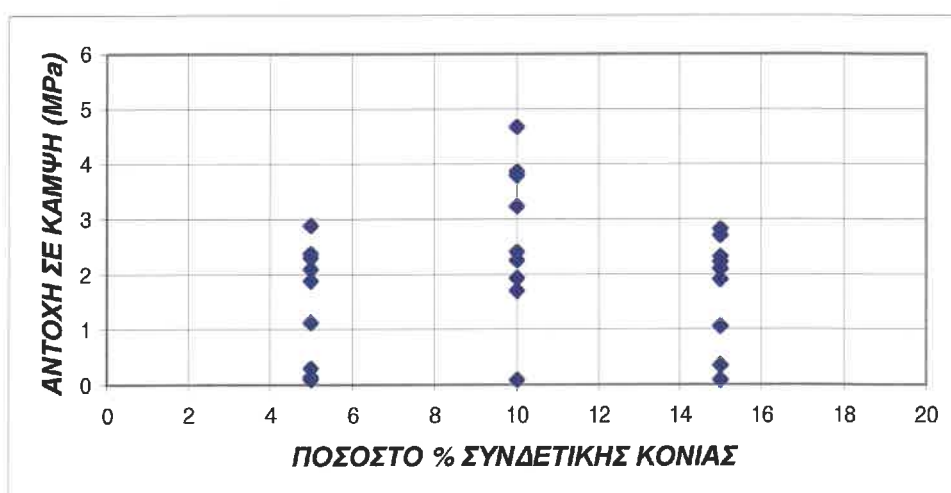


ΣΧΗΜΑ 4.6.2.1.2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 10% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.1.3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 15% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ

Για τη σχέση ανάμεσα στην αντοχή σε κάμψη και το ποσοστό συνδετικής κονίας των δοκιμών προκύπτει :

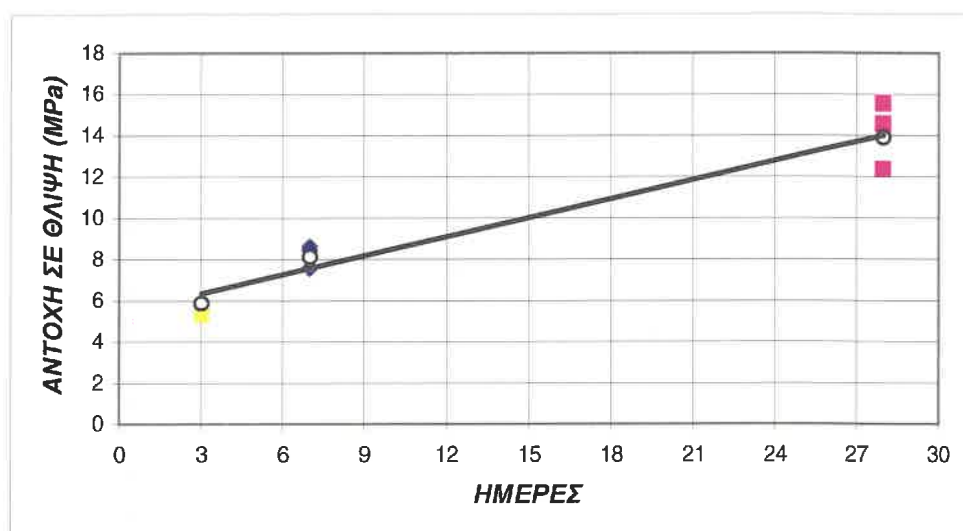


ΣΧΗΜΑ 4.6.2.1.4. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΕ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗΣ ΚΟΝΙΑΣ

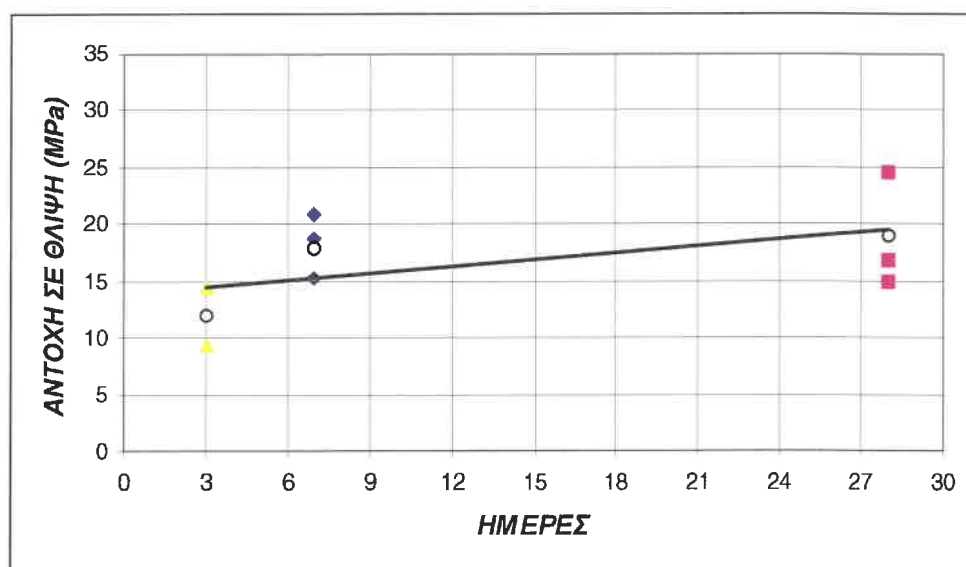
4.6.2.2. Αντοχή σε θλίψη ισοδύναμου κύβου

Σημειώνεται πως σε θλίψη ισοδύναμου κύβου εξετάζονται τα τμήματα του αρχικού ολόκληρου δοκιμίου, στα οποία αυτό χωρίστηκε κατά τη δόκιμη της αντοχής σε κάμψη.

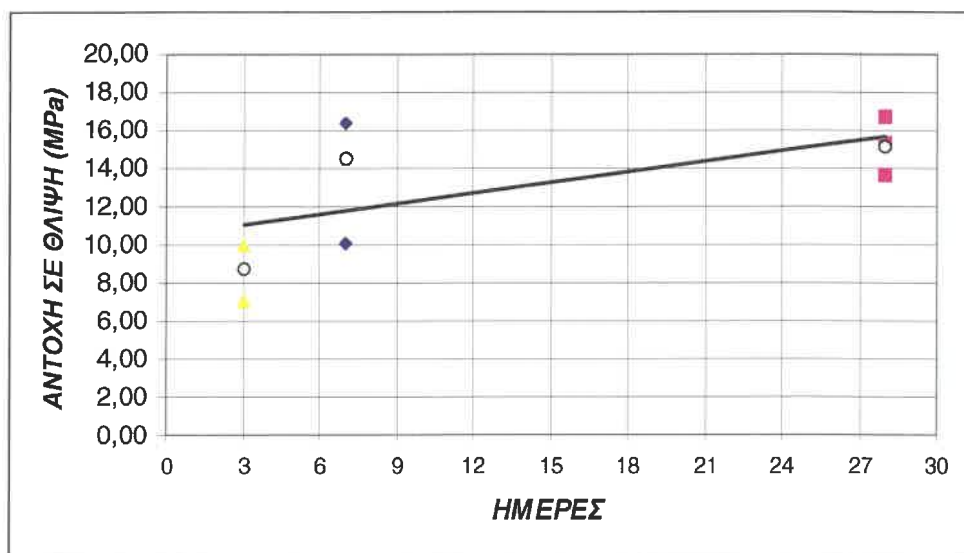
Η μεταβολή της θλιπτικής αντοχής με την ηλικία του δοκιμίου παρουσιάζεται στα σχήματα 4.6.2.2.1. έως 4.6.2.2.3. για 5% 10% και 15% αντίστοιχα :



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.1. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 5% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ

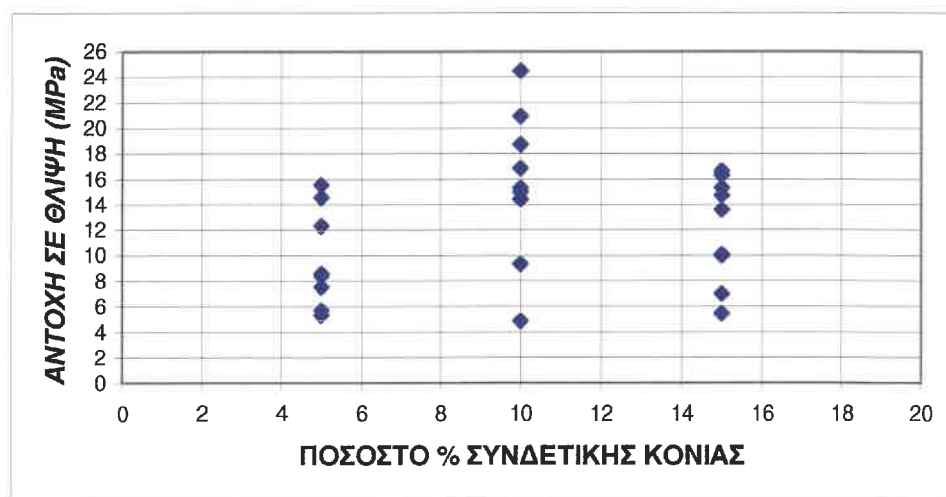


ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.2. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 10% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ



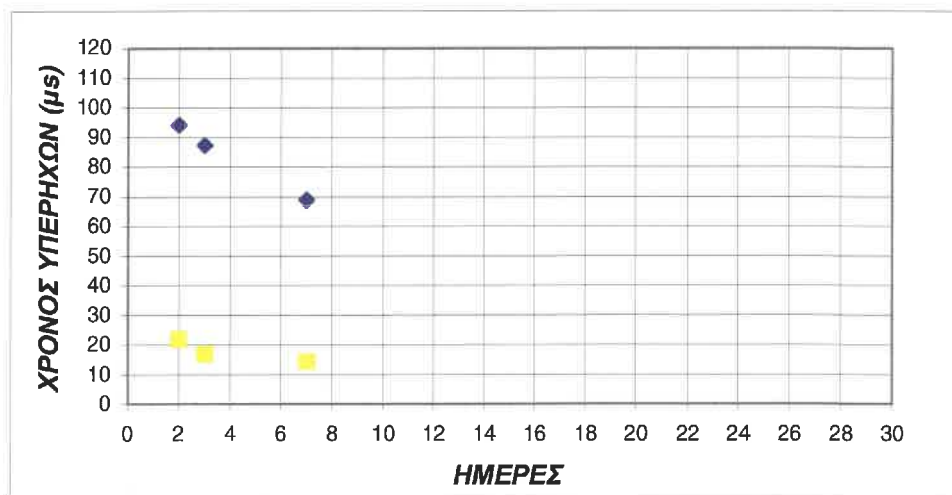
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.3. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ 15% ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Για τη σχέση ανάμεσα στην αντοχή σε θλίψη και το ποσοστό συνδετικής κονίας των δοκιμών προκύπτει :

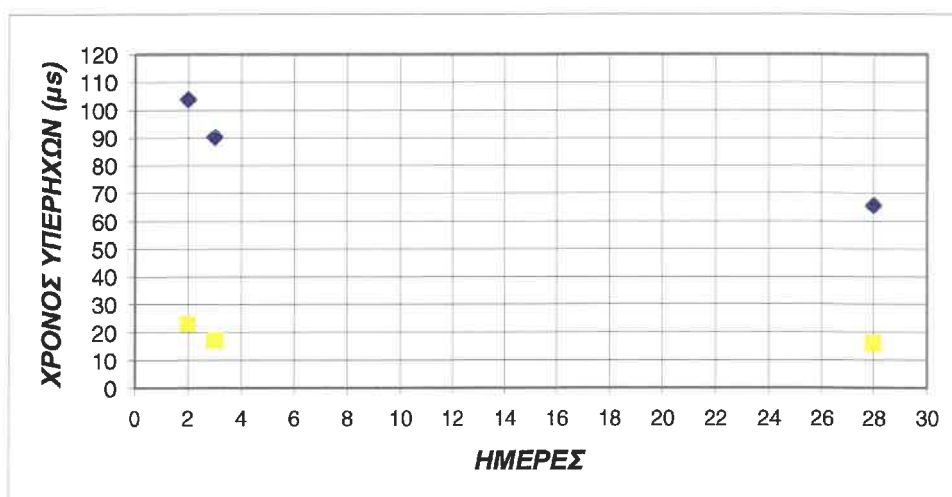


ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.4. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΜΕ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗΣ ΚΟΝΙΑΣ

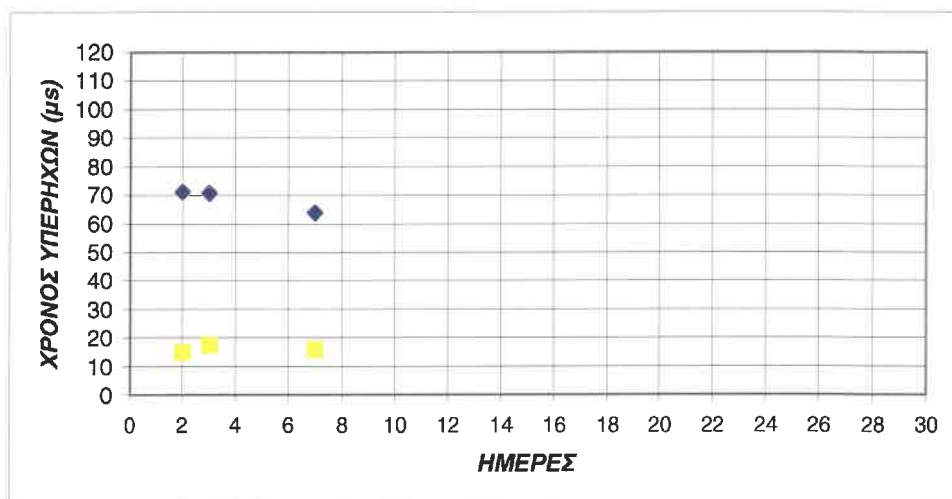
Η μεταβολή των αποτελεσμάτων της δοκιμής των υπερήχων και του ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας στο χρόνο παρουσιάζεται συγκεντρωτικά στα διαγράμματα 4.6.2.2.5. και 4.6.2.2.11. :



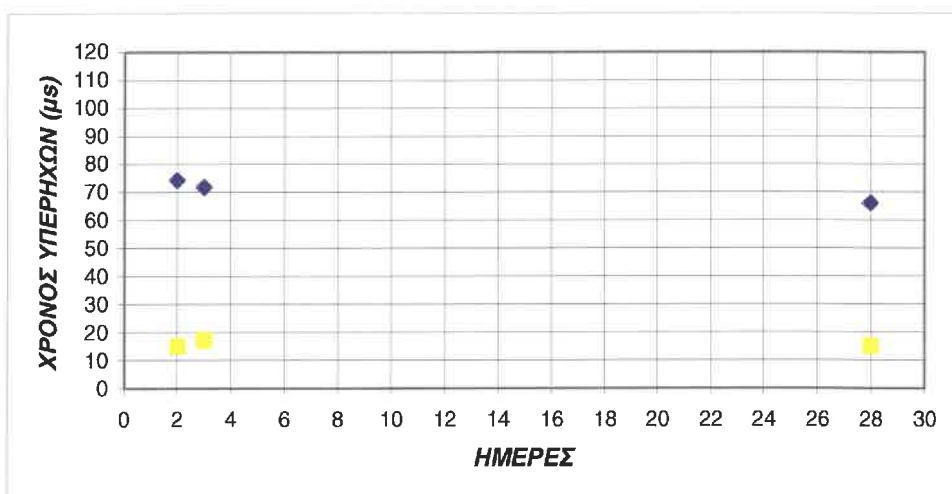
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.5. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ 5% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ 7 ΗΜΕΡΕΣ



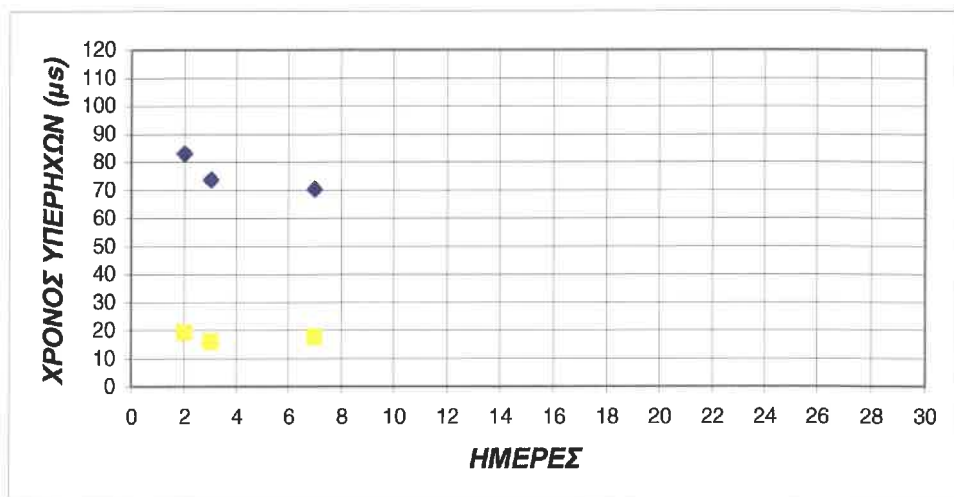
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.6. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ 5% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ 28 ΗΜΕΡΕΣ



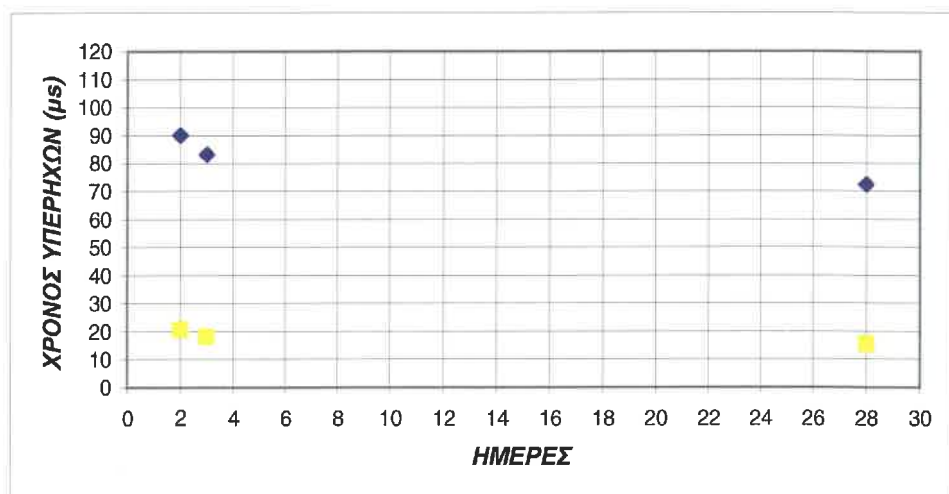
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.7. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ 10% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ 7 ΗΜΕΡΕΣ



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.8. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ 10% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ 28 ΗΜΕΡΕΣ

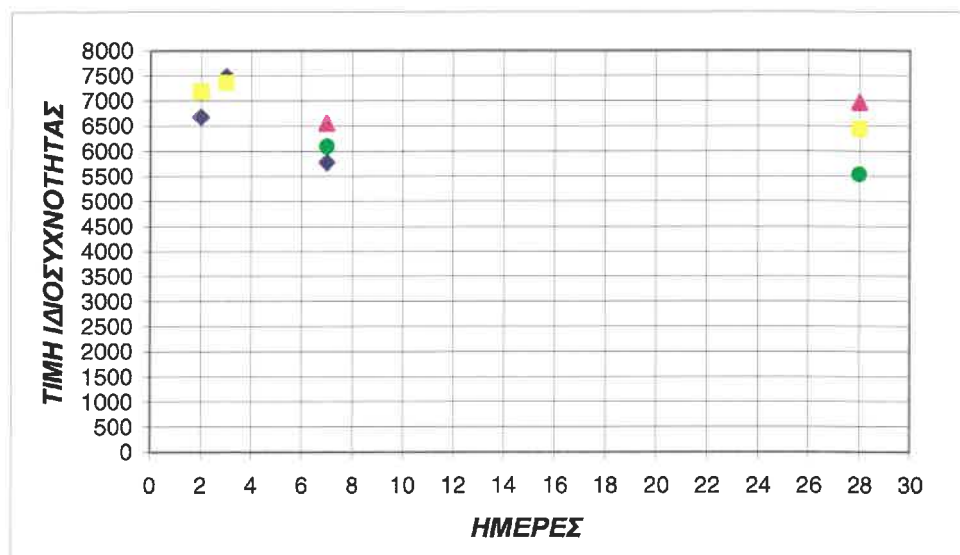


ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.9. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ 15% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ 7 ΗΜΕΡΕΣ



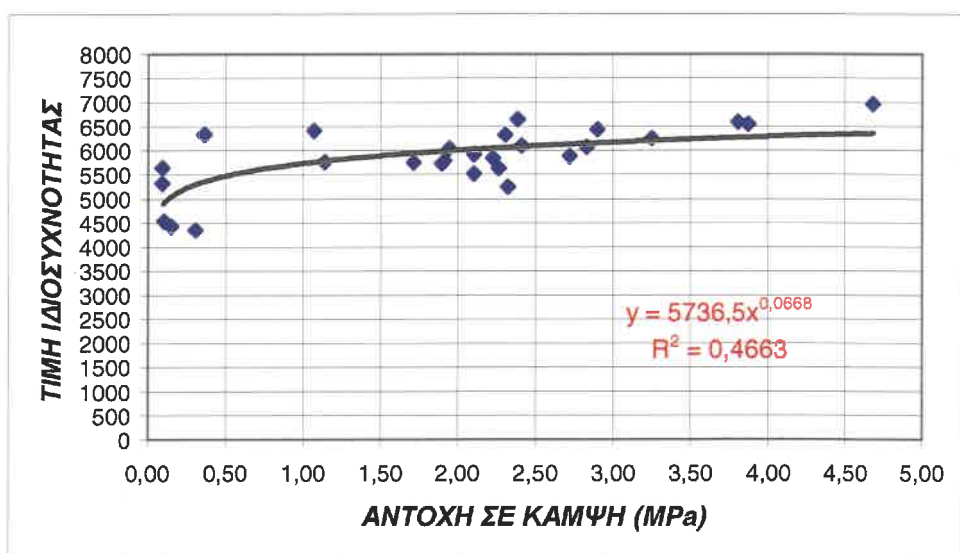
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.10. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ 15% ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ 28 ΗΜΕΡΕΣ

Σημειώνεται πως με μπλε χρώμα απεικονίζονται οι τιμές υπερήχων για την κατά μήκος δοκιμή των δοκιμίων, ενώ με κίτρινο ο μέσος όρος των τιμών των επιμέρους τετάρτων του μήκους των δοκιμίων.

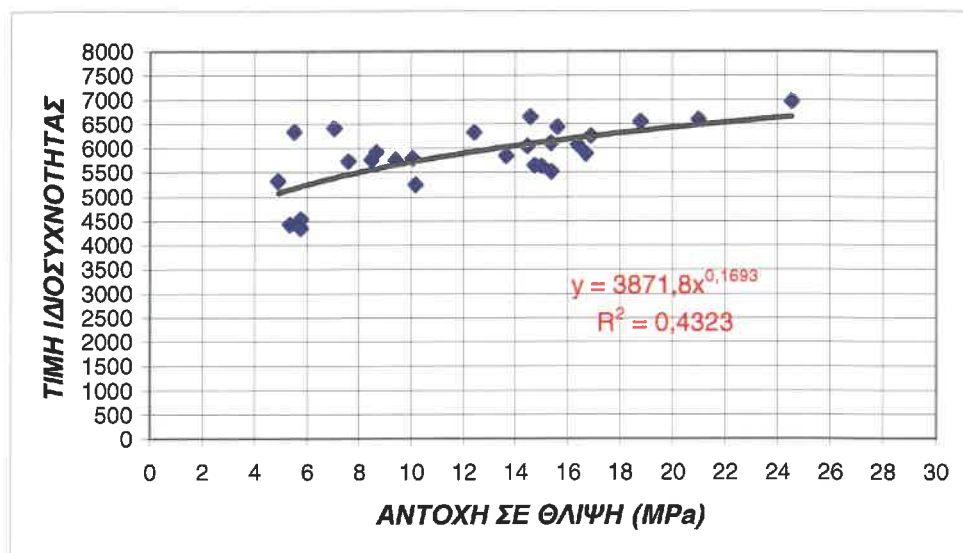


ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.11. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ

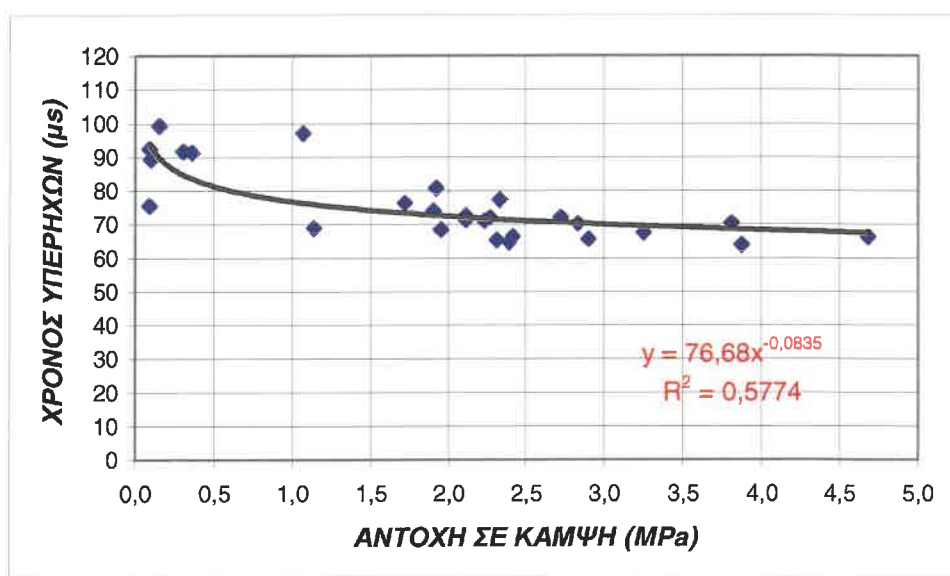
Επιπλέον, τα διαγράμματα 4.6.2.2.12. έως 4.6.2.2.15. εκφράζουν τη σχέση μεταξύ τιμής υπερήχων και ηλεκτροδυναμικού με τις αντοχές σε κάμψη και θλίψη των δοκιμίων :



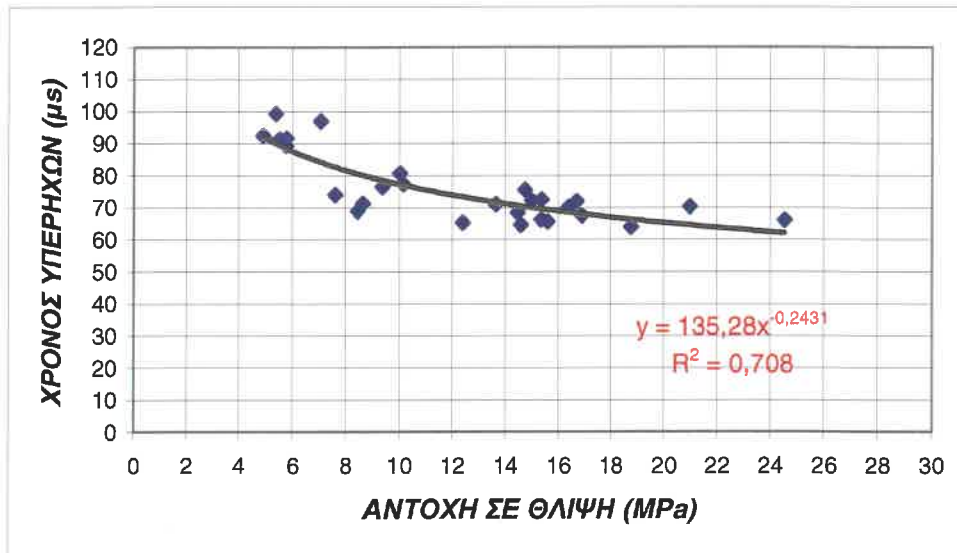
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.12. ΣΧΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ - ΚΑΜΨΗΣ



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.13. ΣΧΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ - ΘΛΙΨΗΣ



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.14. ΣΧΕΣΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ – ΚΑΜΨΗΣ



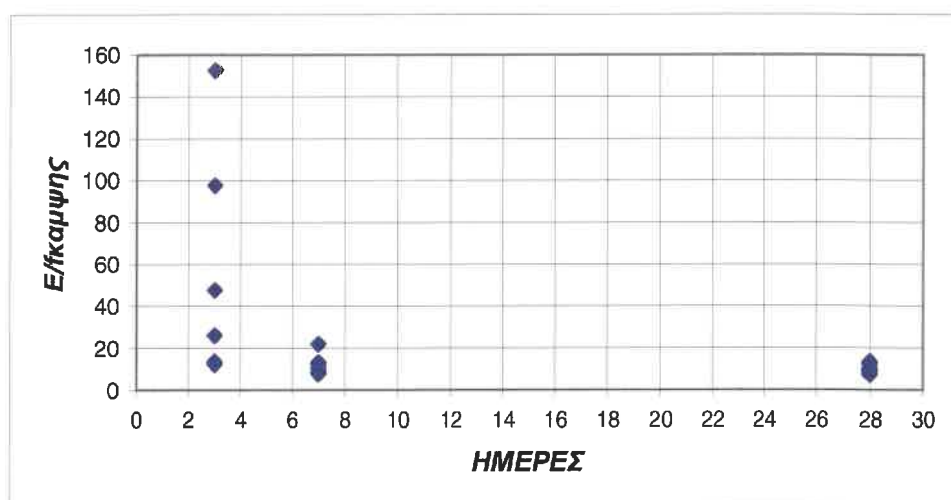
ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.15. ΣΧΕΣΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ - ΘΛΙΨΗΣ

Τέλος , προκύπτουν τα διαγράμματα 4.6.2.2.16. και 4.6.2.2.17. που εκφράζουν τη σχέση μεταξύ του λόγου E/f και του χρόνου . Όπου E το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος που δίνεται από τη σχέση :

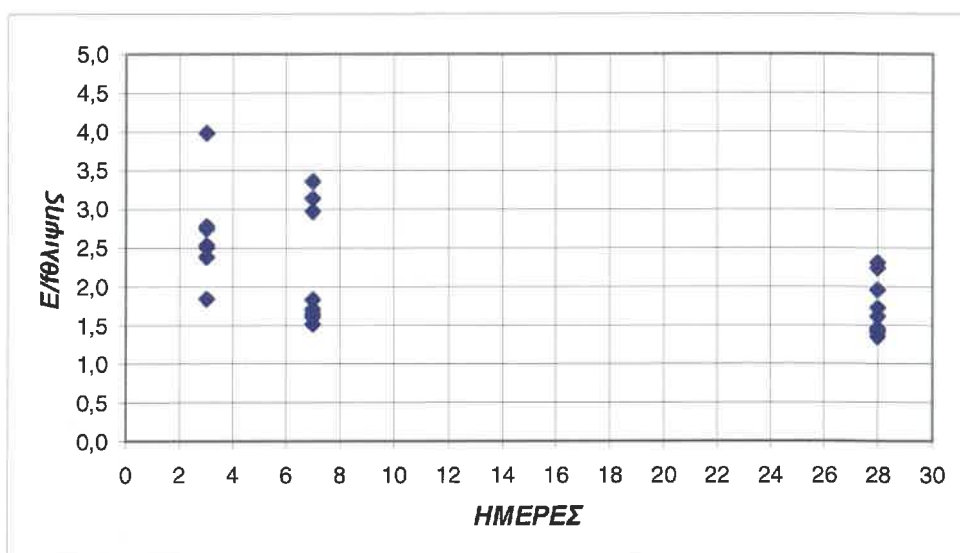
$$E = 4 \cdot n^2 \cdot L^2 \cdot \rho \cdot 10^{-15} \quad \text{με } E : \text{ το μέτρο ελαστικότητας}$$

n : η τιμή του ηλεκτροδυναμικού
 L : το μήκος του δοκιμίου
 ρ : την πυκνότητα σε kg/m^3

και f η αντοχή σε κάμψη η θλίψη



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.16. ΣΧΕΣΗ Ε/κάμψης - ΧΡΟΝΟΥ



ΣΧΗΜΑ 4.6.2.2.17. ΣΧΕΣΗ Ε/θλίψης - ΧΡΟΝΟΥ

Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε πως δε συμπεριελήφθησαν στα διαγράμματα οι τιμές αντοχών σε θλίψη και κάμψη οι οποίες είχαν απορριφθεί για λόγους ομοιογένειας του δείγματος .

4.6.3. ΣΧΟΛΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

4.6.3.1. Αντοχή σε θλίψη ισοδύναμου κύβου

Αρχικά γίνονται ορισμένες παρατηρήσεις σχετικά με την ομοιομορφία των αποτελεσμάτων προκειμένου να κριθεί η αξιοπιστία των συμπερασμάτων που εξάγονται .

Από τους Πίνακες της παραγράφου 4.5.1. παρατηρείται ότι ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) μόνο σε μία περίπτωση έχει τιμή 10.11% ενώ στις άλλες περιπτώσεις έχει τιμές μικρότερες από 5% . Πιστεύεται ότι η ανομοιομορφία αυτή των αποτελεσμάτων είναι σε αποδεκτά όρια.

Επίσης , παρατηρούμε πως όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των δοκιμίων σε τσιμέντο τόσο αυξάνεται και η αντοχή τους σε θλίψη . Έτσι τα δοκίμια με περιεκτικότητα 8,5% σε τσιμέντο παρουσιάζουν μικρότερες αντοχές από τα δοκίμια με περιεκτικότητα 10,5% σε τσιμέντο και αυτά με τη σειρά τους μικρότερες αντοχές από τα δοκίμια με περιεκτικότητα σε τσιμέντο 12,5% .

Επιπλέον , παρουσιάζεται ως είναι αναμενόμενο, μία βαθμιαία αύξηση της αντοχής με την αύξηση της ηλικίας δοκιμής δηλαδή με την αύξηση του βαθμού ενυδάτωσης του τσιμέντου. Εντούτοις η αύξηση της αντοχής παρουσιάζεται σχετικώς μικρή . Έτσι τόσο τα δοκίμια με 10,5% τσιμέντο όσο και αυτά με 12,5% παρουσιάζουν παραπλήσιες αντοχές κατά τη θλίψη τους σε 7 και σε 28 ημέρες , ενώ η συντήρησή τους μέχρι την ημέρα της θραύσης τους έγινε με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες . Για το λόγο αυτό θεωρείται ότι θα ήταν σκόπιμο να επαναληφθούν οι δοκιμές για να επιβεβαιωθεί αυτό.

4.6.3.2. Αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη

Ανάλογες συνθήκες επικρατούν και στα αποτελέσματα του έμμεσου εφελκυσμού των δοκιμίων από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα σε μικρότερη όμως κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα , η αντοχή σε διάρρηξη των δοκιμίων αυξάνεται μεν , ελάχιστα δε με την αύξηση της περιεκτικότητας του τσιμέντου στη σύνθεσή τους . Μικρή μόνο διαφοροποίηση παρατηρείται στις αντοχές που προκύπτουν για ηλικίες δοκιμίων 7 και 28 ημερών . Οι τιμές των αντοχών στις 28 ημέρες παρουσιάζονται εδώ ελαφρά αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες των 7 ημερών

Τέλος , μεγαλύτερες διακυμάνσεις στις αντοχές των δοκιμίων και αποκλίσεις από τον μέσο όρο εμφανίζονται στα μίγματα με περιεκτικότητα σε τσιμέντο 12,5% , ενώ πολύ μικρές είναι στην περίπτωση των μιγμάτων με περιεκτικότητα 8,5% .

4.6.4 ΣΧΟΛΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ

4.6.4.1. Αντοχή σε κάμψη

Στη κάμψη των δοκιμίων παρατηρείται μια αύξηση στις τιμές αντοχών μεταξύ 3 και 7 ημερών . Έπειτα , όμως από τις 7 ημέρες δεν παρατηρείται αύξηση της αντοχής και αυτό δεν είναι αναμενόμενο τουλάχιστον για την ηλικία των 28 ημερών . Πιο συγκεκριμένα , για ποσοστό συνδετικού υλικού 5 και 10% οι αντοχές σε κάμψη σε 7 και σε 28 ημέρες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο τιμών . Χαρακτηριστικό σε αυτό το σημείο είναι το γεγονός πως στα δοκίμια με περιεκτικότητα 15% σε συνδετικό υλικό η αντοχή σε κάμψη σε 7 ημέρες παρουσιάζεται οριακά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των 28 ημερών . Για το λόγο αυτό πιστεύεται ότι οι δοκιμές θα πρέπει να επαναληφθούν για να διερευνηθεί περαιτέρω το θέμα .

Επιπλέον , όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του συνδετικού υλικού στα δοκίμια τόσο αυξάνονται και οι διακυμάνσεις των αντοχών σε κάμψη , με τις μεγαλύτερες αποκλίσεις να παρουσιάζονται για ποσοστό συνδετικού υλικού 15% .

Χρήσιμο είναι σε κάθε περίπτωση να εξετάζονται οι χρόνοι διάδοσης των υπέρηχων και η μεταβολή των τιμών τους με το πέρασμα των ημερών . Έτσι , μικροί χρόνοι υπέρηχων μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει ενδεχόμενη ατέλεια συμπίκνωσης ή ρωγμή στο δοκίμιο ή απόμιξη .

4.6.4.2. Αντοχή σε θλίψη

Ανάλογες είναι και οι συνθήκες για την θλίψη των δοκιμίων με συνδετικό υλικό . Έτσι μετά τις 7 ημέρες , ελάχιστη είναι η αύξηση των αντοχών σε θλίψη των δοκιμίων , και αυτό μόνο σε εκείνα με περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό 5 και 10% .

Ενδεικτικό πάντως είναι πως τόσο στη κάμψη όσο και στη θλίψη των δοκιμίων , παρατηρείται μια μείωση των τιμών αντοχής με αύξηση του ποσοστού του συνδετικού υλικού πάνω από το 10% . Με άλλα λόγια , τα δοκίμια με ποσοστό 10% σε συνδετικό υλικό συμπεριφέρονται καλύτερα από αυτά με ποσοστό 15% και μάλιστα δίνουν και υψηλότερες αντοχές , φαινόμενο που δε μπορεί να γίνει αποδεκτό .

Απρόσμενα ήταν και τα αποτελέσματα της δοκιμής ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας των δοκιμίων καθώς παρουσίαζαν αυξομείωση τιμών από μέρα σε μέρα στις περισσότερες περιπτώσεις . Ελάχιστα ήταν τα δοκίμια που παρουσίασαν μια φυσιολογική συμπεριφορά με αύξηση των τιμών ηλεκτροδυναμικού στο χρόνο . Είναι πιθανόν να έγινε κάποιο συστηματικό σφάλμα στην μέτρηση της ιδιοσυχνότητας. Είναι φανερό ότι είναι απαραίτητη η επανάληψη των δοκιμών με παρασκευή νέων δοκιμίων.

Αντίθετα , η δοκιμή υπερήχων των δοκιμίων έδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα εκτός από μερικές μεμονωμένες περιπτώσεις . Πιο συγκεκριμένα , το σύνολο σχεδόν των δοκιμίων παρουσίασε φυσιολογικές τιμές , οι οποίες μειώνονταν με το χρόνο , τόσο στο διάστημα των 28 cm όσο και των επιμέρους 7 cm των δοκιμίων .

Οι χρόνοι διάδοσης των υπερήχων σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα βάρη των δοκιμίων αποτελούν μια ασφαλή ένδειξη της συμπεριφοράς των δοκιμίων . Μικρά βάρη και χρόνοι διάδοσης υπερήχων θα πρέπει να μας προβληματίζουν για την κατάσταση των δοκιμίων (ελλιπής ή λανθασμένη συμπύκνωση , ρηγμάτωση , απόμιξη) .

Θα πρέπει πάντως να αναφερθεί πως τόσο στη δοκιμή του ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας όσο και σε αυτή των υπερήχων , τις μεγαλύτερες τιμές εμφάνισαν τα δοκίμια με τη μικρότερη περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό .

4.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.7.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η αντοχή σε θλίψη έδωσε αξιόλογες τιμές αντοχών , οι οποίες γενικά αυξάνονται με την αύξηση της περιεκτικότητας των δοκιμίων σε τσιμέντο . Παρουσιάζουν δε , αξιοσημείωτη ομοιογένεια . Θα μπορούσαμε , επίσης να πούμε , πως τόσο τα δοκίμια με 10,5% τσιμέντο όσο και αυτά με 12,5% έχουν λάβει το σύνολο σχεδόν των αντοχών τους ήδη από τις 7 ημέρες .

Αξιόλογα ήταν και τα αποτελέσματα της αντοχής σε εφελκυσμό από διάρρηξη των δοκιμών από κυλινδρούμενο σκυρόδεμα . Πιο συγκεκριμένα , τα δοκίμια που το ποσοστό του τσιμέντου είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 10,5% , υπερκαλύπτουν το σύνολο των Ευρωπαϊκών προδιαγραφών για δρόμους από σκυρόδεμα , δίνοντας αντοχή μεγαλύτερη από 3,3 MPa σε 28 ημέρες .

Θα μπορούσε να ειπωθεί πως η βέλτιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο του κυλινδρούμενου σκυροδέματος για την κατασκευή οδοστρωμάτων βρίσκεται ανάμεσα στο 10,5% και στο 12,5% . Ενδεχομένως περιεκτικότητες μεγαλύτερες του 12,5% να έδιναν ακόμα καλύτερες τιμές αντοχής και να παρουσίαζαν αυξημένη ομοιογένεια συμπεριφορών , τότε όμως το σκυρόδεμα θα γινόταν σημαντικά ακριβότερο .

Σε κάθε περίπτωση πάντως το κυλινδρούμενο σκυρόδεμα αποτελεί ένα αξιόλογο υλικό για την κατασκευή τεχνικών έργων .

Αυτό που πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω είναι εάν και κατά πόσο οι αποκλίσεις και διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν οφείλονται στα χαρακτηριστικά των υλικών που αποτέλεσαν τα μίγματα ή αφορούν ατέλειες ή λάθη χειρισμών , συμπύκνωσης , ανάγνωσης οργάνων .

4.7.2. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΤΙΚΗ ΚΟΝΙΑ

Η αντοχή σε κάμψη των δοκιμών σκυροδέματος με συνδετική κονία έδωσε καλά αποτελέσματα ιδιαίτερα για περιεκτικότητες συνδετικής κονιάς 5% και 15% όπου και παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη ομοιογένεια . Στην περιοχή περιεκτικότητας 10% οι τιμές αντοχής παρουσίασαν ιδιαίτερα μεγάλες αποκλίσεις . Χαρακτηριστικό πάντως είναι το γεγονός ότι για ποσοστό 10% παρουσιάστηκαν και οι μεγαλύτερες τιμές αντοχών .

Τα αποτελέσματα των αντοχών σε θλίψη κινήθηκαν στο ίδιο επίπεδο , με την περιεκτικότητα 10% σε συνδετική κονία να εμφανίζεται και πάλι ως η βέλτιστη από άποψη μεγέθους τιμών .

Θα πρέπει πάντως να τονιστεί πως κατά τη διαδικασία της θλίψης και της κάμψης των δοκιμίων παρουσιάστηκαν αποτελέσματα τα οποία όχι μόνο ξέφευγαν από το εύρος των αναμενόμενων τιμών αλλά έδιναν μια τελείως παραπλανητική εικόνα της όλης δόκιμης . Για το λόγο αυτό , οι συγκεκριμένες τιμές απορρίφθηκαν , για χάρη της ομοιογένειας του δείγματος . Αιτία των αποτελεσμάτων αυτών υπήρξε ενδεχομένως η ατελής ή λανθασμένη συμπίκνωση των συγκεκριμένων δοκιμίων καθώς και η αλλοίωση των χαρακτηριστικών τους που επέφερε η επάλειψή τους με γράσο προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι δοκιμές υπερήχων και ηλεκτροδυναμικού . Σε κάθε περίπτωση πάντως απαιτείται περαιτέρω ερευνά του θέματος .

Η δοκιμή ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας των δοκιμίων έδωσε τα πλέον αναξιόπιστα αποτελέσματα . Ασφαλή συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των δοκιμίων δε μπορούν σε καμία περίπτωση να εξαχθούν από αυτή τη δοκιμή , καθώς οι αποκλίσεις ήταν τεράστιες και η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων εμφανής τόσο αριθμητικά όσο και χρονικά . Ελάχιστα δοκίμια παρουσίασαν μια ικανοποιητική συμπεριφορά . Ως αιτία των τιμών αυτών πιστεύεται ότι ήταν ο λαθεμένος χειρισμός του οργάνου και ενδεχομένως η παλαιότητα του .

Αντίθετα ήταν τα πράγματα για τη δοκιμή υπερήχων των δοκιμίων . Συγκεκριμένα , στη πλειοψηφία των δοκιμίων τα αποτελέσματα ήταν αξιόλογα με ελάχιστες ως ανύπαρκτες αποκλίσεις . Οι υψηλότερες τιμές ελήφθησαν για τα μικρότερα ποσοστά συνδετικού υλικού . Οι όποιες διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν οφείλονταν ενδεχομένως σε προβλήματα συμπίκνωσης η λάθος χειρισμού .

Συνοψίζοντας θα λέγαμε πως το σκυρόδεμα με συνδετικό υλικό έδωσε αρκετά καλές τιμές αντοχής , κυρίως όσον αφορά στη διακύμανση των αποτελεσμάτων και στη συμπεριφορά των χαρακτηριστικών του μέσα στο χρόνο . Απαραίτητο εργαλείο αυτής της μελέτης υπήρξε η διάταξη των υπερήχων που μας επέτρεψε να πάρουμε ενδείξεις σημαντικές για την έρευνα του συγκεκριμένου τύπου σκυροδέματος . Δε μπορεί να ειπωθεί το ίδιο και για τη συσκευή ηλεκτροδυναμικού-ιδιοσυχνότητας . Τα όποια θέματα ανέκυψαν , και μας προβλημάτισαν για την ανάγκη περαιτέρω ελέγχων αναφέρονται στη παράγραφο 4.8.

4.8. ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Τα θέματα που προέκυψαν και χρήζουν περαιτέρω ερευνάς είναι :

- Οι έντονες αποκλίσεις στις τιμές αντοχής σε θλίψη του κυλινδρούμενου σκυροδέματος ιδιαίτερα για ποσοστό τσιμέντου 10,5% στις 28 ημέρες .
- Οι διακυμάνσεις στις τιμές αντοχής σε έμμεσο εφελκυσμό του κυλινδρούμενου σκυροδέματος για ποσοστό τσιμέντου 12,5% .
- Οι μεγάλες αποκλίσεις που παρουσιάστηκαν κατά την κάμψη των δοκιμίων με συνδετικό υλικό κυρίως για περιεκτικότητα 10% και μάλιστα σε όλες τις ηλικίες των δοκιμίων .
- Οι διακυμάνσεις τιμών αντοχής σε θλίψη των δοκιμίων με συνδετικό υλικό για περιεκτικότητα και πάλι 10% .
- Που οφείλονται οι ακραίες τιμές που παρουσιάστηκαν κατά τη δοκιμή αντοχής σε θλίψη και κάμψη των δοκιμίων με συνδετικό υλικό και οι οποίες απορρίφθηκαν .
- Αν έγινε σωστά η διαδικασία της συμπίκνωσης ,δηλαδή, μήπως υπήρξαν τμήματα των δοκιμίων που συμπτυνώθηκαν σε διαφορετικό βαθμό από άλλα τμήματα του ιδίου δοκιμίου .
- Διερεύνηση των λόγων για τους οποίους οι δοκιμές ηλεκτροδυναμικού μέτρου ελαστικότητας παρουσίασαν τέτοια αναξιοπιστία .

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Jofre C. , Fernandez R. , Josa A. , Molina F. , Spanish experience with Roller Compacted Concrete Pavements, ASCE Specialty Conference, Roller Compacted Concrete (RCC 88) February, 29-March 2, 1988 San Diego, California.
2. Josa A. , Jofre C. and Molina F. , An Experimental Overlay with Rolled Concrete, SP 93-11.
3. Ministere de l' Urbanisme du Logement et des Transports, Realisation des Chaussees en Beton Compacte, Recommandation, Direction des Routes, November 1985.
4. Roller Compacted Concrete. ACI Journal, July-August 1980, pp. 215-236.
5. Piggott R.W. , Roller-Compacted Concrete for Heavy-Duty Pavements : Past Performance, Recent Projects, and Recommended Construction Methods, Transportation Research Record 1062.
6. Abrams J.M. , Jacksha J.L. , Norton R.L. , and Irvine D.J. , Roller-Compacted Concrete Pavement at Portland International Airport, Transportation Research Record 1062.
7. Steward R.F. , and Schexnayder C.J. , Construction Techniques for Roller-Compacted Concrete, Transportation Research Record 1062.
8. Neville A.M. ,Hardened Concrete : Physical and Mechanical Aspects, American Concrete Institute, Monograph No 6.
9. Soroka I. , Portland Cement Paste and Concrete, The Macmillan Press Ltd, 1979.
10. Orchard D.F. , Concrete Technology Volume 2 Fourth Edition, Applied Science Publishers LTD London.
11. Hannant D.J. , Buckley K.J. , Croft J. , The effect of aggregate size on the use of the cylinder splitting test as a measure of tensile strength, Vol 6-No 31-1973-Materiaux et Constructions.
12. Hammitt G.M. , Concrete Strength Relationships, Army Engineer Waterways Experiment Station, December 1974, National Technical Information Service U.S. Department of Commerce.

13. Στεφανίδης Μ. , Τσικνάκου Π. , Κατασκευή Φραγμάτων Βαρύτητας από Κυλινδρούμενο Σκυρόδεμα (Roller Compacted Concrete-R.C.C.), 9^ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Τόμος Ι, Ελληνικό Τμήμα Σκυροδέματος, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Καλαμάτα 14-16/2/1990.
14. Κόλιας Σ. , Σεμινάριο Τεχνολογίας Σκυροδέματος, Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος, ΕΜΠ 1978.
15. Structural Design of Roller-Compacted Concrete for Industrial Pavements, Concrete Information, PCA, 1987.
16. Andersson R. , Msc(Eng), Swedish and Concrete Research Institute, "Roller Compacted Concrete", Stockholm, Sweden.
17. Ιστοσελίδα Ένωσης Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος (www.hcia.gr).
18. Κόλιας Σ., Λοίζος Α. , "Σημειώσεις οδοστρωμάτων", 1999.
19. Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές 05-03-07•00
"Έργα Οδοποιίας, Οδοστρώματα, Κυλινδρούμενο Σκυρόδεμα Οδοστρωμάτων".
20. Τεχνικά, Τεύχος 210, Ιανουάριος 2005.