



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΑΓΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Α.Μ.: 2680

**ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ
ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ
ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Δρ. Θ. ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ – Καθηγητής

Δ. Παγανός – Καθηγητής Εφαρμογών

ΠΑΤΡΑ 2007

Θέμα εξώφυλλου: William Blake «Ο Παλιός των Ημερών» 1794

Ευχαριστίες:

Για την ανάπτυξη του θέματος της πτυχιακής μου θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου Δρ. Θ. Γεωργόπουλο και κ. Δ. Παγανό για το θέμα που μου ανατέθηκε.

Επίσης ευχαριστώ το τμήμα Πολιτικών Ε/Υ του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας, για την διάθεση του εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος (τόσο για τον χώρο του όσο και για τον άρτιο εξοπλισμό που μου διατέθηκε) για την πραγματοποίηση της εργασίας μου.

Ακόμη ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση τον κ. Ζ. Χρήστου Ε.Τ.Π. του Τμήματος, τόσο για το θεωρητικό επίπεδο όσο και για τη τεχνολογική υποστήριξη που μου παρείχε σε όλα τα μέρη της εργασίας μου.

Τέλος ευχαριστώ το εργαστήριο Δημοσίων Έργων – Π.Ε.Δ.Ε. Πάτρας για την διευκόλυνση σε δοκιμές που απαιτηθήκαν για την πυρηνοληψία καθώς και τον κ. Ν. Βερετάνο Προϊστάμενο του Εργαστηρίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή- Σκοπός εργασίας	σελ. 10
2. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της πτυχιακής	σελ. 10
3. Τσιμέντο	σελ. 13
3.1 Ορισμοί-Ιστορικό.....	σελ. 13
3.2 Πρώτες ύλες, στάδια κατασκευής του τσιμέντου.....	σελ. 14
3.3 Προπαρασκευή και ανάμειξη των πρώτων υλών.....	σελ. 15
3.4 Όπτηση.....	σελ. 16
3.5 Λειοτρίβηση.....	σελ. 17
3.6 Αποθήκευση-Συσκευασία.....	σελ. 18
3.7 Είδη τεχνητών τσιμέντων.....	σελ. 18
3.8 Ιδιότητες τσιμέντου.....	σελ. 20
3.9 Έλεγχοι και προδιαγραφές του τσιμέντου.....	σελ. 23
3.10 Αποθήκευση και προφύλαξη του τσιμέντου.....	σελ. 24
3.11 Χρήσεις του τσιμέντου.....	σελ. 24
4. Λίθινα προϊόντα	σελ. 26
4.1 Γενικά-Προέλευση.....	σελ. 26
4.2 Κατάταξη των λίθινων προϊόντων.....	σελ. 27
4.2.1 Ανάλογα με την προέλευση τους.....	σελ. 27
4.2.2 Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους.....	σελ. 28
4.3 Συλλογή και παραγωγή.....	σελ. 29
4.3.1 Φυσικά αδρανή.....	σελ. 29
4.3.2 Τεχνητά αδρανή.....	σελ. 29
4.4 Ιδιότητες και έλεγχος των λίθινων προϊόντων.....	σελ. 30
4.5 Προδιαγραφές-Κανονισμοί.....	σελ. 30
4.6 Είδη αδρανών-Χρήσεις.....	σελ. 31
5. Χάλυβας	σελ. 34
5.1 Γενικά.....	σελ. 34
5.2 Παραγωγή.....	σελ. 34

5.3	Είδη χαλύβων.....	σελ. 35
5.4	Ιδιότητες και χαρακτηριστικά.....	σελ. 36
5.5	Μορφοποίηση των χαλύβων.....	σελ. 38
5.6	Δομικά υλικά της χαλυβουργίας.....	σελ. 39
5.6.1	Χάλυβες σκυροδέματος.....	σελ. 39
5.6.2	Σήμανση-Αναγνώριση.....	σελ. 42
6.	Νερό.....	σελ. 46
7.	Μη καταστρεπτικές μέθοδοι.....	σελ. 47
7.1	Η μέθοδος των υπερήχων.....	σελ. 47
7.1.1	Εφαρμογές.....	σελ. 47
7.1.2	Βασικές αρχές.....	σελ. 48
7.1.3	Χρήση λιπαντικών ουσιών.....	σελ. 49
7.1.4	Βαθμονόμηση.....	σελ. 49
7.1.5	Παράγοντες που επηρεάζουν την μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων.....	σελ. 50
7.1.6	Εξέταση της ύπαρξης ατελειών στην μάζα του σκυροδέματος.....	σελ. 56
7.1.7	Εντατική κατάσταση.....	σελ. 57
7.1.8	Μέθοδος της συσχέτισεως αντοχής συμβατικών δοκιμών και ταχύτητας υπερήχων.....	σελ. 57
7.2	Η μέθοδος του κρουσιμέτρου.....	σελ. 59
7.2.1	Εφαρμογές.....	σελ. 59
7.2.2	Παράγοντες που επηρεάζουν την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος με τη μέθοδο του κρουσιμέτρου.....	σελ. 59
7.2.3	Διαδικασία μετρήσεως.....	σελ. 62
7.2.4	Μέθοδος συσχέτισεως αντοχής συμβατικού δοκιμίου και δείκτη επιφανειακής σκληρότητας.....	σελ. 63
8.	Πυρηνοληψία.....	σελ. 64
8.1	Εισαγωγή.....	σελ. 64
8.2	Προγραμματισμός της πυρηνοληψίας.....	σελ. 65
8.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή των πυρήνων.....	σελ. 67
8.4	Αναγωγή ανοχής πυρήνα σε αντοχή κύβου.....	σελ. 69

8.4.1 Facaoaru.....	σελ. 69
8.4.2 Plowman et al.....	σελ. 70
8.4.3 British Standard (BS).....	σελ. 70
8.4.4 Monday και Dhir.....	σελ. 71
8.4.5 ΕΛΟΤ.....	σελ. 71
8.4.6 Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος & Εγκύκλιος Ε7.....	σελ. 72
8.4.6.1 Αντικείμενο.....	σελ. 72
8.4.6.2 Παραδοχές.....	σελ. 73
8.4.6.3 Διαδικασία ελέγχου.....	σελ. 73
9. Οδηγίες λήψεως δοκιμίων σκυροδέματος.....	σελ. 79
10. Τύποι.....	σελ. 82
10.1 Γενικά.....	σελ. 82
10.2 Κατασκευή ικριωμάτων.....	σελ. 82
10.3 Τρόπος κατασκευής τύπων.....	σελ. 83
10.3.1 Τύποι για υποστυλώματα και τοιχώματα.....	σελ. 83
10.3.2 Τύποι για δοκούς.....	σελ. 84
10.3.3 Τύποι για πλάκες.....	σελ. 86
10.4 Τύποι από άλλα υλικά.....	σελ. 86
10.5 Αφαίρεση τύπων.....	σελ. 86
11. Οπλισμός σκυροδέματος.....	σελ. 80
11.1 Γενικά.....	σελ. 89
11.2 Κοπή και διαμόρφωση.....	σελ. 90
11.3 Τοποθέτηση και στερέωση του οπλισμού.....	σελ. 90
12. Μέθοδος ΣΚ-303.....	σελ. 94
12.1 Αντικείμενο.....	σελ. 94
12.2 Γεωμετρία του δοκιμίου.....	σελ. 94
12.2.1 Σχήμα και διαστάσεις του δοκιμίου.....	σελ. 94
12.2.2 Ανοχές σχήματος δοκιμίων.....	σελ. 94
12.3 Μέσα συμπυκνώσεως.....	σελ. 95

12.4 Διαδικασία.....	σελ. 95
12.4.1 Προετοιμασία.....	σελ. 95
12.4.2 Επιλογή της μεθόδου συμπύκνωσης.....	σελ. 96
12.4.3 Συμπύκνωση με δόνηση.....	σελ. 96
12.4.3.1 Τράπεζα δονήσεως.....	σελ. 96
12.4.3.2 Δονητής μάζας.....	σελ. 96
12.4.4 Συμπύκνωση με ράβδο.....	σελ. 97
12.4.5 Τελική επεξεργασία.....	σελ. 97
12.5 Συντήρηση.....	σελ. 98
12.5.1 Δοκίμια για τον έλεγχο της συμβατικής ανοχής του σκυροδέματος.....	σελ. 98
12.5.2 Δοκίμια για τον προσδιορισμό της πορείας αντοχής του σκυροδέματος στο έργο	σελ. 98
12.5.3 Δοκίμια μελέτης συνθέσεως.....	σελ. 98
12.6 Μεταφορά δοκιμίων.....	σελ. 99
12.7 Έκθεση στοιχείων των δοκιμών.....	σελ. 99
13. Μέθοδος ΣΚ-304.....	σελ. 100
13.1 Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής.....	σελ. 100
13.2 Δοκίμια.....	σελ. 100
13.3 Συντήρηση.....	σελ. 101
13.4 Συσκευή.....	σελ. 101
13.5 Διαδικασία της δοκιμής.....	σελ. 103
13.5.1 Τοποθέτηση και κέντρωση του δοκιμίου.....	σελ. 103
13.5.2 Φόρτιση.....	σελ. 103
13.6 Αποτελέσματα δοκιμής.....	σελ. 104
13.6.1 Η αντοχή σε θλίψη.....	σελ. 104
13.6.2 Η πυκνότητα του δοκιμίου.....	σελ. 104
13.7 Έκθεση αποτελεσμάτων.....	σελ. 104
13.7.1 Βασικές πληροφορίες οι οποίες πρέπει να περιέχονται υποχρεωτικά στην έκθεση αποτελεσμάτων.....	σελ. 104

13.7.2 Συμπληρωματικές πληροφορίες οι οποίες να περιέχονται στην έκθεση αποτελεσμάτων εφ' όσον είναι δυνατόν.....σελ.105	σελ.105
14. Μέθοδος ελέγχου ΣΚ-309σελ. 106	σελ. 106
141.1 Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής.....σελ.106	σελ.106
14.2 Δειγματοληψία.....σελ.106	σελ.106
14.3 Συσκευές.....σελ. 107	σελ. 107
14.3.1 Κώνος καθίσεως.....σελ.107	σελ.107
14.3.2 Ραβδί συμπυκνώσεως.....σελ.107	σελ.107
14.4 Διαδικασία της δοκιμής.....σελ. 107	σελ. 107
14.5 Αποτελέσματα της δοκιμής.....σελ.108	σελ.108
14.6 Έκθεση αποτελεσμάτων.....σελ.109	σελ.109
15. Αποτελέσματασελ.110	σελ.110
15.1 Αποτελέσματα υπερήχων.....σελ. 110	σελ. 110
15.2 Αποτελέσματα κρουσιμέτρου.....σελ.113	σελ.113
15.3 Αποτελέσματα συμβατικών δοκιμών.....σελ. 114	σελ. 114
15.4 Αποτελέσματα πυρηνοληψίας.....σελ. 116	σελ. 116
15.5 Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων.....σελ. 118	σελ. 118
16. Παράρτημασελ.119	σελ.119
16.1 Κατασκευαστικά σχέδια.....	
16.2 Σχέδια υπερήχων.....	
16.3 Πίνακας σιδηρού σπλισμού μοντέλου.....	
16.4 Μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε.....	
16.5 Βιβλιογραφία.....	

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η σύγκριση αντοχών συμβατικών δοκιμίων και με μεθόδους καταστροφικών και μη ελέγχων σε δοκίμια σκληρυμένου οπλισμένου σκυροδέματος.

Στην εργασία αυτή κατασκευάστηκαν δοκίμια σκυροδέματος 150x150mm, μοντέλο πεδιλοδοκού (οπλισμένου) και ελήφθησαν πυρήνες από δοκούς 150x150x600mm και από το μοντέλο.

Πραγματοποιήθηκαν επίσης μη καταστροφικοί έλεγχοι, υπέρηχοι και κρουσίμετρο.

2. Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

- Κατασκευή του μοντέλου

Έγινε στο Εργαστήριο Σκυροδέματος του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια που εκπονηθήκαν για τον σκοπό της πτυχιακής, χρησιμοποιήθηκε ξυλεία η οποία διαμορφώθηκε αναλόγως.

Για τα δοκίμια που κατασκευάστηκαν (κυβικά, κυλινδρικά, ορθογωνικά), αφού καθαρίστηκαν και απομακρύνθηκαν διάφορες ακαθαρσίες (π.χ. σκόνη) περάστηκαν με λάδι προκειμένου να διευκολύνει αργότερα στην αποκόλληση του σκυροδέματος. Ακολουθήθηκε όλη η διαδικασία που περιγράφεται στις σχετικές προδιαγραφές.

- Τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού

Ο σιδηρούς οπλισμός του μοντέλου υπολογίστηκε ύστερα από στατική μελέτη. Η κοπή και διαμόρφωση τόσο των ευθύγραμμων τμημάτων όσο και των συνδετήρων έγινε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Τ.Χ. 2000. Η τοποθέτηση του σιδηρού οπλισμού έγινε στο Εργαστήριο Σκυροδέματος. Παρατίθεται ο πίνακας σιδηρού οπλισμού του μοντέλου στα παραρτήματα.

- Παρασκευή σκυροδέματος

Έγινε μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος C 16/20 η οποία μας έδωσε τις ποσότητες των αδρανών, του τσιμέντου, του νερού και του υπερρευστοποιητή που θα χρησιμοποιηθούν. Ακολούθησε ξήρανση των αδρανών στον κλίβανο και ζύγισμα των υλικών. Ελέγχθηκε η ομαλή λειτουργία τόσο της μπετονιέρας όσο και του δονητή που διαθέτει το Εργαστήριο Σκυροδέματος. Εν συνεχεία οι μετρηθείσες ποσότητες των αδρανών, του τσιμέντου, του νερού και του υπερρευστοποιητή αναμίχθηκαν και παρασκευάστηκε το σκυρόδεμα έτοιμο προς σκυροδέτηση τόσο για το μοντέλο μας όσο και για τα δοκίμια. Η ποσότητα του παρασκευασθέντος σκυροδέματος ήταν $0,52 \text{ m}^3$.

- Δοκιμή κάθισης

Η δοκιμή της κάθισης μας έδωσε της τιμή $S=120\text{mm}$ που είναι αποδεκτή για την ποιότητα του σκυροδέματος μας.

- Σκυροδέτηση

Η σκυροδέτηση του μοντέλου έγινε ανά στρώσεις και την χρησιμοποίηση δονητή προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη συμπύκνωση. Τα δοκίμια παρασκευάστηκαν και συντηρήθηκαν σύμφωνα με την μέθοδο ΣΚ-303.

- Αφαίρεση τύπων

Τόσο η αφαίρεση του ξυλότυπου από το μοντέλο όσο και των δοκιμίων από τις μήτρες ακολουθήθηκαν οι κανονισμοί που προβλέπονται για την περίπτωση αυτή.

- Έλεγχος κρουσιμέτρησης

Έγινε έλεγχος κρουσιμέτρησης με κρουσίμετρο Schmidt τύπου C 181 σύμφωνα με τους κανονισμούς τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν σε πίνακα που ακολουθεί.

- Υπερηχητικός έλεγχος

Ο έλεγχος με την βοήθεια των υπερήχων έγινε με την συσκευή που διαθέτει το Εργαστήριο μας τύπου E 46. Ακολούθησε η μέτρηση των υπερήχων σύμφωνα με τους κανονισμούς σε συγκεκριμένα σημεία του μοντέλου και τα αποτελέσματα δίνονται σε πίνακα που ακολουθεί.

- Πυρηνοληψία και θραύση αυτών

Η πυρηνοληψία έλαβε χώρα στο Εργαστήριο της Δ.Ε.Σ.Ε. Δυτικής Ελλάδας. Λόγω της δυσκολίας μετακίνησης του μοντέλου, πάρθηκαν πυρήνες μόνο από τα ορθογωνικά δοκίμια (οπλισμένο και άοπλο) και όχι από το μοντέλο. Ο συνολικός αριθμός των πυρήνων ήταν οκτώ (8). Τα αποτελέσματα δίνονται σε πίνακα που ακολουθεί.

3. ΤΣΙΜΕΝΤΟ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΙ-ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Με το όρο τσιμέντο προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών, συγκολλητικών δηλαδή υλών, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να σκληραίνουν και εντός ύδατος. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των τσιμέντων είναι ότι προέρχονται από την καύση μίγματος ασβεστολιθικών και αργυροπυριτικών πετρωμάτων. Για κάθε είδους τσιμέντου χρησιμοποιούνται τα πετρώματα αυτά υπό διαφορετικές αναλογίες.

Η πρώτη παρασκευή τσιμέντου έγινε το 1756 από τον Άγγλο μηχανικό John Smeaton, ο οποίος ανακάλυψε ότι δια της οπτήσεως ενός πετρώματος (αργιλικού ασβεστολιθικού) είναι δυνατό να παρασκευασθεί υδραυλική κονία. Στην ανακάλυψη αυτή ωθήθηκε από την ανάγκη να ευρεθεί κατάλληλη κονία, που να σκληραίνεται μέσα στο νερό, προκειμένου να την χρησιμοποιήσει για την κατασκευή ενός φάρου.

Το 1796 ο James Parker, Άγγλος και αυτός παρουσίασε μια σύνθεση για την παρασκευή υδραυλικής κονίας από ορισμένα πετρώματα, που περιείχαν οξειδία του ασβεστίου, του πυριτίου και του αργιλίου. Για την όπτηση χρησιμοποίησε μια συνήθη ασβεστοουργική κάμινο. Τα εκ της καύσεως τεμάχια τρίβονταν σε κονία, η οποία ονομάστηκε Ρωμαϊκή κονία, διότι έμοιαζε με την κονία που παρασκεύαζαν οι Ρωμαίοι από ηφαιστειακές γαίες (ποζολάνες).

Τους πρώτους αυτούς κατασκευαστές ακολούθησε η ίδρυση βιομηχανίας παρασκευής τσιμέντου στην Αγγλία, Αμερική και άλλες χώρες οι οποίες χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη πάντοτε ορισμένο πέτρωμα με κατάλληλες αναλογίες των οξειδίων ασβεστίου, αργιλίου και πυριτίου. Τα άνω παρασκευαζόμενα τσιμέντα είναι γνωστά ως φυσικά τσιμέντα και σήμερα ελάχιστες χώρες τα παράγουν.

Ο πρώτος ο οποίος σκέφθηκε να μη χρησιμοποιήσει αυτούσιο το πέτρωμα, αλλά να το κατασκευάσει μίγμα εκ διαφόρων πετρωμάτων, ώστε να επιτύχει τις καλύτερες αναλογίες των οξειδίων για την παρασκευή ανώτερης ποιότητας τσιμέντων, ήταν ο Άγγλος κτίστης Joseph Aspdin το 1824. Για την καύση του μίγματος αυτού χρησιμοποίησε ειδική κάμινο. Τη κονία, που προήλθε από την άλεση του προϊόντος της καμίνου, το οποίο καλείται εκβολάς ή διεθνώς clinker, ονόμασε τσιμέντο Portland. Η ονομασία οφείλεται στο ότι η κονία μετά την πήξη της έμοιαζε

με τους λίθους, οι οποίοι εξορύσσοντο σε ένα αγγλικό νησί ονομαζόμενη Portland. Σήμερα ονομάζεται επίσης τεχνητό τσιμέντο ή απλώς τσιμέντο.

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

Κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς, τσιμέντο Portland καλείται το προϊόν, που λαμβάνεται από την κονιοποίηση εκβολάδων ορισμένης συστάσεως. Οι εν λόγω εκβολάδες πρέπει απαραίτητως να προέρχονται από την όπτηση ενός μίγματος αργιλούχων και ασβεστούχων υλικών, που παρασκευάζεται καθ' ορισμένες αναλογίες. Αφού υποστεί όπτηση το μίγμα αυτό, δεν επιτρέπεται προσθήκη ουδεμίας άλλης ουσίας εκτός από νερό ή κεκαμένης γύψου.

Κατά τους γερμανικούς κανονισμούς οι προστιθέμενες ξένες ουσίες (γύψος ή άλλες ουσίες) δεν πρέπει να υπερβαίνουν ποσοστό 3%.

Οι ελληνικοί κανονισμοί επιτρέπουν να αναμειγνύεται μαζί με το τσιμέντο θηραϊκή γη σε ποσοστό όχι ανώτερο του 10%. Τα τσιμέντα αυτά καλούνται τσιμέντα Portland ελληνικού τύπου. Τα βασικά συστατικά του τσιμέντου Portland δίνονται από τον παρακάτω πίνακα.

Οξειδίο του πυριτίου	SiO ₂	20% έως 24%
Οξειδίο του ασβεστίου	CaO	60% έως 65%
Οξειδίο του αργιλίου	Al ₂ O ₃	5% έως 10%
Οξειδίο σιδήρου	Fe ₂ O ₃	2% έως 5%
Οξειδίο μαγνησίου	MgO	1% έως 4%
Τριοξειδίο του θείου	SO ₃	0,5% έως 1,75%

Εκατοστιαία σύνθεση τσιμέντου Portland

3.2 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ , ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Στις σημερινές βιομηχανίες τα ασβεστούχα υλικά είναι ασβεστόλιθοι ή ασβεστολιθικές μάργες, τα δε αργιλούχα είναι άργιλοι, σχιστόλιθοι ή άλλα πετρώματα περιέχοντα οξειδία του αργιλίου και πυριτίου.

Η όλη εργασία της παρασκευής του τεχνητού τσιμέντου δύναται να χωρισθεί σε τέσσερα στάδια.

- την προπαρασκευή και ανάμειξη των πρώτων υλών
- την όπτηση του μίγματος
- την προσθήκη των προβλεπομένων συμπληρωματικών ουσιών και λειοτρίβηση των εκβολάδων του
- την αποθήκευση του τσιμέντου

3.3 ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Κατά την προπαρασκευή των πρώτων υλών εξετάζεται πρώτον η χημική και ορυκτολογική σύστασή αυτών και προσδιορίζονται οι ποσότητες που θα ληφθούν από κάθε είδος, ώστε το μίγμα να έχει τις προβλεπόμενες αναλογίες σε ασβεστιακές, αργιλικές και πυριτικές ενώσεις.

Κατόπιν οι ασβεστόλιθοι μεταφέρονται σε θραυστήρες και θραύονται σε τεμάχια των 2cm έως 5cm. Τα τεμάχια ξηραίνονται σε περιστροφικό κύλινδρο ξηράνσεως, ο οποίος τροφοδοτείται με θερμό αέρα 500°C. Ο αέρας θερμαίνεται κατά κανόνα με τα θερμά αέρια της καμίνου. Τέλος οι ασβεστόλιθοι αποθηκεύονται σε ειδικά σιλό.

Συγχρόνως η άργιλος λειοτριβείται σε σφαιρικούς τριβείς ξηραίνεται όπως ο ασβεστόλιθος και αποθηκεύεται και αυτή σε άλλα σιλό.

Από τα σιλό αποθηκεύσεως μεταφέρονται τα τεμάχια του ασβεστόλιθου και της άργιλου σε ζυγαριές, λαμβάνονται οι καθορισμένες ποσότητες και στη συνέχεια ρίχνονται στον αναμικτήρα. Ο αναμικτήρας είναι σφαιροφόρος περιστρεφόμενος μύλος, στον οποίο γίνεται συγχρόνως η κονιοποίηση των τεμαχίων του ασβεστόλιθου και η ανάμιξη του με την άργιλο. Η σκόνη που εξέρχεται από αυτόν, πρέπει να διέρχεται κατά ποσοστό 95% από το κόσκινο των 4900 βροχιδων/cm².

Η τελευταία αυτή εργασία πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή και σχολαστικότητα, διότι από την καλή και ομοιογενή ανάμιξη και τη λεπτότητα του μίγματος εξαρτάται κατά μεγάλο ποσοστό η ποιότητα του τσιμέντου.

Η περαιτέρω προετοιμασία των πρώτων υλών εξαρτάται από τη μέθοδο της όπτησεως αυτών.

Χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι οπτήσεως του μίγματος:

- η ξηρά
- η υγρή
- η ύφυγρη

Κατά την ξηρά μέθοδο, η οποία είναι η περισσότερο διαδεδομένη, η σκόνη έρχεται στην κάμινο οπτήσεως ως κονία, όπως εξέρχεται από τον αναμικτήρα.

Κατά την υγρή μέθοδο γίνεται λειοτρίβηση των πρώτων υλών, αλλά όχι εις τόσο βαθμό όσο κατά την προηγούμενη περίπτωση μέθοδο και η ανάμιξη γίνεται εντός δεξαμενών νερού. Το μίγμα με περιεκτικότητα 60% έως 70% νερό φέρεται στην ειδική κάμινο οπτήσεως.

Η ξηρά μέθοδος πλεονεκτεί από την υγρή κατά το ότι απαιτείται μικρότερη ποσότητα καυσίμων δια την όπτηση του μίγματος, η δε υγρή πλεονεκτεί της ξηράς κατά το ότι γίνεται ομοιογενές το μίγμα και απαιτείται μικρότερη δαπάνη κατά την λειοτρίβηση.

Τέλος κατά την ύφυγρη μέθοδο οι πρώτες ύλες φέρονται στην κάμινο υπό μορφή στεγνού πολτού.

Για την παραγωγή ενός τόνου τσιμέντου απαιτούνται συνήθως 1,40t έως 1,60t πρώτων υλών.

3.4 ΟΠΤΗΣΗ

Η όπτηση του μίγματος των πρώτων υλών γίνεται εντός της καμίνου, της οποίας το κύριο τμήμα είναι ένας κύλινδρος που στρέφεται βραδέως περί τον άξονα του με ταχύτητα 4 έως 8 στροφών/min. Ο άξονας του κυλίνδρου έχει ελαφρά κλίση προς τον ορίζοντα (περίπου 1:20) έτσι ώστε τα εντός του κυλίνδρου υλικά να κινούνται κατά την περιστροφή αυτού από το επάνω άκρο προς το κάτω. Ο κύλινδρος κατασκευάζεται από χοντρή λαμαρίνα με ενισχυτικά στεφάνια και φέρει εσωτερικώς ισχυρή επένδυση από πυρίμαχα υλικά. Σε νεότερα εργοστάσια το μήκος του φθάνει τα 120m και η διάμετρος του είναι 2m έως 3m. Εκτός του βασικού κυλίνδρου η κάμινο έχει χοάνη φορτώσεως στο κέντρο της οποίας υπάρχουν ακροφύσια (μπέκ) της καυσίμου ύλης, την καπνοδόχο και διάφορα άλλα εξαρτήματα και μηχανισμούς απαραίτητα για την λειτουργία της.

Η σκόνη των πρώτων υλών εισέρχεται από την χοάνη φορτώσεως στο υψηλότερο άκρο του κυλίνδρου και αρχίζει να κινείται αργά προς το κατώτερο άκρο λόγω της περιστροφής. Στο κατώτερο άκρο υπάρχουν τα ακροφύσια, μέσω των οποίων οι φλόγες της καύσιμου ύλης, με την βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα εξακοντίζονται σε αρκετό βάθος εντός της καμίνου. Ως καύσιμος ύλη χρησιμοποιείται πετρέλαιο. Στο σημείο συγκεντρώσεως των δημιουργείται η μεγαλύτερη θερμοκρασία, η οποία φθάνει τους 1500°C.

Περί το μέσον του κυλίνδρου η θερμοκρασία πέφτει στους 1000°C στο άνω άκρο στους 600°C. Μας δίνεται η δυνατότητα να χωρίσουμε τον κύλινδρο σε τρεις θερμοκρασιακές ζώνες:

- στη ζώνη των 600°C ή ζώνη ξηράνσεως, όπου το υλικό ξηραίνεται πλήρως,
- στη ζώνη των 1000°C ή ασβεστοποιήσεως, όπου γίνεται η γνωστή αντίδραση διάσπασης του ανθρακικού ασβεστίου σε οξείδιο του ασβεστίου και διοξείδιο του άνθρακα.
- στη ζώνη των 1500°C ή ζώνη αρχομένης τήξεως, όπου συντελούνται οι χημικές αντιδράσεις, που μετατρέπουν τις αρχικές ύλες σε εκβολάδες (clinker). Στη ζώνη αυτή λόγω της τήξεως του υλικού συγκολλούνται οι κόκκοι σε μικρά τεμάχια μεγέθους μπιζελιού ή καρυδιού. Τα τεμάχια αυτά καλούνται εκβολάδες ή clinker, έχουν υαλώδη λάμψη, χρώμα πράσινο σκούρο και μεγάλη σκληρότητα.

Το clinker εξακολουθεί να κινείται προς το κατώτερο άκρο της καμίνου, από το οποίο μέσω ειδικής οπής πέφτουν σε μικρό περιστρεφόμενο κύλινδρο ψύξεως. Η ψύξη επιτυγχάνεται με διοχέτευση ψυχρού αέρα κατά αντίθετο προς την κίνηση διεύθυνση. Ο ψυχρός αέρας πλην της ψύξεως προκαλεί και χαλάρωση του ιστού του clinker και διευκολύνει τη λειοτρίβηση του.

3.5 ΛΕΙΟΤΡΙΒΗΣΗ

Κατά το τρίτο στάδιο το clinker, μετά την εξαγωγή του από τον κύλινδρο ψύξεως διαβρέχεται με νερό για να σβήσουν τυχόν παραμείναντα ίχνη κεκαμένης άσβεστου και μεταφέρονται σε χώρους όπου παραμένουν τουλάχιστον επί μία εβδομάδα. Μετά λειοτριβούνται εντός σφαιροβόλων μύλων, αφού προηγουμένως προστεθεί μικρή ποσότητα φυσικής ή κεκαμένης γύψου σε αναλογία 2% έως 3%. Η

προσθήκη της γύψου καθίσταται απαραίτητη, διότι το τσιμέντο που προκύπτει από την άλεση αμιγούς clinker πήζει ταχύτατα μετά την ανάμιξη του με νερό και αυτό δυσχεραίνει την χρήση του. Στην Ελλάδα πλην του γύψου προστίθεται και θηραϊκή γη σε αναλογία 8% έως 10%. Η μικρή αυτή προσθήκη δεν ελαττώνει ουσιαστικά την αντοχή του, ούτε τις υδραυλικές του ικανότητες, ενώ μειώνει το κόστος του.

3.6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Μετά τη λειοτρίβηση η κονία του τσιμέντου μεταφέρεται σε ειδικά σιλό προς αποθήκευση. Στο εμπόριο διατίθεται συσκευασμένο σε χάρτινους σάκους των 25Kg και 50Kg. Επίσης διατίθεται χύμα, αποθηκεύσιμο στο εργοτάξιο εντός καταλλήλων δοχείων (σιλό) από λαμαρίνα.

3.7 ΕΙΔΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ

Για την κάλυψη ειδικών απαιτήσεων, που προκύπτουν στις κατασκευές ή για την ελάττωση του κόστους, παρασκευάζονται διαφόρων ειδών τεχνητά τσιμέντα.

Η μέθοδος παρασκευής τους είναι η ίδια με τη μέθοδο των κοινών τσιμέντων. Τα βασικά όμως συστατικά τους έχουν διαφορετικές αναλογίες ή έχουν προστεθεί ειδικές ουσίες για την αύξηση μιας συγκεκριμένης ιδιότητας.

Τα παραγόμενα σήμερα τσιμέντα είναι:

Κοινό τσιμέντο Portland. Είναι αυτό που εξετάσθηκε προηγουμένως. Η εκατοστιαία σύνθεση του δίνεται στο προηγούμενο πίνακα.

Τσιμέντα Portland υψηλής αντοχής. Έχουν τις ίδιες αναλογίες με το κοινό τσιμέντο, εκτός του οξειδίου του ασβεστίου που εμφανίζεται πιο αυξημένο. Η όπτηση όμως των πρώτων υλών γίνεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και η άλεση του clinker γίνεται όσο το δυνατόν λεπτότερα. Το τσιμέντο αυτό έχει μεγαλύτερη αντοχή από το κοινό τσιμέντο και σκληραίνεται ταχύτερα από αυτό.

Αργιλικά τσιμέντα. Περιέχουν λιγότερο οξείδιο του ασβεστίου και περισσότερο οξείδιο του αργιλίου (35% έως 45% αντί 5% έως 10% που περιέχεται στα κοινά τσιμέντα).

Βασικές πρώτες ύλες είναι ο ασβεστόλιθος και ο βωξίτης. Παρασκευάζονται όπως τα κοινά τσιμέντα. Σκληραίνουν ταχύτερα, εκλύουν μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την πήξη τους και υφίστανται μεγαλύτερες μεταβολές του όγκου τους. Για αυτό είναι κατάλληλα μόνο για ψυχρά κλίματα.

Λευκά και ημίλευκα τσιμέντα Portland. Με ελάττωση του ποσοστού του οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) σε 1% και με όπτηση σε υψηλότερη θερμοκρασία, λαμβάνονται λευκά ή ημίλευκα τσιμέντα. Χρησιμοποιούνται στην οικοδομική κυρίως, όπου απαιτείται καλύτερη εμφάνιση διαφόρων στοιχείων.

Σιδηρά τσιμέντα. Αποτελούνται από 70% κοινό τσιμέντο και 30% από μεταλλικές σκωρίας (σκωρία υψικαμίνων). Παράγεται σε χώρες με αυξημένη μεταλλουργία και έχει χαμηλότερο κόστος από το τσιμέντο Portland. Αντέχει στις χημικές επιδράσεις περισσότερο από το κοινό τσιμέντο.

Ποζολανικά τσιμέντα. Η ανάμιξη κοινού τσιμέντου με ποζολάνες σε διάφορες αναλογίες λαμβάνονται τα ποζολανικά τσιμέντα. Έχουν χαμηλότερο κόστος από το κοινό τσιμέντο και μοιάζουν προς τα αργιλικά. Στην Ελλάδα παράγονται τσιμέντα αυτού του είδους δια προσθήκης 8% έως 10% θηραϊκής γης στο κοινό τσιμέντο και καλούνται τσιμέντα ελληνικού τύπου. Χρησιμοποιούνται για εσωτερική κατανάλωση.

Τσιμέντο τοιχοποιίας. Παρασκευάζεται με συνάλεση clinker και μιας αδρανούς ύλης (ασβεστόλιθος, πυριτική άμμος κλπ.) σε αναλογία 50% έως 70% clinker και 50% έως 30% αδρανούς ύλης. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή κονιαμάτων δομήσεως και επιχρισμάτων.

Οι ελληνικές βιομηχανίες παράγουν από τα παραπάνω είδη:

Κοινά τσιμέντα Portland κυρίως για εξαγωγή.

- Τσιμέντα ελληνικού τύπου
- Λευκά τσιμέντα
- Ημίλευκα τσιμέντα
- Τσιμέντα υψηλής αντοχής
- Τσιμέντα τοιχοποιίας

3.8 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Χρώμα. Το χρώμα του κοινού τσιμέντου είναι υπότεφρον έως πρασινότεφρον και οφείλεται κυρίως στα οξειδία του σιδήρου. Μικρή περιεκτικότητα στα οξειδία αυτά του προσδίδει λευκό χρώμα. Το χρώμα δεν αποτελεί ένδειξη της ποιότητας του τσιμέντου σε καμία περίπτωση.

Ειδικό βάρος. Το απόλυτο ειδικό βάρος του κυμαίνεται μεταξύ $3,1\text{kp/cm}^3$ και $3,2\text{kp/cm}^3$. Τα σιδηρά τσιμέντα έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος. Το φαινόμενο ειδικό βάρος εξαρτάται από το βαθμό συμπίεσεως, που έχει υποστεί το τσιμέντο. Σε χαλαρή κατάσταση έχει φαινόμενο ειδικό βάρος περίπου 1100kp/m^3 έως 1200kp/m^3 .

Υδραυλικότητα. Είναι γνωστό από τα προηγούμενα ότι ο πολτός του τσιμέντου (τσιμέντο και νερό) έχει την ιδιότητα να πήζει και όταν βρίσκεται μέσα στο νερό. Η ιδιότητα αυτή καλείται υδραυλικότητα. Ο βαθμός εκδηλώσεως της υδραυλικότητας του τσιμέντου εξαρτάται από την κανονικότητα της οπτήσεως, από τη λεπτότητα της αλέσεως και κυρίως από τη χημική σύσταση αυτού. Εάν από τη λειοτρίβηση των εκβολάδων προκύψει χονδρόκοκκο τσιμέντο, τότε δεν πήζει μέσα στο νερό ή αν πήξει το στερεό σώμα που δημιουργείται καταστρέφεται εύκολα. Το ίδιο συμβαίνει και εάν οι αναλογίες των διαφόρων συστατικών του τσιμέντου δεν βρίσκονται μέσα στα καθορισμένα όρια.

Πήξη. Η πήξη του πολτού του τσιμέντου οφείλεται σε πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται όταν το τσιμέντο αναμιχθεί με νερό.

Η πήξη δεν αρχίζει αμέσως μετά την ανάμιξη, αλλά αφού παρέλθει ορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο καλείται χρόνος αρχικής πήξεως. Ο χρόνος αρχικής πήξεως και η ταχύτητα με την οποία συντελείται αυτή εξαρτώνται:

- Από τη λεπτότητα αλέσεως
- Από την παλαιώση του τσιμέντου
- Από τη χημική σύσταση (δείκτης υδραυλικότητας) και την περιεκτικότητα σε ξένες προσμίξεις (γύψος, θηραϊκή γη, κλπ.)

Προκειμένου για τσιμέντα της ίδιας κατηγορίας και ποιότητας, στα οποία δηλαδή οι παραπάνω τρεις παράγοντες είναι ίδιοι, η έναρξη και η ταχύτητα πήξεως εξαρτώνται:

- Από την ποσότητα του νερού αναμίξεως

- Από τη θερμοκρασία του μίγματος και του περιβάλλοντος
- Από την υγρομετρική κατάσταση της ατμόσφαιρας
- Από τη δραστηριότητα, με την οποία θα γίνει η ανάμιξη του τσιμέντου και του νερού. Εάν χρησιμοποιηθεί περισσότερο νερό από το απαιτούμενο, η πήξη επιβραδύνεται και το προϊόν που προκύπτει έχει ελαττωμένη αντοχή. Κάτω από θερμότερες συνθήκες μίγματος και περιβάλλοντος η πήξη επιταχύνεται, ενώ αντίθετα επιβραδύνεται περισσότερο σε υγρή παρά σε ξηρή ατμόσφαιρα. Τέλος όσο περισσότερο χρόνο διαρκεί η ανάμιξη, τόσο περισσότερο επιβραδύνεται η πήξη. Στο τσιμέντο Portland η πήξη αρχίζει μια ως τρεις ώρες από τη στιγμή της αναμίξεως του με το νερό. Ο προσδιορισμός της καταστάσεως και του χρόνου αρχικής πήξεως γίνεται με ειδική συσκευή, όπως θα δούμε παρακάτω. Κατά τη διάρκεια του χρόνου αρχικής πήξεως ο πολτός μπορεί να υποστεί νέα ανάμιξη, μεταφορά και γενικά οποιοδήποτε χειρισμό χωρίς βλάβη του τελικού προϊόντος. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι όταν το τσιμέντο αναμιχθεί με αδρανή υλικά (άμμο και σκύρα) και με περισσότερο νερό από όσο απαιτείται για την πήξη, κάτι που γίνεται κατά την παρασκευή των τσιμεντοκονιαμάτων και των τσιμεντοδεμάτων, ο χρόνος αρχικής πήξεως των κονιαμάτων αυτών διπλασιάζεται ή τετραπλασιάζεται ως προς τον αντίστοιχο χρόνο του πολτού του τσιμέντου. Επομένως τσιμέντο με χρόνο αρχικής πήξεως 1 ώρα θα χρειασθεί 2 έως 4 ώρες για να αρχίσει η πήξη του, όταν αναμιχθεί με αδρανή και περισσότερο νερό. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για την εκτέλεση διαφόρων χειρισμών και τη διάστρωση του μίγματος. Μετά την έναρξη της πήξεως, συνεχίζεται αργά η σκλήρυνση, ώσπου ο πολτός να στερεοποιηθεί τελείως και να φθάσει στην κατάσταση τελικής πήξεως. Κατά τη διάρκεια της πήξεως ο πολτός πρέπει να παραμείνει σε πλήρη ηρεμία. Ο οποιοσδήποτε χειρισμός και διατάραξη του θα προκαλέσει την καταστροφή του. Η κατάσταση της τελικής πήξεως και ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της καταστάσεως της αρχικής πήξεως και αυτής προσδιορίζονται πειραματικά. Μετά την τελική πήξη το τσιμέντο εξακολουθεί να σκληρύνεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ενώ συγχρόνως αυξάνεται η αντοχή του. Η σκλήρυνση διαρκεί επί μήνες και έτη ακόμη. Κατά τις πρώτες ημέρες παρατηρείται ταχεία αύξηση της σκληρύνσεως αλλά κατόπιν επιβραδύνεται συνεχώς. Κατά τη διάρκεια της σκληρύνσεως και

κυρίως στις πρώτες μέρες είναι απαραίτητο να διατηρείται το σώμα, που στερεοποιήθηκε, σε υγρό περιβάλλον για να ολοκληρωθούν οι διάφορες χημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται στη μάζα του υλικού. Για το λόγο αυτό πρέπει ο στερεοποιημένος πολτός να διαβρέχεται συνεχώς για διάστημα τουλάχιστον 5 ημερών από την τελική πήξη. Κατά τη διάρκεια της πήξεως και της σκληρύνσεως και επειδή συντελούνται χημικές αντιδράσεις, παράγεται θερμότητα στη μάζα του υλικού, που μεταδίδεται στην ατμόσφαιρα. Εάν η μετάδοση αυτή εμποδιστεί είτε λόγω υπερβολικής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (καλοκαίρι), είτε λόγω μεγάλου πάχους του έργου που κατασκευάζεται (π.χ. φράγμα από σκυρόδεμα), τότε προκαλούνται εσωτερικές τάσεις και υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της συνοχής των μορίων του σχηματισθέντος στερεού σώματος. Ο κίνδυνος αυτός περιορίζεται, εάν ληφθούν διάφορα μέτρα, όπως είναι η χρησιμοποίηση τσιμέντου βραδείας πήξεως, η δημιουργία δικτύου σωληνώσεων στο εσωτερικό του έργου μέσα στους οποίους κυκλοφορεί κρύο νερό. Ένα άλλο φαινόμενο που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της πήξεως είναι η συστολή που παρουσιάζει ο πολτός και η εμφάνιση μικρών ρηγμάτων στην επιφάνεια του σώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συστολή, τόσο βαθύτερα είναι τα ρήγματα. Ένας από τους βασικούς λόγους που δεν χρησιμοποιείται το τσιμέντο αυτούσιο, αλλά πάντοτε αναμεμιγμένο με άμμο, είναι ακριβώς τα ραγίσματα που υφίσταται κατά τη συστολή. Το φαινόμενο της συστολής δεν παρουσιάζεται, όταν η πήξη γίνεται μέσα σε νερό. Επομένως για να αποφεύγονται τα ραγίσματα στις κατασκευές από τσιμεντοκονίαμα αρκεί να διατηρείται υγρή η εκτεθειμένη επιφάνεια τους είτε με συνεχή διαβροχή, είτε με κάλυψη της με υγρά υφάσματα.

- **Μηχανική αντοχή.** Το τσιμέντο ύστερα από τη σκλήρυνση του παρουσιάζει σημαντική αντοχή σε θλίψη, ενώ η αντοχή του σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρή. Συνήθως η αντοχή σε θλίψη είναι δωδεκαπλάσια της αντοχής σε εφελκυσμό.
- **Στεγανότητα.** Εάν εξετασθεί μικροσκοπικά η μάζα του τσιμέντου που έχει σκληρυνθεί, διαπιστώνεται ότι αποτελείται από μίγμα κρυστάλλων και κολλοειδούς ύλης. Οι κρύσταλλοι, στους οποίους οφείλεται η μηχανική αντοχή του τσιμέντου, περιβάλλονται από την κολλοειδή ύλη. Η ύλη αυτή με τις συγκολλητικές ιδιότητες που έχει συγκρατεί τους κρυστάλλους συνδεδεμένους

ενώ συγχρόνως καθιστά στεγανό το σώμα. Εάν η εικόνα αυτή εμφανιζόταν σε όλη τη μάζα, θα είχαμε το ιδεώδες τσιμέντο. Συνήθως όμως εμφανίζονται περιοχές, όπου δεν έχουν δημιουργηθεί κρύσταλλοι ή περιοχές χωρίς κolloειδή ύλη ή τέλος περιοχές όπου η κolloειδής ύλη έχει αποκολληθεί από τους κρυστάλλους. Στις ελαττωματικές αυτές περιοχές οφείλεται η χαμηλή αντοχή και η έλλειψη στεγανότητας, που παρουσιάζονται αρκετές φορές στις κατασκευές από τσιμεντοδέματα.

Οι αιτίες που δημιουργούν αυτές τις ανωμαλίες είναι:

- Η κακή ποιότητα τσιμέντου.
- Η κακή ανάμιξη και η ανομοιογένεια του πολτού.
- Η διατάραξη του πολτού κατά τη διάρκεια της πήξεως του.

Οι συχνότερα παρουσιαζόμενες αιτίες είναι οι δύο τελευταίες. Η έλλειψη στεγανότητας μπορεί επίσης να προκληθεί και από ρήγματα, που οφείλονται στις θερμοκρασιακές μεταβολές και στη συστολή από πήξη.

3.9 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το τσιμέντο πρέπει, προτού χρησιμοποιηθεί να υποστεί ορισμένες δοκιμασίες (ελέγχους), ώστε να εξακριβωθεί μέχρι ποιο βαθμό κατέχει τις αναφερθείσες ιδιότητες και συνεπώς αν είναι κατάλληλο για το σκοπό που προορίζεται. Οι δοκιμασίες που γίνονται ύστερα από δειγματοληψία σύμφωνα με τον κανονισμό που ισχύει στην Ελλάδα, είναι οι παρακάτω:

- Έλεγχος χημικών χαρακτηριστικών του τσιμέντου.
- Έλεγχος φυσικών χαρακτηριστικών.
- Προσδιορισμός του χρόνου ενάρξεως και λήξεως της πήξεως.
- Έλεγχος σταθερότητας του όγκου.
- Έλεγχος μηχανικών ιδιοτήτων.

Η προπαρασκευή των δοκιμών, το είδος των δοκιμασιών, οι μέθοδοι που θα εφαρμοσθούν για τις δοκιμασίες αυτές και τέλος ο βαθμός ικανότητας που πρέπει να έχει, προσδιορίζονται με κάθε δυνατή λεπτομέρεια από ειδικές διατάξεις (Κανονισμοί).

3.10 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Επειδή, όπως προηγουμένως αναφέρθηκε, το τσιμέντο έχει την ιδιότητα να πήζει, όταν αναμιχθεί με νερό πρέπει να λαμβάνονται σχολαστικά μέτρα ώστε να αποκλεισθεί κάθε επαφή μαζί τους ώσπου να χρησιμοποιηθεί. Δεν πρέπει επομένως να μένει πολύ χρόνο αποθηκευμένο, γιατί απορροφάει μέρος της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Όταν ο χρόνος της αποθηκεύσεως δεν είναι μεγάλος, οι σβόλοι είναι μαλακοί, τρίβονται εύκολα με τα δάχτυλα και δεν είναι επιβλαβείς, γιατί κατά την ανάμιξη του κονιάματος κονιοποιούνται. Τσιμέντο που περιέχει σκληρούς σβόλους πρέπει να απορρίπτεται ως ακατάλληλο. Η θρόμβωση του τσιμέντου σε συνηθισμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες υγρασίας πραγματοποιείται όταν περάσουν ένας ως και τρεις μήνες από την εξαγωγή του από το εργοστάσιο. Επίσης δεν πρέπει να εκτίθεται σε υπερβολική θερμοκρασία, γιατί το θερμό τσιμέντο γίνεται ταχύπηκτο.

Για τους παραπάνω λόγους το τσιμέντο πρέπει να αποθηκεύεται σε κλειστές αποθήκες, τέλεια προφυλαγμένες από τα βρόχινα ή επιφανειακά νερά και από τις ηλιακές ακτίνες. Οι σάκοι πρέπει να τοποθετούνται σε γραμμές πλάτους δυο σάκων, ώστε να δημιουργούνται διάδρομοι κυκλοφορίας του αέρα για την απομάκρυνση της υγρασίας. Τέλος όλοι οι σάκοι κάθε νέας ποσότητας, που μπαίνει στην αποθήκη θα πρέπει να τοποθετούνται στον ίδιο χώρο. Ένας άλλος τρόπος αποθηκεύσεως είναι να τοποθετείται σε σιλό, που παρέχονται από το εργοστάσιο.

3.11 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Το τσιμέντο χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή κονιαμάτων και σκυροδεμάτων. Αναμειγνυόμενο με άμμο κατά διάφορες αναλογίες και με νερό παρασκευάζονται τα τσιμεντοκονιάματα, ενώ αναμειγνυόμενο με άμμο, σκύρα και νερό παρασκευάζονται τα τσιμεντοσκυροδέματα ή απλούστερα σκυροδέματα. Επίσης χρησιμοποιείται για την ενίσχυση άλλων ασθενέστερων κονιαμάτων όπως είναι τα ασβεστοκονιάματα και τα γυψοκονιάματα. Με βάση τα τσιμεντοκονιάματα και τα σκυροδέματα κατασκευάζεται πλήθος άλλων υλικών που τείνουν να αντικαταστήσουν τους φυσικούς λίθους και τα κεραμικά προϊόντα γιατί

παρουσιάζουν καλύτερες ιδιότητες για δομικές χρήσεις και έχουν χαμηλότερη τιμή. Υλικά αυτού του είδους είναι: τσιμεντόπλινθοι διαφόρων σχημάτων και μεγεθών, τσιμεντόλιθοι, τσιμεντοσωλήνες και άλλα παρόμοια υλικά.

Εκεί όμως που το τσιμέντο δημιούργησε πραγματική επανάσταση στα δομικά υλικά, ήταν η κατασκευή του οπλισμένου σκυροδέματος. Η ισχυρή πρόσφυση του τσιμέντου με το χάλυβα, η προστασία από την οξείδωση που παρέχει σ'αυτόν, η μεγάλη αντοχή σε θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις του σύνθετου σώματος, το χαμηλό κόστος έκαναν το οπλισμένο σκυρόδεμα το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα υλικό. Το οπλισμένο σκυρόδεμα αντικατέστησε το ξύλο στα φέροντα στοιχεία σχεδόν εξ'ολοκλήρου και το χάλυβα εν μέρει.

4. ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ – ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ

Ο όρος λίθινα προϊόντα αναφέρεται σε διάφορα βοηθητικά δομικά υλικά, που προέρχονται από τους φυσικούς λίθους με μηχανικό τεμαχισμό τους.

Τα πιο συνηθισμένα από τα προϊόντα είναι η άμμος, το λιθοσύντριμμα (γαρμπίλι), τα χαλίκια ή σκύρα, το αμμοχάλικο και οι σκόνες (μαρμαρόσκονη).

Τα προϊόντα αυτά χαρακτηρίζονται ως βοηθητικά, γιατί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους για την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου. Πρέπει να αναμιχθούν με ένα πολτό συγκολλητικής ύλης, όπως είναι ο ασβέστης, το τσιμέντο κ.α. Από το μίγμα αυτό προκύπτουν υλικά, όπως θα δούμε παρακάτω κατάλληλα για δόμηση. Κατά την πήξη και τη σκλήρυνση των μιγμάτων αυτών, τα λίθινα προϊόντα δεν συμμετέχουν ενεργώς και γι' αυτό καλούνται συνήθως **αδρανή υλικά**.

Επειδή τα λίθινα προϊόντα παράγονται με μηχανικό τεμαχισμό των λίθων, διατηρούνται σε αυτά όλες οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των λίθων, από τους οποίους προέρχονται. Διαφέρουν από αυτούς μόνο κατά το μέγεθος. Το μέγεθος τους κυμαίνεται από την πολύ λεπτή σκόνη (παιπάλη), ως τα μεγάλα χαλίκια του έρματος των σιδηροδρομικών γραμμών.

Το πρώτο από τα υλικά της κατηγορίας αυτής, που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, είναι το χώμα. Περιέχει λεπτούς κόκκους άμμου, που προήλθαν από την αποσάθρωση των πετρωμάτων, και μια φυσική συγκολλητική ουσία την πηλοκονία.

Πολύ αργότερα άρχισε να συλλέγει λίθινα προϊόντα, που βρίσκονται άφθονα στο περιβάλλον του, όπως π.χ. άμμο και κροκάλες από τις παραλίες ή τους ποταμούς, χαλίκια από τους χείμαρρους κ.α. Με αυτά και με τη βοήθεια συγκολλητικών ουσιών που έβρισκε στην φύση (πηλοκονία) ή που παρασκεύαζε (ασβέστης) κατασκεύασε δομικά υλικά κατάλληλα για συνθετότερες κατασκευές.

Σήμερα τα λίθινα προϊόντα χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση για την κατασκευή διαφόρων δομικών στοιχείων. Η χρήση συγκολλητικών ουσιών υψηλής ποιότητας, όπως είναι το τσιμέντο και η βελτίωση των μεθόδων παρασκευής και ελέγχου του μίγματος έδωσε τεράστια ώθηση στην κατασκευή τεχνητών λίθων ή ολόσωμων στοιχείων από σκυρόδεμα. Αποτέλεσμα της εξελίξεως αυτής ήταν η

ανάπτυξη πραγματικών βιομηχανιών για την παραγωγή των αδρανών από λίθους καθώς τα φυσικά αποθέματα δεν επαρκούσαν για την αυξημένη ζήτηση.

4.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

4.2.1 Ανάλογα με την προέλευση τους

Τα λίθινα προϊόντα κατατάσσονται, ανάλογα με την προέλευση τους, σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Σ' αυτά που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό.
- Σ' αυτά που προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό των λίθων.

Τα πρώτα που λέγονται και **φυσικά αδρανή**, προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό των στερεών πετρωμάτων. Λαμβάνονται απ' ευθείας από το περιβάλλον και ειδικά από ορισμένους τόπους, όπου έχουν συγκεντρωθεί με την ενέργεια φυσικών δυνάμεων (νερού και ανέμου). Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα χωρίς οποιαδήποτε επεξεργασία.

Όσα προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό ονομάζονται **τεχνητά αδρανή**, παράγονται με μηχανική θραύση των λίθων και αποτελούνται από κόκκους διαφόρων μεγεθών.

Η χρησιμοποίηση φυσικών αδρανών περιορίζεται χρόνο με το χρόνο αισθητά οι λόγοι της ελαττώσεως αυτής είναι:

- Εξάντληση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων. Π.χ. στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Αθήνας δεν υπάρχουν αξιόλογα αποθέματα άμμου και χαλικιών. Η μεταφορά τους από μακρινά σημεία αυξάνει δυσανάλογα την τιμή τους.
- Απαγόρευση λήψεως από σημεία κοντά σε κατοικημένες περιοχές, για να αποφεύγεται καταστροφή του τοπίου ή κοντά σε σοβαρά τεχνικά έργα. Στην περιοχή Αθήνας, Θεσσαλονίκης και άλλων πόλεων απαγορεύεται η συλλογή θαλάσσιας άμμου. Επίσης απαγορεύεται λήψη άμμου ή χαλικιών από σημεία κοντά σε αντιπλημμυρικά έργα ποταμών ή χειμάρρων σε γέφυρες, σε φράγματα ή σε άλλα τεχνικά έργα για την αποφυγή καταστροφής τους.
- Ανάγκη βελτιώσεως και τυποποίησης των δομικών υλικών που κατασκευάζονται με βάση τα λίθινα προϊόντα. Η τυποποίηση των φυσικών

αδρανών είναι σχεδόν αδύνατη και η βελτίωση των ιδιοτήτων τους είναι εξαιρετικά αντιοικονομική.

- Η τιμή πωλήσεως. Τα σημεία όπου βρίσκονται τα αποθέματα των φυσικών αδρανών απομακρύνθηκαν από τους τόπους καταναλώσεως. Έτσι αυξήθηκαν σημαντικά οι αποστάσεις μεταφοράς των υλικών αυτών και επειδή είναι βαριά και ογκώδη επιβαρύνεται εξαιρετικά η τιμή τους λόγω αύξησης της δαπάνης μεταφοράς.

4.2.2 Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους

Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους διακρίνουμε τα λίθινα προϊόντα, ανεξάρτητα από την προέλευση τους, σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **Άμμος.** Για να χαρακτηριστεί ένα υλικό άμμος πρέπει οι κόκκοι του να είναι μεγαλύτεροι από 0,25mm και μικρότεροι από 7mm. Ανάλογα με το μέγεθος διακρίνουμε άμμο ψιλή, άμμο χοντρή και ρύζι (με κόκκους μεγέθους ρυζιού). Αδρανές υλικό με μέγεθος κόκκων μικρότερο από 0,25mm ονομάζεται παιπάλη ή άλευρο.
- **Σκύρα ή χαλίκια.** Το μέγεθος των κόκκων τους κυμαίνεται μεταξύ 7mm και 70mm. Χαλίκια συνήθως ονομάζονται τα αδρανή που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό ενώ σκύρα όσα προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό.

Τα υλικά που ανήκουν στις κατηγορίες αυτές διακρίνονται σε μικρότερες υποδιαίρεσεις ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους. Έτσι σύντριμμα ή γαρμπίλι, σκύρα σκυροδέματος, σκύρα οδοστρωσίας είναι μερικές από τις συνηθέστερες ονομασίες των υποδιαίρεσεως αυτών. Το μέγεθος των κόκκων στα λίθινα προϊόντα προσδιορίζεται ως εξής:

- Για τα υλικά με μικρούς κόκκους χρησιμοποιούνται ειδικά κόσκινα, με γνωστή διάμετρο οπής (βροχίδας). Η διάμετρος της οπής από την οποία περνούν οι κόκκοι καθορίζει το μέγεθος τους.
- Για τα υλικά που αποτελούνται από μεγαλύτερα κομμάτια μετριέται το μήκος της μεγαλύτερης διαστάσεως κάθε κομματιού. Οι κανονισμοί των διαφόρων κρατών έχουν καθορίσει ορισμένες σειρές προτύπων κόσκινων και τρόπους μετρήσεως του μεγέθους των κόκκων.

4.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

4.3.1 Φυσικά αδρανή

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως τα διάφορα είδη των λίθινων προϊόντων που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό μπορούν να ληφθούν με απλή συλλογή από διάφορες περιοχές της επιφάνειας της γης όπου έχουν συγκεντρωθεί σε υπολογίσιμες ποσότητες.

Τέτοιες περιοχές είναι κυρίως οι ομαλές ακτές των θαλασσών, οι κοίτες των χειμάρρων και των αποξηραμένων ποταμών καθώς και υπόγειες θέσεις (ορυχεία) όπου έχουν συγκεντρωθεί κατά τους παλαιότερους γεωλογικούς αιώνες.

Η εκμετάλλευση των υλικών αυτών είναι πολύ απλή και δεν προϋποθέτει σοβαρές δαπάνες για εγκαταστάσεις και εξοπλισμό. Χρειάζεται μόνο ή διάνοιξη ενός δρόμου προσπελάσεως για να μπορούν τα μεταφορικά να φθάσουν στο σημείο φορτώσεως και η χρησιμοποίηση ενός μηχανικού φορτωτή εφ' όσον η ποσότητα που θα ληφθεί δικαιολογεί τη σχετική δαπάνη.

Σε σπάνιες περιπτώσεις όταν δηλαδή τα υλικά προορίζονται για έργα που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή μπορεί να εγκατασταθούν μηχανικά κόσκινα, για την ταξινόμηση των υλικών κατά το μέγεθος των κόκκων τους καθώς και μηχανές πλύσεως για τον καθαρισμό τους από επιβλαβείς ουσίες (άλατα, πηλός, οργανικές ουσίες κλπ.)

4.3.2 Τεχνητά αδρανή

Ο τεμαχισμός των λίθων για την απόκτηση των τεχνητών αδρανών γίνεται με μηχανικά μέσα. Ο τεμαχισμός με τα μηχανικά μέσα γίνεται στα λατομεία.

Ο μηχανικός εξοπλισμός που χρειάζεται αποτελείται από σειρά μηχανημάτων και συσκευών. Στο πρώτο μηχάνημα της σειράς ρίχνονται οι μεγάλοι λίθοι, που προέρχονται από την εξόρυξη και από το τελευταίο λαμβάνονται χωριστά τα διάφορα είδη των υλικών, δηλαδή η άμμος, το σύντριμμα και τα σκύρα.

Το πρώτο μηχάνημα είναι ο θραυστήρας, το δεύτερο μηχάνημα είναι το τριβείο, το τρίτο μηχάνημα είναι τα κόσκινα και τέλος τοποθετούνται τα σιλό στα οποία συγκεντρώνονται χωριστά τα κάθε κατηγορίας αδρανή.

Τα διάφορα είδη των αδρανών, που προκύπτουν από τα μηχανήματα που αναφέραμε διαφέρουν μεταξύ τους. Η άμμος π.χ. που προέρχεται από τους

θραυστήρες (άμμος θραυστήρα) είναι κατά κανόνα χονδρόκοκκος σε αντίθεση με την άμμο που προέρχεται από τα τριβεία (άμμος τριβείου) που περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα λεπτών κόκκων.

Με κατάλληλη ανάμιξη άμμου θραυστήρα και άμμου τριβείου μπορούμε να αποκτήσουμε υλικό με άριστη κοκκομετρική σύνθεση για τα υψηλής αντοχής σκυροδέματα.

4.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Όταν παραληφθούν τα αδρανή που προορίζονται για την κατασκευή ενός έργου χρειάζεται να ελεγχθούν οι ιδιότητες τους. Οι ιδιότητες που πρέπει να ελεγχθούν και η έκταση του ελέγχου εξαρτώνται από το είδος του έργου στο οποίο θα χρησιμοποιηθεί κάθε υλικό.

Ο έλεγχος διακρίνεται σε:

Εργοταξιακό, δηλαδή έλεγχο που πραγματοποιείται στον τόπο χρησιμοποιήσεως του υλικού. Εκτελείται με πρόχειρα κυρίως μέσα και σε υλικά που προορίζονται για έργα όχι μεγάλης σπουδαιότητας.

Εργαστηριακό, που γίνεται στο εργαστήριο με αυστηρές επιστημονικές μεθόδους όταν για τα έργα στα οποία θα χρησιμοποιηθούν τα υλικά έχουν σημασία τα χαρακτηριστικά και η ποιότητα των αδρανών.

Ο έλεγχος των λίθινων προϊόντων είτε γίνει στο εργοτάξιο είτε στο εργαστήριο έχει δύο στάδια: Το πρώτο αναφέρεται στη δειγματοληψία και το δεύτερο στον προσδιορισμό των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών των δειγμάτων.

4.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ-ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Τα λίθινα προϊόντα αποτελούν όπως αναφέραμε στα προηγούμενα τη βάση για την κατασκευή πλήθους άλλων υλικών και δομικών στοιχείων για ποικίλες χρήσεις. Γι' αυτό το λόγο οι απαιτήσεις ως προς τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από το που θα χρησιμοποιηθούν. Άλλες απαιτήσεις και προδιαγραφές ισχύουν για την άμμο που προορίζεται για το κτίσιμο τούβλων άλλες για την άμμο που προορίζεται για κοινό σκυρόδεμα και άλλες για την άμμο που θα χρησιμοποιηθεί

για υψηλής αντοχής σκυρόδεμα. Το ίδιο ισχύει και για τα άλλα είδη λίθινων προϊόντων.

4.6 ΕΙΔΗ ΑΔΡΑΝΩΝ-ΧΡΗΣΕΙΣ

Τα κυριότερα είδη κατηγορίας των αδρανών είναι:

Φυσικά αδρανή

- Χαλίκια

Τα φυσικά χαλίκια με μέγεθος 7mm έως 70mm διακρίνονται κυρίως από τις στρογγυλεμένες ακμές τους και τη λεία επιφάνεια τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά οφείλονται στον κυλινδρισμό που έχουν υποστεί κατά την κίνηση τους μέσα στους χείμαρρους. Προέρχονται από κάθε φύσεως πετρώματα και φυσικά έχουν τις ιδιότητες αυτών των πετρωμάτων. Χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα για την κατασκευή σκυροδεμάτων. Περισσότερο χρησιμοποιούνται στην κατασκευή υποδομής των δρόμων. Τα πλατιά χαλίκια (λατύπες) είναι ακατάλληλα για σκυροδέματα λόγω της μικρής συνάφειας που παρουσιάζουν.

- Άμμος

Η φυσική άμμος αποτελείται από κόκκους γωνιώδεις και στρογγυλούς. Βρίσκεται σε αφθονία στις παραλίες των θαλασσών (θαλάσσια), στις κοίτες των ποταμών (ποταμίσια), σε εναποθέσεις μέσα στην γη (ορυκτή). Ανάλογα με τη σύσταση της διακρίνεται σε χαλαζιακή όταν περιέχει μεγάλες ποσότητες χαλαζία, ασβεστολιθική, αργιλική, κ.ο.κ.

Η **χαλαζιακή άμμος** που προέρχεται από παραλίες είναι η πιο κατάλληλη για την κατασκευή δομικών έργων. Είναι σκληρή, γωνιώδης, ανθεκτικοί στους καιρικούς παράγοντες και καθαρή χωρίς ξένες προσμίξεις εκτός από αλάτι.

Η **ποταμίσια άμμος** περιέχει αρκετή ποσότητα αργιλικών υλικών και πρέπει όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε σκυροδέματα να πλυθεί για να αποβάλλει ένα μέρος από τις αργιλικές προσμίξεις. Σε περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί για κοινά ασβεστοκονιάματα δεν χρειάζεται πλύσιμο.

Η **ορυκτή άμμος** περιέχει επίσης ξένες προσμίξεις.

- Αμμοχάλικο

Σε ορισμένες περιοχές υπάρχουν αποθέσεις υλικών με κόκκους που ανήκουν και στα δύο είδη που αναφέραμε. Είναι δηλαδή μίγμα άμμου χαλικιών. Το αμμοχάλικο μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις με πολύ καλά αποτελέσματα στην κατασκευή σκυροδεμάτων. Χρησιμοποιείται επίσης άριστα αποτελέσματα αφού προηγηθεί εργαστηριακή έρευνα στην οδοστρωσία.

- Χώμα

Το χώμα είναι το ανώτερο στρώμα του εδάφους. Μπορεί να θεωρηθεί ως μίγμα χαλαζακής ή ασβεστολιθικής άμμου και λεπτότερων συστατικών αργιλικής κυρίως προελεύσεως. Το επιφανειακό στρώμα του χώματος περιέχει μεγάλες ποσότητες οργανικών ουσιών που προέρχονται κυρίως από τα φυτά. Γι' αυτό είναι ακατάλληλο για την κατασκευή δομικών υλικών.

Τεχνητά αδρανή

Τα λίθινα αυτά υλικά προέρχονται όπως είναι ήδη γνωστό από τη θραύση, με ειδικές μηχανές μεγάλων κομματιών λίθων που εξορύσσονται στα λατομεία.

Τα υλικά του τεχνητού τεμαχισμού έχουν μεγαλύτερη ποικιλία ως προς το μέγεθος των κόκκων, από εκείνα που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό. Επίσης είναι περισσότερο ομοιογενή επειδή προέρχονται από το ίδιο πέτρωμα και οι ακμές τους είναι γωνιώδεις ενώ οι επιφάνειες τους τραχιές γιατί δεν έχουν υποστεί κυλινδρισμό.

Τα κυριότερα είδη είναι:

- Σκύρα (χαλίκια)

Το μέγεθος της μεγαλύτερης διαστάσεως τους πρέπει να κυμαίνεται όπως και στα φυσικά χαλίκια μεταξύ 7mm και 70mm. Προέρχονται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα και σπάνια από πετρώματα άλλου είδους π.χ. γρανιτικά.

Ανάλογα με το έργο στο οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν επιλέγονται σκύρα με ορισμένες ιδιότητες που κατατάσσονται ως εξής:



Σκύρα λατομείου που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του σκυροδέματος

Σκύρα λατομείου. Προορίζονται κυρίως για δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα.

Σκύρα οδοστρωσίας. Τα σκύρα αυτά πρέπει να είναι κυβικής μορφής περίπου και οι διαστάσεις τους να κυμαίνονται μεταξύ 40mm και 70mm.

Έρμα των σιδηροδρομικών γραμμών. Και τα σκύρα αυτά πρέπει να έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα σκύρα οδοστρωσίας και μάλιστα πρέπει να είναι μεγαλύτερη η αντοχή τους στις καιρικές συνθήκες γιατί βρίσκονται τελείως εκτεθειμένα σε αυτές.

- Ψηφίδες

Οι διαστάσεις των ψηφίδων κυμαίνονται από 5mm έως 12mm. Περιέχουν δηλαδή τις κατώτερες διαβαθμίσεις των σκύρων και τις ανώτερες της άμμου. Στο εμπόριο έχουν το όνομα **σύντριμμα** ή **γαρμπίλι**. Ανάλογα με τον προορισμό τους λαμβάνονται από διάφορα είδη λίθων.

- Άμμος

Διακρίνεται ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής της σε:

- Άμμο θραυστήρα.
- Άμμο τριβείου.
- Ειδική άμμο τριβείου.

Επίσης διακρίνεται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων της που κυμαίνεται όπως γνωρίζουμε από 0,25mm έως 7mm σε:

-Χονδρή άμμο με μέγεθος κόκκων από 1mm έως 7mm.

-Ψιλή άμμο με μέγεθος κάτω από 1mm. Στην ψιλή άμμο περιέχεται και ένα ποσοστό σκόνης (παιπάλη).

5.ΧΑΛΥΒΑΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι χάλυβες είναι κράματα σιδήρου και άνθρακα σε αναλογία μέχρι 1,7%. Περιέχουν επίσης και άλλα στοιχεία όπως μαγγάνιο, πυρίτιο, φώσφορο, θείο σε μικρές αναλογίες. Οι χάλυβες αυτοί καλούνται χάλυβες φυσικής σκληρότητας και οφείλουν τις ιδιότητες τους στην αρχική χημική τους σύνθεση.

Από τους χάλυβες φυσικής σκληρότητας παράγονται, με την προσθήκη άλλων μετάλλων (νικέλιο, χρώμιο κλπ.) ή κατόπιν διαφόρων επεξεργασιών, ειδικοί χάλυβες με εξειδικευμένες ιδιότητες που θα αναλυθούν στις επόμενες παραγράφους.

Βάσει ενός άλλου ορισμού, χαρακτηρίζεται ως χάλυβας κάθε είδος σιδήρου που είναι δυνατό να σφυρηλατηθεί χωρίς προηγούμενη κατεργασία.

Οι χάλυβες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

Χάλυβες αναδεύσεως. Παράγονται σε φλογοβόλα καμίνια από χυτοσίδηρο υψικαμίνου. Το υλικό στερεοποιείται σε πρίσματα βάρους 40Kg έως 50Kg τα οποία υποβάλλονται σε σφυρηλάτηση. Οι χάλυβες αυτοί χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια.

Ρευστοπαγείς χάλυβες. Παράγονται και αυτοί από χυτοσίδηρο υψικαμίνου. Προσκομίζεται ρευστός σε ειδικά καμίνια όπου αποβάλλεται όλος ή μέρος του άνθρακα καθώς και διάφορες προσμίξεις οι οποίες κατά κανόνα είναι ανεπιθύμητες. Είναι υλικό εξαιρετικά ανθεκτικό και αποτελεί την πρώτη ύλη για την κατασκευή όλων σχεδόν των σιδηρών δομικών υλικών.

5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Για την παραγωγή του ρευστοπαγούς χάλυβα εφαρμόζονται βασικά τρεις μέθοδοι που χαρακτηρίζονται από το τύπο του καμινιού ή της συσκευής που χρησιμοποιείται:

Μέθοδος Bessemer και Thomas. Λιωμένος χυτοσίδηρος μεταφέρεται σε ειδικά δοχεία που καλούνται μετατροπείς. Οι μετατροπείς αυτοί είναι μεταλλικοί και έχουν εσωτερική πυρίμαχη επένδυση από χαλαζιακό αργιλόλιθο ή βασικό δολομίτη.

Στους μετατροπείς εισάγεται κρύος αέρας και καίγονται ο άνθρακας και οι άλλες προσμίξεις. Σε ειδικές περιπτώσεις εισάγεται οξυγόνο.

Μέθοδος Siemens – Martin. Κατά τη μέθοδο αυτή, που διαφέρει τελείως από την προηγούμενη, δεν χρησιμοποιείται ο λιωμένος χυτοσίδηρος της υψικαμίνου, αλλά μίγμα χυτοσιδήρου γνωστής περιεκτικότητας σε άνθρακα και τεμάχια παλαιού χάλυβα. Στο καμίνι αυτό εισάγεται θερμός αέρας που μπορεί να αναπτύξει πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Μέθοδος ηλεκτρικού καμινιού. Χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη χάλυβας που παρασκευάστηκε με τη μέθοδο Bessemer ή Thomas από τον οποίο έχει αφαιρεθεί τελείως ο άνθρακας. Στο καμίνι αυτό προστίθεται καθαρός άνθρακας συγκεκριμένης ποσότητας καθώς και άλλα μέταλλα. Έτσι αποκτάται χάλυβας με απολύτως καθορισμένες αναλογίες των διαφόρων συστατικών του. Με τη μέθοδο αυτή παράγονται χάλυβες εξαιρετικής ποιότητας.

Με τις αναφερθείσες μεθόδους παράγεται μεγάλο πλήθος χαλύβων με σημαντικές διαφορές στις βασικές ιδιότητες τους. Αυτό επιτυγχάνεται με προσθήκη άνθρακα και άλλων μετάλλων κατά διάφορες αναλογίες. Περαιτέρω βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων γίνεται με ψυχρή κατεργασία διαφόρων χαλύβων όπως π.χ. έλξη, στρέψη κλπ. Επίσης γίνεται η λεγόμενη βαφή για την επιφανειακή σκληρότητα.

5.3 ΕΙΔΗ ΧΑΛΥΒΩΝ

Χρησιμοποιούνται στη δομική πολλά είδη χαλύβων. Από αυτά σημαντικότερα είναι:

Χάλυβες ακατέργαστοι (φυσικής σκληρότητας), των οποίων κύριο συστατικό εκτός του σιδήρου είναι ο άνθρακας σε αναλογία έως 1,7%. Έχουν μεγάλη αντοχή και δεν πρέπει να είναι εύθραυστοι σε ψυχρή ή θερμή κατάσταση. Κατά την δοκιμή αναδιπλώσεως πρέπει να κάμπτονται κατά 180⁰ χωρίς να εμφανίζουν ρωγμές σε εφελκούμενη (εξωτερική) περιοχή.

Χάλυβες κατεργασμένοι. Οι προηγούμενοι χάλυβες μπορεί να υποστούν διάφορες κατεργασίες σε ψυχρή κατάσταση όπως είναι έλξη, στρέψη κλπ. Ή σε θερμή κατάσταση για να βελτιωθούν ορισμένες ιδιότητες και κυρίως η αντοχή τους σε εφελκισμό και η σκληρότητα τους.

Σφυρηλάτοι χάλυβες. Με τη σφυρηλάτηση ή θλίψη του ρευστοπαγούς χάλυβα επιτυγχάνεται μεγάλη αύξηση της αντοχής του.

Ανοξειδωτος χάλυβας. Με προσθήκη χρωμίου σε αναλογία άνω του 12% καθώς και νικελίου, παράγονται χάλυβες που αντέχουν σε ισχυρές διαβρωτικές επιδράσεις. Απόλυτη ανθεκτικότητα στη διάβρωση επιτυγχάνεται με χάλυβα που περιέχει 18% χρώμιο, 10% νικέλιο και 2% έως 3% μολυβδαίνιο.

Ένα άλλο είδος χάλυβα είναι ο **χυτοχάλυβας**. Έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα μέχρι 2%. Τα προϊόντα του παίρνουν τη μορφή τους εάν αυτός χυθεί σε τύπους από άμμο ή πυρίμαχο άργιλο. Χρησιμοποιείται όταν η παραγωγή ορισμένων προϊόντων δεν είναι δυνατή με άλλο τρόπο παρά μόνο με τη χύτευση.

Μια μεγάλη κατηγορία χαλύβων που προέρχονται από τα δύο πρώτα είδη και η οποία ενδιαφέρει τα δομικά έργα είναι οι **δομικοί χάλυβες**. Οι χάλυβες αυτοί χρησιμοποιούνται για ήλους, λεπτά ελάσματα, σωλήνες χωρίς ραφή και κυρίως για την κατασκευή των ράβδων οπλισμού του οπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος.

5.4 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ιδιότητες και παράγοντες που τις επηρεάζουν:

Η σημαντικότερη ιδιότητα των χαλύβων είναι η **αντοχή τους σε εφελκυσμό και θλίψη**. Η ιδιότητα αυτή συντέλεσε περισσότερο από κάθε άλλη, στην τεράστια χρήση και εξάπλωση τους όχι μόνο στα τεχνικά έργα αλλά και σε άλλες επιτεύξεις της τεχνολογίας εν γένει. Αποτελεί συγχρόνως και κριτήριο προσδιορισμού της ποιότητας τους, Η αντοχή αυτή επηρεάζεται από δύο κυρίως παράγοντες: από τη χημική σύσταση τους και από την κατεργασία που υφίστανται μετά την παραλαβή τους από τα καμίνια.

Οι αναλογίες του άνθρακα καθώς και των διαφόρων μετάλλων και κυρίως του μαγγανίου, χρωμίου και μολυβδαίνιου αυξάνουν σημαντικά την αντοχή τους επιτυγχάνεται όταν βρίσκεται σε ψυχρή ή σε θερμή κατάσταση ή σε συνδυασμό και με τις δύο καταστάσεις.

Οι αντοχές των χαλύβων κυμαίνονται μεταξύ των ορίων 34kp/mm^2 και 180kp/mm^2 .

Οι τεχνολογικές ιδιότητες των χαλύβων εξαρτώνται από τη **χημική σύσταση** τους, δηλαδή από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα και σε άλλα μέταλλα και προσμίξεις.

Αντοχή στη θερμότητα. Οι χάλυβες γενικά σε θερμοκρασίες άνω των 450°C χάνουν μεγάλο μέρος της αντοχής τους και υφίστανται μεγάλες επιμηκύνσεις. Στα δύο αυτά αίτια οφείλεται η μειωμένη αντοχή των σιδηρών κατασκευών κατά την διάρκεια πυρκαγιών.

Αντοχή στη διάβρωση. Διάβρωση (σκούριασμα) γενικά καλείται η αλλοίωση της επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου λόγω της επιδράσεως διαφόρων εξωτερικών παραγόντων. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, η ατμοσφαιρική ρύπανση, το νερό, τα αέρια, το έδαφος, οι χημικές ουσίες (βάσεις, οξέα) κ.α.

Η ευπάθεια των μετάλλων στη διάβρωση αποτελεί το σοβαρότερο μειονέκτημα τους. Η διάβρωση προχωρεί σε βάθος και σε ορισμένο χρόνο προκαλεί πλήρη αποσύνθεση του μεταλλικού στοιχείου. Συγχρόνως λόγω της διογκώσεως της διάβρωσης προκαλούνται καταστροφές και σε άλλα υλικά με τα οποία είναι ενσωματωμένο το στοιχείο αυτό όπως το σκυρόδεμα, τα επιχρίσματα κλπ.

Η αντιδιαβρωτική προστασία των μεταλλικών κατασκευών και ιδιαίτερος των σιδηρών, είναι απολύτως αναγκαία. Η προστασία αυτή επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους. Χρησιμοποιούνται μέθοδοι ενεργητικής και παθητικής προστασίας. Στην πρώτη περίπτωση λαμβάνεται πρόνοια εκπονήσεως μιας κατάλληλης μελέτης του έργου και επιλογής των υλικών με σύγχρονη απομάκρυνση εάν είναι δυνατόν ή εξουδετερώσεως των διαβρωτικών ουσιών.

Στη δεύτερη περίπτωση (παθητικής περίπτωσης) χρησιμοποιούνται διάφοροι τρόποι επιμεταλλώσεως. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι είναι:

- Ανόργανες επιμεταλλώσεις με πύρωση, επίστρωση βαρέων μετάλλων κ.α.
- Μεταλλικές επιμεταλλώσεις, όπως εμβάπτηση σε λιωμένο μέταλλο (κασσίτερο, χρώμιο, νικέλιο), γαλβανισμός, επικονίαση χρωμίου και επιμεταλλώσεις με ευγενή μέταλλα όπως χαλκός, άργυρος, ψευδάργυρος, αλουμίνιο.
- Μη μεταλλικές ανόργανες επιμεταλλώσεις με πυριτικά άλατα, με τσιμέντο.

- Μη μεταλλικές οργανικές επιχρίσεις με ασφαλτικά υλικά, με πλαστικές επενδύσεις και ρητινικές επιχρίσεις, χρώματα κ.α.
- Ισχυρότερη προστασία έναντι της διαβρώσεως παρέχουν οι ανοξειδωτοι χάλυβες, οι οποίοι όμως σπανίως χρησιμοποιούνται σε δομικά έργα λόγω της μεγάλης τιμής τους.

5.5 ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

Στα προηγούμενα αναπτύχθηκαν οι τρόποι που παράγονται τα διάφορα είδη των χαλύβων, οι ιδιότητες τους και οι κατεργασίες που χρησιμοποιήθηκαν στις μεταλλουργικές βιομηχανίες για να αποκτήσουν τα είδη αυτά την κατάλληλη χημική σύσταση και τις απαιτούμενες ιδιότητες.

Τα προϊόντα όμως των βιομηχανιών αυτών είναι συμπαγή στερεά σώματα πρισματικού ή κώλορου σχήματος. Το σχήμα αυτό είναι ακατάλληλο για τις εφαρμογές και την κατασκευή των δομικών υλικών. Πρέπει να τροποποιηθεί ώστε τα δομικά υλικά να έχουν εκείνη τη μορφή που η επιστήμη και η εμπειρία έχει καθορίσει ως πλέον κατάλληλη για το μεγάλο πλήθος των εφαρμογών που απαιτούνται από τα τεχνικά έργα.

Η μετατροπή του σχήματος γίνεται στις χαλυβουργικές βιομηχανίες με χρήση κατάλληλων μηχανών και μεθόδων που βασίζονται στις τεχνολογικές ιδιότητες.

Οι κύριες μέθοδοι μορφοποίησεως των χαλύβδινων στοιχείων είναι η έλαση (κυλίνδρωση) και η έλξη (τράβηγμα). Σπανίως χρησιμοποιείται η χύτευση και μόνο για ειδικά τεμάχια όπως εφέδρανα γεφυρών κ.α.

Στην έλαση χρησιμοποιούνται ειδικοί κύλινδροι (έλαστρα) που η επιφάνεια τους διαμορφώνεται έτσι ώστε όταν περάσει ένα έλασμα ή μια ράβδος ανάμεσα σε δύο εν επαφή κυλίνδρους να παίρνει ένα συγκεκριμένο σχήμα, π.χ. μιας τετραγωνικής διατομής ράβδος ή ένα παχύ έλασμα μπορεί ύστερα από διαδοχικές διελεύσεις από τα κατάλληλα έλαστρα να αποκτήσει διατομή, διπλού ταυ I, κύκλου ή γωνίας. Σε έλαστρα με επίπεδη επιφάνεια παράγονται πλάκες και φύλλα. Η μέθοδος της έλξεως, που βασίζεται στην ολκιμότητα του υλικού, χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή τετραγωνικής, ορθογωνικής και πολυγωνικής διατομής ράβδων. Η έλξη γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλων μηχανών.

5.6 ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΤΗΣ ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑΣ

Με τη μέθοδο της ελάσεως και σπανιότερα με τις μεθόδους έλξεως και σφυρηλατήσεως παράγονται από χάλυβα προϊόντα σε μεγάλη ποικιλία και ποιότητα.

Από κοινούς χάλυβες στους οποίους η αντοχή σε θραύση κυμαίνεται μεταξύ 33kr/mm² μέχρι 90kr/mm² παράγονται χωρίς ιδιαίτερη επεξεργασία τα εξής δομικά υλικά:

- Ραβδόμορφοι χάλυβες σκυροδέματος.
- Μορφοχάλυβες.
- Επίπεδα ελάσματα (ταινίες, φύλλα, λεπίδες)
- Χάλυβες κοίλης, τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής.
- Σφυρήλατα εξαρτήματα.

Εμείς θα ασχοληθούμε με τους χάλυβες σκυροδέματος.

5.6.1 Χάλυβες σκυροδέματος

Οι χάλυβες σκυροδέματος ως υλικό θα μπορούσαν να χωρισθούν σε δύο μεγάλες ομάδες.

Στην πρώτη ομάδα θα κατετάσσοντο οι χάλυβες που οφείλουν τις φυσικές ιδιότητες και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους (τάση διαρροής, τάση θραύσεως, μήκυνση θραύσεως, κλπ.) στη «χημεία» του υλικού, στη σύνθεση του κράματος δηλαδή και τις αναλογίες των συστατικών του. Στη δεύτερη ομάδα θα κατετάσσοντο οι χάλυβες που οφείλουν τις ιδιότητες τους σε κάποια κατεργασία (εν θερμώ ή εν ψυχρώ), που δεν επεμβαίνει στο κράμα και τις αναλογίες των συστατικών του.

Ως γενική παρατήρηση θα μπορούσε να σημειωθεί ότι οι κατεργασμένοι χάλυβες πετυχαίνουν τις επιδόσεις ή αποκτούν τις επιθυμητές ιδιότητες τους με φθηνότερο τρόπο (σε σύγκριση με τους χάλυβες «κράματος»), διατρέχουν όμως τον κίνδυνο απώλειας (προσωρινής ή μόνιμης) των βελτιωμένων ιδιοτήτων τους σε ψηλές θερμοκρασίες και άρα παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο και αυξημένη ανάγκη προστασίας έναντι πυρκαγιάς.

Μέχρι πριν από λίγο καιρό, ο πιο γνωστός τρόπος διακρίσεως των χαλύβων σκυροδέματος ήταν (σε συμφωνία με τους Γερμανικούς Κανονισμούς και DIN που ακολούθησε η χώρα μας) ο διαχωρισμός τους στις κατηγορίες St I, St III και St IV.

Οι κατηγορίες St III και St IV (οι «σκληροί» χάλυβες) διακρίνονταν σε υποκατηγορίες.

Σήμερα η ποιότητα, οι διαστάσεις, οι ανοχές και οι λοιπές απαιτήσεις χαρακτηριστικών που πρέπει να ικανοποιούνται από τους χάλυβες του οπλισμού σκυροδέματος που κυκλοφορούν, προδιαγράφονται στα Πρότυπα ΕΛΟΤ-959 «Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος» και ΕΛΟΤ-971 «Συγκολλησιμοί Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος». Σύμφωνα με αυτά καθορίζονται τρεις κατηγορίες χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με βάση την χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής τους (εμφανούς ή συμβατικού για μήκυνση 0,2%), ήτοι οι κατηγορίες S220, S400 και S400s, S500 και S500s, που κάθε μια τους έχει τάση ορίου διαρροής 200Μpa (20.000 kρ/mm²), 400Μpa (40.000kρ/mm²) και 500Μpa (50.000kρ/mm²) αντίστοιχα.

Η ένδειξη s σημαίνει τους συγκολλησίμους χάλυβες. Ο χάλυβας S200 είναι πάντα συγκολλησίμος, γι'αυτό και δεν υπάρχει ιδιαίτερη κατηγορία S220s. Οι λοιποί χάλυβες S400 και S500 είναι επίσης συγκολλησίμοι, αλλά υπό προϋποθέσεις. Ο χάλυβας S400 ή S500 δεν διαφέρει ως προς τις μηχανικές ιδιότητες σε τίποτα άλλο από τον S400s ή αντίστοιχα τον S500s, πλην της συγκολλησιμότητας, υπό την προϋπόθεση του αυτού τρόπου παραγωγής.

Κατά τα πρότυπα ΕΛΟΤ ο λόγος της τάσεως θραύσεως προς την τάση διαρροής που προκύπτει από τη δοκιμή εφελκυσμού, πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,05 ώστε να εξασφαλίζεται κάποια κράτυνση του χάλυβα και να υπάρχει επαρκής προειδοποίηση για την επερχόμενη θραύση. Ο Νέος Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος απαιτεί πλέον να είναι ο λόγος της τάσεως θραύσεως προς την χαρακτηριστική τιμή της τάσεως διαρροής τουλάχιστον 1,10.

Είναι προφανές ότι οι νέες κατηγορίες αντιστοιχούν προς τις παλιές St I, St III, St IV (αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην σύνθεση των κραμάτων και ακόμα μεγαλύτερες στις μεθόδους παραγωγής με επίπτωση κυρίως στην συγκολλησιμότητα). Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος παράγονται σε ράβδους κυκλικής ή πρακτικά κυκλικής διατομής με ένα από τους παρακάτω τρόπους:

- Θερμά έλαση χωρίς παραπέρα κατεργασία (όλοι οι χάλυβες S220, αλλά και μερικοί S400 και S500).
- Θερμή έλαση με άμεση θερμική κατεργασία.

- Ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή όλκηση του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση.

Η μέθοδος παραγωγής επιλέγεται από τον παραγωγό, ο οποίος όμως υποχρεούται να την γνωστοποιήσει στον χρήστη, αν του ζητηθεί. Οι χάλυβες χαρακτηρίζονται πάντως μόνο από τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες, ανεξάρτητα από τη μέθοδο παραγωγής τους.

Ο χάλυβας S220 έχει λεία επιφάνεια, ενώ οι χάλυβες S400, S500 έχουν γενικώς νευρώσεις (εξέχουσες γλυφές, υπάρχουν επίσης και «έγγλυφοι» χάλυβες, σχεδόν άγνωστοι στη χώρα μας) στην επιφάνεια τους, για τη βελτίωση της ικανότητας πρόσφυσης, και είναι συνήθως προϊόν θερμής έλασης ή ψυχρής κατεργασίας. Ο χάλυβας S500 μπορεί να είναι λείος όταν χρησιμοποιείται σε δομικά ηλεκτροσυγκολλημένες ράβδους) χωρίς αυτό να αποκλείει τη χρήση ανάγλυφων ράβδων S500 για την παραγωγή δομικών πλεγμάτων.

Υπενθυμίζεται ότι ο Νέος Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος συνιστά τη χρήση νευροχαλύβων όταν υπάρχει πρόβλημα απομειώσεως της συνάφειας π.χ. λόγω σεισμού.

Όλοι οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:

- Μέτρο ελαστικότητας $E = 2,0 \times 10^5 \text{ Mpa}$
- Μέτρο ολισθήσεως $G = 8,0 \times 10^4 \text{ Mpa}$
- Συντελεστή θερμικής διαστολής $\alpha = 10^{-5} / \text{grad}$
- Πυκνότητα $d = 7,85 \text{ kg/dm}^3$

Στο εμπόριο κυκλοφορεί και **ανοξειδωτος χάλυβας** οπλισμένου σκυροδέματος εισαγωγής, από κράμα σε Cr και Ni με νευρώσεις σε ράβδους και πλέγμα κατηγορίας S500, που ικανοποιεί τα Πρότυπα ΕΛΟΤ. Η συγκόλληση αυτών των χαλύβων είναι δυνατή, απαιτεί όμως ειδικά ηλεκτρόδια, τα περιγραφόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ είναι ακατάλληλα. Ακόμα πιο απαιτητική είναι η συγκόλληση του με άλλους χάλυβες. Η τιμή του ανοξειδωτου χάλυβα είναι περίπου δεκαπλάσια της τιμής του συνήθους και χρησιμοποιείται σε πολύ μικρές ποσότητες, σε περιπτώσεις πολύ διαβρωτικού περιβάλλοντος, θαλάσσιων έργων, συντήρησης-ενίσχυσης μνημείων κλπ.

5.6.2 Σήμανση – Αναγνώριση

Οι χάλυβες με νευρώσεις πρέπει να δείχνουν τη χώρα προέλευσης του προϊόντος, την ποιότητα του χάλυβα και το εργοστάσιο του. Δυστυχώς δεν υπάρχει ακόμα διεθνής προδιαγραφή σήμανσεως (εκτός μόνο για τη χώρα προέλευσης και το εργοστάσιο παραγωγής) κοινή για όλους τους παραγωγούς, αν και φαίνεται να βρισκόμαστε αρκετά κοντά σε μια τέτοια φάση (ENV 10080 της TC 19 – Apr. 1995). Έτσι προς το παρόν τουλάχιστον, κάθε παραγωγός εφαρμόζει τον δικό του τρόπο σήμανσεως και διακρίσεως των προϊόντων του από τους άλλους, τουλάχιστον ως προς την ποιότητα και την συγκολλησιμότητα. Μερικές φορές μάλιστα ο παραγωγός τροποποιεί κατά την κρίση του τη δική του σήμανση, έτσι αν θέλει κανείς να είναι ασφαλώς ενήμερος πρέπει να έρθει σε επαφή με το εργοστάσιο ή με την αρμόδια Υπηρεσία του ΚΕΔΕ ή με τον ΕΛΟΤ.

Η σήμανση γίνεται με τις γλυφές που δημιουργούνται στην επιφάνεια των ράβδων, όπως στο παρακάτω σκαρίφημα. Εδώ και 30 σχεδόν χρόνια, σύμφωνα με τη EURONORM 80-69, γίνεται χρήση τριών ομάδων πλαγιών νευρώσεων Α, Β και C που χωρίζονται μεταξύ τους με μια παχύτερη νεύρωση και επαναλαμβάνονται ανά διαστήματα σε όλο το μήκος της ράβδου, περίπου ανά μέτρο μήκους. Σήμερα ύστερα από τη EURONORM 80-85 και κατά το ENV 10080, η ομάδα Α (δύο συνεχόμενες παχιές νευρώσεις) δείχνει μόνο την έναρξη της σήμανσης και την κατεύθυνση ανάγνωσης, η ομάδα Β τη χώρα προέλευσης και η ομάδα C το εργοστάσιο παραγωγής.

Κατά το ENV 10080 η σήμανση της χώρας προέλευσης (ομάδα Β), για τις ευρωπαϊκές χώρες που ο χάλυβας τους χρησιμοποιείται συνηθέστερα στην Ελλάδα είναι η παρακάτω:

Αυστρία – Γερμανία:	1 γραμμή	\\
Βέλγιο – Ολλανδία – Λουξεμβούργο – Ελβετία:	2 γραμμές	\\\
Γαλλία:	3 γραμμές	\\\
Ιταλία:	4 γραμμές	\\\\
Βρετανία – Ιρλανδία – Ισλανδία:	5 γραμμές	\\\\\
Δανία – Σουηδία – Νορβηγία – Φιλανδία:	6 γραμμές	\\\\\\
Ισπανία – Πορτογαλία:	7 γραμμές	\\\\\\
Ελλάδα:	8 γραμμές	\\\\\\
Άλλες χώρες:	9 γραμμές	\\\\\\

Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι στην Ευρώπη εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και η EURONORM 80-85, που έχει κάποιες διαφορές με την προηγούμενη σήμανση εκ των οποίων θα αναφερθεί η χαρακτηριστικότερη για εμάς: με 8 γραμμές σημαίνεται η Ελλάδα και η Τουρκία. Στο ISO 6935-2: 1991 με 8 γραμμές σημαίνονται η Ελλάδα, η Τουρκία και η Τσεχοσλοβακία.

Τα εργοστάσια παραγωγής έχουν σε κάθε χώρα ένα κωδικό αριθμό. Αν ο αριθμός αυτός είναι σχετικά μικρός (έστω και λίγο μεγαλύτερος του 10), σημειώνεται με ίσο αριθμό πλαγίων νευρώσεων στην ομάδα C. Αν είναι αρκετά ή πολύ μεγάλος (π.χ. 38 ή 114) τότε η ομάδα υποδιαιρείται εσωτερικά, με παχύτερες νευρώσεις, σε υποομάδες που ο αριθμός νευρώσεων κάθε μίας τους δίνει το αντίστοιχο ψηφίο του κωδικού. Τα πολλαπλάσια του 10 αποφεύγονται ως κωδικοί εργοστασίου. Μονάδες παραγωγής διαφορετικών χωρών, που έχουν κοινή σήμανση για τη χώρα προέλευσης, έχουν υποχρεωτικά διαφορετική σήμανση μονάδας παραγωγής.

ονομαστικής διαμέτρου. Μερικές φορές όμως η φθορά των ράουλων των ελάστρων ευθύνεται για ουσιαστική μείωση αυτού του ύψους, μέχρι σημείου (στις ακραίες περιπτώσεις) να αναρωτιέται κανείς αν ο χάλυβας είναι ανάγλυφος ή λείος.

6.ΝΕΡΟ

Το νερό αναμίξεως και συντηρήσεως πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 345. Θαλασσινό νερό δεν θα χρησιμοποιείται για παρασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, εκτός αν αυτό καθίσταται αναπόφευκτο από την έλλειψη καταλλήλου νερού και επιτρέπεται από τη φύση του έργου. Η χρήση του θαλασσινού νερού θα πρέπει να προβλέπεται από τη Σύμβαση του έργου η οποία απαραίτητα θα περιγράφει τα αναγκαία πρόσθετα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν σε τέτοιες περιπτώσεις (π.χ. χρήση ειδικών χαλύβων, είδος τσιμέντου κλπ.). Η σύμφωνα με τα παραπάνω χρήση του θαλασσινού νερού θα εγκρίνεται από την αρμόδια ελέγχουσα Δημόσια Αρχή. Επίσης απαγορεύεται η χρησιμοποίηση θαλασσινού νερού για την Παρασκευή προεντεταμένου σκυροδέματος. Θαλασσινό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή φέροντος άοπλου σκυροδέματος μόνο εφόσον η απαιτούμενη αντοχή αυξηθεί κατά 15%.

7. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι (ή και έμμεσες μέθοδοι) είναι μέθοδοι έμμεσου προσδιορισμού της αντοχής του σκυροδέματος μιας κατασκευής. Με τις μεθόδους αυτές δεν μετريέται άμεσα η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, αλλά ένα άλλο χαρακτηριστικό του σκυροδέματος το οποίο σχετίζεται έμμεσα με την θλιπτική αντοχή. Ο έμμεσος αυτός προσδιορισμός της αντοχής του σκυροδέματος κρίνεται αναγκαίος στις περιπτώσεις κατά τις οποίες θέλουμε:

- Να εξετάσουμε την ομοιογένεια της αντοχής του σκυροδέματος σε μια κατασκευή.
- Να παρακολουθήσουμε την ανάπτυξη της αντοχής με την πάροδο του χρόνου (προκατασκευή, αφαίρεση ξυλότυπων, κλπ.).
- Να προσδιορίσουμε την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος επί τόπου του έργου.

Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περισσότερο στον Ελλαδικό χώρο είναι: το κρουσίμετρο (R), οι υπέρηχοι (V) και η εξόλκευση ήλου (H). Οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι είναι οικονομικές, εύκολες στην χρήση αλλά η αξιοπιστία τους εξαρτάται από το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Έτσι αν πρόκειται να ελέγξουμε την ομοιογένεια ή την εξέλιξη της αντοχής του σκυροδέματος οι έμμεσες μη καταστρεφικές μέθοδοι δίνουν σχετικώς καλά αποτελέσματα, στις περιπτώσεις όμως κατά τις οποίες επιδιώκεται ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής τους σκυροδέματος τα αποτελέσματα είναι λιγότερο αξιόπιστα. Στις περιπτώσεις αυτές, οι έμμεσες μέθοδοι πρέπει να συνδυάζονται με πυρηνοληψίες και αντίστοιχη βαθμονόμηση των ερμηνευτικών καμπυλών.

7.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

7.1.1 Εφαρμογές

Η μη καταστρεπτική μέθοδος των υπέρηχων έχει τις εξής επιπλέον εφαρμογές:

- Διαπίστωση της ομοιομορφίας του σκυροδέματος της κατασκευής.
- Εξέταση της ύπαρξης ρωγμών, πόρων ή άλλων ανωμαλιών στο εσωτερικό της μάζας του σκυροδέματος.

- Μέτρηση των αλλαγών που παρατηρούνται με την πάροδο του χρόνου στις ιδιότητες του σκυροδέματος των κατασκευών.
- Υπολογισμός του μέτρου ελαστικότητας και της σταθεράς Poisson του σκυροδέματος.

7.1.2 Βασικές αρχές

Η συσκευή των υπέρηχων αποτελείται από μια γεννήτρια παραγωγής υπερηχητικών κυμάτων, από δύο κρυστάλλους (έναν πομπό και ένα δέκτη) και από ένα μετρητή του χρόνου που χρειάζεται ο υπέρηχος για να διανύσει το προς εξέταση δοκίμιο σκυροδέματος. Αν το πάχος του δοκιμίου είναι ίσο με L , ο χρόνος που χρειάστηκε το υπερηχητικό κύμα για να διανύσει T , τότε η ταχύτητα των υπέρηχων V (συνήθως σε km/sec) δίνεται από τον τύπο: $V = L/T$. Μετρήσεις με τη μέθοδο των υπέρηχων μπορούν να γίνουν με τρεις τρόπους. Ο πρώτος είναι τοποθετώντας τους δύο κρυστάλλους σε δύο αντικριστές πλευρές του προς εξέταση δοκιμίου (direct transmission), ο δεύτερος τοποθετώντας τους σε δύο κάθετες μεταξύ τους πλευρές (semi-direct transmission), ενώ στον τρίτο οι κρύσταλλοι τοποθετούνται στη μοναδική προσιτή πλευρά του δομικού στοιχείου (indirect or surface transmission). Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό ο πρώτος τρόπος μετρήσεως της ταχύτητας των υπέρηχων είναι περισσότερο ακριβής, επειδή με την τοποθέτηση των κρυστάλλων αντικριστά επιτυγχάνεται η μεταφορά της μέγιστης ενέργειας από το πομπό στο δέκτη, ενώ ταυτόχρονα η μέτρηση του, διανυόμενου από το υπερηχητικό κύμα, μήκους του δομικού στοιχείου γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια. Η ακρίβεια των μετρήσεων με το δεύτερο τρόπο παρουσιάζεται μειωμένη, καθώς είναι δύσκολο να προσδιοριστεί επακριβώς η πορεία που διατρέχει το ηχητικό κύμα μέσα στην μάζα του σκυροδέματος και άρα δύσκολο να μετρηθεί το μήκος L . Για την απλούστευση των ενεργειών μας θεωρείται ότι το μήκος L που διανύει το κύμα είναι ίσο με την απόσταση μεταξύ των κέντρων των δύο κρυστάλλων. Ο τρίτος τρόπος χρησιμοποιείται όταν είναι προσιτή η μία μόνο πλευρά του προς εξέταση δοκιμίου ή όταν αναζητείται το βάθος μιας επιφανειακής ρωγμής ή τέλος όταν υπάρχουν υποψίες για διαφοροποίηση της ποιότητας του σκυροδέματος από την επιφάνεια προς το κέντρο του στοιχείου.

7.1.3 Χρήση λιπαντικών ουσιών

Για να είμαστε σίγουροι ότι τα υπερηχητικά κύματα, που διοχετεύονται από το κρύσταλλο πομπό, περνούν στο σύνολο τους μέσα στη μάζα του σκυροδέματος, τοποθετούμε μεταξύ των κρυστάλλων και του σκυροδέματος μια λιπαντική ουσία, η οποία καλύπτει τις ατέλειες της εξωτερικής επιφάνειας του στοιχείου. Η λιπαντική ουσία, η οποία μπορεί να είναι γράσο ή γενικά κάποιο παράγωγο του πετρελαίου, πρέπει να τοποθετείται σε μικρή ποσότητα, γιατί διαφορετικά προκαλεί αθέλητες διαφοροποιήσεις στη μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων. Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στο γεγονός ότι η ταχύτητα διαδόσεως των υπερήχων είναι διαφορετική στο σκυρόδεμα απ' ό,τι στην χρησιμοποιούμενη λιπαντική ουσία. Παράλληλα με τη χρήση των ανωτέρω λιπαντικών ουσιών, κατά τη διάρκεια της δοκιμής, για να επιτύχουμε τη μέτρηση του σωστού χρόνου διαδόσεως των υπερηχητικών κυμάτων, θα πρέπει οι κρύσταλλοι να πιέζονται με μεγάλη δύναμη πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Στην περίπτωση που οι εξωτερικές επιφάνειες του σκυροδέματος είναι πολύ ανώμαλες θα πρέπει πριν την τοποθέτηση της λιπαντικής ουσίας να γίνεται επιπέδωση των επιφανειών με τη χρήση ηλεκτρικού περιστροφικού σμυριδόπανου.

7.1.4 Βαθμονόμηση

Πριν από κάθε μέτρηση της ταχύτητας των υπερήχων πρέπει να ελέγχεται η ένδειξη του οργάνου. Για άμεση επαφή των δύο κρυστάλλων η ένδειξη πρέπει να είναι μηδέν, ενώ αν χρησιμοποιείται όργανο βαθμονομήσεως πρέπει να είναι τόση όση δίνεται πάνω στην ράβδο του οργάνου. Η ακρίβεια πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ $\pm 1\%$ κατά ISO ή $\pm 2\%$ κατά ASTM.

7.1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων Υγρασία

Όταν στο δοκιμαζόμενο στοιχείο το ποσοστό υγρασίας είναι υψηλό παρατηρείται μια αύξηση της μετρούμενης ταχύτητας των υπερήχων. Συνίσταται η χρήση των διορθωτικών συντελεστών που φαίνονται παρακάτω.

Συντήρηση σκυροδέματος	Διορθωτικός συντελεστής (πολλαπλασιάζεται η μετρηθείσα ταχύτητα)
Σε ξηρό αέρα	1,03
Συμβατική	1,00
Στο νερό	0,97

Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι δυνατή η χρήση ενδιάμεσων τιμών, κατ' εκτίμηση του βαθμού ξηράνσεως ή του βαθμού κορεσμού της υπό έλεγχο μάζας σκυροδέματος.

Θερμοκρασία του σκυροδέματος

Έχει παρατηρηθεί μέσα από μία σειρά πειραμάτων ότι όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από +5⁰C έως +30⁰C δεν παρατηρείται καμία σημαντική διαφοροποίηση στη μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από +5⁰C ή υψηλότερη από +30⁰C, τότε διαπιστώνονται σημαντικές μεταβολές στην ταχύτητα των υπερήχων, για σκυροδέματα συντηρημένα τόσο σε ξηρές, όσο και σε υγρές συνθήκες. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι διορθωτικοί συντελεστές, με τους οποίους προσαυξάνεται (ή μειώνεται) η μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων, όταν η θερμοκρασία βρίσκεται εκτός του διαστήματος από +5⁰C έως +30⁰C.

Θερμοκρασία	Διόρθωση της μετρούμενης ταχύτητας των υπερήχων	
	Ξηρές συνθήκες	Υγρές συνθήκες
°C	%	%
60	+5,0	+4,0
40	+2,0	+1,7
20	±0,0	±0,0
0	-0,5	-1,0
-4	-1,5	-7,5

Επίδραση της θερμοκρασίας σκυροδέματος στην ταχύτητα των υπερήχων

Για θερμοκρασίες μεταξύ των τιμών που δίνονται στον παραπάνω πίνακα μπορεί να γίνεται γραμμική παρεμβολή για τον προσδιορισμό του σωστού διορθωτικού συντελεστή. Η μείωση που παρατηρείται στην ταχύτητα των υπερήχων στις θερμοκρασίες 40°C και 60°C είναι πιθανό να προέρχεται από τις εσωτερικές μικρορηγματώσεις που σημειώνονται στη μάζα του σκυροδέματος σ' αυτές τις θερμοκρασίες. Επειδή δεν υπάρχει αντίστοιχη μείωση και στην αντοχή του σκυροδέματος, οι συντελεστές του πίνακα βοηθούν στη σωστή συσχέτιση της ταχύτητας των υπερήχων με την αντοχή του σκυροδέματος της κατασκευής. Αντίθετα η αύξηση της ταχύτητας των υπερήχων σε θερμοκρασίες μικρότερες των -4°C οφείλεται στη μετατροπή του νερού των πόρων σε πάγο.

Μήκος διαδρομής (path length)

Δίνεται ότι το ελάχιστο μήκος διαδρομής πρέπει να είναι ίσο με 100mm για σκυροδέματα με μέγιστο κόκκο αδρανούς 20mm και 40mm. Στα ISO αναφέρεται ότι το ελάχιστο μήκος διαδρομής θα πρέπει να είναι πενταπλάσιο του μέγιστου κόκκου

αδρανών και σε καμία περίπτωση μικρότερο των 150mm. Είναι όμως δυνατό, όπως αναφέρεται στα ASTM το μήκος διαδρομής να κυμαίνεται από 50mm έως 15m. Το ανώτερο όριο του μήκους διαδρομής εξαρτάται από την κατάσταση της εξωτερικής επιφανείας του στοιχείου, όπως επίσης και από χαρακτηριστικά του σκυροδέματος, από το οποίο είναι κατασκευασμένο. Πρέπει να τονιστεί ότι για μεγάλα μήκη απαιτούνται συχνότητες της τάξεως των 20kHz, ενώ αντίθετα για μικρά μήκη οι συχνότητες μπορούν να φθάσουν και τα 200kHz. Ο παρακάτω πίνακας δίνεται για την επιλογή της συχνότητας ανάλογα με το μήκος διαδρομής.

Μήκος διαδρομής (mm)	Συχνότητα (kHz)	Ελάχιστη εγκάρσια απόσταση (mm)
100~700	>60	70
200~1500	>40	150
>1500	>20	300

Απαιτούμενη συχνότητα οργάνου συναρτήσει του μήκους διαδρομής των υπερήχων

Σχήμα και διαστάσεις δοκιμίου

Η ταχύτητα των υπερήχων δεν εξαρτάται από το σχήμα και τις διαστάσεις των δοκιμαζόμενων στοιχείων, εκτός και αν η διάσταση είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη. Όταν η διάσταση του δοκιμίου είναι μικρή τότε έχουμε μια μείωση και στην ταχύτητα των υπερήχων. Η μείωση αυτή εξαρτάται κυρίως από το λόγο του μήκους κύματος προς την ελάχιστη του δοκιμίου συναρτήσει της συχνότητας του οργάνου και της ταχύτητας των υπερήχων.

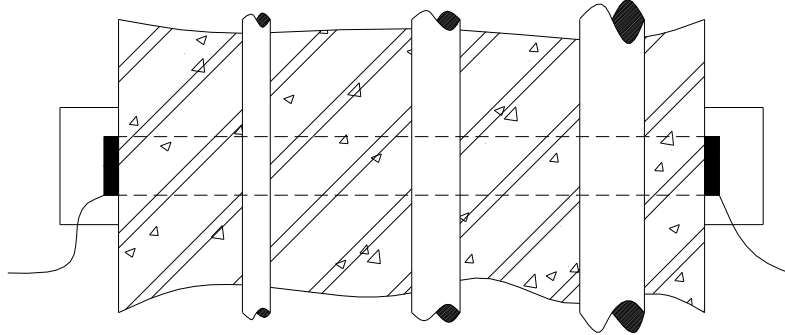
Συχνότητα (kHz)	Ελάχιστη επιτρεπόμενη διάσταση δοκιμίου (mm)		
	Ταχύτητα υπερήχων (km/sec)		
	3,5	4,0	4,5
24	146	167	188
54	65	74	83
82	43	49	55
150	23	27	30

Ελάχιστη διάσταση δοκιμίου συναρτήσει της συχνότητας του οργάνου

Ράβδοι οπλισμού

Η μετρούμενη ταχύτητα των υπερήχων, στις περιοχές των δομικών στοιχείων που περιέχουν ράβδους οπλισμού είναι συνήθως υψηλότερη σε σχέση με την ταχύτητα που μετράται σε περιοχές ελεύθερες από οπλισμό. Η αύξηση αυτή δικαιολογείται από το γεγονός ότι στον χάλυβα η ταχύτητα των υπερήχων είναι από 1,2 έως 2 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα στο σκυρόδεμα. Η παρατηρούμενη αύξηση εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των ράβδων οπλισμού, τη διάμετρο τους και την απόσταση του κέντρου των κρυστάλλων από το διαμήκη άξονα των ράβδων. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση της ταχύτητας των υπερήχων είναι ακόμη η συχνότητα των υπερήχων και η κατάσταση της εξωτερικής επιφάνειας των ράβδων του οπλισμού. Επιγραμματικά μπορεί να αναφερθεί, ότι το σύνολο των ερευνητών συνιστούν να αποφεύγονται να γίνονται μετρήσεις σε περιοχές με υψηλό ποσοστό οπλισμού και κυρίως παράλληλα προς αυτούς. Όταν όμως τέτοιες μετρήσεις είναι επιβεβλημένες τότε τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα πρέπει να διορθώνονται σύμφωνα με τις κατωτέρω προτεινόμενες διαδικασίες.

α) Οι άξονες των οπλισμών κάθετοι προς τη διεύθυνση διαδόσεως των



υπερηχητικών κυμάτων. Έστω ότι στο στοιχείο που εξετάζουμε υπάρχουν n διαφορετικές ράβδοι οπλισμού με διαμέτρους $\Phi_i (i=1 \dots n)$. Η σχέση μέσω της οποίας γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις των υπολογισμών μας είναι η εξής:

$$V_c/V = (1 - L_s/L) / [1 - L_s \times V / (L \times V_s)]$$

V : η ταχύτητα των υπέρηχων στο οπλισμένο σκυρόδεμα (η ταχύτητα που μετράμε).

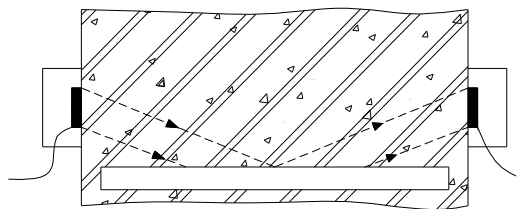
V_c : η ταχύτητα των υπέρηχων στο καθαρό σκυρόδεμα.

V_s : η ταχύτητα των υπέρηχων στο χάλυβα από 5,2 km/sec έως 6 km/sec.

L : το πάχος του στοιχείου που εξετάζουμε.

L_s : Σφί το μήκος της διαδρομής μέσα από τους χάλυβες.

β) Οι άξονες των οπλισμών παράλληλοι προς τη διεύθυνση διαδόσεως των

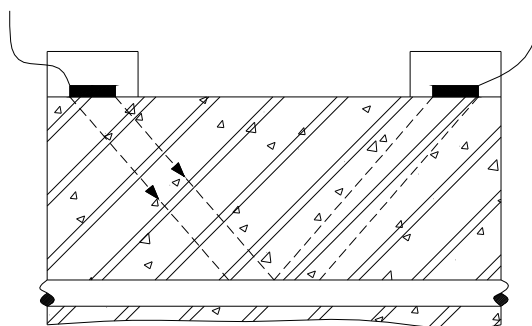


υπερηχητικών κυμάτων. Ο διορθωτικός συντελεστής εξαρτάται: α) από την απόσταση μεταξύ του άξονα διαδρομής του κύματος και την ράβδο οπλισμού, καθώς

και β) από την ταχύτητα των υπερήχων στο καθαρό από οπλισμούς σκυρόδεμα. Η ταχύτητα διαδόσεως των υπερήχων στο σκυρόδεμα V_c δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{V_c}{V} = \frac{V_c}{V_s} + 2 \times \frac{a}{L} \times \sqrt{1 - \left(\frac{V_c}{V_s}\right)^2}$$

για $4\{a/L\}^2 < (V_s - V_c)/(V_s + V_c)$



V : η ταχύτητα των υπερήχων στο οπλισμένο σκυρόδεμα (η ταχύτητα που μετράμε).

V_c : η ταχύτητα των υπερήχων στο καθαρό σκυρόδεμα.

V_s : η ταχύτητα των υπερήχων στο χάλυβα (σε km/sec).

a : η απόσταση μεταξύ της ράβδου οπλισμού και του πλησιέστερου κρυστάλλου (σε mm).

T : ο χρόνος διαδόσεως των υπερήχων (sec).

L : το μήκος διαδρομής (path length).

Η επίδραση των οπλισμών μηδενίζεται όταν

$$4\{a/L\}^2 > (V_s - V_c)/(V_s + V_c)$$

και η ανωτέρω σχέση παύει να ισχύει. Ο λόγος a/L έχει μέγιστο όριο περίπου το 0,25 για σκυροδέματα χαμηλής ποιότητας και οπλισμούς με διάμετρο αρκετή μεγάλη. Αντίθετα για σκυροδέματα υψηλής ποιότητας που περιέχουν ράβδους οπλισμού με διάμετρο μικρότερη ίση των 12mm ο λόγος a/L παίρνει το ελάχιστο όριο που είναι περίπου 0,15. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές του διορθωτικού συντελεστή, για διάφορες τιμές των λόγων V_c/V_s και a/L .

a/L	Πραγματική ταχύτητα υπερήχων στο σκυρόδεμα/ Μετρούμενη ταχύτητα υπερήχων =Vc/V			
	Vc/Vs =0,90	Vc/Vs =0,80	Vc/Vs =0,71	Vc/Vs =0,60
0	0,90	0,80	0,71	0,60
1/20	0,94	0,86	0,78	0,68
1/15	0,96	0,88	0,80	0,71
1/10	0,99	0,92	0,85	0,76
1/7	1,00	0,97	0,91	0,83
1/5	1,00	1,00	0,99	0,92
1/4	1,00	1,00	1,00	1,00

Διορθωτικοί συντελεστές της ταχύτητας των υπερήχων παρουσία οπλισμών

7.1.6 Εξέταση της ύπαρξης ατελειών στην μάζα του σκυροδέματος

Η μέθοδος των υπερήχων, εκτός από την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος βοηθάει ακόμη στον προσδιορισμό της ύπαρξης και του μεγέθους κατασκευαστικών σφαλμάτων, ρωγμών και κενών μέσα στην μάζα του σκυροδέματος. Η ύπαρξη ενός τέτοιου κενού μπορεί να διαπιστωθεί μόνο όταν η προβολή του κατά μήκος της διαδρομής των υπερήχων είναι μεγαλύτερη από το πλάτος των ακροδεκτών (κρυστάλλων) και από το μήκος κύματος των υπερήχων. Στην περίπτωση αυτή, οι παλμοί διανύουν μεγαλύτερο μήκος κι έτσι ο χρόνος διαδόσεως του υπερηχητικού κύματος παρουσιάζεται σημαντικά αυξημένος σε σχέση με τον χρόνο διαδόσεως σε γειτονικές θέσεις χωρίς ρωγμές και κενά. Απαραίτητη προϋπόθεση για να είναι οι μετρηθέντες χρόνοι συγκρίσιμοι, είναι η ομοιογένεια του σκυροδέματος του εξεταζόμενου στοιχείου. Η εκτίμηση του βάθους μιας επιφανειακής ρωγμής κάθετης στην επιφάνεια, μπορεί να γίνει τοποθετώντας τους κρυστάλλους όπως φαίνεται στο σχήμα.

Δίνουμε στο y τις τιμές 150mm και 300mm και μετράμε τους χρόνους διαδόσεως των υπερήχων t_1 και t_2 . Χρησιμοποιώντας αυτές τις τιμές υπολογίζουμε το βάθος της ρωγμής C (σε mm) ως εξής:

$$(C/150) \times 2 = [4t_1^2 - t_2^2] / [t_2^2 - t_1^2]$$

όπου:

t1: ο χρόνος διαδόσεως για $y = 150\text{mm}$

t2: ο χρόνος διαδόσεως για $y = 300\text{mm}$

Πρέπει να σημειωθεί ότι προϋπόθεση για την ισχύ της ανωτέρω σχέσεως είναι η ομοιογένεια του σκυροδέματος του δομικού στοιχείου.

7.1.7 Εντατική κατάσταση

Για την επίδραση της εντατικής καταστάσεως στην ταχύτητα διαδόσεως των υπερήχων οι Poronics αναφέρουν ότι η ταχύτητα των υπερήχων αυξάνει ελαφρά όταν το σκυρόδεμα φορτίζεται προοδευτικά, αλλά μειώνεται απότομα όταν η εξωτερική τάση γίνει ίση με το 70% της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Το φαινόμενο αυτό δικαιολογείται απ' το γεγονός ότι όσο η τάση αυξάνεται προοδευτικά τόσο τα μικροκενά στη μάζα του σκυροδέματος καλύπτονται, με αποτέλεσμα να έχουμε μικρότερους χρόνους διαδόσεως των υπερήχων.

Αντίθετα όταν η τάση είναι μεγάλη και εφαρμοσθεί απότομα, τότε δημιουργούνται ρωγμές στην μάζα του σκυροδέματος, με συνέπεια να έχουμε αύξηση του χρόνου διαδόσεως των υπερηχητικών κυμάτων. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι αναγκαίες διορθώσεις που πρέπει να γίνονται για κάθε περίπτωση. Οι τιμές που παρατίθενται πρέπει να προστίθενται στις μετρούμενες ταχύτητες.

Σκυρόδεμα	σ/f_c	Κύκλος φορτίσεως	$\Delta V/V$
Πρωτοφορτιζόμενο	0,0-0,4	1ος	0
	0,4-0,6		$0,06 \times \sigma/f_c$
	0,6-0,8		$\{0,04 + 0,2[(\sigma/f_c) - 0,6]\}$
Προφορτισθέν και πλήρως αποφορτισθέν	0,0-0,5	2ος	4%
		3ος	6%
		4ος	8%

Διόρθωση της ταχύτητας των υπερήχων συναρτήσει της εντατικής καταστάσεως

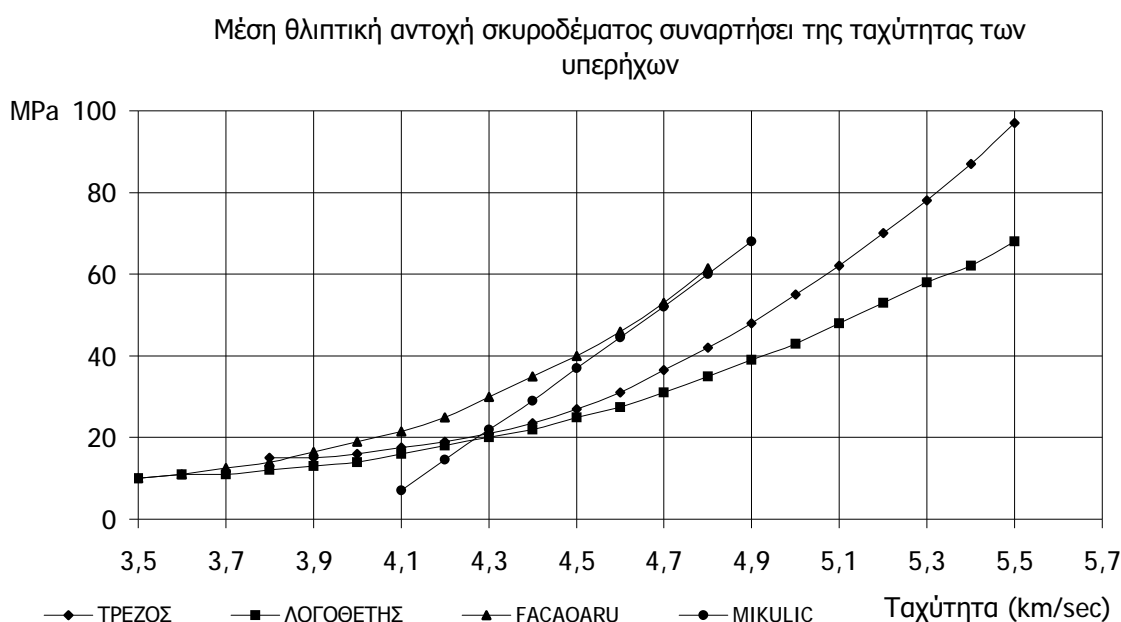
7.1.8 Μέθοδος συσχετίσεως αντοχής συμβατικών δοκιμίων και ταχύτητας υπερήχων

Τα δοκίμια που θα χρησιμοποιηθούν (κυβικά η κυλινδρικά) πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μεγάλα, ούτως ώστε να εξαφανιστεί η επίδραση του μεγέθους από τα

αποτελέσματα. Κύβιοι 15cm ή μεγαλύτεροι πρέπει να προτιμώνται. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δοκίμια με ξηρές επιφάνειες. Σε περίπτωση που έχουν συντηρηθεί σε υγρές συνθήκες θα πρέπει να μεταφέρονται για 2 ημέρες πριν την δοκιμή σε συνθήκες εργαστηρίου. Σε κάθε κυβικό δοκίμιο πρέπει να γίνονται δύο μετρήσεις σε δύο κάθετες διευθύνσεις και λαμβάνεται ο μέσος όρος (Προσοχή απαιτείται στον καλό καθαρισμό των επιφανειών του σκυροδέματος από την λιπαντική ουσία, διότι διαφορετικά θα μειωθούν οι τριβές μεταξύ πλακών επιβολής του φορτίου και επιφανειών σκυροδέματος, με αποτέλεσμα να προκύψουν μικρότερες αντοχές σκυροδέματος). Στα αποτελέσματα προσαρμόζεται συνήθως, με παλινδρόμηση, παραβολική σχέση της μορφής:

$$f_c = a \times V^2 + b \times V + C$$

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται συγκριτικά διάφορες προτεινόμενες καμπύλες που συσχετίζουν την ταχύτητα των υπερήχων με τη μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Πάντως σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά: το διάστημα εμπιστοσύνης 90% εκτείνεται $\pm 0,25 f_{cm}$



7.2 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ

Η μέθοδος του κρουσιμέτρου είναι μία μη καταστρεπτική μέθοδος μετρήσεως της αντοχής του σκυροδέματος, η οποία βασίζεται στην επιφανειακή σκληρότητα των δομικών στοιχείων που εξετάζονται. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μέθοδο αυτή, οι αναγκαίες μετρήσεις που πρέπει να γίνονται για την κάθε θέση δοκιμής, καθώς και τρόποι συσχέτισεως της συμβατικής αντοχής του σκυροδέματος με τις ενδείξεις του κρουσιμέτρου αναφέρονται στην συνέχεια. Με τη μέθοδο αυτή εξετάζεται η ποιότητα του σκυροδέματος της εξωτερικής επιφάνειας των κατασκευών και σε βάθος έως 30mm. Η μέθοδος του κρουσιμέτρου μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα για την αντοχή ενός δομικού στοιχείου μόνο όταν συνδυασθεί και με άλλες μεθόδους. Στα ASTM προτείνεται ο συνδυασμός της μεθόδου του κρουσιμέτρου με την ημικαταστρεπτική μέθοδο των πυρήνων, οι οποίοι μας βοηθούν στον συσχετισμό της ένδειξης του κρουσιμέτρου R με την πραγματική αντοχή του σκυροδέματος των κατασκευών.

7.2.1 Εφαρμογές

Η μέθοδος του κρουσιμέτρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαπίστωση της ομοιογενείας του σκυροδέματος των εξεταζομένων δομικών στοιχείων, κυρίως πριν τον έλεγχό τους από άλλες μεθόδους όπως πρηνοληψία και εξόλκευση ήλου. Η ομοιογένεια και η ποιότητα του σκυροδέματος μας ενδιαφέρουν ακόμη στα προεντεταμένα δομικά στοιχεία, όπως περιοχές με χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία του έργου. Η μέτρηση του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας πρέπει να γίνεται για ηλικίες σκυροδέματος μεταξύ 14 ημερών και 3 μηνών. Για τέτοιες ηλικίες το σφάλμα των μετρήσεων μπορεί να φθάσει το 15%, ενώ αντίθετα για σκυροδέματα ηλικίας πάνω των 3 μηνών, για τα οποία δεν έχουμε αρκετά στοιχεία για την σύνθεση και συντήρησή τους το σφάλμα φθάνει το 25%.

7.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος με τη μέθοδο του κρουσιμέτρου

Γενικώς οι διάφοροι τύποι τσιμέντου Portland δεν επηρεάζουν σημαντικά τις ενδείξεις του κρουσιμέτρου (λιγότερο από 10%). Όμως αν χρησιμοποιηθούν οι

καμπύλες προκύπτει για σκυροδέματα από τσιμέντο Portland σε σκυροδέματα από high alumina cement μπορεί να προκύψουν πλασματικές αντοχές έως και 100% μεγαλύτερες. Ενώ αντιστοίχως για σκυροδέματα από supersulphated cement μπορεί να προκύψουν έως και 50% χαμηλότερες αντοχές. Πρέπει λοιπόν να γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου για τον κάθε τύπο τσιμέντου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε. Η επίδραση της περιεκτικότητας του σκυροδέματος σε τσιμέντο δεν ξεπερνά το 10%. Αντίθετα χρειάζονται ξεχωριστές βαθμονομήσεις για σκληρά και για μαλακά αδρανή καθ' ότι τα αποτελέσματα που δίνουν παρουσιάζονται σημαντικά διαφοροποιημένα.

Τύπος και γεωμετρία των εξεταζομένων δοκιμίων

Οι επιφάνειες που δοκιμάζονται με τη μέθοδο του κρουσιμέτρου πρέπει να είναι απόλυτα λείες. Επιφάνειες οι οποίες προκύπτουν από καλούπια κατασκευασμένα από διάφορα υλικά (ξύλο, μέταλλο) ανταποκρίνονται διαφορετικά στην μέθοδο του κρουσιμέτρου. Οι επιφάνειες που δημιουργούνται με την χρήση μυστριού είναι σκληρότερες από αυτές που προκύπτουν από καλούπι και οι τιμές του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας παρουσιάζουν σημαντική διασπορά. Συμπερασματικά μπορεί να αναφερθεί ότι οι προς δοκιμή επιφάνειες θα πρέπει να προέρχονται από καλούπι ή να λειαινούνται αν είναι ανώμαλες καθ' ότι έχει παρατηρηθεί ότι οι ενδείξεις του κρουσιμέτρου στις λείες επιφάνειες είναι αυξημένες σε σχέση με τις ενδείξεις στις ανώμαλες επιφάνειες. Πρέπει να τονιστεί ακόμη ότι εκτός από ανώμαλες επιφάνειες, ακατάλληλες για δοκιμή είναι επίσης και οι επιφάνειες που προκύπτουν από κοπή (π.χ. με τροχό). Η γεωμετρία των δοκιμών (κύλινδρος ή κύβος) δεν επιφέρει πρακτικώς καμία μεταβολή στο μετρούμενο δείκτη επιφανειακής σκληρότητας (R).

Υγρασία

Η παρουσία υψηλού ποσοστού υγρασίας στο σκυρόδεμα του εξεταζομένου στοιχείου έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ενδείξεων του κρουσιμέτρου σε σχέση με τις μετρήσεις που παίρνουμε για ξηρά στοιχεία. Η μείωση αυτή του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας μπορεί να φθάσει το 20%.

Ενανθράκωση

Όταν τα δομικά στοιχεία είναι μεγάλης ηλικίας ή εκτίθενται σε περιβάλλον πλούσιο σε CO₂ αναπτύσσεται το φαινόμενο της ενανθρακώσεως. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί αύξηση των ενδείξεων του κρουσιμέτρου έως και 50% για σταθερή συμβατική αντοχή σκυροδέματος f_c . Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι για μεγάλα βάθη ενανθρακώσεως η διαφορά μεταξύ της συμβατικής αντοχής f_c και της $f_c(R)$ είναι τόσο μεγάλη που μας επιτρέπει να πούμε ότι γι' αυτές τις τιμές του βάθους ενανθρακώσεως η μέθοδος του κρουσιμέτρου παύει να είναι ένα αντικειμενικό κριτήριο για την εκτίμηση της αντοχής μιας κατασκευής. Σε πολλές περιπτώσεις όμως είμαστε υποχρεωμένοι να πάρουμε αποφάσεις για την φέρουσα ικανότητα μιας υπάρχουσας κατασκευής στηριζόμενοι σε μετρήσεις που κάνουμε πάνω σε ενανθρακωμένα στοιχεία σκυροδέματος. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού προτείνεται η αφαίρεση ενός στρώματος πάχους έως 5mm από την εξωτερική τους επιφάνεια. Η παρακάτω σχέση μας δίνει τη μεταβολή της αντοχής συναρτήσει του βάθους ενανθρακώσεως:

$$f_c(R)/f_c(\text{act}) = 1,0 + 0,04 \times y$$

όπου:

y : το βάθος ενανθρακώσεως σε mm

$f_c(R)$: η αντοχή του σκυροδέματος προσδιοριζόμενη με το κρουσίμετρο αγνοώντας την ενανθράκωση

$f_c(\text{act})$: η πραγματική αντοχή

Διεύθυνση κρουσιμετρήσεως

Η διεύθυνση κρουσιμετρήσεως επηρεάζει σημαντικά το μετρούμενο δείκτη επιφανειακής σκληρότητας R . Πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με τη διεύθυνση κρουσιμετρήσεως (οριζόντια ή κατακόρυφη) θα πρέπει να γίνονται οι σχετικές διορθώσεις των μετρήσεων μας σύμφωνα με τις οδηγίες που δίδονται στο εγχειρίδιο του οργάνου.

R	Διορθώσεις για γωνίες κλίσεως: (+ προς τα πάνω, - προς τα κάτω)			
	+90 ⁰	+45 ⁰	-45 ⁰	-90 ⁰
10			+2,4	+3,2
20	-5,4	-3,5	+2,5	+3,4
30	-4,7	-3,1	+2,3	+3,1
40	-3,9	-2,6	+2,0	+2,7
50	-3,1	-2,1	+1,6	+2,2
60	-2,3	-1,6	+1,3	+1,7

Επίδραση της διεύθυνσης κρουσιμετρήσεως

7.2.3 Διαδικασία μετρήσεως

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να είναι από 10⁰C έως 30⁰C. Μετρήσεις που γίνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες (κοντά στους 0⁰C) δίνουν αυξημένες ενδείξεις κρουσιμέτρου γι' αυτό είναι καλό να αποφεύγονται οι μετρήσεις σ' αυτές τις θερμοκρασίες.

Αριθμός και θέσεις δοκιμών

Ο αριθμός των κρουσιμετρήσεων που πρέπει να γίνονται σε κάθε θέση δοκιμής είναι ένα θέμα το οποίο έχει εξεταστεί απ' το σύνολο των ερευνητών που έχουν ασχοληθεί με τη μη καταστρεπτική μέθοδο του κρουσιμέτρου. Στο εγχειρίδιο του κρουσιμέτρου Schmidt, τύπου N τονίζεται ότι ο αριθμός των κρουσιμετρήσεων θα πρέπει να είναι από 5 έως 10 ανά θέση. Η διάμετρος της περιοχής στην οποία γίνεται ένα σύνολο μετρήσεων (θέση) θα πρέπει να είναι μεταξύ 150mm και 300mm. Ως τελική τιμή της μετρήσεως στην υπόψη θέση θα λαμβάνεται ο μέσος όρος των κρουσιμετρήσεων της θέσεως αυτής. Αν μία κρουσιμέτρηση διαφέρει περισσότερο από 5 μονάδες από τη μέση τιμή της θέσεως αυτής θεωρείται απορριπτέα. Το ASTM C805-85 αναφέρει ότι δεν λαμβάνεται σαν σωστό το σύνολο των κρουσιμετρήσεων μιας θέσεως όταν δύο μετρήσεις διαφέρουν από το μέσο όρο κατά 7 μονάδες. Πάνω στο ίδιο θέμα αναφέρεται από το ISO/DIS 8045 ότι ο αριθμός των κρουσιμετρήσεων ανά θέση πρέπει να είναι 9. Αν το 20% των μετρήσεων μιας θέσεως διαφέρει από το

μέσο όρο περισσότερο από 6 μονάδες η μέτρηση της θέσεως θεωρείται αναξιόπιστη και επαναλαμβάνεται.

Σημεία που πρέπει να αποφεύγονται

Τα σημεία κρουσιμετρήσεως θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 30mm μακριά από τις ακμές ή τις απότομες ασυνέχειες του δοκιμίου. Περιοχές με οπλισμούς θα πρέπει όσο είναι δυνατόν να αποφεύγονται. Λεπτοί τοίχοι και πλάκες (με πάχος μικρότερο των 12cm) δίνουν μειωμένες ενδείξεις λόγω της ταλαντώσεως που δημιουργείται από την κρουσιμέτρηση. Οι κανονισμοί δίνουν ότι το ελάχιστο πάχος των δοκιμαζόμενων με τη μέθοδο του κρουσιμέτρου R μελών μιας κατασκευής πρέπει να είναι 100mm. Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι για κρουσιμετρήσεις σε πλάκες με μεγάλο λόγο l/h πρέπει να λαμβάνεται υπόψη διορθωτικός συντελεστής:

$$\Delta R = 4 \times (0,05 \times l/h - 1) \text{ για } l/h > 20$$

όπου: l : το άνοιγμα της πλάκας και h το πάχος της

7.2.4 Μέθοδος συσχέτισεως αντοχής συμβατικού δοκιμίου και δείκτη επιφανειακής σκληρότητας

Τα δοκίμια που θα χρησιμοποιηθούν (κυβικά ή κυλινδρικά) πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μεγάλα ούτως ώστε να εξαφανιστεί η επίδραση του μεγέθους από τα αποτελέσματα. Κύβοι 15cm ή μεγαλύτεροι πρέπει να προτιμώνται. Η πλέον ικανοποιητική οδός μετρήσεως του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας των κύβων R είναι να τα τοποθετούμε στη μηχανή επιβολής θλιπτικού φορτίου και αφού τους επιβάλουμε θλιπτική τάση 1Mpa να κάνουμε τις μετρήσεις σε δύο από τις πλευρές που προέκυψαν από καλούπι. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δοκίμια με ξηρές επιφάνειες. Σε περίπτωση που έχουν συντηρηθεί σε υγρές συνθήκες να μεταφέρονται για δύο ημέρες πριν τη δοκιμή σε συνθήκες εργαστηρίου. Ο ελάχιστος αριθμός των μετρήσεων σε κάθε δοκίμιο πρέπει να είναι 9. Οι θέσεις δοκιμών θα πρέπει να απέχουν από τις ακμές του δοκιμίου κατά 30mm ενώ η τόση θα πρέπει να είναι και η μεταξύ τους απόσταση. Στην συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος όρος των μετρήσεων για κάθε ένα από τα 30 περίπου δοκίμια που απαιτούνται για να έχουμε μια καλή συσχέτιση συμβατικής αντοχής f_c και δείκτη επιφανειακής σκληρότητας R. Στα αποτελέσματα προσαρμόζεται συνήθως με παλινδρόμηση παραβολική σχέση της μορφής: $f_c = a \times R^2 + b \times R + C$

8. ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρ' όλο που ο σχεδιασμός των έργων από οπλισμένο σκυροδέμα βασίζεται στην συμβατική αντοχή του σκυροδέματος (όπως αυτή προσδιορίζεται από τα συμβατικά δοκίμια) πολλές φορές αναζητείται η επιτόπου του έργου αντοχή του σκυροδέματος. Το πρόβλημα συνήθως γίνεται περιπλοκότερο επειδή δεν έχουν ληφθεί συμβατικά δοκίμια. Έτσι η εκτίμηση της επί τόπου αντοχής του



σκυροδέματος γίνεται είτε με τις έμμεσες μεθόδους (υπέρηχοι, κρουσίμετρο) είτε με πυρηνοληψία. Με τις έμμεσες μεθόδους η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος δεν μετριέται άμεσα αλλά εκτιμάται εμμέσως από τη συσχέτιση της με κάποια άλλη ιδιότητα του σκυροδέματος (π.χ. επιφανειακή σκληρότητα, ελαστικότητα, πυκνότητα, εφελκυστική αντοχή κ.λ.π.).

*Λήψη πυρήνων από το εργαστήριο της Δ.Ε.Σ.Ε.
Πατρών*

Επειδή η έμμεση εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος γεννά πολλά ερωτηματικά ως προς την ακρίβεια των μεθόδων αυτών, όλοι οι διεθνείς κανονισμοί επιβάλλουν την παράλληλη λήψη πυρήνων από τα εξεταζόμενα με έμμεσες μεθόδους μέλη μιας κατασκευής. Εκτός από την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος με τους πυρήνες μπορούμε ακόμη να εξετάσουμε:

- γενικότερα την ποιότητα του σκυροδέματος μιας κατασκευής
- την θέση και το μέγεθος των ράβδων οπλισμού
- την ύπαρξη ρωγμών ή άλλων αστοχιών μέσα στην μάζα του σκυροδέματος
- την αποτελεσματικότητα των ρητινενέσεων κ.λ.π.

Το βασικό πλεονέκτημα των πυρηνοληψιών είναι η αμεσότητα του προσδιορισμού της επί τόπου του έργου θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι:

- το σχετικά υψηλό κόστος (συγκριτικά με τις έμμεσες μεθόδους)
- η δυσκολία λήψης πυρήνων από υποστυλώματα. Πρακτικώς οι πυρήνες λαμβάνονται κυρίως από πλάκες οι οποίες όμως εκ των πραγμάτων (προσθήκη ύδατος κατά την σκυροδέτηση των πλακών, κακή δόνηση, κακή συντήρηση) έχουν σαφώς μειωμένη αντοχή
- η ευαισθησία των αποτελεσμάτων τόσο κατά τη λήψη και θραύση των πυρήνων (καροτιέρα, επιπέδωση βάσεων) όσο και στην αξιολόγηση και αναγωγή σε «συμβατική αντοχή».

8.2 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑΣ

Για την ορθή εξαγωγή συμπερασμάτων από μια πυρηνοληψία θα πρέπει να έχει γίνει ένας ορθός προγραμματισμός. Συγκεκριμένα θα πρέπει να αποφασισθούν η διάμετρος και το μήκος των πυρήνων, τα δομικά στοιχεία απ' όπου θα γίνει η πυρηνοληψία και οι θέσεις των πυρήνων πάνω στα δομικά στοιχεία καθώς και ο αριθμός των πυρήνων.

Στη διεθνή βιβλιογραφία επικρατεί η άποψη ότι η **διάμετρος** των αποκοπόμενων πυρήνων πρέπει να είναι 10cm έως 15cm, αλλά σε κάθε περίπτωση τριπλάσια του μεγέθους του μέγιστου αδρανούς που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του εξεταζόμενου σκυροδέματος. Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι τα μεγαλύτερης διαμέτρου δοκίμια δίνουν ακριβέστερα αποτελέσματα γιατί καταστρέφονται λιγότερο κατά τη διαδικασία της κοπής και λείανσης τους και επειδή είναι λιγότερο ευαίσθητα. Σε έρευνες που έγιναν και στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν πυρήνες διαμέτρου 5cm και 10cm διαπιστώθηκε ότι οι πυρήνες με διάμετρο 10cm έδωσαν αντοχές ίσες με το 88% της αντοχής κυλινδρικών δοκιμίων συντηρημένων σε συνθήκες εργαστηρίου ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για πυρήνες διαμέτρου 5cm ήταν από 65% έως 70%. Με άλλα λόγια η αντοχή των πυρήνων διαμέτρου 10cm παρουσιάζεται 20% περίπου αυξημένη σε σχέση με την αντοχή των πυρήνων

διαμέτρου 5cm. Πυρήνες διαμέτρου 5cm χρησιμοποιούνται κυρίως για έλεγχο στο εσωτερικό της μάζας του σκυροδέματος (π.χ. αποτελεσματικότητα ρητινενέσεων).

Για το **επιδιωκόμενο μήκος** του πυρήνα (ή αλλιώς για την τιμή του λόγου



ύψος/διάμετρο L/D) δεν υπάρχει μια μονοσήμαντη συνιστώμενη τιμή, αλλά όπως φαίνεται απ' τις διάφορες δημοσιεύσεις η τιμή του λόγου L/D μπορεί να κυμανθεί από 0,95 έως 2. Οι μεγάλες τιμές προσεγγίζουν την γεωμετρία των συμβατικών κυλινδρικών

Πυρήνες "κομμένοι" έτοιμοι για την δοκιμή της θλίψης

δοκιμίων διαμέτρου 15cm και ύψους 30cm. Στην πράξη όμως για πυρήνες διαμέτρου 10cm θα έπρεπε το πάχος του στοιχείου να ήταν πάνω από 25cm (λαμβάνοντας υπ' όψη και τα ακραία τμήματα μήκους 2,5cm που πρέπει να αποκοπούν) και επειδή πυρήνες συνήθως λαμβάνονται από πλάκες γι' αυτό είναι ανεκτές και τιμές του λόγου κοντά στη μονάδα.

Η **απόσταση** των αποκοπτόμενων πυρήνων απ' τις ακμές των εξεταζομένων στοιχείων πρέπει να είναι τουλάχιστον 8cm, ενώ η μεταξύ τους απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $4D$ (D η διάμετρος του πυρήνα).

Ο **συνιστώμενος αριθμός** των αποκοπτόμενων πυρήνων από κάθε εξεταζόμενο δομικό στοιχείο ποικίλει ανάλογα με τους ερευνητές και κανονισμούς. Έτσι:

- κατά το ACI και τον Petersons θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 3.
- κατά τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος ο αριθμός των πυρήνων μπορεί να φτάσει και τους 12 σε περίπτωση επανελέγχου. Πάντως επειδή συχνότατα ορισμένοι πυρήνες αστοχούν (ρωγμή εντός σκυροδέματος, ύπαρξη οπλισμού, κακή επιπέδωση κ.λ.π.) καλό είναι να λαμβάνονται δύο επιπλέον εφεδρικοί πυρήνες.

8.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε όταν χρησιμοποιούμε τη μέθοδο των πυρήνων για την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος μιας κατασκευής είναι το πρόβλημα της **παρουσίας ράβδων οπλισμού**. Οι διεθνείς κανονισμοί συνιστούν να αποφεύγεται η κοπή πυρήνων από περιοχές δομικών στοιχείων που περιέχουν οπλισμούς. Στις περιπτώσεις που η αποφυγή κοπής οπλισμού είναι αδύνατη η επίδραση της παρουσίας τους στην αντοχή των πυρήνων εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως: το μέγεθος ράβδων οπλισμού, ο λόγος L/D των πυρήνων, η θέση των ράβδων οπλισμού μέσα στους πυρήνες καθώς και η συμβατική αντοχή του σκυροδέματος της κατασκευής. Στο British Standard (BS) 6089 προτείνεται ο πολλαπλασιασμός της αντοχής των πυρήνων που περιέχουν οπλισμό με τον διορθωτικό συντελεστή:

$$1,0 + 1,5 \times \Sigma[(D_r \times H)/(D_c \times L)]$$

όπου:

D_r: διάμετρος οπλισμού

D_c: διάμετρος πυρήνα

H: απόσταση οπλισμού απ' τη κοντινότερη πλευρά του πυρήνα

L: μήκος πυρήνα

έτσι ώστε:

$$f_{c,core,red} = f_{c,core} \times (1,0 + 1,5 \times \Sigma[(D_r \times H)/(D_c \times L)])$$

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται οι απόψεις διαφόρων ερευνητών σχετικά με τη μείωση της αντοχής των πυρήνων που περιέχουν οπλισμό.

Συγγραφέας	Μεταβολή αντοχής (%)	L/D (μήκος / διάμετρο)
Gaynor	-4 έως -18	2
Plowman at al	-3 έως -12	2
Lewandowski	-3	1,5
Petersons	-4	
Loo at al	Σημαντική / Μηδενική	2 / 1

Επίδραση της παρουσίας οπλισμού

Η ύπαρξη **μιας** ράβδου οπλισμού μέσα στους αποκοπτόμενους πυρήνες έχει ως συνέπεια τη μείωση της μετρούμενης αντοχής κατά 8%~9%, ενώ με δύο ράβδους οπλισμού η μείωση γίνεται 11%~13%.

Οι πυρήνες μετά την κοπή και λείανση τους συνηθίζεται να καλύπτονται (καπέλωμα) με διάφορα υλικά (high alumina cement mortar, sulphur-sand mixture) για τη διόρθωση των ατελειών που δημιουργούνται κατά την κοπή / επιπέδωση των παράλληλων επιφανειών τους. Οι διαφοροποιήσεις της θλιπτικής αντοχής που εισάγονται από το καπέλωμα οφείλονται στο υλικό καπελώματος αλλά και στην αντοχή του ίδιου του πυρήνα. Οι διαφοροποιήσεις αυτές ενδέχεται να είναι σημαντικές, κατά τον Petersons μπορεί να φτάσουν και στο 30%. Γενικώς το καπέλωμα προκαλεί μείωση της αντοχής από 2% έως και 20%. Για την αποφυγή της μεταβλητής αυτής επιδράσεως του καπελώματος συνίσταται να αποφεύγεται το καπέλωμα και η απαραίτητη επιπέδωση των επιφανειών να γίνεται με ειδικά μηχανήματα λειάνσεως.

Η **θέση** του πυρήνα καθ' ύψος του δομικού στοιχείου από το οποίο αποκόπεται έχει πολύ μεγάλη σημασία. Η γενική άποψη που επικρατεί στη διεθνή βιβλιογραφία είναι ότι παρουσιάζεται κατά μέσον όρο μια μείωση της τάξης του 25% της αντοχής ενός πυρήνα ο οποίος έχει αποκοπεί από το «πάνω» μέρος ενός δομικού στοιχείου σε σχέση με την αντοχή πυρήνα ο οποίος έχει αποκοπεί από το «κάτω» μέρος του ίδιου δομικού στοιχείου. Η τιμή αυτή, όμως εξαρτάται από το είδος του δομικού στοιχείου.

Ειδικότερα για τις πλάκες, οι Plowman, Smith και Sheriff εξειδικεύοντας την έρευνα τους συσχέτισαν την αντοχή πυρήνων κομμένων από πλάκες με την αντοχή κυβικών δοκιμίων. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν είναι τα ακόλουθα:

$$f_{c,core,slab,bot}/f_{c,cube} = 91\%$$

$$f_{c,core,slab,top}/f_{c,cube} = 73\%$$

$$f_{c,core,full\ slab\ depth}/f_{c,cube} = 68\%$$

τα οποία εμμέσως οδηγούν σε μια τιμή του λόγου $f_{c,top}/f_{c,bot} = 0,73/0,91 = 0,80$. Οι Petersons και Bickley αναφέρουν ότι για πλάκες ο λόγος αντοχής στην κορυφή προς την αντοχή στην βάση $f_{c,top}/f_{c,bot}$ είναι μεταξύ 0,80 και 0,90 ενώ το BS6089 αναφέρει 0,75 και οι Τάσιος και ο Τρέζος αναφέρουν την τιμή 0,85.

Ο Petersons αναφέρει επίσης για δοκούς και υποστυλώματα ότι ο λόγος αυτός είναι πάλι από 0,80 έως 0,90.

Αποκοπή πυρήνων με διεύθυνση παράλληλη με τη διεύθυνση σκυροδετήσεως έχουμε στις πλάκες, ενώ με διεύθυνση κοπής κάθετη προς τη σκυροδέτηση στα υποστυλώματα, στα τοιχία και στις δοκούς. Η επίδραση της διευθύνσεως κοπής στη μετρούμενη αντοχή του σκυροδέματος εξετάστηκε από πολλούς ερευνητές. Η πλειοψηφία τους δίνει ότι ο λόγος $f_{c,core,horiz}/f_{c,core,vert}$ κυμαίνεται από 0,90 έως 0,95.

Πάντως είναι πρακτικώς δύσκολο να δοκιμασθούν οι πυρήνες σε θλίψη κατά τη διεύθυνση που να αντιστοιχεί στη διεύθυνση κατά την οποία επιβάλλονται και τα φορτία στην κατασκευή. (έτσι η εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας υποεκτιμάτε).

Ο Bloem D. κατασκευάζοντας μια πλάκα τοποθέτησε μέσα σ' αυτή καλούπια κυλινδρικών δοκιμίων (push-out cylinders) στα οποία σκυροδέτησε ταυτόχρονα με την πλάκα, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική δόνησης και συντήρησης. Παράλληλα παρασκεύασε και άλλα κυλινδρικά δοκίμια (molded cylinders), χρησιμοποιώντας τις τεχνικές που προβλέπονται απ' τους διεθνείς κανονισμούς. Τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξε είναι τα εξής:

$f_{c,core} = 0,90 \sim 0,80 f_{c,molded\ cylinders}$

$f_{c,core} = 0,93 f_{c,push-out\ cylinders}$

8.4 ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΥΡΗΝΑ ΣΕ ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΒΟΥ

8.4.1 Facaoaru

Ο Facaoaru κατέληξε στην εξής σχέση αναγωγής αντοχής πυρήνα σε αντοχή κύβου:

$$f_c = a \times b \times c \times f_{c,core}$$

οι συντελεστές a, b, c λαμβάνονται από τους παρακάτω πίνακες

Φ (mm)	50	70	100	120	150	170
a	1,25	1,15	1,02	0,98	1,05	1,10

Τιμές του συντελεστή αναγωγής a συναρτήσεως της διαμέτρου Φ του πυρήνα

h/Φ	0,50	0,75	1,00	1,12	1,25	1,37	1,50	2,00
b	0,62	0,82	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,20

Τιμές του συντελεστή αναγωγής b συναρτήσει του λόγου h/Φ

Κατεργασία	άνευ κοπής	μια εγκάρσια κοπή	δύο εγκάρσιες κοπές	ρωγμή
c	1,00	1,10	1,20	1,15

Τιμές του συντελεστή αναγωγής c συναρτήσει της κατεργασίας

8.4.2 Plowman et al

Μια άλλη σχέση που δίνεται στην βιβλιογραφία είναι και η ακόλουθη:

$$f_c = f_{c,core} \times F1 \times F2 \times F3$$

όπου οι τιμές των συντελεστών F1, F2, F3 δίνονται από τους παρακάτω πίνακες

L/D	0,90~1,00	1,00~1,25	1,25~1,50	1,50~1,75	1,75~2,00
F1	1,00	1,06	1,13	1,19	1,24

Τιμές του συντελεστή F1 συναρτήσει του λόγου L/D

Οπλισμός	κανένας	ένας μικρός	ένας μεγάλος
F2	1,02	1,05	1,10

Τιμές του συντελεστή F2 συναρτήσει της παρουσίας οπλισμού

Συντήρηση	Θερμοκρασία	
	t < 50°F	t > 50°F
	F3	F3
στο νερό (ανεξ. πάχους)	1,00	1,10
υγρασία, πάχος < 300mm	1,15	1,20
στον αέρα, πάχος > 300mm	1,15	1,20
στον αέρα, πάχος < 300mm	1,30	1,40

Τιμές του συντελεστή F3

8.4.3 British Standard (BS)

Το BS 6089 προτείνει δύο διαφορετικές σχέσεις αναγωγής της αντοχής πυρήνων σε αντοχή κύβου. Η μία σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πυρήνες χωρίς οπλισμό, ενώ η άλλη για πυρήνες με οπλισμούς κάθετους στον άξονα του πυρήνα.

α) πυρήνες χωρίς οπλισμούς:

$$f_c = [D / (1,5 + 1/\lambda)] \times f_{c,core}$$

όπου:

D = 2,5: για πυρήνες κομμένους κατά την οριζόντια διεύθυνση

D = 2,3: για πυρήνες κομμένους κατά την κατακόρυφη διεύθυνση

λ: είναι ο λόγος μήκος/διάμετρος του πυρήνα

β) πυρήνες με οπλισμούς:

$$f_c = [D / (1,5 + 1/\lambda)] \times f_{c,core} \times (1,0 + 1,5 \Sigma \Phi_r \times d / \Phi_c \times I)$$

όπου:

Φ_r: είναι η διάμετρος του οπλισμού

Φ_c: είναι η διάμετρος του πυρήνα

d: η απόσταση της ράβδου οπλισμού από την κοντινότερη επίπεδη πλευρά του πυρήνα

I: το ύψος του πυρήνα

8.4.4 Monday και Dhir

Οι Monday και Dhir προτείνουν την εξής σχέση αναγωγής:

$$f_c = A \times f_{c,core} - B \times f_c^2,core$$

όπου:

f_{c,core}: είναι η αντοχή του πυρήνα, με λόγο l/d = 2,0

A, B: σταθερές με τιμές 1,5 και 0,007 αντίστοιχα

8.4.5 ΕΛΟΤ

Τέλος σύμφωνα με το σχέδιο προτύπου ΕΛΟΤ 344, η αναγωγή της αντοχής του πυρήνα σε συμβατική αντοχή γίνεται με την εξής σχέση:

$$f_c = \frac{\lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3}{K_\phi \times K_c \times K_d} f_{c,core}$$

όπου:

K_φ: συντελεστής εξαρτώμενος απ' τη διάμετρο του πυρήνα

0,85 για πυρήνες διαμέτρου 100mm

0,95 για πυρήνες διαμέτρου 150mm

K_e : συντελεστής εξαρτώμενος απ' τη συνάρτηση του έργου

1,00 για υγρές συνθήκες συντήρησης

0,90 για καλές συνθήκες συντήρησης

0,80 για κακές συνθήκες συντήρησης

K_d : συντελεστής εξαρτώμενος απ' το πάχος του στοιχείου απ' όπου ελήφθη ο πυρήνας

1,00 για πάχη μεγαλύτερα των 25cm

0,95 για πάχη μικρότερα των 15cm

λ_1 : συντελεστής γεωμετρίας του πυρήνα, συναρτήσει του λόγου h/d (ύψος h προς διάμετρο d) υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται περί σκυροδέματος κατηγορίας ίσης ή ανώτερης του C 16/20 (βλέπε πίνακα)

λ_2 : συντελεστής διαμέτρου (βλέπε πίνακα)

λ_3 : συντελεστής κατηγορίας σκυροδέματος (βλέπε πίνακα)

$f_{c,core}$: είναι η αντοχή του πυρήνα κατά την θραύση

h/d	1,75	1,50	1,25	1,00	0,90
λ_1	0,98	0,95	0,91	0,85	0,82

Τιμές του συντελεστή λ_1

d (cm)	10,00	12,50	15,00
λ_2	0,96	0,98	1,00

Τιμές του συντελεστή λ_2

f_c (kg/cm ²)	120	160	225	300	450
λ_3	1,30	1,25	1,22	1,18	1,14

Τιμές του συντελεστή λ_3

8.4.6 Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος & Εγκύκλιος Ε7

Ο ΚΤΣ και η Εγκύκλιος Ε7 βασίζονται στο Πρότυπο ΕΛΟΤ αλλά με συντηρητικότερες τιμές των παραμέτρων (παρατίθεται η εγκύκλιος Ε7).

8.4.6.1 Αντικείμενο

Η εγκύκλιος αυτή εφαρμόζεται στην ειδική περίπτωση που πρόκειται να εκτιμηθεί η κατηγορία αντοχής του διαστρωμένου σκυροδέματος μιας υφιστάμενης

κατασκευής. Η εγκύκλιος αυτή δεν υποκαθιστά τους ελέγχους συμμορφώσεως και τους επανέλεγχους του ΚΤΣ 97 οι οποίοι εφαρμόζονται υποχρεωτικά σε κάθε έργο.

8.4.6.2 Παραδοχές

Γίνεται αποδεκτό ότι, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας ενός έργου, η κατηγορία αντοχής του διαστρωμένου σκυροδέματος την ημέρα του ελέγχου του, μπορεί να προκύψει από τον έλεγχο με πυρήνες, όπως περιγράφεται στα επόμενα.

Σημειώνεται ότι με την εγκύκλιο αυτή η αντοχή των πυρήνων δεν συσχετίζεται με την αντοχή συμβατικών δοκιμών (συμβατική αντοχή) και συνεπώς από την κατηγορία αντοχής που προκύπτει με τον έλεγχο των πυρήνων δεν διαπιστώνεται η κατηγορία αντοχής στην οποία άνηκε το νωπό σκυρόδεμα την ημέρα της διάστρωσης του.

8.4.6.3 Διαδικασία ελέγχου

Η κατασκευή διαχωρίζεται σε τμήματα (παρτίδες) σκυροδέματος, δηλαδή σε περιοχές που φαίνεται πως διαστρώθηκαν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Στο διαχωρισμό αυτό βοηθούν το είδος και η μορφή της κατασκευής, οι διαστάσεις, οι αρμοί εργασίας και διαστολής κλπ. Για παράδειγμα ανήκουν σε διαφορετικά τμήματα (παρτίδες):

- διαφορετικοί όροφοι
- πλάκες από υπερκείμενες σκάλες ή τοιχία
- υποστυλώματα που διαχωρίζονται από υπερκείμενες πλάκες με αρμούς εργασίας

Κάθε τμήμα (παρτίδα) ελέγχεται χωριστά με έξι πυρήνες που κόβονται σε τυχαίες θέσεις αυτού του τμήματος (παρτίδας) χωρίς να προηγηθεί η διαβροχή του σκυροδέματος που προβλέπεται στον ΚΤΣ 97.

Η κοπή και η προετοιμασία για τον έλεγχο των πυρήνων γίνεται κατά τον ακόλουθο τρόπο. Οι πυρήνες κόβονται με κατάλληλο περιστροφικό τρυπάνι, με αδαμαντοκορώνα σε καλή κατάσταση, από σημείο που δεν είναι κοντά σε ακμές δομικών στοιχείων ή σε αρμούς εργασίας.

Πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε οι πυρήνες να μην περιέχουν οπλισμό. Πυρήνες που θα περιέχουν τμήματα σιδηρού οπλισμού διαμέτρου μεγαλύτερης από 8mm θα απορρίπτονται.

Η διάμετρος των πυρήνων πρέπει να είναι $10 \pm 0,5\text{cm}$ και το ύψος τους, πριν από την επίστρωση του κονιάματος επιπεδώσεως (καπέλωμα) $9,5\text{cm} \sim 12,5\text{cm}$.

Οι πυρήνες που αποκόπτονται διαμορφώνονται με κοπή ή άλλη επεξεργασία έτσι ώστε να προκύπτουν επίπεδα βάσεων κάθετα στις γενέτειρες του πυρήνα. Πριν από τη δοκιμή αποκόπτεται μήκος ίσο τουλάχιστο με 2cm από το άκρο του πυρήνα σε περίπτωση που αυτό προέρχεται από επιφάνεια σκυροδέματος που διαμορφώθηκε χωρίς ξυλότυπο.

Τελικά οι βάσεις του πυρήνα επιπεδώνονται με ειδική κονία επιπεδώσεως (καπέλωμα).

Η συντήρηση των πυρήνων μέχρι τον έλεγχο τους γίνεται σε συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας κατά το δυνατόν παρόμοιες με εκείνες λειτουργίας του έργου από το οποίο αποκόπηκαν. Ως μήκος του δοκιμίου που μορφώθηκε όπως προηγούμενα αναφέρθηκε παίρνετε ο μέσος όρος των μετρήσεων δύο αντιδιαμετρικών γενέτειρων με ακρίβεια $\pm 1\text{mm}$. Η διάμετρος του δοκιμίου μετρείται περίπου στο μέσο του ύψους του και σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις με ακρίβεια $\pm 0,5\text{mm}$.

H:D	L1	H:D	L1	H:D	L1
0,90	0,820	1,09	0,872	1,27	0,913
0,91	0,823	1,10	0,874	1,28	0,915
0,92	0,826	1,11	0,876	1,29	0,915
0,93	0,829	1,12	0,879	1,30	0,918
0,94	0,832	1,13	0,881	1,31	0,920
0,95	0,835	1,14	0,884	1,32	0,921
0,96	0,838	1,15	0,886	1,33	0,923
0,97	0,841	1,16	0,888	1,34	0,924
0,98	0,844	1,17	0,891	1,35	0,926
0,99	0,847	1,18	0,893	1,36	0,928
1,00	0,850	1,19	0,896	1,37	0,929
1,01	0,852	1,20	0,898	1,38	0,931
1,02	0,855	1,21	0,900	1,39	0,932
1,03	0,857	1,22	0,903	1,40	0,934
1,04	0,860	1,23	0,905	1,41	0,936
1,05	0,862	1,24	0,918	1,42	0,937
1,06	0,864	1,25	0,910	1,43	0,939
1,07	0,867	1,26	0,912	1,44	0,940
1,08	0,869			1,45	0,942

Συντελεστής L1 αναγωγής αντοχής κυλίνδρου με λόγο ύψους προς διάμετρο $H:D \neq 2$ σε αντοχή κυλίνδρου με λόγο $H:D=2$

D (cm)	L2	D (cm)	L2
9,5	0,956	10,1	0,961
9,6	0,957	10,2	0,962
9,7	0,958	10,3	0,962
9,8	0,958	10,4	0,963
9,9	0,959	10,5	0,964
10,0	0,960		

Συντελεστής L2 αναγωγής αντοχής κυλίνδρου διαμέτρου D και λόγου $H:D=2$ σε αντοχή κυλίνδρου 15x30cm

Αντοχή κυλίνδρου 15x30cm Μρα	L3	Αντοχή κυλίνδρου 15x30cm Μρα	L3	Αντοχή κυλίνδρου 15x30cm Μρα	L3	Αντοχή κυλίνδρου 15x30cm Μρα	L3
≤9,2	1,300	13,9	1,244	21,2	1,204	29,9	1,168
9,4	1,297	14,2	1,242	21,5	1,202	30,4	1,166
9,6	1,294	14,5	1,241	21,9	1,200	30,9	1,165
9,8	1,292	14,9	1,239	22,3	1,198	31,4	1,163
10,0	1,289	15,3	1,237	22,6	1,196	31,9	1,162
10,2	1,285	15,6	1,235	23,0	1,194	32,4	1,160
10,4	1,283	16,0	1,233	23,3	1,192	32,9	1,159
10,6	1,281	16,3	1,231	23,6	1,190	33,4	1,158
10,8	1,278	16,6	1,229	24,0	1,188	33,9	1,157
11,0	1,275	17,0	1,227	24,3	1,186	34,4	1,155
11,2	1,272	17,4	1,225	24,7	1,184	34,9	1,154
11,4	1,269	17,7	1,223	25,0	1,182	35,4	1,152
11,6	1,266	18,0	1,222	25,4	1,180	35,9	1,151
11,8	1,264	18,4	1,220	26,0	1,178	36,4	1,149
12,0	1,261	18,7	1,218	26,4	1,177	36,9	1,148
12,2	1,258	19,1	1,216	26,9	1,176	37,4	1,146
12,4	1,255	19,5	1,214	27,4	1,174	37,9	1,145
12,6	1,253	19,8	1,212	27,9	1,173	38,4	1,144
12,8	1,250	20,1	1,210	28,4	1,172	38,9	1,143
13,1	1,248	20,5	1,208	28,9	1,171	39,4	1,141
13,5	1,246	20,9	1,206	29,4	1,169	≥39,5	1,140

Συντελεστής L3 αναγωγής αντοχής κυλίνδρου 15x30cm σε αντοχή κύβου ακμής 15cm

Η αναγωγή της αντοχής κάθε πυρήνα σε αντοχή κυβικού δοκιμίου Χ^π ακμής 15cm γίνεται με πολλαπλασιασμό της αντοχής του πυρήνα με τους συντελεστές L1, L2, L3 και L4.

Ο συντελεστής L4 θα έχει πάντοτε τιμή 1,03. Οι τιμές των συντελεστών L1, L2 και L3 που προέκυψαν από τους αντίστοιχους συντελεστές λ1, λ2 και λ3 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 344 δίνονται σε παραπάνω πίνακες.

Από τις έξι ανηγμένες αντοχές X^{Π} υπολογίζεται η τυπική αντοχή f_{Π} του τμήματος (παρτίδας) με τον τύπο:

$$f_{\Pi} = \bar{X}_6^{\Pi} - 1,60 \times s$$

όπου:

\bar{X}_6^{Π} : είναι ο μέσος όρος των 6 ανηγμένων αντοχών

s: είναι η τυπική απόκλιση που υπολογίζεται με τη σχέση:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=6} (X_i^{\Pi} - \bar{X}_6^{\Pi})^2}{5}}$$

Αυτή η τυπική αντοχή f_{Π} θα είναι γενικώς:

$$f_{\text{κύβου}}^{(1)} \leq f_{\Pi} < f_{\text{κύβου}}^{(2)}$$

όπου:

$f_{\text{κύβου}}^{(1)}$, $f_{\text{κύβου}}^{(2)}$ οι χαρακτηριστικές αντοχές κύβου δύο διαδοχικών κατηγοριών σκυροδέματος.

Θεωρείται ότι τμήμα (παρτίδα) σκυροδέματος που αντιπροσωπεύεται από τους πυρήνες ανήκει κατά το χρόνο ελέγχου σε κατηγορία σκυροδέματος με χαρακτηριστική αντοχή $f_{\text{κύβου}}^{(1)}$.

Αν σε μια μικρή περιοχή το σκυροδέμα παρουσιάζει ελαττώματα από κακή κατασκευή (π.χ. κακή συμπύκνωση, απόμιξη κλπ.) ή εξωτερικά αίτια (π.χ. πυρκαγιά) και ζητείται η αντοχή του σκυροδέματος σ' αυτή τη περιοχή θα κόβονται τρεις πυρήνες. Μετά την αναγωγή των αντοχών των πυρήνων σε αντοχές κυβικών δοκιμίων σύμφωνα με τα προαναφερόμενα θα υπολογίζεται η τυπική αντοχή f_{Π} του σκυροδέματος σ' αυτήν την περιοχή ως μέσος όρος των τριών αντοχών κυβικών δοκιμίων καθώς και η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος της μικρής αυτής περιοχής σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο.

Με την προηγούμενη διαδικασία γίνεται εκτίμηση της κατηγορίας αντοχής σκυροδέματος με βάση τα κυβικά δοκίμια. Η αντίστοιχη κατηγορία αντοχής σκυροδέματος για κυλινδρικά δοκίμια θα παίρνετε από τον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία σκυροδέματος	fck κυλίνδρου (Μpa)	fck κύβου (Μpa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C 16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

Κατηγορίες σκυροδέματος

9. ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΗΨΕΩΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

9.1

Για την παρασκευή κλπ. των δοκιμίων σκυροδέματος του έργου, ισχύουν οι διατάξεις του άρθρου 13 του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος 97 και των Προδιαγραφών ΣΚ 303 και ΣΚ 350 του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Υπομνηστική παράθεση των κυριότερων διατάξεων, των συνηθιστέρων περιπτώσεων που αφορούν τα συμβατικά κυβικά δοκίμια, που εφαρμόζονται σχεδόν αποκλειστικά στη πράξη, περιλαμβάνεται περιληπτικά στα επόμενα.

9.2

Τα συμβατικά δοκίμια που προορίζονται για τους ελέγχους συμμορφώσεως θα είναι για ολόκληρο το έργο όλα των αυτών διαστάσεων, κυβικά 15x15x15cm λαμβανόμενα με χυτοσιδηρές μήτρες.

9.3

Ο αριθμός των δοκιμίων που απαιτείται για κάθε διαστρωμένο τμήμα είναι ανά ημέρα έξι (6) για ποσότητα σκυροδέματος μέχρι 150m³ ή δώδεκα (12) δοκίμια για ποσότητα σκυροδέματος μεγαλύτερη των 150m³. Αριθμός δοκιμίων μικρότερος των έξι (6) ή των δώδεκα (12) αντίστοιχα δεν επιτρέπει την εφαρμογή των Κριτηρίων Συμμορφώσεως Α και Β αντίστοιχως που προβλέπει ο ΚΤΣ 97. Υποδεικνύεται η λήψη και εβδόμου ή δεκάτου τρίτου δοκιμίου, που θα καλύψει την περίπτωση καταστροφής ή τραυματισμού ή εμφανών ελαττωμάτων ενός από τα υπόλοιπα έξι ή δώδεκα. Στις περιπτώσεις που απαιτείται έλεγχος δοκιμίων και σε ηλικίες μικρότερες των 28 ημερών, τότε θα πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερος αριθμός δοκιμίων.

9.4

Από κάθε αυτοκίνητο (βαρέλα) δεν επιτρέπεται η λήψη περισσότερων του ενός δοκιμίων, εκτός εάν το τμήμα που διαστρώνεται απαιτεί λιγότερα από (6) έξι αυτοκίνητα σκυροδέματος. Στην περίπτωση αυτή πρέπει μεταξύ της λήψεως του πρώτου και του δεύτερου δοκιμίου από το ίδιο αυτοκίνητο να έχει διαστρωθεί όγκος σκυροδέματος τουλάχιστον 1m³.

9.5

Κατ' εξαιρέσιν για ημερήσια ποσότητα σκυροδέματος μικρότερη των 20m³ εφαρμόζεται το **Κριτήριο Συμμορφώσεως Ε**. Συνοπτικά θα λαμβάνονται τότε τρία

δοκίμια από κάθε αυτοκίνητο, από ένα (εάν δεν υπάρχει δεύτερο) ή δύο τυχαία αυτοκίνητα, που καθένα τους θεωρείται ότι αποτελεί ξεχωριστή παρτίδα.

9.6

Το σκυροδέμα που χρησιμοποιείται για την παρασκευή δοκιμίων δεν πρέπει να ανήκει στο αρχικό 15% έως 20% του όγκου του σκυροδέματος του αυτοκινήτου (βαρέλας) που εκφορτώνεται, ούτε στο τελευταίο 15% έως 20%. Αν χρησιμοποιηθεί υπερρευστοποιητικό η λήψη του δοκιμίου θα γίνεται μετά την ανάμιξη του.

9.7

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της λήψεως του σκυροδέματος και της παρασκευής του δοκιμίου, δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 15 λεπτά της ώρας. Οι μήτρες πριν από τη χρήση τους πρέπει να έχουν λαδωθεί ελαφρά με ορυκτέλαιο.

9.8

Για κάθιση σκυροδέματος μέχρι 50mm, η συμπύκνωση γίνεται με δονητή, αμέσως μετά από το πλήρες γέμισμα της μήτρας. Για μεγαλύτερη κάθιση, γίνεται με τη ράβδο συμπυκνώσεως.

9.9

Στη δεύτερη περίπτωση (της ράβδου), κάθε μήτρα γεμίζεται με τη σέσουλα (όχι μυστρί, γιατί διαφεύγει το λεπτό υλικό), σε δύο στρώσεις (μισή και μισή κάθε φορά) και κάθε στρώση συμπυκνώνεται ιδιαίτερα. Η συμπύκνωση κάθε στρώσεως απαιτεί 25 χτυπήματα με την σχετική ράβδο.

9.10

Η ράβδος συμπυκνώσεως είναι Ø16, μήκους 60cm, με στρογγυλεμένα άκρα. Κατά τη συμπύκνωση της κατώτερης στρώσης η ράβδος πρέπει να εισχωρεί μέχρι τον πυθμένα της μήτρας. Η συμπύκνωση θα γίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του σκυροδέματος στη μήτρα και χωρίς διακοπή μεταξύ 1ης και 2ης στρώσης. Μετά τη συμπύκνωση επιπεδώνεται η τελική επιφάνεια και αριθμείται το δοκίμιο.

9.11

Τα δοκίμια πρέπει να παραμείνουν στη σκιά, μέσα στις μήτρες, χωρίς χτυπήματα, δονήσεις, ξήρανση κλπ τουλάχιστον 20 ώρες και όχι περισσότερο από 32 ώρες.

9.12

Μετά την αφαίρεση τους από τις μήτρες τα δοκίμια μεταφέρονται το ταχύτερο δυνατόν στο δημόσιο ή αναγνωρισμένο ιδιωτικό εργαστήριο όπου θα θραυσθούν. Σε περίπτωση που προβλέπεται σημαντική καθυστέρηση παραδόσεως στο εργαστήριο τα δοκίμια πρέπει να διατηρηθούν συσκευασμένα μέσα σε υγρή άμμο, πριονίδια κλπ. Για τη διατήρηση της υγρασίας τους. Κρούσεις και δονήσεις κατά τη μεταφορά και αποκλίσεις από τη θερμοκρασία συντηρήσεως (20⁰C), πρέπει να αποφεύγονται.

9.13

Για κάθε δοκίμιο επιβάλλεται η αναγραφή του αριθμού του δελτίου αποστολής και του αριθμού κυκλοφορίας του αυτοκινήτου (ή αντίστροφα του αριθμού δοκιμίου επί του δελτίου αποστολής), καθώς και της ώρας λήψεως του.

9.14

Είναι σκόπιμη η ζύγιση των δοκιμίων για τον προσδιορισμό του πραγματικού ειδικού βάρους του υπ' όψη σκυροδέματος, με το οποίο θα γίνει ο υπολογισμός του όγκου της ποσότητας που προσκομίσθηκε, εκ του βάρους του περιεχομένου κάθε αυτοκινήτου-βαρέλας.

10. ΤΥΠΟΙ

10.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για να δώσουμε στο νωπό σκυρόδεμα την επιθυμητή μορφή μεταχειριζόμαστε **τύπους** (καλούπια), μέσα στους οποίους το διαστρώνουμε. Οι τύποι αυτοί κατά κανόνα αφαιρούνται, όταν πήξει το σκυρόδεμα, χωρίς να αποκλείεται και το αντίθετο σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις. Σπάνιες είναι οι κατασκευές για τις οποίες δεν χρειάζονται τύποι όπως π.χ. όταν πρόκειται για δάπεδα, τα οποία εδράζονται απ' ευθείας επάνω στο έδαφος.

Οι τύποι κατασκευάζονται κατά κανόνα από ξύλο, γι' αυτό λέγονται γενικά **ξυλότυποι**, δεν αποκλείονται όμως και άλλα υλικά όπως π.χ. αλουμίνιο, χάλυβας



γνωστοί και ως **μεταλλότυποι**. Τελευταία επεκτείνεται η χρήση μεταλλότυπων ιδίως όταν τα δομικά στοιχεία που πρόκειται να κατασκευασθούν, είναι τυποϊμένα. Τότε εξασφαλίζεται η πολλαπλή χρήση των τύπων και διευκολύνεται η απόσβεση

Ξυλότυπος θεμελίου κατασκευασθέντος μοντέλου

μεταφορά και τη διάστρωση του σκυροδέματος. Οι κατασκευές αυτές είναι κεκλιμένα επίπεδα για την προσπέλαση του προσωπικού, προστατευτικά κιγκλιδώματα κ.α.

10.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΙΚΡΙΩΜΑΤΩΝ

Τα ικριώματα πρέπει να εδράζονται επάνω σε ένα σταθερό δάπεδο. Μόνο τότε είναι βέβαιο ότι το βάρος του νωπού σκυροδέματος και τα άλλα φορτία, δεν θα προκαλέσουν επικίνδυνες ή έστω ενοχλητικές καθιζήσεις. Τα ξύλινα ικριώματα αποτελούνται από κατακόρυφα στοιχεία τα οποία κατασκευάζονται από πελεκητή

ξύλεια ελάτης. Τα ξύλα των στύλων αυτά έχουν συνήθως θεωρητική διατομή 8x8cm και ονομάζονται λατάκια.

Τα ξύλινα ικριώματα, όπως και οι ξυλότυποι συνδέονται γενικά με καρφοβελόνες (καρφιά, πρόκες). Η σύνδεση πρέπει να είναι στέρεα και ασφαλής για να μην επιτρέπει στα ξύλα να μετακινούνται το ένα σε σχέση προς το άλλο. Συγχρόνως όμως πρέπει η σύνδεση να μην εμποδίζει ή δυσκολεύει την αποξήλωση των ικριωμάτων, η οποία πρέπει να γίνεται εύκολα, χωρίς έντονες κρούσεις και κραδασμούς.

Τα μεταλλικά σωληνωτά ικριώματα έχουν γενική διάταξη παρόμοια με τα ξύλινα. Αποτελούνται από τυποποιημένα τεμάχια, που συνδέονται μεταξύ τους με ειδικούς μεταλλικούς συνδέσμους. Τα μεταλλικά ικριώματα μπορούν να συνδυασθούν ή με ξύλινους ή με μεταλλικούς τύπους. Οι προμηθευτές σωληνωτών ικριωμάτων δίνουν προδιαγραφές και οδηγίες για τον τρόπο, με τον οποίο πρέπει να γίνεται η σύνθεση και η σύνδεση τους. Οι οδηγίες πρέπει να τηρούνται με σχολαστικότητα, για να είναι ασφαλής η όλη κατασκευή.

10.3 ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΥΠΩΝ

10.3.1 Τύποι για υποστυλώματα και τοιχώματα

Οι τύποι των υποστυλωμάτων και των τοιχωμάτων στηρίζονται απ' ευθείας επάνω στο δάπεδο. Για τη στερέωση τους όμως χρειάζονται κατά κανόνα και ικριώματα. Ο τύπος ενός υποστυλώματος ή ενός τοιχώματος μπορεί κάλλιστα να σταθεί μόνος τους όρθιος, κινδυνεύει όμως να φύγει από την θέση του. Γι' αυτό συνήθως γύρω από κάθε υποστύλωμα, τοίχωμα δημιουργείται ένα στερεό δικτύωμα στο χώρο, επάνω στον οποίο στηρίζονται οι ξυλότυποι. Τα ικριώματα αυτά συνδέονται μεταξύ τους και με τις υπάρχουσες μόνιμες κατασκευές, ώστε να είναι αμετακίνητα.

Στη συνηθισμένη περίπτωση, που οι τύποι είναι ξύλινοι, οι σανίδες για τα υποστυλώματα και τα τοιχώματα, τοποθετούνται κατακόρυφες. Όταν πρόκειται για τοιχώματα είναι δυνατόν να τοποθετηθούν και οριζόντιες.

Η πιο σωστή λύση θα ήταν να μην καλουπώνεται από την αρχή ολόκληρη από την αρχή η μία από τις έδρες των υποστυλωμάτων ή η μία όψη των τοιχωμάτων,

αλλά σιγά σιγά όσο προχωρεί η διάστρωση του σκυροδέματος. Έτσι δεν θα ήταν ανάγκη να πέφτει το σκυρόδεμα από μεγάλο ύψος.

Η λύση αυτή προϋποθέτει, ότι οι σανίδες θα τοποθετηθούν οριζόντια, επομένως είναι εύκολο να εφαρμοσθεί και συνίσταται στην περίπτωση των τοιχωμάτων. Στα υποστυλώματα όμως θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν πολύ μικρά κομμάτια ξύλου, πράγμα που θα είχε ως αποτέλεσμα μεγάλη φθορά της ξυλείας. Για το λόγο αυτό το σύστημα δεν εφαρμόζεται, παρά μόνο όταν τα υποστυλώματα έχουν πολύ μεγάλο ύψος. Τότε η μία έδρα τους κλείνεται σε διαδοχικές φάσεις, όσο προχωρεί η διάστρωση του σκυροδέματος, με όρθιες σανίδες που έχουν μήκος σχετικά περιορισμένο.

Στις ακμές, που σχηματίζουν τα σανιδώματα των υποστυλωμάτων, πρέπει να τοποθετούνται πήχεις με διατομή ισοσκελούς ορθογωνίου τριγώνου και με διαστάσεις καθέτων πλευρών 2 ως 3cm (φαλτσογωνιές). Με αυτόν τον τρόπο τα υποστυλώματα δεν παρουσιάζουν ορθές αλλά αμβλείες διέδρες γωνίες, Έτσι όταν αφαιρούνται οι ξυλότυποι, δεν παρουσιάζονται φθορές και αποκολλήσεις του σκυροδέματος κατά μήκος των ακμών.

Στα υποστυλώματα οι κατακόρυφες σανίδες συνδέονται μεταξύ τους με οριζόντια τεμάχια σανίδων (κλάπες) ή καδρονιών. Τα ξύλα αυτά σχηματίζουν ανά αποστάσεις μικρότερες του ενός μέτρου οριζόντια πλαίσια, που εξασφαλίζουν ότι δεν θα παραμορφωθεί η διατομή του υποστυλώματος. Ορισμένα από τα ξύλα των πλαισίων αυτών προεκτείνονται και συνδέονται με το ικρίωμα που περιβάλλει το υποστυλώμα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται ο ξυλότυπος από τις μετακινήσεις.

Οι σανίδες των ξυλοτύπων των τοιχωμάτων συνδέονται ανά αποστάσεις 50 cm περίπου με οριζόντια καδρόνια. Αυτά πάλι στηρίζονται ανά αποστάσεις 1 m περίπου σε κατακόρυφα λατάκια. Τα λατάκια αυτά εδράζονται επάνω στο δάπεδο με τη βοήθεια μιας αντηρίδας και ενός οριζόντιου ελκυστήρα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια τα σανιδώματα των δύο όψεων των τοιχωμάτων δένονται μεταξύ τους με σύρμα, που τελικά παραμένει μέσα στο σκυρόδεμα.

10.3.2 Τύποι για δοκούς

Οι τύποι των δοκών αποτελούνται συνήθως από ένα οριζόντιο στοιχείο Α (πυθμένας, πάτος) και δύο κατακόρυφα Β₁ και Β₂ (πλαϊνά). Ο πυθμένας καρφώνεται

απ' ευθείας επάνω στα οριζόντια ξύλα που έχουν στις κεφαλές τους οι στύλοι των ικριωμάτων. Ειδικότερα στα άκρα του πυθμένα, όταν συμπίπτουν με την πλευρά υποστυλώματος ή τοιχώματος, που έχει ήδη κατασκευασθεί, στηρίζονται σε κομμάτια σανίδων (κλάπες), τα οποία καρφώνονται απ' ευθείας στα στοιχεία αυτά, όταν ακόμη το σκυρόδεμα δεν έχει σκληρύνει πολύ.

Ο πυθμένας (πάτος) των ξυλοτύπων των δοκών αποτελείται από σανίδες, που τοποθετούνται με το μήκος τους παράλληλο προς το μήκος της δοκού. Το ίδιο ισχύει και για τα πλαϊνά των δοκών. Οι σανίδες των πλαϊνών καρφώνονται στις σανίδες του πυθμένα και συνδέονται μεταξύ τους ανά αποστάσεις με κομμάτια σανίδων (κλάπες), που τοποθετούνται κατακόρυφα. Τα πλαϊνά στερεώνονται στη θέση τους με δύο οριζόντιες σανίδες ή καδρόνια, που καρφώνονται εξωτερικά στο υψηλότερο και στο χαμηλότερο μέρος τους. Η άνω σανίδα συνδέεται με τα καδρόνια των ικριωμάτων των πλακών, ενώ η κάτω καρφώνεται επάνω στα οριζόντια ξύλα, που έχουν στην κεφαλή τους οι στύλοι των ικριωμάτων κάτω από τις δοκούς.

Τα πλαϊνά των περιμετρικών δοκών, εκείνων δηλαδή, που δεν έχουν πλάκα και από τις δύο πλευρές, συνδέονται μεταξύ τους για μεγαλύτερη ασφάλεια με σύρμα, το οποίο τελικά παραμένει μέσα στο σκυρόδεμα.

Στις δίεδρες γωνίες, που σχηματίζουν τα πλαϊνά με τον πυθμένα, πρέπει να τοποθετούνται φαλτσογωνιές, όπως ακριβώς και στις ακμές των υποστυλωμάτων. Καλό είναι επίσης τα πλαϊνά να τελειώνουν στο ανώτερο μέρος τους με κλίση 45° , ώστε να δημιουργείται φαλτσογωνιά και στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ δοκού και πλάκας. Επειδή όμως αυτό προκαλεί φθορά της ξυλείας παραλείπεται συνήθως στα μικρά έργα.

Με τον ίδιο τρόπο, όπως και για τις δοκούς, κατασκευάζονται οι ξυλότυποι των πλαισίων, των τόξων και άλλων κατασκευών, που μοιάζουν με τις δοκούς ως προς τη μορφή τους.

Όταν οι δοκοί είναι ανεστραμμένες, όταν δηλαδή οι νευρώσεις τους εξέχουν πάνω από την πλάκα, υπάρχουν για την κατασκευή των ξυλοτύπων δύο λύσεις ή διαστρώνουμε πρώτα την πλάκα και καλουπώνουμε μετά τις δοκούς, σαν να ήταν χαμηλά τοιχώματα, ή καλουπώνουμε από την αρχή τις δοκούς και διαστρώνουμε το σκυρόδεμα χωρίς διακοπή.

Στη δεύτερη περίπτωση είναι αναπόφευκτο ότι ορισμένα ξύλα θα περιβάλλονται από σκυρόδεμα. Όταν τα ξύλα αυτά αφαιρεθούν, αφήνουν τρύπες οι οποίες είναι ασθενή σημεία της κατασκευής, ιδίως από άποψη της στεγανότητας του σκυροδέματος. Οι τρύπες αυτές πρέπει να είναι κατά το δυνατόν λιγότερες και να κλείνονται με μεγάλη επιμέλεια.

10.3.3 Τύποι για πλάκες

Οι ξυλότυποι των πλακών αποτελούνται από ένα απλό σανίδωμα (πέτσωμα), που καρφώνεται απ' ευθείας στη σχάρα των καδρονιών, που βρίσκεται στο ανώτερο μέρος των ικριωμάτων. Οι σανίδες τοποθετούνται κάθετα προς την άνω στρώση των καδρονιών της σχάρας αυτής.

Στην περίμετρο των πλακών τοποθετούνται όρθιες σανίδες (κούτελα). Οι σανίδες αυτές στηρίζονται εξωτερικά με κλάπες, που συνδέονται με τα καδρόνια των ικριωμάτων. Εσωτερικά δένονται με το κυρίως σανίδωμα με σύρμα, το οποίο τελικά παραμένει μέσα στο σκυρόδεμα.

10.4 ΤΥΠΟΙ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ

Όσα αναφέρθηκαν ως εδώ, αφορούν κυρίως τους ξυλότυπος, δηλαδή τους ξύλινους τύπους. Όταν χρησιμοποιούνται άλλα υλικά, εφαρμόζονται σε γενικές γραμμές οι ίδιες αρχές. Ειδικότερα για τους μεταλλικούς τύπους που συνήθως είναι τυποποιημένα βιομηχανικά προϊόντα, πρέπει να εφαρμόζονται οι προδιαγραφές του κατασκευαστή.

10.5 ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΥΠΩΝ

Το σκυρόδεμα πήζει όπως είναι ήδη γνωστό μέσα σε λίγες ώρες. Επομένως, εάν οι τύποι αφαιρεθούν ακόμη και την ίδια μέρα, που διαστρώνεται, δεν υπάρχει κίνδυνος να χάσει το σκυρόδεμα το σχήμα που έχει αποκτήσει. Εν τούτοις η αφαίρεση των τύπων, πριν περάσει η κατάλληλη προθεσμία είναι πάρα πολύ επικίνδυνη. Αυτό συμβαίνει, επειδή η πήξη μεν συντελείται γρήγορα, η σκλήρυνση όμως του σκυροδέματος συντελείται με πολύ αργότερο ρυθμό.

Όταν αφαιρεθούν οι τύποι, οι νωπές ακόμη κατασκευές από σκυρόδεμα αναγκάζονται να υποστούν μια εντατική κατάσταση, που την προκαλεί το ίδιο το βάρος τους. Το ίδιο βάρος συνήθως αντιπροσωπεύει σημαντικό ποσοστό των φορτίων λειτουργίας. Ακόμη σοβαρότερη είναι η περίπτωση στις πολυώροφες κατασκευές. Εκεί ο ένας όροφος φέρει μέσω των ικριωμάτων, εκτός από το ίδιο βάρος του, και το βάρος του υπερκείμενου ορόφου, όταν διαστρωθεί και αυτός, πράγμα που δεν συμβαίνει κατά τη λειτουργία του έργου. Υπάρχει έτσι η εξής πιθανότητα η εντατική κατάσταση σε μια ημιτελή κατασκευή, από την οποία έχουν αφαιρεθεί τα καλούπια, όταν διαστρώνεται ο υπερκείμενος όροφος να είναι δυσμενέστερη από την εντατική κατάσταση της με τα πλήρη φορτία λειτουργίας, τα οποία είναι σχετικά μικρά στα συνηθισμένα οικοδομικά έργα.

Για τους λόγους αυτούς πρέπει όταν αφαιρούνται οι τύποι, το σκυρόδεμα να έχει αποκτήσει αρκετή αντοχή, ώστε να αναλάβει με ασφάλεια τις τάσεις, που προκαλούνται από τις προσωρινές αυτές εντατικές καταστάσεις. Στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει ο κίνδυνος αν όχι να καταρρεύσει όλη η κατασκευή, να υποστεί όμως μόνιμα παραμορφώσεις ή ρήγματα.

Οι κανονισμοί προβλέπουν ορισμένες ελάχιστες προθεσμίες για την αφαίρεση των τύπων σε κάθε περίπτωση. Συχνά η αφαίρεση γίνεται, πριν περάσει ο απαιτούμενος χρόνος, για να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη εκμετάλλευση της ξυλείας των ξυλοτύπων. Η τακτική αυτή είναι παράνομη και επικίνδυνη, γι' αυτό να απαγορεύεται αυστηρά από τα υπεύθυνα όργανα του εργοταξίου.

Οι προθεσμίες των κανονισμών σε ημέρες κάτω κανονικές συνθήκες, είναι αυτές που αναγράφονται στον πίνακα. Οι προθεσμίες αυτές πρέπει να αυξάνονται λίγο, όταν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Πρέπει επίσης να αυξάνονται, όταν πρόκειται για κατασκευές επικίνδυνες όπως π.χ. μεγάλους βάρους προβόλους, κελύφη με μεγάλα ανοίγματα, στοιχεία με πολύ μικρό πάχος κ.α.

Στοιχεία κατασκευής	Τσιμέντο τύπου I	Τσιμέντο τύπου II
Πλευρικά δοκών, πλακών, στύλων	2 ημ.	3 ημ.
Ξυλότυποι πλακών, δοκών	5 ημ.	8 ημ.
Ξυλότυποι πλακών, δοκών L>5m	10 ημ.	16 ημ.
Υποστυλώματα ασφαλείας δοκών, πλαισίων και πλακών L>5m	28 ημ.	28 ημ.

Χρόνος αφαιρέσεως ξυλοτύπων

Υποστυλώματα ασφαλείας καλούνται ορισμένα κατακόρυφα στοιχεία των ικριωμάτων τα οποία πρέπει να παραμένουν και μετά την αφαίρεση των τύπων ώστε να μειώνουν τα ανοίγματα των πλακών και δοκών. Για πλάκες με άνοιγμα μέχρι 4,00m δεν χρειάζονται υποστυλώματα ασφαλείας. Για μεγαλύτερα ανοίγματα αρκεί μια σειρά στο μέσο του ανοίγματος και σε αποστάσεις 5,00m από το ένα υποστυλώμα στο άλλο. Στους δοκούς με άνοιγμα ως 6,00m αρκεί ένα υποστυλώμα ασφαλείας στο μέσο και για μεγαλύτερα ανοίγματα δύο, στα τρίτα του ανοίγματος. Στις πολυώροφες κατασκευές τα υποστυλώματα ασφαλείας πρέπει να τοποθετούνται κατά τρόπο ώστε το ένα να βρίσκεται ακριβώς επάνω από το άλλο.

Σύμφωνα προς τον παραπάνω πίνακα η αφαίρεση των τύπων γίνεται κατά φάσεις, που μπορούν να φθάσουν τις τέσσερις, αφού κατά κανόνα κάθε κατασκευή έχει κατακόρυφες έδρες, πλάκες και δοκούς. Η κατασκευή των τύπων πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η αφαίρεση τους κατά φάσεις με τη σειρά ακριβώς που προβλέπουν οι κανονισμοί.

11. ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

11.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όπως έχει αναφερθεί στις σχετικές παραγράφους ο οπλισμός αποτελείται συνήθως από χαλύβδινες ράβδους με κυκλική διατομή και κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με την ποιότητα του χάλυβα. Επειδή ακριβώς υπάρχουν πολλές κατηγορίες πρέπει πάντοτε να αναγράφεται στα σχέδια η κατηγορία, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση.

Πριν αρχίσουν οι εργασίες πρέπει να συντάσσεται μια προμέτρηση του οπλισμού, η οποία να βασίζεται στα σχέδια. Με την προμέτρηση προκύπτουν οι απαιτούμενες ποσότητες, όχι μόνο κατά ποιότητες χάλυβα αλλά και κατά διαμέτρους ράβδων, ώστε να μπορεί να γίνει η παραγγελία του υλικού.

Η μεταφορά του οπλισμού δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες και μπορεί να



γίνει με οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο. Επίσης δεν απαιτούνται ιδιαίτερα προστατευτικά μέτρα ωστόσο να χρησιμοποιηθεί ο οπλισμός εκτός αν μεσολαβήσει μακροχρόνιο διάστημα. Τότε ο οπλισμός πρέπει να αποθηκεύεται σε

Σιδηρούς οπλισμός κατασκευασθέντος μοντέλου

ξηρό χώρο και κάτω από στέγη, για να προστατεύεται από την οξειδωση.

Η ύπαρξη ελαφριάς οξειδώσεως στην επιφάνεια του οπλισμού αν δεν προχωρεί σε βάθος δεν είναι επικίνδυνη. Επίσης η σκουριά πρέπει να είναι καλά προσκολλημένη επάνω στο σίδηρο και να μη σχηματίζει στρώμα, που να αποκολλάται εύκολα. Εάν συμβαίνει το αντίθετο η σκουριά πρέπει να αφαιρείται με σφυρηλάτηση ή τριβή με γυαλόχαρτο.

11.2 ΚΟΠΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Η κοπή του οπλισμού πρέπει να γίνεται με βάση τους καταλόγους οπλισμού οι οποίοι συντάσσονται σύμφωνα με τη στατική μελέτη και τα κατασκευαστικά σχέδια.

Η διαμόρφωση του οπλισμού για να αποκτήσει το σχήμα που προβλέπει η μελέτη συνήθως γίνεται από ειδικούς μηχανισμούς.

11.3 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΣΗ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Όταν συμπληρωθεί η κατασκευή των ξυλοτύπων (καλουπιών) και η διαμόρφωση του οπλισμού, αρχίζει η τοποθέτηση του στην οριστική του θέση. Η τοποθέτηση αυτή γίνεται σύμφωνα με τα σχέδια κατασκευής.

Ο οπλισμός διακρίνεται σε κύριος οπλισμός αντοχής και σε δευτερεύοντα. Σε μία πλάκα π.χ. ο κύριος οπλισμός τοποθετείται κατά τη μια διεύθυνση και ο δευτερεύων κατά την άλλη. Ο δευτερεύων οπλισμός είναι και αυτός απαραίτητος για την αντοχή και προβλέπεται από τους κανονισμούς, πρέπει επομένως πάντοτε να τοποθετείται και να δίνεται σε αυτόν η ίδια σημασία, που δίνεται και στον οπλισμό αντοχής.

Επίσης ο δευτερεύων οπλισμός συντελεί, στο να συνδέονται μεταξύ τους όλες οι ράβδοι του οπλισμού και να αποτελούν ένα τρισδιάστατο πλέγμα, το οποίο μπορεί να ισορροπεί και να στέκεται στη θέση του, έως ότου διαστρωθεί το σκυρόδεμα. Για τις πλάκες ο δευτερεύων οπλισμός ονομάζεται και ο οπλισμός διανομής.

Όπου διασταυρώνονται ράβδοι του κυρίου οπλισμού, με ράβδους του δευτερεύοντα δένονται μεταξύ τους με σύρμα. Χρησιμοποιείται συνήθως μαλακό σύρμα. Το δέσιμο και το κόψιμο των συρμάτων γίνεται με τη βοήθεια μιας λαβίδας (πένσας). Δεν είναι απαραίτητο να δένονται οι ράβδοι οπλισμού σε όλες τις διασταυρώσεις, δεν επιτρέπεται όμως να παραμένει ράβδος ασύνδετη σε μήκος μεγαλύτερο από 60 έως 80cm. Ειδικά οι ράβδοι, που είναι δυνατόν κατά τη λειτουργία να υπόκεινται και σε θλιπτικές δυνάμεις, πρέπει να δένονται σε όλες τις διασταυρώσεις.

Όταν ο οπλισμός τοποθετηθεί και συναρμολογηθεί εδράζεται επάνω στα καλούπια. Επομένως δεν εξασφαλίζεται η επικάλυψη του οπλισμού, που απαιτούν οι

κανονισμοί, τουλάχιστον ως προς τις κάτω επιφάνειες των στοιχείων της κατασκευής.

Μια απλή και πρωτόγονη μέθοδος, για να λυθεί το πρόβλημα αυτό, είναι να ανασηκώνεται με τα χέρια ο οπλισμός, μόλις αρχίσει η διάστρωση του σκυροδέματος, ώστε το σκυρόδεμα να περάσει και να στρωθεί και κάτω από αυτόν.



Η μέθοδος αυτή σπανίως πλέον εμφανίζεται στην Ελλάδα και έχει ως αποτέλεσμα να φαίνονται σε αρκετά σημεία της κάτω επιφάνειας της κατασκευής πολλές ράβδοι οπλισμού, όταν αφαιρεθούν οι ξυλότυποι (καλούπια). Αντίθετα σε άλλα σημεία, ιδίως στο πάνω

Σιδηρούς οπλισμός κατασκευασθέντος μοντέλου

μέρος των κατασκευών, οι επικαλύψεις είναι πολύ μεγαλύτερες από εκείνες, που προβλέπουν οι κανονισμοί και που έχουν ληφθεί υπόψη στους υπολογισμούς.

Το τελευταίο αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι ο οπλισμός παραμορφώνεται κατά τη διάστρωση του σκυροδέματος, επειδή κυκλοφορούν επάνω του τα υλικά και το προσωπικό. Γι' αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να βρίσκεται συνεχώς κατά τη διάστρωση του σκυροδέματος ένας τεχνίτης (σιδεράς) και να διορθώνει τις βλάβες που υφίσταται ο οπλισμός.

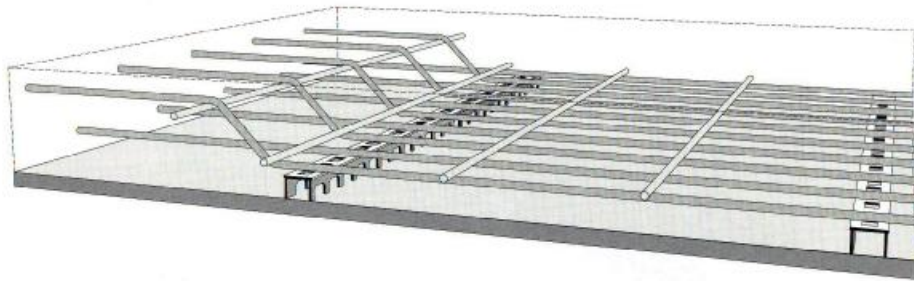
Η σωστή λύση, για να εξασφαλισθεί η επικάλυψη του οπλισμού είναι να χρησιμοποιηθούν ειδικά στηρίγματα.

Πλάκες:

$$C_{\min} \geq 2,0\text{cm}$$

$$C_{\min} \geq 3,0\text{cm} \text{ (σε παραθαλάσσιες περιοχές)}$$

Η εξασφάλιση της επικάλυψης, επιτυγχάνεται μόνο με στηρίγματα (αποστασιοποιητές ή spacers), που πρέπει να είναι ουδέτερα στην οξειδωση σώματα και τοποθετούνται ανά 1,5m περίπου. Η πιο ενδεδειγμένη λύση είναι οι πλαστικές βέργες.



Οι λόγοι που επιβάλλουν την επικάλυψη των οπλισμών:

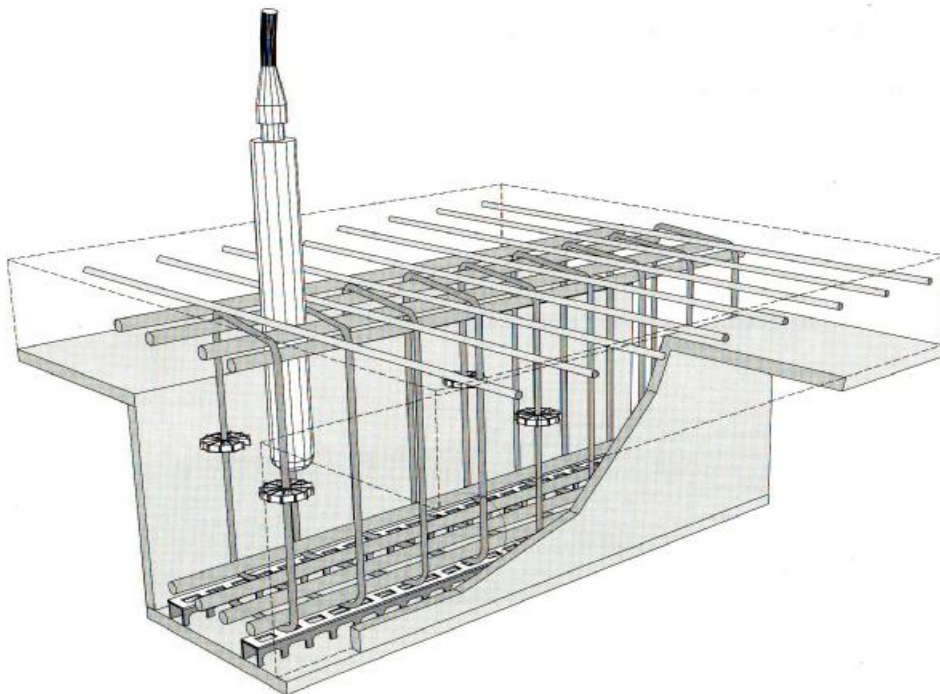
- Προστασία του οπλισμού από οξείδωση
- Εξασφάλιση συνάφειας χάλυβα-σκυροδέματος
- Πυρασφάλεια

Δοκοί:

$C_{min} \geq 2,5cm$

$C_{min} \geq 3,5cm$ (σε παραθαλάσσιες περιοχές)

Η στήριξη των συνδετήρων στη βάση εξυπηρετεί να γίνεται πάνω σε ενιαία αδρανή βέργα, επειδή όλα τα φορτία των οπλισμών, μεταφέρονται σ' αυτά ακριβώς τα σημεία.



Η παράπλευρη εξασφάλιση του οπλισμού μπορεί να γίνεται με την περιοδική τοποθέτηση (π.χ. κάθε 5 συνδετήρες) μεμονωμένων στηριγμάτων.

Υποστυλώματα:

$C_{min} \geq 2,5\text{cm}$

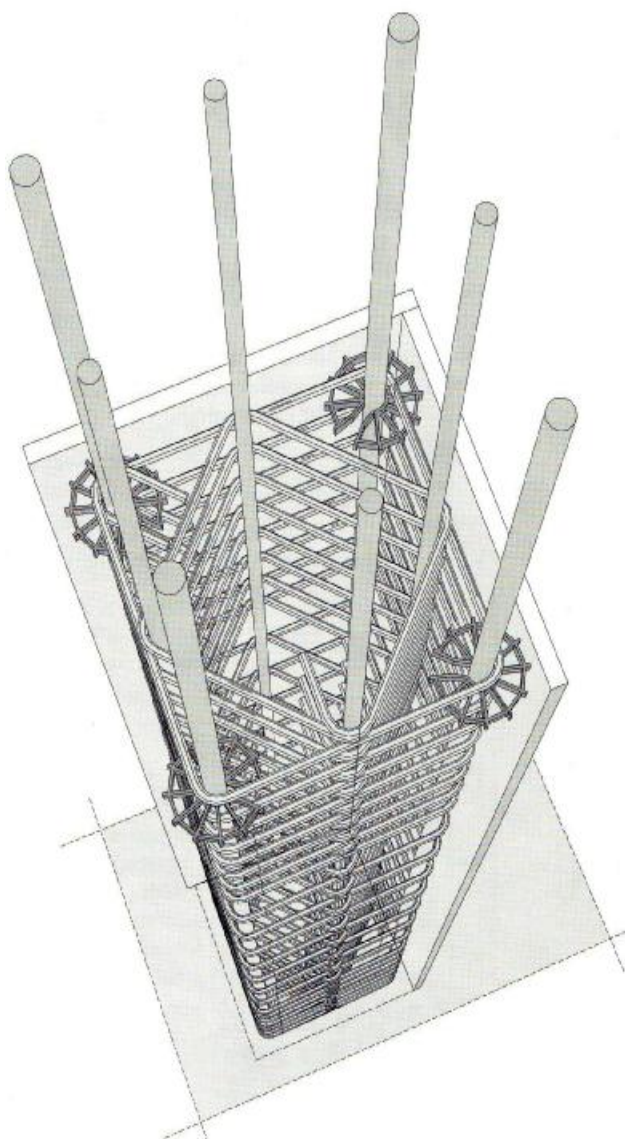
$C_{min} \geq 3,5\text{cm}$ (σε παραθαλάσσιες περιοχές)

Η εξασφάλιση της επικάλυψης είναι απλή π.χ. αρκούν τέσσερα (4) μεμονωμένα στηρίγματα στην κορυφή του υποστυλώματος, επειδή στη βάση οι ράβδοι εξασφαλίζονται με δέσιμο στις αναμονές.

Γενικά οι επικαλύψεις που εξασφαλίζονται με πλαστικά υποθέματα έχουν σημαντικό

κόστος όσον αφορά την προμήθεια των πλαστικών, έχουν όμως ελάχιστο κόστος εργασίας στην τοποθέτησή τους.

Βέβαια σαν υποθέματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ευτελή υλικά, π.χ. κομμάτια από μάρμαρο, που δεν έχουν κόστος προμήθειας έχουν όμως υψηλό κόστος τοποθέτησης και το μεγάλο τους πρόβλημα είναι το αν και κατά πόσον θα τοποθετηθούν σωστά μια και η τοποθέτησή τους γίνεται μετά το σιδέρωμα λίγο πριν την σκυροδέτηση.



12. ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚ-303

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

12.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο αυτής της μεθόδου είναι να περιγραφεί ο τρόπος παρασκευής και συντηρήσεως των δοκιμίων σκυροδέματος για τον προσδιορισμό της συμβατικής αντοχής του σκυροδέματος, για την εκτέλεση μελετών συνθέσεως σκυροδέματος και για τον προσδιορισμό της πορείας αντοχής του σκυροδέματος στο έργο.

12.2 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

12.2.1 Σχήμα και διαστάσεις των δοκιμίων

Το σχήμα και οι διαστάσεις των δοκιμίων πρέπει να έχουν ως εξής:

- Κύλινδροι διαμέτρου d και μήκους $2d$
- Κύβοι ακμής d
- Πρίσματα τετραγωνικής διατομής, πλευράς d και μήκους τουλάχιστον $3d+50\text{mm}$

Η διάσταση d πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση του τριπλασίου της ονομαστικής διαμέτρου του μέγιστου κόκκου των αδρανών, να μην αποκλίνει της ονομαστικής της τιμής περισσότερο του 3% και να έχει τιμές 100, 150, 200, 250, 300mm με προτιμότερη εκείνη των 150mm.

12.2.2 Ανοχές σχήματος δοκιμίων

Η ανοχή επιπεδότητας των επιφανειών φορτίσεως των κύβων και των πρισμάτων που χρησιμοποιούνται σε όλες τις δοκιμές και των κυλίνδρων που χρησιμοποιούνται στη δοκιμή θλίψεως, πρέπει να είναι 0,001 d .

Η γενέτειρα των κυλίνδρων που χρησιμοποιούνται στην δοκιμή διαρρήξεως πρέπει να είναι ευθύγραμμη με ανοχή 0,001 d .

Η γωνία ανάμεσα σε δύο συντρέχουσες επιφάνειες κύβων ή πρισμάτων καθώς και η γωνία ανάμεσα στη γενέτειρα και στις βάσεις του κυλίνδρου πρέπει να είναι $90^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$.

12.3 ΜΕΣΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ



Δονητής μάζας που χρησιμοποιήθηκε κατά την σκυροδέτηση του μοντέλου

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος μέσα στη μήτρα γίνεται με τράπεζα δονήσεως ή δονητή μάζας ή ράβδο συμπυκνώσεως. Η τράπεζα δονήσεως πρέπει να λειτουργεί με συχνότητα τουλάχιστον 3600 ταλαντώσεων στο λεπτό και ο δονητής μάζας τουλάχιστον 7000

ταλαντώσεων στο λεπτό. Η διάμετρος του στελέχους του δονητή μάζας δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα πέμπτο περίπου της μικρότερης διάστασης του δοκιμίου και οπωσδήποτε δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 38mm.

Η ράβδος συμπυκνώσεως πρέπει να είναι χαλύβδινη, ευθύγραμμη, κυκλικής διατομής, διαμέτρου 16mm, μήκους 600mm, με στρογγυλεμένα άκρα.

12.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

12.4.1 Προετοιμασία

Προ της πληρώσεως οι εσωτερικές παρειές των μιτρών πρέπει να επαλείφονται με λεπτό στρώμα ορυκτελαίου ή με οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υλικό ώστε ν' αποφεύγεται επικόλληση του σκυροδέματος στις παρειές. Το υλικό αυτό δεν πρέπει να αντιδρά χημικά με τα συστατικά του σκυροδέματος. Για τη διευκόλυνση της πληρώσεως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, σε περίπτωση ύφυγρου σκυροδέματος, πρόσθετη προέκταση πάνω στη μήτρα.

12.4.2 Εκλογή της μεθόδου συμπυκνώσεως

Αν στη σύμβαση του έργου δεν αναφέρεται άλλος τρόπος συμπυκνώσεως των δοκιμίων, ή συμπύκνωση θα γίνεται, με δονητή όταν η κάθιση του σκυροδέματος είναι μικρότερη από 50mm, με δονητή ή ράβδο όταν η κάθιση είναι μεγαλύτερη από 100mm.

Η συμπύκνωση πρέπει να συνεχίζεται μέχρις ότου θεωρηθεί ότι αυτή είναι πλήρης.

Η εφαρμοζόμενη μέθοδος συμπυκνώσεως πρέπει να περιγραφεί στην έκθεση στοιχείων των δοκιμίων

12.4.3 Συμπύκνωση με δόνηση

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος πρέπει να αρχίζει αμέσως μετά την τοποθέτηση του σκυροδέματος στη μήτρα.

12.4.3.1 Τράπεζα δόνησεως

Μετά το γέμισμα της μήτρας με περίσσεια σκυροδέματος αρχίζει η δόνηση. Η μήτρα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με την τράπεζα δόνησεως και γι' αυτό πρέπει να στερεώνεται συνεχώς πάνω σ' αυτή. Η δόνηση διακόπτεται μόλις εμφανισθεί, στην επιφάνεια του σκυροδέματος, λεπτό στρώμα τσιμεντοκονιάματος που να καλύπτει τελείως τα αδρανή.

12.4.3.2 Δονητής μάζας

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος γίνεται μετά το γέμισμα της μήτρας. Σε περίπτωση κύβων ή κυλίνδρων ο δονητής βυθίζεται κατακόρυφα στο κέντρο του δοκιμίου, ενώ σε περίπτωση πρισμάτων ο δονητής βυθίζεται κατά μήκος του μεγαλύτερου άξονα σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους περίπου κατά d , μέχρι σημείου βάθους περίπου 20mm πάνω από το πυθμένα. Σε συνέχεια ο δονητής μάζας ανασύρεται αργά, ενώ προστίθεται σκυρόδεμα, σε τρόπο ώστε η μήτρα να παραμένει πάντοτε γεμάτη. Η ακτίνα δράσεως του δονητή πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $d/2$ για τους κυλίνδρους και του $3/4d$ για τους κύβους και τα πρίσματα.

12.4.4 Συμπύκνωση με ράβδο

Το σκυρόδεμα πρέπει να διαστρώνεται μέσα στις μήτρες σε στρώσεις ίσου ύψους. Ο αριθμός στρώσεων και ο αριθμός χτύπων σε κάθε στρώση δίνεται στον παρακάτω πίνακα. Κατά τη συμπύκνωση η ράβδος εισχωρεί στην κατώτερη στρώση κατά 20mm περίπου.

Μορφή δοκιμίων	Διάσταση d σε mm	Αριθμός στρώσεων	Αριθμός χτύπων ανά στρώση
Κύβοι	200	2	50
Κύβοι	150	2	25
Κύλινδροι	150	3	25
Πρίσματα	150	2	Ένας χτύπος ανά 100mm ²

Αριθμός στρώσεων και χτύπων για παρασκευή δοκιμίων

Στην κατώτερη στρώση η ράβδος πρέπει να εισχωρεί μέχρι τον πυθμένα της μήτρας.

12.4.5 Τελική επεξεργασία

Μετά την ολοκλήρωση της συμπύκνωσης η επιφάνεια του σκυροδέματος επιπεδώνεται.

Η σήμανση του δοκιμίου πρέπει να γίνει κατά τρόπο ευκρινή και μόνιμο χωρίς αλλοιώσεις της επιφάνειας του σκυροδέματος η οποία θα φέρει φορτίο κατά τη δοκιμασία του δοκιμίου.

12.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Τα δοκίμια πρέπει να παραμένουν μέσα στις μήτρες προστατευμένα από κρούσεις, δονήσεις και ξήρανση, τουλάχιστο επί 20 ώρες το πολύ δε επί 32 ώρες*.

* Σε περίπτωση χρησιμοποίησης επιβραδυντικών προσθέτων, ο χρόνος παραμονής των δοκιμίων μέσα στις μήτρες πρέπει να αυξάνεται ανάλογα και τούτο να μνημονεύεται στην έκθεση των στοιχείων των δοκιμίων.

12.5.1 Δοκίμια για τον έλεγχο της συμβατικής αντοχής του σκυροδέματος

Τα δοκίμια αυτά μέχρι να απομακρυνθούν από τις μήτρες και να μεταφερθούν για κανονική συντήρηση, φυλάσσονται αφού σφραγισθούν επί 24 ώρες περίπου στον τόπο λήψεως τους και σε χώρο που να εξασφαλίζει ήπιες συνθήκες προόδου της πήξεως και σκληρύνσεως, δηλαδή για μεν το χειμώνα λαμβάνεται μέριμνα για την προστασία από παγοπληξία, για δε το καλοκαίρι από καύσωνα και εξάτμιση νερού.



Συντήρηση δοκιμίων σκυροδέματος εντός δεξαμενής

Μετά την αφαίρεση των μητρών, τα δοκίμια πρέπει να διατηρούνται σε θερμοκρασία $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ και σε ατμοσφαιρική σχετική υγρασίας τουλάχιστο 90%.

12.5.2 Δοκίμια για τον προσδιορισμό της πορείας αντοχής του σκυροδέματος στο έργο.

Τα δοκίμια αυτά θα παραμένουν μέχρι τον έλεγχο τους δίπλα στο κατακόρυφο στοιχείο ή επάνω στο οριζόντιο στοιχείο που κατασκευάστηκε από το ίδιο σκυρόδεμα από το οποίο μορφώθηκαν τα δοκίμια. Η συντήρηση των δοκιμίων (κάλυψη, διαβροχή κλπ.) θα γίνεται όπως ακριβώς και του αντίστοιχου στοιχείου.

12.5.3 Δοκίμια μελέτης συνθέσεως

Τα δοκίμια αυτά συντηρούνται όπως στην παράγραφο 5.1 εφόσον δεν προδιαγράφεται διαφορετική συντήρηση λόγω ειδικών απαιτήσεων του έργου.

12.6 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

6.1

Τα δοκίμια που προορίζονται για τον έλεγχο της συμβατικής του σκυροδέματος θα αποστέλλονται στο εργαστήριο για συντήρηση όσο το δυνατό νωρίτερα μετά την

αφαίρεση των μητρών. Απώλεια υγρασίας και αποκλίσεις από τη θερμοκρασία συντηρήσεως πρέπει να αποφεύγονται κατά τη μεταφορά. Γι' αυτό το σκοπό τα δοκίμια θα μεταφέρονται συσκευασμένα μέσα σε υγρή άμμο, υγρά πριονίδια ή άλλα ανάλογα μέσα.

6.2

Τα δοκίμια προσδιορισμού της πορείας αντοχής του σκυροδέματος στο έργο θα μεταφέρονται για έλεγχο στο εργαστήριο στη ζητούμενη ηλικία, κατάλληλα προστατευμένα ώστε οι συνθήκες συντηρήσεως τους κατά τη μεταφορά να μοιάζουν κατά το δυνατό με τις συνθήκες συντηρήσεως του έργου.

12.7 ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

7.1 Σκοπός παρασκευής των δοκιμίων (βλ. παρ. 1)

7.2 Ημερομηνία παρασκευής

7.3 Πλήθος και στοιχεία δοκιμίων

7.4 Σχήμα και διαστάσεις δοκιμίων

7.5 Σύνθεση σκυροδέματος (εφόσον είναι γνωστή)

7.6 Χρήση πρόσθετων μάζας σκυροδέματος

7.7 Μέθοδος συμπυκνώσεως

7.8 Τρόπος συντηρήσεως

13.ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΚ-304

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

13.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το παρόν Ελληνικό Πρότυπο έχει αντικείμενο την περιγραφή της μεθόδου προσδιορισμού της αντοχής σε θλίψη των δοκιμίων σκληρυμένου σκυροδέματος. Η προδιαγραφή αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε σκυρόδεμα με αδρανή είτε ελαφρά, είτε συνήθη, είτε βάρεια.

13.2 ΔΟΚΙΜΙΑ

Τα δοκίμια που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να ανταποκρίνονται προς την προδιαγραφή ΕΛΟΤ 671 «Παρασκευή και συντήρηση δοκιμίων σκυροδέματος» και ΕΛΟΤ 344.

Τα δοκίμια αυτά είναι κυλινδρική ή κυβικά, χυτά ή κομμένα από ένα μεγαλύτερο στοιχείο σκυροδέματος. Είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τμήματα πρισματικών δοκιμίων μετά τον έλεγχο της αντοχής σε κάμψη, υπό την προϋπόθεση ότι δεν θα έχουν ρωγμές. Το μήκος των τελευταίων αυτών δοκιμίων πρέπει να είναι τουλάχιστον 50mm μεγαλύτερο του πλάτους αυτών.

Η επιπεδότητα των βάσεων των κυλινδρικών δοκιμίων πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της προδιαγραφής ΕΛΟΤ 671 «Παρασκευή και συντήρηση δοκιμίων σκυροδέματος», αλλιώς οι βάσεις πρέπει να διαμορφώνονται καταλλήλως με λείανση ή καπελώματα. Στην περίπτωση δοκιμίων των οποίων οι βάσεις προέρχονται εκ κοπής, η επιπεδότητα αυτών δεν ικανοποιεί γενικά τις πιο πάνω απαιτήσεις και γι' αυτό πρέπει να διαμορφωθούν με λείανση ή καπέλωμα.

Κυβικά δοκίμια δεν έχουν ανάγκη διαμορφώσεως των επιφανειών υπό την προϋπόθεση ότι έχουν παρασκευαστεί σε χυτοσιδηρές μήτρες επιμελημένης κατασκευής (χωρίς μεγάλους πόρους) με αποκλίσεις στις διαστάσεις $\pm 0,2\%$, στην επιπεδότητα $\leq 0,05\text{mm}$ και στην καθετότητα $0,3^\circ$.

13.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Οι συνθήκες συντηρήσεως περιγράφονται στην προδιαγραφή ΕΛΟΤ 671 «Παρασκευή και συντήρηση δοκιμών σκυροδέματος»

Τα δοκίμια πρέπει να εξάγονται από τον θάλαμο συντηρήσεως αμέσως πριν από τον έλεγχο τους, για να μην χάσουν την υγρασία τους.

Σε περίπτωση που ο άμεσος έλεγχος καθυστερεί πρέπει το δοκίμιο να προστατευθεί με ειδικότερα μέτρα ώστε να μη χάσει την υγρασία του.

13.4 ΣΥΣΚΕΥΗ



Μηχανή θλίψεως δοκιμών σκυροδέματος
ένδειξης της.

Η μηχανή ελέγχου πρέπει να είναι κατάλληλη για τον έλεγχο δοκιμών σκυροδέματος. Η κλίμακα φορτίου (ως κλίμακα φορτίου, εδώ νοείται η διάταξη ρυθμίσεως του εκάστοτε επιθυμητού μέγιστου φορτίου) που θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το φορτίο θραύσεως να ευρίσκεται πέραν του πρώτου 1/10 αυτής. Η διαβάθμιση της κλίμακας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1% της μέγιστης

Η μηχανή πρέπει να έχει δύο χαλύβδινες πλάκες φορτίσεως με επιφάνεια σκληρότητας κατά Rockwell τουλάχιστον HRC 55.

Η μια τουλάχιστον από τις πλάκες αυτές (κατά προτίμηση η άνω) πρέπει να έχει σφαιρική άρθρωση. Το πάχος των πλακών πρέπει να είναι επαρκές ώστε η παραμόρφωση τους, στα συνήθη φορτία, να μην υπερβαίνει την ανοχή επιπεδότητας (βλ. παρακάτω).

Κατά τον έλεγχο κυβικών ή κυλινδρικών δοκιμών, οι πλάκες φορτίσεως πρέπει να είναι, σε μέγεθος, τουλάχιστον ίσες και κατά προτίμηση μεγαλύτερες από τις επιφάνειες του δοκιμίου επί του οποίου εφαρμόζεται το φορτίο. Βοηθητικές πλάκες

των αυτών ονομαστικών διαστάσεων όπως το δοκίμιο και με ελάχιστο πάχος $25\pm 4\text{mm}$ που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις περί πλακών φορτίσεως, μπορεί να παρεμβάλλονται μεταξύ δοκιμίου και εκάστης πλακός της μηχανής (η βοηθητική πλάκα δεν πρέπει να αναρτάται από την άνω πλάκα της συσκευής θλίψεως, διότι το κέντρο της σφαιρικής αρθρώσεως ενδέχεται να μη κείται πλέον στο κέντρο της ενδιάμεσου επιφανείας μεταξύ πλάκας και δοκιμίου).

Οι επιφάνειες επαφής των πλακών πρέπει να είναι κατάλληλα κατεργασμένες ώστε το σφάλμα επιπεδότητας να μην υπερβαίνει την ανοχή επιπεδότητας (ως ανοχή επιπεδότητας ορίζεται η απόσταση μεταξύ δύο παραλλήλων επιπέδων, τα οποία περικλείουν την επιφάνεια επαφής) $1/100\text{mm}$ ανά 100mm ακμής του κύβου ή της διαμέτρου του κυλίνδρου. Όταν με τη χρήση, η ανωτέρω ανοχή υπερβεί το διπλάσιο της τιμής αυτής, οι πλάκες πρέπει να υποστούν νέα κατεργασία.

Το κέντρο της σφαιρικής στηρίξεως πρέπει να βρίσκεται επί της επιφάνειας της πλάκας ή σε σημείο του οποίου η απόσταση από την επιφάνεια δεν είναι μεγαλύτερη του $1/200$ της διαγωνίου της πλάκας ή της διαμέτρου της, αναλόγως της περιπτώσεως.

Η διάμετρος της σφαίρας δεν πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση προς την μεγαλύτερη διάσταση της επιφάνειας του δοκιμίου που εφάπτεται με την πλάκα.

Όταν η δοκιμή θλίψεως πραγματοποιείται επί ημιπρισμάτων που προέρχονται από δοκίμια θραυσθέντα σε κάμψη, πρέπει να χρησιμοποιούνται βοηθητικές πλάκες της ίδιας σκληρότητας με τις κύριες πλάκες και με διαστάσεις τέτοιες ώστε να δημιουργείται μια τετραγωνική επιφάνεια επαφής ακμής ίσης με το πλάτος του πρίσματος που δοκιμάζεται.

Συνιστάται η χρήση οδηγού, ώστε να εξασφαλίζεται αφ' ενός μεν η αρχική κέντρωση αφ' ετέρου η σταθεροποίηση των βοηθητικών πλακών ώστε να μην μετακινηθούν οριζόντια όταν τοποθετούμε το δοκίμιο στη μηχανή.

13.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

13.5.1 Τοποθέτηση και κέντρωση των δοκιμίων

Το δοκίμιο καθαρίζεται και απομακρύνεται κάθε ξένο σώμα, που τυχόν είναι επικολλημένο στις επιφάνειες του. Στην περίπτωση που οι επιφάνειες του δοκιμίου έχουν εμφανή ίχνη νερού, πρέπει να σφουγγαρίζονται κατάλληλα. Οι διαστάσεις του δοκιμίου μετρούνται με ακρίβεια 1mm. Το δοκίμιο ζυγίζεται με ακρίβεια 0,25% του βάρους. Εφ' όσον υπάρχει ανάγκη γι' αυτό, οι επιφάνειες του δοκιμίου που πρόκειται να φορτισθούν υφίστανται επεξεργασία (π.χ. με καπέλωμα ή με λειοτρίβηση).

Καθαρίζονται με επιμέλεια οι πλάκες και οι επιφάνειες του δοκιμίου που έρχονται σε επαφή με αυτές. Στην περίπτωση κύβων και ημιπρισμάτων που προέρχονται από θραύση σε κάμψη, το δοκίμιο πρέπει να τοποθετηθεί στη μηχανή, σε τρόπο ώστε το φορτίο να εφαρμόζεται πάνω σε επιφάνειες που διαμορφώσαμε σ' επαφή με επιφάνειες της μήτρας.

Το δοκίμιο τοποθετείται στο κέντρο των κυρίων ή των βοηθητικών πλακών. Το σφάλμα κεντρώσεως δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 1/100 της διαμέτρου ή της ακμής του δοκιμίου.

Ημιπρίσματα που πήραμε από δοκιμή κάμψεως πρέπει να προεξέχουν τουλάχιστον κατά 25mm εκατέρωθεν των βοηθητικών πλακών, κατά το μήκος του δοκιμίου.

Κατά τη στιγμή επαφής του δοκιμίου με την άνω πλάκα ρυθμίζεται η σφαιρική στήριξη, ώστε η επαφή να είναι ομοιόμορφη.

13.5.2 Φόρτιση

Το φορτίο πρέπει να εφαρμόζεται χωρίς κρούση κατά τρόπο συνεχή και ομοιόμορφο. Η διάρκεια της δοκιμής δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 30sec. Η ταχύτητα φορτίσεως να περιλαμβάνεται μεταξύ 0,2 και 1N/mm² πρέπει να εφαρμόζεται κατά προτίμηση στα δοκίμια χαμηλής αντοχής και η ταχύτητα 1N/mm² στα δοκίμια υψηλής αντοχής. Για δοκίμια εξαιρετικώς χαμηλής αντοχής (μικρότερης των 6N/mm²) η ταχύτητα φορτίσεως δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 0,2N/mm²xsec αλλά η διάρκεια της δοκιμής επιτρέπεται να είναι μικρότερη των 30sec.

Όταν το δοκίμιο αρχίζει να παραμορφώνεται ταχέως, λίγο προ της θραύσεως, δεν επιτρέπεται πλέον να ρυθμίσουμε την ταχύτητα εφαρμογής του φορτίου, αλλά συνεχίζουμε τη φόρτιση και αφήνουμε να συντελεσθεί η θραύση με τις διαμορφούμενες συνθήκες ταχύτητας παραμορφώσεως. Σημειώνουμε το μέγιστο φορτίο F θραύσεως του δοκιμίου σε N .

13.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

13.6.1 Η αντοχή σε θλίψη δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ σε } N/mm^2 = \text{Μρα}$$

κατά προσέγγιση $0,05 N/mm^2$ όπου:

F : το μέγιστο καταγραφέν φορτίο κατά την θραύση σε N .

A : το εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου επί της οποίας δρα η δύναμη θλίψεως εκφρασμένο σε mm^2 .

13.6.2 Η πυκνότητα του δοκιμίου δίνεται από την σχέση:

$$d = \frac{G}{V_g} \text{ σε } kg/m^3$$

όπου:

G : το βάρος του δοκιμίου σε N .

V : ο όγκος του δοκιμίου σε m^3 .

G : η επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/sec^2 .

13.7 ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

13.7.1 Βασικές πληροφορίες οι οποίες πρέπει να περιέχονται υποχρεωτικώς στην έκθεση αποτελεσμάτων.

- διακριτικά δοκιμίου
- είδος δοκιμίου (χυτό ή αποκομμένο)
- μορφή και διαστάσεις δοκιμίου
- τρόπος συντηρήσεως δοκιμίου

- ενδεχόμενη επεξεργασία τω επιφανειών
- ηλικία δοκιμίου
- φορτίο θραύσεως
- τιμή της αντοχής σε θλίψη

13.7.2 Συμπληρωματικές πληροφορίες οι οποίες πρέπει να περιέχονται στην έκθεση αποτελεσμάτων, εφ' όσον είναι δυνατόν.

- γενική εμφάνιση του δοκιμίου (ελαττώματα κλπ)
- πυκνότητα δοκιμίου, κατά προσέγγιση, μετρούμενη όπως παρ. 6.2
- περιεκτικότητα σε τσιμέντο και αναλογίες συνθέσεως του σκυροδέματος
- είδος μητρών
- τρόπος παρασκευής των δοκιμίων (αριθμός στρώσεων, συμπύκνωση)
- είδος σκυροδέματος (ελαφρά, βαριά ή συνήθη αδρανή)
- οποιαδήποτε ασυνήθης μορφή θραύσεως (χαρακτηριστικές ασυμμετρίες)
- ημερομηνία παραλαβής των δοκιμίων από το εργαστήριο
- ενδεχομένως χρησιμοποιηθέντα πρότυπα

14. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΚ-309

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΘΙΣΕΩΣ

14.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το παρόν Ελληνικό πρότυπο αφορά την περιγραφή της μεθόδου προσδιορισμού της εργασιμότητας του σκυροδέματος με τη μέθοδο της καθίσεως, στο εργαστήριο και στο εργοτάξιο.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε σκυροδέματα που ο μέγιστος κόκκος του αδρανούς τους είναι το πολύ 40mm. Ακόμη δεν είναι εφαρμόσιμη σε σκυροδέματα μικρής εργασιμότητας ή σε σκυροδέματα χωρίς συνοχή.

14.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Το δείγμα, που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή, πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό της παρτίδας του σκυροδέματος που εξετάζεται.

Το δείγμα πρέπει να λαμβάνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή ΕΛΟΤ 516 «Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος» και να ελέγχεται μέσα σε 5min, το πολύ, από την ολοκλήρωση της δειγματοληψίας.

14.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ

14.3.1 Κώνος καθίσεως

Είναι κολουροκωνικό μεταλλικό χωνί που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της καθίσεως σκυροδέματος. Το μέταλλο κατασκευής του δεν πρέπει να προσβάλλεται από το σκυρόδεμα, να έχει δε πάχος τουλάχιστον 1,5mm. Η εσωτερική επιφάνεια του χωνιού να είναι λεία, χωρίς τοπικές ανωμαλίες.

Οι διαστάσεις του κώνου καθίσεως πρέπει να είναι οι ακόλουθες:

- διάμετρος κάτω βάσεως : $200\pm 2\text{mm}$
- διάμετρος άνω βάσεως : $100\pm 2\text{mm}$
- ύψος : $300\pm 2\text{mm}$

Οι δύο βάσεις του είναι ανοικτές, παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες στον άξονα του.

Η μήτρα αυτή έχει στο άνω μέρος της δύο χειρολαβές προσαρμοσμένες στα 2/3 του ύψους της. Έχει ακόμη κοντά στη βάση της δύο αντιδιαμετρικά πτερύγια για την ακινητοποίηση της, ώστε να μπορεί να κάνει δυνατή την πλήρη απελευθέρωση της κολουροκωνικής μήτρας καθίσεως, χωρίς να προκαλείται καμία μετακίνηση της.

14.3.2 Ραβδί συμπυκνώσεως

Το ραβδί συμπυκνώσεως πρέπει να είναι χαλύβδινο, ευθύγραμμο, κυκλικής διατομής, με διάμετρο 16mm και μήκος 600mm με στρογγυλεμένα άκρα.

14.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

Ο κώνος καθίσεως διαβρέχεται εσωτερικά και τοποθετείται πάνω σε άκαμπτη, επίπεδη, οριζόντια και μη απορροφητική επιφάνεια, η οποία επίσης πρέπει να έχει διαβραχεί. Ο κώνος καθίσεως πρέπει να κρατιέται ακίνητος σ' όλη τη διάρκεια του γεμίσματος, με τη βοήθεια των δύο πτερυγίων στηρίξεως του.

Αμέσως μετά τη λήψη του δείγματος του σκυροδέματος, σύμφωνα με τους όρους της παραγράφου 2, γεμίζεται ο κώνος σε τρεις στρώσεις, έτσι ώστε, μετά τη συμπύκνωση, κάθε στρώση να είναι ίση με το ένα τρίτο (1/3) περίπου του ύψους του κώνου.

Κάθε στρώση συμπυκνώνεται με 25 ραβδισμούς με το ραβδί συμπυκνώσεως, που κατανέμονται ομοιόμορφα σ' ολόκληρη την επιφάνεια του σκυροδέματος.

Κατά τη συμπύκνωση της κατώτερης στρώσεως είναι αναγκαίο να δίνεται μικρή κλίση στο ραβδί κατά την έμπηξη του στο σκυρόδεμα της περιμέτρου του κώνου και βαθμιαία να κατακορυφώνεται, καθώς οι κτύποι προχωρούν με σπειροειδή κίνηση προς το κέντρο. Οι μισοί περίπου ραβδισμοί πρέπει να κατανέμονται στην περίμετρο.

Το ραβδί πρέπει να βυθίζεται σ' όλο το ύψος της κατώτερης στρώσεως. Στη δεύτερη και τρίτη στρώση το ραβδί πρέπει να βυθίζεται σ' όλη τη στρώση και να περνάει λίγο στην αμέσως κατώτερη.

Στην ανώτερη στρώση ο κώνος πρέπει να γεμίζεται με περίσσεια σκυροδέματος, πριν από την έναρξη των ραβδισμών και να συμπληρώνεται κατά τη

διάρκεια της συμπυκνώσεως, έτσι ώστε να υπάρχει πάντοτε περίσσεια σκυροδέματος.

Ύστερα από τη συμπύκνωση της ανώτατης στρώσεως, με τους 25 ραβδισμούς, το σκυρόδεμα που πλεονάζει στο πάνω χείλος του κώνου καθίσεως κόβεται και η επιφάνεια του επιπεδώνεται με παλινδρομικές κινήσεις και κυλίσεις του ραβδιού συμπυκνώσεως.

Στη συνέχεια, καθαρίζεται η περιοχή γύρω από τη βάση του κώνου καθίσεως και ο κώνος αυτός προσεκτικά ανασύρεται κατακόρυφα. Η αφαίρεση του πρέπει να πραγματοποιείται σε 5~10sec, με κατακόρυφη ομαλή κίνηση προς τα πάνω, για την αποφυγή οριζόντιας και στρεπτικής παραμορφώσεως του δείγματος.

Όλη η διαδικασία της δοκιμής, από την έναρξη του γεμίσματος μέχρι την αφαίρεση του κώνου, πρέπει να γίνεται χωρίς διακοπή και να ολοκληρώνεται σε χρόνο μικρότερο των 2 1/2min.

Αμέσως μετά την αφαίρεση του κώνου μετρείται η κάθιση, ως εξής: Βρίσκεται η διαφορά ανάμεσα στο ύψος του κώνου και του υψηλότερου σημείου του σκυροδέματος, που ελευθερούμενο κάθισε, με προσέγγιση 5mm.

Στην περίπτωση που διαπιστωθεί κατάρρευση του σκυροδέματος από διάτμηση η μέτρηση δεν λαμβάνεται υπόψη και η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί, σε νέο τμήμα του δείγματος.

Αν δυο διαδοχικές δοκιμές δείξουν συμπεριφορά όμοια με την παραπάνω, τότε το σκυρόδεμα θεωρείται πως δεν έχει την αναγκαία πλαστικότητα και συνοχή, για την εφαρμογή της δοκιμής καθίσεως. Αν η κάθιση είναι μικρότερη από 10mm το σκυρόδεμα είναι τόσο ύφυγρο, ώστε η μέθοδος αυτή να μη θεωρείται κατάλληλη.

14.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

Η κάθιση ορίζεται σαν διαφορά ύψους μεταξύ του κώνου καθίσεως και του υψηλότερου σημείου του σκυροδέματος, που διαμορφώθηκε κατά τη δοκιμή μετά την αφαίρεση του κώνου. Η κάθιση δίνεται σε cm με προσέγγιση 5mm.

14.6 ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η έκθεση αποτελεσμάτων πρέπει να συμπεριλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- ημερομηνία της δοκιμής
- χαρακτηριστικά στοιχεία του σκυροδέματος
- γενική εμφάνιση του σκυροδέματος
- σύνθεση του σκυροδέματος (αν είναι γνωστή)
- τιμή της καθίσεως, για κάθε μέτρηση
- στην περίπτωση που η κάθιση είναι μικρότερη από 10mm δεν δίνεται τιμή καθίσεως, αλλά αναγράφεται κάθιση μικρότερη από 10mm³.
- στην περίπτωση που από διάτμηση καταρρεύσει το σκυρόδεμα, σε δυο διαδοχικές δοκιμές, δεν θα δίνεται τιμή καθίσεως, αλλά θα αναγράφεται «χωρίς πλαστικότητα σκυρόδεμα, κάθιση ανώμαλη».

15. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

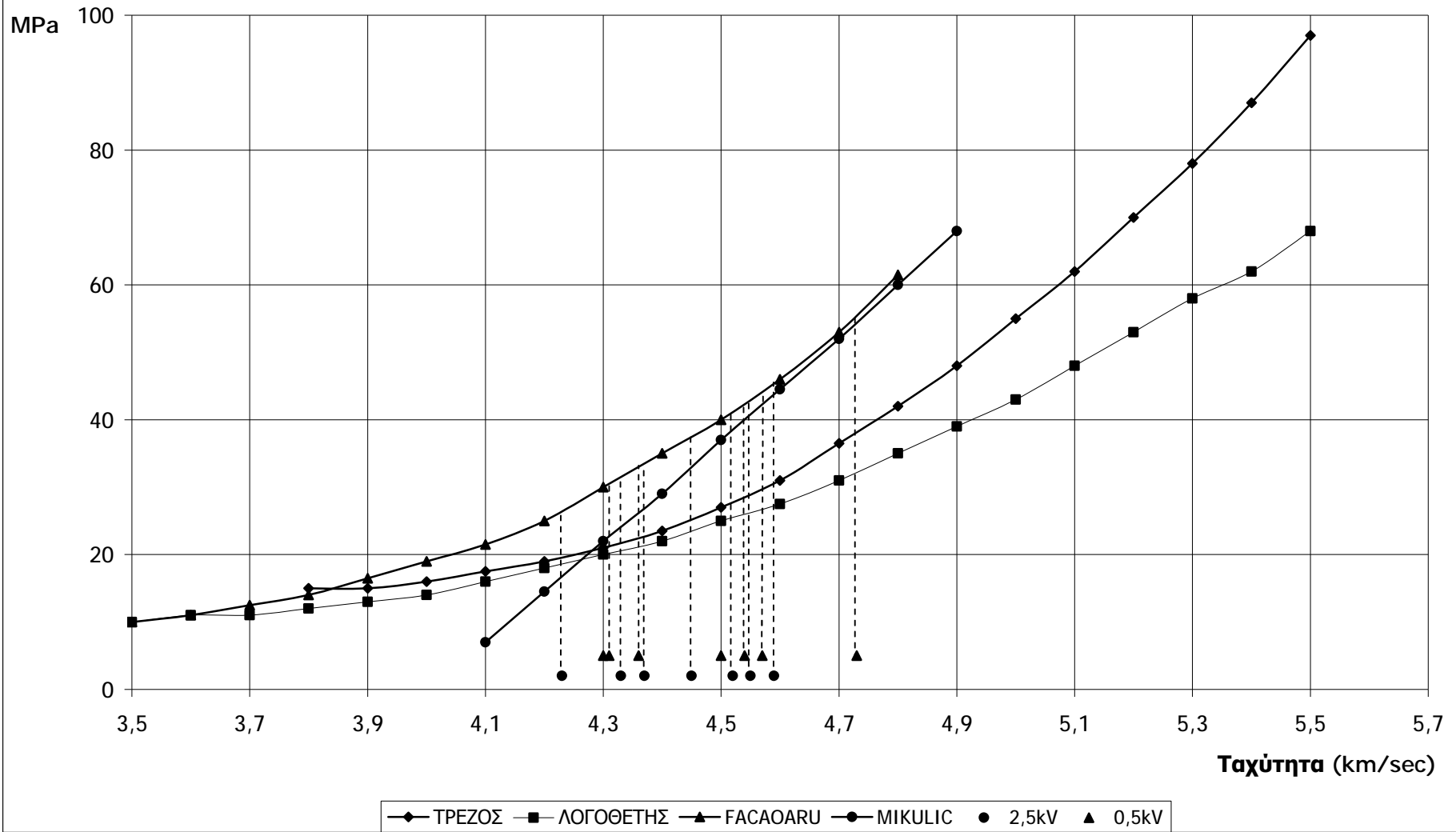
15.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Παρατηρούμε από το παρακάτω διάγραμμα ότι η μέση θλιπτική αντοχή των πυρήνων του σκυροδέματος εκτιμάται στην περιοχή της τιμής των 20Μρα (όλες οι τιμές εκτός από μία, υπερβαίνουν την ταχύτητα 4,3km/sec, κάτι που συνεπάγεται και μέση θλιπτική αντοχή άνω των 20Μρα) κάτι που είναι δεκτό, επομένως το σκυρόδεμα μας ανταποκρίνεται στην κατηγορία C16/20. Οι θέσεις που αναγράφονται στον πίνακα παρουσιάζονται επακριβώς σε σχέδιο στο παράρτημα στο τέλος.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΑΠΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (28 ΗΜΕΡΩΝ)

ΗΛΙΚΙΑ	Θέση υπέρηχου	Αναγνώσεις (μsec)		L	T		U =L/T	
		2,5 kV	0,5 kV	(m)	(sec)		(Km/sec)	
7 ημερών	1	96,30	97,70	0,51	0,00010	0,0001	5,24	5,17
	2	92,40	96,60	0,51	0,00009	0,0001	5,47	5,23
	3	92,20	91,80	0,50	0,00009	0,0001	5,42	5,45
	4	36,30	36,50	0,20	0,00004	0,0000	5,51	5,48
	5	41,20	42,60	0,22	0,00004	0,0000	5,34	5,16
	6	272,40	262,30	1,42	0,00027	0,0003	5,19	5,39
	7	78,80	70,40	0,40	0,00008	0,0001	5,08	5,68
14 ημερών	1	107,86	109,42	0,51	0,00011	0,0001	4,68	4,62
	2	103,49	108,19	0,51	0,00010	0,0001	4,88	4,67
	3	103,26	102,82	0,50	0,00010	0,0001	4,84	4,86
	4	40,66	40,88	0,20	0,00004	0,0000	4,92	4,89
	5	46,14	47,71	0,22	0,00005	0,0000	4,77	4,61
	6	305,09	293,78	1,42	0,00031	0,0003	4,64	4,82
	7	88,26	78,85	0,40	0,00009	0,0001	4,53	5,07
28 ημερών	1	115,56	117,24	0,51	0,00012	0,0001	4,37	4,31
	2	110,88	115,92	0,51	0,00011	0,0001	4,55	4,36
	3	110,64	110,16	0,50	0,00011	0,0001	4,52	4,54
	4	43,56	43,80	0,20	0,00004	0,0000	4,59	4,57
	5	49,44	51,12	0,22	0,00005	0,0001	4,45	4,30
	6	326,88	314,76	1,42	0,00033	0,0003	4,33	4,50
	7	94,56	84,48	0,40	0,00009	0,0001	4,23	4,73

Μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος συναρτήσει της ταχύτητας των υπερήχων και προσθήκη των αποτελεσμάτων από το μοντέλο



15.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ

α/α	θέση οριζόντια (0⁰)	θέση κατακόρυφη(-90⁰)
1	32	42
2	30	40
3	28	40
4	28	40
5	24	44
6	28	42
7	30	40
8	32	44
9	32	42
10	30	44
11	29	48
12	30	40
Σύνολο	353	506
Μ.Ο	29	42

15.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΥΒΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ (28 ΗΜΕΡΩΝ)

A/A	H (cm)	D (cm)	F (N)	A (mm ²)	σ (Μρα)
1	15,00	15,00	553.500,00	22.500,00	24,60
2	15,00	15,00	600.750,00	22.500,00	26,70
3	15,00	15,00	585.000,00	22.500,00	26,00
4	15,00	15,00	580.500,00	22.500,00	25,80
5	15,00	15,00	506.250,00	22.500,00	22,50
6	15,00	15,00	531.000,00	22.500,00	23,60
7	15,00	15,00	544.500,00	22.500,00	24,20
8	15,00	15,00	578.250,00	22.500,00	25,70

Η αντοχή σε θλίψη του δοκιμίου βρίσκεται από την σχέση:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (Μρα)}$$

όπου:

F το φορτίο θραύσης του δοκιμίου σε N.

A η διατομή του δοκιμίου σε mm.

Απο τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε την αντοχή σε θλίψη κάθε δοκιμίου επομένως ο μέσος όρος των αντοχών σε θλίψη θα μας δώσει την τιμή σε αντοχή σε θλίψη του παρασκευασθέντος σκυροδέματος των συμβατικών δοκιμίων.

Έχουμε λοιπόν:

$$\sigma_{\mu.ο.} = \frac{\sigma_1 + \dots + \sigma_8}{8} = \frac{199,10}{8} = 24,89 \text{ Μρα}$$

Το σκυρόδεμα μας ανταποκρίνεται στην κατηγορία C16/20.

15.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑΣ

Καθορισμός ποιότητας σκυροδέματος πυρήνων

Από τις έξι ανηγμένες αντοχές X^{Π} υπολογίζεται η τυπική αντοχή f_{Π} του τμήματος (παρτίδας) με τον τύπο (από τον πίνακα που ακολουθεί):

$$f_{\Pi} = \bar{X}_6^{\Pi} - 1,60 \times s \quad (1)$$

όπου:

\bar{X}_6^{Π} : είναι ο μέσος όρος των 6 ανηγμένων αντοχών

$$\bar{X}_6^{\Pi} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6}{6} = \frac{160,65}{6} = 26,78$$

s: είναι η τυπική απόκλιση που υπολογίζεται με τη σχέση:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=6} (X_i^{\Pi} - \bar{X}_6^{\Pi})^2}{5}}$$
$$s = \sqrt{\frac{(2,42)^2 + (1,44)^2 + (0,72)^2 + (0,95)^2 + (1,30)^2 + (2,30)^2}{5}} = 1,81 \text{Mpa}$$

Η σχέση (1) γίνεται:

$$f_{\Pi} = \bar{X}_6^{\Pi} - 1,60 \times s = 26,78 - 1,60 \times 1,81 = 23,88 \text{Mpa}$$

Αυτή η τυπική αντοχή f_{Π} θα είναι γενικώς:

$$f_{\text{σκύβου}}^{(1)} \leq f_{\Pi} < f_{\text{σκύβου}}^{(2)} \quad (2)$$

όπου:

$f_{\text{σκύβου}}^{(1)}$, $f_{\text{σκύβου}}^{(2)}$ οι χαρακτηριστικές αντοχές κύβου δύο διαδοχικών κατηγοριών σκυροδέματος.

Η σχέση (2) γίνεται:

$$C16/20 \leq 23,88 < C20/25$$

Επομένως η κατηγορία C16/20 είναι δεκτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΥΡΗΝΩΝ (28 ΗΜΕΡΩΝ)

A/A	H (cm)	D (cm)	F (N)	A (mm ²)	σ (Mpa)	H/D	L1	L2	L4	Αντοχή κυλίνδρου 15x30 cm (Mpa)	L3	Αντοχή κύβου 15x15 cm (Mpa)
1	12,30	10,00	176.625,00	7.850,00	22,50	1,23	0,905	0,96	1,03	20,13	1,210	24,36
2	11,80	10,00	186.830,00	7.850,00	23,80	1,18	0,893	0,96		21,02	1,206	25,34
3	12,20	9,80	182.447,19	7.539,14	24,20	1,24	0,908	0,958		21,68	1,202	26,06
4	12,30	10,00	204.100,00	7.850,00	26,00	1,23	0,905	0,96		23,27	1,192	27,73
5	13,10	9,60	186.651,65	7.234,56	25,80	1,36	0,928	0,957		23,60	1,190	28,08
6	13,10	10,00	211.950,00	7.850,00	27,00	1,31	0,920	0,96		24,56	1,184	29,08
7	11,30	10,00	205.670,00	7.850,00	26,20	1,13	0,881	0,96		22,82	1,196	27,30
8	13,90	9,80	177.923,70	7.539,14	23,60	1,42	0,937	0,958		21,82	1,200	26,18

15.5 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Μέθοδος	Υπέρηχοι	Κρουσίμετρο	Συμβατικά δοκίμια	Πυρήνες
Αποτέλεσμα	112,49% (28,00 Mpa)	96,42% (24,00 Mpa)	100% (24,89 Mpa)	95,94% (23,88 Mpa)
% απόκλιση	+12,49 ⁽¹⁾	-3,58% ⁽²⁾	0%	-4,06% ⁽³⁾

- (1) Η αύξηση οφείλεται πιθανώς στην παρουσία οπλισμού, η οποία επηρεάζει την ταχύτητα διάδοσης των υπερηχητικών κυμάτων
- (2) Η μείωση οφείλεται πιθανώς στην διασπορά των τιμών αλλά και στην εύρεση αντοχής από διαφορετικές θέσεις κρουσιμέτρησης και υπό δύο κατευθύνσεις (δες σχετικό πίνακα μετρήσεων)
- (3) Από τον οπτικό έλεγχο των πυρήνων που ελήφθησαν παρατηρήθηκε μη καλή ανάπτυξη πήξης – σκλήρυνσης του τσιμέντου (υπήρχαν κόκκοι που δεν ενυδατώθηκαν) και πιθανή διάρρηξη του σκυροδέματος κατά την λήψη των πυρήνων.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι από τους μη καταστροφικούς ελέγχους με μεγαλύτερη βεβαιότητα δίνει η μέθοδος των υπερήχων και η από τους καταστροφικούς η πυρηνοληψία δίνει σχετικά μικρή απόκλιση από τον έλεγχο των συμβατικών δοκιμών.

Πέρα από το θέμα που αναπτύχθηκε στην πτυχιακή μου εργασία θα μπορούσε υπό τύπο έρευνας η συνέχιση αυτών των δοκιμών (πολυπληθέστερων) για την εύρεση μαθηματικού μοντέλου.

16. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

16. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

16.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

16.2 ΣΧΕΔΙΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

16.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΙΔΗΡΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

16.4 ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

16.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΛΛΟΓΩΝ ΣΤΑΛΙΣΜΟΥ

Α/Α	ΜΟΡΦΗ	Διάμετρος Φ	Μήκος	Ομοια τεμάχια	Συνολικό μήκος ανά διάμετρο							ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
					Φ6	Φ8	Φ10	Φ12	Φ14	Φ16	1	
					Φ7	Φ10	Φ12	Φ14	Φ17	Φ19	2	
1.		12	0,85	16				13,60				1. Ονομαστική διάμετρος Φ σε mm (Λείος χάλυβας) 2. Πραγματική διάμετρος Φ σε mm (Χάλυβας με νευρώσεις) Η πραγματική διάμετρος των ράβδων με νευρώσεις , λαμβάνεται υπόψιν για τον ακριβή υπολογισμό των καθαρών αποστάσεων μεταξύ των ράβδων κατά την τοποθέτησή τους στα δομικά στοιχεία. ΕΡΓΟ: "ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΟ Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ" ΘΕΣΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ: 1. Θεμέλιο 2. Υποστύλωμα 3. >> 4. Δοκός 5. >> 6. >>
2.		12	1,15	12				13,80				
3.		8	1,30	16		20,80						
4.		12	1,40	2				2,80				
5.		12	1,40	3				4,20				
6.		8	1,10	6				6,60				
7.												
8.												
9.												
10.												
11.												
12.												
13.												
14.												
15.												
Σύνολο σε Μ.Μ.						20,80		41,00				
Βάρος ΧΓΡ/Μ.					0,222	0,395	0,617	0,888	1,210	1,580		
Ολικά Βάρη ΧΓΡ						8,22		36,41				
										<u>ΣΥΝΟΛΙΚΟ</u>		
										<u>ΒΑΡΟΣ:</u>		
										44,62		

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Κατηγορία σκυροδέματος :	C 16/20	Ποσότητα Τσιμέντου (Kg):	300	Τύπος Τσιμέντου :	CEM II / B-M (W-P-LL) 32,5N
Μέγιστη διάσταση "D" (mm) :	16	Λόγος N/T :	0,63		
A. Ογκος Τσιμέντου :	120,2	Απόλυτος όγκος αδρανών 1000-(A+B)-ΚΕΝΑ :	710	Κάθιση (cm) :	12
B. Ογκος Νερού :	190				

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	Ειδικό Βάρος Τσιμέντου :	3,05	ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΔΡΑΝΩΝ (%)	Χ	Γ	ΑΜΜΟΣ Θ	ΑΜΜΟΣ Φ
	Κενά (lt) :	20		0,00	49,00	51,00	0,00

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΠΗΓΗ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ		ΒΑΣΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ (Kg)	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ (Kg)		ΒΑΡΟΣ ΥΛΙΚΟΥ ΑΝΑ m ³	ΒΑΡΟΣ ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΜΙΓΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ			
			Ειδ. Βάρος	Απορροφ. (%)		d=(Α.Ο.Α)*a*(% αδρ.)	c = b x d		Kg	ΟΓΚΟΣ =	0,05	Kg/m ³
			a	b								
1	ΧΑΛΙΚΙ (ΣΥΝΤΡΙΜΜΑ)	ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ	2,65	0,00	0,00	0,10		0,10	0,01			
2	ΓΑΡΜΠΙΛΙ	ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ	2,66	0,10	900,00	0,90		900,90	45,05			
3	ΑΜΜΟΣ ΘΡΑΥΣΤΗ	ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ	2,69	0,50	1.000,00	5,00		1.005,00	50,25			
4	ΑΜΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗ				0,00	0,00		0,00	0,00			
5	ΝΕΡΟ	ΠΟΣΙΜΟ			ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΟΡ/ΣΗΣ		6,00	196,00	9,80			
6	ΤΣΙΜΕΝΤΟ CEM II / A-M(P-LL) 42,5N		0,00					0,00	0,00			
7	ΤΣΙΜΕΝΤΟ CEM II / A-L 42,5R		0,00	ΒΑΡΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΒΑΡΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	ΒΑΡ.ΠΡ. 1	ΒΑΡ. ΠΡ. 2	0,00	0,00		
8	ΤΣΙΜΕΝΤΟ CEM II / B-M (W-P-LL) 32,5N		1,00	1.906,00	196,00	300,00	0,00	0,99	300,00	15,00		
9	POZZOLITH 132 N	DEGUSSA	0,00	% ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ					0,00	0,00		
10	POZZOLITH 390N	DEGUSSA	0.33	% ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ					0.99	0.05		

ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	Ποσοστό Υγρασίας (w%) =	0,00	%	Πραγματικός Λόγος N/T [(d+h-c)*w%] : h =	
	Πικνότητα Νωπού Σκυροδέματος =	2,40	tn/m ³	Θεωρητικός Λόγος N/T =	0,65
	Κενά Αέρα =	2,00	%	h= Βάρος Τσιμέντου =	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ				ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ			
Κάθιση σε χρόνο 0h	:	12,00	cm	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΘΙΣΗΣ S3			
Κάθιση σε χρόνο 0h+30'	:	11,00	cm				
Κάθιση σε χρόνο 0h+60'	:	10,00	cm			α=	2,81
Κάθιση σε χρόνο 0h+90'	:	8,00	cm			α>=2,5	α<3,0
Κάθιση σε χρόνο 0h+120'	:	4,00	cm			ΑΠΟΔΟΧΗ	ΝΑΙ

ΘΡΑΥΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ mm ² :		22.500,00						ΟΓΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ mm ³	3.375.000,00	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΘΡΑΥΣΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΑΘΙΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	ΕΝΔΕΙΞΗ ΠΡΕΣΣΑΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΦΟΡΤΙΟ ΘΡΑΥΣΗΣ	ΤΑΣΗ ΘΡΑΥΣΗΣ	Μ.Ο.
			Gr	Tn/m ³	cm	KN		N	Mpa	
26/10/2006	29/10/2006	1	8.010,00	2,37	12,00	316,00	1,00	316.000,00	14,04	13,96
26/10/2006	29/10/2006	2	8.000,00	2,37	12,00	312,00	1,00	312.000,00	13,87	
26/10/2006	2/11/2006	3	7.995,00	2,37	12,00	398,00	1,00	398.000,00	17,69	17,49
26/10/2006	2/11/2006	4	8.015,00	2,37	12,00	389,00	1,00	389.000,00	17,29	
26/10/2006	9/11/2006	5	8.020,00	2,38	12,00	478,50	1,00	478.500,00	21,27	21,34
26/10/2006	9/11/2006	6	8.045,00	2,38	12,00	482,00	1,00	482.000,00	21,42	
26/10/2006	23/11/2006	7	8.000,00	2,37	12,00	624,00	1,00	600.750,00	26,70	26,25
26/10/2006	23/11/2006	8	8.005,00	2,37	12,00	653,00	1,00	580.500,00	25,80	

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ :	26/10/2006	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΠΛΗΡΩΣΗΣ :	23/11/2006
Η ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΕΩΣ ΕΓΙΝΕ ΑΠΟ :	ΛΑΓΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ		
Η ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΕΩΣ ΕΚΤΕΛΕΣΤΗΚΕ ΑΠΟ :	ΛΑΓΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ		

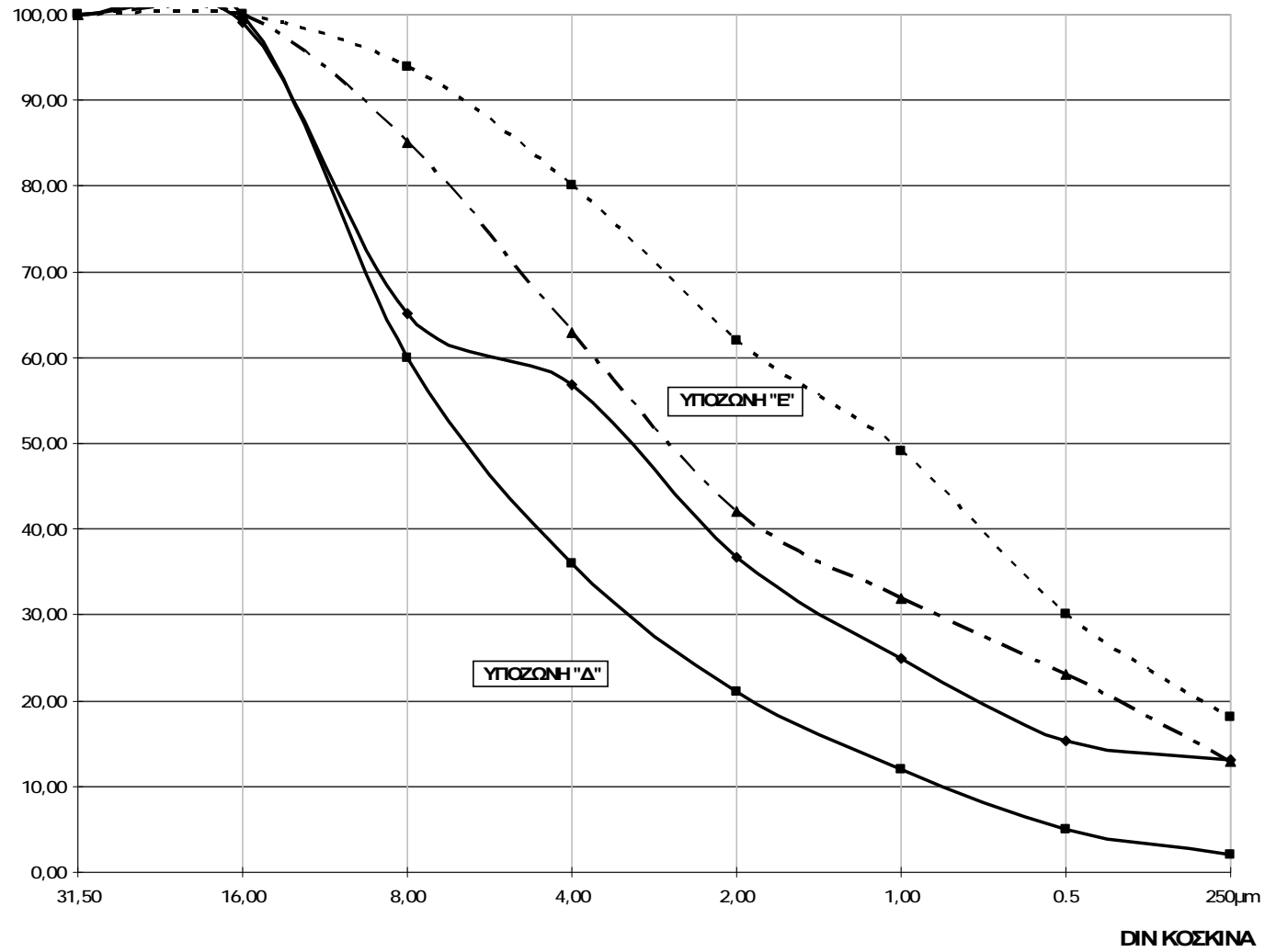
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ & ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ

ΛΑΓΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ		% ΑΝΑΛΟΓΙΑ / m ³ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ				ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ	ΚΑΤΩ ΟΡΙΟ Δ	ΑΝΩ ΟΡΙΟ Δ	ΑΝΩ ΟΡΙΟ Ε	ΑΝΩ ΟΡΙΟ Ζ
		ΧΑΛΙΚΙ (ΣΥΝΤΡΙΜΜΑ)	ΓΑΡΜΠΙΛΙ	ΑΜΜΟΣ ΘΡΑΥΣΤΗ	ΑΜΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗ					
DIN ΚΟΣΚΙΝΑ		0,00	49,00	51,00	0,00					
(mm)	(mm)	% ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ								
31,50	31,50		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
16,00	16,00		98,00	100,00	100,00	99,02	100,00	100,00	100,00	
8,00	8,00		29,00	100,00	100,00	65,21	60,00	85,00	94,00	
4,00	4,00		12,00	100,00	99,00	56,88	36,00	63,00	80,00	
2,00	2,00		4,00	68,00	91,00	36,64	21,00	42,00	62,00	

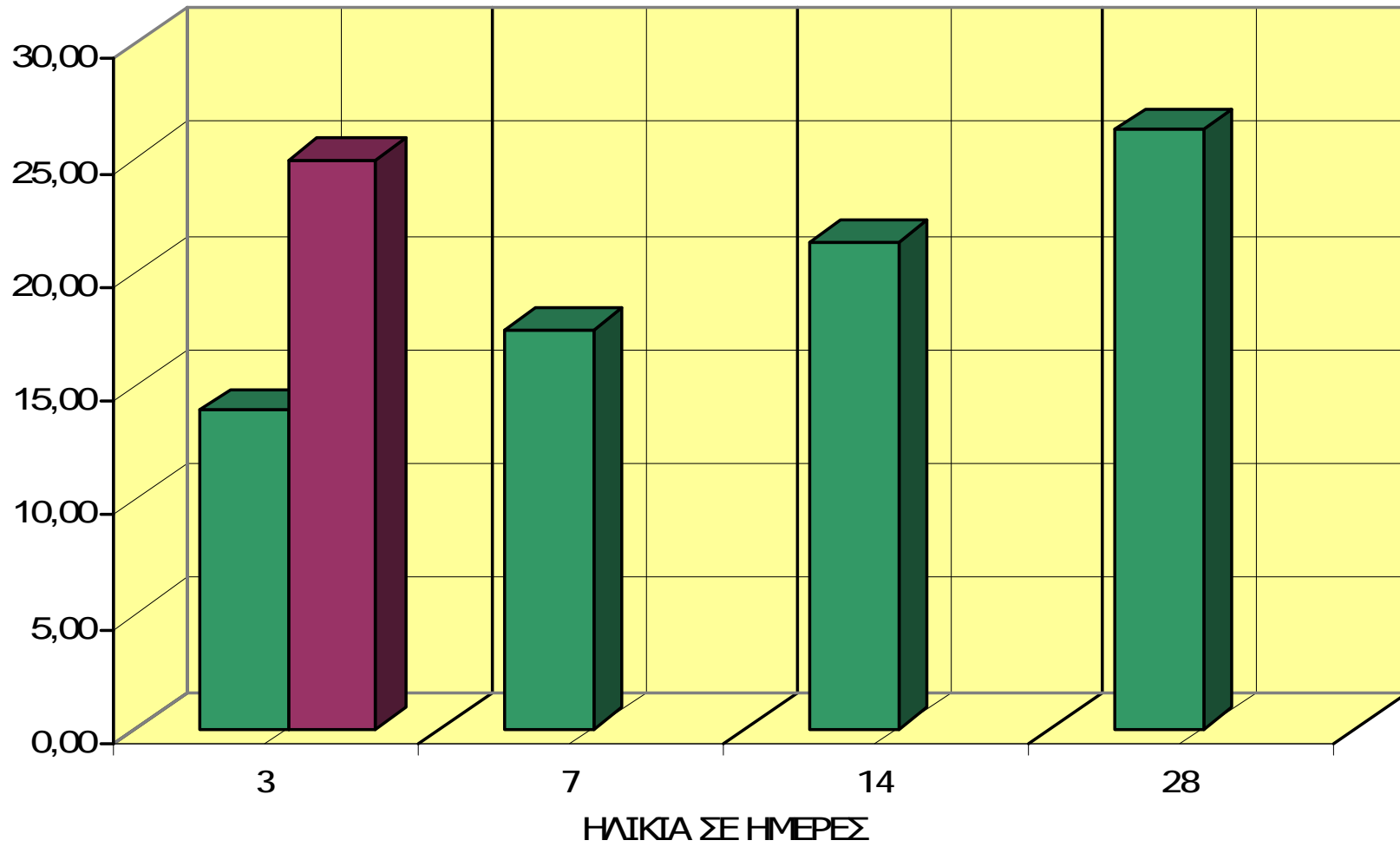
1,00	1,00		2,00	47,00	83,00	24,95	12,00	32,00	49,00
0.5	0.5		1,00	29,00	60,00	15,28	5,00	23,00	30,00
0,25	250µm		0,80	25,00	19,00	13,14	2,00	13,00	18,00

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 16 mm'

ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ %



ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΤΟΧΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΩΝ



16.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κωνσταντινίδη Α. «Μεταξύ αντοχής και κόστους» εκδόσεις Θώραξ Αντισεισμική Α.Ε. 2000
- Λεγάκι Α. «Τεχνολογία Δομικών Υλικών» εκδόσεις ιδρύματος Ευγενίδου Αθήνα 1997
- Τάσιος Τ. – Τρέζος Κ. – Μαραβέλιας Χ. «Επιτόπου προσδιορισμός της αντοχής του σκυροδέματος και συσχέτιση με την συμβατική αντοχή» 10^ο Συνέδριο Σκυροδέματος Ρόδος 1991
- Τρέζος Κ. – Γεωργίου Κ. – Μαραβέλιας Χ. «Προσδιορισμός της επιτόπου αντοχής του σκυροδέματος με έμμεσες μεθόδους. Βαθμονόμηση του κρουσιμέτρου και υπερήχων» Περιοδικό Τεχνικά Χρονικά ΤΕΕ 1993
- Μαραβέλιας Χ. «Συσχέτιση συμβατικής αντοχής και επι τόπου αντοχής σκυροδέματος με χρήση έμμεσων μεθόδων και πυρήνων. Διαφοροποίηση της αντοχής ανά δομικό στοιχείο» Διπλωματική Εργασία, Ε.Ω.Σ./Ε.Μ.Π. 1991
- Λογοθέτης Λ. «Συμβολή εις την επί τόπου εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος δια συνδυασμού τριών έμμεσων μεθόδων» Διδακτορική Διατριβή, Ε.Ω.Σ./Ε.Μ.Π. 1979
- Δρ. Θ. Γεωργόπουλος – Δ. Παγανός «Σημειώσεις εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος» Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας 2002