
**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

**Παναγιώτης Α. Μιχάλης
Σωτήρης Χ. Δημητρίου**

Επιβλέπων Καθηγητής
Γεώργιος Κονιτόπουλος

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2007

Ευχαριστούμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας, **κ. Γεώργιο Κονιτόπουλο** για την πολύτιμη καθοδήγηση του, στην διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε, τον αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος μας **κ. Δημήτριο Κωνσταντινίδη** και τον προϊστάμενο του Ποιοτικού Ελέγχου Σκυροδέματος της εταιρίας “ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ” **κ. Σπυρίδων Λυκούδη**, για την αμέριστη συμπαράσταση και την πολύτιμη βοήθεια που προσέφεραν στις δύσκολες στιγμές αυτής της προσπάθειας, καθώς και τον εργαστηριακό συνεργάτη του τμήματος μας **κ. Ιωάννη Τζούτζη**.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις **οικογένειες** μας, για την στήριξη και την ενθάρρυνση καθόλη την διάρκεια της ακαδημαϊκής μας πορείας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2 ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	1
1.2.1 Σύσταση και βασικές ιδιότητες.....	1
1.2.2 Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος.....	2
1.2.3 Κατηγορίες σκυροδέματος.....	3

2. ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1 ΤΟ	
ΤΣΙΜΕΝΤΟ.....	4
2.1.1 Παραγωγή.....	4
2.1.2 Τύποι τσιμέντου.....	5
2.1.3 Κατηγορίες αντοχής τσιμέντων.....	6
2.1.4 Χρήση τσιμέντων στη Ελλάδα.....	6
2.1.5 Κατάταξη με βάση τις ιδιότητές του.....	8
2.1.6 Ποσότητα τσιμέντου.....	8
2.1.7 Ενυδάτωση του τσιμέντου.....	9
2.1.8 Πρόσμικτα υλικά του τσιμέντου.....	10
2.1.8.1 Πουζολάνες.....	10
2.1.8.2 Ιπτάμενη τέφρα.....	10
2.1.8.3 Φίλλερ (Filler).....	11
2.2 ΤΟ ΝΕΡΟ.....	11
2.2.1 Γενικά.....	11
2.2.2 Λόγος τσιμέντου-νερού (υδατοτσιμεντοσυντελεστής).....	11
2.3 ΑΔΡΑΝΗ.....	12
2.3.1 Προέλευση αδρανών.....	12

2.3.2	Η μορφή των κόκκων.....	12
2.3.3	Αντοχή των αδρανών.....	13
2.3.4	Γενικά για τα αδρανή υλικά.....	13
2.3.5	Αποθήκευση των αδρανών.....	14

3. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ Ή ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ

3.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	15
3.2	ΚΟΣΚΙΝΑ.....	15
3.3	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ.....	16
3.4	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΚΟΚΚΟΣ.....	16
3.5	ΟΡΙΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ.....	17
3.6	Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ.....	21
3.7	ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΑΚΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ.....	23
3.8	ΜΕΤΡΟ ΛΕΠΤΟΤΗΤΑΣ.....	24

4. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

4.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	25
4.2	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	25

5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

5.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	26
5.2	ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	26

6. ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

6.1 ΕΞΙΔΡΩΣΗ.....	29
6.2 ΑΠΟΜΕΙΞΗ.....	30
6.3 ΕΡΓΑΣΙΜΟ.....	30
6.3.1 Εργαστηριακές δοκιμές μετρήσεως της εργασιμότητας.....	31
6.3.1.1 Δοκιμή κάθισης.....	31
6.3.1.2 Δοκιμή εξάπλωσης.....	31

7. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

7.1 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	32
7.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ.....	34
7.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΕΩΣ.....	35
7.4 ΔΟΚΙΜΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	36
7.4.1 Μορφή και διαστάσεις δοκιμίων.....	36
7.4.2 Οδηγίες λήψεως δοκιμίων σκυροδέματος.....	36
7.5 ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	38
7.5.1 Ανάμιξη σκυροδέματος.....	38
7.5.2 Μεταφορά σκυροδέματος.....	39
7.5.3 Διάστρωση σκυροδέματος.....	40
7.5.4 Συμπύκνωση σκυροδέματος.....	41
7.5.5 Συντήρηση σκυροδέματος.....	42
7.6 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ- ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	43
7.6.1 Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη.....	43
7.6.2 Συμβατική αντοχή σκυροδέματος.....	46

7.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΕΩΣ.....	47
7.8 ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.....	50
7.8.1 Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά.....	50
7.8.2 Σκυρόδεμα μικρής υδατοπερατότητας.....	50
7.8.3 Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικά ή σε θαλασσινό νερό.....	51
7.8.4 Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε παγετό.....	52
7.8.5 Σκυρόδεμα που διαστρώνεται μέσα σε νερό.....	52

B. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΕΡΟΣ

8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ

8.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	53
8.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ.....	57
8.2.1 Τσιμέντο.....	57
8.2.2 Νερό.....	57
8.2.3 Αδρανή υλικά.....	58
8.2.3.1 <i>Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών</i>	58
8.2.4 Πρόσθετα υλικά.....	59
8.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	60
8.3.1 Παρασκευή σκυροδέματος.....	60
8.3.2 Μέτρηση εργάσιμου.....	63
8.3.2.1 <i>Δοκιμή κάθισης</i>	63
8.3.2.2 <i>Δοκιμή εξάπλωσης</i>	66
8.3.3 Παρασκευή δοκιμίων.....	68
8.3.3.1 <i>Συμπύκνωση δοκιμίων</i>	68
8.3.3.2 <i>Συντήρηση δοκιμίων</i>	70
8.3.3.3 <i>Θραύση δοκιμίων</i>	71
8.3.3.4 <i>Αποτελέσματα και έλεγχοι</i>	73

9. ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΤΙΔΩΝ

• 1 ^η παρτίδα.....	75
• 2 ^η παρτίδα.....	80
• 3 ^η παρτίδα.....	85
• 4 ^η παρτίδα.....	90
• 5 ^η παρτίδα.....	95
• 6 ^η παρτίδα.....	100
• 7 ^η παρτίδα.....	105
• 8 ^η παρτίδα.....	110
• 9 ^η παρτίδα.....	115
• 10 ^η παρτίδα.....	120
• 11 ^η παρτίδα.....	125

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	131
-----------------------	-----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Μελέτη Σύνθεσης Σκυροδέματος» εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής του Α.Τ.Ε.Ι.Θ. στο εργαστήριο σκυροδέματος, κατά τη χρονική περίοδο Φεβρουαρίου – Ιουνίου 2006.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι ο προσδιορισμός των μεταβολών στην σύνθεση και στην τελική αντοχή του σκυροδέματος, για διαφορετικές αναλογίες συνθέσεως και για σκυροδέματα διαφόρων ηλικιών.

Η δομή του τεύχους χωρίζεται σε τρεις θεματικές ενότητες:

- **Θεωρητικό μέρος**, όπου γίνεται εκτενή αναφορά στα υλικά παρασκευής σκυροδέματος καθώς και στις απαιτήσεις που ορίζει ο Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Ν.Κ.Τ.Σ.).
- **Εργαστηριακό μέρος**, όπου περιγράφεται αναλυτικά ο μαθηματικός προσδιορισμός των αναλογιών σκυροδέματος, καθώς και η όλη διαδικασία που ακολουθήθηκε από την παρασκευή μέχρι και την θραύση των δοκιμίων.
- **Συμπεράσματα**, όπου γίνεται η αξιολόγηση των εργαστηριακών αποτελεσμάτων.

1.2 ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1.2.1 Σύσταση και βασικές ιδιότητες

Το σκυρόδεμα είναι τεχνητό υλικό που αποτελείται κατά βάση από αδρανή (χαλίκι και άμμο) ,συγκολλημένα μέσω του σκληρυμένου τσιμεντοπολτού σε μονολιθική μάζα.

Τα αδρανή είναι μεν το φθηνό συστατικό , αλλά έχουν πολύ ικανοποιητικές βασικές ιδιότητες όπως η μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα σε διάρκεια και περιβαλλοντικές επιδράσεις (χημικές ουσίες, υγρασία, κύκλους ζέστης και παγωνιάς, υψηλές θερμοκρασίες), σταθερότητα όγκου και υδατοστεγανότητα.

Ο τσιμεντοπολτός αποτελείται από τσιμέντο, νερό και (χημικά) πρόσμεικτα ή πρόσθετα. Ενώ έχει σημαντικά υψηλότερο κόστος από τα αδρανή, στη σκληρυμένη του μορφή ο τσιμεντοπολτός δεν έχει εξίσου καλές βασικές ιδιότητες. Ο ρόλος του είναι να συνδέει τα κενά μεταξύ των αδρανών και να συνδέει τα αδρανή, μετατρέποντας τα, από σύνολο ισχυρών αλλά ασύνδετων κόκκων σε τεχνητό

πέτρωμα. Επιπλέον λειτουργεί σαν λιπαντικό μεταξύ των κόκκων των αδρανών, έτσι ώστε το νωπό σκυρόδεμα να είναι μια ρευστή αλλά συνεκτική μάζα.(αποφυγή απόμειξης).

1.2.2 Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος

Από τη φύση του το σκυρόδεμα είναι ανομοιογενές υλικό. Η ανομοιογένεια αυτή οφείλεται σε μικροδιαφορές στην ποιότητα των υλικών (κυρίως των αδρανών) και την αναλογία τους στο μίγμα (λόγω π.χ. απορρύθμισης των ζυγιστηρίων, του αναμκτήρα κλπ) και σε διαφορές στη διάστρωση, συμπύκνωση ή συντήρηση του σκυροδέματος από θέση σε θέση κατασκευής (π.χ. περιοχές μεγάλης ή μικρής πυκνότητας οπλισμού, επιφάνεια ή εσωτερικό ενός δομικού στοιχείου, κρυφή ή βάση ενός υποστυλώματος ή τοιχώματος κλπ). Λόγω της ανομοιομορφίας αυτής η ποιότητα, και πιο συγκεκριμένα η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος σε ένα σημείο της κατασκευής, f_c , θεωρείται σαν τυχαία μεταβλητή, χαρακτηρίζεται δηλ από μία πιθανοτική κατανομή, με μέσο όρο, f_{cm} , τυπική απόκλιση s κλπ.

Καθοριστικά για την ασφάλεια μιας κατασκευής είναι τα αδύνατα σημεία της. Γι' αυτό ο σχεδιασμός των δομικών στοιχείων βασίζεται όχι στη μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, f_{cm} , αλλά σε μία μικρότερη τιμή, τη χαρακτηριστική αντοχή, f_{ck} . Κατά γενικά αποδεκτή σήμερα σύμβαση, σαν χαρακτηριστική αντοχή ορίζεται η τιμή εκείνη κάτω από την οποία έχει πιθανότητα 5% να βρεθεί η αντοχή ενός τυχαίου δοκιμίου σκυροδέματος (δηλ. αν ολόκληρη η ποσότητα του σκυροδέματος μετατρεπόταν σε δοκίμια, μόνο το ποσοστό υποαντοχής $p=5\%$ των αντοχών αυτών των δοκιμίων θα ήταν κάτω από την χαρακτηριστική αντοχή και το υπόλοιπο 95 % θα ήταν πάνω απ' αυτήν). Έτσι αν η αντοχή του σκυροδέματος ακολουθεί την κανονική κατανομή πιθανοτήτων (κατανομή Gauss), με μέση τιμή f_{cm} και τυπική απόκλιση s , είναι : $f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \times s$ όπου ο συντελεστής $-1,645$ αντιστοιχεί σε τιμή της σωρευτικής συνάρτησης κατανομής κατά Gauss ίση με 5%. Έτσι δύο σκυροδέματα με διαφορετική διασπορά ή διαφορετικό έλεγχο ποιότητας και επομένως διαφορετικές τιμές της τυπικής απόκλισης, s , θεωρούνται ισοδύναμα από απόψεως ασφάλειας, αν έχουν την ίδια χαρακτηριστική αντοχή, f_{ck} . Αυτό σημαίνει πως αυτό που έχει τη μεγαλύτερη διασπορά ή το χειρότερο έλεγχο ποιότητας (δηλ. τη μεγαλύτερη τυπική απόκλιση), θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη μέση τιμή f_{cm} και επομένως μεγαλύτερο κόστος.

1.2.3 Κατηγορίες σκυροδέματος:

Οι νεότεροι κανονισμοί ορίζουν κατηγορίες σκυροδέματος, με βάση την χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή, f_{ck} . Έτσι σύμφωνα με τον νέο Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος οι κατηγορίες σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες:

Κατηγορία σκυροδέματος	$f_{ck,κυλ.}$ (MPa)	$f_{ck,κύβου}$ (MPa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	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
C50/60	50	60

Πίνακας 1.1 Κατηγορίες σκυροδέματος

όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου (f_{ck}), ενώ ο δεύτερος την χαρακτηριστική αντοχή κύβου ($f_{ck,cube}$) σε MPa, στις 28 ημέρες.

2. ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1 ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Το τσιμέντο που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος είναι βιομηχανικό κοκκώδες υλικό με υδραυλικές ιδιότητες. Δηλαδή σκληραίνει όταν αναμιγνύεται με το νερό σχηματίζοντας προϊόντα αδιάλυτα στο νερό. Είναι γνωστό ότι το τσιμέντο αποτελεί από αρχαιοτάτων χρόνων εξαιρετική υδραυλική κονία με εξαιρετικές ιδιότητες. Χρησιμοποιείται ευρύτατα και σήμερα σε πολλές πρακτικές εφαρμογές, εκτός από την βιομηχανοποιημένη διαδικασία παραγωγής σκυροδέματος, καθώς εκτός από υψηλή υδραυλικότητα συνδυάζει και υψηλές αντοχές.

2.1.1 Παραγωγή:

Το τσιμέντο, σε αντίθεση με άλλες κονίες, είναι βιομηχανικό προϊόν που παρασκευάζεται από τη σύγχρονη όπτηση **ασβεστόλιθου** και **αργίλου**.

Η σειρά των εργασιών από την εξόρυξη των πρώτων υλών ως το τελικό προϊόν είναι η ακόλουθη (σχήμα 2.1):

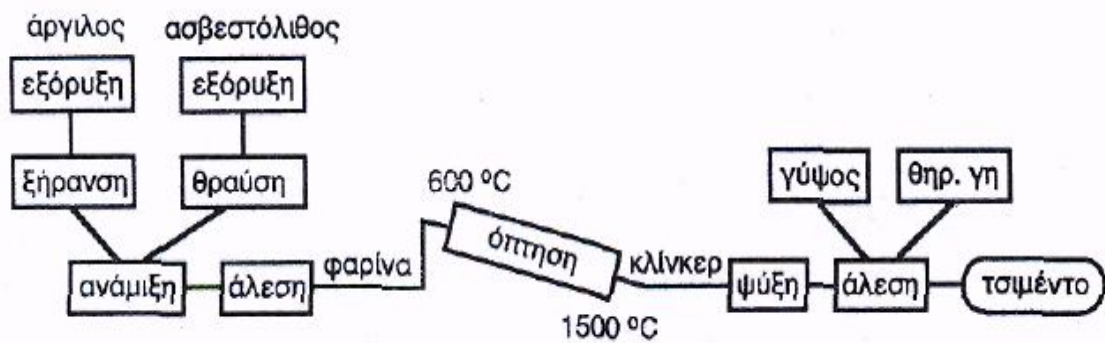
α) Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργιλικών εδαφών χωριστά. Τα πετρώματα αυτά περνούν από σπαστήρες, ώστε να τεμαχιστούν και να αποκτήσουν διάμετρο μερικών εκατοστών.

β) Μετά την έξοδο τους από τους σπαστήρες γίνεται ανάμειξη των δύο υλικών. (**προομοιογενοποίηση**)

γ) Έπειτα αλέθονται σε τριβεία, ώστε να αποκτήσουν διάμετρο λίγων χιλιοστών. Το προϊόν της αλέσεως, λεπτόκοκκο μείγμα ασβεστολιθικής και αργιλικής άμμου, αποθηκεύεται σε σιλό και ονομάζεται **φαρίνα**.

δ) Το μείγμα εισάγεται στο επάνω άκρο κυλινδρικής καμίνου, η οποία περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονα της. Η θερμότητα παράγεται από καυστήρα πετρελαίου, τοποθετούμενη στο κάτω άκρο της. Η θερμοκρασία μέσα στην κάμινο είναι περίπου 600 °C στο επάνω άκρο και φτάνει στους 1500 °C στο κάτω άκρο, που είναι και το σημείο εξόδου των προϊόντων. Τα προϊόντα της οπτήσεως ονομάζονται **εκβολάδες** ή διεθνώς **klinker**. Έχουν διάμετρο λίγων εκατοστών, χρώμα μαυροπράσινο και αποτελούν, κατά κάποιο τρόπο, τα πετρώματα του τσιμέντου.

ε) Τα προϊόντα αυτά της οπτήσεως, οι εκβολάδες, αλέθονται και αποκτούν τη γνωστή μορφή του τσιμέντου. Το υλικό αυτό, όπως προκύπτει από την άλεση των klinker, χωρίς καμιά προσθήκη ή τροποποίηση, ονομάζεται “**τσιμέντο Πόρτλαντ**”.



Σχήμα 2.1 Σχηματικό διάγραμμα παρασκευής του τσιμέντου Portland.

2.1.2 Τύποι τσιμέντου:

Κάθε χώρα παγκοσμίως παρασκευάζει τσιμέντο, χρησιμοποιώντας τις πηγές πρώτων υλών που διαθέτει. Έτσι ανάλογα με τις υπάρχουσες και χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες δημιουργήθηκαν οι διάφοροι τύποι τσιμέντων που παράγονται παγκοσμίως, όπως το καθαρό ή αμιγές τσιμέντο, το τσιμέντο με ποζολάνη, ιπτάμενη τέφρα πυριτική ή ασβεστολιθική, σκωρία υψικαμίνου, πυριτική παιπάλη, ασβεστόλιθο κλπ.

Στον παρακάτω πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι βασικοί τύποι τσιμέντου:

ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
CEM I	Τσιμέντο Πόρτλαντ
CEM II	Σύνθετο Τσιμέντο Πόρτλαντ
CEM III	Σκωριοτσιμέντο
CEM IV	Ποζολανικό Τσιμέντο
CEM V	Σύνθετο Τσιμέντο

Πίνακας 2.1 Βασικοί τύποι τσιμέντου.

Τσιμέντο Τύπου I (CEM I), Πόρτλαντ αμιγή: χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από συνάλεση Κλίνκερ και γύψου.

Τσιμέντο Τύπου II (CEM II), Σύνθετα τσιμέντα Πόρτλαντ: χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ - Πόρτλαντ, γύψου και ποζολάνης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης σε ποσοστά από 6-35% κατά μέγιστο.

Τσιμέντο Τύπου III (CEM III), Σκωριακά τσιμέντα ή σκωριοτσιμέντα: χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ, γύψου και σκωρίας μόνο σε ποσοστά από 36-95% κατά μέγιστο.

Τσιμέντο Τύπου IV (CEM IV), Πουζολανικά τσιμέντα: χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από τη συνάλεση Κλίνκερ -Πόρτλαντ, γύψου και πουζολάνης που μπορεί να είναι φυσική ή ψημένη, ιπτάμενη τέφρα πυριτική ή ασβεστούχα και πυριτική παιπάλη. Δεν μπορεί να περιέχει σκωρία.

Τσιμέντο Τύπου V (CEM V), Σύνθετα τσιμέντα: χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ, γύψου, σκωρίας και σε ίσο ποσοστό πουζολάνη φυσική ή ψημένη ή πυριτική ιπτάμενη τέφρα σε ποσοστά από 36-50% κατά μέγιστο. Δεν μπορεί να περιέχει πυριτική παιπάλη.

2.1.3 Κατηγορίες αντοχής τσιμέντων:

Από άποψη αντοχής τα τσιμέντα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

35, 45 και 55

Οι αριθμοί παριστάνουν την αντοχή των τσιμέντων σε MPa όπως προσδιορίζεται συμβατικά σύμφωνα με τον κανονισμό. Έτσι, ένα τσιμέντο: **I /35** σημαίνει ότι είναι τύπου I και συμβατικής αντοχής 35 MPa. Ο ρυθμός αυξήσεως της αντοχής του τσιμέντου επιτυγχάνεται συνήθως με αύξηση της λεπτότητας (Blaine). Ένα λεπτόκοκκο τσιμέντο (Blaine=4000 cm²/g) έχει γρηγορότερο ρυθμό αυξήσεως της αντοχής από ένα χονδροαλεσμένο τσιμέντο (Blaine=2500-3000 cm²/g). Θεωρητικά οι τύποι των τσιμέντων θα ήταν 9. Οι παραγόμενοι όμως τύποι είναι λιγότεροι γιατί είτε δεν είναι όλοι οι συνδυασμοί πρακτικά εφικτοί, είτε δεν είναι απαραίτητοι στην πράξη.

2.1.4 Χρήση τσιμέντων στην Ελλάδα:

Σήμερα στην Ελληνική αγορά, εκτός από μικρή μερίδα ειδικών τσιμέντων, χρησιμοποιούνται ευρέως τα γνωστά τσιμέντα Πόρτλαντ που συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω:

1. Τσιμέντο Πόρτλαντ – I/45: Παρουσιάζει γρήγορη ανάπτυξη αντοχών και είναι κατάλληλο για την κατασκευή σκυροδεμάτων υψηλών κατηγοριών και δομικών στοιχείων που απαιτούν γρήγορο ξεκαλούπωμα (προκατασκευή και προεντεταμένο σκυρόδεμα).

2. Τσιμέντο Πόρτλαντ – I/55: Η χρήση του στο εσωτερικό είναι περιορισμένη. Οι ποιότητες και οι χρήσεις του είναι ανάλογες με το τσιμέντο I/45 με επιδόσεις καλύτερες, κυρίως στην ανάπτυξη αντοχών.

3. Τσιμέντο Πόρτλαντ με Πουζολάνη – II/35: Στην αγορά είναι γνωστό με την ονομασία "κοινό τσιμέντο" ή Π 35. Χρησιμοποιείται για τα σκυροδέματα των συνήθων κατασκευών. Η ανάπτυξη των αντοχών του είναι βραδύτερη συγκριτικά με τους τύπους I, αλλά λόγω της παρουσίας ποζολανικών υλικών στη σύνθεσή του, συνεχίζονται να αυξάνονται μακροχρόνια οι αντοχές του σκυροδέματος με αποτέλεσμα την αύξηση της ανθεκτικότητάς του. Το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με το τσιμέντο αυτό, παρουσιάζει μειωμένη ανάπτυξη θερμοκρασιών (χαμηλή θερμότητα ενυδάτωσης), μειωμένη διαπερατότητα και αυξημένη ανθεκτικότητα στα θειικά άλατα, το θαλασσινό νερό και σε διάφορα διαβρωτικά περιβάλλοντα (χρήση σε λιμενικά έργα).

4. Τσιμέντο Πόρτλαντ με Πουζολάνη – II/45 (ΠΥΑ 2000): Χρησιμοποιείται κυρίως σε έργα της ΔΕΗ (φράγματα, σήραγγες). Είναι τσιμέντο ανάλογο του II/35 και έχει βελτιωμένα τα ειδικά χαρακτηριστικά και το ρυθμό ανάπτυξης των αντοχών έναντι του II/35. Είναι κατάλληλο για χρήση σε λιμενικά έργα.

5. Τσιμέντο Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά – IV/55: Το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με το τσιμέντο αυτό, παρουσιάζει ισχυρή αντίσταση στις προσβολές από τα θειικά άλατα και το θαλασσινό νερό. Ειδικότερα, η χρήση του για σκυροδετήσεις με αυξημένο βαθμό χημικής προσβολής καθορίζεται από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

6. Τσιμέντο Πόρτλαντ Λευκό – I/55: Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η λευκότητα. Έχει ιδιότητες και επιδόσεις αντίστοιχες με αυτές του τσιμέντου I/55 και χρησιμοποιείται στην πλακοποιία, στην κατασκευή διακοσμητικών στοιχείων, μωσαϊκών δαπέδων κλπ.

2.1.5 Κατάταξη με βάση τις ιδιότητες του:

Δύο από τις ιδιότητες του τσιμέντου, η **ταχύτητα πήξης** και η **αντοχή σε θλίψη**, αποτελούν βασικά κριτήρια για την κατάταξη των τσιμέντων σε διάφορες κατηγορίες.

Με βάση την **ταχύτητα πήξης** τα τσιμέντα διακρίνονται:

- Τσιμέντα ταχείας πήξης ή αργλικά, στα οποία η πήξη συμπληρώνεται σε διάστημα μικρότερο της μισής ώρας. Είναι πλουσιότερα σε οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3)
- Συνήθη τσιμέντα, με χρόνο πήξης που κυμαίνεται μεταξύ 6-8 ωρών.
- Τσιμέντα βραδείας πήξης ή πυριτικά, στα οποία η πήξη αρχίζει μετά τις 8 ώρες. Είναι πλουσιότερα σε οξείδιο του πυριτίου (SiO_2).

Με βάση την **αντοχή σε θλίψη** τα τσιμέντα κατατάσσονται:

- Κοινό τσιμέντο. Η αντοχή σε θλίψη του δοκιμίου είναι τουλάχιστον 275 kg/cm^2
- Τσιμέντο υψηλής αντοχής. Η αντοχή σε θλίψη του δοκιμίου είναι τουλάχιστον 400 kg/cm^2
- Τσιμέντο ειδικής παραγγελίας υψηλής αντοχής. Η αντοχή των τσιμέντων αυτών καθορίζεται με ειδική παραγγελία.

2.1.6 Ποσότητα τσιμέντου:

Η ποσότητα του τσιμέντου εξαρτάται:

- από την κατηγορία του παρασκευαζομένου σκυροδέματος
- από την ποιότητα του τσιμέντου
- από το μέγεθος των κόκκων του τσιμέντου (λεπτότητα αλέσεως)

Στον παρακάτω πίνακα 2.2 δίνονται οι ενδεικτικές ποσότητες ανά κατηγορία σκυροδέματος για ένα κυβικό μέτρο (m^3) σκυροδέματος.

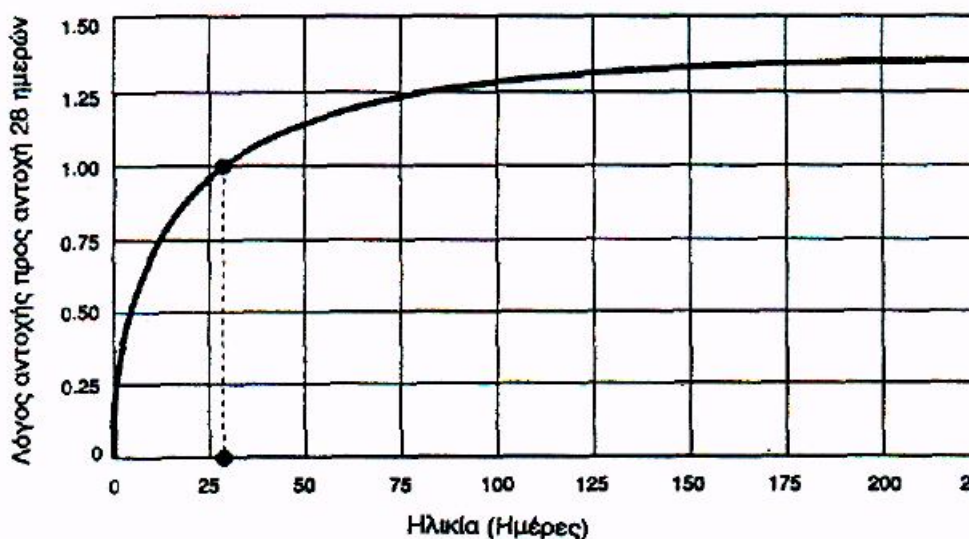
α/α	Κατηγορία σκυροδέματος	Ποσότητα τσιμέντου σε Kg ανά m^3 σκυροδέματος
1	C8	240-250
2	C12	280-300
3	C16	300-350
4	C20	350-400

Πίνακας 2.2 Ενδεικτικές ποσότητες για $1 m^3$ σκυροδέματος.

Στο σκυρόδεμα πρέπει να περιέχεται η απαιτούμενη και συγχρόνως η μικρότερη δυνατή ποσότητα τσιμέντου, ώστε να είναι δυνατόν να επιτευχθεί η απαιτούμενη θλιπτική αντοχή και να προστατεύονται οι οπλισμοί από την διάβρωση.

2.1.7 Ενυδάτωση του τσιμέντου:

Η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος οφείλονται αποκλειστικά στη χημική δράση μεταξύ τσιμέντου και νερού. Τα συστατικά του τσιμέντου ενώνονται με το νερό ύστερα από μία σειρά περίπλοκων χημικών αντιδράσεων που διαρκούν επί χρόνια. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ενυδάτωση** του τσιμέντου. Με την ανάμιξη του τσιμέντου με το νερό δημιουργείται μια γκριζοπράσινη πολτώδης μάζα, η τσιμεντοκοκινία. Για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, το μείγμα δεν φαίνεται να παρουσιάζει καμιά μεταβολή. Αργότερα όμως φαίνεται ότι αρχίζει να πήζει προοδευτικά έως ότου στερεοποιηθεί τελείως. Το φαινόμενο αυτό καλείται **πήξη της τσιμεντοκοκινίας** και οι χαρακτηριστικές στιγμές αλλαγής της φυσικής καταστάσεως ονομάζονται αρχή και τέλος της πήξεως. Κατά το χρονικό διάστημα ως την αρχή της πήξεως, ο τσιμεντοπολτός είναι ακόμη επιδεικτικός κατεργασίας και μεταφοράς. Γι αυτό και ο κανονισμός ορίζει ότι η αρχή της πήξεως για τα κοινά τσιμέντα δεν πρέπει να εμφανίζεται νωρίτερα από μία ώρα από τη στιγμή ανάμιξης των δύο υλικών και το τέλος της πήξεως αργότερα από 8 ώρες. Στην περίπτωση του σκυροδέματος, δηλαδή του μίγματος τσιμέντου, νερού και αδρανών υλικών, ο χρόνος ως την αρχή της πήξεως γίνεται δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερος.



Διάγραμμα 2.1 Ανάπτυξη της αντοχής του τσιμεντοπολτού με το χρόνο.

2.1.8 Πρόσμικτα υλικά του τσιμέντου

2.1.8.1 Ποζολάνες

Η ονομασία ποζολάνη προήλθε από την περιοχή Pozzuoli της Ιταλίας, όπου οι Ρωμαίοι είχαν ανακαλύψει ότι το έδαφος της περιοχής παρουσίαζε υδραυλικές ιδιότητες. Γαίες της περιοχής χρησιμοποιούσαν οι Ρωμαίοι στα κονιάματα τους. Σήμερα ποζολάνες ονομάζουμε πυριτικά ή αργιλοπυριτικά υλικά, που έχουν την δυνατότητα να ενώνονται με την υδράσβεστο Ca(OH)_2 και να σχηματίζουν ένυδρες ασβεστοπυριτικές ενώσεις, που με το χρόνο σκληρύνονται και αποκτούν μικρές ή μεγαλύτερες αντοχές. Η δράση αυτή οφείλεται κυρίως στο άμορφο πυριτικό υλικό των ποζολανών. Για να χρησιμοποιηθεί μια ποζολάνη για την παρασκευή τσιμέντων τύπου II ή III πρέπει να ικανοποιεί την δοκιμή δραστηρότητας που προβλέπει ο Κανονισμός, δηλαδή να παρουσιάζει συμβατική αντοχή τουλάχιστον 5 Μpa. Στην Ελλάδα υπάρχουν ηφαιστιογενείς γαίες με ποζολανικές ιδιότητες σε πολλές περιοχές, όπως η Θήρα (θηραϊκή γή), η νήσος Μήλος (Μηλαϊκή γή), τα νησιά Γιαλί και Νίσυρος των Δωδεκανήσων, στο νομό Πέλλης και αλλού. Αξίζει να αναφερθεί επίσης ότι η θηραϊκή γή χρησιμοποιείται από τις ελληνικές βιομηχανίες τσιμέντου ως πρόσμικτο ποζολανικό υλικό τσιμέντου από το 1930 περίπου.

2.1.8.2 Ιπτάμενη τέφρα

Ιπτάμενη τέφρα ονομάζουμε τα σε λεπτότατο καταμερισμό κατάλοιπα που προκύπτουν από την καύση γαιανθράκων ή λιγνιτών και που συλλέγονται κατά την έξοδο των αερίων καύσεως από τις καπνοδόχους των ατμοηλεκτρικών σταθμών με τα ηλεκτροστατικά φίλτρα. Η δραστηρότητα των τεφρών οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε SiO_2 , Al_2O_3 και CaO . Οι δύο πρώτες ενώσεις προσδίδουν στην τέφρα ποζολανικές ιδιότητες ενώ το οξείδιο του Ca υδραυλικές ιδιότητες. Στην Ελλάδα ιπτάμενη τέφρα παράγεται στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς της Δ.Ε.Η. στην Πτολεμαΐδα και στη Μεγαλόπολη.

2.1.8.3 Φίλλερ (Filler)

Φίλλερ ονομάζουμε υλικά, συνήθως αδρανή, σε λεπτότατο καταμερισμό. Τα φίλλερ σε μικρές ποσότητες επιδρούν ευνοϊκά στο εργάσιμο και την υδατοπερατότητα. Η δράση τους είναι κυρίως μηχανική, δηλαδή δρουν σαν λιπαντικό για το εργάσιμο και με τη διόγκωση των κόκκων παρουσία υγρασίας αυξάνουν την υδατοστεγανότητα. Σπανίως παρουσιάζουν και ποζολανικές ή υδραυλικές ιδιότητες. Αυτό όμως εξαρτάται από το αρχικό υλικό από το οποίο προέρχεται το φίλλερ.

2.2 ΤΟ ΝΕΡΟ

2.2.1 Γενικά:

Ένα από τα κυριότερα συστατικά του σκυροδέματος είναι το νερό. Το νερό που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι πόσιμο, καθαρό και απαλλαγμένο από βλαπτικές ουσίες (οργανικά ή ανόργανα στερεά, θειικά άλατα, οξέα) σε μεγάλο ποσοστό γιατί μπορούν να βλάψουν την ποιότητα του σκυροδέματος και να προκαλέσουν διάβρωση του οπλισμού. Ο Ν.Κ.Τ.Σ. επιτρέπει την χρήση θαλασσινού νερού μίξης σε άοπλο φέρων σκυροδέμα, αν η απαιτούμενη αντοχή αυξηθεί κατά 15%.

2.2.2 Λόγος τσιμέντου-νερού (υδατοτσιμεντοσυντελεστής):

Είναι γνωστό ότι στην αντοχή του σκυροδέματος παίζει σπουδαίο ρόλο ο λόγος κατά βάρους του νερού προς τσιμέντο w/z. Όσο μικρότερος είναι ο λόγος αυτός τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του σκυροδέματος. Έχει παρατηρηθεί ότι η άριστη αναλογία w/z κυμαίνεται μεταξύ 0,4 για σκυροδέματα υψηλής αντοχής και 0,5 για σκυροδέματα χαμηλότερης αντοχής. Επίσης παρατηρείται ότι, ενώ μια απόκλιση προς τα επάνω από το άριστο ποσοστό κατά 10% συνεπάγεται μείωση της αντοχής του σκυροδέματος κατά 15% περίπου, μια ίση απόκλιση προς τα κάτω, συνεπάγεται μείωση της αντοχής του σκυροδέματος κατά 30% περίπου. Είναι επομένως φρόνιμο, κατά την επιδίωξη της βέλτιστης αναλογίας νερού να παραμένει κανείς πάντοτε για λόγους ασφαλείας προς τα επάνω, παρά να κινδυνεύει η ποσότητα νερού να είναι μικρότερη της βέλτιστης με συνέπεια να υποστεί αλματώδη πτώση η αντοχή του παραγόμενου σκυροδέματος. Τέλος η ποσότητα του νερού δεν πρέπει να είναι τόσο λίγη ώστε να παραβλάπτεται η καλή κατεργασία του όλου μίγματος.

Στον παρακάτω πίνακα 2.3 δίνεται ο μέγιστος λόγος w/z κατά μέσο όρο για κάθε ποιότητα σκυροδέματος:

α/α	Ποιότητα σκυροδέματος	Μέγιστος λόγος βάρους w/z για m ³ σκυροδέματος
1	C8	0,70
2	C12	0,575
3	C16	0,485
4	C20	0,42

Πίνακας 2.3 Μέγιστος λόγος w/z για κάθε ποιότητα σκυροδέματος.

2.3 ΑΔΡΑΝΗ

2.3.1 Προέλευση αδρανών:

Γενικά τα αδρανή (που ονομάζονται έτσι γιατί είναι από χημική άποψη αδρανή προς το τσιμέντο) προέρχονται απευθείας από τη φύση ή με συλλογή από ρέματα κλπ (φυσικά ή συλλεκτά) ή από θραύση πετρωμάτων (θραυστά). Για τα κοινά σκυροδέματα και τις ελληνικές συνθήκες, τα καλύτερα αδρανή προέρχονται από ασβεστολιθικά ή πυριτικά πετρώματα.

2.3.2 Η μορφή των κόκκων:

Οι κόκκοι μπορεί να είναι στρογγυλοί, κυβόμορφοι, γωνιώδεις, πλακόμορφοι ή επιμήκεις. Από πλευράς εργασιμότητας καλύτεροι είναι οι στρογγυλοί ή κυβόμορφοι κόκκοι ενώ από πλευράς μηχανικής αντοχής του σκυροδέματος, οι κόκκοι με ανώμαλη επιφάνεια. Δηλαδή συνολικά καλύτερα είναι τα θραυστά αδρανή με κόκκους που δεν είναι επιμήκεις και πλακοειδείς.

Τα αδρανή υλικά ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

Κατηγορία αδρανών	Μέγεθος κόκκων
α) Άμμος	μέχρι 2,5 mm
β) Λεπτόκοκκα σκύρα	ριζάκι 2,5-7 mm
	γαρμπίλι 7-14 mm
	σκύρα 14-30 mm
γ) Χονδρόκοκκα σκύρα	30-70 mm

Πίνακας 2.4 Κατάταξη αδρανών με βάση το μέγεθος του κόκκου.

2.3.3 Αντοχή των αδρανών:

Για την ικανοποιητική αντοχή του σκυροδέματος, το υλικό των αδρανών (δηλ. το πέτρωμα) πρέπει να έχει μεγάλη μηχανική αντοχή, ανθεκτικότητα στο χρόνο, μικρή επιφανειακή φθορά σε κρούση, χημική αδράνεια σε σχέση με το τσιμέντο και το νερό (και με τις ουσίες που περιέχονται σε αυτό) και σταθερότητα όγκου (π.χ. να μην διογκώνεται λόγω απορρόφησης νερού) .

Ο Ν.Κ.Τ.Σ θεωρεί σαν ικανοποιητική τιμή της αντοχής σε θλίψη του πετρώματος τα 65 MPa , επειδή όμως για τις συνήθειες στην Ελλάδα κατηγορίες σκυροδέματος η αντοχή του τελευταίου ελάχιστα επηρεάζεται από την αντοχή του πετρώματος των αδρανών, ο κανονισμός επιτρέπει και την χρήση αδρανών με αντοχή πετρώματος μεταξύ 45 MPa και 65 MPa, εφόσον με τα αδρανή αυτά είναι δυνατή η επίτευξη της θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος που έχει προδιαγραφεί. Εφόσον πληρούν την προϋπόθεση αυτή, αδρανή από μητρικό πέτρωμα με αντοχή μικρότερη και από 45 MPa μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο για την παρασκευή σκυροδέματος που η επιφάνεια του πρόκειται να επιχριστεί, καθότι με τέτοια αδρανή η αντοχή της επιφάνειας του σκυροδέματος σε φθορά από τη χρήση και σε κρούση είναι αμφίβολη.

2.3.4 Γενικά για τα αδρανή υλικά:

Τα αδρανή υλικά πρέπει να είναι:

- σταθερά ώστε να μην θρυμματίζονται εύκολα
- ανθεκτικά από σκληρά πετρώματα (γρανίτες και ασβεστόλιθοι)
- καθαρά και απαλλαγμένα από φυτικές και άλλες επιβλαβείς προσμίξεις (πυλός, χημικά δραστικές ουσίες, άνθρακες).
- σταθερά στις καιρικές αλλαγές (μεταβολές θερμοκρασίας και υγρασίας)
- απαλλαγμένα από παιπάλη με διάμετρο μικρότερη από 0,075 mm
- καλά διαβαθμισμένα. Η κοκκομετρική καμπύλη της άμμου, των σκύρων και του μίγματος αυτών πρέπει να βρίσκεται μέσα στις περιοχές που περιλαμβάνονται στα διαγράμματα που προβλέπουν οι κανονισμοί. Κάθε υλικό που παρουσιάζει κοκκομετρική σύνθεση, τέτοια ώστε η κοκκομετρική του καμπύλη να βρίσκεται εκτός από τις επιτρεπόμενες υπό των προδιαγραφών καμπύλες, ή η κοκκομετρική του καμπύλη να είναι

ασυνεχής, πρέπει να απορρίπτεται ή να βελτιώνεται προτού χρησιμοποιηθεί.

Επίσης ισχύουν τα παρακάτω:

1. Τα αδρανή μέχρι 7 mm – χωρίς τσιμέντο- πρέπει να καλύπτουν το 35-45% της συνολικής ποσότητας των αδρανών
2. Ανάλογα με την ποιότητα του σκυροδέματος τα αδρανή υλικά μπορούν να προσκομίζονται στο εργοτάξιο αναμεμιγμένα ή διαβαθμισμένα.
 - Προκειμένου για σκυρόδεμα C₈ τα αδρανή υλικά μπορούν να είναι αμμοχάλικα ποταμού ή θραυστά λατομείου αναμεμιγμένα αρκεί μακροσκοπικός να είναι προφανές ότι περιέχουν και αρκετό χονδρόκοκκο υλικό.
 - Προκειμένου όμως για σκυροδέματα ανώτερης ποιότητας πρέπει να προσκομίζονται σε ξεχωριστές ομάδες. Για μεν τα σκυροδέματα C₁₂ και C₁₆ να προσκομίζονται σε τρεις διαβαθμίσεις (άμμος, γαρμπίλι, σκύρα).
 - Για δε τα σκυροδέματα C₂₀ και άνω σε τέσσερις διαβαθμίσεις (άμμος, ριζάκι, γαρμπίλι, σκύρα).
3. Όταν χρησιμοποιούνται θραυστά αδρανή και προπαντός θραύστη άμμος καλό είναι να προστίθενται σε αυτά και άμμος ποταμών.

2.3.5 Αποθήκευση των αδρανών:

Τέλος η αποθήκευση των αδρανών πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε:

α) Να μην διαχωρίζονται οι κόκκοι των αδρανών, όπως π.χ. συμβαίνει όταν ένα χονδρόκοκκο αδρανές αδειάζετε από μεγάλο ύψος ή όταν αναμοχλεύεται.

β) Να αποφεύγεται η ανάμιξη διαφορετικών αδρανών, όπως π.χ. συμβαίνει όταν δύο σωροί εφάπτονται χωρίς ενδιάμεσο χώρισμα.

γ) Να αποφεύγεται η ρύπανση τους από επιβλαβείς προσμίξεις (χώμα, λύματα κ.λ.π.)

3. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ Ή ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΑΔΡΑΝΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα αδρανή είναι μείγμα κόκκων διαφορετικού μεγέθους. Η κοκκομετρική τους σύνθεση παίζει σημαντικό ρόλο στη μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος. Καλά διαβαθμισμένα αδρανή με διαστάσεις κόκκων που καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα, έχουν λιγότερα κενά από αυτά που είναι λιγότερο διαβαθμισμένα, δηλαδή έχουν κόκκους ομοιόμορφων διαστάσεων. Η μείωση του όγκου των κενών μειώνει τον απαιτούμενο τσιμεντοπολτό, με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους και αύξηση της ογκοσταθερότητας του σκυροδέματος. Επιπλέον δοσμένη ποσότητα νερού ανά μονάδα όγκου, η εργασιμότητα και η συνοχή του μείγματος βελτιώνονται με την χρήση καλά διαβαθμισμένων αδρανών και με την παρουσία κάποιας ελάχιστης ποσότητας λεπτόκοκκου υλικού.

3.2 ΚΟΣΚΙΝΑ

Η κοκκομετρική διαβάθμιση καθορίζεται με σειρά πρότυπων κόσκινων. Οι σειρές κόσκινων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα και υιοθετούνται από το πρότυπο ΕΛΟΤ-408 και από τον Ν.Κ.Τ.Σ είναι η γερμανική σειρά των DIN 4187 και 4188 και η αμερικανική σειρά κόσκινων της προδιαγραφής ASTM E 11.

Τα Γερμανικά Κόσκινα θα συμβολίζονται με το Σύμβολο \square που θα γράφεται πριν από τον αριθμό του κοσκίνου.



Φωτογραφία 3.1 Γερμανική σειρά κοσκίνων.

Τα Αμερικανικά Κόσκινα θα συμβολίζονται με το Σύμβολο No που θα γράφεται πριν από τον αριθμό του κόσκινου μέχρι και το κόσκινο No 4, ενώ τα μεγαλύτερου ανοίγματος θα συμβολίζονται με το μέγεθος της βροχίδας σε ίντσες

3.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Η κοκκομετρική διαβάθμιση καθορίζεται ως εξής: από τα ποσοστά κατά βάρος που συγκρατούνται σε κάθε κόσκινο, υπολογίζεται το ποσοστό που περνάει, δηλαδή το λεπτότερο από κάθε κόσκινο. Κατόπιν σχεδιάζεται η κοκκομετρική καμπύλη, με τις διαμέτρους των κόσκινων στον οριζόντιο λογαριθμικό άξονα και το ποσοστό που περνάει από κάθε κόσκινο, στον κατακόρυφο αριθμητικό άξονα. Ενώ ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως του υλικού και η χάραξη της αντίστοιχης καμπύλης δεν παρουσιάζουν καμιά δυσκολία, πολύ δυσκολότερη είναι η αξιολόγηση και η εκτίμηση της καμπύλης αυτής και η εκλογή της καταλληλότερης, για κάθε περίπτωση, από άποψη ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Για να ελαχιστοποιηθούν τα κενά στο μείγμα των αδρανών και αποφευχθεί η απόμειξη του μείγματος(δηλ. διαχωρισμός των κόκκων μιας διάστασης από το υπόλοιπο μείγμα), πρέπει η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών να είναι συνεχής.

3.4 ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΚΟΚΚΟΣ

Το μέγεθος του μέγιστου κόκκου είναι η διάσταση του μικρότερου από την σειρά των κόσκινων από τη οποία περνάει το 95% τουλάχιστον της ποσότητας των αδρανών. Όσο μεγαλύτερος είναι ο μέγιστος κόκκος, τόσο μικρότερες είναι οι απαιτήσεις του σκυροδέματος σε τσιμεντοπολιτό, καθόσον χρειάζεται να διαβραχεί μικρότερη επιφάνεια αδρανών, και επομένως τόσο φθηνότερο είναι το σκυρόδεμα. Εντούτοις η οικονομία σε τσιμέντο γίνεται ασήμαντη για μέγιστο κόκκο μεγαλύτερο από 75 mm, ενώ δυσκολεύεται σημαντικά η μεταφορά, η διάστρωση και η συμπίκνωση του σκυροδέματος. Για ογκώδη στοιχεία άοπλου σκυροδέματος συμφέρει η χρήση αδρανών με μεγάλο μέγιστο μέγεθος κόκκων, αλλά για συνηθισμένα μέλη πρέπει το μέγιστο μέγεθος κόκκου να είναι μικρότερο από το 1/3 της μικρότερης διάστασης του στοιχείου σε ισχνά σε τσιμέντο σκυροδέματα, η αντοχή αυξάνεται όταν ο μέγιστος κόκκος μεγαλώνει, ενώ το αντίθετο ισχύει για πλούσια σε τσιμέντο σκυροδέματα. Ανάλογα με το μέγιστο κόκκο των αδρανών ορίζονται και οι ζώνες Δ, Ε και Ζ των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων. Στην Ελλάδα ο μέγιστος κόκκος θραυστών αδρανών είναι συνήθως 31,5 mm.

3.5 ΟΡΙΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ

Οι προδιαγραφές των διαφόρων χωρών καθορίζουν περιοχές κοκκομετρικών διαβαθμίσεων μέσα στις οποίες συνιστάται ή όχι να βρίσκονται κοκκομετρικές καμπύλες. Ο Ν.Κ.Τ.Σ ορίζει με βάση ξένες προδιαγραφές και με την μακρόχρονη εμπειρία με τα ελληνικά αδρανή τις περιοχές ή υποζώνες των πινάκων 3.1-7 και των διαγραμμάτων 3.1-4, και απαιτεί για οπλισμένο σκυρόδεμα η κοκκομετρική καμπύλη να βρίσκεται στην υποζώνη Δ.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250μm	2 - 11	11 - 16
1	1 mm	6 - 26	26 - 39
2	2 mm	11 - 34	34 - 49
4	4 mm	19 - 42	42 - 59
8	8 mm	30 - 56	56 - 71
16	16 mm	46 - 71	71 - 84
31,5	31,5 mm	72 - 90	90 - 96
63	63 mm	100	100

Πίνακας 3.1 Ορια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 63 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %		
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε	Υποζώνη Ζ
0,25	250 μm	2 - 13	13 - 17	17 - 23
1	1 mm	10 - 30	30 - 44	44 - 58
2	2 mm	18 - 40	40 - 55	55 - 67
4	4 mm	30 - 52	52 - 67	67 - 76
8	8 mm	45 - 68	68 - 80	80 - 86
16	16 mm	70 - 87	87 - 93	93 - 96
31,5	31,5 mm	100	100	100

Πίνακας 3.2 Ορια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2 - 13	13 - 18
1	1 mm	12 - 32	32 - 49
2	2 mm	21 - 42	42 - 62
4	4 mm	36 - 63	63 - 80
8	8 mm	60 - 85	85 - 94
16	16 mm	100	100

Πίνακας 3.3 Ορια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 16 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	5 - 11	11 - 21
1	1 mm	21 - 42	42 - 57
2	2 mm	36 - 57	57 - 71
4	4 mm	61 - 74	74 - 85
8	8 mm	95-100	100

Πίνακας 3.4 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 8 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25*	250 μm	2 - 11	11 - 16
No 50	300 μm	3 - 13	13 - 19
No 30	600 μm	4 - 20	20 - 30
No 16	1,18 mm	7 - 29	29 - 42
No 8	2,36 mm	12 - 36	36 - 51
No 4	4,75 mm	21 - 45	45 - 62
3/8"	9,5 mm	34 - 60	60 - 74
1/2"	12,5 mm	41 - 66	66 - 80
3/4"	19,0 mm	51 - 75	75 - 87
1"	25,0 mm	60 - 84	84 - 93
1 1/2"	37,5 mm	95 - 100	100
2"	50,0 mm	100	100

Πίνακας 3.5 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1.5'', για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM 11.

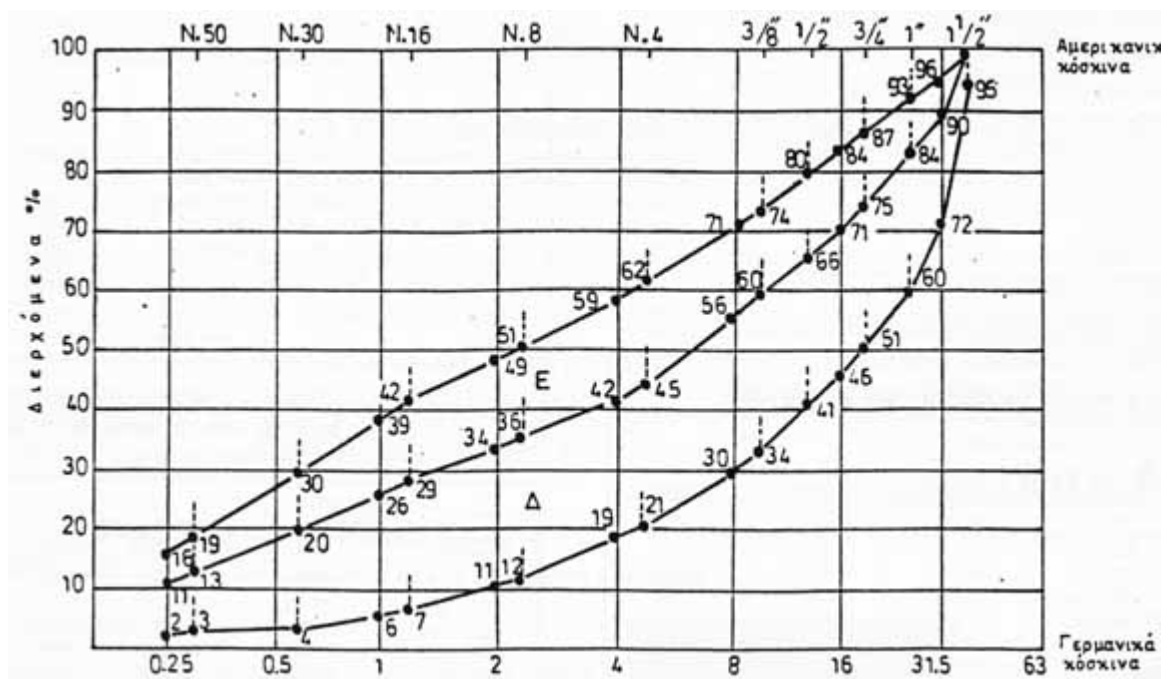
Κόσκινα		Διερχόμενα %		
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε	Υποζώνη Ζ
0.25*	250 μm	2 - 13	13 - 17	17 - 23
No 50	300 μm	3 - 14	14 - 20	20 - 27
No 30	600 μm	6 - 23	23 - 34	34 - 44
No 16	1,18 mm	12 - 32	32 - 47	47 - 60
No 8	2,36 mm	21 - 43	43 - 58	58 - 69
No 4	4,75 mm	33 - 56	56 - 70	70 - 78
3/8"	9,5 mm	51 - 73	73 - 84	84 - 89
1/2"	12,5 mm	61 - 80	80 - 89	89 - 93
1"	25,0 mm	95 - 100	100	100
1 1/2"	37,5 mm	100	100	100

Πίνακας 3.6 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1, για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM 11.

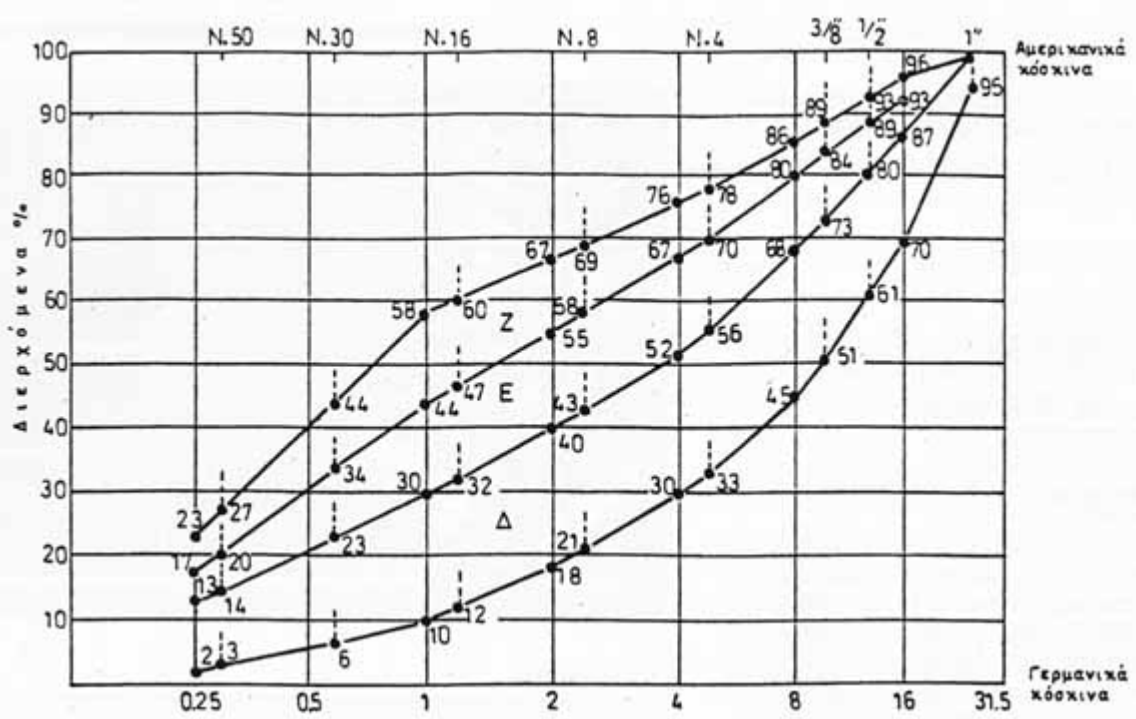
Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25*	250 μm	5 - 11	11 - 21
No 50	300 μm	7 - 15	15 - 26
No 30	600 μm	15 - 30	30 - 43
No 16	1,18 mm	25 - 45	45 - 60
No 8	2,36 mm	42 - 61	61 - 74
No 4	4,75 mm	69 - 80	80 - 88
3/8"	9,5 mm	100	100

* Το κόσκινο αυτό ανήκει στη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων

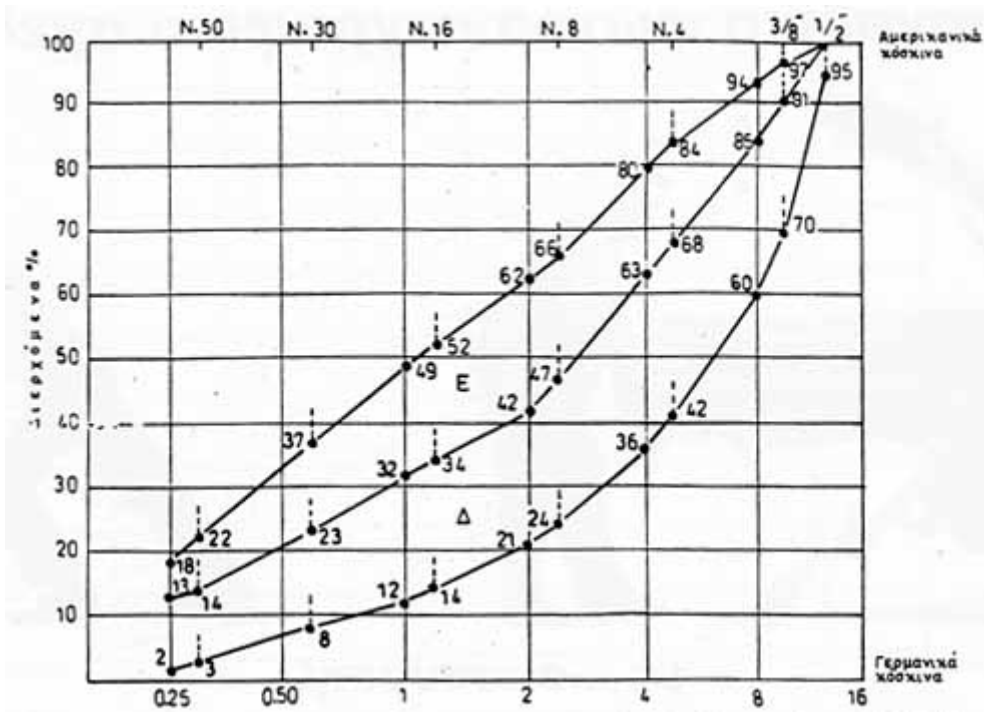
Πίνακας 3.7 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 3/8", για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM E 11.



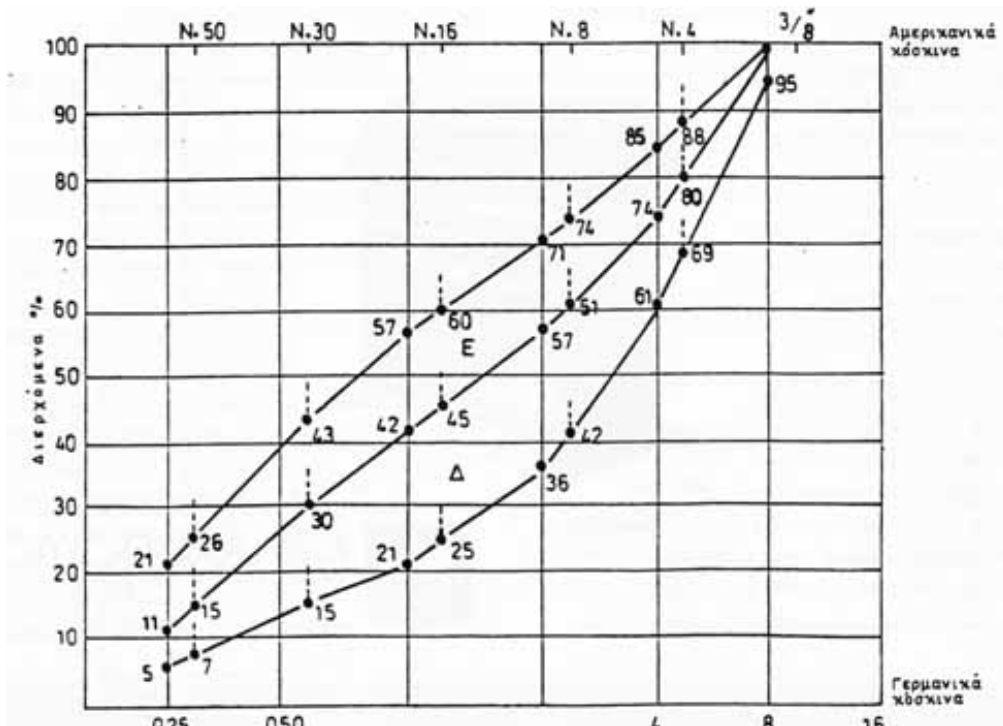
Διάγραμμα 3.1 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου \square 63 ή 1 1/2".



Διάγραμμα 3.2 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 ή 1.



Διάγραμμα 3.3 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 16 ή 1/2.



Διάγραμμα 3.4 Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου \square 8 ή 3/8.

3.6 Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ

Ο Ν.Κ.Τ.Σ. ορίζει ότι για σκυροδέματα κατηγορίας μέχρι C30/37, που περιλαμβάνουν ουσιαστικά όλα τα σκυροδέματα της πράξης με εξαίρεση τα προκατασκευασμένα, επιτρέπονται και κοκκομετρικές διαβαθμίσεις στην υποζώνη E, εφόσον αυτό προδιαγραφεί από τον ιδιοκτήτη ή την επίβλεψη του έργου. Γενικά, μίγματα αδρανών με κοκκομετρικές καμπύλες κάτω από την υποζώνη Δ είναι τόσο χονδρόκοκκα που δίνουν δύσκολα εργάσιμα σκυροδέματα, ενώ λεπτόκοκκα μίγματα πάνω από την υποζώνη E απαιτούν μεγάλη ποσότητα τσιμεντοπολτού (χρειάζεται να διαβραχεί μεγαλύτερη συνολική επιφάνεια αδρανών) και δίνουν σκυροδέματα με έντονη τάση μεταβολής του όγκου, ρηγμάτωσης κλπ. Παρά το ότι το λεπτόκοκκο υλικό αυξάνει τις απαιτήσεις του μίγματος σε νερό, χρειάζεται πάντα στο μίγμα ένα ελάχιστο ποσοστό υλικού διαστάσεων κάτω των 0,25 mm, για λόγους συνεκτικότητας του νωπού σκυροδέματος, περιορισμού των λεπτών πόρων (άρα και της διαπερατότητας του σκυροδέματος) και ομαλότητας της τελικής εξωτερικής επιφάνειας. Προφανώς και το ίδιο το τσιμέντο παίζει το ρόλο του πολύ λεπτόκοκκου

υλικού, όμως είναι πολύ φθηνότερο να πληρούται η απαίτηση παρουσίας λεπτότητας υλικού μέσω των αδρανών παρά μέσω του τσιμέντου.

Ένα μίγμα αδρανών είναι απίθανο να παραμείνει ομοιογενές και να διατηρήσει την διαβάθμιση του κατά τα στάδια της φόρτωσης, μεταφοράς και ζύγισης πριν την τελική ανάμειξη του σκυροδέματος. Είναι πολύ ευκολότερο να επιτευχθεί ένα ομοιογενές τελικό μίγμα αδρανών, αν τα αδρανή διατηρηθούν σε δυο ή τρία χωριστά “κλάσματα”, τα οποία ζυγίζονται χωριστά και αναμιγνύονται μόνο κατά την τελική ανάμειξη του σκυροδέματος. Για το λόγο αυτό ο Ν.Κ.Τ.Σ. απαιτεί, για σκυροδέματα κατηγορίας C 20/25 και πάνω, να προσκομίζονται τα αδρανή σε τρία (3) κλάσματα (με εξαίρεση τα σκυροδέματα με μέγιστο κόκκο αδρανών για 16 mm ή 18 mm, για τα οποία τα αδρανή μπορούν να προσκομίζονται σε δύο (2) κλάσματα). Το πλέον χονδρόκοκκο κλάσμα είναι τα **σκύρα** και το ενδιάμεσο είναι συνήθως το **γαρμπίλι**. Κλάσμα μεταξύ άμμου και γαρμπιλιού λέγεται **ριζάκι**.



Φωτογραφίες 3.2 Σκύρα, γαρμπίλι & ριζάκι.

- Ως άμμος ορίζεται το κλάσμα το διερχόμενο από το κόσκινο \square 8 ή το 3/8 σε ποσοστό 100% και από το κόσκινο \square 4 ή το Νο 4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95%. Το ποσοστό των κόκκων της άμμου που περνάει από το κόσκινο η 0,25 δεν πρέπει να υπερβαίνει: **α)** Το 24% του ξηρού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30 ή μεγαλύτερης. **β)** Το 30% του

ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για σκυρόδεμα κατηγορίας μικρότερης της C25/30. γ) Το 37% του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις (στεγανό σκυρόδεμα, ανθεκτικό σκυρόδεμα, σκυρόδεμα δαπέδων κλπ.)

- Στο επόμενο κλάσμα μετά την άμμο (γαρμπίλι) δεν επιτρέπεται να υπάρχει υλικό διερχόμενο από το κόσκινο \square 2 ή Νο 8 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 25%, όπως επίσης και υλικό διερχόμενο από το κόσκινο \square 1 ή Νο 16 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 2%.
- Ως παιπάλη ορίζεται το μέρος του αδρανούς που περνάει από το Αμερικανικό πρότυπο Κόσκινο Νο 200 (75 μm) και προσδιορίζεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-305. Η παιπάλη της άμμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16% του ξερού βάρους της και η παιπάλη των πιο χονδρόκοκκων κλασμάτων (ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% του ξερού βάρους του. Για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις επιτρέπεται παιπάλη στην άμμο μέχρι 20% του ξερού βάρους της.

3.7 ΈΛΕΓΧΟΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΕΡΓΟΤΑΞΙΑΚΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ

Ο έλεγχος της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των αδρανών υλικών των εργοταξιακών σκυροδεμάτων πρέπει να επαναλαμβάνεται μετά την κατανάλωση περίπου 80 m³ σκύρων, 40 m³ γαρμπιλιού και 80 m³ άμμου, εκτός αν κατά τη διάσπρωση μιας ημέρας καταναλίσκονται μεγαλύτερες ποσότητες αδρανών, οπότε ο έλεγχος πρέπει να επαναλαμβάνεται στην αρχή κάθε διασπρώσεως. Επίσης πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε φορά που η κάθιση του σκυροδέματος παρουσιάζει ουσιώδη μεταβολή, χωρίς να έχουν μεταβληθεί οι αναλογίες των υλικών.

Στον παρακάτω πίνακα 3.8 παρουσιάζονται οι απαιτούμενες ποσότητες για την εξέταση των αδρανών, όπως ορίζει ο Ν.Κ.Τ.Σ.

Δοκιμή	Ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αδρανών σε kg		
	Άμμος	Γαρμπίλι	Σκόρα ή χαλίκια
Κοκκομετρική ανάλυση Φαινόμενο βάρος Ισοδύναμο άμμου	20	30	40
Αντοχή σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles	-	30	40
Αντοχή σε αποσάθρωση (υγεία)	10	20	30

Πίνακας 3.8 Απαιτούμενες ποσότητες για την εξέταση των αδρανών.

3.8 ΜΕΤΡΟ ΛΕΠΤΟΤΗΤΑΣ

Σαν χαρακτηριστικός δείκτης μιας κοκκομετρικής καμπύλης χρησιμοποιείται συχνά το εμβαδόν του πάνω (ή του κάτω) από την καμπύλη τμήματος του διαγράμματος, ή ισοδύναμα, για ανοίγματα κόσκινων που ισαπέχουν πάνω στον οριζόντιο άξονα, το άθροισμα των αποστάσεων της κοκκομετρικής καμπύλης από τον πάνω οριζόντιο άξονα (δηλ των ποσοστών που είναι χονδρότερα από το συγκεκριμένο κόσκινο). Ειδικά για την άμμο και για τα αμερικανικά κόσκινα, το άθροισμα των ποσοστών χονδρότερων από την σειρά των κόσκινων αυτών, διαιρεμένου δια 100, λέγεται **μέτρο λεπτότητας** FM (Fineness Modulus) και δίνει κατά προσέγγιση τη σειρά από κάτω του κόσκινου που βρίσκεται πλησιέστερα στην μέση διάμετρο του υλικού. (πχ FM=3.0 σημαίνει ότι η μέση διάμετρος του υλικού αντιστοιχεί στο 3^ο από κάτω αμερικανικό κόσκινο δηλ στο No 30 ή 0,6mm).

4. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Κατά κανόνα προστίθενται στο μείγμα ορισμένες χημικές ουσίες που λέγονται “πρόσθετα”, με σκοπό τη βελτίωση, μέσω φυσικοχημικής αντίδρασης, ορισμένων ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Σε σύγκριση με τα λοιπά συστατικά του σκυροδέματος, τα πρόσθετα έχουν σημαντικό, ανά μονάδα βάρους ή όγκου, κόστος.

4.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι κατηγορίες των πρόσθετων υλικών, είναι:

- **Αερατικά**, που αναπτύσσουν στη μάζα του σκληρυμένου σκυροδέματος μικροσκοπικές (0,02-0,2 mm) φυσαλίδες με σκοπό την αύξηση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος σε κύκλους ζέστης- παγετού.
- **Πρόσθετα επιταχυντικά της πήξης**, για σκυροδέτηση σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- **Πρόσθετα επιβραδυντικά της πήξης**, για σκυροδέτηση σε πολύ ζεστό καιρό.
- **Ρευστοποιητικά ή υπερρευστοποιητικά πρόσθετα**, για αύξηση της ρευστότητας του νωπού σκυροδέματος.(είναι πιο χρήσιμα στην πράξη).

Η χρήση τους είναι σχεδόν απαραίτητη για σκυροδέματα υψηλής ποιότητας, που αναγκαστικά περιέχουν λιγότερο νερό, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Όταν χρησιμοποιούνται υπερρευστοποιητικά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η επίδραση τους στην ρευστότητα του μίγματος κατά κανόνα εξαφανίζεται μετά από 20-30 min από την προσθήκη τους στο μίγμα. Για τον λόγο αυτό, αν η ανάμειξη των υλικών του σκυροδέματος γίνεται σε εργοστάσιο ετοιμού σκυροδέματος και ακολουθεί μεταφορά στο έργο σε αυτοκίνητο- αναμικτήρα, ένα μέρος ή και το σύνολο του υπερρευστοποιητικού χρειάζεται να προστίθεται στο μείγμα όχι στο εργοστάσιο παραγωγής αλλά επιτόπου το έργο, λίγο πριν τη σκυροδέτηση.

- **Ρευστοποιητικά –επιβραδυντικά**
- **Ρευστοποιητικά- επιταχυντικά**
- **Υπερρευστοποιητικά –επιβραδυντικά**

5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

5.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η θεωρητική δομή του σκυροδέματος, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, δεν ανταποκρίνεται, για τις συνθήκες της πράξεως, στην άριστη σύνθεση του. Το τελικό προϊόν θα απείχε πολύ από αυτό που θεωρητικά υποθέσαμε, κυρίως γιατί στην πράξη θα ήταν αδύνατη η “τακτοποίηση” των κόκκων, όπως στο θεωρητικό πρότυπο, δηλαδή η εγκατάσταση των μικρότερων κόκκων στα κενά των αμέσως μεγαλύτερων και η εισροή ανάμεσα σ’αυτά του πολτού της τσιμεντοκονίας. Εξάλλου το σκυρόδεμα θα είχε τέτοια συνεκτικότητα, που θα απαιτούσε εξαιρετικά μεγάλο έργο συμπτκνώσεως. Για τους παραπάνω λόγους παρεκκλίνουμε στην πράξη από τις θεωρητικές αυτές αναλογίες, με σκοπό να πετύχουμε ένα σκυρόδεμα, που να ικανοποιεί, σε όλη του τη μάζα, τις βασικές μας απαιτήσεις, έστω και αν οι κόκκοι και ο τσιμεντοπολτός δεν έχουν τη διάταξη που θεωρητικά υποθέσαμε. Πέρα από την αναγκαία αυτή παρέκκλιση, αποσκοπούμε, με την κατάλληλη εκλογή των αναλογιών συνθέσεως, να πετύχουμε ορισμένες συγκεκριμένες ιδιότητες που επιβάλλονται από τις απαιτήσεις της κατασκευής, τα διαθέσιμα υλικά και τα εργοταξιακά μέσα.

Η εργασία αυτή λέγεται **μελέτη συνθέσεως**. (Μ.Σ.)

5.2 ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Τα δεδομένα του προβλήματος είναι:

- α)** οι απαιτήσεις της κατασκευής
- β)** τα διαθέσιμα υλικά
- γ)** τα εργοταξιακά μέσα και
- δ)** κατά δεύτερο λόγο, οι καιρικές ή άλλες ειδικές συνθήκες.

α) Η κατασκευή καθορίζει, από τη στατική της λειτουργία, την απαιτούμενη αντοχή του υλικού. Εξάλλου οι διαστάσεις του έργου, καθώς και οι αποστάσεις των ράβδων του οπλισμού, καθορίζουν έναν ανεκτό μέγιστο κόκκο του αδρανούς του υλικού. Πέρα από τις παραπάνω βασικές απαιτήσεις μπορεί ο προορισμός και η λειτουργία του έργου να θέτουν και άλλες πρόσθετες απαιτήσεις όπως:

- **καλή εμφάνιση** της επιφάνειας του σκυροδέματος (ανεπίχριστο σκυρόδεμα).
- **υδατοστεγανότητα** (περίπτωση δεξαμενών νερού).
- **ανθεκτικότητα σε χημικές επιρροές** (δεξαμενές διαφόρων υγρών),
- **μείωση της εκλυόμενης θερμότητας** (ογκώδεις κατασκευές).

β) Τα διαθέσιμα αδρανή υλικά (το νερό και το τσιμέντο έχουν γενικά περισσότερο σταθερή ποιότητα), εφόσον παρέχονται σε ομάδες (άμμος, γαρμπίλι, σκύρα), προσδιορίζουν τη βέλτιστη κοκκομετρική διαβάθμιση που μπορούμε να επιτύχουμε με την ανάμειξη τους σε ορισμένες αναλογίες. Η μορφή των κόκκων επηρεάζει την πρόσφυση και το εργάσιμο του υλικού. Η περιεχόμενη υγρασία, το νερό αναμείξεως και τέλος η αντοχή του πετρώματος, επηρεάζουν την τελική αντοχή που μπορούμε να επιτύχουμε.

γ) Τα διαθέσιμα εργοταξιακά μέσα, παρασκευής, μεταφοράς και διαστρώσεως (άντληση ή όχι, τρόπος συμπυκνώσεως) καθορίζουν κυρίως την απαιτούμενη συνεκτικότητα του σκυροδέματος.

Τέλος, **δ)** Οι καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία) είναι δυνατόν να επιβάλλουν ορισμένες πρόσθετες απαιτήσεις για το νερό αναμείξεως ή για την ανάγκη προσθήκης πρόσθετων υλικών στο σκυρόδεμα.

Τα παραπάνω μπορούμε να τα περιλάβουμε στον ακόλουθο πίνακα:

Κατασκευή	μορφή	→	μέγιστος κόκκος
	στατική λειτουργία	→	αντοχή
	λειτουργία	→	υδατοστεγανότητα, εμφάνιση
Εργοταξιακά μέσα	→		εργάσιμο
Διαθέσιμα αδρανή	→		κοκκομετρική διαβάθμιση
Ειδικές	→		πρόσθετα υλικά κ.α.

Πίνακας 5.1 Τα δεδομένα του προβλήματος.

Οι ζητούμενες ιδιότητες του σκυροδέματος, όπως προκύπτουν από τον πίνακα, προσδιορίζουν μια περιοχή διακυμάνσεως των ποσοτήτων των υλικών. Από το άλλο μέρος οι βασικές αρχές που καθοδηγούν την εκλογή της συνθέσεως συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- **Μικρότερη δυνατή ποσότητα τσιμέντου:** οικονομία, μείωση συστολής
- **Μεγαλύτερη δυνατή συνεκτικότητα:** αύξηση αντοχής
- **Μεγαλύτερος δυνατός κόκκος αδρανών:** αύξηση αντοχής, ελάττωση κονιάματος.

Η εργασία της μελέτης σύνθεσης ακολουθεί, όπως φαίνεται από τα παραπάνω, την ακόλουθη σειρά:

- Προσδιορισμός δεδομένων
- Προσδιορισμός απαιτήσεων Κανονισμών
- Εκτίμηση σύνθεσης
- Δοκιμή

Το σπουδαιότερο από τα παραπάνω στάδια είναι η εκτίμηση της σύνθεσης. Η σωστή εκτίμηση συντομεύει το χρόνο της δοκιμαστικής αναζήτησης. Η εκτίμηση της κατάλληλης σύνθεσης είναι κυρίως θέμα εμπειρίας, μπορεί όμως να συμπληρωθεί με στοιχεία που παρέχονται στους Κανονισμούς και την βιβλιογραφία. Πρέπει ακόμα να τονιστεί ότι τα στοιχεία που παρέχονται στη βιβλιογραφία, ακόμη και στους Κανονισμούς, έχουν προκύψει από μετρήσεις με ορισμένες ποιότητες υλικών και γι' αυτό πρέπει να θεωρούνται ενδεικτικά και βοηθητικά. Η τελευταία φάση, η δοκιμή και μόνο αυτή, είναι ικανή να καθορίσει τη σύνθεση που καλύπτει τις ζητούμενες απαιτήσεις.

6. ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

6.1 ΕΞΙΔΡΩΣΗ

Εξίδρωση ονομάζουμε το φαινόμενο του διαχωρισμού του νερού από τα στερεά συστατικά του σκυροδέματος, που παρουσιάζεται στην περίοδο πριν από την πήξη. Τα στερεά συστατικά καθιζάνουν λόγω της βαρύτητας, ενώ το νερό, λόγω των τριχοειδών δυνάμεων, έχει την τάση να κινηθεί προς τα επάνω. Έτσι εμφανίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος λεπτό στρώμα νερού που μοιάζει με εξίδρωση. Το νερό αυτό τελικά εξατμίζεται. Η εξίδρωση επομένως έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού όγκου του μείγματος και την απομάκρυνση μέρους νερού. Η ελάττωση του νερού είναι, βέβαια, επιθυμητή, γιατί έχει ευνοϊκό αποτέλεσμα στην αντοχή, αλλά το φαινόμενο του διαχωρισμού είναι επιβλαβές και ανεπιθύμητο γενικά, λόγω της ανομοιογένειας που δημιουργεί μέσα στη μάζα του σκυροδέματος και ειδικότερα τα ακόλουθα δυσμενή φαινόμενα:

α) Όπως το νερό κινείται προς τα επάνω, συμπαρασύρει το λεπτόκοκκο τμήμα του τσιμέντου. Κατά τον τρόπο αυτό το μείγμα γίνεται φτωχότερο σε τσιμέντο, και στην επάνω επιφάνεια δημιουργείται λεπτό στρώμα κονίας, που ρηγματώνεται και αποφλοιώνεται.

β) Κατά τη δίοδο του νερού ανάμεσα από τα στερεά συστατικά δημιουργούνται μέσα στον τσιμεντοπολλτό λεπτοί σωληνίσκοι.

γ) Η συγκέντρωση του νερού δεν γίνεται μόνο στην επάνω επιφάνεια του σκυροδέματος, αλλά το ίδιο φαινόμενο εμφανίζεται τοπικά και στις κοιλότητες μεταξύ των σκύρων, όπου γίνεται τοπική συγκέντρωση νερού με αποτέλεσμα τη δημιουργία κοιλοτήτων.

δ) Το ίδιο φαινόμενο δημιουργείται και σε όλο το μήκος κάτω από τις ράβδους του οπλισμού, όπου το κενό που σχηματίζεται, μειώνει την επιφάνεια συνεργασίας ανάμεσα στο σκυρόδεμα και το σίδηρο και συγχρόνως αυξάνει τον κίνδυνο διαβρώσεως των οπλισμών.

Το φαινόμενο της εξιδρώσεως επιτείνεται με την αύξηση του νερού αναμείξεως, καθώς και με την έλλειψη λεπτόκοκκων υλικών της άμμου και του τσιμέντου, γιατί μ' αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η κίνηση του νερού προς τα επάνω. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε είδος τσιμέντου έχει διαφορετική ικανότητα συγκρατήσεως νερού, ρόλο παίζει κυρίως η λεπτότητα του τσιμέντου και οι προσμίξεις.

6.2 ΑΠΟΜΕΙΞΗ

Τα στερεά συστατικά, όχι μόνο σαν σύνολο διαχωρίζονται από το νερό, αλλά και μεταξύ τους χωρίζονται, κατά την κίνηση τους προς τα κάτω, ανάλογα με το βάρος τους. Τα βαρύτερα κινούνται προς τα χαμηλότερα στρώματα και έτσι τελικά τακτοποιούνται σε στρώσεις ανάλογα με το βάρος τους. Το φαινόμενο αυτό λέγεται απόμειξη του σκυροδέματος. Αν οι κόκκοι είναι από το ίδιο πέτρωμα και επομένως έχουν το ίδιο ειδικό βάρος, ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων. Το φαινόμενο της απομείξεως είναι από τα πιο καταστρεπτικά για την αντοχή και γενικά για την ποιότητα του σκυροδέματος, γιατί όπως είναι φανερό, μεταβάλλει τις αναλογίες μείξεως κατά τρόπο ανομοιόμορφο και απρόβλεπτο. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται περιοχές με μειωμένη αντοχή, καθώς επίσης και μειωμένη πρόσφυση μεταξύ του οπλισμού και σκυροδέματος από την έλλειψη κονιάματος.

6.3 ΕΡΓΑΣΙΜΟ

Με τον όρο “εργάσιμο” ή “εργασιμότητα” χαρακτηρίζουμε γενικά την ευκολία με την οποία μπορούμε να μεταφέρουμε, διαστρώσουμε και συμπυκνώσουμε το σκυρόδεμα. Ο ορισμός όμως αυτός δεν είναι απόλυτα ακριβής, γιατί η ευκολία αυτή κατεργασίας του νωπού σκυροδέματος συνδέεται και με τα μέσα που διαθέτουμε. Το εργάσιμο θα πρέπει να το φανταστούμε ανεξάρτητα από τις εξωτερικές αυτές συνθήκες. Γι’ αυτό, σωστότερο είναι να το ορίσουμε ως το έργο που απαιτείται για την υπερνίκηση των εσωτερικών τριβών ωσότου πετύχουμε πλήρη συμπύκνωση. Το εργάσιμο είναι μια πολύ για την πράξη έννοια, γιατί αποδίδει ακριβώς αυτό που ενδιαφέρει τον κατασκευαστή κατά τον χρόνο της σκυροδετήσεως, είναι όμως ιδιότητα σύνθετη που συνδέεται με άλλες ρεολογικές ιδιότητες και που δύσκολα μπορεί να αποδοθεί ποσοτικά.

Τέτοιες ιδιότητες, με τις οποίες συνδέεται και εξαρτάται το εργάσιμο, είναι οι ακόλουθες:

α) Η **ρευστότητα** που σημαίνει την ευκολία με την οποία ρέει ένα υλικό. Η ρευστότητα εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του νερού αναμείξεως.

β) Η **πλαστικότητα**, με την οποία νοείται η ικανότητα του υλικού να παραμορφώνεται χωρίς διακοπή της συνέχειας του.

γ) Η **συνοχή**, η οποία είναι το αποτέλεσμα των δυνάμεων που έλκουν τα μόρια του υλικού μεταξύ τους και επομένως είναι μία από τις ιδιότητες που συντελούν στην πλαστικότητα.

δ) Η **συμπυκνωσιμότητα**, δηλαδή η δυνατότητα του υλικού να συμπυκνωθεί και που εξαρτάται από τον αρχικό βαθμό συμπυκνώσεως.

ε) Τέλος, τον όρο **συνεκτικότητα** χρησιμοποιούμε πολλές φορές, για να εκφράσουμε άλλοτε το εργάσιμο και άλλοτε τη ρευστότητα.

6.3.1.Εργαστηριακές δοκιμές μετρήσεως της εργασιμότητας

6.3.1.1 Δοκιμή κάθισης.

Κάθιση είναι ένα μέτρο εργασιμότητας που εκφράζεται με την απώλεια ύψους, σε cm, που παρουσιάζει μια κωνική στήλη νωπού σκυροδέματος, όταν ανασυρθεί η κωνική μήτρα (κώνος κάθισεως) με την οποία μορφώθηκε.



Φωτογραφία 6.1 Δοκιμή κάθισης.

6.3.1.2 Δοκιμή εξάπλωσης.

Εξάπλωση είναι ένα μέτρο εργασιμότητας που εκφράζεται με τη μέση διάμετρο σε cm που αποκτά μια κωνική στήλη νωπού σκυροδέματος, η οποία μορφώθηκε επάνω στην τράπεζα εξάπλωσεως, έπειτα από ορισμένο αριθμό αναπηδήσεων της τράπεζας.



Φωτογραφία 6.2 Συσκευή εξάπλωσης.

7. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

7.1 ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ & ΟΡΙΣΜΟΙ

Ο Ελληνικός Κ.Τ.Σ. προβλέπει για τον έλεγχο της αντοχής τα ακόλουθα:

α) Συμβολισμοί (Άρθρο 2)

f_{28} = Συμβατική αντοχή σε θλίψη δοκιμίου ή αντοχή συμβατικού δοκιμίου σε θλίψη, σε ηλικία 28 ημερών.

f_{ck} = Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη.

f_m = Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη.

f_a = Απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη.

\bar{X}_n = Μέσος όρος αντοχής ή συμβατικών δοκιμίων μιας δειγματοληψίας.

X_i = Αντοχή ενός συμβατικού δοκιμίου μιας δειγματοληψίας.

s = Τυπική απόκλιση των αντοχών ενός αριθμού συμβατικών δοκιμίων

n = Αριθμός δοκιμίων

β) Ορισμοί (Άρθρο 3)

“**Συμβατική αντοχή σε θλίψη δοκιμίου, f_{28}** ”, είναι η αντοχή ενός “συμβατικού” δοκιμίου δηλαδή ενός δοκιμίου που έχει διαστάσεις και τη μορφή που προβλέπονται στον Κανονισμό και που παρασκευάζεται και συντηρείται σύμφωνα με τη μέθοδο ΣΚ304, και ελέγχεται σύμφωνα με τη μέθοδο ΣΚ304 σε ηλικία 28 ημερών.

“**Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη, f_{ck}** ”, θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου.

“**Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη, f_m** ”, είναι ο μέσος όρος αντοχής όλων των συμβατικών δοκιμίων που θα μπορούσαν να παρασκευασθούν από μία σημαντικά μεγάλη ποσότητα σκυροδέματος αν ολόκληρα αυτή η ποσότητα μετατρεπόταν σε δοκίμια. Το σκυροδέμα της σημαντικά μεγάλης ποσότητας πρέπει να έχει παρασκευασθεί με τα ίδια υλικά, τις ίδιες αναλογίες και τα ίδια μηχανικά μέσα.

“**Απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη, f_a** ”, είναι η τιμή της μέσης αντοχής f_m για την οποία το σκυρόδεμα του έργου έχει μια ορισμένη πιθανότητα αποδοχής, όταν εξετάζεται με τα Κριτήρια συμμορφώσεως του Κανονισμού αυτού. Οι αναλογίες υλικών της Μελέτης Συνθέσεως πρέπει να εξασφαλίζουν μέση αντοχή f_m τουλάχιστον ίση με την απαιτούμενη f_a .

“**Ανάμιγμα**”, είναι η ποσότητα σκυροδέματος που προκύπτει από μια φόρτωση, ανάμιξη και αποφόρτωση του αναμικτήρα. Η ποσότητα αυτή πρέπει να είναι μικρότερη ή το πολύ ίση από εκείνη που επιτρέπουν οι Προδιαγραφές λειτουργίας του αναμικτήρα.

“**Παρτίδα**”, είναι η ποσότητα του σκυροδέματος που αξιολογείται από τα δοκίμια μιας δειγματοληψίας. Η ποσότητα αυτή πρέπει να έχει παρασκευασθεί με τα ίδια υλικά, τις ίδιες αναλογίες και τα ίδια μηχανικά μέσα.

“**Εργοταξιακό σκυρόδεμα**”, λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων έχει πλήρη παρακολούθηση και έλεγχο της παραγωγής σε όλες τις φάσεις της, δηλαδή όταν μπορεί να ελέγχει τα υλικά του σκυροδέματος, τα μηχανήματα παραγωγής, μπορεί να μεταβάλλει τις αναλογίες συνθέσεως και τη διαδικασία αναμίξεως και μπορεί να ελέγχει το έτοιμο προϊόν σε οποιαδήποτε θέση (μέσα στον αναμικτήρα, μετά την αποφόρτωση, μετά τη μεταφορά κλπ.). Το εργοταξιακό σκυρόδεμα μπορεί να παρασκευάζεται δίπλα στο έργο ή σε μεγαλύτερη απόσταση, οπότε και μεταφέρεται με αυτοκίνητα - αναδευτήρες. Μπορεί ακόμα να παρασκευάζεται σε εργοστάσιο έτοιμου σκυροδέματος όταν, μετά από συμφωνία, εξασφαλίζονται οι διευκολύνσεις για την εκτέλεση των προηγούμενων ελέγχων.

“**Εργοστασιακό σκυρόδεμα**”, λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων ή ο κατασκευαστής δεν έχει δικές του πληροφορίες για τα υλικά, τις αναλογίες συνθέσεως και τη διαδικασία παραγωγής, ελέγχει δε μόνο το έτοιμο προϊόν στη θέση παραδόσεώς του. Το εργοστασιακό σκυρόδεμα είναι κατά κανόνα έτοιμο.

“**Έτοιμο σκυρόδεμα**”, λέγεται το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται σε απόσταση από το έργο και μεταφέρεται σ αυτό:

α) Μετά από πλήρη ανάμιξη, με φορηγά αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα – αναδευτήρες.

β) Μετά από μερική ανάμιξη ή χωρίς να έχει γίνει εισαγωγή νερού, με αυτοκίνητα - αναμικτήρες.

Στη δεύτερη περίπτωση η εισαγωγή νερού και η ανάμιξη γίνεται στη διαδρομή μέχρι το έργο ή στο έργο πριν από την παράδοση. Το έτοιμο σκυρόδεμα μπορεί να είναι εργοστασιακό ή εργοταξιακό.

7.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Η απαιτούμενη αντοχή f_a , πρέπει να έχει τέτοια τιμή ώστε κατά τον έλεγχο των δοκιμίων με τα κριτήρια συμμορφώσεως, να υπάρχει μια λογική πιθανότητα να ικανοποιούνται.

Για την απαιτούμενη αντοχή ο Κανονισμός δίνει τις ακόλουθες σχέσεις:

Όταν υπάρχουν στοιχεία τυπικής αποκλίσεως s , που έχουν προκύψει από 60 τουλάχιστον διαδοχικά δοκίμια διαφορετικών αναμιγμάτων, που έγιναν με τα ίδια υλικά, τις ίδιες εγκαταστάσεις παραγωγής και για σκυρόδεμα του οποίου η χαρακτηριστική αντοχή δε διαφέρει περισσότερο από 7 MPa από εκείνη του υπόψη έργου, τότε η απαιτούμενη αντοχή πρέπει να έχει τουλάχιστον την τιμή που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$f_a = f_{ck} + 2,01 \times s \quad (1)$$

όταν πρόκειται για **σκυρόδεμα μεγάλων έργων**,

και από τη σχέση:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \times s \quad (2)$$

όταν πρόκειται για **σκυρόδεμα μικρών έργων**.

Η απαιτούμενη αντοχή f_a του **εργοστασιακού σκυροδέματος** πρέπει να καθορίζεται από τα ίδια τα εργοστάσια και να είναι τουλάχιστον ίση με:

$$f_a = f_{ck} + 1,64 \times s \quad (3)$$

Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως που προαναφέρθηκε έχει προκύψει - με τις προηγούμενες προϋποθέσεις για τη χαρακτηριστική αντοχή - από λιγότερα των 60 δοκίμια, όχι όμως και λιγότερα των 15, τότε η τιμή αυτή πριν εισαχθεί στις σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή του παρακάτω πίνακα 7.1:

Αριθμός δοκιμίων	Συντελεστής πολλαπλασιασμού
15	1,27
20	1,18
30	1,09
40	1,05
50	1,02
60 ή περισσότερα	1,00

Πίνακας 7.1 Συντελεστής διόρθωσης της τυπικής απόκλισης.

Στην περίπτωση που η τιμή της τυπικής αποκλίσεως (μετά τον πολλαπλασιασμό της με τον αντίστοιχο συντελεστή του πίνακα) είναι μικρότερη από 3 MPa, τότε στις σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να εισάγεται τιμή: **s = 3 MPa**.

Τέλος, αν δεν υπάρχουν στοιχεία τυπικής αποκλίσεως ή υπάρχουν, αλλά από λιγότερα των 15 δοκίμια ή ακόμα αν η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος δεν ικανοποιεί την απαίτηση $f_a = f_{ck} + 2,14 \times s$, τότε ο υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής από τις σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να γίνεται με την παραδοχή τυπικής αποκλίσεως:

- **s = 5 MPa** αν θα χρησιμοποιηθούν **θραυστά** αδρανή και
- **s = 6 MPa** αν θα χρησιμοποιηθούν **φυσικά** αδρανή.

7.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΕΩΣ.

Το σκυρόδεμα θα ελέγχεται με δοκίμια που θα παίρνονται στην έξοδο του αναμικτήρα, αν πρόκειται για εργοταξιακό σκυρόδεμα ή στην έξοδο του αυτοκινήτου μεταφοράς αν πρόκειται για εργοστασιακό σκυρόδεμα. Οι αντοχές σε θλίψη αυτών των δοκιμίων πρέπει να ικανοποιούν τα Κριτήρια συμμορφώσεως του κεφαλαίου 7.3.

7.4 ΔΟΚΙΜΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

7.4.1 Μορφή και διαστάσεις δοκιμίων

Τα συμβατικά δοκίμια, με τα οποία θα γίνονται οι έλεγχοι συμμορφώσεως, καθώς και τα δοκίμια του έργου θα είναι κυβικά ακμής 15 cm ή κυλινδρικά διαμέτρου 15 cm και ύψους 30 cm. Για τους ελέγχους συμμορφώσεως θα χρησιμοποιούνται για το ίδιο έργο δοκίμια της ίδιας μορφής και διαστάσεων, με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη Συνθέσεως. Στην περίπτωση του εργοστασιακού έτοιμου σκυροδέματος που η Μελέτη Συνθέσεώς του έχει γίνει στο εργοστάσιο, η μορφή και οι διαστάσεις των δοκιμίων θα προδιαγράφονται. Για το ίδιο έργο απαγορεύεται η λήψη διαφορετικών δοκιμίων και η σύγκριση της αντοχής τους μετά από πολλαπλασιασμό με συντελεστές αναγωγής.

Αντοχές κυλινδρικών δοκιμίων σκυροδέματος 15×30cm σε MPa	≤9,2	12,8	18,4	25,4	≥39,5
Συντελεστές πολλαπλασιασμού για αναγωγή αντοχής κυλίνδρου σε αντοχή κύβου 20×20×20cm	1,30	1,25	1,22	1,18	1,14

*Για ενδιάμεσες τιμές γίνεται γραμμική παρεμβολή.

Πίνακας 7.2 Συντελεστές αναγωγών από αντοχές κυλινδρικών σε κυβικά δοκίμια

7.4.2 Οδηγίες λήψεως δοκιμίων σκυροδέματος:

Για την παρασκευή των δοκιμίων σκυροδέματος του έργου, ισχύουν οι διατάξεις του άρθρου 13 του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος - 97 (ΦΕΚ 315/Β/17-4-97) και των Προδιαγραφών ΣΚ-303 και ΣΚ-350 του Υπουργείου Δημοσίων Έργων. Υπομνηστική παράθεση των κυριότερων διατάξεων των συνηθέστερων περιπτώσεων, που αφορούν τα συμβατικά **κυβικά δοκίμια**, που εφαρμόζονται σχεδόν αποκλειστικά στην πράξη, περιλαμβάνεται περιληπτικά στα επόμενα. Τα συμβατικά δοκίμια που **προορίζονται για τους ελέγχους συμμορφώσεως**, θα είναι για ολόκληρο το έργο όλα των αυτών διαστάσεων, κυβικά 15 × 15 × 15cm., λαμβανόμενα με χυτοσιδηρές μήτρες. Ο αριθμός των δοκιμίων που απαιτείται για κάθε διαστρωμένο τμήμα, είναι, ανά ημέρα έξι (6) για ποσότητα σκυροδέματος μέχρι 150 m³, ή δώδεκα (12) δοκίμια για ποσότητα σκυροδέματος μεγαλύτερη των 150 m³. 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 Κ.Τ.Σ. Υποδεικνύεται η λήψη και εβδομομίου ή δέκατου

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. Από κάθε αυτοκίνητο (βαρέλα) δεν επιτρέπεται η λήψη περισσότερων του ενός δοκιμίων, εκτός εάν το τμήμα που διαστρώνεται απαιτεί λιγότερα από έξι (6) 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 $1m^3$. Κατ' εξαίρεση, για ημερήσια ποσότητα σκυροδέματος μικρότερη των $20m^3$ ισχύουν οι απαιτήσεις του άρθρου 13.3.10 του Κ.Τ.Σ. και εφαρμόζεται το **Κριτήριο Συμμορφώσεως Ε** (Κ.Τ.Σ. -13.6.5). Συνοπτικά, θα λαμβάνονται τότε τρία δοκίμια από κάθε αυτοκίνητο, από ένα (εάν δεν υπάρχει δεύτερο) ή δύο τυχαία αυτοκίνητα, που καθένα τους θα θεωρείται ότι αποτελεί ξεχωριστή παρτίδα.

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

Για κάθιση σκυροδέματος μέχρι 50 mm, η συμπίκνωση γίνεται με δονητή, αμέσως μετά από το πλήρες γέμισμα της μήτρας. Για μεγαλύτερη κάθιση γίνεται με τη ράβδο συμπυκνώσεως. 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 συμπίκνωση κάθε στρώσεως απαιτεί 25 χτυπήματα με την σχετική ράβδο.

Η ράβδος συμπυκνώσεως είναι Φ16, μήκους 60 cm., με στρογγυλεμένα άκρα. Κατά τη συμπίκνωση της κατώτερης στρώσης η ράβδος πρέπει να εισχωρεί μέχρι τον πυθμένα της μήτρας. Η συμπίκνωση θα γίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του σκυροδέματος στη μήτρα και χωρίς διακοπή μεταξύ 1ης και 2ης στρώσης. Μετά τη συμπίκνωση επιπεδώνεται η τελική επιφάνεια και αριθμείται το δοκίμιο. Τα δοκίμια πρέπει να παραμείνουν στη σκιά, μέσα στις μήτρες, χωρίς χτυπήματα, δονήσεις, ξήρανση τουλάχιστον 20 ώρες και όχι περισσότερο από 32 ώρες. Μετά την αφαίρεση τους από τις μήτρες τα δοκίμια μεταφέρονται το ταχύτερο δυνατόν στο δημόσιο ή

αναγνωρισμένο ιδιωτικό εργαστήριο όπου θα θραύσουν. Σε περίπτωση που προβλέπεται σημαντική καθυστέρηση παραδόσεως στο εργαστήριο, τα δοκίμια πρέπει να διατηρηθούν συσκευασμένα μέσα σε υγρή άμμο, πριονίδια κ.λπ. για τη διατήρηση της υγρασίας τους. Κρούσεις και δονήσεις κατά τη μεταφορά και αποκλίσεις από τη θερμοκρασία συντηρήσεως ($20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$), πρέπει να αποφεύγονται.

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. 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 προσκομίστηκε, εκ του βάρους του περιεχομένου κάθε αυτοκινήτου - βαρέλας.

7.5. ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

7.5.1 Ανάμιξη σκυροδέματος

Τα αδρανή υλικά και το τσιμέντο πρέπει να μετριοούνται σε βάρος και το νερό σε βάρος ή όγκο. Τα στερεά πρόσθετα σε σκόνη πρέπει να μετριοούνται σε μέρη βάρους και τα υγρά πρόσθετα σε μέρη βάρους ή όγκου. Μέτρηση των αδρανών σε όγκο επιτρέπεται μόνο σε μικρά έργα (άρθρο 13.4).

Στην περίπτωση αυτή θα ισχύουν τα ακόλουθα:

α) Η απαιτούμενη αντοχή θα υπερβαίνει τη χαρακτηριστική κατά 12 MPa αν χρησιμοποιούνται θραυστά αδρανή και 14 MPa αν χρησιμοποιούνται φυσικά αδρανή

β) Η ποσότητα του αναμίγματος θα αντιστοιχεί σε ακέραιο αριθμό σάκων τσιμέντου.

γ) Τα δοχεία μετρήσεως των κλασμάτων (άμμοι, γαρμπιλιού, σκύρων) θα έχουν σημαδευτεί στο κατάλληλο ύψος που θα προκύψει αφού οι ποσότητες κλασμάτων του πρώτου αναμίγματος ζυγιστούν και τοποθετηθούν μέσα στα δοχεία.

Ο αναμκτήρας πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Παραρτήματος Β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346. Απαγορεύεται η χρήση αναμκτών κονιάματος για οποιαδήποτε ποιότητα σκυροδέματος. Ο χρόνος αναμίξεως είναι εκείνος που αναγράφεται στις προδιαγραφές του αναμκτήρα. Οποσδήποτε όμως δεν θα είναι

μικρότερος από 1 min. Ο χρόνος αναμίξεως μετρίεται μετά την εισαγωγή όλων των υλικών στον αναμικτήρα. Μικρότερος ελάχιστος χρόνος αναμίξεως επιτρέπεται όταν:

α) Ο αναμικτήρας είναι βιαίας αναμίξεως, οι δε προδιαγραφές του προβλέπουν μικρότερο χρόνο.

β) Ο έλεγχος ομοιομορφίας που έγινε σύμφωνα με το Παράρτημα Β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 έχει αποδείξει ότι μικρότερος χρόνος είναι ικανοποιητικός.

Τα αδρανή θα μετριοούνται με ακρίβεια 3% του βάρους τους, το τσιμέντο με ακρίβεια 2% του βάρους του, το νερό με ακρίβεια 2% και τα πρόσθετα με ακρίβεια 3% του βάρους ή του όγκου τους ανάλογα με το αν είναι σε σκόνη ή σε μορφή υγρού.

Τα υλικά του σκυροδέματος θα μπαίνουν στον αναμικτήρα με τις αναλογίες που προβλέπονται στη Μελέτη Συνθέσεως αφού οι αναλογίες άμμου και νερού διορθωθούν ανάλογα με τη φυσική υγρασία των αδρανών. Ο έλεγχος της υγρασίας των αδρανών και οι σχετικές διορθώσεις πρέπει να γίνονται πριν από κάθε σκυροδέτηση. Δεν πρέπει να γίνεται φόρτωση του αναμικτήρα αν το προηγούμενο ανάμειγμα δεν έχει αποφορτωθεί. Απαγορεύεται η προσθήκη υλικών στο μίγμα (όπως στεγανοποιητικών ή άλλων προσθέτων) μετά την απομάκρυνσή του από τον αναμικτήρα. Σε έτοιμο σκυρόδεμα που μεταφέρεται με αυτοκίνητο - αναδευτήρα επιτρέπεται μόνο η προσθήκη υπερρευστοποιητικού, που θα συνοδεύεται από επανανάμιξη του μίγματος για 3 min.

7.5.2 Μεταφορά σκυροδέματος

Κατά τη μεταφορά του μέχρι τη διάστρωση, το σκυρόδεμα πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή ή την πρόσμιξή του με ξένα υλικά και δεν πρέπει να χάνει την ομοιογένειά του. Αν η μεταφορά γίνεται με αυτοκίνητο ή αυτοκίνητο - αναδευτήρα ισχύουν όσα αναφέρονται στην παράγραφο 2 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 για το έτοιμο σκυρόδεμα. Αν χρησιμοποιείται αντλία, αυτή δεν πρέπει να μεταβάλλει την ομοιογένεια και την εργασιμότητα του μίγματος.

7.5.3 Διάστρωση σκυροδέματος

Η εκφόρτωση πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη θέση τελικής διαστρώσεως, ώστε να αποφεύγεται η μετακίνηση του σκυροδέματος με φτυάρια ή τσουγκράνες. Απαγορεύεται η μετακίνηση με τον δονητή. Αν η εκφόρτωση δεν είναι δυνατόν να γίνει στη θέση διαστρώσεως, θα χρησιμοποιούνται για την ενδιάμεση μεταφορά αντλίες, κεκλιμένα επίπεδα, μεταφορικές ταινίες ή άλλα μέσα που δεν προκαλούν απόμιξη του μίγματος. Απαγορεύεται η ελεύθερη πώση του σκυροδέματος από ύψος μεγαλύτερο των 2,5 μέτρων. Σ αυτή την περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σωλήνες που θα κατεβάζουν το σκυρόδεμα μέχρι τη θέση διαστρώσεως ή θα ανοίγονται παράθυρα στον ξυλότυπο σε ενδιάμεσα ύψη. Απαγορεύεται η διάστρωση ολόσωμων πλακών σε δύο στρώσεις (στάρωμα) εφόσον το πάχος των πλακών δεν υπερβαίνει τα 60 cm. Αν το πάχος μιας πλάκας είναι μεγαλύτερο από 60 cm θα τηρούνται όσα αναφέρονται στο άρθρο 9.3.

Το σκυρόδεμα θα διαστρώνεται στο έργο με την κάθιση που προβλέπεται στη Μελέτη Συνθέσεως. Όταν όμως οι ανάγκες του έργου το απαιτούν, ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορεί να μεταβάλει την κάθιση προσαρμόζοντας τις αναλογίες των υλικών σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στη Μελέτη Συνθέσεως. Η κάθιση του σκυροδέματος πρέπει να μετριέται πριν από τη διάστρωση σε δείγμα που θα παίρνεται μετά την αποφόρτωση του ενός τρίτου περίπου του αναμίγματος ή του ενός τρίτου του φορτίου του, αυτοκινήτου, αν πρόκειται για έτοιμο σκυρόδεμα (εργοταξιακό ή εργοστασιακό). Η τιμή της καθίσεως θα προκύπτει ως μέσος όρος των μετρήσεων δύο δοκιμών που θα γίνονται σε ποσότητες σκυροδέματος προερχόμενες από το ίδιο αρχικό δείγμα. Η τιμή αυτή, προκειμένου περί εργοταξιακού σκυροδέματος, δεν πρέπει να διαφέρει από την κάθιση της Μελέτης Συνθέσεως ή την κάθιση που έχει διαμορφωθεί επιτόπου του έργου ο Επιβλέπων με κατάλληλη προσαρμογή των αναλογιών της Μελέτης Συνθέσεως περισσότερο από το ένα τέταρτό της. Η κάθιση του έτοιμου εργοστασιακού σκυροδέματος πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια της κατηγορίας καθίσεως του. Αν η τιμή που μετρήθηκε βρίσκεται έξω από αυτά τα όρια, γίνονται ακόμη δύο δοκιμές σε νέο δείγμα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των τεσσάρων μετρήσεων. Οι τέσσερις μετρήσεις πρέπει να γίνουν σε διάστημα 15 min. Αν πρόκειται για έτοιμο σκυρόδεμα, του οποίου η αποφόρτωση καθυστέρησε, από υπαιτιότητα του αγοραστή, περισσότερο από μισή ώρα το εργοστάσιο δεν ευθύνεται για τη μειωμένη κάθιση.

Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί ανάμιγμα ή φορτίο έτοιμου σκυροδέματος, το οποίο έχει κάθιση μεγαλύτερη από εκείνη που αναφέρεται στο άρθρο 8.6. Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορεί να δεχτεί ανάμιγμα ή φορτίο έτοιμου σκυροδέματος με κάθιση μικρότερη από εκείνη που αναφέρεται στο άρθρο 8.6, αν αυτή αποκατασταθεί επιτόπου με την προσθήκη υπερρρευστοποιητικού. Η δαπάνη του υπερρρευστοποιητικού βαρύνει το εργοστάσιο. Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορούν να απαιτήσουν την επιτόπου αύξηση της εργασιμότητας του φορτίου έτοιμου σκυροδέματος πέραν της τιμής της παραγγελίας (άρθρο 12.1.1.16). Η αύξηση της εργασιμότητας θα γίνεται μόνο με υπερρευστοποιητικό. Η δαπάνη του υπερρευστοποιητικού βαρύνει τον αγοραστή. Αν στο μίγμα υπάρχει αερακτικό, το ποσοστό αέρα δεν πρέπει να διαφέρει από το αντίστοιχο ποσοστό της Μελέτης Συνθέσεως ή το ποσοστό για έτοιμο σκυρόδεμα, περισσότερο από 1%. Ο έλεγχος του ποσοστού αέρα θα γίνεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-311 και με την ίδια διαδικασία που γίνεται και ο έλεγχος της καθίσεως (άρθρο 8.6.). Εφόσον πρόκειται να διαστρωθεί στο έδαφος ένα οπλισμένο δομικό στοιχείο, με οπλισμό στην κάτω επιφάνειά του (π.χ. μια πλάκα θεμελιώσεως), το έδαφος θα πρέπει να καλύπτεται με μια ισοπεδωτική στρώση σκυροδέματος μέσου πάχους τουλάχιστον 50 mm.

7.5.4 Συμπύκνωση σκυροδέματος

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με δονητή. Όταν το σκυρόδεμα έχει μεγάλη κάθιση (μεγαλύτερη από 20 cm) και το πάχος του στοιχείου που διαστρώνεται είναι μικρό, τότε, μετά από έγκριση του Επιβλέποντα ή της Υπηρεσίας η δόνηση μπορεί να παραλειφθεί και να γίνει τακτοποίηση του μίγματος με σανίδα ή ράβδο. Το είδος του δονητή (εσωτερικός δονητής, δονητής ξυλοτύπου, δονητής επιφάνειας κλπ.) και ο αριθμός των δονητών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από τη μορφή του στοιχείου που σκυροδετείται με τη διαδικασία διαστρώσεως, προδιαγράφεται δε στη σύμβαση του έργου. Όταν το πάχος του στοιχείου του σκυροδέματος είναι μεγάλο, η διάστρωση πρέπει να γίνεται σε στρώσεις με πάχος όχι μεγαλύτερο από 60 cm. Η επιφάνεια των στρώσεων πρέπει να διαμορφώνεται κατά τη διάστρωση οριζόντια και όχι να οριζοντιοποιείται με το δονητή. Κάθε στρώση πρέπει να διαστρώνεται όσο το σκυρόδεμα της προηγούμενης στρώσεως είναι πλαστικό, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία δονητή θα είναι ία αρμού εργασίας. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών θέσεων του ίσες με 1,5 Α

περίπου, όπου A η ακτίνα ενέργειας του δονητή. Κατά τη δόνηση το στέλεχος του δονητή θα εισχωρεί στην υποκείμενη στρώση κατά 5 cm περίπου. Απαγορεύεται η δόνηση σιδηροπλισμού, του οποίου ένα τμήμα βρίσκεται ήδη βυθισμένο σε σκληρυμένο σκυρόδεμα.

Η εξωτερική δόνηση με δονητή ξυλοτύπου ή επιφάνειας μπορεί να εφαρμοστεί, μόνον όταν η ακαμψία και η ευστάθεια του ξυλοτύπου ή του σιδηροτύπου το επιτρέπουν. Επαναδόνηση του σκυροδέματος επιτρέπεται μόνο όταν το σκυρόδεμα είναι αρκετά πλαστικό, ώστε το δονητικό στέλεχος, όταν ταλαντώνεται, να μπορεί να βυθίζεται στο σκυρόδεμα με το δικό του βάρος, δηλαδή χωρίς να πιέζεται από το χειριστή.

7.5.5 Συντήρηση σκυροδέματος

Η συντήρηση είναι υποχρεωτική για κάθε έργο. Αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση και πρέπει να διαρκεί για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες και τις ειδικές απαιτήσεις του έργου (άρθρο 12). Το χρονικό αυτό διάστημα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από επτά (7) ημέρες για την πρώτη φάση συντηρήσεως. Η συντήρηση πρέπει να δημιουργεί τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που θα επιτρέψουν να ενυδατωθεί το μεγαλύτερο ποσοστό τσιμέντου του μίγματος.

Η απαραίτητη υγρασία για τη συντήρηση εξασφαλίζεται:

α) Με μεθόδους που απαγορεύουν ή επιβραδύνουν την εξάτμιση νερού του μίγματος, όπως ο ψεκασμός με ειδικά υγρά που σχηματίζουν επιφανειακή μεμβράνη, η επικάλυψη με λινάτσες, άμμο, αδιάβροχα φύλλα κλπ.

β) Με μεθόδους που αντικαθιστούν το νερό που εξατμίζεται, όπως κατάβρεγμα, πλημμύρισμα κλπ.

Αν στη σύμβαση του έργου δεν αναφέρεται διαφορετικά και αν δεν προβλέπεται παγετός, η συντήρηση θα γίνεται ως εξής: Αμέσως μετά το τέλος της διαστρώσεως όλες οι ελεύθερες επιφάνειες του σκυροδέματος θα σκεπάζονται με λινάτσες. Οι λινάτσες θα διατηρούνται υγρές ολόκληρο το 24ωρο και για επτά τουλάχιστον ημέρες. Σ αυτό το διάστημα η κυκλοφορία του προσωπικού και κάθε άλλη εργασία

αναγκαία για τη συνέχιση του έργου θα γίνεται πάνω στις λινάτσες. Η ίδια μέθοδος και για το ίδιο χρονικό διάστημα θα εφαρμόζεται και στις κατακόρυφες επιφάνειες, μετά την απομάκρυνση του ξυλοτύπου τους. Αν οι λινάτσες απομακρυνθούν πριν από τη συμπλήρωση 14 ημερών από τη διάστρωση, για το χρονικό διάστημα από τις 7 μέχρι τις 14 ημέρες, το σκυρόδεμα θα διαβρέχεται μέχρι κορεσμού της επιφάνειάς του δύο φορές την ημέρα και από τις 14 μέχρι τις 28 ημέρες μια φορά την ημέρα.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου συντηρήσεως και η εν γένει πρόοδος της σκληρύνσεως ελέγχεται με δοκίμια, τα οποία παραμένουν δίπλα στο έργο και συντηρούνται όπως αυτό (δοκίμια του έργου). Οι αντοχές αυτών των δοκιμίων δεν θα λαμβάνονται υπόψη στους ελέγχους συμμορφώσεως. Η διαβροχή λίγης ώρας και γενικά η διαβροχή που δεν συνεχίζεται ολόκληρο το 24ωρο δεν θεωρείται ικανοποιητική συντήρηση για τις μικρές ηλικίες του σκυροδέματος. Εφαρμόζεται μόνο μετά το τέλος της φάσεως της κύριας συντηρήσεως.

7.6 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ- ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

7.6.1 Αντοχή σε μονοαξονική θλίψη

Η βασική απαίτηση από μία φέρουσα κατασκευή είναι να διατηρεί την ακεραιότητα της υπό την επίδραση των εξωτερικών φορτίων. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται αν το υλικό της κατασκευής έχει επαρκή αντοχή. Επειδή γενικά στις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, το σκυρόδεμα, όπου δεν έχει ρηγματωθεί λόγω εφελκυσμού, είναι περίπου σε μονοαξονική θλίψη, η μονοαξονική θλιπτική αντοχή είναι το κύριο χαρακτηριστικό μεγέθους του σκυροδέματος. Επιπλέον, αυτή η αντοχή είναι γενικό μέτρο της ποιότητας του υλικού, γιατί όλες σχεδόν οι ιδιότητες του σκυροδέματος βελτιώνονται με αύξηση της θλιπτικής αντοχής, επειδή βελτιώνονται με μείωση του πορώδους και των κενών του σκυροδέματος, όπως ακριβώς και η αντοχή.

Ο μηχανισμός της θραύσης σε μονοαξονική θλίψη είναι ο εξής: Πριν ακόμα φορτιστεί, το σκυρόδεμα έχει εσωτερικές μικρορωγμές κυρίως στην επιφάνεια επαφής των αδρανών με τον τσιμεντοπολτό. Αυτές οι μικρορωγμές αναπτύσσονται λίγο μετά την σκλήρυνση, λόγω της συστολής ξήρανσης του τσιμεντοπολτού. (Η βαθμιαία απώλεια νερού από τους πόρους του πήγματος και τους τριχοειδείς προς το περιβάλλον, προκαλεί συστολή του όγκου του πήγματος). Η συστολή του

τσιμεντοπολτού μεταξύ των αδρανών τείνει να ξεκολλήσει από αυτά, δηλ. να δημιουργήσει μικρορωγμές στην διεπιφανείά τους. Όταν ασκηθεί θλίψη στο σκυρόδεμα, οι μικρορωγμές αυτές αρχίζουν να επεκτείνονται στον σκληρυμένο τσιμεντοπολτό μεταξύ των αδρανών και μάλιστα σε διεύθυνση παράλληλη με αυτή της θλιπτικής τάσης. Όταν με την αύξηση της τάσης αυξηθεί το μήκος των μικρορωγμών, τόσο ώστε να χάσει το υλικό η συνοχή του και να μετατραπεί σε σύνολο από μεμονωμένες «μικροκολώνες», τότε το δοκίμιο καταρρέει. Η μονοαξονική θλίψη προκαλεί λοιπόν θραύση με μορφή πολλαπλών ρωγμών παράλληλων στη διεύθυνση της θλίψης και συνοδεύεται από σημαντική εγκάρσια διόγκωση του υλικού. Τα αποτελέσματα της δοκιμασίας αντοχής σε θλίψη επηρεάζονται βασικά από τις εξής παραμέτρους της δοκιμής: Το σχήμα του δοκιμίου, και συγκεκριμένα το λόγο ύψους προς διάσταση βάσης, το μέγεθος του δοκιμίου, την υγρασία και την θερμοκρασία του δοκιμίου την ταχύτητα της φόρτισης και την ηλικία του δοκιμίου.

Η επίδραση των παραγόντων αυτών στο αποτέλεσμα της δοκιμής εξετάζεται αναλυτικά παρακάτω:

α) Επίδραση λόγου ύψους προς βάση : Κατά την δοκιμή θλίψης το δοκίμιο τείνει να διογκωθεί πλευρικά (κατά Poisson). Στις επιφάνειες επαφής με τις άκαμπτες πλάκες της μηχανής φόρτισης, η εγκάρσια παραμόρφωση εμποδίζεται από δυνάμεις τριβής με διεύθυνση προς το κέντρο της επιφάνειας επαφής. Ο πλευρικός περιορισμός (περίσφιγξη) αυξάνει όμως την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος, γιατί επιβραδύνει την παράλληλα με την τάση θλίψης επέκταση των εσωτερικών μικρορωγμών. Επειδή ο εγκάρσιος περιορισμός των ακραίων διατομών επηρεάζει μόνο την αντοχή των ακραίων περιοχών του δοκιμίου, η επίδραση στο αποτέλεσμα της δοκιμής θλίψης αυξάνει όσο πιο κοντόχονδρο είναι το δοκίμιο. Έτσι κυβικά δοκίμια εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή από κυλινδρικά ή πρισματικά με λόγο ύψους προς διάσταση βάσης 2:1 ή μεγαλύτερο. Για λόγο 2:1, η επίδραση των συνοριακών συνθηκών στις ακραίες διατομές πάνω στις εσωτερικές τάσεις στο μέσο του ύψους είναι ασήμαντη. Γι' αυτό κυλινδρικά ή πρισματικά δοκίμια με λόγο ύψους προς βάση τουλάχιστον 2:1 δίνουν περίπου την πραγματική θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Η μορφή του δοκιμίου επηρεάζει όχι μόνο την τιμή της αντοχής αλλά και την μορφή της θραύσης. Οι δυνάμεις τριβής στα άκρα προκαλούν τοπική καμπύλωση των τροχιών των κύριων θλιπτικών τάσεων, η οποία σε κυβικά δοκίμια φθάνει μέχρι το μέσο του ύψους. Γι' αυτό οι κύβοι θραύονται με μορφή διπλού κώνου.

β) Το μέγεθος του δοκιμίου: Όσο μεγαλύτερο είναι το δοκίμιο τόσο μικρότερη είναι η αντοχή, γιατί η πιθανότητα να βρεθεί ένα αδύνατο σημείο από όπου θα αρχίσει η αστοχία αυξάνει με το μέγεθος του δοκιμίου. Επίσης η συντήρηση του δοκιμίου επηρεάζει περισσότερο ένα μικρό δοκίμιο από ένα μεγάλο, ενώ ακόμη και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφανείας και εσωτερικού του δοκιμίου λόγω της θερμότητας ενυδάτωσης είναι μεγαλύτερη και προκαλεί εντονότερη ρηγμάτωση της επιφάνειας όσο μεγαλύτερο είναι το δοκίμιο. Χαρακτηριστικά, κύβοι πλευράς 150 mm έχουν αντοχή κατά μέσο όρο 5% μεγαλύτερη από αυτήν κύβων 200 mm, ενώ κύβοι πλευράς 300 mm έχουν κατά μέσο όρο αντοχή ίση με το 90% περίπου αυτής των κύβων 200 mm.

γ) Η υγρασία του δοκιμίου: Δοκίμια κορεσμένα με νερό έχουν αντοχή 10-15% μικρότερη από εντελώς ξηρά δοκίμια που έχουν συντηρηθεί σε 100 % υγρασία μέχρι λίγο πριν τη δοκιμή. Αυτό οφείλεται ότι στα μόρια του νερού στους πόρους του πηγματος και στους τριχοειδείς αυξάνουν τις αποστάσεις μεταξύ των κρυστάλλων του πηγματος, μειώνοντας τις ελκτικές δυνάμεις (μοριακούς δεσμούς) μεταξύ τους, επομένως και την αντοχή.

δ) Η θερμοκρασία του δοκιμίου: Η αντοχή αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία κατά τη δοκιμή. Παίρνοντας σα βάση την αντοχή στους 21° C, στους 100° C, η αντοχή είναι κατά μέσο όρο 15 % μικρότερη, ενώ στους -10 ° C είναι περίπου 40 % μεγαλύτερη.

ε) Η ταχύτητα φόρτισης: Στο εργαστήριο τα δοκίμια φορτίζονται σχετικά γρήγορα, ώστε η θραύση να συμβεί σε 1-2 λεπτά. Η αντοχή αυξάνει με την ταχύτητα φόρτισης. Σχετικό με την πτώση της αντοχής λόγω μείωσης της ταχύτητας φόρτισης είναι το γεγονός πως η αντοχή για σταθερή τάση μεγάλης διάρκειας είναι μικρότερη από τη βραχυχρόνια αντοχή στο εργαστήριο

στ) Η ηλικία: Επειδή η ενυδάτωση του τσιμέντου συνεχίζεται για πάρα πολλά χρόνια μετά την σκυροδέτηση, η αντοχή αυξάνεται με τον χρόνο. Παίρνοντας σαν βάση αναφοράς την αντοχή στις 28 μέρες, για το κοινό ή καθαρό τσιμέντο Portland κανονικής ανάπτυξης αντοχής, η αντοχή του σκυροδέματος στις 7 μέρες είναι περίπου το 70-75 % της αντοχής σε 28 μέρες, και στις 14 μέρες το 80 %. Στους 3-5 μήνες η αντοχή ξεπερνά την αντοχή των 28 ημερών κατά 15-20 %, σε 1 χρόνο κατά 25-40 % και σε 3 χρόνια κατά 50 % περίπου. Μετρήσεις στη Γερμανία και στην Αμερική έδωσαν αντοχή σε 25 χρόνια 2,4 φορές μεγαλύτερη από αυτή των 28

ημερών, και σε μία άλλη περίπτωση σε 22 χρόνια 2,1 φορές. Στους υπολογισμούς για τον σχεδιασμό νέων κατασκευών όμως, δεν λαμβάνεται υπόψη αυτή η αύξηση της αντοχής, γιατί η κατασκευή θεωρείται πως πρέπει να μπορεί να φέρει όλα τα φορτία σχεδιασμού σε ηλικία 28 ημερών. Το σκυρόδεμα με τσιμέντο με ποζολάνη χαρακτηρίζεται από βραδύτερη ανάπτυξη της αντοχής. Είναι βέβαιο ότι για την ίδια αντοχή 28 ημερών, η τελική αντοχή ενός σκυροδέματος με πουζολανικό τσιμέντο είναι υψηλότερη από αυτή ενός με κοινό τσιμέντο.

Έχει βρεθεί ότι λόγω χειρότερης συντήρησης, δυσκολότερης συμπύκνωσης και αύξησης του ποσοστού του νερού στο πάνω μέρος μελών με μεγάλο ύψος κατά την εξίδρωση το σκυρόδεμα στο έργο έχει το 80-90 % της αντοχής δοκιμίων της ίδιας ηλικίας και σύνθεσης, τα οποία συμπυκνώνονται και συντηρούνται στο εργαστήριο. Δηλαδή η μέση αντοχή του σκυροδέματος στο έργο είναι το 0,85 περίπου της αντοχής εργαστηριακών δοκιμίων από το ίδιο υλικό.

7.6.2 Συμβατική αντοχή σκυροδέματος.

Επειδή η μονοαξονική θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος εξαρτάται από όλους τους παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω, οι κανονισμοί ορίζουν σαν βάση για τον έλεγχο της ποιότητας του σκυροδέματος τη **συμβατική αντοχή**, δηλαδή αυτή που εκτιμάται με δοκίμια τυποποιημένης μορφής και διαστάσεων, τα οποία παρασκευάζονται από νωπό σκυρόδεμα λίγο πριν τη διάστρωση του, συντηρούνται με καθορισμένο τρόπο, και δοκιμάζονται σε θλίψη σε ορισμένη ηλικία με αυστηρά τυποποιημένο τρόπο.

Σαν συμβατικά δοκίμια ορίζονται από του περισσότερους κανονισμούς ο κύλινδρος ύψους 300 mm και διαμέτρου 150 mm και ο κύβος πλευράς 150 mm. Το κυλινδρικό δοκίμιο προσφέρεται για δοκιμές αντοχής σε εφελκυσμό και για την μέτρηση της καμπύλης τάσεων-παραμορφώσεων ή του μέτρου ελαστικότητας και δίνει αποτελέσματα πλησιέστερα στην πραγματική αξονική αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη. Τα μειονεκτήματα του είναι η μικρή επιφάνεια διατομής του, που οδηγεί σε μεγάλη διασπορά αποτελεσμάτων δοκιμής, και κυρίως η απαίτηση καπελώματος της πάνω επιφάνειας για την εφαρμογή του φορτίου θλίψης. Αντίθετα στα κυβικά δοκίμια η θλίψη εφαρμόζεται σε δύο απέναντι πλευρές που σκυροδετούνται σε επαφή με τα τοιχώματα της μήτρας, επομένως είναι από κατασκευής ομαλές, επίπεδες και παράλληλες και δεν χρειάζονται καπέλωμα. Επιπλέον ο κύβος των 150 mm έχει μικρότερο όγκο και βάρος, και επομένως είναι

και πιο εύρηστος και οικονομικός. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται και συχνότερα. Επειδή η μετατροπή της αντοχής από μία μορφή δοκιμίου σε άλλη είναι εντελώς εμπειρική και χαρακτηρίζεται από σημαντική αβεβαιότητα, ο Ν.Κ.Τ.Σ. ενώ επιτρέπει και τις δύο μορφές δοκιμίων, απαιτεί για τους ελέγχους συμμόρφωσης ενός έργου δοκίμια με την ίδια μορφή και διαστάσεις όπως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη σύνθεσης και απαγορεύει την μετατροπή αντοχής από μία μορφή δοκιμίου σε άλλη, για την κατάταξη του σκυροδέματος σε κάποια κατηγορία.

Την πρώτη μέρα μετά την διάστρωση, η ελεύθερη επιφάνεια των δοκιμίων πρέπει να διατηρείται υγρή. Το ξεκαλούπωμα γίνεται σε μια μέρα και τα δοκίμια διατηρούνται μέσα σε θάλαμο σχετικής υγρασίας 100 % για 28 ημέρες. Τα δοκίμια πρέπει να είναι σε θερμοκρασία 20° C περίπου.

7.7 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΕΩΣ

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυροδέμα, Εργοταξιακό σκυροδέμα μικρών έργων)

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \times s \quad \text{1ος Κανόνας αποδοχής}$$

$$X_i \geq f_{ck} - 2 \text{ MPa} \quad \text{2ος Κανόνας αποδοχής}$$

όπου:

\bar{X}_6 = Μέσος όρος αντοχής των 6 συμβατικών δοκιμίων της δειγματοληψίας

X_i = Η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της δειγματοληψίας

s = Η τυπική απόκλιση της δειγματοληψίας που προκύπτει από τη σχέση:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=6} (x_i - \bar{x}_6)^2}{5}} \quad \text{και } s \geq 1,5 \text{ MPa}$$

Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως της δειγματοληψίας είναι μικρότερη από 1,5 MPa, τότε στο κριτήριο συμμορφώσεως Α πρέπει να εισάγεται τιμή $s = 1,5 \text{ MPa}$.

Κριτήριο Β (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

$$\bar{X}_{12} \geq f_{ck} + 1,57 \times s \quad \text{3ος Κανόνας αποδοχής}$$

$$X_i \geq f_{ck} - 3 \text{ MPa} \quad \text{4ος Κανόνας αποδοχής}$$

όπου:

\bar{X}_{12} = Μέσος όρος αντοχής 12 συμβατικών δοκιμών της δειγματοληψίας.

X_i = Η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της δειγματοληψίας

s = Η τυπική απόκλιση της δειγματοληψίας που προκύπτει από τη σχέση:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=12} (X_i - \bar{X}_{12})^2}{11}} \quad \text{και } s \geq 2,2 \text{ MPa}$$

Κριτήριο Γ (Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων)

$$\bar{X}_{12} \geq f_{ck} + 1,57 \times s \quad \text{5ος Κανόνας αποδοχής}$$

$$X_i \geq f_{ck} - 3 \text{ MPa} \quad \text{6ος Κανόνας αποδοχής}$$

όπου:

\bar{X}_{12} = Μέσος όρος αντοχής 12 συμβατικών δοκιμών της δειγματοληψίας.

X_i = Η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της δειγματοληψίας

s = Η τυπική απόκλιση της δειγματοληψίας που προκύπτει από τη σχέση:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=12} (X_i - \bar{X}_{12})^2}{11}}$$

Κριτήριο Δ (Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων)

$$\bar{X}_{36} \geq f_{ck} + 1,70 \times s \quad \text{7ος Κανόνας αποδοχής}$$

$$\bar{X}_3 \geq f_{ck} + 1,83 \times s \quad \text{8ος Κανόνας αποδοχής}$$

όπου:

\bar{X}_3 = Μέσος όρος αντοχής 3 συμβατικών δοκιμών της δειγματοληψίας

\bar{X}_{36} = Μέσος όρος αντοχής των 3 συμβατικών δοκιμών της δειγματοληψίας και των 33 αμέσως προηγούμενων συμβατικών δοκιμών.

s = Η τυπική απόκλιση της τελευταίας ομάδας 60 δοκιμών ή (αν ακόμη δεν έχει σχηματιστεί η πρώτη ομάδα 60 δοκιμών) η τυπική απόκλιση των δοκιμών που έχουν ήδη συγκεντρωθεί, συμπληρουμένων με τον απαιτούμενο αριθμό των δοκιμών των τελευταίων δοκιμαστικών αναμιγμάτων, ώστε να αποτελέσουν ένα σύνολο 60 δοκιμών. Αν τα δοκίμια των δοκιμαστικών αναμιγμάτων είναι λιγότερα από 24, τότε η τυπική απόκλιση θα υπολογίζεται από τα 36 δοκίμια που έχουν ήδη συγκεντρωθεί και τα δοκίμια όλων των δοκιμαστικών αναμιγμάτων, παρότι ο συνολικός αριθμός των δοκιμών είναι μικρότερος από 60.

Κριτήριο Ε (Εργοστασιακό σκυρόδεμα μέχρι 20 m³).

$$\bar{X}_3 \geq f_{ck} + 3,7 \text{ MPa}$$

$$X_i \geq f_{ck}$$

όπου:

\bar{X}_3 = ο μέσος όρος αντοχής των τριών συμβατικών δοκιμών του ίδιου αυτοκινήτου.

X_i = η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της τριάδας.

7.8 ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ.

7.8.1 Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά.

Σε οδοστρώματα μεγάλης και βαριάς κυκλοφορίας, σε κρηπιδότοιχους λιμενικών έργων, σε επενδύσεις αγωγών, σηράγγων κλπ, όπου ρέει νερό με φερτές ύλες, καθώς και σε άλλες παρόμοιες περιπτώσεις, πρέπει η επιφάνεια του σκυροδέματος να έχει αντοχή σε φθορά από κρούσεις και τριβές. Για να επιτευχθεί αυτό, ο Ν.Κ.Τ.Σ απαιτεί χονδρόκοκκα αδρανή (κοκκομετρική καμπύλη στο κάτω μισό της υποζώνης Δ), περιεκτικότητα σε τσιμέντο τουλάχιστον 350 kg/m^3 , κατηγορία σκυροδέματος τουλάχιστον C20/25, χαμηλή περιεκτικότητα νερού (τέτοια ώστε αν δεν χρησιμοποιείται υπερρευστοποιητικό η κάθιση να είναι το πολύ 50mm) ώστε να ελαχιστοποιηθεί η εξίδρωση, και τέλος συντήρηση για 14 ημέρες.

7.8.2 Σκυρόδεμα μικρής υδατοπερατότητας:

Η διαπερατότητα της μάζας του σκυροδέματος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον όγκο των τριχοειδών πόρων και των κενών του σκληρυμένου τσιμεντοπολτού. Επομένως, σε κατασκευές όπου απαιτείται αυξημένη υδατοστεγανότητα, όπως υδατόπυργοι ή υδατοδεξαμενές, τοίχοι και δάπεδα υπογείων που βρίσκονται κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα κλπ, χρειάζεται καλή συμπύκνωση του σκυροδέματος, μείγμα αδρανών με λίγα κενά και κυρίως μικρός λόγος νερού προς τσιμέντο. Για τον σκοπό αυτό ο Ν.Κ.Τ.Σ καθορίζει κοκκομετρική καμπύλη αδρανών κοντά στη μέση γραμμής της υποζώνης Δ, λόγο W/Z το πολύ 0,58 και ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου 350 kg/m^3 για μέγιστο κόκκο 1'' ή $\square 31.5$, ή το πολύ 0,50 και ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου 400 kg/m^3 για μέγιστο κόκκο $\frac{1}{2}$ '' ή $\square 16$. Οι απαιτήσεις αυτές δίνουν περιεκτικότητα σε νερό 200 kg/m^3 . Τέλος η συντήρηση χρειάζεται να διαρκεί 14 ημέρες.

7.8.3 Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικά ή σε θαλασσινό νερό.

Χημικές ουσίες διαλυμένες σε νερό μπορεί να διεισδύσουν στο εσωτερικό του σκληρυμένου τσιμεντοπολτού μέσω των τριχοειδών πόρων και των κενών, και να διαλύσουν κάποια συστατικά του, ή να τα προσβάλλουν χημικά, παράγοντας προϊόντα διαλυτά ή που καταλαμβάνουν μεγαλύτερο από τον αρχικό όγκο, προκαλώντας την σταδιακή αποσύνθεση του σκυροδέματος. Το σκυρόδεμα μπορεί να προστατευτεί από τέτοιες χημικές επιδράσεις με περιορισμό του όγκου των τριχοειδών πόρων και των κενών του τσιμεντοπολτού, δηλ με μείωση του λόγου W/Z και επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης(σε 14 μέρες κατά τον Ν.Κ.Τ.Σ) και με χρήση τσιμέντου ανθεκτικού στα θειικά ιόντα (τύπου IV) εφόσον υπάρχουν τέτοια. Ο Ν.Κ.Τ.Σ απαιτεί κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ, για μείωση των κενών του μίγματος των αδρανών. Περαιτέρω, για σκυρόδεμα που έρχεται σε επαφή με νερό με σημαντική περιεκτικότητα σε δραστικές χημικές ουσίες, ή με εδάφη κορεσμένα με νερό που περιέχει τέτοιες ουσίες ο ίδιος κανονισμός βάζει τις απαιτήσεις του. Σύμφωνα με τον πίνακα αυτόν, η περιεκτικότητα του νερού ή του εδάφους σε μία από τις ουσίες που θεωρούνται βλαβερές καθορίζει τον βαθμό προσβολής του σκυροδέματος, ο οποίος με τη σειρά του καθορίζει το μέγιστο επιτρεπόμενο λόγο W/Z , την ελάχιστη απαιτούμενη περιεκτικότητα σε τσιμέντο και τον τύπο του τσιμέντου. Αν υπάρχουν ταυτόχρονα στην ίδια στήλη βαθμού προσβολής δύο ή περισσότερες χημικές ουσίες, και μάλιστα στο πάνω τέταρτο (ή για το pH στο κάτω τέταρτο) του διαστήματος των ορίων προσβολής της στήλης αυτής, τότε οι επιδράσεις τους θεωρούνται πως αθροίζονται, φέρνοντας το συνολικό βαθμό προσβολής στον αμέσως δυσμενέστερο του πίνακα. Οι ελάχιστες ποσότητες τσιμέντου του πίνακα ισχύουν για μέγιστο κόκκο αδρανών 31,5 ή 1". Για αδρανή με μέγιστο κόκκο \square 63 ή 1 1/2", ο όγκος των κενών του μίγματος των αδρανών είναι μικρότερος και η απαίτηση σε τσιμέντο μειώνεται κατά 30 kg/m³. Αντίστοιχα για μέγιστο κόκκο \square 16 ή 1/2" η απαίτηση σε τσιμέντο αυξάνεται κατά 30 kg/m³.

Για σκυρόδεμα μέσα στην θάλασσα υπάρχουν αυστηρότερες απαιτήσεις : Μέγιστη τιμή του λόγου W/Z =0,48 και ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο 400 kg/m³. Παρά δε την υψηλή περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε θειικά, δεν συνίσταται η χρήση τσιμέντου τύπου IV, καθότι αυτό αυξάνει τη διαπερατότητα του σκυροδέματος σε χλωριόντα, τα οποία προκαλούν διάβρωση του χάλυβα.

7.8.4 Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε παγετό:

Όταν παγώνει, το νερό των τριχοειδών πόρων διαστέλλεται, τείνοντας να διαρρήξει το σκληρυμένο τσιμεντοπολτό. Ένας τρόπος να αποφευχθεί το ενδεχόμενο διάρρηξης είναι να δημιουργηθούν μέσα στην μάζα του τσιμεντοπολτού μικροσκοπικές φυσαλίδες (0,02-0,2mm) όπου θα διοχετεύεται το νερό των τριχοειδών πόρων όταν αυτό διαστέλλεται λόγω παγετού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση αερατικών προσθέτων. Έτσι, στις περιοχές της χώρας όπου η θερμοκρασία πέφτει συχνά κάτω απ το μηδέν, ο Ν.Κ.Τ.Σ και το πρότυπο ΕΛΟΤ 515 απαιτούν τη χρήση αερατικών προσθέτων ανεπίχριστα σκυροδέματα ανωδομών και σε όλα τα σκυροδέματα που διαστρώνονται το χειμώνα (το σκυρόδεμα είναι πιο ευπρόσβλητο στον παγετό σε νεαρή ηλικία, προτού δηλ αναπτυχθεί σημαντικά η αντοχή του). Η ποσότητα του αερατικού πρέπει να είναι τέτοια που να δημιουργείται συνολικός όγκος φυσαλίδων αέρα στο σκυροδέμα ίσος με 6% του όγκου του σκυροδέματος για μέγιστο κόκκο αδρανών \square 8 ή 3/8'', με 4,5% για μέγιστο κόκκο \square 16 ή 1/2'', 3,5% για μέγιστο κόκκο \square 31,5 ή 1'' και 3% για μέγιστο κόκκο \square 63 ή 1 1/2''. Η παρουσία φυσαλίδων στη μάζα του σκυροδέματος μειώνει τη αντοχή του. Για να εξουδετερωθεί η μείωση αυτή πρέπει να μειωθεί ο λόγος W/Z δηλ. για την ίδια κάθιση να αυξηθεί η περιεκτικότητα σε τσιμέντο, γεγονός που αυξάνει το κόστος του σκυροδέματος επιπλέον του κόστους του αερατικού.

7.8.5 Σκυρόδεμα που διαστρώνεται μέσα στο νερό:

Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται από τον Ν.Κ.Τ.Σ ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο 350 kg/m^3 και λόγος W/Z το πολύ 0,60. Έτσι υπάρχει κάποιο περιθώριο για την περίπτωση που ένα μέρος του τσιμέντου θα ξεπλυθεί από την επαφή με το νερό.

8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ

8.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμίων της 11^{ης} παρτίδας, διαστάσεων 15×15×15 cm, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,8$ MPa.

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25$ MPa

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,8 MPa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1$ gr/cm³ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7$ gr/cm³ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0$ gr/cm³ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m³:

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m³:

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

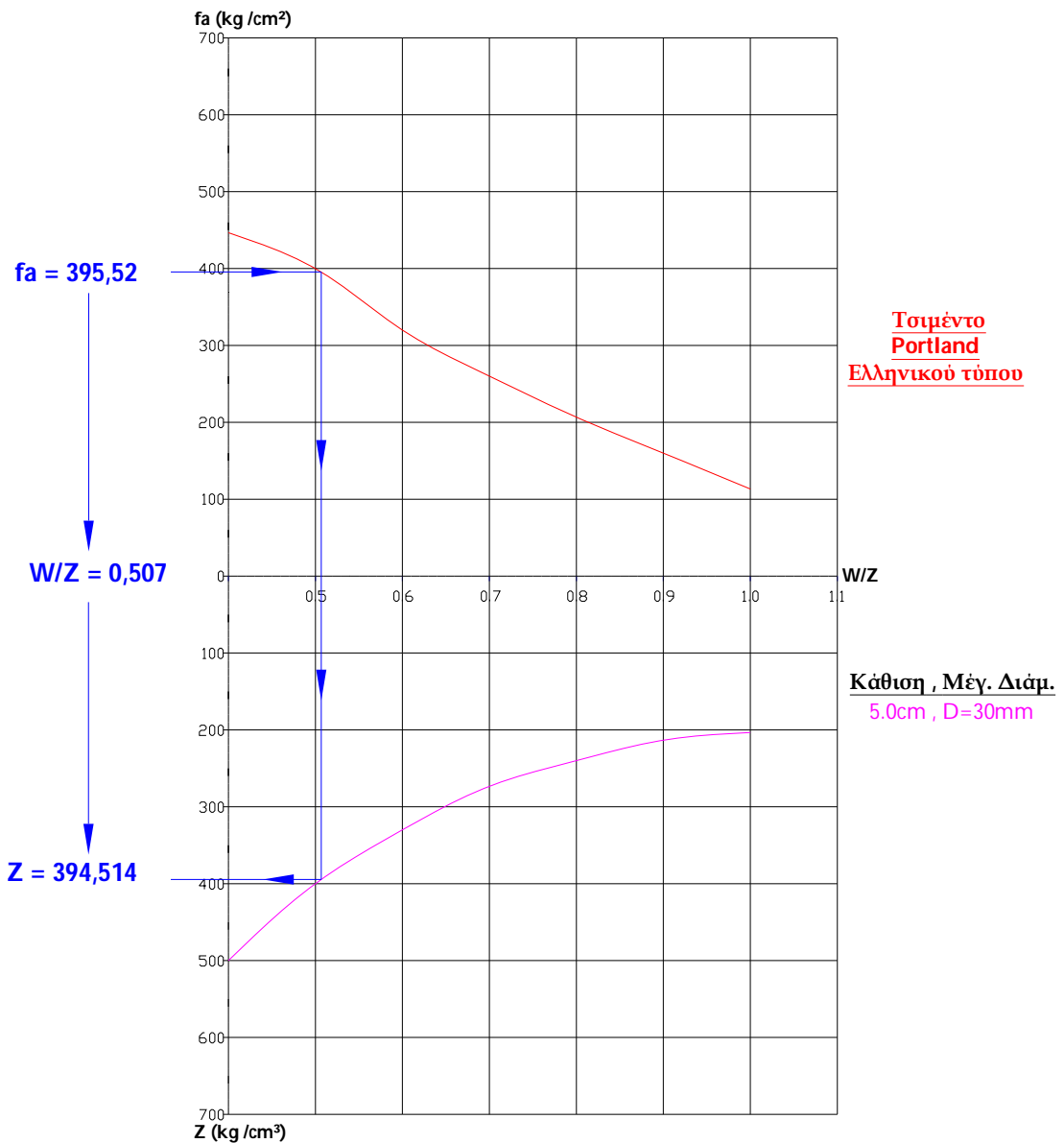
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,8 = 39,552 \text{ MPa}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 39,552$ MPa, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Διάγραμμα 8.1 Διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου

Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,507 \rightarrow Z = 394,514 \text{ kg}$ και $W = 0,507 \cdot 394,514 = 199,900 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,900}{1,0} - \frac{394,514}{3,1} \right) = 1,817 \text{ tn} = 1817 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,8 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες:

Αδρανή: 1817 kg

Τσιμέντο: 394,514 kg

Νερό: 199,900 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

$$\text{Αδρανή: } \frac{1817}{1000} \times 4 = 7,267 \text{ kg}$$

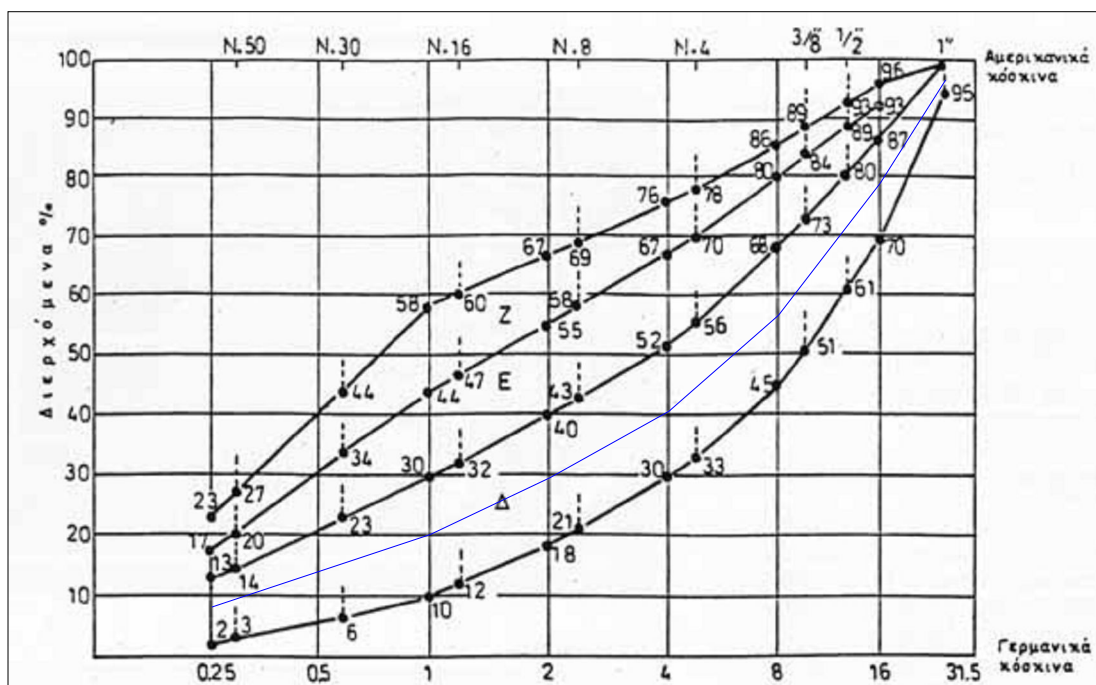
$$\text{Τσιμέντο: } \frac{394,514}{1000} \times 4 = 1,578 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,900}{1000} \times 4 = 0,800 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 11		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,267 kg			Ημερομηνία: 26/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,27	100
16	70-87	16	1,562	5,704	78,5
8	45-68	8	1,599	4,106	56,5
4	30-52	4	1,126	2,979	41
2	18-40	2	0,872	2,107	29
1	10-30	1	0,654	1,453	20
0,25	2-13	0,0025	0,908	0,545	7,5
				Παιπάλη:	0,545
				Ολικό βάρος:	7,267

Πίνακας 8.1 Κοκκομετρική ανάλυση αδρανών.



Διάγραμμα 8.2 Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm

Επομένως η κοκκομετρική καμπύλη των αδρανών βρίσκεται μέσα στα όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης που ορίζει ο Ν.Κ.Τ.Σ. για την υποζώνη Δ.

Παρτίδα: 11^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ		
Ημερομηνία: 26/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ MPa Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 39,552$ MPa		
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια: Αδρανή= 43,60 Kg Σκύρα= 9,37 Kg		
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι= 9,59 Kg Άμμος λάτ.= 22,02 Kg		
$S_{εργ.}$ (MPa): 6,8	Άμμος πότ.= 2,62 Kg		
Συντελεστής w/z: 0,507	Τσιμέντο= 9,47 Kg Νερό= 4,80 lit.		
Υπερρευστοποιητής: 80 gr.	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ	
	Κάθιση: 6,8 cm	1 ^η δοκιμή	2 ^η δοκιμή
		125,5 %	126 %

Πίνακας 8.2 Μελέτη σύνθεσης.

Αφού υπολογίστηκαν οι απαιτούμενες ποσότητες για 6 κυβικά δοκίμια από την μελέτη σύνθεσης, προχωρούμε στην παρασκευή τους.

8.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ

8.2.1 Τσιμέντο

Χρησιμοποιήθηκε ποζολανικό τσιμέντο τύπου IV (CEM IV) το οποίο προέρχεται από τη συνάλεση Κλίνκερ -Πόρτλαντ, γύψου και πουζολάνης που μπορεί να είναι φυσική ή ψημένη, ιπτάμενη τέφρα πυριτική ή ασβεστούχα και πυριτική παιπάλη. Το τσιμέντο είναι συσκευασμένο σε σάκους των 50 & 25 kg και η αποθήκευση του γίνεται με νάιλον υλικό, μέσα σε βαρέλι για την αποφυγή υγρασίας. Για την συγκεκριμένη παρτίδα δοκιμίων απαιτούνται 9,47 kg τσιμέντου.



Φωτογραφία 8.1 Ποζολανικό τσιμέντο (CEM IV)



Φωτογραφία 8.2 Αποθήκευση του τσιμέντου.

8.2.2 Νερό

Χρησιμοποιήθηκε πόσιμο νερό όπως ορίζει ο Ν.Κ.Τ.Σ., το οποίο είναι καθαρό και απαλλαγμένο από βλαπτικές ουσίες. Για την συγκεκριμένη παρτίδα δοκιμίων απαιτούνται 4,80 lit. νερό.

8.2.3 Αδρανή υλικά

Τα αδρανή είναι τοποθετημένα σε σάκους (25-30 kg) και μέσα σε βαρέλια του εργαστηρίου για την αποφυγή υγρασίας.



Φωτογραφία 8.3 Αδρανή υλικά στο εργαστήριο σκυροδέματος.

8.2.3.1 Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών

Η κοκκομετρική διαβάθμιση καθορίζεται με σειρά πρότυπων κόσκινων. Στην περίπτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η γερμανική σειρά κοσκίνων όπως περιγράφονται κατά DIN 4187 & DIN 4188.



Φωτογραφία 8.4 Γερμανική σειρά κοσκίνων

Ο μέγιστος κόκκος είναι 31,5 mm οπότε θεωρούμε ότι βρισκόμαστε στην υποζώνη Δ. Με βάση τα χαρακτηριστικά της παρτίδας και το δελτίο της κοκκομετρικής ανάλυσης, έχουν υπολογιστεί οι απαιτούμενες ποσότητες αδρανών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στα κόσκινα 4, 2, 1, 0.25 χρησιμοποιήθηκε 70% άμμος λατομείου και 30% άμμος ποταμού. Επομένως για την συγκεκριμένη παρτίδα απαιτούνται από κάθε κόσκινο:

ΚΟΣΚΙΝΑ	ΣΚΥΡΑ kg	ΓΑΡΜΠΙΛΙ kg	ΑΜΜΟΣ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ 70%	ΑΜΜΟΣ ΠΟΤΑΜΟΥ 30%
31,5	0,0			
16	9,374			
8	→	9,592		
4	→		6,758	
2	→		5,232	
1	→		3,924	
0,25	→		3,815	1,635
Παιπάλη	→		2,289	0,981
			ΣΥΝΟΛΟ ΑΔΡΑΝΩΝ	43,600

Πίνακας 8.3 Απαιτούμενες ποσότητες αδρανών σε κάθε κόσκινο.

8.2.4 Πρόσθετα υλικά

Πρέπει να αναφέρουμε ότι μόνο στην 11^η παρτίδα ($S_{εργ.}=6,8$ Mpa) έγινε χρήση πρόσθετου υλικού και συγκεκριμένα **υπερρυστοποίητη** μακράς εργασιμότητας (Sicament 330) της εταιρείας Sika.

Οι υπερρυστοποιητές αποτελούν ειδική κατηγορία ειδικών προσθέτων επιφανειακής δράσης που αυξάνουν τη ρευστότητα μιγμάτων 3-4 φορές περισσότερο από ότι τα συνηθισμένα ρυστοποιητικά. Ο συγκεκριμένος υπερρυστοποιητής έχει εφαρμογές σε πάσης φύσης σκυρόδεμα, για σκυροδέτηση σε υψηλές θερμοκρασίες και με μεγάλες αποστάσεις μεταφοράς. Επίσης χρησιμοποιείται για έργα μαζικών σκυροδετήσεων, και όπου απαιτείται μειωμένη θερμότητα ενυδάτωσης για μείωση των ρηγματώσεων.

Πλεονεκτήματα:

- Βελτίωση της εργασιμότητας και της τελικής επιφάνειας.
- Διατήρηση της εργασιμότητας ακόμη και με σημαντική μείωση του λόγου N/T.
- Βελτίωση της συνοχής, της ποιότητας ενυδάτωσης και της συμπακνωσιμότητας του μίγματος.
- Αύξηση μηχανικών και χημικών αντοχών.
- Μείωση ερπυσμού και υδατοπερατότητας.
- Δεν περιέχει χλωριόντα και δεν βλάπτει τους οπλισμούς

Η ποσότητα του υπερρυστοποιητή, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρίας, ανέρχεται σε 0,5-1,5 % κατά βάρος τσιμέντου. Στην περίπτωση της 11^{ης} παρτίδας η απαιτούμενη ποσότητα τσιμέντου είναι 9,47 kg. Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα υπερρυστοποιητή (0,85 % κ.β. τσιμέντου) είναι: $9,47 \times 0,0085 = 80$ gr.

Σύμφωνα με την εταιρία, το Sicament 330 μπορεί να αναμειχθεί με το νερό ανάμιξης, πριν την προσθήκη του νερού στα αδρανή ενώ ο συνιστώμενος χρόνος ανάδευσης είναι 1 min/m³ σκυροδέματος.



Φωτογραφία 8.5 & 8.6 Ζύγιση ποσότητας υπερρυστοποιητικού για 3 δοκίμια & ανάμιξη του με το νερό.

Στην συνέχεια η ανάμιξη του μίγματος των υλικών γίνεται με σταδιακή προσθήκη τσιμέντου καθώς και του νερού, αναμιγμένου με τον υπερρυστοποιητή.

8.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

8.3.1 Παρασκευή σκυροδέματος

Σε αυτή την φάση ξεκινάει η διαδικασία του κοσκίνισματος των αδρανών, ώστε να συγκεντρωθούν οι απαιτούμενες ποσότητες σε κάθε κόσκινο.



Φωτογραφία 8.7 Κοσκίνισμα αδρανών



Φωτογραφίες 8.8 & 8.9 Συγκρατούμενο βάρος στα κόσκινα 16 & 8 (σκύρα & γαρμπίλι).



Φωτογραφίες 8.10 & 8.11 Συγκρατούμενο βάρος στα κόσκινα 4 & 0,25 (ριζάκι & άμμος ποταμού).



Φωτογραφία 8.12 Διερχόμενο βάρος από το κόσκινο 0,25 (παιπάλη)

Στην συνέχεια σε ηλεκτρονική ζυγαριά, ζυγίζουμε τα υλικά που χρειάζονται για την παρασκευή μιας παρτίδας και τα τοποθετούμε μέσα σε κυλινδρικό δοχείο.



Φωτογραφίες 8.13 & 8.14 Ζύγιση παιπάλης λατομείου & τσιμέντου.



Φωτογραφία 8.15 Ποσότητα υλικών για 3 δοκίμια.

Μέσα στον κυλινδρικό δοχείο με ηλεκτροκίνητο αναμικτήρα, γίνεται ξηρή ανάδευση των αδρανών υλικών, ενώ στην συνέχεια προστίθενται σταδιακά το τσιμέντο και το νερό. Σύμφωνα με τον Ν.Κ.Τ.Σ. ο χρόνος αναμίξεως μετριέται μετά την εισαγωγή όλων των υλικών στον αναμικτήρα και πρέπει να είναι εκείνος που αναγράφεται στις προδιαγραφές του αναμικτήρα. Οποσδήποτε όμως δεν θα είναι μικρότερος από 1 min.



Φωτογραφίες 8.16 & 8.17 Αναμικτήρας & ξηρή ανάδευση αδρανών στο δοχείο.



Φωτογραφία 8.18 Ανάμιξη όλων των υλικών μέσα στο δοχείο.

8.3.2 Μέτρηση εργάσιμου

Μετά την παρασκευή του σκυροδέματος η επόμενη διαδικασία αφορά την μέτρηση του εργάσιμου με τις δοκιμές: **κάθισης** και **εξάπλωσης**.

8.3.2.1 Δοκιμή κάθισης:

Η μέθοδος εφαρμόζεται για σκυρόδεμα με μέγιστο κόκκο αδρανούς 40 mm.

Για την εκτέλεση της δοκιμής κάθισης χρησιμοποιούνται:

α) Ο **κόνος κάθισης**, που είναι μεταλλική μήτρα σχήματος ορθού κώνου, με διάμετρο κάτω βάσεως 200 ± 2 mm, διάμετρο άνω βάσεως 100 ± 2 mm, ύψος 300 ± 2 mm (χωρητικότητας 0,0055 m³ ή 5,5 κυβ. παλάμες). Οι δύο βάσεις είναι ανοικτές, παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες στον άξονα του κώνου. Η μήτρα έχει στην εξωτερική της επιφάνεια δύο χειρολαβές, προσαρμοσμένες στα δύο τρίτα του ύψους της από την κάτω βάση και δύο αντιδιαμετρικά εξωτερικά πτερύγια στηρίξεως, στο επίπεδο της κάτω βάσεως, για την ακινητοποίησή της. Το μέταλλο κατασκευής της πρέπει να είναι απρόσβλητο από το σκυρόδεμα, η εσωτερική της επιφάνεια να είναι λεία, χωρίς ανωμαλίες, και το πάχος του τοιχώματος να είναι τουλάχιστον 1,5 mm.



Φωτογραφία 8.19 Κώνος κάθισης

β) Η χαλύβδινη **ράβδος συμπυκνώσεως**, ευθύγραμμη, μήκους 60 cm, κυκλικής διατομής $\Phi 16$ mm, με στρογγυλεμένα άκρα.

γ) Ο **κώνος καθίσεως** τοποθετείται πάνω σε επίπεδη, άκαμπτη, οριζόντια, μη απορροφητική επιφάνεια και διαβρέχεται εσωτερικά, αυτός και η επιφάνεια έδρασης



Φωτογραφία 8.20 Κώνος κάθισης & ράβδος συμπυκνώσεως

Διαδικασία δοκιμής:

Ο κώνος γεμίζεται με τη σέσουλα (όχι μυστρί) σε τρεις στρώσεις ίσου ύψους και διατηρείται ακίνητος καθ' όλη τη διάρκεια του γεμίσματος, με τη βοήθεια των δύο πτερυγίων στηρίξεως, πάνω στα οποία πατάει με το πόδια του ο παρασκευαστής. Κάθε στρώση συμπυκνώνεται με 25 κτυπήματα της ράβδου συμπυκνώσεως, που κατανέμονται κατά το δυνατόν ομοιόμορφα στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Τα κτυπήματα ξεκινούν από την περίμετρο της μήτρας και με σπειροειδή κίνηση φθάνουν στο κέντρο. Κατά την συμπίκνωση της κατώτερης (πρώτης) στρώσης, η ράβδος βυθίζεται σε όλο το βάθος του σκυροδέματος και, κατά την εμπηξή της, έχει στην αρχή μια μικρή κλίση που βαθμιαία ελαττώνεται, τείνοντας προς την κατακόρυφο. Στη δεύτερη και τρίτη στρώση η ράβδος βυθίζεται σε όλη τη στρώση, εισερχόμενη λίγο (περίπου 1 - 2 cm) και στην αμέσως από κάτω της. Στην ανώτερη (τρίτη) στρώση ο κώνος γεμίζεται με περίσσεια σκυροδέματος, που συμπληρώνεται συνεχώς κατά τη διάρκεια συμπίκνωσης. Ειδικά για ύφυγρο σκυρόδεμα της κατηγορίας κάθισης S1 (1 ως 4 cm), η συμπίκνωση γίνεται με δονητή ή δονητική πλάκα και όχι με τη ράβδο. Ύστερα από τη συμπίκνωση και της ανώτερης στρώσης, αφαιρείται το σκυρόδεμα που πλεονάζει και επιπεδώνεται η άνω επιφάνεια του, με παλινδρομική κύλιση της ράβδου συμπυκνώσεως στα χείλη του κώνου.

Αμέσως μετά το γέμισμα του κώνου και τη συμπύκνωση του σκυροδέματος, καθαρίζεται η περιοχή γύρω από τη βάση του και ο κώνος ανασύρεται αργά, από τις πλευρικές χειρολαβές. Η ανύσωση πρέπει να γίνεται ομαλά, με σταθερή ταχύτητα και κατακόρυφη προς τα πάνω κίνηση, χωρίς στροφή και τραντάγματα, και να ολοκληρώνεται μέσα σε 5 -10 sec (ο παρασκευαστής μετράει αργά από το 1001 έως το 1005). Ολόκληρη η διαδικασία της δοκιμής από την έναρξη του γεμίσματος μέχρι την αφαίρεση του κώνου πρέπει να ολοκληρώνεται σε χρόνο μικρότερο των 150 sec. Η διαφορά ανάμεσα στο ύψος του κώνου και του υψηλότερου σημείου του σκυροδέματος, που ελευθερούμενο από το μεταλλικό περίβλημα "κάθισε", μετριέται με προσέγγιση 5 mm , εκφράζεται σε ακέραια εκατοστά του μέτρου και αποτελεί την κάθιση του σκυροδέματος που ελέγχεται.



Φωτογραφία 8.21 Μέτρηση της κάθισης.



Φωτογραφία 8.22 & 8.23 Κάθιση 10^{ης} και 11^{ης} παρτίδας πριν & μετά την χρήση υπερρυστοποιητή.

Η τιμή της καθίσεως προκύπτει ως μέσος όρος των μετρήσεων δύο δοκιμών, που θα γίνονται στο ίδιο δείγμα, εντός συνολικού χρόνου 15 λεπτών.

8.3.2.2 Δοκιμή εξάπλωσης:

Η συσκευή εξάπλωσης αποτελείται από μια κινούμενη διάταξη, η οποία στηρίζεται σε ένα πλαίσιο και μπορεί να προσκρουθεί πάνω στο πλαίσιο με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου έκκεντρου.



Φωτογραφία 8.24 Συσκευή εξάπλωσης.

Διαδικασία δοκιμής:

Σκουπίζεται προσεκτικά η επιφάνεια της κινητής διάταξης της συσκευής εξάπλωσης για να είναι καθαρή και ξηρή και τοποθετείται πάνω σ' αυτή κεντρικά ο κολουροκωνικός δακτύλιος. Τοποθετείται στον κολουροκωνικό δακτύλιο ένα στρώμα κονιάματος πάχους περίπου 25 mm και συμπυκνώνεται με 20 κτύπους με τον κόπανο. Η δύναμη των κτυπημάτων πρέπει να είναι τόση, όση χρειάζεται για να γεμίσει ομοιόμορφα ο δακτύλιος.



Φωτογραφία 8.25 Συμπύκνωση κονιάματος 1^{ης} στρώσης.

Γεμίζεται ο δακτύλιος με κονίαμα και συμπυκνώνεται όπως τα προηγούμενα. Στην συνέχεια αφαιρείται το περίσσευμα του κονιάματος με μυστρί που μετακινείται σχεδόν κάθετα και πριονωτά πάνω στα χείλη του καλουπιού ώστε να σχηματισθεί επίπεδη επιφάνεια.

Σκουπίζεται, καθαρίζεται και ξηραίνεται η επιφάνεια της συσκευής εξάπλωσης γύρω από τον δακτύλιο. Ο κολουροκωνικός δακτύλιος παραμένει γεμάτος μέχρι να συμπληρωθεί 1 min από το τέλος της ανάμιξης του κονιάματος. Αμέσως μετά ανασηκώνεται κατακόρυφα ο δακτύλιος και αφαιρείται. Αφήνεται η κινητή διάταξη της συσκευής εξάπλωσης να πέσει 25 φορές σε 15 sec. από το ύψος των 12,7 mm. Μετριοούνται τέσσερις τουλάχιστον διάμετροι της βάσης του κονιάματος που σχηματίζουν μεταξύ τους ίσες γωνίες.



Φωτογραφία 8.26 Μέτρηση τεσσάρων διαμέτρων.

Η διαφορά του μέσου όρου των διαμέτρων αυτών και της αρχικής διαμέτρου της βάσης του δακτυλίου εκφράζεται ως εκατοστιαίο ποσοστό της αρχικής διαμέτρου και χαρακτηρίζει την εξάπλωση του κονιάματος. (Γίνονται διαφορετικά κονιάματα με διάφορες περιεκτικότητες σε νερό μέχρι να βρεθεί εξάπλωση $110 \pm 5 \%$ και για κάθε δοκιμή εξάπλωσης γίνεται νέο κονίαμα).

8.3.3 Παρασκευή δοκιμίων

8.3.3.1 Συμπύκνωση δοκιμίων

Ο Ν.Κ.Τ.Σ. αναφέρει ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της λήψεως του σκυροδέματος και της παρασκευής του δοκιμίου, δεν πρέπει να ξεπερνά τα 15 λεπτά της ώρας. Τα συμβατικά δοκίμια που προορίζονται για τους ελέγχους συμμορφώσεως, είναι κυβικά, διαστάσεων 15 × 15 × 15 cm και οι μήτρες των δοκιμίων θα είναι αριθμημένες. Οι μήτρες πριν από τη χρήση τους πρέπει να έχουν λαδωθεί ελαφρά με ορυκτέλαιο.



Φωτογραφίες 8.27 & 8.28 Μήτρα δοκιμίου & λάδωμα της μήτρας με ορυκτέλαιο.

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



Φωτογραφίες 8.29 & 8.30 Συσκευή δονητή & συμπύκνωση με δονητή.

Για μεγαλύτερη κάθιση η συμπύκνωση γίνεται με ράβδο Φ16, μήκους 60 cm και με στρογγυλεμένα άκρα. Στην 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.

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 1^{ης} και 2^{ης} στρώσης.

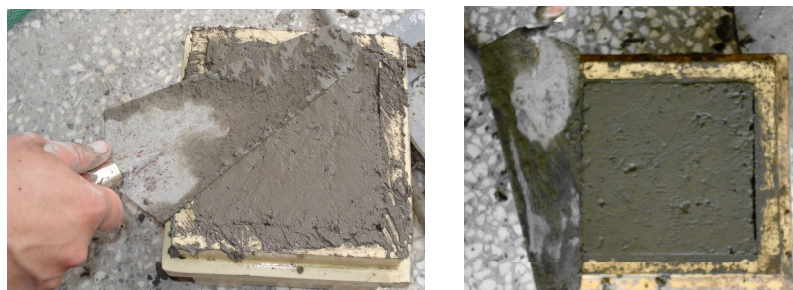


Φωτογραφίες 8.30 & 8.31 1^η στρώση μήτρας & συμπύκνωση της με ράβδο.



Φωτογραφίες 8.32 & 8.33 Γέμισμά της μήτρας με σέσουλα & συμπύκνωση 2^{ης} στρώσης με τη σχετική ράβδο.

Μετά τη συμπύκνωση επιπεδώνεται η τελική επιφάνεια, καθαρίζονται οι επιφάνειές της μήτρας και αριθμείται το δοκίμιο.



Φωτογραφίες 8.34 & 8.35 Διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας με μυστρί.



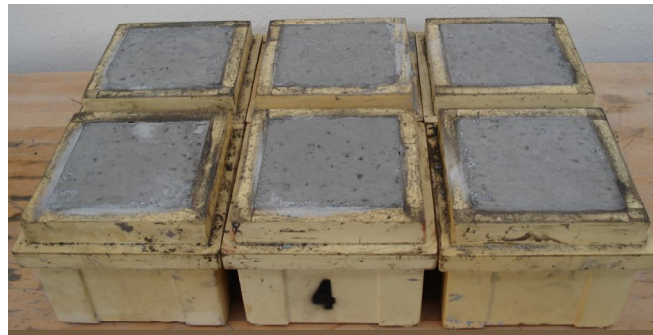
Φωτογραφία 8.36 Καθαρισμός των επιφανειών της μήτρας.

8.3.3.2 Συντήρηση δοκιμίων

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

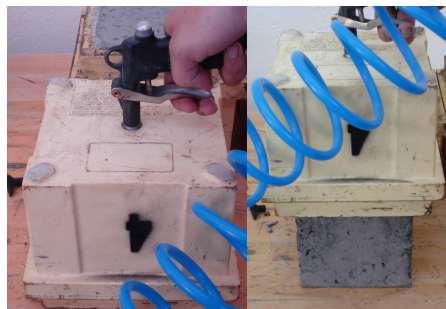


Φωτογραφία 8.37 Διατήρηση δοκιμίων μέσα στις μήτρες για τουλάχιστον 20 ώρες.



Φωτογραφία 8.38 Άνω επιφάνεια των δοκιμίων μετά από 20 ώρες.

Στην συνέχεια αφαιρούνται οι μήτρες από τα δοκίμια και αναγράφονται πάνω σε αυτά ο αριθμός της παρτίδας καθώς και η ημερομηνία παρασκευής τους.



Φωτογραφία 8.39 Αφαίρεση μητρών από τα δοκίμια.



Φωτογραφία 8.40 Αναγραφή στα δοκίμια αριθμού παρτίδας & ημερομηνίας παρασκευής τους.

Μετά την αφαίρεση των μητρών τα δοκίμια τοποθετούνται στον θάλαμο συντήρησης όπου και παραμένουν για 28 ημέρες. Η εισαγωγή στον θάλαμο συντήρησης (θερμοκρασία 20 ± 1 °C) αποσκοπεί στο να δημιουργηθούν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που θα επιτρέψουν να ενυδατωθεί το μεγαλύτερο ποσοστό τσιμέντου του μίγματος.



Φωτογραφία 8.41 Δοκίμια μέσα στον θάλαμο συντήρησης.

Πρέπει να αναφερθεί ότι στην 7^η, 8^η, 9^η, 10^η & 11^η παρτίδα τα δοκίμια παρέμειναν στον θάλαμο συντήρησης για 5 μήνες αντί για 28 ημέρες, για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος, σε σχέση με το χρόνο.

8.3.3.3 Θραύση δοκιμίων

Μετά από 28 ημέρες τα δοκίμια εξάγονται από τον θάλαμο συντήρησης, ζυγίζονται για τον προσδιορισμό του πραγματικού ειδικού βάρους του σκυροδέματος και τοποθετούνται στην μηχανή θλίψης (μέγιστη δύναμη 3000 kN) όπου θα μετρήσουμε τις αντοχές των δοκιμίων σε μονοαξονική θλίψη.



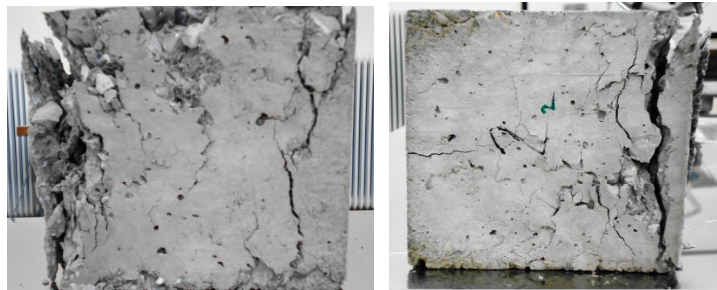
Φωτογραφία 8.42 Μηχανή θλίψης.

Το δοκίμιο τοποθετείται μεταξύ δύο απαραμόρφωτων πλακών μέσω των οποίων εφαρμόζεται το αξονικό φορτίο, στην άνω και κάτω επιφάνεια του.



Φωτογραφίες 8.43 & 8.44 Τοποθέτηση δοκιμίου στη μηχανή θλίψης & αναπτυσσόμενη τιμή θραύσης.

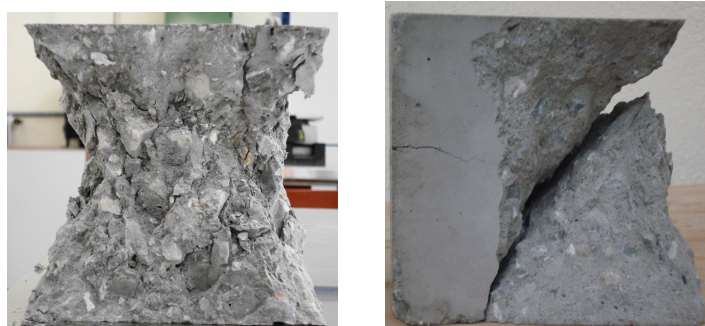
Κατά την φόρτιση του το δοκίμιο διογκώνεται και τελικά συνθλίβεται, εμφανίζοντας πολλές ρωγμές στην παράπλευρη επιφάνεια του.



Φωτογραφίες 8.45 & 8.46 Θραύση επιφανειών δοκιμίων σκυροδέματος.

Η τάση που αναπτύσσεται στο δοκίμιο, βασισμένη στο εμβαδόν της αρχικής διατομής του, κατά την στιγμή της θραύσης του είναι το όριο θραύσης.

Στα ψαθυρά υλικά, όπως το σκυρόδεμα, στα οποία η αντοχή σε διάτμηση είναι σημαντικά μικρότερη από την αντοχή σε θλίψη, η θραύση γίνεται με απόσχιση τεμαχίων από τα πρισματικά δοκίμια κατά επιφάνειες επίπεδες σχηματίζοντας γωνία 45° με τη διεύθυνση φορτίσεων, δηλαδή κατά τις επιφάνειες των μέγιστων διατμητικών τάσεων.



Φωτογραφίες 8.47 & 8.48 Θραύση με κώνους διατμήσεως & με επίπεδο διατμήσεως.

8.3.3.4 Αποτελέσματα και έλεγχοι

Στην συνέχεια με βάση την τάση που αναπτύσσεται στο δοκίμιο κατά την θραύση του και το εμβαδόν της διατομής του δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας αποτελεσμάτων κάθε παρτίδας:

Έλεγχος 11^{ης} παρτίδας						
S_{εργοστ.} = 6,80 MPa						
a/a	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm²)	Αντοχή σε θλίψη 5 μήνες (Mpa)	Αντοχή σε θλίψη 28 ημέρες (Mpa)
X ₁	7,978	23,639	868,8	225	38,613	32,178
X ₂	7,998	23,698	837,4	225	37,218	31,015
X ₃	7,963	23,594	861,7	225	38,298	31,915
X ₄	7,966	23,603	879,5	225	39,089	32,574
X ₅	8,043	23,831	884,6	225	39,316	32,763
X ₆	7,957	23,576	863,8	225	38,391	31,993
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 38,487$						32,073

Πίνακας 8.3 Έλεγχος παρτίδας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Θεωρητικό μέρος, σύμφωνα με εργαστηριακές μελέτες έχει αποδειχθεί ότι στους 3-5 μήνες η αντοχή του σκυροδέματος ξεπερνά την αντοχή των 28 ημερών κατά 15-20 %.

Έτσι στον πίνακα 8.3 αναγάγαμε τα αποτελέσματα των μέσων αντοχών των παρτίδων που παρέμειναν στον θάλαμο συντήρησης για 5 μήνες, στις 28 ημέρες.

Όπως ορίζει ο Ν.Κ.Τ.Σ. οι αντοχές 28 ημερών κάθε δειγματοληψίας έξι (6) δοκιμίων πρέπει να ικανοποιούν το Κριτήριο συμμορφώσεως Α (άρθρο 13.6.1.).

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

\bar{X}_6 = Μέσος όρος αντοχής των 6 συμβατικών δοκιμίων.

X_i = Η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου

s = Η τυπική απόκλιση της δειγματοληψίας που προκύπτει από τη σχέση:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=6} (x_i - \bar{x}_6)^2}{5}} \text{ και } s \geq 1,5 \text{ MPa}$$

Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως της δειγματοληψίας είναι μικρότερη από 1,5 Mpa, τότε στο κριτήριο συμμορφώσεως Α πρέπει να εισάγεται τιμή s = 1,5 Mpa.

Επομένως για την συγκεκριμένη παρτίδα ισχύουν τα παρακάτω:

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 32,073 \text{ MPa και } s = 0,615 \text{ MPa} \rightarrow s = 1,5 \text{ MPa (βάση κανονισμού)}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,5 = 27,400 \text{ MPa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 31,015 \text{ MPa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ MPa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ MPa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

9. ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΤΙΔΩΝ

Παρτίδα 1^η

$S_{εργ.} = 5,0 \text{ Μρα (28 ημέρες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 5,0 \text{ Μρα}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Μρα}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 5,0 Μρα

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

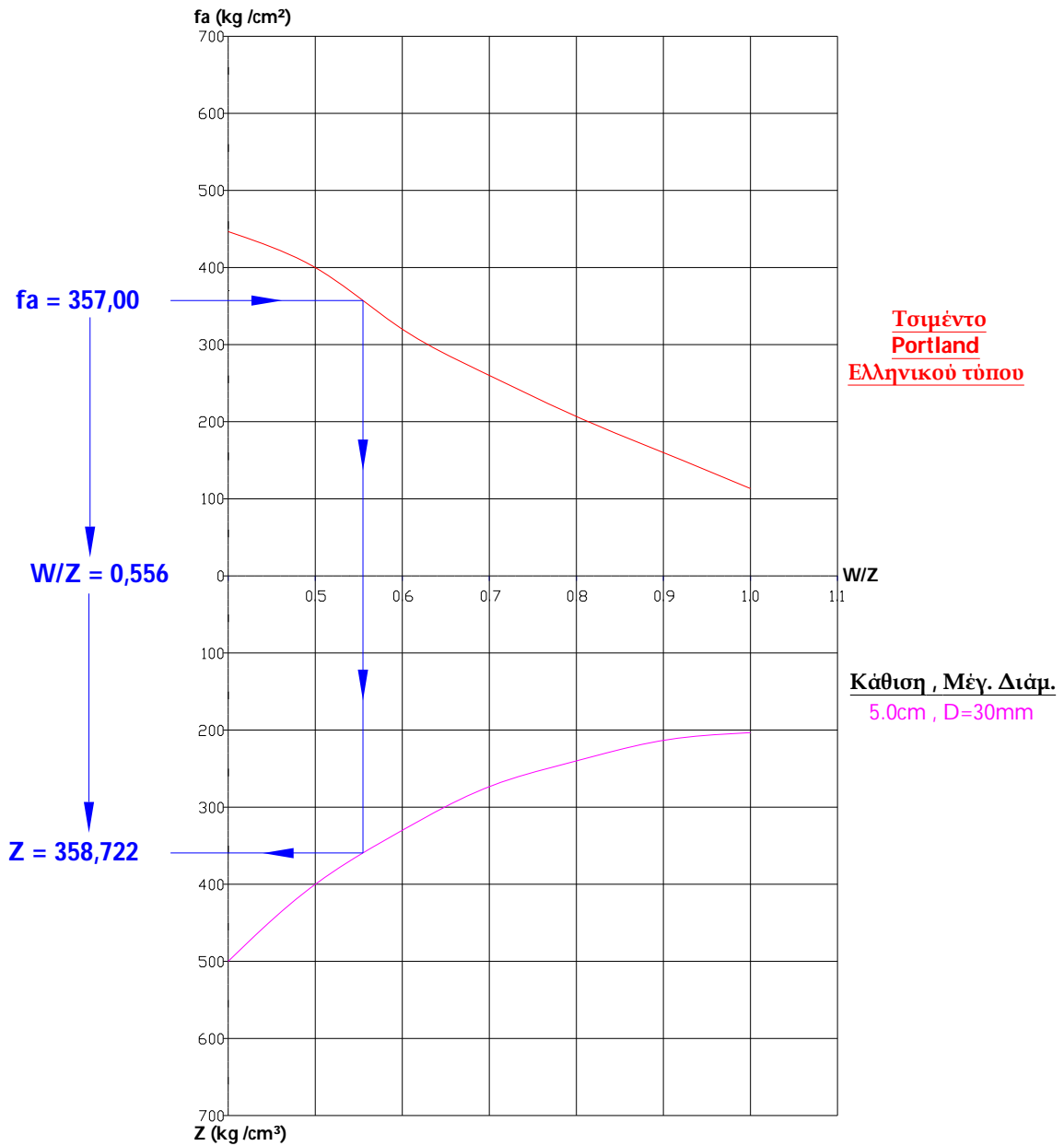
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 5,0 = \mathbf{35,700 \text{ Μρα}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 35,700 \text{ Μρα}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,556 \rightarrow Z = 358,722 \text{ kg}$ και $W = 0,556 \cdot 358,722 = 199,270 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,270}{1,0} - \frac{358,722}{3,1} \right) = 1,850 \text{ tn} = 1850 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 5,0 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1850 kg**

Τσιμέντο: 358,722 kg

Νερό: 199,270 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

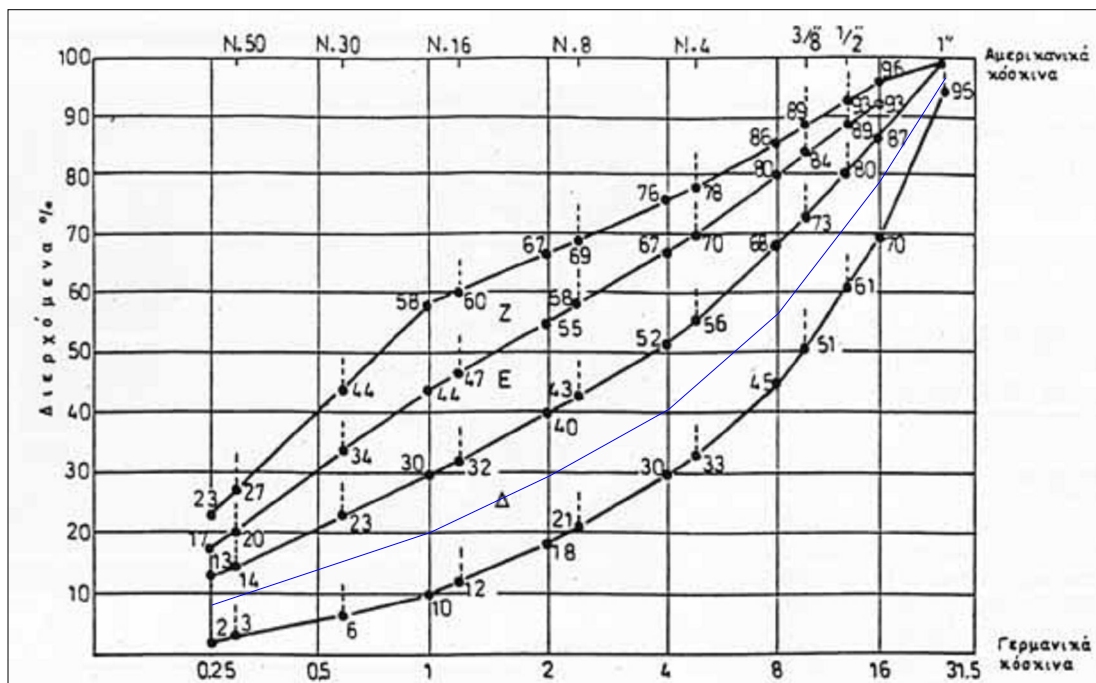
$$\text{Αδρανή: } \frac{1850}{1000} \times 4 = 7,398 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{358,722}{1000} \times 4 = 1,435 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,270}{1000} \times 4 = 0,797 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 1		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,398 kg			Ημερομηνία: 5/4/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,0	7,398	100
16	70-87	16	1,591	5,808	78,5
8	45-68	8	1,628	4,180	56,5
4	30-52	4	1,147	3,033	41
2	18-40	2	0,888	2,145	29
1	10-30	1	0,666	1,480	20
0,25	2-13	0,0025	0,925	0,555	7,5
				Παιπάλη:	0,555
				Ολικό βάρος:	7,398



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 1^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 5/4/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Μpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 35,700$ Μpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή=	44,39 Kg
	Σκύρα=	9,54 Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,77 Kg
	Άμμος λάτ.=	22,42 Kg
$S_{εργ.}$ (Μpa): 5,00	Άμμος πότ.=	2,66 Kg
Συντελεστής w/z: 0,556	Τσιμέντο=	8,61 Kg
	Νερό=	4,78 lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 3,6 cm	1 ^η δοκιμή 2 ^η δοκιμή
		120 % 124 %

Έλεγχος 1 ^{ης} παρτίδας					
$S_{εργ.} = 5,0 \text{ Mpa}$					
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m^3)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm^2)	Αντοχή σε θλίψη (Mpa)
X ₁	7,978	23,638	650,6	225	28,916
X ₂	7,825	23,184	658,8	225	29,280
X ₃	7,973	23,623	590,3	225	26,236
X ₄	7,920	23,467	636,9	225	28,307
X ₅	7,737	22,924	563,7	225	25,053
X ₆	7,890	23,377	643,5	225	28,600
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 27,732$					

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 27,732 \text{ Mpa και } s = 1,691 \text{ Mpa}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,691 = 27,705 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 25,053 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 2^η

$S_{εργ.} = 5,2 \text{ Μρα (28 ημέρες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 5,2 \text{ Μρα}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Μρα}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 5,2 Μρα

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

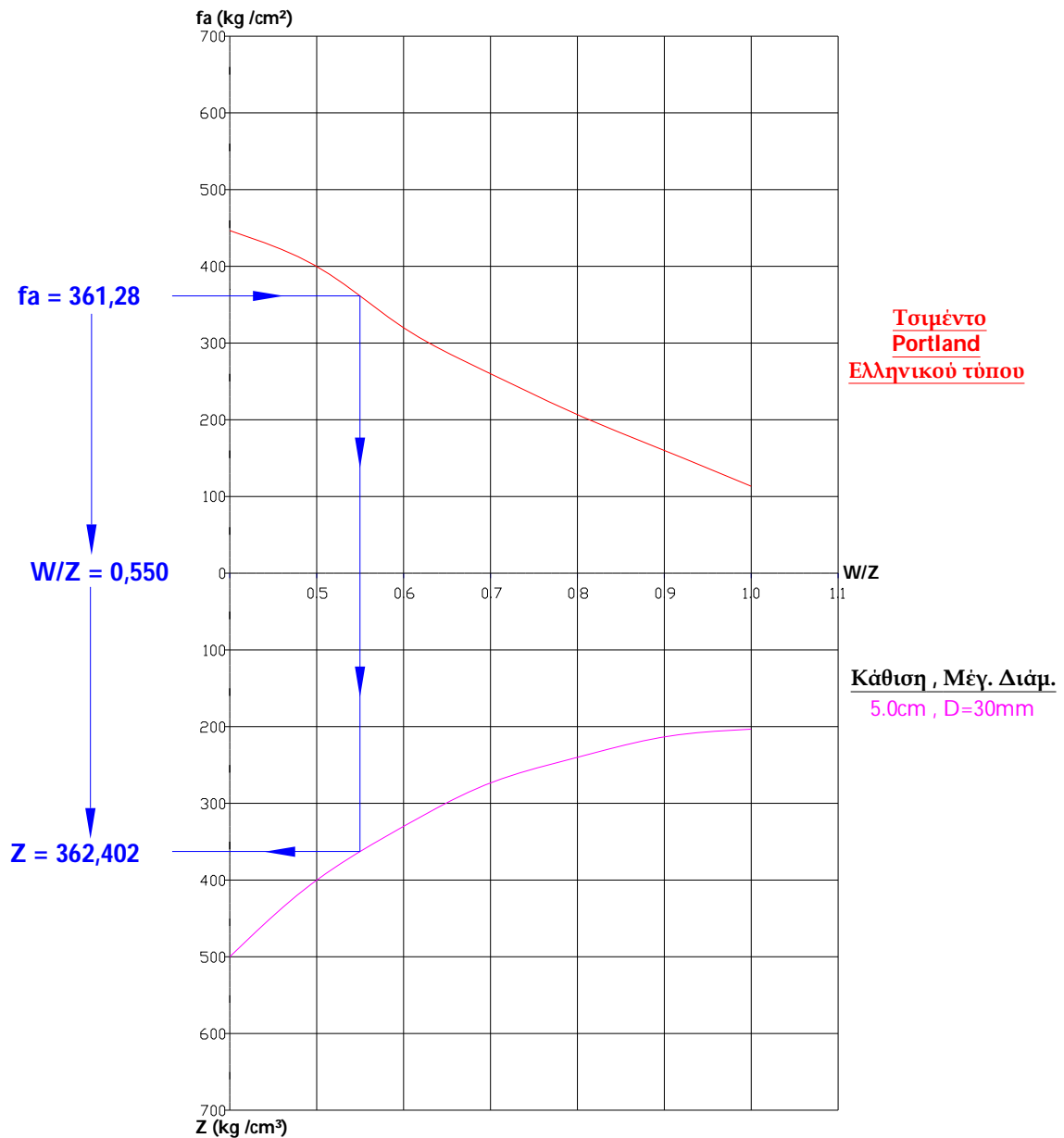
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 5,2 = \mathbf{36,128 \text{ Μρα}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 36,128 \text{ Μρα}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,5503 \rightarrow Z = 362,402 \text{ kg}$ και $W = 0,5503 \cdot 362,402 = 199,430 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,430}{1,0} - \frac{362,402}{3,1} \right) = 1,846 \text{ tn} = 1846 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 5,2 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1846 kg**

Τσιμέντο: 362,402 kg

Νερό: 199,403 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

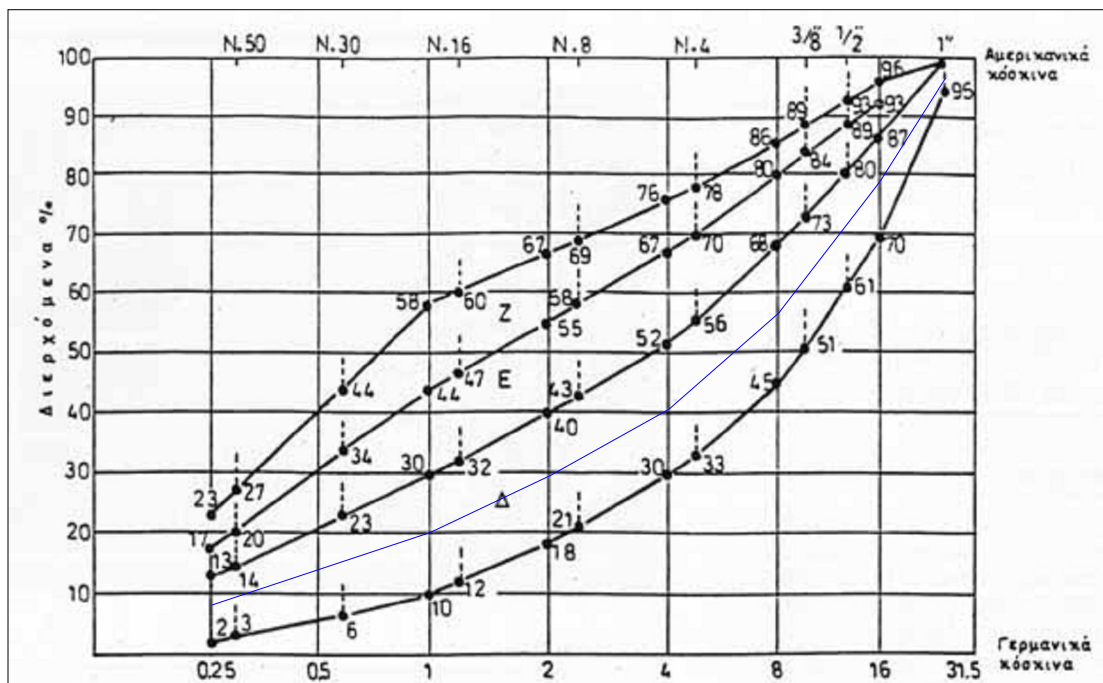
$$\text{Αδρανή: } \frac{1846}{1000} \times 4 = 7,384 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{362,402}{1000} \times 4 = 1,450 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,403}{1000} \times 4 = 0,798 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 2		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,384 kg			Ημερομηνία: 7/4/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,380	100
16	70-87	16	1,587	5,796	78,5
8	45-68	8	1,624	4,172	56,5
4	30-52	4	1,144	3,027	41
2	18-40	2	0,886	2,141	29
1	10-30	1	0,665	1,477	20
0,25	2-13	0,0025	0,923	0,554	7,5
				Παιπάλη:	0,554
				Ολικό βάρος:	7,384



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 2 ^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 7/4/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Μpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 36,13$ Μpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή=	44,30 Kg
	Σκύρα=	9,52 Kg
	Γαρμπίλι=	9,75 Kg
	Άμμος λάτ.=	22,37 Kg
	Άμμος πότ.=	2,66 Kg
	Τσιμέντο=	8,7 Kg
	Νερό=	4,79 lit.
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25		
$S_{εργ.}$ (Μpa): 5,20		
Συντελεστής w/z: 0,5503		
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 1,7 cm	1 ^η δοκιμή
		2 ^η δοκιμή
		116 %
		116,5 %

Έλεγχος 2 ^{ης} παρτίδας					
S _{εργ.} = 5,2 Mpa					
a/a	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη (Mpa)
X ₁	7,913	23,447	591,7	225	26,298
X ₂	7,829	23,198	564,2	225	25,076
X ₃	7,899	23,403	588,2	225	26,142
X ₄	7,858	23,284	564,7	225	25,098
X ₅	7,859	23,287	617,7	225	27,453
X ₆	7,849	23,257	566,6	225	25,182
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 25,875$					

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 25,875 \text{ Mpa και } s = 0,945 \text{ Mpa} \rightarrow s = 1,5 \text{ Mpa (βάση κανονισμού)}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,50 = 27,40 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής δεν ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 25,076 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 3^η

$S_{εργ.} = 5,4 \text{ Mpa (28 ημέρες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμίων, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 5,4 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 5,4 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

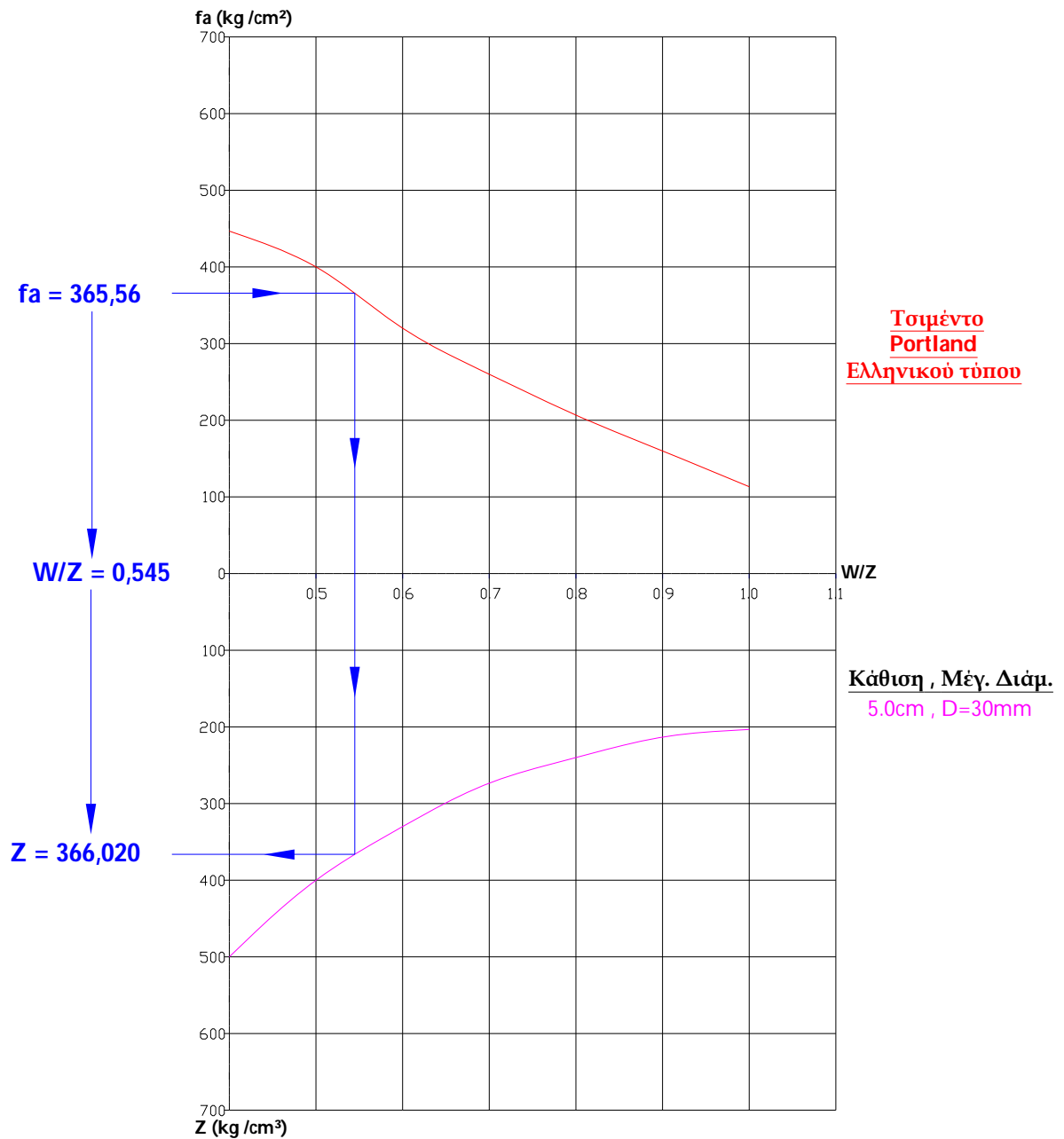
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 5,4 = \mathbf{36,556 \text{ Mpa}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 36,556 \text{ Mpa}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,545 \rightarrow Z = 366,020 \text{ kg}$ και $W = 0,545 \cdot 366,020 = 199,481 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,481}{1,0} - \frac{366,020}{3,1} \right) = 1,843 \text{ tn} = 1843 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 5,4 \text{ Μρα}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1843 kg**

Τσιμέντο: 366,020 kg

Νερό: 199,481 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

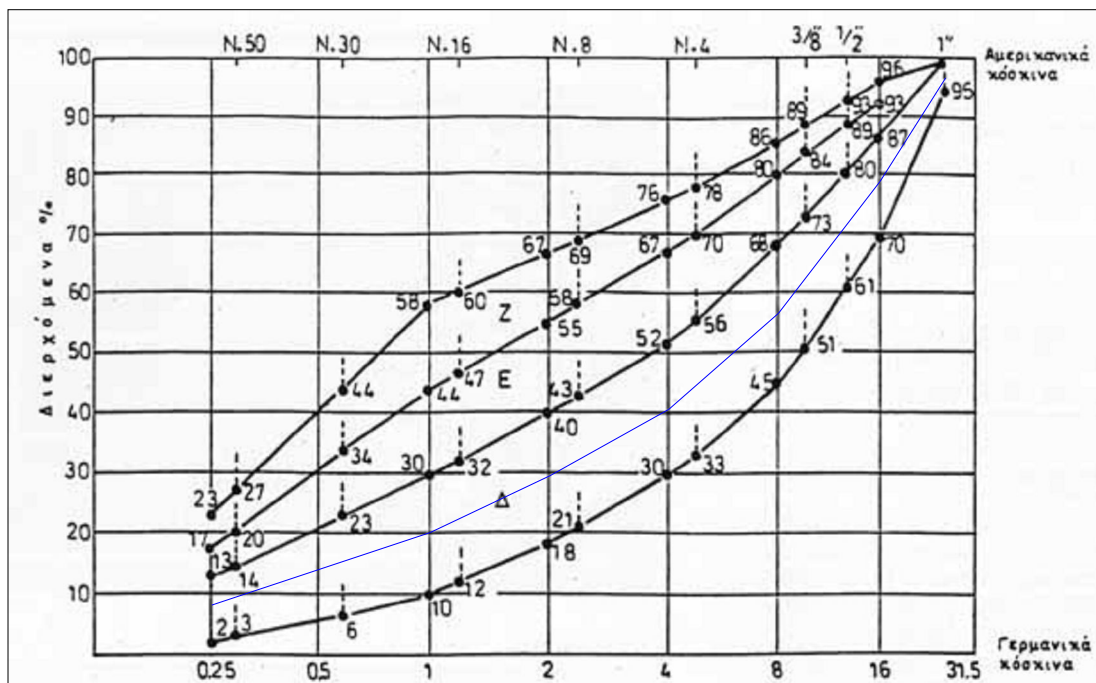
$$\text{Αδρανή: } \frac{1843}{1000} \times 4 = 7,370 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{366,020}{1000} \times 4 = 1,464 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,481}{1000} \times 4 = 0,798 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 3		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,370 kg			Ημερομηνία: 13/4/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,370	100
16	70-87	16	1,585	5,786	78,5
8	45-68	8	1,621	4,164	56,5
4	30-52	4	1,142	3,022	41
2	18-40	2	0,884	2,137	29
1	10-30	1	0,663	1,474	20
0,25	2-13	0,0025	0,921	0,553	7,5
				Παιπάλη:	0,553
				Ολικό βάρος:	7,370



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 3 ^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 13/4/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Mpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 36,556$ Mpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή=	44,22 Kg
	Σκύρα=	9,51 Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,73 Kg
$S_{εργ.}$ (Mpa): 5,40	Άμμος λάτ.=	21,14 Kg
Συντελεστής w/z: 0,545	Άμμος πότ.=	3,85 Kg
	Τσιμέντο=	8,78 Kg
	Νερό=	4,79 lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 2,0 cm	1 ^η δοκιμή
		2 ^η δοκιμή
		130 %
		128 %

Έλεγχος 3 ^{ης} παρτίδας					
$S_{εργ.} = 5,4 \text{ Mpa}$					
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m^3)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm^2)	Αντοχή σε θλίψη (Mpa)
X ₁	7,817	23,162	589,0	225	26,178
X ₂	7,857	23,280	585,1	225	26,004
X ₃	7,894	23,388	599,7	225	26,653
X ₄	7,732	22,909	639,9	225	28,440
X ₅	7,832	23,204	718,1	225	31,916
X ₆	7,868	23,312	657,4	225	29,218
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 28,068$					

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 28,068 \text{ Mpa και } s = 2,285 \text{ Mpa}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 2,285 = 28,655 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής δεν ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 26,004 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 4^η

$S_{εργ.} = 5,6 \text{ Mpa (28 ημέρες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 5,6 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 5,6 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

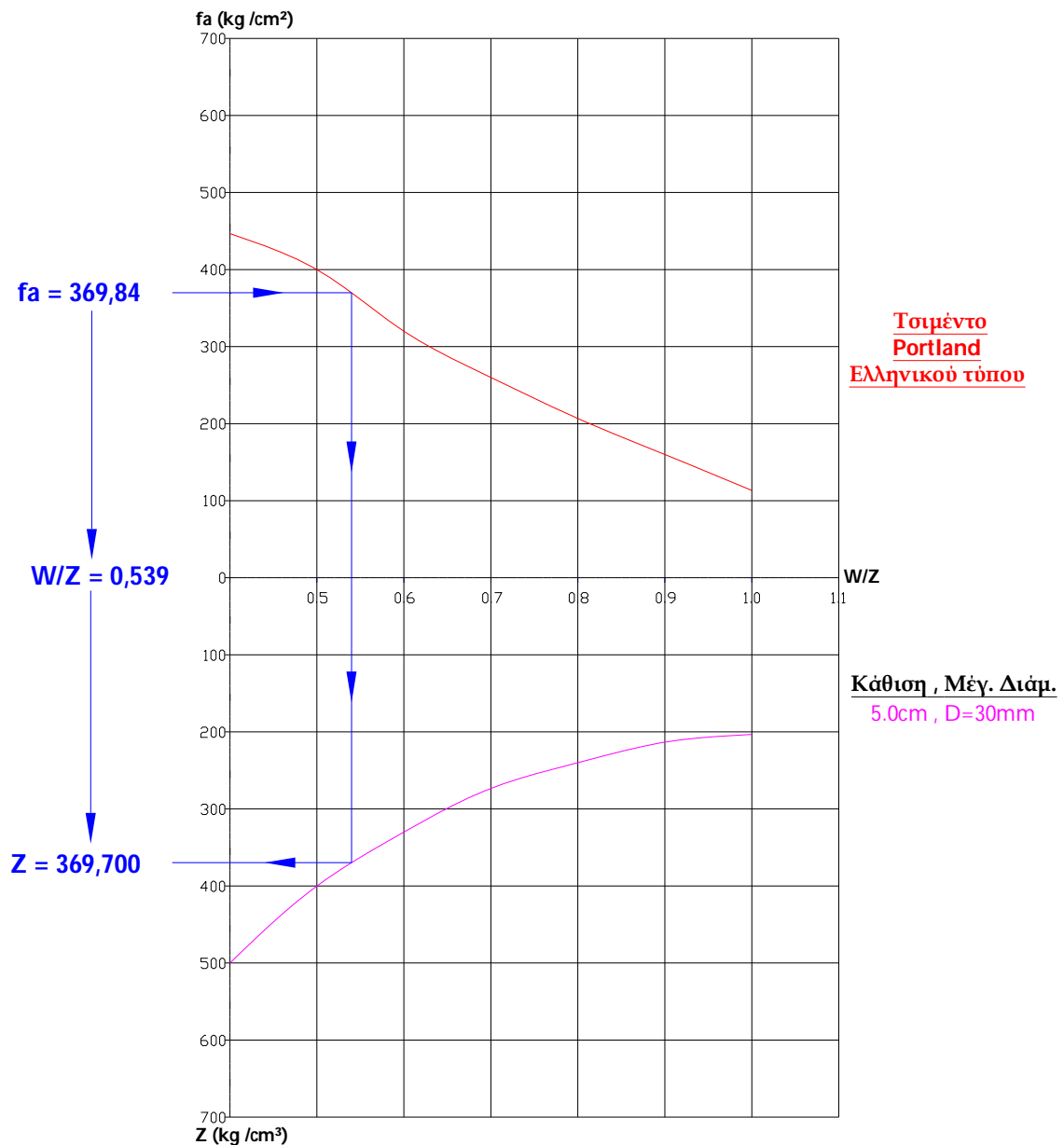
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 5,6 = \mathbf{36,984 \text{ Mpa}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = \mathbf{36,984 \text{ Mpa}}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,5398 \rightarrow Z = 369,7 \text{ kg}$ και $W = 0,5398 \cdot 369,7 = 199,564 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,564}{1,0} - \frac{369,7}{3,1} \right) = 1,839 \text{ tn} = 1839 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 5,6 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1839 kg**

Τσιμέντο: 369,7 kg

Νερό: 199,564 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

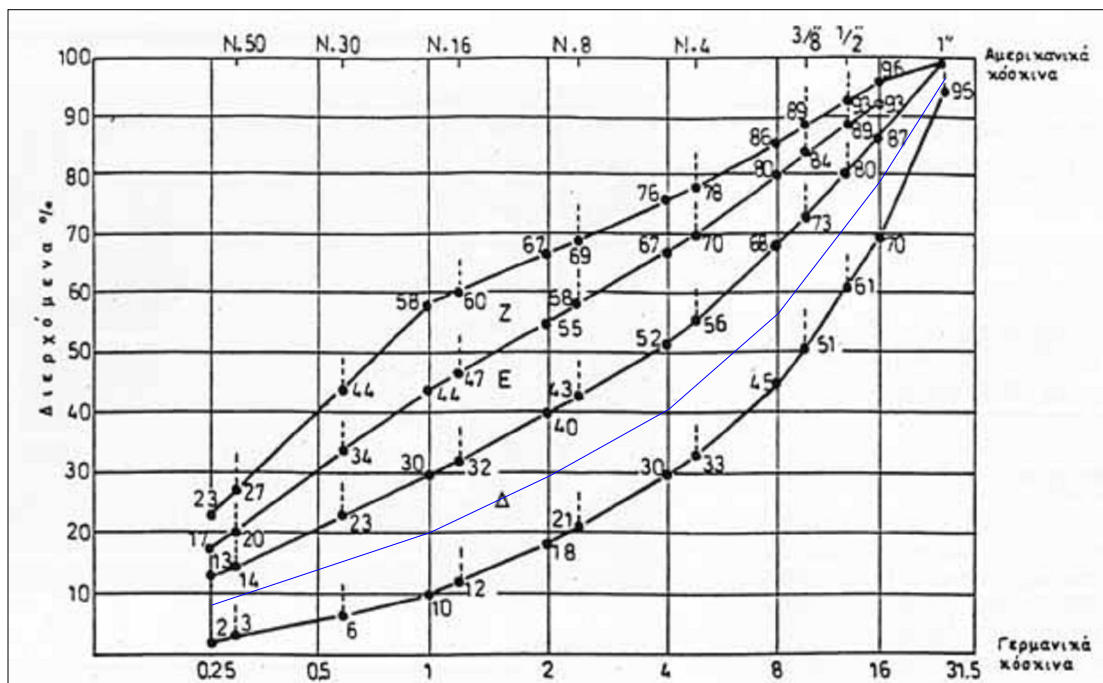
$$\text{Αδρανή: } \frac{1839}{1000} \times 4 = 7,357 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{369,7}{1000} \times 4 = 1,479 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,564}{1000} \times 4 = 0,798 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 4		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,357 kg			Ημερομηνία: 8/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,360	100
16	70-87	16	1,582	5,775	78,5
8	45-68	8	1,618	4,157	56,5
4	30-52	4	1,140	3,016	41
2	18-40	2	0,883	2,133	29
1	10-30	1	0,662	1,471	20
0,25	2-13	0,0025	0,920	0,552	7,5
				Παιπάλη:	0,552
				Ολικό βάρος:	7,357



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 4^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 8/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Μpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 36,984$ Μpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή=	44,14 Kg
	Σκύρα=	9,49 Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,71 Kg
$S_{εργ.}$ (Μpa): 5,60	Άμμος λάτ.=	22,29 Kg
Συντελεστής w/z: 0,5398	Άμμος πότ.=	2,65 Kg
	Τσιμέντο=	8,87 Kg
	Νερό=	4,79 lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 1,9 cm	1 ^η δοκιμή
		118 %
		2 ^η δοκιμή
		119 %

Έλεγχος 4 ^{ης} παρτίδας					
$S_{εργ.} = 5,6 \text{ Mpa}$					
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m^3)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm^2)	Αντοχή σε θλίψη (Mpa)
X ₁	7,839	23,227	623,8	225	27,724
X ₂	7,845	23,244	621,8	225	27,636
X ₃	7,876	23,336	670,4	225	29,796
X ₄	7,822	23,176	697,8	225	31,013
X ₅	7,855	23,274	701,5	225	31,178
X ₆	7,897	23,399	642,9	225	28,573
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 29,320$					

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 29,320 \text{ Mpa και } s = 1,580 \text{ Mpa}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,58 = 27,53 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 27,636 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 5^η

$S_{εργ.} = 5,8 \text{ Mpa}$ (28 ημέρες):

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 5,8 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 5,8 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

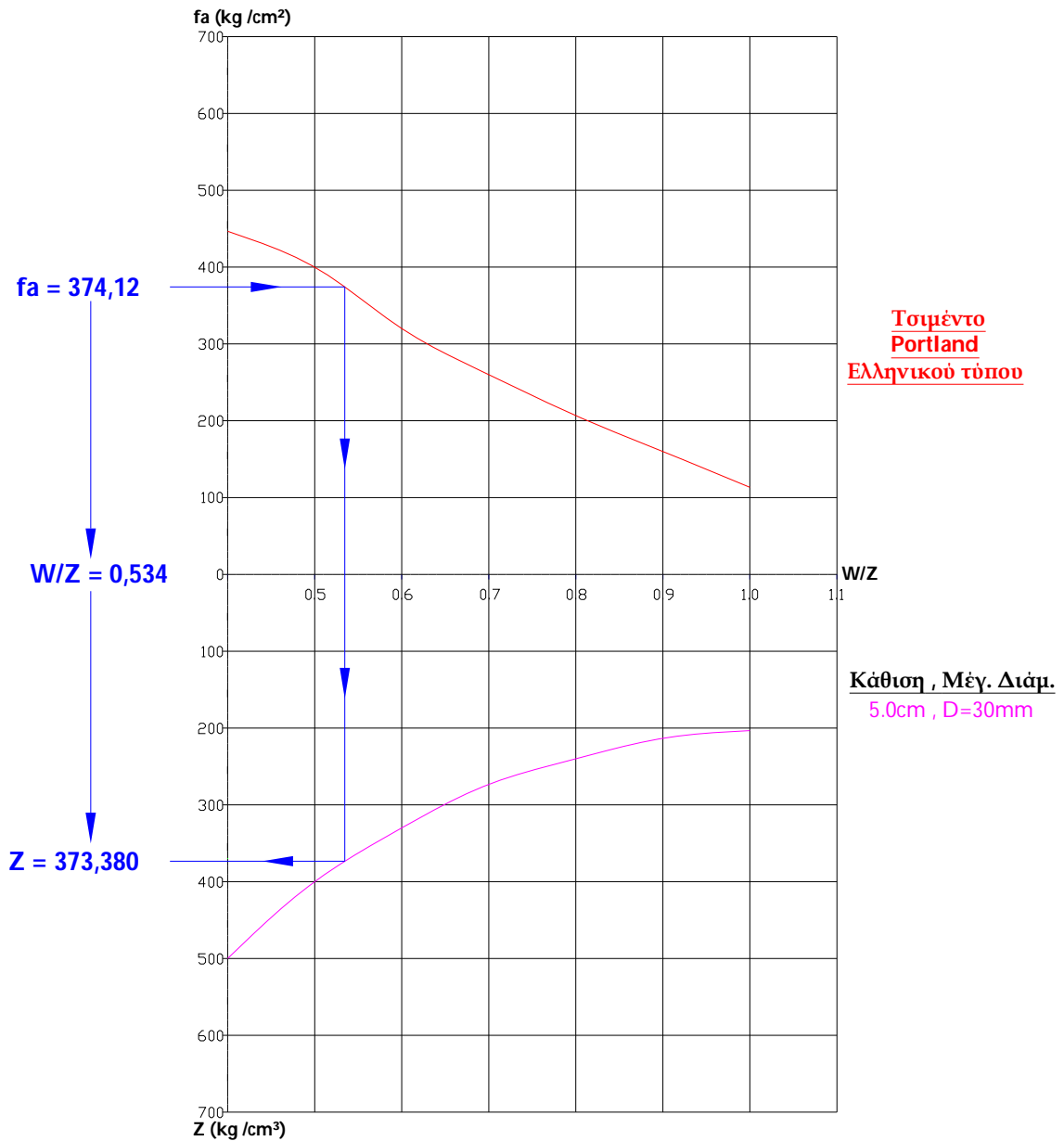
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 5,8 = 37,412 \text{ Mpa}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 37,412 \text{ Mpa}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,535 \rightarrow Z = 373,380 \text{ kg}$ και $W = 0,535 \cdot 373,380 = 199,609 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,609}{1,0} - \frac{373,380}{3,1} \right) = 1,836 \text{ tn} = 1836 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 5,8 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1836 kg**

Τσιμέντο: 373,380 kg

Νερό: 199,609 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

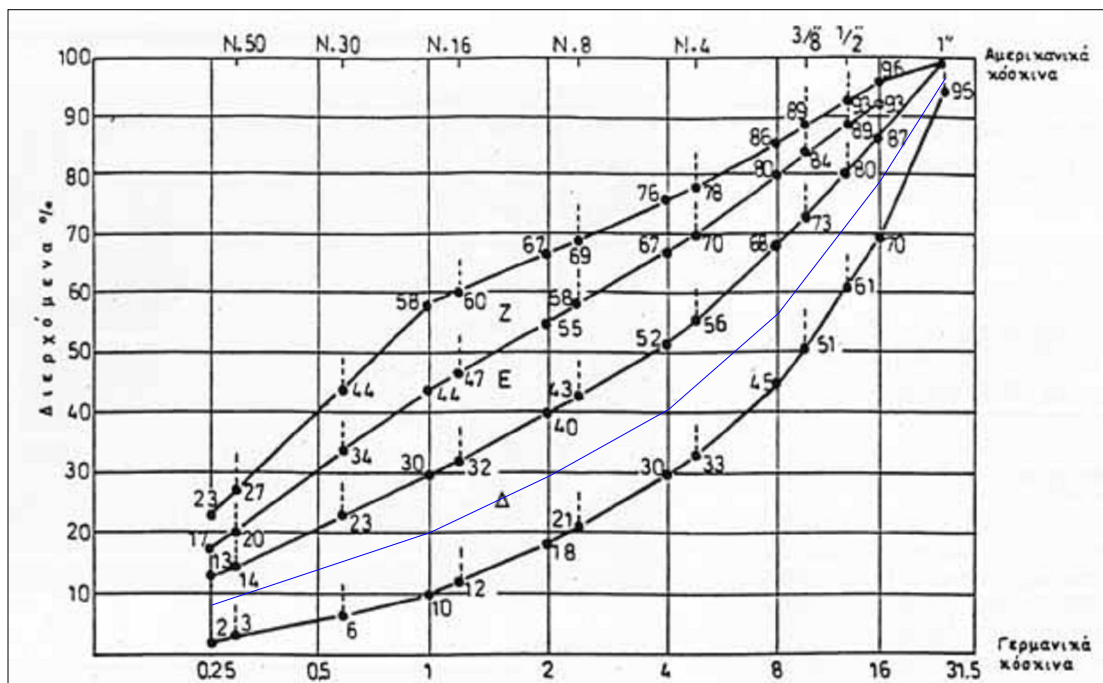
$$\text{Αδρανή: } \frac{1836}{1000} \times 4 = 7,343 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{373,380}{1000} \times 4 = 1,494 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,609}{1000} \times 4 = 0,798 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 5		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,343 kg			Ημερομηνία: 14/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,0	7,343	100
16	70-87	16	1,579	5,765	78,5
8	45-68	8	1,616	4,149	56,5
4	30-52	4	1,138	3,011	41
2	18-40	2	0,881	2,130	29
1	10-30	1	0,661	1,469	20
0,25	2-13	0,0025	0,918	0,551	7,5
				Παιπάλη:	0,551
				Ολικό βάρος:	7,343



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα:5^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 14/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Μpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 37,412$ Μpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή= 44,06 Kg	
	Σκύρα= 9,47 Kg	
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι= 9,69 Kg	
$S_{εργ.}$ (Μpa): 5,80	Άμμος λάτ.= 22,25 Kg	
Συντελεστής w/z: 0,535	Άμμος πότ.= 2,64 Kg	
	Τσιμέντο= 8,96 Kg	
	Νερό= 4,79 lit.	
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 1,1 cm	1 ^η δοκιμή
		2 ^η δοκιμή
		113,5 %
		114 %

Έλεγχος 5 ^{ης} παρτίδας					
S _{εργ.} = 5,80 Μpa					
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη (Μpa)
X ₁	7,853	23,268	735,3	225	32,680
X ₂	7,892	23,384	728,8	225	32,391
X ₃	7,854	23,271	573,6	225	25,493
X ₄	7,832	23,206	738,8	225	32,836
X ₅	7,866	23,307	662,9	225	29,462
X ₆	7,797	23,102	671,5	225	29,844
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 30,451$					

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 30,451 \text{ Μpa και } s = 2,841 \text{ Μpa}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 2,841 = 29,545 \text{ Μpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 25,493 \text{ Μpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Μpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Μpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 6^η

$S_{εργ.} = 6,0 \text{ Mpa (28 ημέρες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,0 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,0 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

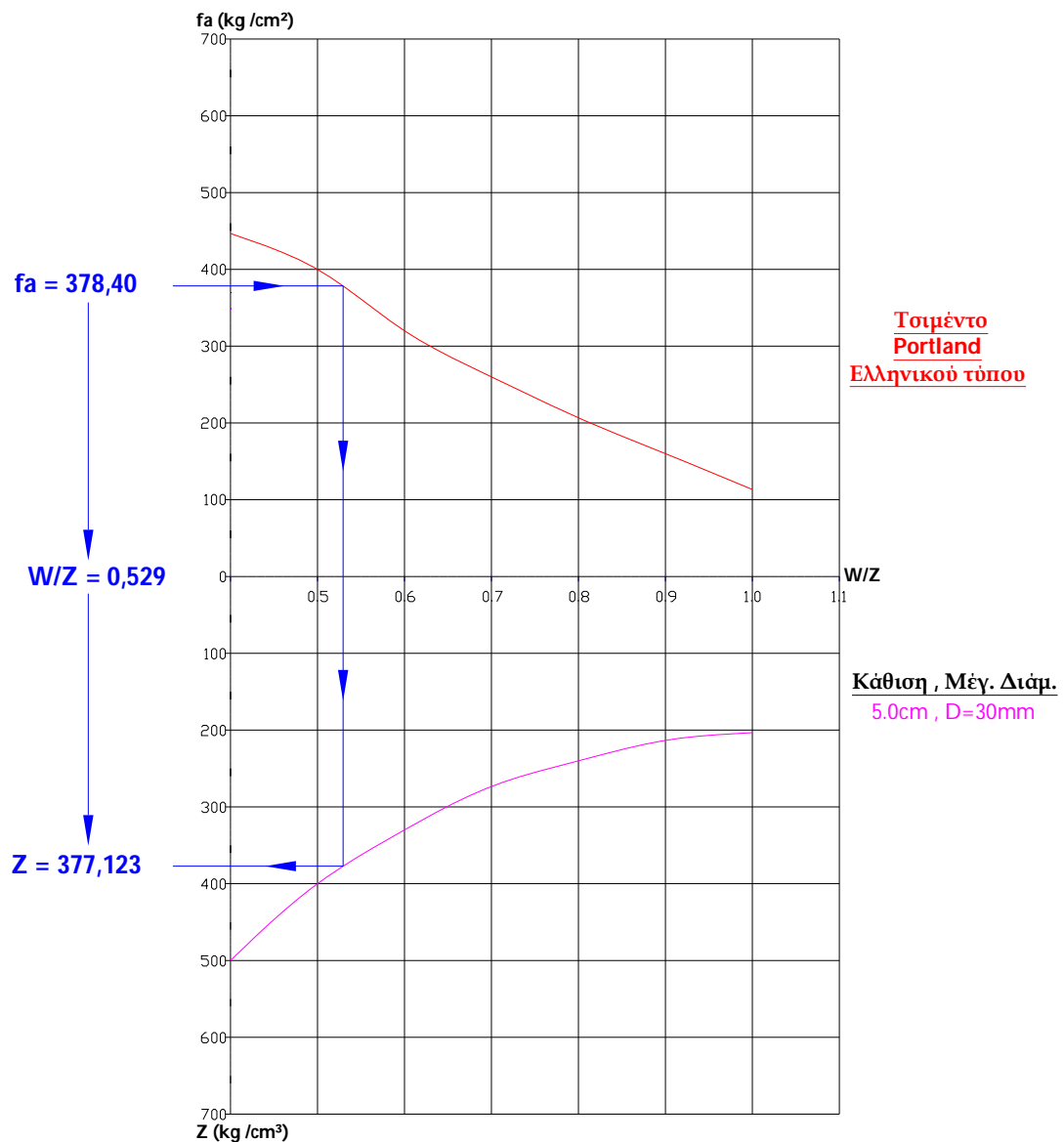
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,0 = \mathbf{37,840 \text{ Mpa}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 37,840 \text{ Mpa}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,529 \rightarrow Z = 377,123$ kg και $W = 0,529 \cdot 377,123 = 199,672$ kg

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,672}{1,0} - \frac{377,123}{3,1} \right) = 1,832 \text{ tn} = 1832 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,0 \text{ MPa}$ χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες:

Αδρανή: 1832 kg
Τσιμέντο: 377,123 kg
Νερό: 199,672 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

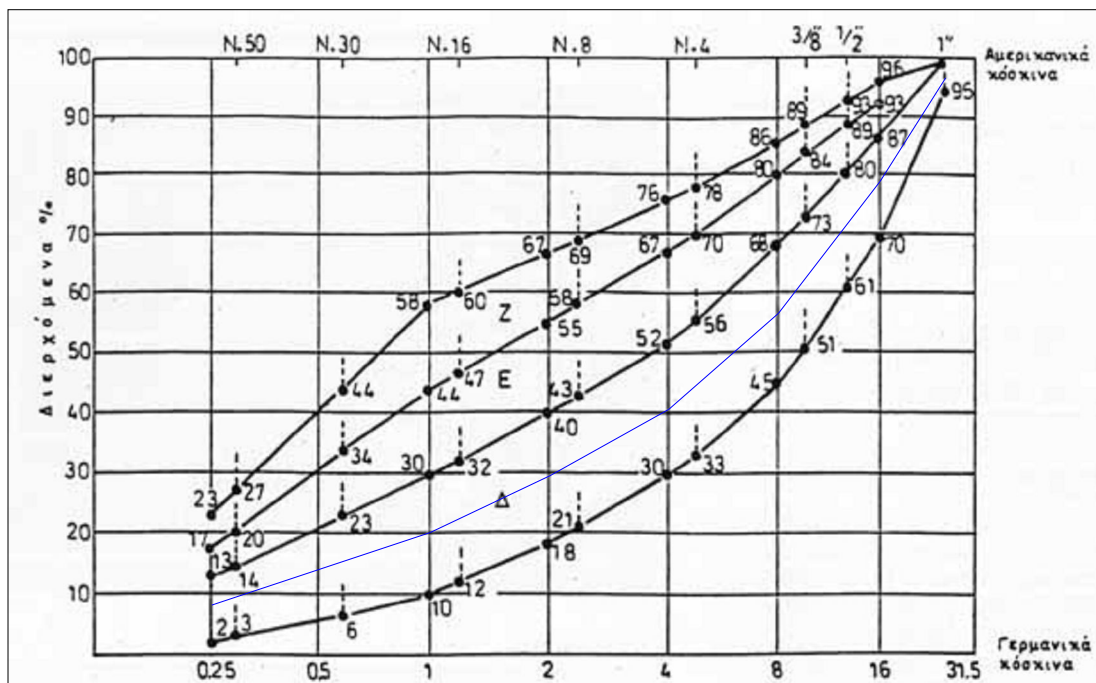
$$\text{Αδρανή: } \frac{1832}{1000} \times 4 = 7,330 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{377,123}{1000} \times 4 = 1,508 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,672}{1000} \times 4 = 0,799 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 6		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,330 kg			Ημερομηνία: 15/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,0	7,33	100
16	70-87	16	1,576	5,754	78,5
8	45-68	8	1,613	4,141	56,5
4	30-52	4	1,136	3,005	41
2	18-40	2	0,880	2,126	29
1	10-30	1	0,660	1,466	20
0,25	2-13	0,0025	0,916	0,550	7,5
				Παιπάλη:	0,550
				Ολικό βάρος:	7,330



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 6^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 15/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Mpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 37,840$ Mpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή= 43,98 Kg	
	Σκύρα= 9,46 Kg	
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι= 9,68 Kg	
$S_{εργ.}$ (Mpa): 6,0	Άμμος λάτ.= 22,21 Kg	
	Άμμος πότ.= 2,64 Kg	
Συντελεστής w/z: 0,529	Τσιμέντο= 9,05 Kg	
	Νερό= 4,79 lit.	
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 1,0 cm	1 ^η δοκιμή
		2 ^η δοκιμή
		113 %
		112 %

Έλεγχος 6 ^{ης} παρτίδας					
$S_{εργ.} = 6,0 \text{ Mpa}$					
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m^3)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm^2)	Αντοχή σε θλίψη (Mpa)
X ₁	7,847	23,250	716,2	225	31,831
X ₂	7,756	22,981	692,5	225	30,778
X ₃	7,854	23,271	668,6	225	29,716
X ₄	7,842	23,236	668,8	225	29,724
X ₅	7,732	22,910	606,5	225	26,956
X ₆	7,866	23,307	748,0	225	33,244
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 30,375$					

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 30,375 \text{ Mpa και } s = 2,148 \text{ Mpa}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 2,148 = 28,437 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 26,956 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 7^η

$S_{εργ.} = 6,2 \text{ Μρα (5 μήνες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,2 \text{ Μρα}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Μρα}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,2 Μρα

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

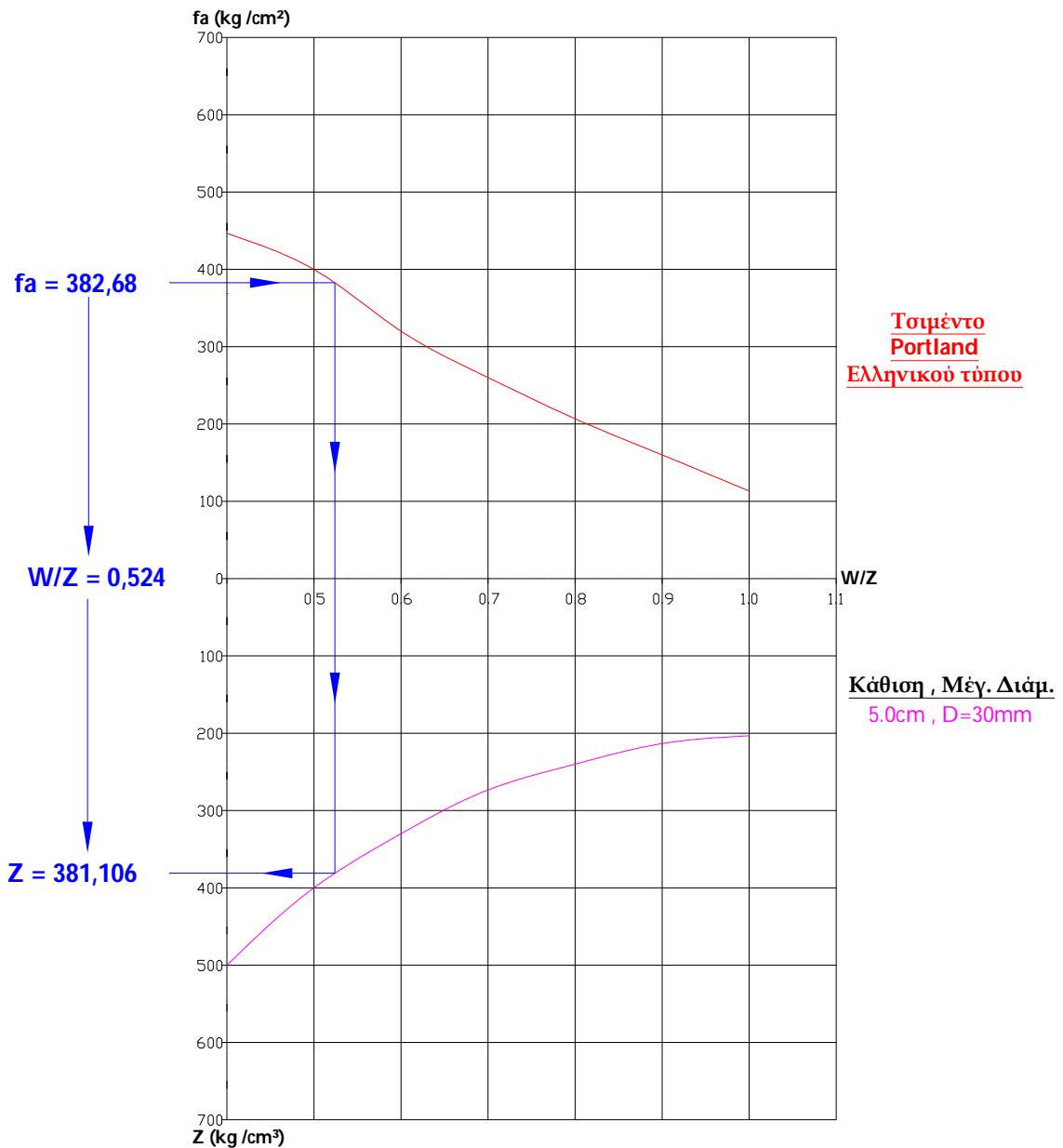
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,2 = \mathbf{38,268 \text{ Μρα}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = \mathbf{38,268 \text{ Μρα}}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,524 \rightarrow Z = 381,106 \text{ kg}$ και $W = 0,524 \cdot 381,106 = 199,722 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,722}{1,0} - \frac{381,106}{3,1} \right) = 1,829 \text{ tn} = 1829 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,2 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1829 kg**

Τσιμέντο: 381,106 kg

Νερό: 199,722 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

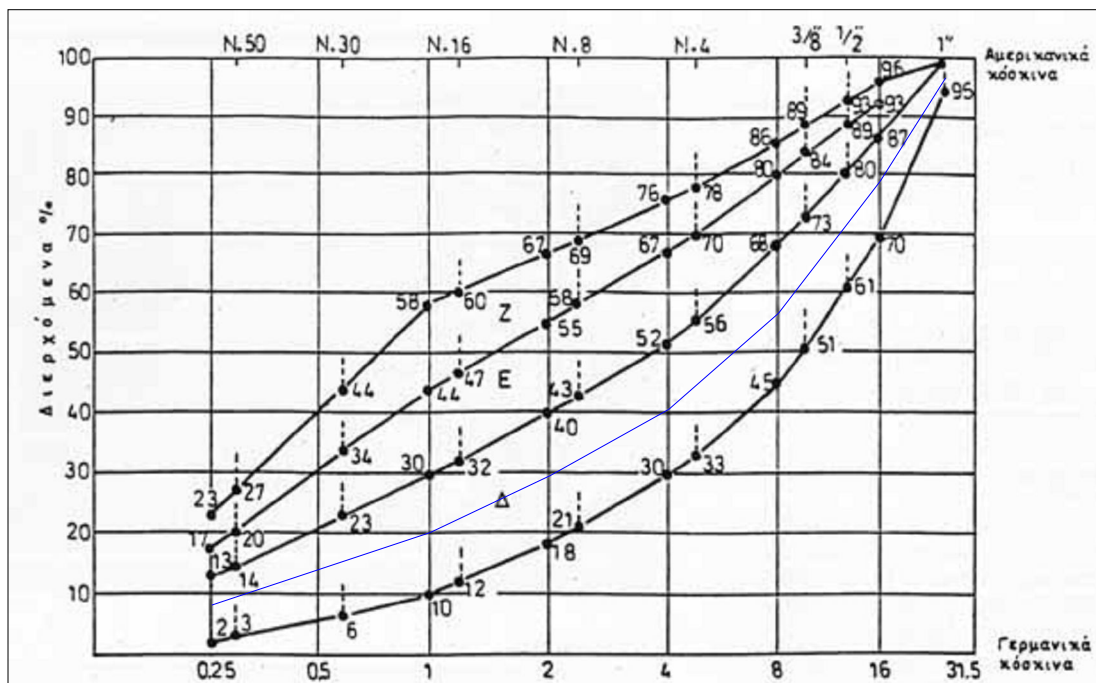
$$\text{Αδρανή: } \frac{1829}{1000} \times 4 = 7,315 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{381,106}{1000} \times 4 = 1,524 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,722}{1000} \times 4 = 0,799 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 7		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,315 kg			Ημερομηνία: 18/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,0	7,32	100
16	70-87	16	1,573	5,742	78,5
8	45-68	8	1,609	4,133	56,5
4	30-52	4	1,134	2,999	41
2	18-40	2	0,878	2,121	29
1	10-30	1	0,658	1,463	20
0,25	2-13	0,0025	0,914	0,549	7,5
				Παιπάλη:	0,549
				Ολικό βάρος:	7,315



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 7^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 18/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Μpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 38,268$ Μpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:	
	Αδρανή=	43,89 Kg
	Σκύρα=	9,44 Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,66 Kg
$S_{εργ.}$ (Μpa): 6,20	Άμμος λάτ.=	22,17 Kg
Συντελεστής w/z:	Άμμος πότ.=	2,63 Kg
0,524	Τσιμέντο=	9,15 Kg
	Νερό=	4,79 lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 0,7 cm	1 ^η δοκιμή
		106,5 %
		2 ^η δοκιμή
		107 %

Έλεγχος 7 ^{ης} παρτίδας						
S _{εργ.} = 6,20 Mpa						
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη 5 μήνες (Mpa)	Αντοχή σε θλίψη 28 ημέρες (Mpa)
X ₁	7,888	23,372	801,3	225	35,613	29,678
X ₂	7,937	23,517	895,1	225	39,782	33,152
X ₃	7,741	22,936	814,5	225	36,200	30,167
X ₄	7,991	23,677	820,2	225	36,453	30,378
X ₅	7,980	23,644	851,6	225	37,849	31,541
X ₆	7,734	22,916	784,2	225	34,853	29,044
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 36,792$						30,660

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 30,660 \text{ Mpa και } s = 1,475 \text{ Mpa} \rightarrow s = 1,5 \text{ Mpa (βάση κανονισμού)}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,50 = 27,400 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 29,044 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 8^η

$S_{εργ.} = 6,4 \text{ Mpa (5 μήνες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,4 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,4 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

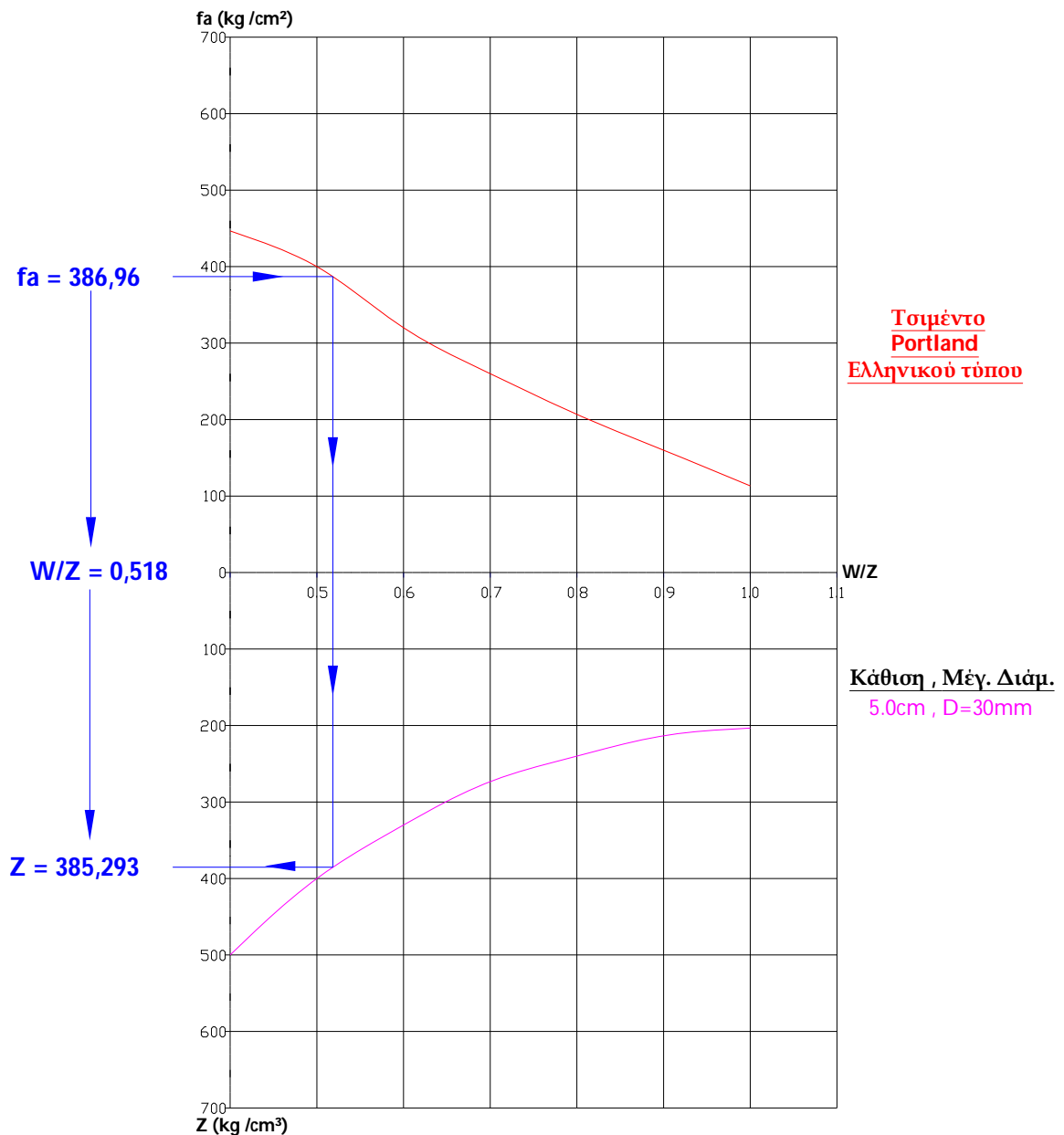
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,4 = \mathbf{38,696 \text{ Mpa}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 38,696 \text{ Mpa}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,518 \rightarrow Z = 385,293 \text{ kg}$ και $W = 0,518 \cdot 385,293 = 199,773 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,773}{1,0} - \frac{385,293}{3,1} \right) = 1,825 \text{ tn} = 1825 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,4 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1825 kg**

Τσιμέντο: 385,293 kg

Νερό: 199,773 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

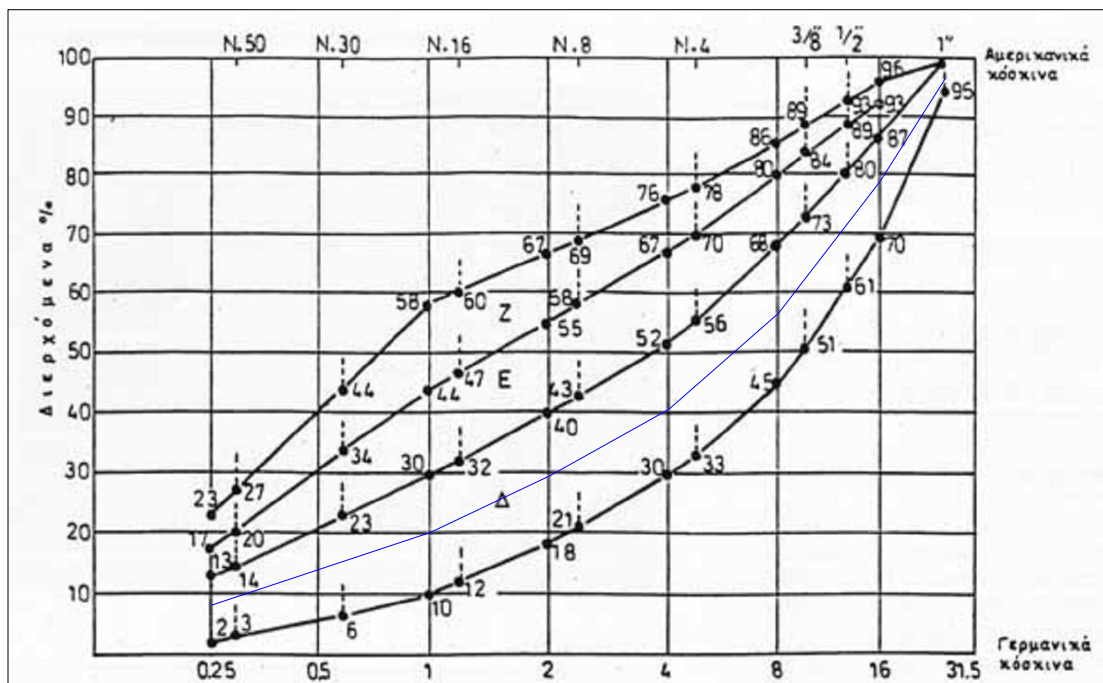
$$\text{Αδρανή: } \frac{1825}{1000} \times 4 = 7,300 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{385,293}{1000} \times 4 = 1,541 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,773}{1000} \times 4 = 0,799 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 8		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,300 kg			Ημερομηνία: 19/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,0	7,30	100
16	70-87	16	1,570	5,731	78,5
8	45-68	8	1,606	4,125	56,5
4	30-52	4	1,132	2,993	41
2	18-40	2	0,876	2,117	29
1	10-30	1	0,657	1,460	20
0,25	2-13	0,0025	0,913	0,548	7,5
				Παιπάλη:	0,548
				Ολικό βάρος:	7,300



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 8^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
Ημερομηνία: 19/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Mpa	
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 38,696$ Mpa	
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμα:	
	Αδρανή=	43,80 Kg
	Σκύρα=	9,42 Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,64 Kg
	Άμμος λάτ.=	22,12 Kg
$S_{εργ.}$ (Mpa): 6,4	Άμμος πόντ.=	2,63 Kg
Συντελεστής w/z: 0,518	Τσιμέντο=	9,25 Kg
	Νερό=	4,79 lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ	ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 1,1 cm	1 ^η δοκιμή
		109 %
		2 ^η δοκιμή
		109,5 %

Έλεγχος 8 ^{ης} παρτίδας						
S _{εργ.} = 6,40 Mpa						
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη 5 μήνες (Mpa)	Αντοχή σε θλίψη 28 ημέρες (Mpa)
X ₁	7,980	23,644	974,3	225	43,302	36,085
X ₂	7,937	23,517	939,1	225	41,738	34,781
X ₃	8,040	23,822	920,4	225	40,907	34,089
X ₄	7,946	23,544	905,1	225	40,227	33,522
X ₅	7,980	23,644	850,1	225	37,782	31,485
X ₆	8,075	23,926	953,4	225	42,373	35,311
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 41,055$						34,212

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 34,212 \text{ Mpa και } s = 1,610 \text{ Mpa}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,610 = 27,577 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 31,485 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 9^η

$S_{εργ.} = 6,6 \text{ Mpa (5 μήνες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,6 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,6 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

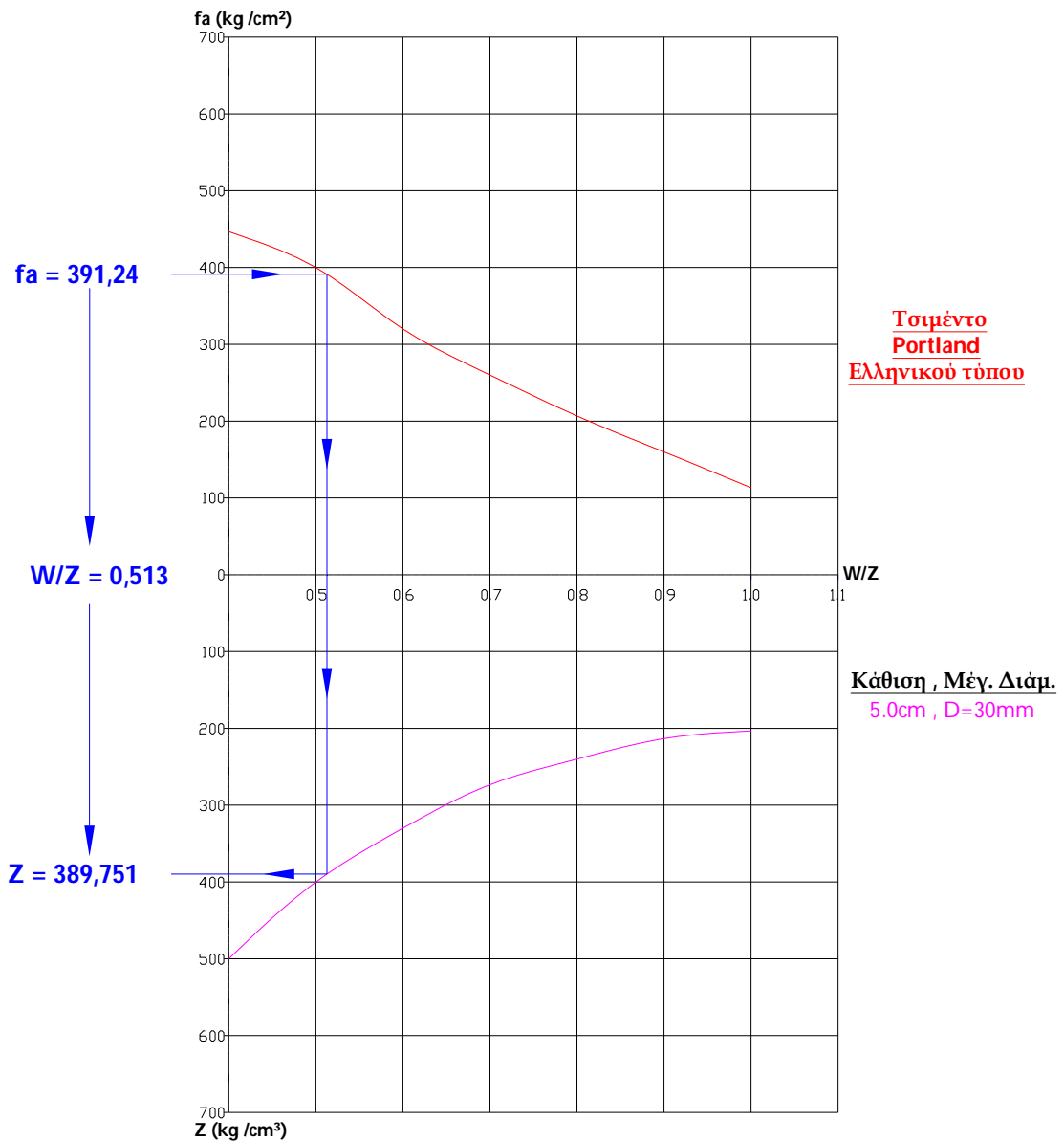
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,6 = 39,124 \text{ Mpa}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 39,124 \text{ Mpa}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,513 \rightarrow Z = 389,751 \text{ kg}$ και $W = 0,513 \cdot 389,751 = 199,825 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,825}{1,0} - \frac{389,751}{3,1} \right) = 1,821 \text{ tn} = 1821 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,6 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1821 kg**

Τσιμέντο: 389,751 kg

Νερό: 199,825 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

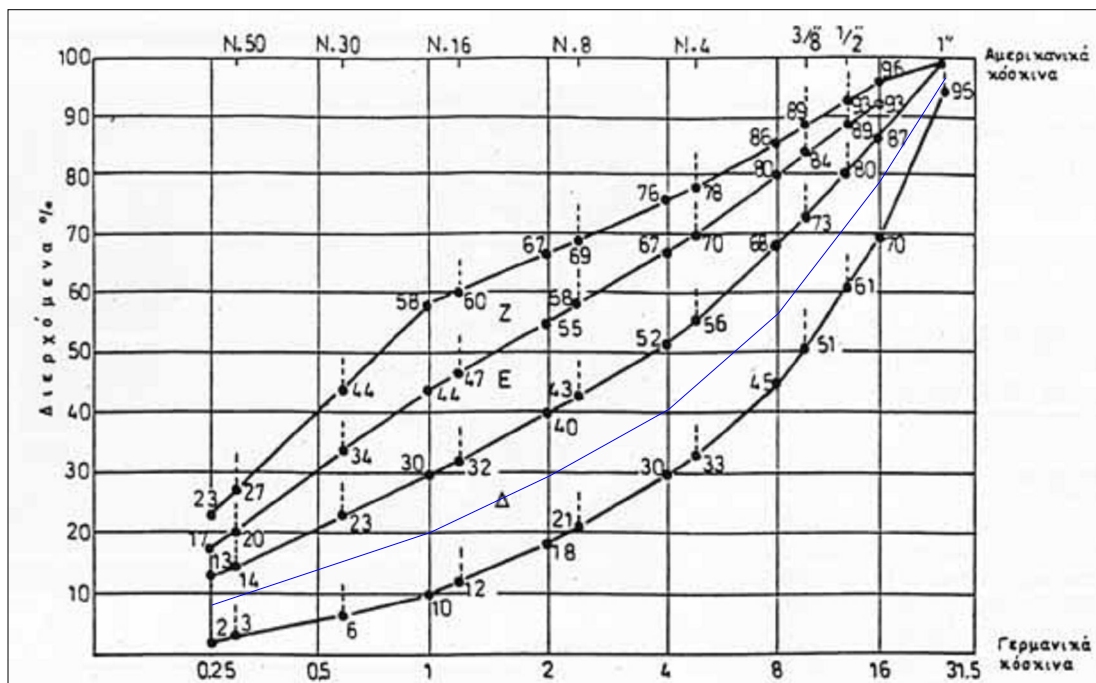
$$\text{Αδρανή: } \frac{1821}{1000} \times 4 = 7,284 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{389,751}{1000} \times 4 = 1,559 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,825}{1000} \times 4 = 0,799 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 9		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,284 kg			Ημερομηνία: 21/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,28	100
16	70-87	16	1,566	5,718	78,5
8	45-68	8	1,602	4,115	56,5
4	30-52	4	1,129	2,986	41
2	18-40	2	0,874	2,112	29
1	10-30	1	0,656	1,457	20
0,25	2-13	0,0025	0,911	0,546	7,5
				Παιπάλη:	0,546
				Ολικό βάρος:	7,284



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 9^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ		
Ημερομηνία: 21/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Mpa		
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 39,124$ Mpa		
	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:		
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αδρανή=	43,70	Kg
	Σκύρα=	9,40	Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,61	Kg
	Άμμος λάτ.=	22,07	Kg
$S_{εργ.}$ (Mpa): 6,6	Άμμος πότ.=	2,62	Kg
Συντελεστής w/z: 0,513	Τσιμέντο=	9,35	Kg
	Νερό=	4,80	lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ		ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 1,0 cm	1 ^η δοκιμή	2 ^η δοκιμή
		108 %	108 %

Έλεγχος 9 ^{ης} παρτίδας						
S _{εργ.} = 6,60 Mpa						
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη 5 μήνες (Mpa)	Αντοχή σε θλίψη 28 ημέρες (Mpa)
X ₁	7,852	23,265	818,2	225	36,364	30,340
X ₂	7,896	23,396	845,3	225	37,569	31,307
X ₃	7,986	23,662	821,2	225	36,498	30,415
X ₄	7,774	23,034	811,6	225	36,071	30,059
X ₅	7,836	23,218	830,4	225	36,907	30,756
X ₆	7,989	23,671	835,6	225	37,138	30,948
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 36,758$						30,631

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 30,631 \text{ Mpa και } s = 0,459 \text{ Mpa} \rightarrow s = 1,5 \text{ Mpa (βάση κανονισμού)}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,5 = 27,40 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 30,059 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 10^η

$S_{εργ.} = 6,8 \text{ Mpa (5 μήνες):}$

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,8 \text{ Mpa}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,8 Mpa

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)

$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3$ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και

$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3$ (ειδικό βάρος του νερού)

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \quad (\text{σχ. 1})$$

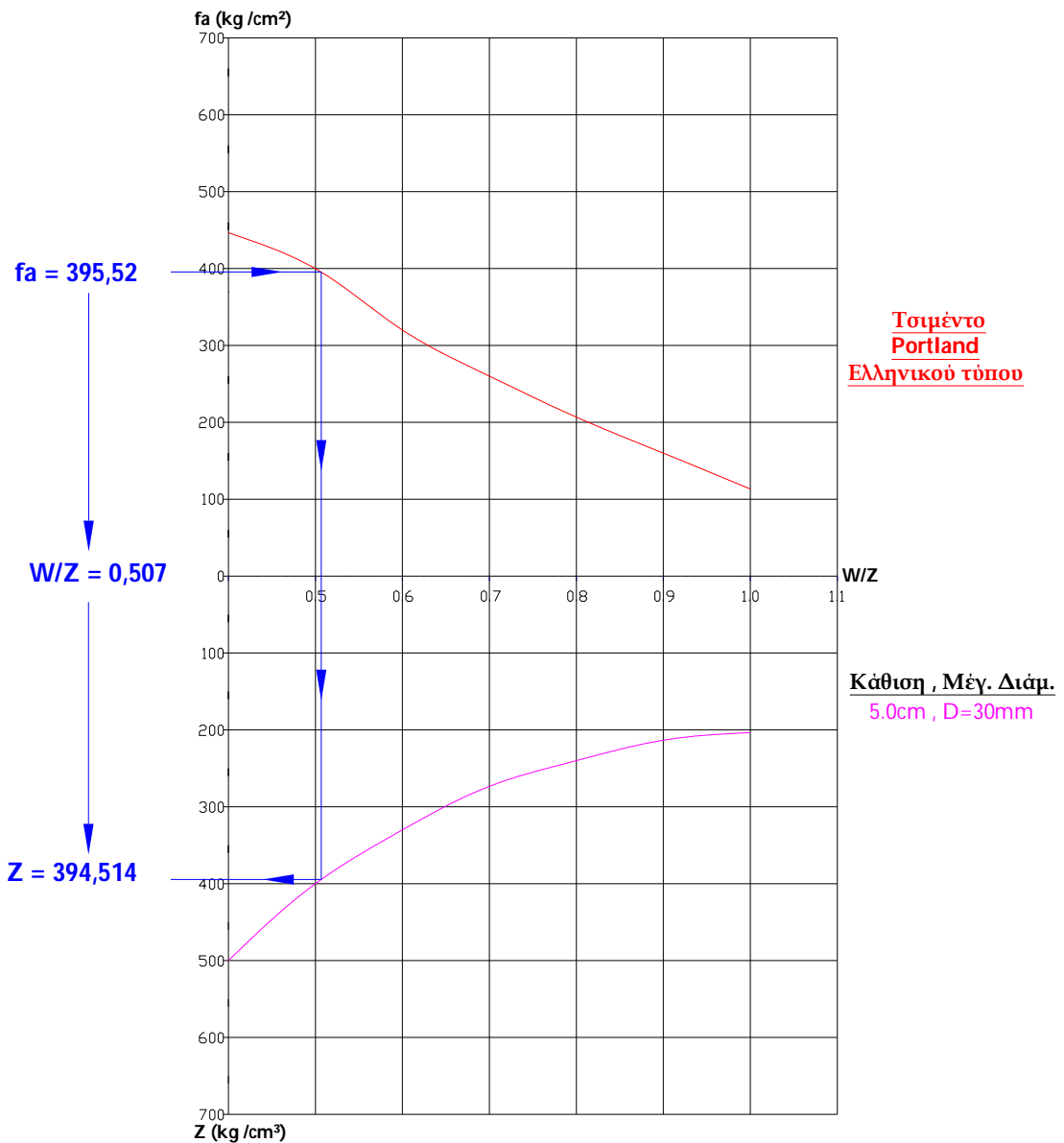
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,8 = 39,552 \text{ Mpa}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = 39,552 \text{ Mpa}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,507 \rightarrow Z = 394,514 \text{ kg}$ και $W = 0,507 \cdot 394,514 = 199,900 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,900}{1,0} - \frac{394,514}{3,1} \right) = 1,817 \text{ tn} = 1817 \text{ Kg}$$

Επομένως για **1 m³** έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,8 \text{ Μρα}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1817 kg**

Τσιμέντο: 394,514 kg

Νερό: 199,900 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

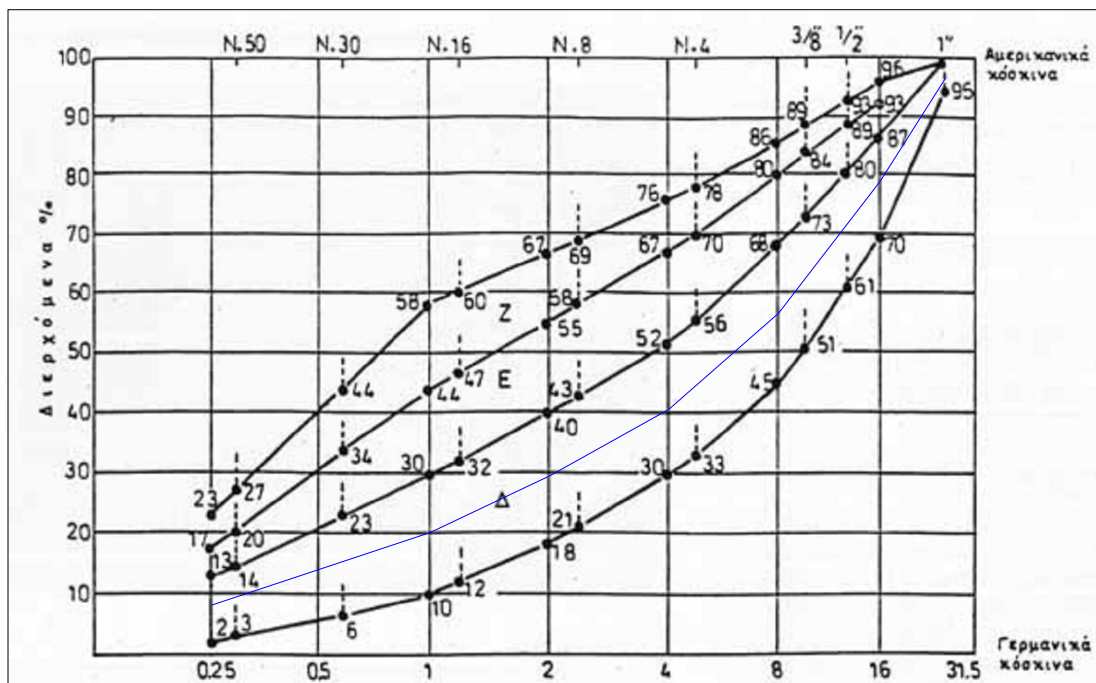
$$\text{Αδρανή: } \frac{1817}{1000} \times 4 = 7,267 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{394,514}{1000} \times 4 = 1,578 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,900}{1000} \times 4 = 0,800 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 10		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,267 kg			Ημερομηνία: 22/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,27	100
16	70-87	16	1,562	5,704	78,5
8	45-68	8	1,599	4,106	56,5
4	30-52	4	1,126	2,979	41
2	18-40	2	0,872	2,107	29
1	10-30	1	0,654	1,453	20
0,25	2-13	0,0025	0,908	0,545	7,5
				Παιπάλη:	0,545
				Ολικό βάρος:	7,267



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

Παρτίδα: 10^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ		
Ημερομηνία:	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Μpa		
22/5/2006	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 39,552$ Μpa		
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:		
	Αδρανή=	43,60	Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Σκύρα=	9,37	Kg
	Γαρμπίλι=	9,59	Kg
	Άμμος λάτ.=	22,02	Kg
$S_{εργ.}$ (Μpa): 6,8	Άμμος πότ.=	2,62	Kg
Συντελεστής w/z:	Τσιμέντο=	9,47	Kg
0,507	Νερό=	4,80	lit.
	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ		ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 0,7 cm	1 ^η δοκιμή	2 ^η δοκιμή
		106,5 %	107 %

Έλεγχος 10 ^{ης} παρτίδας						
S _{εργ.} = 6,80 Mpa						
a/a	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη 5 μήνες (Mpa)	Αντοχή σε θλίψη 28 ημέρες (Mpa)
X ₁	8,072	23,917	844,2	225	37,520	31,267
X ₂	7,960	23,585	865,4	225	38,462	32,052
X ₃	8,080	23,941	859,6	225	38,204	31,837
X ₄	8,113	24,039	847,6	225	37,671	31,393
X ₅	8,060	23,881	870,9	225	38,707	32,256
X ₆	8,130	24,089	841,8	225	37,413	31,178
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 37,996$						31,664

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 31,664 \text{ Mpa και } s = 0,447 \text{ Mpa} \rightarrow s = 1,5 \text{ Mpa (βάση κανονισμού)}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,5 = 27,40 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 31,178 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

Παρτίδα 11^η

$$\underline{S_{εργ.} = 6,8 \text{ Μρα (5 μήνες)}}$$

Χρήση υπερρευστοποιητή:

Θα υπολογιστούν οι ποσότητες των υλικών που χρειάζονται για την παρασκευή σκυροδέματος, έξι (6) κυβικών δοκιμών, διαστάσεων $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$, κατηγορίας C 20/25, και $S_{εργ.} = 6,8 \text{ Μρα}$

Χαρακτηριστική τιμή: $f_{ck} = 25 \text{ Μρα}$

Κάθιση: 5,0 cm

Μέγιστος κόκκος: 30 mm

$S_{εργοταξίου}$: 6,8 Μρα

Τσιμέντο Portland ελληνικού τύπου.

Για το τσιμέντο ελληνικού τύπου και τα συνηθισμένα ασβεστολιθικά αδρανή της χώρας μας οι μέσες τιμές των ειδικών βαρών είναι:

$$\gamma_Z = 3,1 \text{ gr/cm}^3 \text{ (ειδικό βάρος του τσιμέντου)}$$

$$\gamma_A = 2,7 \text{ gr/cm}^3 \text{ (φαινόμενο ειδικό βάρος των κόκκων των αδρανών) και}$$

$$\gamma_W = 1,0 \text{ gr/cm}^3 \text{ (ειδικό βάρος του νερού)}$$

Το άθροισμα των απόλυτων (πραγματικών) όγκων των υλικών πρέπει να δίνει 1 m^3 :

$$\frac{Z}{\gamma_Z} + \frac{W}{\gamma_W} + \frac{A}{\gamma_A} = 1 \text{ m}^3$$

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών για 1 m^3 :

$$A = \gamma_A \times \left(1,0 - \frac{W}{\gamma_W} - \frac{Z}{\gamma_Z} \right) \text{ (σχ. 1)}$$

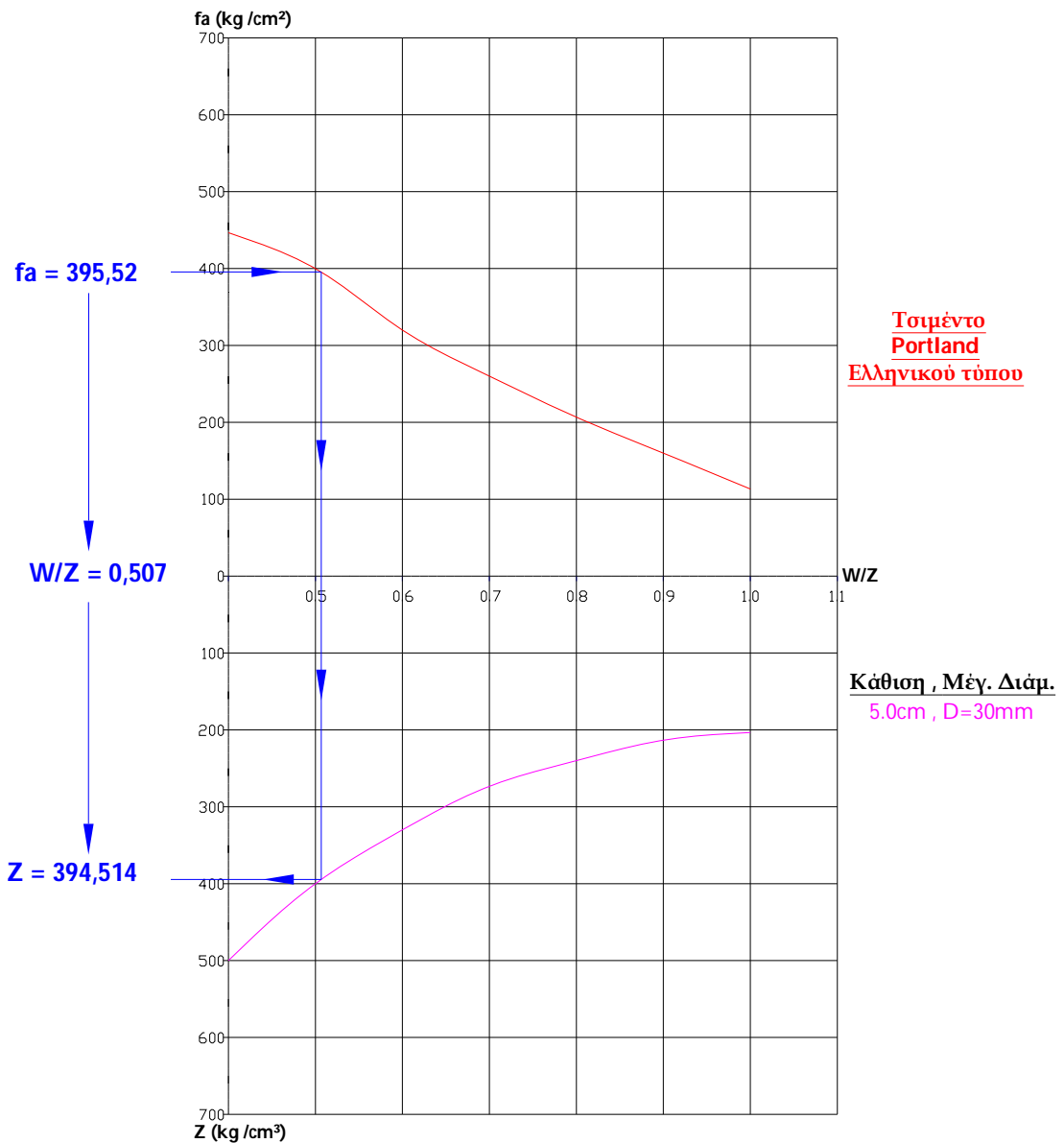
Υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής:

$$f_a = f_{ck} + 2,14 \cdot S_{εργ.} = 25 + 2,14 \cdot 6,8 = \mathbf{39,552 \text{ Μρα}}$$

Από το διάγραμμα αναλογιών νερού-τσιμέντου, για απαιτούμενη αντοχή

$f_a = \mathbf{39,552 \text{ Μρα}}$, βρίσκεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z) καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου (z) και νερού (w).

Διάγραμμα αναλογιών νερού - τσιμέντου



Επομένως: $\frac{W}{Z} = 0,507 \rightarrow Z = 394,514 \text{ kg}$ και $W = 0,507 \cdot 394,514 = 199,900 \text{ kg}$

Από την σχ.1 βρίσκω την ποσότητα των αδρανών:

$$A = 2,7 \times \left(1,0 - \frac{199,900}{1,0} - \frac{394,514}{3,1} \right) = 1,817 \text{ tn} = 1817 \text{ Kg}$$

Επομένως για 1 m^3 έτοιμου σκυροδέματος κατηγορίας C 20/25 και $S_{εργ.} = 6,8 \text{ MPa}$

χρειάζονται οι παρακάτω ποσότητες: **Αδρανή: 1817 kg**

Τσιμέντο: 394,514 kg

Νερό: 199,900 lit.

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος του κυβικού δοκιμίου, ακμής 15 cm:

$$V_{\text{κυβ.δοκ.}} = 15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 \rightarrow 4000 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ dm}^3$$

Γνωρίζοντας τις ποσότητες που απαιτούνται για ένα κυβικό μέτρο (1 m³) βρίσκω αυτές που χρειάζονται για ένα κυβικό δοκίμιο:

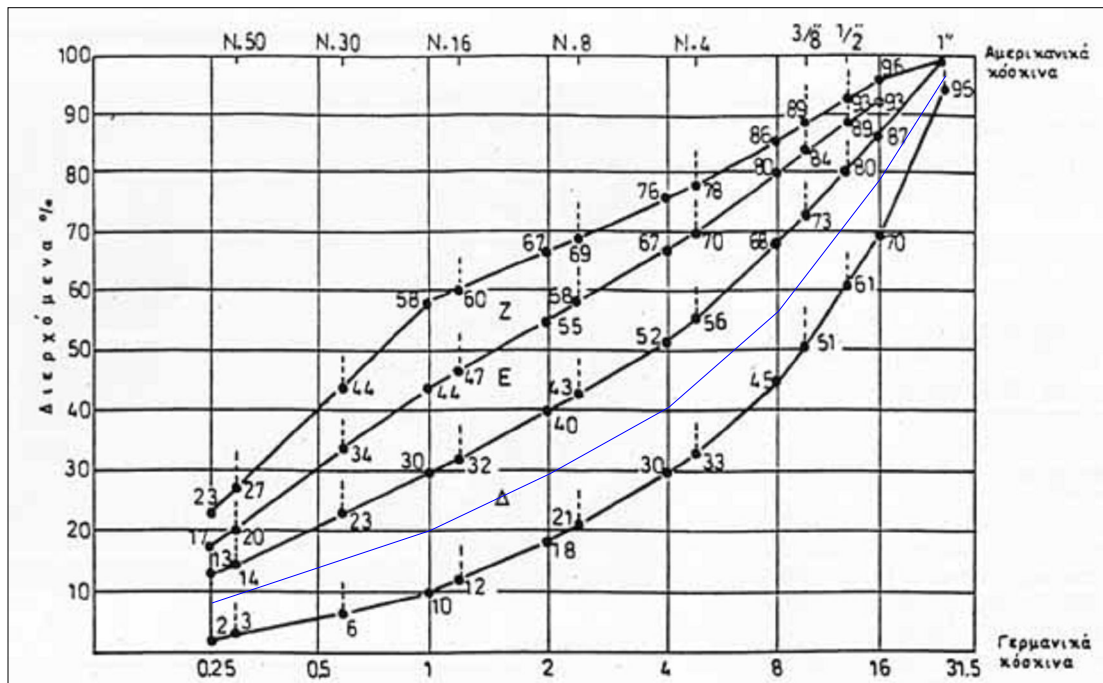
$$\text{Αδρανή: } \frac{1817}{1000} \times 4 = 7,267 \text{ kg}$$

$$\text{Τσιμέντο: } \frac{394,514}{1000} \times 4 = 1,578 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό: } \frac{199,900}{1000} \times 4 = 0,800 \text{ lit.}$$

Μετά την εύρεση της συνολικής ποσότητας των αδρανών απομένει, για δεδομένη καμπύλη κοκκομετρικής διαβαθμίσεως, η κατανομή της ποσότητας στις επιμέρους ποσότητες της καμπύλης.

ΔΕΛΤΙΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ					
Προέλευση:			Αριθμός παρτίδας: 11		
Βάρος ολικού δείγματος: 7,267 kg			Ημερομηνία: 26/5/2006		
Όνομασία κοσκίνου	Όρια προδιαγραφής %	Άνοιγμα κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος (Kg)	Διερχόμενο βάρος	
				Kg	%
31,5	100	31,5	0,00	7,27	100
16	70-87	16	1,562	5,704	78,5
8	45-68	8	1,599	4,106	56,5
4	30-52	4	1,126	2,979	41
2	18-40	2	0,872	2,107	29
1	10-30	1	0,654	1,453	20
0,25	2-13	0,0025	0,908	0,545	7,5
				Παιπάλη:	0,545
				Ολικό βάρος:	7,267



Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm.

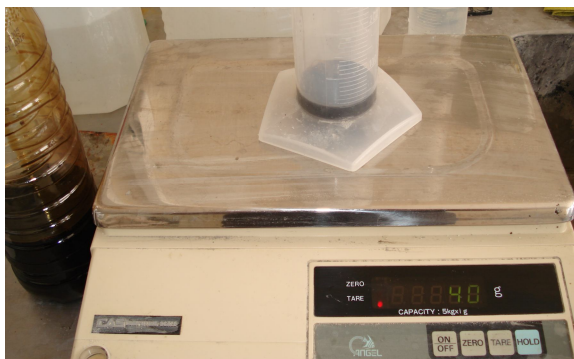
Στην συγκεκριμένη παρτίδα όπως έχει αναφερθεί, έγινε χρήση υπερρυστοποιητή μακράς εργασιμότητας (Sicament 330) της εταιρείας Sika.

Η ποσότητα του υπερρυστοποιητή, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρίας, πρέπει να ανέρχεται σε 0,5-1,5 % κατά βάρος τσιμέντου.

Στην 11^η παρτίδα θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 9,47 kg τσιμέντου.

Επομένως η απαιτούμενη ποσότητα υπερρυστοποιητή (0,85 % κ.β. τσιμέντου) είναι: $9,47 \times 0,0085 = 80$ gr.

Σύμφωνα με την εταιρία, το Sicament 330 μπορεί να αναμειχθεί με το νερό ανάμιξης, πριν την προσθήκη του νερού στα αδρανή ενώ ο συνιστώμενος χρόνος ανάδευσης είναι 1 min/m³ σκυροδέματος.



Ζύγιση ποσότητας υπερρυστοποιητή για 3 δοκίμια & ανάμιξη του με το νερό.

Παρτίδα:11 ^η	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ		
Ημερομηνία: 26/5/2006	Χαρακτηριστική τιμή σκυρ. $f_{ck} = 25$ Mpa		
	Απαιτούμενη αντοχή σκυρ. $f_a = 39,552$ Mpa		
Τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου	Αναλογίες υλικών για 6 κυβικά δοκίμια:		
	Αδρανή=	43,60	Kg
	Σκύρα=	9,37	Kg
Ποιότητα σκυροδέματος: C20/25	Γαρμπίλι=	9,59	Kg
	Άμμος λάτ.=	22,02	Kg
$S_{εργ.}$ (Mpa): 6,8	Άμμος πότ.=	2,62	Kg
Συντελεστής w/z: 0,507	Τσιμέντο=	9,47	Kg
	Νερό=	4,80	lit.
Υπερρευστοποιητής: 80 gr.	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣ		ΔΟΚΙΜΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ
	Κάθιση: 6,8 cm		1 ^η δοκιμή
			2 ^η δοκιμή
		125,5 %	126 %



Κάθιση 10^{ης} και 11^{ης} παρτίδας πριν & μετά την χρήση υπερρευστοποιητή.

Έλεγχος 11 ^{ης} παρτίδας						
S _{εργ.} = 6,80 Mpa						
α/α	Βάρος δοκιμίων (Kg)	Ειδικό βάρος σκυροδέματος (kN/m ³)	Ένδειξη πρέσας (kN)	Διατομή δοκιμίου (cm ²)	Αντοχή σε θλίψη 5 μήνες (Mpa)	Αντοχή σε θλίψη 28 ημέρες (Mpa)
X ₁	7,978	23,639	868,8	225	38,613	32,178
X ₂	7,998	23,698	837,4	225	37,218	31,015
X ₃	7,963	23,594	861,7	225	38,298	31,915
X ₄	7,966	23,603	879,5	225	39,089	32,574
X ₅	8,043	23,831	884,6	225	39,316	32,763
X ₆	7,957	23,576	863,8	225	38,391	31,993
Μέσος όρος αντοχής $\bar{X}_6 = 38,487$						32,073

Κριτήριο Α (Εργοστασιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

1^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$\bar{X}_6 = 32,073 \text{ Mpa και } s = 0,615 \text{ Mpa} \rightarrow s = 1,5 \text{ Mpa (βάση κανονισμού)}$$

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot s = 25 + 1,60 \cdot 1,5 = 27,40 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

2^{ος} κανόνας αποδοχής:

$$X_i^{\min} = 31,015 \text{ Mpa}$$

$$X_i^{\min} \geq f_{ck} - 2 \text{ Mpa} = 25 - 2 = 23,00 \text{ Mpa}$$

Επομένως ο 2^{ος} κανόνας αποδοχής ισχύει.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τον παρακάτω πίνακα 10.1 και τα γραφήματα που ακολουθούν, θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε τις μεταβολές που προκύπτουν με κύρια μεταβλητή τις εργοταξιακές συνθήκες, στην παραγωγή, σύνθεση καθώς και στην τελική αντοχή του παραγόμενου σκυροδέματος.

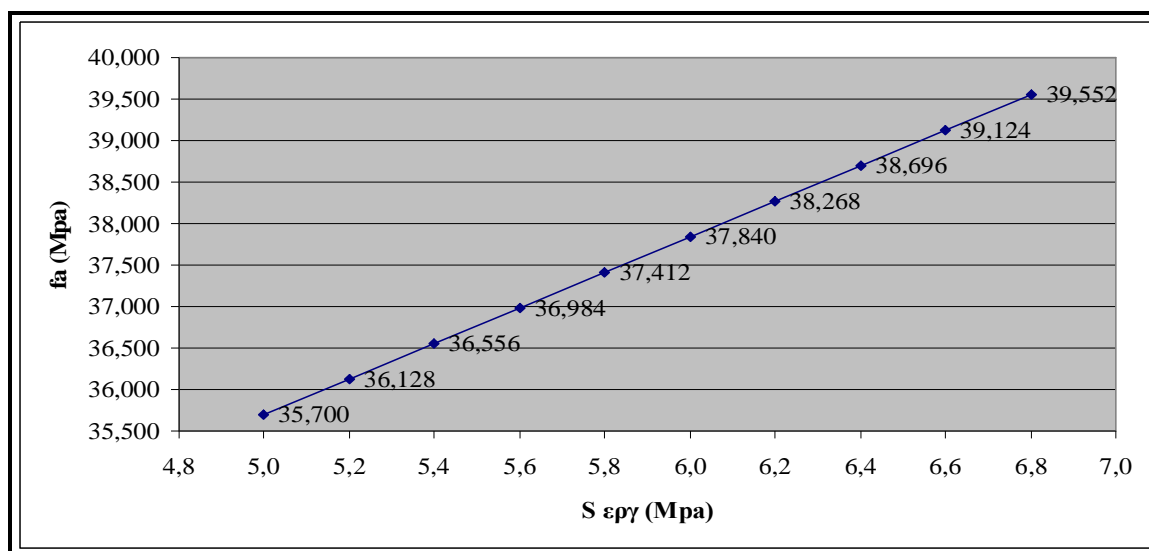
Αριθμός Παρτίδας	S _{εργ.} (Mpa)	f _a (Mpa)	W/Z	A (kg)	Z (kg)	W (lit)	Κάθιση (cm)	Εξάπλωση %	X ₆ ^{**} (Mpa)
1	5,0	35,700	0,556	1850	358,722	199,270	3,6	122,0	27,732
2	5,2	36,128	0,550	1846	362,402	199,403	1,7	116,0	25,875
3	5,4	36,556	0,545	1843	366,020	199,481	2,0	129,0	28,068
4	5,6	36,984	0,540	1839	369,700	199,564	1,9	118,5	29,320
5	5,8	37,412	0,535	1836	373,380	199,609	1,1	113,0	30,451
6	6,0	37,840	0,530	1832	377,123	199,672	1,0	112,5	30,375
7	6,2	38,268	0,524	1829	381,106	199,722	0,7	106,5	30,660
8	6,4	38,696	0,518	1825	385,293	199,773	1,1	109,0	34,213
9	6,6	39,124	0,513	1821	389,751	199,825	1,0	108,0	30,632
10	6,8	39,552	0,507	1817	394,514	199,900	0,7	106,5	31,663
11*	6,8	39,552	0,507	1817	394,514	199,900	6,8	126,0	32,073

Πίνακας 10.1 Συγκεντρωτική απεικόνιση αποτελεσμάτων

*Η 11^η παρτίδα έχει παρασκευασθεί με τα ίδια χαρακτηριστικά με την 10^η παρτίδα, αλλά με μόνη διαφορά την προσθήκη πρόσθετου υλικού και συγκεκριμένα υπερρυστοποιητή.

**Έχει γίνει αναγωγή των μέσων όρων αντοχής της 7^{ης}, 8^{ης}, 9^{ης}, 10^{ης} & 11^{ης} παρτίδας, από τους 5 μήνες στις 28 ημέρες.

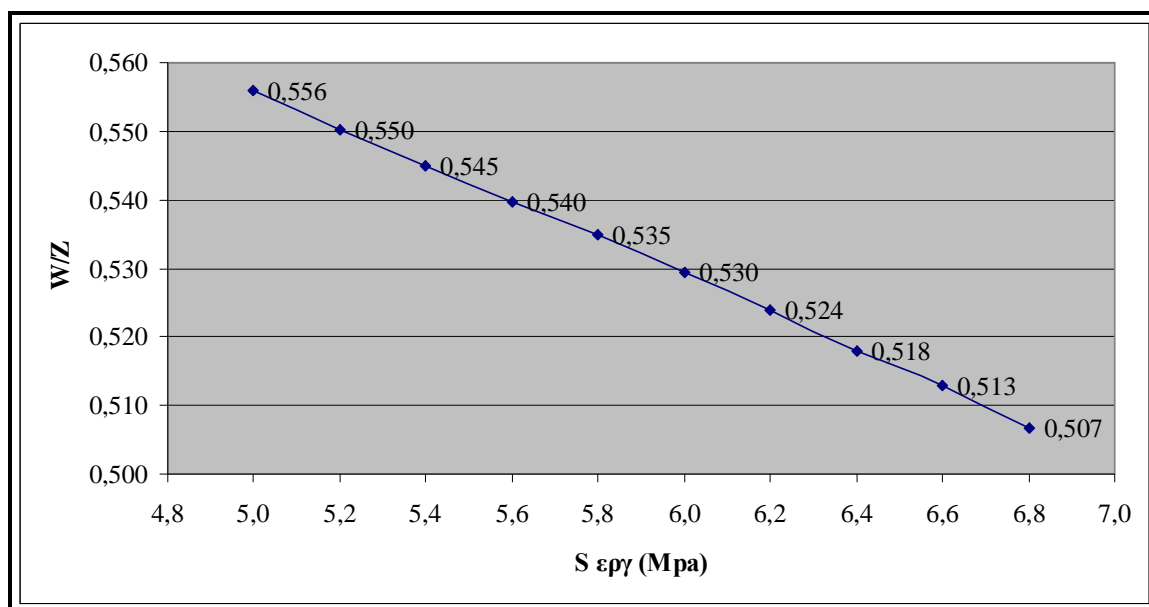
Το γράφημα 10.1 παρουσιάζει τις μεταβολές που προκύπτουν στην απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος (f_a), για διάφορες εργοταξιακές συνθήκες στην παραγωγή και σύνθεση αυτού (S_{εργ.}).



Γράφημα 10.1 Μεταβολές απαιτούμενης αντοχής f_a (Mpa) σε σχέση με S_{εργ.}

Γίνεται αντιληπτό ότι όσο αυξάνεται η τιμή που εκφράζει τις συνθήκες παραγωγής και σύνθεσης του σκυροδέματος στο εργοτάξιο ($S_{εργ.}$), ανάλογα αυξάνεται και η απαίτηση για σκυρόδεμα μεγαλύτερων αντοχών (f_a).

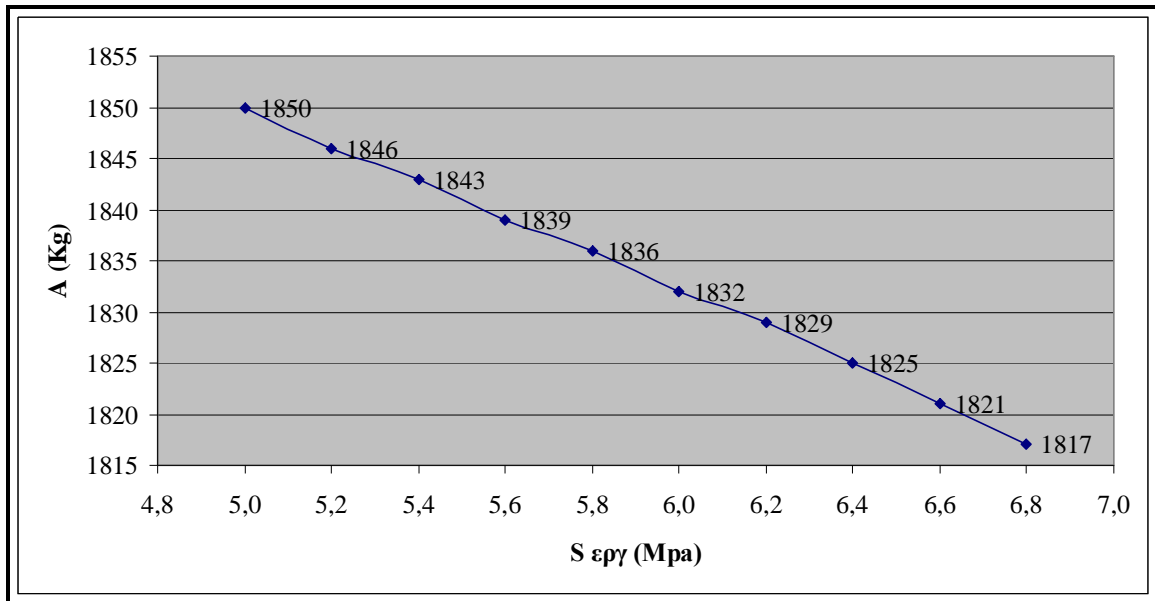
Στο γράφημα 10.2 παρουσιάζονται οι μεταβολές που προκύπτουν στην τιμή του υδατοσιμεντοσυντελεστή (W/Z), για διάφορες εργοταξιακές συνθήκες στην παραγωγή και σύνθεση του σκυροδέματος ($S_{εργ.}$).



Γράφημα 10.2 Μεταβολές λόγου νερού-τσιμέντου (W/Z) σε σχέση με $S_{εργ.}$

Σε αντίθεση με το γράφημα 10.1 και την απαιτούμενη αντοχή f_a , ο λόγος τσιμέντου-νερού (W/Z) είναι αντίστροφα ανάλογος με την τιμή που εκφράζει τις εργοταξιακές συνθήκες ($S_{εργ.}$). Δηλαδή όσο αυξάνεται η τιμή του $S_{εργ.}$, τόσο ο λόγος W/Z μειώνεται.

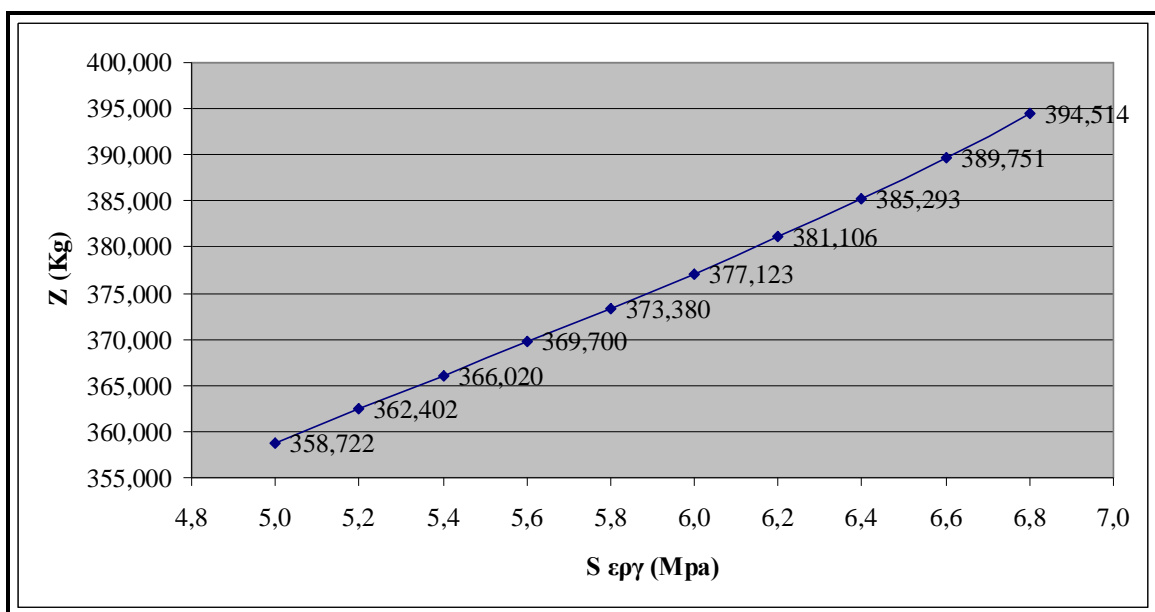
Στο γράφημα 10.3 παρουσιάζονται οι μεταβολές που προκύπτουν στην τιμή της ποσότητας αδρανών (A) σε kg, που απαιτούνται για την παρασκευή 1 m^3 σκυροδέματος, για διάφορες εργοταξιακές συνθήκες στην παραγωγή και σύνθεση αυτού ($S_{εργ.}$).



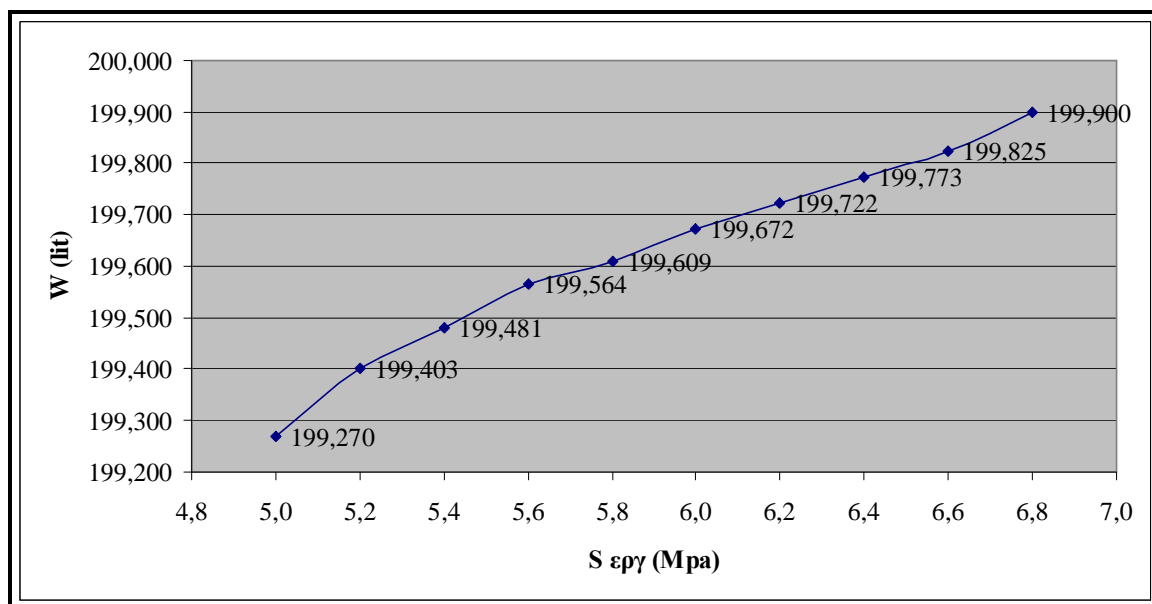
Γράφημα 10.3 Μεταβολές ποσότητας αδρανών (A) για 1 m³ σκυροδέματος, σε σχέση με S_{εργ}

Όπως και στο γράφημα 10.2, γίνεται αντιληπτό ότι η απαιτούμενη ποσότητα αδρανών (A) για την παραγωγή 1 m³ σκυροδέματος, μειώνεται όσο αυξάνεται η τιμή που εκφράζει τις εργοταξιακές συνθήκες (S_{εργ}).

Στα γραφήματα 10.4 & 10.5 παρουσιάζονται οι μεταβολές στις ποσότητες, τσιμέντου (Z) σε kg και νερού (W) σε lit αντίστοιχα, για την παρασκευή 1 m³ σκυροδέματος, για διάφορες εργοταξιακές συνθήκες στην παραγωγή και σύνθεση αυτού (S_{εργ}).



Γράφημα 10.4 Μεταβολές ποσότητας τσιμέντου (Z) σε kg για 1 m³ σκυροδέματος, σε σχέση με S_{εργ}



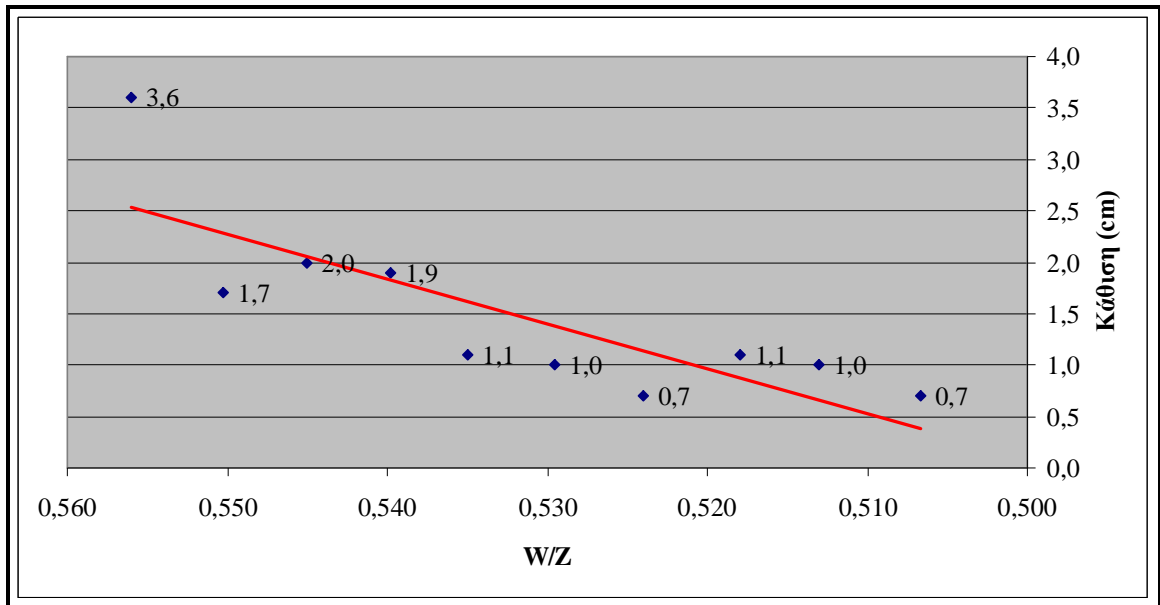
Γράφημα 10.5 Μεταβολές ποσότητας νερού (W) σε lit για 1 m³ σκυροδέματος, σε σχέση με S_{εργ}

Γίνεται αντιληπτό στα γραφήματα 10.4 & 10.5, ότι όσο αυξάνεται η τιμή που εκφράζει τις συνθήκες παραγωγής και σύνθεσης του σκυροδέματος στο εργοτάξιο (S_{εργ.}), ανάλογα αυξάνονται και οι ανάγκες για μεγαλύτερη ποσότητα τσιμέντου (Z) και νερού (W) αντίστοιχα.

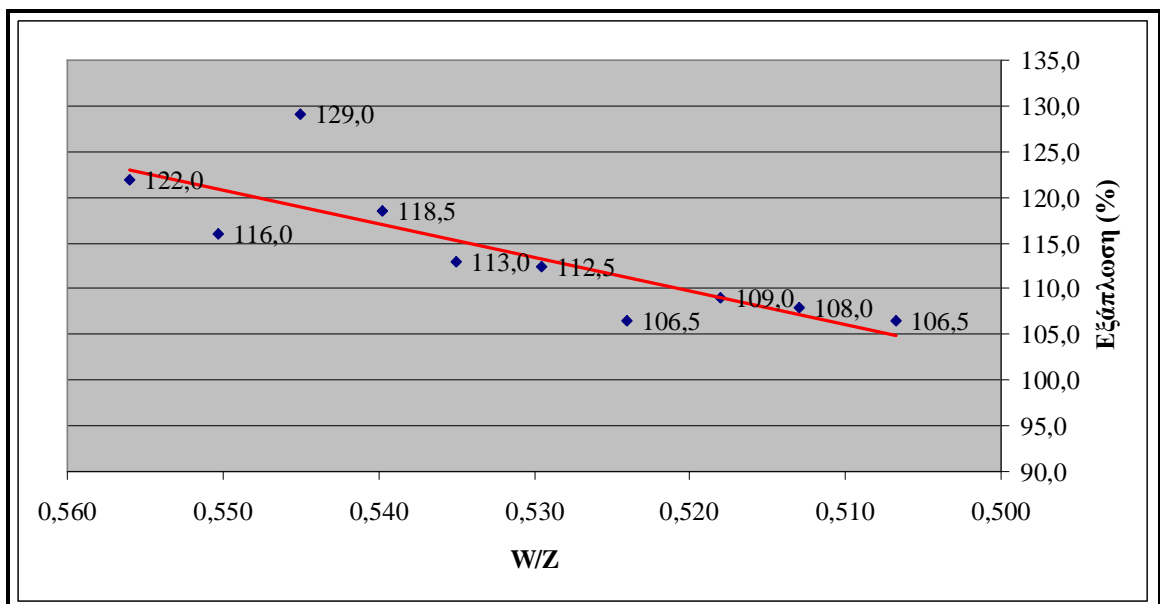
Παρατηρείται επίσης σε σύγκριση με το γράφημα 10.3, ότι με βάση το S_{εργ.}, οι ανάγκες των ποσοτήτων των αδρανών (A) και νερού (W), τσιμέντου (Z) είναι αντιστρόφως ανάλογες μεταξύ τους, δηλαδή όταν απαιτείται μείωση της ποσότητας των αδρανών σε σχέση με το S_{εργ.}, τότε οι ποσότητες νερού (W) και τσιμέντου (Z) παρουσιάζουν αύξηση.

Στην συνέχεια στα γραφήματα 10.6 & 10.7, γίνεται μια γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων των δοκιμών μετρήσεως εργασιμότητας του σκυροδέματος (Κάθισης & Εξάπλωσης), σε σχέση με το λόγο νερού-τσιμέντου (W/Z).

Η διασπορά των αποτελεσμάτων που εμφανίζεται και στα δύο γραφήματα 10.6 & 10.7 μπορεί να εξηγηθεί σε παραμέτρους του ανθρώπινου παράγοντα και στις μη απόλυτα τυποποιημένες συνθήκες σύνθεσης και παραγωγής του σκυροδέματος, στο εργαστήριο. Έτσι με τη βοήθεια της γραμμικής γραμμής τάσης, θα προσπαθήσουμε να εξάγουμε τα συμπεράσματά μας.



Γράφημα 10.6 Μεταβολές τιμών δοκιμής Κάθισης (cm) σε σχέση με το λόγο νερού-τσιμέντου (W/Z)



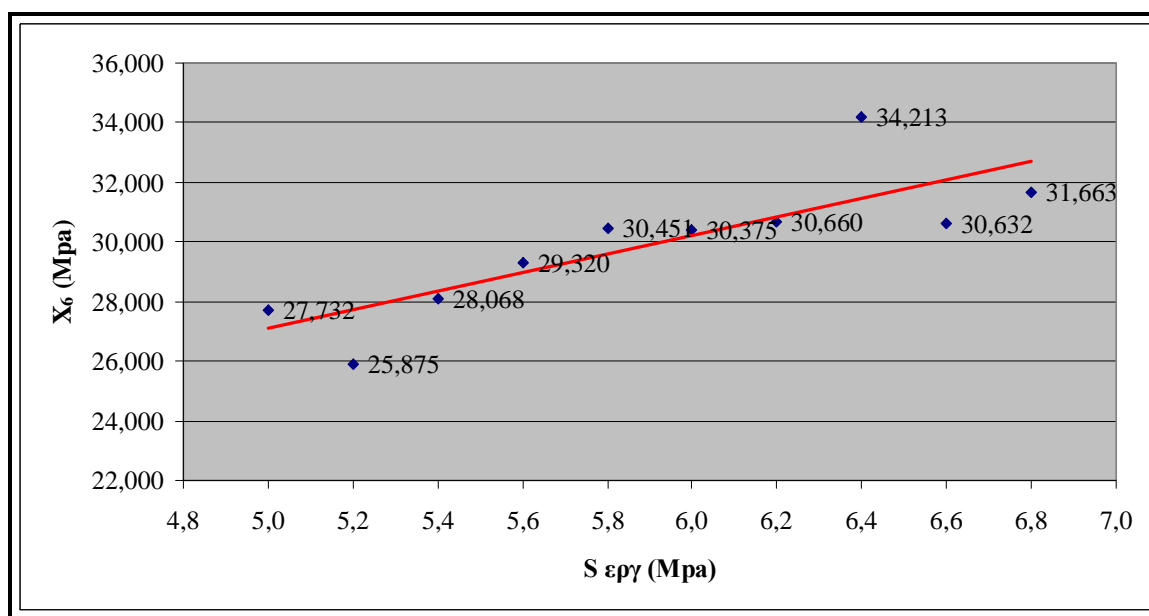
Γράφημα 10.7 Μεταβολές τιμών δοκιμής Εξάπλωσης (%) σε σχέση με το λόγο νερού-τσιμέντου (W/Z)

Παρατηρούμε λοιπόν, με την βοήθεια της γραμμικής γραμμής τάσης και στα δύο γραφήματα 10.6 & 10.7, ότι όσο μειώνεται ο λόγος νερού-τσιμέντου (W/Z), ανάλογα μειώνονται και οι μετρήσεις των τιμών των δοκιμών Κάθισης και Εξάπλωσης αντίστοιχα.

Συγκρίνοντας τα παραπάνω γραφήματα με το γράφημα 10.2, διαπιστώνουμε ότι όσο αυξάνεται η τιμή που εκφράζει τις εργοταξιακές συνθήκες ($S_{εργ}$), τόσο παρατηρείται μείωση στις τιμές των δοκιμών Κάθισης και Εξάπλωσης.

Τέλος, στο γράφημα 10.8 παρουσιάζεται η μεταβολή των μέσων τιμών των αντοχών κάθε παρτίδας \overline{X}_6 (Mpa), για διάφορες εργοταξιακές συνθήκες στην παραγωγή και σύνθεση του σκυροδέματος ($S_{εργ.}$).

Όπως και στα παραπάνω γραφήματα 10.6 & 10.7, υπάρχει διασπορά αποτελεσμάτων και με βοήθεια της γραμμικής γραμμής τάσης, εξάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα.



Γράφημα 10.8 Μεταβολές τιμών μέσου όρου αντοχής δοκιμών \overline{X}_6 (Mpa) σε σχέση με $S_{εργ}$

Παρατηρείται λοιπόν, ότι όσο αυξάνεται η τιμή που εκφράζει τις εργοστασιακές συνθήκες ($S_{εργ.}$), αυξάνονται και οι μέσες τιμές αντοχής τις κάθε παρτίδας.

Συγκρίνοντας το γράφημα 10.8 με όλα τα παραπάνω γραφήματα, φτάνουμε στην λογική εξήγηση της αύξησης των μέσων αντοχών κάθε παρτίδας όσο αυξάνεται το $S_{εργ}$, διότι αυξάνεται επίσης και η απαίτηση για σκυρόδεμα μεγαλύτερων αντοχών (f_a), όπως και οι ανάγκες σε ποσότητες τσιμέντου (Z) και νερού (W) για την παρασκευή 1 m^3 σκυροδέματος, αντίστοιχα.

Αντίθετα παρατηρείται μείωση του λόγου νερού-τσιμέντου (W/Z), της ποσότητας των απαιτούμενων αδρανών (A) για την παρασκευή 1 m^3 σκυροδέματος, καθώς και των τιμών, των δοκιμών μετρήσεως της εργασιμότητας του σκυροδέματος (Κάθιση & Εξάπλωση).

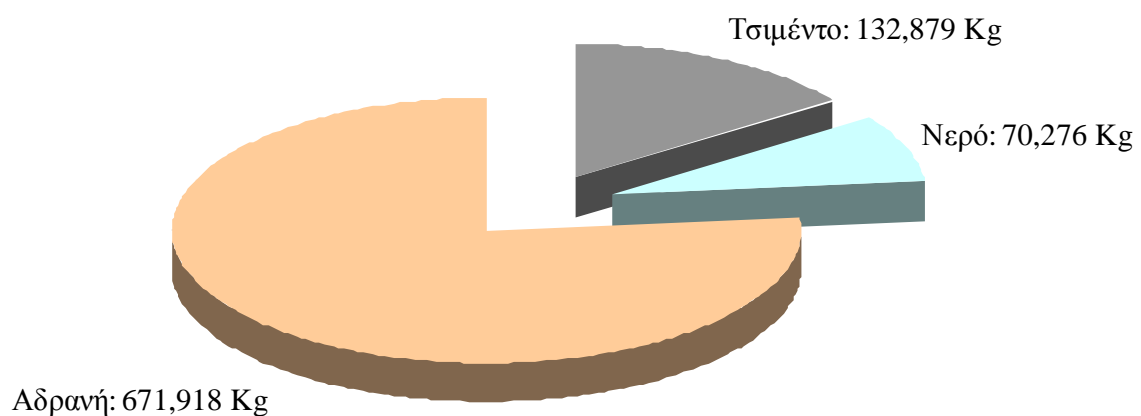
Στην συνέχεια, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της 10^{ης} & 11^{ης} παρτίδας. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, οι δύο τελευταίες παρτίδες έχουν παρασκευασθεί με τα ίδια χαρακτηριστικά, αλλά με μόνη διαφορά την χρήση πρόσθετου και συγκεκριμένα υπερρυστοποιητή στην 11^η παρτίδα. Η επιλογή της συγκεκριμένης παρτίδας για την χρήση του συγκεκριμένου πρόσθετου έγινε λόγω της μικρής ρευστότητας και εργασιμότητας που παρουσίασε, στις δοκιμές Κάθισης & Εξάπλωσης.

Αριθμός Παρτίδας	S _{εργ.} (Mpa)	f _a (Mpa)	W/Z	A (kg)	Z (kg)	W (lit)	Κάθιση (cm)	Εξάπλωση %	\bar{X}_6 5 μήνες (Mpa)	\bar{X}_6 28 ημέρες (Mpa)
10	6,8	39,552	0,507	1817	394,514	199,9	0,7	106,5	37,996	31,663
11*	6,8	39,552	0,507	1817	394,514	199,9	6,8	126,0	38,487	32,073

Πίνακας 10.2 Αποτελέσματα 10^{ης} & 11^{ης} παρτίδας

Είναι φανερό από τα αποτελέσματα των δοκιμών Κάθισης & Εξάπλωσης των δύο παρτίδων, ότι με την προσθήκη 80 gr υπερρυστοποιητή μακράς εργασιμότητας, έχουμε αύξηση των τιμών της δοκιμής Κάθισης κατά 6,1 cm (0,7 - 6,8 cm) και Εξάπλωσης κατά 19,5 % (106,5 - 126,0 %). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική βελτίωση της εργασιμότητας του σκυροδέματος, δηλαδή της συνοχής, της ποιότητας ενυδάτωσης και της συμπυκνωσιμότητας του μίγματος. Από άποψη των τιμών της μέσης αντοχής των δύο παρτίδων, βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις (περίπου 0,40 Mpa), οπότε συμπεραίνουμε ότι η χρήση του υπερρυστοποιητή δεν επηρέασε την αντοχή τις παρτίδας σημαντικά.

Συνολικά, για την πτυχιακή εργασία, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω ποσότητες υλικών, όπως φαίνεται στο γράφημα 10.9:



Γράφημα 10.9 Συνολικές ποσότητες υλικών

Τέλος, με βάση τις παραπάνω αναλύσεις γραφημάτων και τα αποτελέσματα των παρτίδων, φτάνουμε στα εξής συμπεράσματα:

1. Παρατηρείται, ότι στην 2^η & 3^η παρτίδα, δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια συμμορφώσεως που ορίζει ο Ν.Κ.Τ.Σ. και συγκεκριμένα ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής.
 - Στην 2^η παρτίδα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, ότι ο 1^{ος} κανόνας αποδοχής δεν ικανοποιείται, λόγω των μικρών τιμών των αντοχών που παρουσιάζουν τα δοκίμια της παρτίδας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μέσο όρο αντοχής παρτίδας $\overline{X}_6 = 25,875$ Mpa, ενώ η ελάχιστη τιμή που πρέπει να εμφανίζει για να είναι αποδεκτή από τον 1^ο κανόνα αποδοχής, για C20/25, είναι 27,400 Mpa.
 - Στην 3^η παρτίδα, λόγω της μεγάλης διασποράς αποτελεσμάτων των αντοχών των δοκιμίων της, υπάρχει σημαντική αύξηση της τιμής τυπικής απόκλισης $s = 2,285$ Mpa, με αποτέλεσμα την μη ικανοποίηση του 1^{ου} κανόνα αποδοχής, παρόλο τη μεγάλη τιμή που εμφανίζεται στον μέσο όρο αντοχής της παρτίδας ($\overline{X}_6 = 28,068$ Mpa).
2. Όσο αυξάνεται η τιμή που εκφράζει τις εργοταξιακές συνθήκες παραγωγής και σύνθεσης του σκυροδέματος ($S_{εργ}$), παρατηρείται μείωση στο λόγο νερού-τσιμέντου (W/Z), στην ποσότητα των απαιτούμενων αδρανών (A) και στις τιμές των δοκιμών που εκφράζουν την εργασιμότητα του σκυροδέματος (Κάθιση & Εξάπλωση). Αντίθετα αυξάνονται οι ποσότητες τσιμέντου (Z) και νερού (W) και οι μέσες αντοχές κάθε παρτίδας (\overline{X}_6).
3. Η μείωση της ποσότητας των αδρανών, λόγω της χαμηλής τιμής τους στην αγορά, δεν επηρεάζει σημαντικά το κόστος παραγωγής σκυροδέματος.
4. Η μείωση της εργασιμότητας του μίγματος, συνεπάγεται δυσκολία στην διάστρωση και συμπύκνωση του, επί τόπου του έργου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την χρήση πρόσθετου υλικού στο μίγμα, όπως έγινε στην 11^η παρτίδα, κάτι τέτοιο όμως θα αυξήσει σημαντικά και πάλι το κόστος παραγωγής.

5. Η αύξηση των μέσων αντοχών κάθε παρτίδας είναι βέβαια επιθυμητό στοιχείο στην κατασκευή, όμως αν προστεθεί το κόστος λόγω της αύξησης της ποσότητας υλικών που θα χρησιμοποιήσουμε (Z, W), μπορεί να κριθεί μη συμφέρουσα λύση και αντισυμβαλλόμενη, καθώς και τα αποτελέσματα των πρώτων παρτίδων (1^{η} , 4^{η} , 5^{η} & 6^{η}) καλύπτουν τις προδιαγραφές που ορίζει ο Ν.Κ.Τ.Σ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 97», ΦΕΚ 315/Β/17-4-97
- [2] «Ελληνικός Κανονισμός Ωπλισμένου Σκυροδέματος (Ε.Κ.Ω.Σ.)», Ο.Α.Σ.Π. 2000
- [3] Χρίστου Μ. Οικονόμου, «Τεχνολογία του σκυροδέματος», Ξάνθη 1997
- [4] Ι. Παπαγιάννη-Ν. Οικονόμου, «Σημειώσεις Δομικών Υλικών», Α.Π.Θ. 1997
- [5] Στεφ. Σ. Τσότσος, «Εδαφομηχανική», Α.Π.Θ. 1991
- [6] Πρόδρομος Δ. Ζαράρης, «Σιδηροπαγές Σκυρόδεμα», Α.Π.Θ. 2002
- [7] Θεοφάνης Α. Γεωργόπουλος, «Ωπλισμένο Σκυρόδεμα –Τόμος Α», Πάτρα 2000
- [8] Τριανταφύλλου Αθ.Χ., «Δομικά Υλικά», Πάτρα 1998
- [9] Μιχαήλ Ν. Φαρδής, «Μαθήματα Ωπλισμένου Σκυροδέματος», Πανεπιστήμιο Πατρών 1998
- [10] Δημ. Πατσαβούδη, «Τεχνολογία Δομικών Υλικών», Αθήνα 1996
- [11] Θεοδόσης Θ. Παπαλιάγκας, «Πειραματική Αντοχή Υλικών», Α.Τ.Ε.Ι.Θ. 2003
- [12] Βάιος Πράντζος, «Κατασκευές Ωπλισμένου Σκυροδέματος», Α.Τ.Ε.Ι.Θ. 2000
- [13] Γ. Κονιτόπουλος-Μ. Κινικλή, «Σημειώσεις Εργαστηρίου Ωπλισμένου Σκυροδέματος», Α.Τ.Ε.Ι.Θ. 2002
- [14] Eurocode No 2, «Design Of Concrete Structures», Commission of the European Communities 1991
- [15] Sika Hellas ABEE, «Υλικά Κατασκευής-Επισκευής-Προστασίας», Multimedia Presentation 2004
- [16] Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδος.