



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ C 30/37 ΚΑΙ C 40/50



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

ΡΟΥΣΣΟΣ ΜΑΡΚΟΣ

ΣΟΛΔΑΤΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΤΣΕΡΩΝΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ :

ΠΑΓΑΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΧΡΗΣΤΟΥ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | Σελίδα |
|--|--------|
| Περίληψη | 5 |
| Εισαγωγή | 6 |
| | |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο - Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1997 | |
| Υλικά, Παρασκευή και Έλεγχος Σκυροδέματος | |
| Άρθρο1:Αντικείμενο | 8 |
| Άρθρο2: Συμβολισμοί | 9 |
| Άρθρο3:Ορισμοί | 10 |
| Άρθρο4: Υλικά παρασκευής σκυροδέματος | 14 |
| Άρθρο5: Σύνθεση σκυροδέματος | 32 |
| Άρθρο6:Ανάμιξη σκυροδέματος | 38 |
| Άρθρο7:Μεταφορά σκυροδέματος | 40 |
| Άρθρο8:Διάστρωση σκυροδέματος | 40 |
| Άρθρο9:Συμπύκνωση σκυροδέματος | 42 |
| Άρθρο10:Συντήρηση σκυροδέματος | 43 |
| Άρθρο 11:Ξυλότυποι | 45 |
| Άρθρο 12:Ειδικές περιπτώσεις σκυροδεμάτων και διαστρώσεων | 47 |
| Άρθρο 13: Δειγματοληψίες και έλεγχοι συμμορφώσεως | 62 |
| Άρθρο 14: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες | 81 |
| Άρθρο 15: Υποχρεώσεις | 83 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - Μέθοδοι μη Καταστροφικού Ελέγχου (Εμμεσες Μέθοδοι), Εκτίμησης της Αντοχής Σκυροδέματος

| | |
|---|-----|
| 2.1 Η μέθοδος του κρουσίμετρου αναπήδησης | 87 |
| 2.1.1 Η συσκευή | 90 |
| 2.1.2 Διαδικασία | 91 |
| 2.1.3 Υπολογισμοί | 92 |
| 2.1.4 Υποβολή έκθεσης αποτελεσμάτων | 93 |
| 2.2 Δοκιμή υπερήχων | 94 |
| 2.2.1 Σκοπός | 101 |
| 2.2.2 Συσκευή | 101 |
| 2.2.3 Διαδικασία | 103 |
| 2.2.4 Υπολογισμοί | 107 |
| 2.3 Η μέθοδος ακουστικής εκπομπής | 108 |
| 2.3.1 Σήματα ΑΕ | 109 |
| 2.3.2 Συστήματα παρακολούθησης ΑΕ | 112 |
| 2.3.3 Μονάδα επεξεργασίας | 113 |
| 2.3.4 Εφαρμογές της ΑΕ | 115 |
| 2.3.5 Φαινόμενο Kaiser | 117 |
| 2.4 Εξόλκευση Ήλου | 119 |
| 2.5 Δοκιμή Διείσδυσης | 122 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - Μέθοδοι Μη Καταστροφικής Αποτίμησης

| | |
|---|-----|
| 3.1 Ραδιογραφία | 124 |
| 3.2 Μηχανογραφημένη Ραδιενεργή Τομογραφία | 126 |
| 3.3 Μέθοδος Ραντάρ | 129 |
| 3.4 Ακουστικές Μέθοδοι | 131 |
| 3.5 Υπέρυθρη Θερμογραφία | 136 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - Πειραματική Διαδικασία

| | |
|---|-----|
| 4.1 Γενικά | 139 |
| 4.2 Παρασκευή δοκιμίων | 139 |
| 4.2.1 Κατηγορία C30/37 | 139 |
| 4.2.2 Κατηγορία C40/50 | 143 |
| 4.3 Θραύση των δοκιμίων | 148 |
| 4.3.1 Δοκιμή θλίψης των κυβικών δοκιμίων | 148 |
| 4.3.2 Δοκιμή διάρρηξης των κυλινδρικών δοκιμίων | 151 |
| 4.3.3 Δοκιμή κάμψης των ορθογωνικών δοκιμίων | 153 |
| 4.4 Έλεγχος δοκιμίων με μη καταστροφικές μεθόδους | 154 |
| 4.4.1 Έλεγχος με κρουσίμετρο | 154 |
| 4.4.2 Έλεγχος με συσκευή εκπομπής υπερήχων | 156 |

| | |
|------------|-----|
| Συμπέρασμα | 159 |
|------------|-----|

| | |
|--------------|-----|
| Βιβλιογραφία | 162 |
|--------------|-----|

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την ανάδειξη των μεθόδων μη καταστροφικού ελέγχου του σκυροδέματος (ή έμμεσες μέθοδοι) που αποσκοπούν στην εκτίμηση ορισμένων ιδιοτήτων ή χαρακτηριστικών του υλικού σε παλαιές ή νέες κατασκευές βάσει πειραματικών διαδικασιών που δεν επιφέρουν ζημιά (όπως είναι η θραύση πυρήνων). Γενικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

(α) σε αυτές που στηρίζονται στη μέτρηση μίας ιδιότητας του σκυροδέματος (π.χ. επιφανειακή σκληρότητα, μέτρο ελαστικότητας) βάσει της οποίας εκτιμάται η αντοχή, η ανθεκτικότητα σε διάρκεια κ.τ.λ.

(β) σε αυτές που αποσκοπούν στον προσδιορισμό διαφόρων χαρακτηριστικών, όπως η θέση, η διάμετρος και η κατάσταση των ράβδων οπλισμού, περιοχές κακής συμπίκνωσης, περιεκτικότητα σε υγρασία κ.τ.λ.

Οι μέθοδοι που ενδιαφέρουν περισσότερο είναι συνήθως αυτές που στηρίζονται σε σχέσεις μεταξύ αντοχής και άλλων ιδιοτήτων, οι οποίες έχουν στατιστικό χαρακτήρα. Ας σημειωθεί ότι στην διασπορά των τιμών της αντοχής προστίθεται και αυτή που προέρχεται από την ασάφεια της σχέσης αντοχής με την μετρούμενη ιδιότητα, καθώς και η διασπορά στη μέτρηση της ιδιότητας, δίνοντας συνολική διασπορά της τάξης του 20-30%, σε συσχέτιση με εργαστηριακές μεθόδους. Το αποτέλεσμα θεωρείται ενδεικτικό και χρήσιμο κυρίως για σύγκριση της ποιότητας του σκυροδέματος από περιοχή σε περιοχή.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, το σκυρόδεμα είναι ένα τεχνητό σύνθετο υλικό, που κατασκευάζεται από αδρανή υλικά, τσιμέντο και νερό, σε κατάλληλες αναλογίες. Οι διαδικασίες μελέτης και παρασκευής του πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε ως νωπό να έχει:

- (α) ομοιογένεια,
- (β) την απαραίτητη εργασιμότητα, ανάλογα με το είδος της κατασκευής, ώστε να μπορεί να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί με τα διαθέσιμα μέσα.

Και ως σκληρυμένο να έχει:

- (α) την απαιτούμενη αντοχή,
- (β) την απαιτούμενη ανθεκτικότητα,
- (γ) τις πρόσθετες μηχανικές ιδιότητες που απαιτούνται ανάλογα με το είδος της κατασκευής.

Με την κατάλληλη επεξεργασία των υλικών, που αποτελούν το σκυρόδεμα, και τη συντήρησή του, κατασκευάζονται δομικά στοιχεία, η αντοχή των οποίων εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως η ανάμειξη, η συμπύκνωση, η συντήρηση, η ηλικία, το είδος του δομικού στοιχείου, οι περιβαλλοντικές δράσεις κ.λπ. Ο μεγάλος αριθμός παραμέτρων, που επηρεάζουν επί τόπου την αντοχή του σκυροδέματος, έχει ως συνέπεια τη διαφορά της επί τόπου αντοχής του σκυροδέματος από τη συμβατική.

Επειδή το υλικό αυτό τοποθετείται στις κατασκευές για την ανάληψη κυρίως θλιπτικών φορτίων, λόγω της ιδιότητάς του να εμφανίζει σε αυτά τα φορτία υψηλή αντίσταση, ελέγχεται συνήθως με τον προσδιορισμό της αντοχής του μέσω της δοκιμής θλίψεως κυλινδρικών ή κυβικών δοκιμίων, ηλικίας 28 ημερών.

Εκτός από τον έλεγχο της αντοχής του σκυροδέματος σε θλίψη, εκτελούνται και οι δοκιμές, σπανιότερα όμως, του εφελκυσμού (αντιδιαμετρικής θλίψεως ή άμεσου εφελκυσμού), της κάμψεως και της τριαξονικής καταπόνησεως. Σήμερα

δε, γίνεται έντονη προσπάθεια για τον έλεγχο κατασκευών από σκυρόδεμα με τις μη καταστροφικές μεθόδους των υπερήχων, της βιομηχανικής ακτινογραφίας με ακτίνες x ή γ και της ακουστικής εκπομπής, όπως και με την κρουστική μέθοδο (κρουσίμετρο) και τη μέθοδο της εξόλκευσης ήλου, ώστε να είναι δυνατός ο επί τόπου έλεγχος μιας κατασκευής και να αποφεύγεται η λήψη πυρήνων (καρότων) από αυτήν.

Οι τελευταίες μέθοδοι (μη καταστροφικές) ελέγχου του σκυροδέματος εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον έλεγχο κατασκευών από σκυρόδεμα που έχουν υποστεί βλάβες από διάφορες αιτίες, όπως από σεισμούς, πυρκαγιά και κόπωση. Επιπλέον, οι μέθοδοι αυτές αποτελούν μοναδικό στόχο και ελπίδα για τον άμεσο, ταχύ, ασφαλή, αξιόπιστο και ακίνδυνο για τον άνθρωπο τρόπο ελέγχου τέτοιων κατασκευών.

Όμως, όπως είναι γνωστό από τη διεθνή βιβλιογραφία, μέχρι σήμερα δεν υπάρχει, κοινά αποδεκτή, μη καταστροφική μέθοδος εκτίμησης της αντοχής του, η οποία να προσφέρει την απαιτούμενη ακρίβεια. Περισσότερα από πενήντα χρόνια έρευνας στην περιοχή αυτή δεν έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα από εμπειρικές σχέσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (ΚΤΣ-97) ΥΛΙΚΑ, ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Άρθρο 1: Αντικείμενο

1.1. Ο Κανονισμός αυτός αφορά το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με συνήθη λίθινα αδρανή φαινόμενου ειδικού βάρους 2.40- 3.00 που προσδιορίζεται σύμφωνα με τις Μεθόδους Ελέγχου ΣΚ-301 και ΣΚ- 302.

1.2. Δεν αποτελούν αντικείμενο του Κανονισμού αυτού:

α) το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με ελαφρύτερα ή βαρύτερα αδρανή, με προσμίξεις ελαφρύτερων ή βαρύτερων αδρανών και με αδρανή που προέρχονται από τη θραύση παλιού σκυροδέματος.

β) το σκυρόδεμα που διαστρώνεται περιοδικά σε μικρές ποσότητες σε έργα, που χαρακτηρίζονται από την Υπηρεσία ως "Μικρά Τεχνικά Έργα".

γ) το σκυρόδεμα έργων συνολικού όγκου μέχρι δέκα (10)m³ το οποίο, για κατηγορία C12/15 και μικρότερη, καλύπτεται από την Ειδική Προδιαγραφή ΣΚ-300.

δ) τα ειδικά σκυροδέματα που δεν συμπεριλαμβάνονται στο άρθρο 12, όπως π.χ. το σκυρόδεμα ογκωδών έργων (φραγμάτων κλπ.) το αρχιτεκτονικό σκυρόδεμα, το σκυρόδεμα οδοστρωμάτων κ.α.

1.3. Μέχρι να συνταχθούν ειδικές προδιαγραφές, η παραγωγή και ο έλεγχος των προηγούμενων σκυροδεμάτων θα ρυθμίζεται στη Σύμβαση του έργου ή με ειδική συμφωνία κατασκευαστή και κυρίου του έργου.

1.4. Σημειώνεται ότι ο Κανονισμός αυτός προδιαγράφει τις ελάχιστες γενικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί το σκυρόδεμα των έργων. Ο κύριος του έργου μπορεί, μετά από συμφωνία να προσθέσει απαιτήσεις ή να αυξήσει την αυστηρότητα των αναγραφόμενων ιδίως όταν πρόκειται για σκυρόδεμα που

προορίζεται για ειδικά έργα, δεν μπορεί όμως να αφαιρέσει απαιτήσεις ή να μειώσει την αυστηρότητα των αναγραφόμενων.

Άρθρο 2: Συμβολισμοί

Στον κανονισμό αυτό οι κατωτέρω συμβολισμοί έχουν την ακόλουθη έννοια:

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

X_n = Μέσος όρος αντοχής η συμβατικών δοκιμίων μιας δειγματοληψίας

X_i = Αντοχή ενός συμβατικού δοκιμίου μιας δειγματοληψίας

s = Τυπική απόκλιση των αντοχών ενός αριθμού συμβατικών δοκιμίων

2.1. Μονάδες

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$$

$$1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2 = 10.2\text{Kp/cm}^2$$

$$1\text{Kp/cm} = 0.098\text{MPa}$$

2.2. Κατηγορίες σκυροδέματος

Για τη μελέτη και κατασκευή των έργων χρησιμοποιούνται οι κατηγορίες σκυροδέματος του Πίνακα 2.2 όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει τη χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου και ο δεύτερος ορίζει τη χαρακτηριστική αντοχή κύβου σε MPa.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Κατηγορίες σκυροδέματος

| Κατηγορία σκυροδέματος | $f_{ck, \text{κυλ}}$ (MPa) | $f_{ck \text{κύβου}}$ (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 |

Άρθρο 3: Ορισμοί

Για την εφαρμογή του Κανονισμού αυτού δίνονται οι ακόλουθοι ορισμοί:

3.1. Συμβατικό δοκίμιο είναι το δοκίμιο που έχει τις διαστάσεις και τη μορφή που προβλέπονται στον Κανονισμό αυτό και του οποίου η λήψη γίνεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-350 και τα αναφερόμενα στο άρθρο 13.1. , η παρασκευή και η συντήρηση σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-303, και ο έλεγχος σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ - 304 σε ηλικία 28 ημερών. Η αντοχή αυτού του δοκιμίου στις 28 ημέρες ορίζεται ως συμβατική αντοχή σε θλίψη δοκιμίου ή αντοχή συμβατικού δοκιμίου σε θλίψη f_{28} .

3.2. 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.

3.3. Μέση αντοχής 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 ολόκληρη αυτή η ποσότητα μετατρεπόταν σε δοκίμια. Το σκυρόδεμα της σημαντικά μεγάλης ποσότητας

πρέπει να έχει παρασκευασθεί με τα ίδια υλικά, τις ίδιες αναλογίες και τα ίδια μηχανικά μέσα.

3.4. 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 Συνθέσεων πρέπει να εξασφαλίζουν μέση αντοχή f_m τουλάχιστον ίση με την απαιτούμενη f_a .

3.5. Ανάμειγμα, είναι η ποσότητα σκυροδέματος που προκύπτει από μία 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.

3.6. 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.

3.7. 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.

Το εργοταξιακό σκυρόδεμα θεωρείται "σκυρόδεμα μικρών έργων" όταν παρασκευάζεται με τις αναλογίες υλικών που δίνονται από τη Μελέτη Συνθέσεως (Σχέση 2) του άρθρου 5.2.2.1. χωρίς να έχει προηγηθεί η παρασκευή, στο εργοτάξιο, δοκιμαστικών αναμιγμάτων για τον προσδιορισμό

της τυπικής αποκλίσεως, και δεν ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του άρθρου 13.5. Το εργοταξιακό σκυρόδεμα θεωρείται "σκυρόδεμα μεγάλων έργων" αν ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις του άρθρου 13.5. Ο χαρακτηρισμός του έργου ως "μικρού" ή "μεγάλου" γίνεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα άρθρα 13.4 και 13.5.

3.8. Εργοστασιακό σκυρόδεμα, λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η Υπηρεσία ο επιβλέπων ή ο κατασκευαστής δεν έχει δικές τους πληροφορίες για τα υλικά, τις αναλογίες συνθέσεως και τη διαδικασία παραγωγής ελέγχει δε μόνο το έτοιμο προϊόν στη θέση παραδόσεως του. Το εργοστασιακό σκυρόδεμα είναι κατά κανόνα έτοιμο (άρθρο 3.9).

3.9. Έτοιμο σκυρόδεμα, λέγεται το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται σε απόσταση από το έργο και μεταφέρεται σ' αυτό :

α) μετά από πλήρη ανάμιξη, με φορτηγά 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 το έργο πριν από την παράδοση. Το έτοιμο σκυρόδεμα μπορεί να είναι εργοστασιακό ή εργοταξιακό.

Μέγιστος κόκκος αδρανούς είναι η διάσταση του μικρότερου κόσκινου μιας σειράς από το οποίο διέρχεται το 95% τουλάχιστον της ποσότητας του αδρανούς.

3.11. Πρόσθετα σκυροδέματος είναι υλικά που προστίθενται στο νωπό μίγμα ,σε μικρές ποσότητες, για να προσδώσουν σε αυτό ορισμένες ιδιότητες, ή για να βελτιώσουν άλλες.

3.12. Υφυγρό σκυρόδεμα είναι το σκυρόδεμα με σχεδόν μηδενική κάθιση, δηλαδή με πολύ μικρή εργασιμότητα.

3.13. Ρευστό σκυρόδεμα είναι το σκυρόδεμα με μεγάλη εργασιμότητα (συνήθως με κάθιση μεγαλύτερη από 19cm) και εσωτερική συνοχή, που δεν

απομίγνυται. Επιτυγχάνεται με την προσθήκη υπερευστοποιητικού και διαστρώνεται με ελάχιστη δαπάνη ή χωρίς δόνηση.

3.14. Πλαστικότητα είναι η ιδιότητα του νωπού σκυροδέματος που καθορίζει την αντίσταση του σε παραμόρφωση ή την ευκολία με την οποία μορφοποιείται στους ξυλότυπους.

3.15. Εργασιμότητα είναι η ιδιότητα του νωπού σκυροδέματος που χαρακτηρίζει την ευκολία με την οποία αυτό μεταφέρεται, διαστρώνεται και συμπυκνώνεται.

3.16. Αντλησιμότητα είναι η ικανότητα του νωπού σκυροδέματος να μεταφέρεται μέσα σε σωλήνες ωθούμενο με κατάλληλη πίεση, χωρίς να χάνει την ομοιογένεια και την εργασιμότητα του.

3.17. Απόμιξη είναι ο διαχωρισμός των χονδρόκοκκων συστατικών του νωπού σκυροδέματος από το σύνολο του μίγματος.

3.18. Εξίδρωση είναι η ανάδυση νερού στην επιφάνεια του μόλις διαστρωμένου σκυροδέματος ή της τσιμεντοκονίας.

3.19. 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 εξάπλωσης, έπειτα από ορισμένο αριθμό αναπηδήσεων της τράπεζας.

3.20. 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 καθίσεως) με την οποία μορφώθηκε.

Άρθρο 4: Υλικά παρασκευής σκυροδέματος

4.1. Γενικά

Τα υλικά του σκυροδέματος δηλαδή τα αδρανή, το τσιμέντο, το νερό και τα πρόσθετα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις ποιότητας που προδιαγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

4.2. Τσιμέντο

Το τσιμέντο πρέπει να συμφωνεί με τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 197-1 «Τσιμέντο- Μέρος 1: Σύνθεση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για τα κοινά τσιμέντα «Τύπου IV – Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά (SR) » το οποίο εξακολουθεί να καλύπτεται από το ΠΔ 244/29.2.80 «Περί Κανονισμού τσιμέντων για έργα από Σκυροδέμα» (ΦΕΚ 69Α 28.3.1980). Όπου στον παρόντα Κανονισμό αναφέρεται «τύπος τσιμέντου» εννοούνται τα «προϊόντα τσιμέντου του Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ EN 197-1 και το τσιμέντο «τύπου IV - Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά (SR)» του ΠΔ 244/80.

4.3. Αδρανή υλικά

4.3.1. Τα αδρανή υλικά αποτελούνται από λίθινους κόκκους, είτε φυσικούς, οπότε ονομάζονται φυσικά ή συλλεκτά αδρανή, είτε από κόκκους που προκύπτουν από τη θραύση όγκων πετρώματος ή τη θραύση όγκων πετρώματος ή τη θραύση φυσικών αδρανών, οπότε ονομάζονται θραυστά αδρανή. Οι κόκκοι μπορεί να έχουν περίπου το ίδιο ή διαφορετικό μέγεθος.

4.3.2 Θραυστά αδρανή

Τα θραυστά αδρανή πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408 "Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα" με τις ακόλουθες τροποποιήσεις και προσθήκες.

4.3.2.1. Υιοθετούνται οι δύο από τις τρεις σειρές προτύπων κόσκινων που αναφέρονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 408, με τις ακόλουθες ονομασίες:

α) "σειρά γερμανικών Κοσκίνων ή Γερμανικά Κόσκινα" εκείνα που περιγράφονται στα DIN 4187 και DIN 4188.

β) "σειρά Αμερικανικών Κοσκίνων ή Αμερικανικά Κόσκινα" εκείνα που περιγράφονται στο ASTM E 11.

Τα γερμανικά κόσκινα θα συμβολίζονται με το Σύμβολο Νο που θα γράφεται πριν από τον αριθμό του κόσκινου.

Τα αμερικάνικα κόσκινα θα συμβολίζονται με το Σύμβολο Νο που θα γράφεται πριν από τον αριθμό του κόσκινου μέχρι και το κόσκινο Νο4 ενώ τα μεγαλύτερου ανοίγματος θα συμβολίζονται με το μέγεθος της βροχίδας σε ίντσες.

4.3.2.2. Για σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και μεγαλύτερης τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται χωρισμένα σε τρία (3) τουλάχιστον κλάσματα.

4.3.2.3. Όλα τα κλάσματα των αδρανών ενός έργου πρέπει να ελέγχονται με τη σειρά των κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκε στη Μελέτη Συνθέσεως του σκυροδέματος.

4.3.2.4. Ως άμμος ορίζεται το κλάσμα το διερχόμενο από το κόσκινο n 8 ή το 3/8" σε ποσοστό 100% και από το κόσκινο το Νο4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95%.

4.3.2.5. Τα συνηθέστερα κλάσματα με κόκκο μεγαλύτερο από το μέγιστο κόκκο της άμμου είναι το "ρυζάκι" το "γαρμπίλι" (λεπτό, χοντρό) και τα "σκύρα".

Στο επόμενο κλάσμα μετά την άμμο δεν επιτρέπεται να υπάρχει υλικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο 2 ή Νο 8 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 25% όπως επίσης και υλικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο 1 ή Νο 16 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 2%.

4.3.2.6. Το ποσοστό των κόκκων της άμμου που περνάει από το κόσκινο 0.25 δεν πρέπει να υπερβαίνει:

α) το 24% του ξερού 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 κτλ.).

4.3.2.7. Ως παιπάλη ορίζεται το μέρος του αδρανούς που περνάει από το Αμερικάνικο πρότυπο κόσκινο Νο200(75μm) 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 τους.

Για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις επιτρέπεται παιπάλη στην άμμο μέχρι 20% του ξερού βάρους της.

4.3.2.8. Αν χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές άμμοι, οι απαιτήσεις των άρθρων 4.3.2.6. και 4.3.2.7 ισχύουν για το μίγμα των άμμων.

4.3.2.9. Δεν ορίζεται επιτρεπόμενο ανώτερο όριο για το ποσοστό της άμμου που περνάει από το κόσκινο Νο100 (150μm). Το διάγραμμα II του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408 δεν υιοθετείται από αυτόν τον κανονισμό.

4.3.2.10. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μέγιστου κόκκου 31.5mm στα Γερμανικά κόσκινα ή 1" στα Αμερικάνικα Κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του διαγράμματος I του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 4.3.2.10α. και 4.3.2.10β. που αντικαθιστούν το διάγραμμα I και τους Πίνακες 2γ και 2β αντίστοιχα του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.10α.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 31.5mm για τη σειρά των Γερμανικών κοσκίων DIN 4188 και DIN 4187.

| Κοσκίνα | Όνομασία | Άνοιγμα | Διερχόμενα % | | |
|---------|----------|---------|--------------|-----------|-----------|
| | | | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε | Υποζώνη Ζ |
| 0.25 | | 25μm | 2-13 | 13-17 | 17-23 |
| 1 | | 1mm | 10-30 | 30-44 | 44-58 |
| 2 | | 2mm | 18-40 | 40-55 | 55-67 |
| 4 | | 4mm | 30-52 | 52-67 | 67-76 |
| 8 | | 8mm | 45-68 | 68-80 | 80-86 |
| 16 | | 16mm | 70-87 | 87-93 | 93-96 |
| 31.5 | | 31.5mm | 100 | 100 | 100 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.10β.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1" για τη σειρά των Αμερικανικών κοσκίων ASTM E 11

| Κόσκινα | Όνομασία | Άνοιγμα | Διερχόμενα % | | |
|---------|----------|---------|--------------|-----------|-----------|
| | | | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε | Υποζώνη Ζ |
| 0.25* | | 250μm | 2-13 | 13-17 | 17-23 |
| No 50 | | 300μm | 3-14 | 14-20 | 20-27 |
| No 30 | | 600μm | 6-23 | 23-34 | 34-44 |
| No16 | | 1.18mm | 12-32 | 32-47 | 47-60 |
| No 8 | | 2.36mm | 21-43 | 43-58 | 58-69 |
| No 4 | | 4.75mm | 33-56 | 56-70 | 70-78 |
| 3/8" | | 9.5mm | 51-73 | 73-84 | 84-89 |
| 1/2" | | 12.5mm | 61-80 | 80-89 | 89-93 |
| 1" | | 25.0mm | 95-100 | 100 | 100 |
| 1 1/2" | | 37.5mm | 100 | 100 | 100 |

* Το κόσκινο αυτό ανήκει στη σειρά των Γερμανικών κοσκίων

4.3.2.11. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μεγίστου κόκκου 63 mm στα Γερμανικά κόσκινα ή 1 1/2" στα Αμερικάνικα κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του διαγράμματος II του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 4.3.2.11α. και 4.3.2.11β.

4.3.2.12. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μεγίστου κόκκου 16mm στα Γερμανικά κόσκινα ή 1/2" στα Αμερικανικά κόσκινα ή 1/2" στα Αμερικανικά κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του διαγράμματος III του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 4.3.2.12α. και 4.3.2.12β. Στην περίπτωση αυτή το αδρανές μπορεί να προσκομίζεται χωρισμένο σε δύο κλάσματα (άμμο και γαρπίλι).

4.3.2.13. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μεγίστου κόκκου 8mm στα Γερμανικά κόσκινα ή 3/8" στα Αμερικάνικα κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του διαγράμματος IV του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 4.3.2.13α. και 4.3.2.13β. Στη περίπτωση αυτή το αδρανές προσκομίζεται χωρισμένο σε δύο κλάσματα (άμμο και γαρμπίλι).

4.3.2.14. Η καμπύλη της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως του μίγματος των αδρανών που προορίζεται για οπλισμένο σκυρόδεμα προορίζεται για οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη των διαγραμμάτων I,II,III ή IV ανάλογα με το μέγιστο κόκκο του χρησιμοποιούμενου αδρανούς. Για σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 ή μικρότερης, ο εργοδότης ή η Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων του έργου μπορούν να προδιαγράψουν ως περιοχή του μίγματος την υποζώνη E των διαγραμμάτων I, II, III και IV. Η υποζώνη Z του διαγράμματος I αφορά μόνο το άοπλο σκυρόδεμα. Ειδικά για το αντλήσιμο σκυρόδεμα ισχύει το άρθρο 12.10.

4.3.2.15. Ο έλεγχος του ποσοστού εύθρυπτων κόκκων της παρ. 4.2.1. του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408 θα γίνεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-306.

4.3.2.16. Οι έλεγχοι αντοχής μητρικού πετρώματος, οργανικών προσμίξεων και ισοδυνάμου άμμου μπορούν να παραλείπονται όταν το λατομείο διαθέτει πιστοποιητικά ελέγχου από Εργαστήρια του ΥΠΕΧΩΔΕ, ή από Εργαστήρια των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, ή από αναγνωρισμένα Εργαστήρια (άρθρο 15.8) και από τα οποία πιστοποιητικά προκύπτει ότι τα προϊόντα του ικανοποιούν τις αντίστοιχες απαιτήσεις του κανονισμού αυτού.

4.3.2.17. Αδρανή με αντοχή μητρικού πετρώματος μεταξύ 45MPa και 65MPa μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκυρόδεμα όταν ικανοποιηθούν για σκυρόδεμα όταν ικανοποιούν τις υπόλοιπες απαιτήσεις αδρανών αυτού του Κανονισμού και εφόσον από τη Μελέτη Συνθέσεως αποδειχθεί ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος για το οποίο προορίζονται.

4.3.2.18. Αδρανή με αντοχή μητρικού πετρώματος μικρότερη από 45MPa μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιχρισμένο οικοδομικό σκυρόδεμα όταν ικανοποιούν τις υπόλοιπες απαιτήσεις αδρανών αυτού, του Κανονισμού και εφόσον από τη Μελέτη Συνθέσεως αποδειχθεί ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος για το οποίο προορίζονται.

4.3.2.19. Η σχεδίαση της κοκκομετρικής καμπύλης των αδρανών θα γίνεται σε διαγράμματα παρόμοια προς τα I, II, III, IV ανάλογα με το μέγιστο κόκκο του μίγματος των αδρανών.

4.3.3. Φυσικά αδρανή

Τα φυσικά αδρανή πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408 "Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα" πλην του ελέγχου αντοχής μητρικού πετρώματος με τις ακόλουθες τροποποιήσεις και συμπληρώσεις.

4.3.3.1. Η παιπάλη της φυσικής άμμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% του ξερού βάρους της άμμου.

4.3.3.2. Φυσικά αδρανή από θάλασσα που δεν έχουν πλυθεί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παρασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, αν η

περιεκτικότητα τους σε χλωριούχα άλατα, εκφρασμένη σε ισοδύναμο ποσοστό άνυδρου χλωριούχου ασβεστίου (CaCl₂) δεν υπερβαίνει το 1% του βάρους του τσιμέντου.

Σε προεντεταμένο σκυρόδεμα απαγορεύεται η χρησιμοποίηση φυσικών αδρανών από θάλασσα που δεν έχουν πλυθεί.

4.3.3.3. Αν χρησιμοποιείται μίγμα θραυστής και φυσικής άμμου, η απαίτηση του άρθρου 4.3.3.1. εξακολουθεί να ισχύει για τη φυσική άμμο.

4.3.3.4. Αν χρησιμοποιείται μίγμα θραυστής και φυσικής άμμου η απαίτηση του άρθρου 4.3.3.2. ισχύει για το μίγμα των άμμων.

4.3.4. Αποθήκευση δειγματοληψία και έλεγχοι των αδρανών

4.3.4.1. Η αποθήκευση των αδρανών πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε:

α) Να μη διαχωρίζονται οι κόκκοι των αδρανών όπως π.χ. συμβαίνει όταν ένα χονδρόκοκκο αδρανές αδειάζεται 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 κλπ.)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.11α.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 63mm για τη σειρά των Γερμανικών κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

| | Κόσκινα | Διερχόμενα | |
|----------|---------|------------|-----------|
| Όνομασία | Ανοιγμα | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε |
| 0.25 | 250μm | 2-11 | 11-16 |
| 1 | 1mm | 6-26 | 26-39 |
| 2 | 2mm | 11-34 | 34-49 |
| 4 | 4mm | 19-42 | 42-59 |
| 8 | 8mm | 30-56 | 56-71 |
| 16 | 16mm | 46-71 | 71-84 |
| 31.5 | 31.5mm | 72-90 | 90-96 |
| 63 | 63mm | 100 | 100 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.12α.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 16mm, για τη σειρά των Γερμανικών κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

| Κόσκινα | | Διερχόμενα | |
|----------|---------|------------|-----------|
| Όνομασία | Ανοιγμα | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε |
| 0.25 | 250μm | 2-13 | 13-18 |
| 1 | 1mm | 12-32 | 32-49 |
| 2 | 2mm | 21-42 | 42-62 |
| 4 | 4mm | 36-63 | 63-80 |
| 8 | 8mm | 60-85 | 85-94 |
| 16 | 16mm | 100 | 100 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.13α.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 8mm, για τη σειρά των γερμανικών κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

| Κόσκινα | | Διερχόμενα % | |
|----------|---------|--------------|-----------|
| Όνομασία | Ανοιγμα | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε |
| 0.25 | 250μm | 5-11 | 11-21 |
| 1 | 1mm | 21-42 | 42-57 |
| 2 | 2mm | 36-57 | 57-71 |
| 4 | 4mm | 61-74 | 74-85 |
| 8 | 8mm | 95-100 | 100 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.11β.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1 1/2" για τη σειρά των Αμερικανικών κοσκίνων ASTM E 11

| Κόσκινα | | Διερχόμενα % | |
|----------|---------|--------------|-----------|
| Όνομασία | Ανοιγμα | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε |
| 0.25* | 250μm | 2-11 | 11-16 |
| No 50 | 300μm | 3-13 | 13-19 |
| No 30 | 600μm | 4-20 | 20-30 |
| No16 | 1.18mm | 7-29 | 29-42 |
| No8 | 2.36mm | 12-36 | 36-51 |
| No4 | 4.75mm | 21-45 | 45-62 |
| 3/8" | 9.5mm | 34-60 | 60-74 |
| 1/2" | 12.5mm | 41-66 | 66-80 |
| 3/4" | 19.0mm | 51-75 | 75-87 |
| 1" | 25.0mm | 60-84 | 84-93 |
| 1 1/2" | 37.5mm | 95-100 | 100 |
| 2" | 50.0mm | 100 | 100 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.12β.

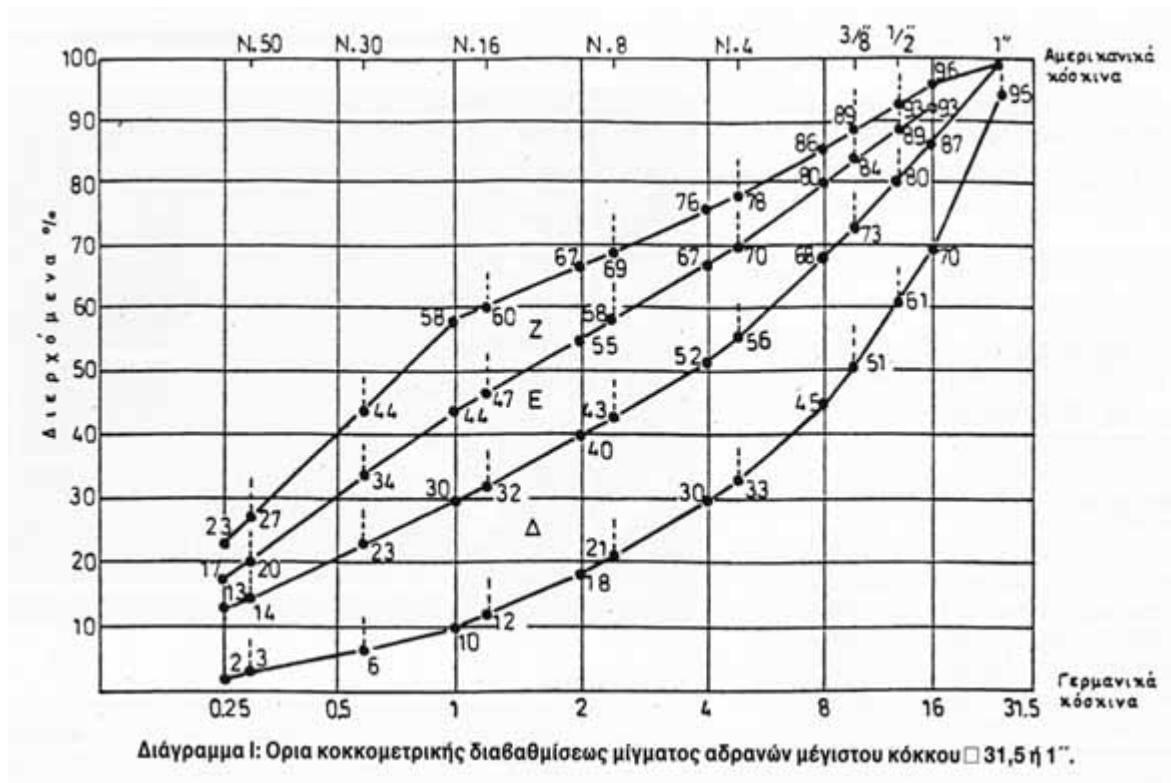
Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1/2" για τη σειρά των Αμερικανικών κοσκίνων ASTM E 11

| Κόσκινα | | Διερχόμενα % | |
|----------|---------|--------------|-----------|
| Όνομασία | Άνοιγμα | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε |
| 0.25* | 250μm | 2-13 | 13-18 |
| No 50 | 300μm | 3-14 | 14-22 |
| No 30 | 600μm | 8-23 | 23-37 |
| No16 | 1.18mm | 14-34 | 34-52 |
| No8 | 2.36mm | 24-47 | 47-66 |
| No 4 | 4.75mm | 42-68 | 68-84 |
| 3/8" | 9.5mm | 70-91 | 91-97 |
| 1/2" | 12.5mm | 95-100 | 100 |
| 3/4" | 19.0mm | 100 | 100 |

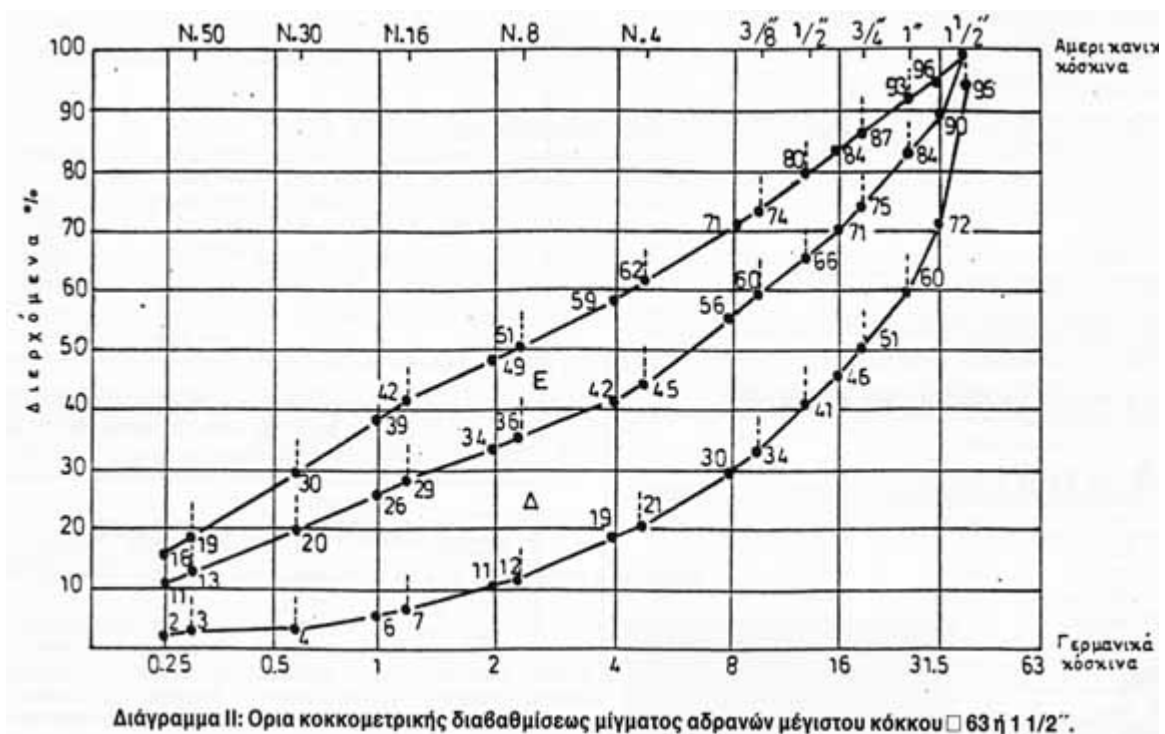
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.13β.

Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 3/8" για τη σειρά των Αμερικανικών κοσκίνων ASTM E 11

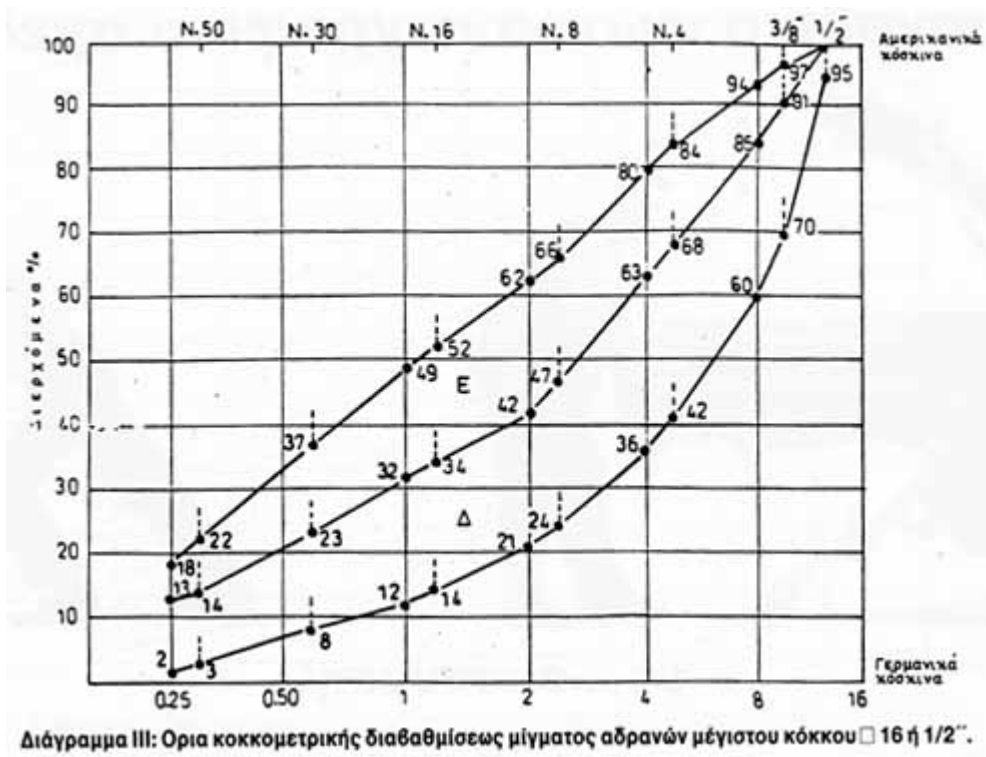
| Κοσκίνα | | Διερχόμενα % | |
|----------|---------|--------------|-----------|
| Όνομασία | Άνοιγμα | Υποζώνη Δ | Υποζώνη Ε |
| 0.25* | 250μm | 5-11 | 11-21 |
| No 50 | 300μm | 7-15 | 15-26 |
| No 30 | 600μm | 15-30 | 30-43 |
| No 16 | 1.18mm | 25-45 | 45-60 |
| No 8 | 2.36mm | 42-61 | 61-74 |
| No 4 | 4.75mm | 69-80 | 80-88 |
| 3/8" | 9.5mm | 100 | 100 |



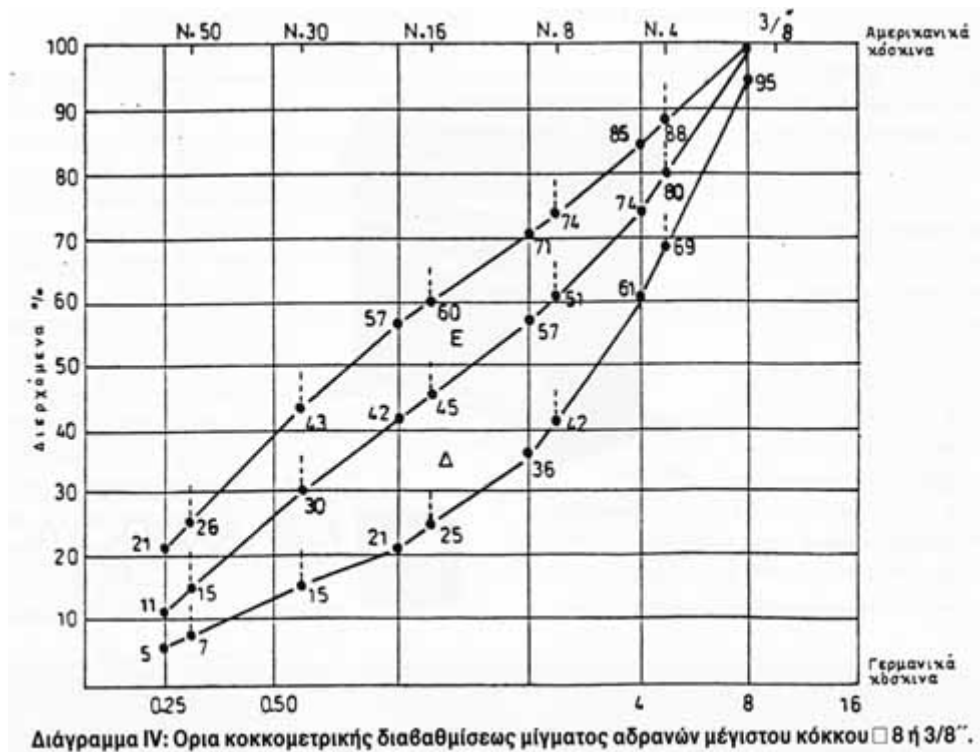
Διάγραμμα I: Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου No 31,5 ή 1.



Διάγραμμα II: Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου No 63 ή 1 1/2.



Διάγραμμα III: Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου No 16 ή 1/2.



Διάγραμμα IV: Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος αδρανών μέγιστου κόκκου No 8 ή 3/8. Η δειγματοληψία των αδρανών στο εργοτάξιο θα γίνεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στη ΣΚ-319 και η μείωση του δείγματος στην επιθυμητή ποσότητα για δοκιμές σύμφωνα με τα αναφερόμενα στη ΣΚ-324.

4.3.4.2. Η δειγματοληψία των αδρανών στο εργοτάξιο θα γίνεται σύμφωνα με τα αναφερόμενα στη ΣΚ-319 και η μείωση του δείγματος στην επιθυμητή ποσότητα για δοκιμές σύμφωνα με τα αναφερόμενα στη ΣΚ-324.

4.3.4.3. Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα ελέγχου του δείγματος των αδρανών δεν συμφωνούν, με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, γίνονται δύο ακόμη δειγματοληψίες και υπολογίζονται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων ελέγχου των τριών (3) δειγματοληψιών (αν πρόκειται για έλεγχο κοκκομετρικών διαβαθμίσεων υπολογίζονται οι μέσοι όροι των διερχομένων από κάθε κόσκινο) Αν και αυτοί οι μέσοι όροι δεν συμφωνούν με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, ο σωρός των αδρανών από το οποίον έγινε η δειγματοληψία απορρίπτεται.

Στην περίπτωση που η ασυμφωνία περιορίζεται μόνο στην ομοιομορφία της διαβαθμίσεως των κλασμάτων ο Επιβλέπων έχει το δικαίωμα να μην απορρίψει το σωρό αλλά:

α) Να επαναλάβει τη Μελέτη Συνθέσεως

β) Να κάνει λογιστική διόρθωση των αναλογιών της Μελέτης Συνθέσεως αν δεν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος για την επανάληψη της Μελέτης Συνθέσεως και οι αποκλίσεις στη διαβάθμιση των αδρανών περιορίζεται στις 10 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα τα μεγαλύτερα των Νο 4, τις 8 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα της άμμου (εκτός του κόσκινου Νο 0.25) και τις 5 εκατοστιαίες μονάδες για το κόσκινο Νο 0.25.

4.3.4.4. Οι απαιτούμενες ελάχιστες ποσότητες δειγμάτων αδρανών υλικών για τους συνήθεις εργαστηριακούς ελέγχους αναφέρονται στον Πίνακα 4.3.4.4.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.4.4.

Απαιτούμενες ποσότητες για την εξέταση των αδρανών

| Δοκιμή | Ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αδρανών σε kg | | |
|-----------------------|---|----------|-----------------|
| | Αμμος | Γαρμπίλι | Σκύρα ή χαλίκια |
| Κοκκομετρική ανάλυση | 20 | 30 | 40 |
| Φαινόμενο βάρος | | | |
| Ισοδύναμου άμμου | | | |
| αντοχή σε τριβή | | | |
| και κρούση κατά | - | 30 | 40 |
| LOS ANGELES | | | |
| Αντοχή σε αποσάρθρωση | | | |
| (υγεία) | 10 | 20 | 30 |

Ο έλεγχος των άλλων χαρακτηριστικών των αδρανών θα επαναλαμβάνεται όταν φαίνεται μακροσκοπικά ότι τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν μεταβληθεί ή όταν αλλάζει η πηγή προμήθειας των αδρανών.

4.3.4.6. Αν υπάρχουν σωροί με όγκους μικρότερους από εκείνους που προβλέπονται στο άρθρο 4.3.4.5., που έχουν σχηματιστεί σε διαφορετικές ημερομηνίες, τότε ο καθένας από τους σωρούς αυτούς πρέπει να εξετάζεται χωριστά.

4.3.4.7. Αδρανή, τα οποία κρίθηκαν ακατάλληλα πρέπει να απομακρύνονται από το χώρο του εργοταξίου.

4.3.4.8. Μεταξύ του αγοραστή αδρανών και του λατομείου παραγωγής τους θα συμφωνείται η διαβάθμιση των αδρανών που θα παραδοθούν, με ανοχές που δεν θα υπερβαίνουν τις 8 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα τα μεγαλύτερα των Νο 4 και τις 6 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα της άμμου. Η ανοχή στο κόσκινο Νο 0.25 δεν θα υπερβαίνει τις 4 εκατοστιαίες μονάδες με την προϋπόθεση ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του άρθρου 4.3.2.6.

4.3.4.9. Κάθε φορτίο αδρανών λατομείου ρέπει να συνοδεύεται με ενυπόγραφο, από τον παραγωγό ή από εκπρόσωπο του, δελτίο κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των αδρανών.

4.3.4.10. Ο αγοραστής έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί φορτίο αδρανούς, του οποίου η διαβάθμιση όπως φαίνεται στο δελτίο του λατομείου, διαφέρει από εκείνη που συμφωνήθηκε, με τις ανοχές του άρθρου 4.3.4.8.

4.3.4.11. Αν κατά το έλεγχο του φορτίου αδρανούς που θα διενεργήσει ο αγοραστής διαπιστωθεί ότι η διαβάθμιση του υλικού δεν είναι εκείνη που βεβαιώνεται στο δελτίο του λατομείου, τότε, εφόσον ο αγοραστής δεν θέλει να χρησιμοποιήσει αυτό το φορτίο, το λατομείο είναι υποχρεωμένο να το απομακρύνει.

4.3.4.12. Το λατομείο είναι υποχρεωμένο να έχει στη διάθεση των αρμοδίων για τον έλεγχο οργάνων της Πολιτείας, καθώς και στη διάθεση των αγοραστών, τα αποτελέσματα ελέγχων των αδρανών που παράγει.

4.3.4.13. Ο έλεγχος των αδρανών ενός έργου γίνεται πάντοτε με τη σειρά κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκε στη Μελέτη Συνθέσεως.

4.4. Νερό

4.4.1. Το νερό αναμίξεως και συντηρήσεως πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 345.

4.4.2. Θαλασσινό νερό δεν θα χρησιμοποιείται για παρασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, εκτός αν αυτό καθίσταται αναπόφευκτο από την έλλειψη κατάλληλου νερού και επιτρέπεται από τη φύση του έργου. Η χρήση του θαλασσινού νερού θα πρέπει να προβλέπεται στη Σύμβαση του έργου η οποία απαραίτητα θα περιγράφει τα αναγκαία πρόσθετα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν σε τέτοιες περιπτώσεις (π.χ. χρήση ειδικών χαλύβων, είδος τσιμέντου, αύξηση της επικάλυψης κλπ.) Η σύμφωνα με τα παραπάνω χρήση θαλασσινού νερού θα εγκρίνεται από την αρμόδια ελέγχουσα δημόσια Αρχή.

4.4.3. Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση θαλασσινού νερού για την Παρασκευή προεντεταμένου σκυροδέματος.

4.4.4. Θαλασσινό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή φέροντος άοπλου σκυροδέματος μόνον εφόσον η απαιτούμενη αντοχή αυξηθεί κατά 15%.

4.5. Πρόσθετα σκυροδέματος

4.5.1. Το πρόσθετο που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο πρέπει να είναι το πρόσθετο που χρησιμοποιήθηκε και ελέγχθηκε στη Μελέτη Συνθέσεως σκυροδέματος. Ο κύριος του έργου ή ο Επιβλέπων Μηχανικός (για τα ιδιωτικά έργα) ή η αρμόδια Υπηρεσία (για τα δημόσια έργα), έχουν το δικαίωμα να απορρίψουν αιτιολογημένα τη χρήση ενός προσθέτου. Η ευθύνη πάντως για τη χρήση των προσθέτων παραμένει σε κάθε περίπτωση στον ανάδοχο του έργου ή στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος.

4.5.2. Ο προμηθευτής του προσθέτου πρέπει να εφοδιάσει τον κύριο του έργου ή την αρμόδια Υπηρεσία επιβλέψεως του έργου με τα πιστοποιητικά ελέγχου του προσθέτου για τον τύπο τσιμέντου που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο. Ο προμηθευτής υποχρεούται να παρέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- λεπτομερείς οδηγίες χρήσεως
- τυπική δόση και βλαβερές επιδράσεις σε περίπτωση χρησιμοποίησεως μεγαλύτερης δόσεως.
- χημική ονοματολογία των κυρίως ενεργών συστατικών του προσθέτου.
- την περιεκτικότητα του προσθέτου σε χλώριο εκφρασμένη σε άνυδρο CaCl_2 ως ποσοστό του βάρους του προσθέτου.
- αν το πρόσθετο δημιουργεί φυσαλίδες αέρα
- τον επιτρεπόμενο χρόνο αποθηκεύσεως και οδηγίες για τις απαιτούμενες συνθήκες αποθηκεύσεως.
- δήλωση συμβατότητας των προσθέτων σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται συγχρόνως δύο ή περισσότερα πρόσθετα.

4.5.3. Η δαπάνη για τον έλεγχο των προσθέτων θα καταβάλλεται από τον προμηθευτή τους ή τον κατασκευαστή του έργου.

4.5.4. Η Μελέτη Συνθέσεως του σκυροδέματος πρέπει να έχει γίνει με πρόσμιξη του προσθέτου ή των προσθέτων, αν αυτά είναι περισσότερα.

4.5.5. Απαγορεύεται η χρήση προσθέτων που δημιουργούν ιόντα χλωρίου για σκυρόδεμα οπλισμένο ή προεντεταμένο ή σε περίπτωση που στο σκυρόδεμα θα ενσωματωθούν εξαρτήματα από αλουμίνιο.

4.5.6. Τα αερακτικά πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-307

4.5.7. Τα επιταχυντικά, επιβραδυντικά, ρευστοποιητικά ή άλλα πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ- 308 για τον αντίστοιχο τύπο.

4.5.8. Τα υπερρευστοποιητικά πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-316.

4.5.9. Το πρόσθετο ή τα πρόσθετα που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο θα είναι του ίδιου εργοστασίου, θα έχουν την ίδια εμπορική ονομασία με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη Συνθέσεως και θα προστίθενται σε αυτήν, με ευθύνη του αναδόχου του έργου ή του εργοστασίου παραγωγής. Μεταβολή αυτής της αναλογίας μπορεί να γίνει με έγκριση του Επιβλέποντα ή της Υπηρεσίας. Η ποσότητα υπερρευστοποιητικού που πιθανώς θα απαιτηθεί επιτόπιου στο έργο για τη βελτίωση της εργασιμότητας εκτιμάται με ευθύνη του εργοστασίου παραγωγής σκυροδέματος.

Άρθρο 5: Σύνθεση σκυροδέματος

5.1. Γενικά Το σκυρόδεμα πρέπει να έχει μελετηθεί και να παρασκευάζεται έτσι ώστε:

- να έχει ομοιογένεια
- να έχει την εργασιμότητα εκείνη που θα επιτρέψει να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί ικανοποιητικά με τα διαθέσιμα μέσα και
- να έχει την αντοχή, την ανθεκτικότητα και όλες τις άλλες πρόσθετες ιδιότητες, οι οποίες προδιαγράφονται για το έργο.

5.2. Μελέτη Συνθέσεως

5.2.1. Υποχρεώσεις

5.2.1.1. Οι αναλογίες των υλικών για την παρασκευή του σκυροδέματος θα καθορίζονται από εργαστηριακή Μελέτη Συνθέσεως. Η Μελέτη Συνθέσεως είναι υποχρεωτική για κάθε ποιότητα σκυροδέματος, όπως επίσης και για οποιονδήποτε σκυρόδεμα ειδικών απαιτήσεων (στεγανό σκυρόδεμα, ανθεκτικό σκυρόδεμα κλπ.) δεν είναι υποχρεωτική για το σκυρόδεμα υποστρώσεων, ισοπεδωτικών στρώσεων και άλλων βοηθητικών κατασκευών, που δεν μετέχουν ουσιαστικά στη λειτουργία του έργου.

5.2.1.2. Στα έργα όπου το σκυρόδεμα παρασκευάζεται επιτόπου ο κατασκευαστής είναι υποχρεωμένος να φροντίσει για την έγκαιρη διενέργεια της Μελέτης Συνθέσεως. Την ευθύνη της αντιπροσωπευτικότητας των υλικών και της εφαρμογής της Μελέτης Συνθέσεως στο εργοτάξιο έχει ο Επιβλέπων Μηχανικός. Αν δεν έχει συμφωνηθεί διαφορετικά, η δαπάνη της Μελέτης Συνθέσεως βαρύνει τον ιδιοκτήτη του έργου.

5.2.1.3. Στα δημόσια έργα που εκτελούνται από εργοληπτική επιχείρηση ο υπόχρεος για τη διενέργεια της μελέτης Συνθέσεως και για την καταβολή της σχετικής δαπάνης, ορίζεται από την Σύμβαση του έργου. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει σχετικός όρος στη Σύμβαση η δαπάνη βαρύνει τον ανάδοχο του έργου.

5.2.1.4. Οι Μελέτες Συνθέσεως σκυροδέματος γίνονται από τα Εργαστήρια του ΥΠΕΧΩΔΕ, τα Εργαστήρια των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και τα αναγνωρισμένα Εργαστήρια (άρθρο 15.8.).

5.2.1.5. Η Μελέτη Συνθέσεως κάθε ποιότητας σκυροδέματος πρέπει να γίνεται στην αρχή του έργου και πρέπει να επαναλαμβάνεται:

α) όταν αλλάζει η πηγή λήψεως των αδρανών

β) όταν τα αδρανή παρουσιάζουν διαφορετική διαβάθμιση από εκείνη που είχαν στη Μελέτη Συνθέσεως με αποκλίσεις που υπερβαίνουν τις 10 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα τα μεγαλύτερα του Νο 4, τις 8 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα της άμμου (εκτός του κοσκίνου Νο 0.25) και τις 5 εκατοστιαίες μονάδες για το κόσκινο Νο 0.25.

γ) όταν αλλάζουν τα πρόσθετα ή ο τύπος του τσιμέντου ή η κατηγορία αντοχής του τσιμέντου.

δ) όταν το μίγμα παρουσιάζει τάσεις απομίξεως ή η κάθιση του δεν είναι δυνατό να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του άρθρου 8.6. μολονότι τηρούνται οι αναλογίες της Μελέτης Συνθέσεως.

5.2.2. Απαιτούμενη αντοχή

5.2.2.1. Αν 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 δεν διαφέρει περισσότερο από 7MPa από εκείνη του υπόψη έργου τότε η απαιτούμενη αντοχή πρέπει να έχει τουλάχιστον την τιμή που υπολογίζεται από τη Σχέση:

$$f_a = f_{ck} + 2.01s$$

όταν πρόκειται για σκυρόδεμα μεγάλων έργων (άρθρο 13.5.) και από τη

Σχέση:

$$f_a = f_{ck} + 2.14s$$

όταν πρόκειται για σκυρόδεμα μικρών έργων (άρθρο 13.4.)

Η απαιτούμενη αντοχή f_a του εργοστασιακού σκυροδέματος πρέπει να καθορίζεται από τα ίδια τα εργοστάσια, και να είναι τουλάχιστον ίση με (άρθρο 12.1.1.5)

$$f_a = f_{ck} + 1.64s$$

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 Πίνακα 5.2.2.1.

Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως (μετά τον πολλαπλασιασμό της με τον αντίστοιχο συντελεστή του Πίνακα 5.2.2.1.) είναι μικρότερη από 3MPa τότε στις Σχέσεις (1) ,(2) και (3) πρέπει να εισάγεται τιμή $s = 3\text{MPa}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.2.1.

Συντελεστής διορθώσεως της τυπικής αποκλίσεως

| Αριθμός δοκιμίων | Συντελεστής πολλαπλασιασμού |
|------------------|-----------------------------|
| 15 | 1.27 |
| 20 | 1.18 |
| 30 | 1.09 |
| 40 | 1.05 |
| 50 | 1.02 |
| 60 ή περισσότερα | 1.00 |

5.2.2.2. 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 του άρθρου 5.2.2.1., τότε ο υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής από τις Σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να γίνεται με την παραδοχή τυπικής αποκλίσεως $s = 5\text{MPa}$ αν θα

χρησιμοποιηθούν θραυστά αδρανή και $s = 6$ MPa αν θα χρησιμοποιηθούν φυσικά αδρανή.

5.2.3. Στοιχεία μελέτης Συνθέσεως

5.2.3.1. Η Μελέτη Συνθέσεως σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με τα αδρανή το τσιμέντο, τα πρόσθετα και το νερό (αν αυτό είναι αμφιβόλου ποιότητας), που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο. Τα υλικά αυτά πρέπει να τα προσκομίζει στο Εργαστήριο εκείνος που ζητά τη Μελέτη Συνθέσεως. Οι αναλογίες των υλικών που θα δίνονται στη Μελέτη Συνθέσεως πρέπει να εξασφαλίζουν το μίγμα τα ακόλουθα:

- την εργασιμότητα που προδιαγραφεί ο Μελετητής ή ο Επιβλέπων.

Η εργασιμότητα του σκυροδέματος θα εκφράζεται σε εκατοστά καθίσης, σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-309.

Αν δεν προδιαγράφεται εργασιμότητα, η Μελέτη Συνθέσεως θα γίνεται για σκυρόδεμα με κάθιση 10-12 cm όταν τα αδρανή είναι θραυστά και 6-10cm όταν όλα τα αδρανή, ή μερικά από αυτά, είναι φυσικά.

Εκτός από την κάθιση μπορεί να προδιαγράφεται και εξάπλωση όπως αυτή περιγράφεται στη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ- 318.

Και σ' αυτήν όμως την περίπτωση θα ισχύουν για την κάθιση όσα αναφέρονται στα άρθρα 5.2.4. και 8.5. έως και 8.7. του κανονισμού αυτού. Σε υφυγρά μίγματα μπορεί να προδιαγράφεται και χρόνος Vebe , σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ- 310.

- τις πρόσθετες πιθανών ιδιότητες που θα προδιαγράφει ο Μελετητής ή ο Επιβλέπων (αντλησιμότητα, στεγανότητα, ανθεκτικότητα κτλ.) όσο αυτές είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν με τα υλικά που προσκομίστηκαν στο Εργαστήριο.

- μέση αντοχή ίση τουλάχιστον με την απαιτούμενη f_a .

- άλλες αντοχές ή άλλα στοιχεία που ζητάει ο ενδιαφερόμενος (αντοχή σε κάμψη, αντοχή σε διάρρηξη κτλ.) 5.2.3.2. Αν οι ιδιότητες του σκυροδέματος που αναφέρονται στο άρθρο 5.2.3.1. δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν με τα

υλικά που προσκομίστηκαν, το Εργαστήριο θα συμβουλεύει εκείνον που ζητά τη Μελέτη Συνθέσεως για τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν στα υλικά ή για την πλήρη αντικατάστασή τους.

5.2.3.3. Εφόσον ζητηθεί, στη Μελέτη Συνθέσεως θα δίνεται η καμπύλη του λόγου νερό/ τσιμέντο (N/T) και αντοχής για ένα διάστημα τουλάχιστον ± 3 MPa εκατέρωθεν της απαιτούμενης αντοχής f_a .

5.2.3.4. Η ποσότητα του νερού που θα δίνεται στις αναλογίες υλικών της Μελέτης Συνθέσεως θα αναφέρεται σε ξερά αδρανή υλικά. Σε ξερά επίσης αδρανή υλικά αναφέρονται οι οριακές τιμές λόγου N/T που δίνονται σε άλλες παραγράφους του Κανονισμού αυτού.

5.2.4. Κάθιση

5.2.4.1. Η κάθιση για την οποία και θα συντάσσεται η Μελέτη Συνθέσεως πρέπει να καθορίζεται από το Μελετητή ή τον Επιβλέποντα σύμφωνα με τις ειδικές απαιτήσεις του έργου.

5.2.4.2. Το σκυρόδεμα που συμπυκνώνεται με συνήθη δονητικά μέσα στο εργοτάξιο για τη μόρφωση φορέων πρέπει να έχει κάθιση τουλάχιστον 5cm αν παρασκευάζεται με θραυστά υλικά και τουλάχιστον 3cm αν παρασκευάζεται με φυσικά υλικά. Σκυρόδεμα με μικρότερη κάθιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τη μόρφωση προκατασκευασμένων στοιχείων, δαπέδων, ογκωδών έργων ή άλλων ειδικών κατασκευών.

5.2.5. Ελάχιστες απαιτήσεις

5.2.5.1. Για το οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς ειδικές απαιτήσεις, για τα ειδικά σκυροδέματα οπλισμένα ή άοπλα του άρθρου 12, καθώς και για το προεντεταμένο σκυρόδεμα ισχύουν οι απαιτήσεις του Πίνακα 5.2.5.1.

5.2.5.2. Σκυρόδεμα το οποίο έχει επικαλυφτεί με οποιοδήποτε υλικό εκτός επιχρίσματος, (πλάκες, πλακίδια, φύλλα αλουμινίου, χρώματα, στεγανοποιητικές επαλείψεις κ.α.) θεωρείται, για τις απαιτήσεις του Πίνακα 5.2.5.1. ανεπίχριστο.

5.2.5.3. Ο μέγιστος κόκκος του σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το 1/3 του πάχους του στοιχείου που θα κατασκευαστεί από αυτό το σκυρόδεμα.

Άρθρο 6: Ανάμιξη σκυροδέματος

6.1. Τα αδρανή υλικά και το τσιμέντο πρέπει να μετριοούνται σε βάρος και το νερό σε βάρος ή όγκο.

6.2. Τα στερεά πρόσθετα σε σκόνη πρέπει να μετριοούνται σε μέρη βάρους και τα υγρά πρόσθετα σε μέρη βάρους ή όγκου.

6.3. 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 12MPa αν χρησιμοποιούνται θραυστά αδρανή και 14MPa αν χρησιμοποιούνται φυσικά αδρανή.

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

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

6.4. Ο αναμικτήρας πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Παραρτήματος Β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346. Απαγορεύεται η χρήση αναμικτήρων κονιάματος για οποιαδήποτε ποιότητα σκυροδέματος.

6.5. Ο χρόνος αναμίξεως είναι εκείνος που αναγράφεται στις προδιαγραφές του αναμικτήρα.

Οπωσδήποτε όμως δεν θα είναι μικρότερος από 1min. Ο χρόνος αναμίξεως μετριέται μετά την εισαγωγή όλων των υλικών στον αναμικτήρα. Μικρότερος ελάχιστος χρόνος αναμίξεως επιτρέπεται όταν:

α) ο αναμικτήρας είναι βίαιος αναμίξεως και οι 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.

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

6.7. 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.

6.8. Δεν πρέπει να γίνεται φόρτωση του αναμικτήρα αν το προηγούμενο ανάμιγμα δεν έχει αποφορτωθεί.

6.9. Απαγορεύεται η προσθήκη υλικών στο μίγμα (όπως στεγανοποιητικών ή άλλων προσθέτων) μετά την απομάκρυνση 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 3min.

Άρθρο 7: Μεταφορά σκυροδέματος

7.1. Κατά την μεταφορά του μέχρι τη διάστρωση το σκυρόδεμα πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή ή την πρόσμιξη του με ξένα υλικά και δεν πρέπει να χάνει την ομοιογένεια του.

7.2. Αν η μεταφορά γίνεται με αυτοκίνητο ή αυτοκίνητο αναδευτήρα ισχύουν όσα αναφέρονται στην παρ. 2 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 για το "έτοιμο σκυρόδεμα".

7.3. Αν χρησιμοποιείται αντλία, αυτή δεν πρέπει να μεταβάλλει την ομοιογένεια και την εργασιμότητα του μίγματος (άρθρο 12.10.).

Άρθρο 8: Διάστρωση σκυροδέματος

8.1. 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.

8.2. Αν η εκφόρτωση δεν είναι δυνατόν αν γίνει στη θέση διαστρώσεως, θα χρησιμοποιούνται για την ενδιάμεση μεταφορά αντλίες, κεκλιμένα επίπεδα, μεταφορικές ταινίες ή άλλα μέσα που δεν προκαλούν απόμιξη του μίγματος.

8.3. Απαγορεύεται η ελεύθερη πτώση του σκυροδέματος από ύψος μεγαλύτερο των 2.5 μέτρων.

Σ' αυτή τη περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σωλήνες που θα κατεβάζουν το σκυρόδεμα μέχρι τη θέση διαστρώσεως ή θα ανοίγονται παράθυρα στον ξυλότυπο σε ενδιάμεσα ύψη.

8.4. Απαγορεύεται η διάστρωση ολόσωμων πλακών σε δύο στρώσεις (στάρωμα) εφόσον το πάχος των πλακών δεν υπερβαίνει τα 60cm. Αν το πάχος μιας πλάκας είναι μεγαλύτερο από 60cm θα τηρούνται όσα αναφέρονται στο άρθρο 9.3.

8.5. 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 μεταβάλλει την κάθιση

προσαρμόζοντας τις αναλογίες των υλικών σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στη Μελέτη Συνθέσεως.

8.6. 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 δυο 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 διαμορφώσει επί τόπου του έργου ο Επιβλέπων με κατάλληλη προσαρμογή των αναλογιών της Μελέτης Συνθέσεως περισσότερο από το ένα τέταρτο της. Η κάθιση του έτοιμο εργοστασιακού σκυροδέματος πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια της κατηγορίας καθίσεως του Πίνακα 12.1.1.16. 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 15min.

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.

8.7. Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί ανάμιγμα ή φορτίου έτοιμου σκυροδέματος το οποίο έχει κάθιση μεγαλύτερη από εκείνη που αναφέρεται στο άρθρο 8.6.

8.8. 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 επί τόπου με την προσθήκη υπερρρευστοποιητικού. Η δαπάνη του υπερρρευστοποιητικού βαρύνει το εργοστάσιο.

8.9. Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορεί να απαιτήσει 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.

8.10. Αν στο μίγμα υπάρχει αερακτικό, το ποσοστό αέρα δεν πρέπει να διαφέρει από το αντίστοιχο ποσοστό της Μελέτης Συνθέσεως ή το ποσοστό της παραγγελίας αν πρόκειται για έτοιμο σκυρόδεμα, περισσότερο από $\pm 1\%$. 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.).

8.11. Εφόσον πρόκειται να διαστρωθεί στο έδαφος ένα οπλισμένο δομικό στοιχείο, με οπλισμό στην κάτω επιφάνεια του (π.χ. μια πλάκα θεμελιώσεως) το έδαφος θα πρέπει να καλύπτεται σε μια ισοπεδωτική στρώση σκυροδέματος μέσου πάχους τουλάχιστον 50mm.

Άρθρο 9: Συμπύκνωση σκυροδέματος

9.1. Η συμπύκνωση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με δονητή.

Όταν το σκυρόδεμα έχει μεγάλη κάθιση (μεγαλύτερη από 20cm) 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.

9.2. 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 σκυροδετείτε και τη διαδικασία διαστρώσεως, προδιαγράφεται δε στη σύμβαση του έργου.

9.3. Όταν το πάχος του στοιχείου του σκυροδέματος είναι μεγάλο, η διάστρωση πρέπει να γίνεται σε στρώσεις με πάχος όχι μεγαλύτερο από 60cm. Η επιφάνεια των στρώσεων πρέπει να διαμορφώνεται κατά τη διάστρωση οριζόντια και όχι να οριζοντοποιείται με το δονητή. Κάθε στρώση πρέπει να διαστρώνεται όσο το σκυρόδεμα της προηγούμενης στρώσεως είναι πλαστικό,

ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία αρμού εργασίας. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών θέσεων του δονητή θα είναι ίσες με $1.5 A$ περίπου, όπου A η ακτίνα ενέργειας του δονητή.

Κατά τη δόνηση το στέλεχος του δονητή θα εισχωρεί στην υποκείμενη στρώση κατά 5cm περίπου.

Απαγορεύεται η δόνηση σιδηροπλισμού του οποίου ένα τμήμα βρίσκεται ήδη βυθισμένο σε σκληρυμένο σκυρόδεμα.

9.4. 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.

9.5. 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.

Άρθρο 10: Συντήρηση σκυροδέματος

10.1. 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. Εάν η συντήρηση που γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 10.2. διακόπτεται στις 7 ημέρες, για το διάστημα από τις 7 μέχρι τις 28 ημέρες, θα ισχύουν τα αναφερόμενα στο άρθρο 10.3.

10.2. Η συντήρηση πρέπει να δημιουργεί τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που θα επιτρέψουν να ενυδατωθεί το μεγαλύτερο ποσοστό τσιμέντου του μίγματος. Για τη θερμοκρασία συντηρήσεως ισχύουν τα αναφερόμενα στα άρθρα 12.8. και 12.9. 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 κτλ.

β) με μεθόδους που αντικαθιστούν το νερό που εξατμίζεται όπως κατάβρεγμα, πλημμύρισμα κτλ.

10.3. 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 επιφάνειας του δύο φορές την ημέρα και από τις 14 μέχρι τις 28 ημέρες μια φορά την ημέρα.

10.4. 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.

10.5. Τα δοκίμια της παρ. 10.4. επιβάλλονται μόνο στην περίπτωση προεντεταμένου σκυροδέματος ή όταν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι δυσμενείς. Η αρμόδια Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων μηχανικός μπορεί να ζητήσει τη λήψη αυτών των δοκιμίων και σε άλλες περιπτώσεις αν θέλει να ελέγξει την αποδοτικότητα μιας μεθόδου συντηρήσεως.

10.6. Τα δοκίμια της παρ. 10.4 θα κατασκευάζονται ως δίδυμα των δοκιμίων 7 ή 28 ημερών, σύμφωνα με τη Μέθοδο Έλεγχου ΣΚ-304.

10.7. Αν η συντήρηση γίνει με μεμβράνη που σχηματίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος με ψεκασμό υγρού, το υγρό αυτό πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της προδιαγραφής Σκ-314.

10.8. 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, όπως αναφέρεται στην παρ. 10.3.

Άρθρο 11: Ξυλότυποι

11.1. Στον κανονισμό αυτό ο όρος " Ξυλότυπος" χρησιμοποιείται για όλα τα είδη των τύπων (καλουπιών) και των αναγκαίων ικριωμάτων ανεξαρτήτως υλικού κατασκευής τους. Όπου χρειάζεται να γίνει διάκριση των μεταλλικών ή των πλαστικών τύπων θα χρησιμοποιούνται οι όροι "σιδηροτύπος" και "πλαστικότυπος".

11.2. Οι ξυλότυποι πρέπει να υπολογίζονται, όπου χρειάζεται, και να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να φέρουν όλες τις κατακόρυφες, και οριζόντιες δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την κατασκευή του σκελετού του σκυροδέματος, χωρίς να υποχωρούν ή να παραμορφώνονται. Απαγορεύεται η χρήση εύκαμπτων λεπτών φύλλων (λαμαρίνες, χαρτόνια κλπ.) για τη συμπλήρωση του ξυλοτύπου σε οποιαδήποτε θέση.

11.3. Οι αρμοί μεταξύ των στοιχείων του ξυλοτύπου πρέπει να είναι αρκετά κλειστοί ώστε να εμποδίζουν τη διαφυγή τσιμεντοκονίας.

11.4. Πριν από τη διάστρωση πρέπει να απομακρύνονται από τον ξυλότυπο και τις επιφάνειες σκληρυμένου σκυροδέματος που θα καλυφθούν με νέο σκυρόδεμα (υποστρώματα, τοιχία κλπ.) όλα τα ξένα σώματα (ξύλα, χαρτιά, πολυστερίνη κ.α.). Αν ο ξυλότυπος είναι υδατοαπορροφητικός (σανίδες, κόντρα - πλακέ κτλ. που δεν έχουν επαλειφθεί με αποκολλητικά υλικά κ.α.) τότε θα διαβρέχεται μέχρι κορεσμού. θα διαβρέχονται επίσης οι επιφάνειες του

σκληρυμένου σκυροδέματος που θα καλυφθούν με νέο σκυρόδεμα. Απαγορεύεται η διάστρωση τσιμεντοκονίας σ' αυτές τις επιφάνειες.

11.5. Η αφαίρεση των ξυλοτύπων μπορεί να γίνει μόνο όταν το σκυρόδεμα έχει αποκτήσει ικανή αντοχή, ώστε να φέρει, με τις προϋποθέσεις που έχουν ληφθεί υπόψη στο στατικό υπολογισμό, όλα τα φορτία αφαιρέσεως των ξυλοτύπων (ή σιδηροτύπων) ή τα φορτία με τα οποία πρόκειται να φορτιστεί μέχρι την ηλικία των 28 ημερών. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στις περιπτώσεις όπου σε στοιχεία που δεν έχουν ακόμη ενηλικιωθεί στηρίζονται ξυλότυποι υπερκειμένων κατασκευών.

11.6. Όταν η εξέλιξη της σκληρύνσεως δεν παρακολουθείται με δοκίμια (άρθρο 10.4.) οι ξυλότυποι δεν θα αφαιρούνται πριν από τις ημέρες που δίνονται στον Πίνακα 11.6. Αν μέσα σ' αυτά τα χρονικά διαστήματα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατέβηκε κάτω από + 5°C για περισσότερο από δύο ώρες και μέχρι 24 ώρες, οι χρόνοι του Πίνακα 11.6. θα αυξάνονται κατά μια ημέρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.6.Χρόνοι αφαιρέσεως ξυλοτύπων

| Στοιχεία κατασκευής | Κατηγορία αντοχής τσιμέντου | | |
|--|-----------------------------|--------|----------------------------|
| | 32,5 N 32,5 R | 42,5 N | 42,5 R 52,5 N 52,5 R |
| Πλευρικά δοκών, πλακών, υποστυλωμάτων και τοιχιών. | 3 | 2 | 2 |
| Ξυλότυποι πλακών και δοκών | 8 | 5 | 4 |
| Ξυλότυποι πλακών και δοκών ανοίγματος μεγαλύτερου των 5m. | 16 | 10 | 8 |
| Υποστυλώματα ασφαλείας δοκών, πλαισίων και πλακών ανοίγματος μεγαλύτερου των 5m. | 28 | 28 | 22 |

*Επισημαίνεται ότι οι τιμές του Πίνακα είναι προσεγγιστικές. Μεταξύ των άλλων εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, αλλά και από την ενδεχόμενη πρόωμη φόρτιση των υπόψη στοιχείων από τα υλικά της κατασκευής. Επίσης δεν παρέχουν ασφάλεια σε στοιχεία που μπορούν να παρουσιάσουν μεγάλες ερπυστικές παραμορφώσεις.

Γενικά εάν η χαμηλότερη των $+ 5^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασία διατηρείται για $24K + \lambda$ ώρες

Όπου $K =$ ακέραιος ή μηδέν και $\lambda \ll 24$, τότε οι χρόνοι του

Πίνακα 11.6. θα αυξάνονται κατά $K+1$ ημέρες αν $\lambda \gg 2$ και κατά K ημέρες αν $\lambda < 2$.

Για τις περιπτώσεις χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος ισχύει το άρθρο 12.8.

11.8. Η αφαίρεση των ξυλοτύπων πρέπει να γίνεται χωρίς κρούσεις και δονήσεις. Θα αφαιρούνται πρώτα οι ξυλότυποι των κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλωμάτων, τοιχίων κτλ.) μετά δε οι ξυλότυποι των οριζόντιων στοιχείων (πλακών και δοκών).

11.9. Όταν, μετά από παρέλευση δύο ή περισσότερων ημερών το διαστρωμένο σκυρόδεμα δεν έχει σκληρυνθεί και παραμορφώνεται με την πίεση του δακτύλου, εκτός των άλλων μέτρων που πιθανώς θα ληφθούν, οι χρόνοι αφαιρέσεως των ξυλοτύπων του Πίνακα 11.6. θα αυξάνονται κατά τις ημέρες που παρατηρείται το ως άνω φαινόμενο.

Άρθρο 12:Ειδικές περιπτώσεις σκυροδεμάτων και διαστρώσεων.

Στα ακόλουθα ειδικά σκυροδέματα και ειδικές διαστρώσεις εφαρμόζονται οι επί μέρους διατάξεις των παραγράφων αυτού του άρθρου. Τα ειδικά αυτά σκυροδέματα και διαστρώσεις είναι: έτοιμο εργοστασιακό σκυρόδεμα έτοιμο εργοταξιακό σκυρόδεμα σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπεραιότητας σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικές προσβολές σκυρόδεμα μέσα σε νερό σκυρόδεμα στη θάλασσα σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε αέρα κορεσμένο με θαλάσσια άλατα (παραθαλάσσιο περιβάλλον) σκυροδέτηση με χαμηλή θερμοκρασία σκυροδέτηση με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος και αντλητό σκυρόδεμα

12.1. Έτοιμο σκυρόδεμα

Όπως αναφέρεται στο άρθρο 3.9. το έτοιμο σκυρόδεμα μπορεί να είναι εργοστασιακό ή εργοταξιακό

12.1.1. Έτοιμο εργοστασιακό σκυρόδεμα Ισχύουν όσα αναφέρονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 346 με τις ακόλουθες τροποποιήσεις ή προσθήκες.

12.1.1.1. Όπου αναφέρεται η λέξη "παρτίδα" νοείται η λέξη "ανάμιγμα"

12.1.1.2. Δεν εφαρμόζονται οι υποσημειώσεις 10 και 14

12.1.1.3. Αντί του τμήματος της παρ. 1.2.1. "Το εργοστάσιο παραδιδόμενου σκυροδέματος" ισχύει το: "ο υπεύθυνος παραγωγής και ποιότητας της Βιομηχανίας παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος, ο οποίος έχει και την ευθύνη για την ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών και του παραδιδόμενου σκυροδέματος, θα είναι διπλωματούχος Μηχανικός με αποδεδειγμένη εμπειρία στην παραγωγή και τεχνολογία του σκυροδέματος. Στην περίπτωση Βιομηχανίας με περισσότερες από

μία μονάδες παραγωγής ανά νόμο, σε κάθε μονάδα θα υπάρχει επιπλέον επικεφαλής τεχνικός με αποδεδειγμένη εμπειρία στην παραγωγή και τεχνολογία του σκυροδέματος. Εάν οι μονάδες ανά νομό υπερβαίνουν τις τρεις θα πρέπει να υπάρχει και ένας δεύτερος Μηχανικός υπεύθυνος παραγωγής και ποιότητας για κάθε τρεις μονάδες.

12.1.1.4. Αντί της παρ. 3.1. ισχύουν τα ακόλουθα: "Την ευθύνη της ποιότητας των υλικών του σκυροδέματος έχει το εργοστάσιο. Τα υλικά (αδρανή, τσιμέντο, νερό, πρόσθετα) θα ελέγχονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις αυτού του κανονισμού. Το εργοστάσιο σκυροδέματος έχει την υποχρέωση να κοινοποιεί τα αποτελέσματα των ελέγχων στον αγοραστή σκυροδέματος εφόσον αυτό τα ζητήσει".

12.1.1.5. Αντί του τμήματος της παρ. 3.2. "Στην παραπάνω Μελέτης" ότι αυτή η μείωση είναι εφικτή "ισχύει το" Οι Μελέτες Συνθέσεως θα εξασφαλίζουν αντοχή f_a τουλάχιστον ίση με $f_{ck} + 1.64s$ που είναι οριακή για αυτόν τον Κανονισμό, όπου f_{ck} είναι η χαρακτηριστική αντοχή του

σκυροδέματος για την οποία έγινε αυτή η σύνθεση και η τυπική του απόκλιση, η οποία πρέπει να έχει προκύψει από την εξέταση δοκιμών 15-60 τουλάχιστον "αναμιγμάτων". Κατά τα λοιπά, ισχύουν για τις Μελέτες Συνθέσεως όσα αναφέρονται στο άρθρο 5.2.2. αυτού του Κανονισμού.

12.1.1.6. Το ποσοστό αέρα και η κάθιση πρέπει να ελέγχονται σύμφωνα με τα άρθρα 8.6. και 8.10. του Κανονισμού αυτού.

12.1.1.7. Αντί της παραγράφου 3.3.β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 ισχύουν τα ακόλουθα:

- ο έλεγχος της αντοχής στο εργοτάξιο από τον αγοραστή ή τον Επιβλέποντα ή τα αρμόδια κρατικά όργανα θα γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 13.3. του κανονισμού αυτού. η ποιότητα του σκυροδέματος θα παρακολουθείται στο εργοστάσιο από τον παραγωγό με δοκίμια. Ο αριθμός των δοκιμών και η συχνότητα δειγματοληψίας εξαρτάται από τις ιδιότητες που εξετάζονται (π.χ. αντοχή μικρής ηλικίας, επίδραση προσθέτων, υδατοπερατότητα κλπ.) και τη μεθοδολογία ελέγχου.

Οποσδήποτε, όμως, θα ελέγχεται σε θλίψη και σε ηλικία 28 ημερών, ένα δοκίμιο για κάθε κατηγορία σκυροδέματος και ημέρα παραγωγής. Τα δοκίμια αυτά θα σημαίνονται κατά τη λήψη τους και εκτός από την αναγραφή των στοιχείων και των αποτελεσμάτων ελέγχου τους σε μητρώα, θα σχεδιάζεται σε διαγράμματα όπως αυτά του Σχ. 12.1.1.7 ο κινούμενος μέσος όρος τριών και τριάντα έξι συνεχόμενων αντοχών που θα υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$X_{κιν.3} = \frac{X_n + X_{n1} + X_{n-2}}{3}$$

για την ημέρα παραγωγής και

$$X_{κιν.36} = \frac{X_n + X_{n1} + X_{n35}}{36}$$

για την ημέρα παραγωγής

όπου $X_n, X_{n-1}, X_{n-2}, \dots, X_{n-35}$ οι αντοχές 28 ημερών των δοκιμίων που ελήφθησαν κατά την $n_1, n-1, n-2, \dots, n-35$ αντίστοιχα ημέρα παραγωγής (Σχ. 12.1.1.7. διάγραμμα μεταβολής των $X_{kin,3}$ και $X_{kin,36}$).

Θα αναγράφεται επίσης στα μητρώα τυπική απόκλιση s της κατηγορίας σκυροδέματος που θα υπολογίζεται για κάθε εξηντάδα δοκιμίων από την ακόλουθη σχέση :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=60} (X_i - X_{60})^2}{60}}$$

12.1.1.8. Στην παρ. 3.4.1. (α),(β),(γ), του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 τηρούμενα στοιχεία θα αναγράφονται τηρούμενα στοιχεία θα αναγράφονται σε "Ημερολόγιο- Μητρώο" θεωρημένο και αριθμημένο κατά σελίδα από τα κατά τόπους περιφερειακά Εργαστήρια ή το Κεντρικό Εργαστήριο του ΥΠΕΧΩΔΕ.

12.1.1.9. Το εργοστάσιο σκυροδέματος μπορεί να διενεργεί τις δικές του Μελέτες Συνθέσεως στο δικό του Εργαστήριο.

12.1.1.10. Από το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α "ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗ" δεν ισχύει το τμήμα του κειμένου: "Γενικώς κατά σειράν καταλληλότητας εφθαρμένα τμήματα να αντικαθίστανται"

12.1.1.11. Ο έλεγχος "Ομοιομορφία εντός της αυτής παρτίδας" (αναμίγματος) της παρ. 1.1. του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Β θα γίνεται μόνο σε σκυρόδεμα που έχει κάθιση μεταξύ 10cm και 15cm.

12.1.1.12. Τα δύο δείγματα σκυροδέματος για τον έλεγχο ομοιομορφίας, που αναφέρονται στην παρ. 1.1α του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346, θα παίρνονται αντιστοίχως, το πρώτο αμέσως μετά την εκφόρτωση του 10% περίπου του φορτίου του αναμκτήρα, και το δεύτερο αμέσως πριν από την εκφόρτωση του 90% περίπου του φορτίου του αναμκτήρα.

12.1.1.13. Ο έλεγχος της διαφοράς σε περιεκτικότητα αέρα που αναφέρεται στον Πίνακα Ι "Απαιτήσεις ομοιομορφίας σκυροδέματος" θα γίνεται μόνον όταν

το σκυρόδεμα περιέχει αερακτικό πρόσθετο. Στον ίδιο Πίνακα στη δοκιμή για την κάθιση, η φράση "δια μέση τιμή καθίσεως 10 cm" και το αντίστοιχο όριο "2.5 cm" δεν ισχύουν.

12.1.1.14. Τα αρμόδια κρατικά όργανα έχουν το δικαίωμα να ελέγχουν στα εργοστάσια σκυροδέματος την τήρηση του Κανονισμού αυτού.

12.1.1.15. Αντί της παρ. 3.4. του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 ισχύει η ακόλουθη ποσότητα εκφρασμένη σε τόνους και κυβικά μέτρα νωπού συμπυκνωμένου σκυροδέματος.

12.1.1.16 Ο παραγγέλλον έτοιμο σκυρόδεμα (Επιβλέπων, Υπηρεσία, ιδιοκτήτης με τη συνεργασία του Μελετητή ή του Επιβλέποντα) πρέπει, εκτός της κατηγορίας και της ποσότητας, να προδιαγράφει

α) την κατηγορία καθίσεως σύμφωνα με τον Πίνακα 12.1.1.16

β) την ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου, το μέγιστο λόγο N/T και τη θέση της κοκκομετρικής γραμμής του μίγματος για τα σκυροδέματα με ειδικές απαιτήσεις, σύμφωνα με τον Πίνακα 5.2.5.1

γ) τις αναλογίες σκυροδέματος που πιθανώς έχουν συμφωνηθεί (άρθρο 12.1.1.19.)

δ) τη μορφή των δοκιμίων ελέγχου (κυβικά ή κυλινδρικά)

ε) αν η συνολική ποσότητα της παραγγελίας δεν υπερβαίνει τα 20m³ (άρθρο 13.3.10) οπότε θα ελέγχεται με το κριτήριο E

στ) άλλες απαιτήσεις που προκύπτουν από ειδική χρήση του σκυροδέματος. Τα στοιχεία αυτά, καθώς και η αρχικώς παραγγελθείσα ημερήσια ποσότητα, θα αναγράφονται και στο δελτίο αποστολής του εργοστασίου. Στο δελτίο αποστολής θα αναγράφεται επίσης ο τύπος και η κατηγορία αντοχής του τσιμέντου που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και αν προστέθηκε επιβραδυντικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.1.1.16 Κατηγορίες καθίσεως

| Κατηγορία καθίσεως | Κάθιση (σε mm) |
|--------------------|-----------------|
| S1 | 10 - 40 |
| S2 | 50 - 90 |
| S3 | 100 - 150 |
| S4 | 160 - 210 |
| S5 | ≥220 |

Η μετρούμενη κάθιση πρέπει να στρογγυλεύεται στα πλησιέστερα 10 mm .

Η μετρούμενη κάθιση πρέπει να στρογγυλεύεται στα πλησιέστερα 10mm.

12.1.1.17. Όταν η αύξηση της εργασιμότητας φορτίου εργοστασιακού σκυροδέματος (άρθρο 8.8 και 8.9) γίνεται με υπερρευστοποιητικό, η λήψη του δοκιμίου (άρθρο 13.3.9.) θα γίνεται μετά την προσθήκη του υπερρευστοποιητικού.

12.1.1.18. Το εργοστάσιο είναι υποχρεωμένο να γνωρίσει στον αγοραστή, εφόσον το ζητήσει, τη σύνθεση του σκυροδέματος που του προμηθεύει.

12.1.1.19. Ο αγοραστής μπορεί να ζητήσει σκυρόδεμα δικών του αναλογιών συνθέσεων. Στην περίπτωση αυτή το εργοστάσιο ευθύνεται μόνο για την ποιότητα των υλικών που θα χρησιμοποιήσει, για την τήρηση των αναλογιών, καθώς και την τήρηση των διατάξεων αυτού του Κανονισμού που αφορούν την ανάμιξη και μεταφορά του σκυροδέματος, όχι όμως για την αντοχή και τα άλλα χαρακτηριστικά του νωπού και του σκληρυμένου μίγματος, για τα οποία ευθύνεται ο παραγγέλλον αγοραστής. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση κατά την οποία ο αγοραστής ζητήσει να προστεθεί κατά την παρασκευή ή την παράδοση του σκυροδέματος, στεγανοποιητικό ή άλλο πρόσθετο της επιλογής του, διαφορετικό από εκείνα τα πρόσθετα που χρησιμοποιεί το εργοστάσιο.

12.1.1.20. Τα εργοστάσια έτοιμου σκυροδέματος μπορούν να αναθέτουν σε αναγνωρισμένο Εργαστήριο τους εργαστηριακούς ελέγχους και την παρακολούθηση της ποιότητας των υλικών και του σκυροδέματος.

12.1.1.21. Η ανάθεση των ελέγχων σε αναγνωρισμένα Εργαστήρια (άρθρο 12.1.1.20.) δεν απαλλάσσει το εργοστάσιο από την ευθύνη της ποιότητας του σκυροδέματος που παράγει (άρθρο 15.4).

12.1.2. Έτοιμο εργοταξιακό σκυρόδεμα

12.1.2.1. Για την ποιότητα των υλικών, τα μέσα και τον τρόπο αναμίξεως ισχύουν όσα αναφέρονται στις σχετικές παραγράφους του Κανονισμού αυτού.

12.1.2.2. Για τα αυτοκίνητα αναδευτήρες που θα μεταφέρουν το σκυρόδεμα, ισχύουν όσα αναφέρονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 346.

12.1.2.3. Το σκυρόδεμα θα αναμιγνύεται πλήρως στο συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος. Απαγορεύεται η ανάμιξη (μερική ή ολική) σε αυτοκίνητα αναμικτήρες.

12.1.2.4. Οι λήψεις δοκιμίων για τον έλεγχο αντοχής θα γίνεται στο συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος. Για τον τρόπο δειγματοληψίας και τον έλεγχο αντοχής των δοκιμίων ισχύουν όσα αναφέρονται στο άρθρο 13.4. "Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων" και στο άρθρο 13.5. "Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων" του Κανονισμού αυτού.

12.1.2.5 Ο έλεγχος του ποσοστού αέρα και της καθίσεως θα γίνεται στη θέση που τα αυτοκίνητα - αναδευτήρες εκφορτώνουν το σκυρόδεμα και σύμφωνα με τα άρθρα 8.6 και 8.10.

12.2. Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά.

Σκυρόδεμα που είναι εκτεθειμένο σε μηχανική καταπόνηση από τριβή και κρούση (π.χ. μεγάλη κίνηση οχημάτων, ολίσθηση αντικειμένων, νερό που μεταφέρει στερεά υλικά) χωρίς ειδικές επενδύσεις ή ειδική επιφανειακή επεξεργασία, πρέπει να ανταποκρίνεται στις ακόλουθες απαιτήσεις.

12.2.1. Η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται στο κάτω μισό της υποζώνης .

12.2.2. Εφόσον δεν έχει προστεθεί ρευστοποιητικό ή υπερρευστοποιητικό η κάθιση του μίγματος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5cm.

12.2.3. Το σκυρόδεμα θα είναι κατηγορίας τουλάχιστον C25/30 και η περιεκτικότητα τσιμέντου τουλάχιστον 350Kg/m³.

12.2.4. Η σύνθεση του μίγματος πρέπει να έχει μελετηθεί έτσι ώστε αυτό να έχει τη μικρότερη εξίδρωση. Η συντήρηση πρέπει να αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση και να διαρκεί 14 ημέρες τουλάχιστον.

12.2.5. Οι προηγούμενες απαιτήσεις δεν εξασφαλίζουν αντιολισθηρές επιφάνειες σκυροδέματος.

12.3. Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας

12.3.1. Η περιεκτικότητα τσιμέντου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 350 Kg/m³ για σκυρόδεμα μέγιστου κόκκου Νο 31.5 ή 1' και 400Kg/m³ για σκυρόδεμα μέγιστου κόκκου Νο 16 'ή 1/2".

12.3.2. Η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος, των αδρανών πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη και κατά το δυνατόν κοντά στη μέση γραμμή αυτής της υποζώνης.

12.3.3. Ο λόγος N/T δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.58 για περιεκτικότητα τσιμέντου 350 Kg/m³ και το 0.50 για περιεκτικότητα 400Kg/m³ (με γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες περιεκτικότητες).

12.3.4. Η συμπύκνωση πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και η συντήρηση να αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση και να διαρκεί τουλάχιστον 14 ημέρες.

12.4. Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικές προσβολές

12.4.1. Σκυρόδεμα που εκτίθεται σε προσβολή χημικών ουσιών που περιέχονται στο νερό ή στο έδαφος πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Πίνακα 12.4.

Συγχρόνως η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη και κατά το δυνατόν κοντά στη μέση γραμμή αυτής

της υποζώνης. Η συμπύκνωση πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή και η συντήρηση να διαρκεί τουλάχιστον 14 ημέρες.

12.4.2. Οι απαιτήσεις του Πίνακα 12.4. ισχύουν για ήπιες κλιματολογικές συνθήκες για φυσικό νερό που έχει μολυνθεί από χημικές ουσίες, και είναι στάσιμο ή ρέει με βραδύτητα, όπως και για εδάφη που είναι υγρά ή υγραίνονται συχνά. Δεν ισχύουν για θαλασσίνο νερό

(άρθρο 12.6.) για υγρά βιομηχανικά απόβλητα, για αποθέσεις στερεών βιομηχανικών αποβλήτων και γενικά για εδάφη με περιεκτικότητα θειούχων μεγαλύτερη από 100 mg θειοiónτων (S₂).ανά Kg εδαφικού υλικού ξεραμένου στον αέρα. Στις περιπτώσεις αυτές όπως επίσης και σε περιπτώσεις που το σκυρόδεμα έρχεται σε επαφή με θερμό θαλασσίνο νερό (π.χ. σταθμοί αφαλατώσεως), καθώς και σε έργα βιολογικών καθαρισμών θα γίνεται ειδική μελέτη όπου θα καθορίζονται η σύνθεση του σκυροδέματος, ο τύπος του τσιμέντου και άλλα προστατευτικά μέτρα.

12.4.3. Οι απαιτήσεις κάθε στήλης του Πίνακα 12.4. ισχύουν ακόμη και αν ένας μόνο από τους αναγραφόμενους χημικούς παράγοντες, βρίσκεται στην περιοχή που ορίζεται σ' αυτή τη στήλη. Αν συγχρόνως δύο ή περισσότερες τιμές χημικών παραγόντων μιας στήλης βρίσκονται στο άνω τέταρτο (για το pH στο κάτω τέταρτο) των ορίων προσβολής

που αναφέρονται στον πίνακα 12.4 τότε ως βαθμός προσβολής θεωρείται ο επόμενος (δυσμενέστερος) του Πίνακα, οπότε και πρέπει να ικανοποιούνται οι ανάλογες απαιτήσεις.

12.4.4. Οι ελάχιστες ποσότητες τσιμέντου που αναγράφονται στον πίνακα 12.4 ισχύουν για αδρανή με μέγιστο κόκκο No 31.5 ή 1". Οι ποσότητες αυτές θα ελαττώνονται κατά 30Kg/m³ για αδρανή με μέγιστο κόκκο n 63 ή 1/2" και θα αυξάνονται κατά 30 kg/m³ για αδρανή με μέγιστο κόκκο n 16 ή 1/2 ".

12.4.5. Ο αριθμός των χημικών ελέγχων που απαιτούνται ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική ακρίβεια στον καθορισμό του βαθμού προσβολής

θα καθορίζεται ανάλογα με την ομοιογένεια του εδάφους και του νερού προσβολής.

12.5. Σκυρόδεμα μέσα σε νερό Σκυρόδεμα που διαστρώνεται κάτω από την επιφάνεια νερού, που δεν είναι διαβρωτικό, πρέπει να ανταποκρίνεται στις ακόλουθες απαιτήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.4

Βαθμός προσβολής και απαιτήσεις για σκυρόδεμα που προσβάλλεται από χημικές ουσίες

| Χημικοί παράγοντες και απαιτήσεις | Μέθοδοι Προσδιορισμού | Βαθμός προσβολής ⁽⁵⁾ | | |
|---|------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| | | ασθενής | μέτριος | ισχυρός |
| ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΘΕΙΙΚΩΝ | | | | |
| pH (μόνο για νερό) | ISO 4316 | 6,5-5,5 | 5,5-4,5 | 4,5-4,0 |
| CO ₂ mg/l (" " ") | pr EN 13 577/99 | 15-40 | 40-100 | >100 ⁽⁶⁾ |
| NH ₄ ⁺ mg/l (" " ") | ISO 7150-1 ή 7150-2 | 15-30 | 30-60 | 60-100 |
| Mg ²⁺ mg/l (" " ") | ISO 7980 | 300-1000 | 1000-3000 | >3000 ⁽⁶⁾ |
| Βαθμός οξύτητας (μόνο για εδάφη) | ΣΚ -391 | >200 ⁽²⁾ | - | - |
| ΘΕΙΙΚΑ | | | | |
| Α Π Α Ι Τ Η Σ Ε Ι Σ | | | | |
| Τύπος τσιμέντου | | CEM I,II ⁽⁵⁾ ,III,IV | CEM I,II ⁽⁵⁾ ,III,IV | CEM I,II ⁽⁵⁾ ,III,IV |
| Μέγιστος λόγος Ν/Τ | | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου Kg/m ³ | | 300 | 330 | 370 |
| Στο νερό : SO ₄ ²⁻ mg/l | EN 196-2 | 200-600 ⁽³⁾ | 600-3000 | 3000-6000 |
| Στο έδαφος : SO ₄ ²⁻ ⁽¹⁾ mg/Kg | ΣΚ -390 | 2000-3000 ⁽⁴⁾ | 3000-12000 | 12000-24000 |
| Α Π Α Ι Τ Η Σ Ε Ι Σ | | | | |
| Τύπος τσιμέντου | | CEM I,II ⁽⁵⁾ ή III,IV ή SR ⁽⁷⁾ | SR ⁽⁷⁾ | SR ⁽⁷⁾ |
| Μέγιστος λόγος Ν/Τ | | 0,55 0,60 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου Kg/m ³ | | 340 320 300 | 330 | 370 |

(1) Εδάφη με διαπερατότητα μικρότερη των 10⁻⁵ m/s μπορούν να καταταγούν σε κατώτερη κατηγορία.

- (2) Για βαθμό οξύτητας μικρότερο από 200 δεν υπάρχει προσβολή.
- (3) Για νερό με περιεκτικότητα σε SO_4^{2-} μικρότερη από 200mg/l και για έδαφος με περιεκτικότητα σε SO_4^{2-} μικρότερη από 2000mg/kg δεν απαιτούνται ιδιαίτερα μέτρα.
- (4) Εάν υπάρχει κίνδυνος σωρευτικής αύξησης του SO_4^{2-} λόγω τριχοειδούς προσφόρησης ή επανειλημμένων κύκλων διύγρανσης – ξήρανσης το έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία της μέτριας προσβολής.
- (5) Εκτός των τύπων II/B-1, II/B-LL.
- (6) Απαιτείται ειδική μελέτη για:
- α) τιμές εκτός των ορίων του πίνακα,
 - β) άλλους χημικούς παράγοντες προσβολής,
 - γ) μεγάλες ταχύτητες ροής νερού σε συνδυασμό με τους χημικούς παράγοντες του πίνακα 12.4
- (7) SR τσιμέντο Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά σύμφωνα με το ΠΔ 244/80.
- (8) Απαιτείται ειδική μελέτη και ενδεχόμενη επιφανειακή προστασία του σκυροδέματος.

12.5.1. Όταν το βάθος του νερού είναι μεγαλύτερο από 1m το σκυρόδεμα δεν θα αφήνεται ελεύθερο μέσα στο νερό, αλλά θα διαστρώνεται με μια από τις επόμενες μεθόδους:

α) το σκυρόδεμα θα κατεβαίνει στη θέση διαστρώσεως μέσα σε κάδο με κινητό πυθμένα, ο οποίος θα ανοίγει μόνο όταν ο κάδος έρθει σε επαφή με το ήδη διαστρωμένο σκυρόδεμα.

β) θα υπάρχει συνεχής ροή μέσα από κατακόρυφους σωλήνες ικανής διαμέτρου. Το κάτω μέρος των σωλήνων θα παραμένει βυθισμένο στο σκυρόδεμα, το υλικό δε που κατεβαίνει μέσα από τους σωλήνες θα εκτοπίζει το ήδη διαστρωμένο, μετακινώντας την ελεύθερη επιφάνεια προς τα πλάγια και προς τα πάνω.

γ) θα χρησιμοποιείται αντλία της οποίας ο σωλήνας εξόδου θα έχει κινητό πώμα που δεν θα επιτρέπει την έξοδο του σκυροδέματος παρά μόνο όταν αυτό πιέζεται.

δ) για έργα όχι μεγάλων απαιτήσεων, πλαστικό σκυρόδεμα τοποθετείται σε υφασμάτινους σάκους, οι δε σάκοι που δεν πρέπει να είναι γεμάτοι, τοποθετούνται ο ένας μετά τον άλλον, όπως οι τσιμεντόλιθοι στη δόμηση τοίχων. Η σύνδεση των σάκων μεταξύ τους γίνεται μέσω της κονιάς που διαφεύγει από την πλέξη του υφάσματος.

Ανάλογα με τις περιπτώσεις μπορεί να γίνεται συνδυασμός των προηγούμενων μεθόδων διαστρώσεως.

12.5.2. Όταν το νερό κάτω από την επιφάνεια του οποίου διαστρώνεται σκυρόδεμα είναι διαβρωτικό, τότε πρέπει να ικανοποιούνται και οι απαιτήσεις του άρθρου 12.4.

12.5.3. Η κάθιση πρέπει να είναι 15-20 cm , η περιεκτικότητα τσιμέντου τουλάχιστον 350kg/m³ και ο λόγος N/T το πολύ 0.60.

12.5.4. Το σκυρόδεμα δεν θα δονείται και δεν θα μετακινείται από τη θέση που πήρε μετά την έξοδο του από τον κάδο ή το σωλήνα.

12.5.5. Η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ και κατά το δυνατόν, κοντά στη μέση γραμμή αυτής της περιοχής.

12.5.6. Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι μέγιστου κόκκου Νο 31.5 ή 1" εκτός της περιπτώσεως που η διάστρωση γίνεται με σάκους, οπότε ο μέγιστος κόκκος δεν ενδιαφέρει.

12.6. Σκυρόδεμα στη θάλασσα

12.6.1. Για την προστασία του οπλισμού των έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα που βρίσκονται μέσα στη θάλασσα ή διαβρέχονται από θάλασσα ή καταϊονίζονται με θαλασσινό νερό, θα ισχύουν τα ακόλουθα.

12.6.2. Το σκυρόδεμα θα ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της παρ. 12.3. "Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας" με λόγο N/T 0.48 και περιεκτικότητα τσιμέντου 400 Kg/m³ τουλάχιστον.

12.6.3. Αν η σκυροδέτηση γίνεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας ισχύουν όσα αναφέρονται στο άρθρο 12.5. "Σκυρόδεμα μέσα σε νερό"

12.7. Σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε αέρα κορεσμένο με θαλάσσια άλατα (παραθαλάσσιο περιβάλλον).

12.7.1. Η περιεκτικότητα τσιμέντου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 330 kg/m^3 και ο λόγος N/T δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.60.

12.7.2. Η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ και κατά το δυνατόν κοντά στη μέση γραμμή αυτής της υποζώνης

12.8. Σκυροδέτηση με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος

12.8.1. Σε περιοχές της χώρας κατηγορίας IV, όπως αυτές χαρακτηρίζονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 515, επιβάλλεται η χρήση αερακτικού προσθέτου.

12.8.2. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μικρότερη από 0°C η σκυροδέτηση πρέπει να αναβάλλεται. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν και αν το σκυρόδεμα μετά το τέλος της θερμικής προστασίας θα βρεθεί σε θερμοκρασία παγετού, τότε θα γίνεται χρήση αερακτικού προσθέτου.

12.8.3. Απαγορεύεται η σκυροδέτηση όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μικρότερη από -15°C .

12.8.4. Όταν προστεθεί αερακτικό, η ποσότητα του πρέπει να εξασφαλίζει στο μίγμα την περιεκτικότητα αέρα που δίνεται στον Πίνακα 12.8.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.8.4 Περιεκτικότητα αέρα σε νωπό σκυρόδεμα.

| Σκυρόδεμα μέγιστου κόκκου | Περιεκτικότητα αέρα % |
|------------------------------|--------------------------|
| 8 ή 3/8" | 6.0 |
| 16 ή 1/2" | 4.5 |
| 31.5 ή 1" | 3.5 |
| 63 ή 1 1/2" | 3.0 |

12.8.5. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος παραμένει μικρότερη από +5°C το σκυρόδεμα που διαστρώνεται πρέπει να έχει ελάχιστη θερμοκρασία 13°C όταν είναι μέγιστου κόκκου μέχρι 16 ή 1/2" (σκυρόδεμα λεπτών διατομών), 10°C όταν είναι μέγιστου κόκκου 31.5 ή 1" (σκυρόδεμα κανονικών διατομών) και 7°C όταν είναι μέγιστου κόκκου 63 ή 1 1/2" (σκυρόδεμα μεγάλων διατομών). Οι θερμοκρασίες αυτές πρέπει να κρατηθούν, με κατάλληλη θερμική προστασία, για τα χρονικά διαστήματα που δίνονται στον Πίνακα 2 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 515. Πάντως τα διαστήματα αυτά θα αυξάνονται εφόσον η αντοχή δοκιμίων του έργου (άρθρο 10.4) παραμένει μικρότερη από 5MPa.

12.8.6. Οι χρόνοι θερμικής προστασίας του Πίνακα 2 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 515 εξασφαλίζουν μόνο την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος και όχι την αντοχή του. Σε προεντεταμένο σκυρόδεμα η εξέλιξη της αντοχής τόσο για την αφαίρεση των ξυλοτύπων όσο και για την προένταση θα παρακολουθείται με δοκίμια που θα συντηρούνται στο έργο, όπως συντηρείται αυτό (δοκίμια του έργου).

Σε κατασκευές χωρίς προένταση η τάξη μεγέθους της αντοχής για την αφαίρεση των ξυλοτύπων θα διαπιστώνεται με δοκίμια έργου ή θα παίρνεται από τον Πίνακα 3 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 515. Οι χρόνοι του Πίνακα 3 προϋποθέτουν την τοποθέτηση υποστυλωμάτων ασφαλείας μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων.

12.8.7. Στους Πίνακες 2 και 3 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 515 αντί των αναγραφών "Κοινό τσιμέντο" και "Τσιμέντο ταχείας σκληρύνσεως" ισχύουν οι "Τσιμέντο κανονικής πρώιμης αντοχής" (N) και "Τσιμέντο υψηλής πρώιμης αντοχής" (R) όπως αυτά ορίζονται στην παράγραφο 7.1.2. του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 197-1.

12.8.8. Οι χρόνοι θερμικής προστασίας του Πίνακα 2 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 515 αναφέρονται σε σκυρόδεμα που περιέχει αερακτικό. Αν το σκυρόδεμα δεν περιέχει αερακτικό οι χρόνοι αυτοί θα διπλασιάζονται.

12.8.9. Σκυρόδεμα των περιοχών κατηγορίας IV τα οποία δεν έχουν επίχρισμα, όπως και σκυροδέματα έργων άλλων περιοχών της χώρας, τα οποία είναι εκτεθειμένα χωρίς επίχρισμα σε θερμοκρασίες παγετού (γέφυρες, σιλό κτλ) πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του άρθρου 12.3.

Η ελάχιστη επικάλυψη του οπλισμού σ' αυτές τις περιπτώσεις θα είναι 50mm.

12.8.10. Η Θερμοκρασία του σκυροδέματος εφόσον αυτό θερμαίνεται πριν διαστρωθεί, δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει τους 32°C.

12.9. Σκυροδέματος με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος.

12.9.1. Η θερμοκρασία του σκυροδέματος που διαστρώνεται δεν επιτρέπεται (σε οποιαδήποτε θερμοκρασία περιβάλλοντος) να είναι μεγαλύτερη από 32°C.

12.9.2. Η συντήρηση θα αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση. Η μέθοδος του άρθρου 10.3. είναι εξαιρετικά αποτελεσματική διότι κρατά σκιασμένη την επιφάνεια του σκυροδέματος και συγχρόνως διατηρεί κορεσμένα με νερό τα τριχοειδή.

12.9.3. Γενικές οδηγίες για τη διάστρωση με υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος δίνονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 517.

12.10. Αντλητό σκυρόδεμα

12.10.1. Σε αντλητό σκυρόδεμα κατηγορίας C 30/37 ή μικρότερης που δεν έχει ειδικές απαιτήσεις στεγανότητας ή ανθεκτικότητας (άρθρα

12.2., 12.3., 12.4., 12.5., 12.6. και 12.7.) η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών μπορεί να βρίσκεται, ολόκληρη ή μόνο κατά ένα τμήμα της στην υποζώνη E.

12.10.2. Αν η παροχή της αντλίας, λόγω βλάβης ή εμπλοκής, διακοπεί για χρονικό διάστημα τόσο ώστε το σκυρόδεμα που βρίσκεται μέσα σ' αυτή να μην έχει πια την προδιαγραφόμενη κάθιση, αυτό το σκυρόδεμα πρέπει να απορριφθεί.

12.10.3. Απαγορεύεται η προσθήκη νερού, τσιμεντοκονίας ή υπερρευστοποιητικού στον κάδο της αντλίας για τη βελτίωση της ρευστότητας του σκυροδέματος.

12.10.4. Στην περίπτωση που το τελευταίο στέλεχος ή τα τελευταία στελέχη των σωλήνων της αντλίας είναι κατακόρυφα με κατεύθυνση ροής του σκυροδέματος προς τα κάτω, το δε συνολικό μήκος αυτών (συμπεριλαμβανομένου και του εύκαμπτου τελευταίου τμήματος που πιθανώς να υπάρχει) υπερβαίνει τα 3m, τότε το στόμιο εκροής του σκυροδέματος, δεν επιτρέπεται να απέχει από την επιφάνεια διαστρώσεως περισσότερο από 0.50m.

Άρθρο 13: Δειγματοληψίες και έλεγχοι συμμορφώσεως.

Όσα αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους σχετικά με δειγματοληψίες και ελέγχους ισχύουν για σκυρόδεμα μιας ορισμένης χαρακτηριστικής αντοχής. Αν στο ίδιο έργο διαστρώνεται σκυρόδεμα δύο ή περισσότερων χαρακτηριστικών αντοχών θα γίνονται διαφορετικές δειγματοληψίες και έλεγχοι για κάθε περίπτωση χαρακτηριστικής αντοχής.

13.1. Απαίτηση αντοχής Το σκυρόδεμα θα ελέγχεται με δοκίμια που θα παίρνονται στην έξοδο του αναμκτήρα 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 άρθρου 13.6.

13.2. Μορφή και διαστάσεις δοκιμίων

13.2.1. Τα συμβατικά δοκίμια με τα οποία θα γίνονται οι έλεγχοι συμμορφώσεως καθώς και τα δοκίμια του έργου (άρθρο 10.4.) θα είναι κυβικής ακμής 15cm ή κυλινδρικά διαμέτρου 15cm και ύψους 30cm.

13.2.2. 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 Συνθέσεως 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.

13.2.3. Για άλλες ανάγκες, όπως για τους ελέγχους αντοχής σε μικρή ηλικία, που δεν έχουν όμως σχέση με τους ελέγχους συμμορφώσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν δοκίμια διαφορετικά από εκείνα της Μελέτης Συνθέσεως.

Για τις περιπτώσεις αυτές (και όχι για τους ελέγχους συμμορφώσεως) μπορεί να θεωρηθεί ότι τα κυβικά δοκίμια ακμής 15cm σε ηλικία 28 ημερών ή μεγαλύτερη, δίνουν αντοχές κατά 5% μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες αντοχές κυβικών δοκιμίων ακμής 20cm και ότι η σχέση κυβικών δοκιμίων ακμής 20cm προς κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 15cm και ύψους 30cm καθορίζεται από τους συντελεστές του Πίνακα 13.2.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.2.3.

Συντελεστές αναγωγής αντοχών κυλινδρικών δοκιμίων σκυροδέματος 15cmX 30cm σε αντοχές κυβικών δοκιμίων ακμής 20cm*

| | | | | | |
|---|------|------|------|------|-------|
| Αντοχές κυλινδρικών δοκιμίων σκυροδέματος 15cm X 30cm σε MPa | «9.2 | 12.8 | 18.4 | 25.4 | »39.5 |
| Συντελεστές πολλαπλασιασμού για αναγωγή αντοχής κυλίνδρου σε αντοχή κύβου 20 X 20 X 20 cm | 1.30 | 1.25 | 1.22 | 1.18 | 1.14 |

*Για ενδιάμεσες τιμές γίνεται γραμμική παρεμβολή.

13.2.4. Εκτός από τα συμβατικά δοκίμια που είναι απαραίτητα για τους ελέγχους συμμορφώσεως, ο Επιβλέπων μπορεί να πάρει και άλλα δοκίμια, για έλεγχο της αντοχής σε μικρότερες ηλικίες, για έλεγχο της προόδου σκληρύνσεως του σκυροδέματος ή για άλλους ειδικούς ελέγχους. Οι αντοχές αυτών των δοκιμίων δεν μπορεί να οδηγήσουν σε απόρριψη του σκυροδέματος, εκτός αν αυτό έχει συμφωνηθεί γραπτώς.

13.2.5. Δοκίμια με εμφανή ελαττώματα από κακή συμπύκνωση ή τραυματισμό δεν θα συμπεριλαμβάνονται στον έλεγχο συμμορφώσεως.

13.2.6. Για να αντιμετωπιστεί η περίπτωση του άρθρου 13.2.5. συνιστάται η λήψη σε κάθε δειγματοληψία, ενός υπεράριθμου δοκιμίου.

Αν, μετά την αφαίρεση των δοκιμίων από τις μήτρες τους, διαπιστωθεί ότι κανένα από αυτά δεν είναι ελαττωματικό (με την έννοια του άρθρου 13.2.5.) το υπεράριθμο δοκίμιο δεν θα λαμβάνεται υπόψη στους ελέγχους συμμορφώσεως μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο της αντοχής σε μικρή ηλικία.

13.3. Εργοστασιακό σκυρόδεμα

13.3.1. Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια ημέρα θα αποτελεί μια παρτίδα και θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία έξι (6) δοκιμίων,

εκτός εάν η ποσότητα που θα διαστρωθεί σε μία ημέρα δεν υπερβαίνει τα είκοσι κυβικά μέτρα (20cm^3) οπότε ισχύει το άρθρο 13.3.10.

13.3.2. Η αρμόδια Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων αλλά και το εργαστήριο παραγωγής του σκυροδέματος έχουν το δικαίωμα να αυξήσουν τον αριθμό των δοκιμών μιας δειγματοληψίας από 6 και 12 αν πρόκειται να διαστρωθούν περισσότερα από 11 φορτία αυτοκινήτων. Η δαπάνη ελέγχου των επιπλέον 6 δοκιμών θα βαρύνει εκείνον που ζήτησε τη λήψη τους.

13.3.3. Αν η ποσότητα του σκυροδέματος που θα διαστρωθεί σε μια ημέρα υπερβαίνει τα 150m^3 , η δειγματοληψία αυτής της παρτίδας θα περιλαμβάνει δώδεκα (12) δοκίμια, που δεν θα παίρνονται από διαδοχικά αυτοκίνητα, αν αυτό είναι δυνατόν.

13.3.4. Αν η σκυροδέτηση πρόκειται να διαρκέσει δυο διαδοχικές ημέρες τότε το σκυρόδεμα του διημέρου θα αποτελεί μια παρτίδα και θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία δώδεκα (12) συμβατικών δοκιμών, από τα οποία τα έξι (6) θα παίρνονται την πρώτη ημέρα.

13.3.5. Αν η σκυροδέτηση πρόκειται να διαρκέσει περισσότερες από δύο διαδοχικές ημέρες, τότε η παρτίδα, κάθε διημέρου θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία δώδεκα (12) συμβατικών δοκιμών, εκτός αν ο αριθμός των ημερών διαστρώσεως είναι περιττός, οπότε η παρτίδα της τελευταίας ημέρας θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία έξι (6) συμβατικών δοκιμών.

13.3.6. Αν η διάστρωση ενός διημέρου διακοπεί πριν συμπληρωθεί δώδεκα (12) δοκίμια, τότε η παρτίδα σκυροδέματος που έχει διαστρωθεί θα αντιπροσωπεύεται από τα έξι (6) πρώτα δοκίμια. Τα υπόλοιπα δοκίμια που πιθανώς έχουν κατασκευαστεί δεν θα συμπεριλαμβάνονται στους ελέγχους συμμορφώσεως.

13.3.7. Σκυρόδεμα το οποίο διαστρώνεται σε δύο όχι διαδοχικές ημέρες θα αποτελεί δύο παρτίδες και θα αντιπροσωπεύεται από δύο δειγματοληψίες. Αν το έργο απαιτεί διάστρωση χωρίς διακοπή για περισσότερες από μια ημέρες (όπως συμβαίνει σε κατασκευές με ολισθαίνοντα ξυλότυπο) το σκυρόδεμα θα

χωρίζεται σε νοητές παρτίδες ανάλογα με τις φάσεις της κατασκευής (π.χ. διάστρωση ημέρας, διάστρωση νύχτας).

13.3.9. Από ένα αυτοκίνητο μεταφοράς σκυροδέματος θα παίρνεται το πολύ ένα δοκίμιο για τον έλεγχο συμμορφώσεως. Η λήψη του δοκιμίου και η ώρα λήψεως θα αναγράφονται στο δελτίο αποστολής το οποίο θα υπογράφεται από τον εκπρόσωπο του εργοστασίου. Αν η σκυροδέτηση συμπληρώνεται με λιγότερα από έξι (6) αυτοκίνητα, αλλά περισσότερα από δύο (2) τότε επιτρέπεται η λήψη μέχρι και δύο δοκιμίων από το ίδιο αυτοκίνητο, αλλά κάθε δοκίμιο θα παίρνετε αφού έχει εκφορτωθεί περίπου 1m^3 σκυροδέματος μετά τη λήψη του προηγούμενου δοκιμίου. Το δοκίμιο (ή τα δοκίμια) το αυτοκίνητο από το οποίο έγινε η δειγματοληψία και η περιοχή του έργου στην οποία διαστρώθηκε το φορτίο του αυτοκινήτου θα σημειώνονται.

13.3.10. Αν έχει παραγγελθεί και διαστρώνεται σε μια ημέρα, ποσότητα σκυροδέματος που δεν υπερβαίνει τα είκοσι κυβικά μέτρα (20m^3) η δειγματοληψία θα περιλαμβάνει τον αριθμό δοκιμίων που αναφέρεται στα ακόλουθα:

α) αν η ποσότητα σκυροδέματος είναι αρκετά μικρή ώστε να μεταφέρεται με ένα αυτοκίνητο, το σκυρόδεμα του αυτοκινήτου αποτελεί μια παρτίδα και ελέγχεται με τρία δοκίμια που παίρνονται από το αυτοκίνητο, το πρώτο μετά την αποφόρτωση του 15% περίπου του φορτίου (ή, μετά την αποφόρτωση ενός περίπου κυβικού μέτρου), το δεύτερο από το μέσον περίπου του φορτίου, και το τρίτο πριν από την αποφόρτωση του τελευταίου 15% περίπου του φορτίου (ή, του τελευταίου κυβικού μέτρου).

β) αν η ποσότητα είναι μεγαλύτερη και μεταφέρεται με περισσότερα από ένα αυτοκίνητα, το σκυρόδεμα κάθε αυτοκινήτου αποτελεί μια παρτίδα. Από τις παρτίδες αυτές ελέγχονται δύο τυχαίες, της επιλογής του αγοραστή, με τρία δοκίμια η κάθε μια, που παίρνονται από το αντίστοιχο αυτοκίνητο με τη διαδικασία του άρθρου 13.3.10α.

13.3.11. Οι αντοχές 28 ημερών κάθε δειγματοληψίας έξι (6) δοκιμίων πρέπει να ικανοποιούν το Κριτήριο συμμορφώσεως A (άρθρο 13.6.1.). Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως της δειγματοληψίας είναι μικρότερη από 1.5MPa τότε στο κριτήριο συμμορφώσεως A πρέπει να εισάγεται τιμή $s=1.5$ MPa. Οι αντοχές 28 ημερών κάθε δειγματοληψίας δώδεκα (12) δοκιμίων πρέπει να ικανοποιούν το κριτήριο συμμορφώσεως B (άρθρο 13.6.2.) Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως της δειγματοληψίας είναι μικρότερη από 2.2 MPa τότε στο κριτήριο συμμορφώσεως B πρέπει να εισάγεται τιμή $s= 2.2$ MPa.

13.3.12. Δεν επιτρέπεται ο χωρισμός των δοκιμίων μιας δειγματοληψίας δώδεκα δοκιμίων σε δύο ομάδες των έξι (6) δοκιμίων και ο έλεγχος των αντοχών αυτών των δοκιμίων με το Κριτήριο A.

13.3.13. Αν ο 2ος Κανόνας ή ο 4ος Κανόνας αποδοχής δεν ικανοποιείται από ένα μόνο δοκίμιο μιας δειγματοληψίας τότε η αντοχή του σκυροδέματος του αυτοκινήτου από το οποίο έγινε η λήψη του δοκιμίου αμφισβητείται και ακολουθεί η διαδικασία του άρθρου 13.7.1.

Σε κάθε άλλη περίπτωση κατά την οποία ένας ή και οι δύο Κανόνες αποδοχής δεν ικανοποιούνται, αμφισβητείται ολόκληρη η παρτίδα σκυροδέματος αυτής της δειγματοληψία και ακολουθεί ο επανέλεγχος των άρθρων 13.7.2. και 13.7.3..

13.3.14. Οι αντοχές 28 ημερών των τριών δοκιμίων κάθε αυτοκινήτου του άρθρου 13.3.10. πρέπει να ικανοποιούν το Κριτήριο συμμορφώσεως E (άρθρο 13.6.5). Αν ο ένας ή και οι δύο κανόνες αποδοχής του Κριτηρίου E δεν ικανοποιούνται , αμφισβητείται η αντοχή της παρτίδας του αντίστοιχου αυτοκινήτου και ακολουθεί ο επανέλεγχος των άρθρων 13.7.2. και 13.7.3.

13.3.15. Στη λήψη των δοκιμίων μπορεί να παρευρίσκεται εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπος του εργοστασίου.

13.4. Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων

Ένα έργο από σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από τη Μελέτη του, ή τη Σύμβαση του ως " μικρό", αν η σπουδαιότητα του και λιγότερο ο όγκος του, δεν απαιτεί τη διενέργεια των δοκιμών που προβλέπονται στο άρθρο 13.5.

13.4.1. Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια ημέρα θα αποτελεί μια παρτίδα και θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία έξι δοκιμών, εκτός αν ο συνολικός όγκος του σκυροδέματος που πρόκειται να διαστρωθεί υπερβαίνει τα 150m³ οπότε η δειγματοληψία θα περιλαμβάνει δώδεκα (12) δοκίμια. Ο Επιβλέπων ή ο κατασκευαστής έχουν το δικαίωμα να αυξήσουν τον αριθμό των δοκιμών από έξι (6) σε δώδεκα (12) δοκίμια. Στην περίπτωση αυτή η δαπάνη των επιπλέον έξι (6) δοκιμών θα βαρύνει εκείνον που ζήτησε τη λήψη τους.

Για τους ελέγχους συμμορφώσεως παίρνεται ένα δοκίμιο από διαφορετικό ανάμιγμα. Το δοκίμιο καθώς και η περιοχή του έργου στην οποία διαστρώνεται το ανάμιγμα θα σημειώνονται. Δεν πρέπει να γίνεται επιλογή καλών ή κακών αναμιγμάτων. Τα αναμίγματα από τα οποία θα γίνει δειγματοληψία πρέπει να είναι τυχαία, η δε εκλογή τους αποφασίζεται από τον επιβλέποντα πριν ολοκληρωθεί η ανάμιξη.

13.4.3. Για δοκίμια τα οποία δεν χρησιμοποιούνται στους ελέγχους συμμορφώσεως ισχύουν όσα αναφέρονται στο άρθρο 13.2.4.

13.4.4. Για τους ελέγχους συμμορφώσεως ισχύουν όσα αναφέρονται στα άρθρα 13.3.11. και 13.3.12.

13.4.5. Αν ο 2ος Κανόνας αποδοχής ή ο 4ος κανόνας αποδοχής δεν ικανοποιείται από ένα μόνο δοκίμιο μιας δειγματοληψίας, τότε η αντοχή του αναμίγματος από το οποίο έγινε η λήψη το δοκιμίου αμφισβητείται και ακολουθεί η διαδικασία του άρθρου 13.7.1. Σε κάθε άλλη περίπτωση κατά την οποία ένας ή και οι δύο κανόνες αποδοχής δεν ικανοποιούνται, αμφισβητείται ολόκληρη η παρτίδα σκυροδέματος αυτής της δειγματοληψίας και ακολουθεί ο επανέλεγχος των άρθρων 13.7.2. και 13.7.3.

13.5. Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων.

Ένα έργο από σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από τη Μελέτη του ή τη Σύμβαση του ως " μεγάλο " αν η σπουδαιότητα του και λιγότερο ο όγκος του απαιτεί τη διαδικασία ελέγχου που ακολουθεί και που εξασφαλίζει σταθερότητα ποιότητα σκυροδέματος και περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα ελέγχων.

13.5.1. Τουλάχιστον ένα μήνα πριν από την έναρξη κατασκευής του έργου πρέπει να έχουν συγκεντρωθεί επί τόπου ικανές ποσότητες αδρανών υλικών. Από τα αδρανή αυτά θα κατασκευαστούν, σε διαφορετικές ημέρες, 15 έως 60 δοκιμαστικά αναμίγματα με τις αναλογίες υλικών που προβλέπονται στη Μελέτη Συνθέσεως. Ο ακριβής αριθμός αναμιγμάτων πρέπει να συμφωνεί με έναν από τους "Αριθμούς δοκιμίων" που δίνονται στον Πίνακα 5.2.2.1. Κάθε ανάμιγμα μπορεί

να περιέχει μικρότερη ποσότητα σκυροδέματος από εκείνη που θα περιέχει κατά την κατασκευή του έργου, όχι όμως μικρότερη από το μισό της τελευταίας. Από κάθε τέτοιο ανάμιγμα (το οποίο μπορεί μετά να διαστρωθεί σε βοηθητικές κατασκευές του έργου) θα κατασκευάζονται δύο δίδυμα δοκίμια για τον έλεγχο αντοχής σε θλίψη.

Αν προδιαγράφονται και άλλοι έλεγχοι (κάμψεως, διαρρήξεως κτλ.) για κάθε έλεγχο θα κατασκευάζεται διαφορετικό ζευγάρι δοκιμίων. Θα συγκεντρωθούν έτσι δύο ομάδες 15 έως 60 δοκιμίων για θλίψη, που θα συντηρηθούν όπως τα συμβατικά δοκίμια.

Η μια ομάδα θα ελεγχθεί σε ηλικία 7 ημερών και η άλλη σε ηλικία 28 ημερών. Από την αντοχή αυτών των δοκιμίων θα υπολογιστούν:

α) ο λόγος αντοχής 7/28 ημερών.

β) η τυπική απόκλιση s των δοκιμίων 28 ημερών και η τυπική απόκλιση s_p που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της s επί το συντελεστή που δίνεται στον πίνακα 5.2.2.1. για τον αντίστοιχο αριθμό δοκιμίων.

γ) πιθανώς άλλα στατιστικά στοιχεία (π.χ. η τυπική απόκλιση αντοχής 7 ημερών). Αν η s_p είναι διαφορετική, από την τυπική απόκλιση s με την οποία

έγινε ο υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής της Μελέτης Συνθέσεως (άρθρο 5.2.2.) τότε η απαιτούμενη αντοχή θα διορθώνεται από τη Σχέση (1) του άρθρου 5.2.2.1. για $s=s_p$.

Αν η s_p είναι μικρότερη από 3 MPa στη Σχέση (1) θα εισάγεται η τιμή $s=3$ MPa. Συγχρόνως από την καμπύλη λόγου νερό/τσιμέντο (N/T) και αντοχής που θα δίνεται στη Μελέτη Συνθέσεως θα αναπροσαρμόζονται οι αναλογίες των υλικών έτσι ώστε να προκύπτει μέση τιμή f_m ίση με τη νέα απαιτούμενη. Με τη διορθωμένη αυτή τιμή f_a (ή με την παλιά, αν η τυπική απόκλιση των δοκιμαστικών αναμιγμάτων που αναφέρθηκε προηγουμένως είναι ίση με εκείνη της Μελέτης Συνθέσεως) θα αρχίσει η κατασκευή του έργου.

13.5.2. Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια ημέρα θα αποτελεί μια παρτίδα και θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία. Για έργα με διάστρωση χωρίς διακοπή ισχύουν όσα αναφέρονται στο άρθρο 13.3.8.

13.5.3. Οι δειγματοληψίες των τριών πρώτων ημερών διαστρώσεως θα αποτελούνται από 12 δοκίμια η κάθε μια, οι δε δειγματοληψίες των επόμενων ημερών από 3 δοκίμια. Αν το σκυρόδεμα είναι έτοιμο, οι δειγματοληψίες θα γίνονται στο συγκρότημα παραγωγής. Τα δοκίμια θα έχουν συνεχή αρίθμηση.

13.5.4. Κάθε δοκίμιο θα παίρνεται από διαφορετικό ανάμιγμα σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 13.4.2.

Στη Σύμβαση του έργου πρέπει να προβλέπεται ικανός αριθμός δοκιμίων που θα ελέγχονται σε μικρές ηλικίες ώστε να είναι δυνατόν να προβλέπεται με ικανοποιητική προσέγγιση η αντοχή 28 ημερών.

13.5.6. Οι αντοχές των δειγματοληψιών 12 δοκιμίων του άρθρου 13.5.3. πρέπει να ικανοποιούν το Κριτήριο συμμορφώσεως Γ, οι δε αντοχές των δειγματοληψιών 3 δοκιμίων της ίδιας παραγράφου, πρέπει να ικανοποιούν ένα τουλάχιστον από τους Κανόνες 7 και 8 του Κριτηρίου συμμορφώσεως.

Αν ένα μόνο δοκίμιο μιας δειγματοληψίας 12 δοκιμίων δεν ικανοποιήσει τον 6^ο Κανόνα αποδοχής τότε η αντοχή του αντίστοιχου αναμίγματος αμφισβητείται και ακολουθεί η διαδικασία του άρθρου 13.7.1. Σε κάθε άλλη περίπτωση που

δεν ικανοποιούνται και οι δύο Κανόνες του Κριτηρίου Γ (δειγματοληψίες 12 δοκιμίων) ή που δεν ικανοποιείται τουλάχιστον ένας από τους Κανόνες 7 και 8 του Κριτηρίου Δ (δειγματοληψίες 3 δοκιμίων) , η αντίστοιχη παρτίδα σκυροδέματος

αμφισβητείται και ακολουθεί η διαδικασία των άρθρων 13.7.2. και 13.7.3.

13.5.7. Μετά από κάθε συγκέντρωση 60 αποτελεσμάτων αντοχής δοκιμίων συνεχών δειγματοληψιών που ικανοποίησαν τα αντίστοιχα κριτήρια συμμορφώσεως θα υπολογίζεται ο μέσος όρος αντοχής X_{60} που θα θεωρείται συμβατικά ίσος f_m και η τυπική απόκλιση S_{60} αυτών των δοκιμίων. Αν η S_{60} διαφέρει από την τυπική απόκλιση s που ήδη χρησιμοποιείται περισσότερο από ± 0.5 MPa τότε θα υπολογίζεται από τη Σχέση (1) του άρθρου 5.2.2.1. Νέα απαιτούμενη αντοχή για την τιμή S_{60} . Αν η S_{60} βρεθεί μικρότερη από 3 MPa, στη Σχέση (1) θα εισάγεται η τιμή 3 MPa.

Τη μεταβολή της απαιτούμενης αντοχής θα ακολουθεί τροποποίηση των αναλογιών συνθέσεως, όπως και στο άρθρο 13.5.1. ώστε να προκύπτει αντοχή X_{60} τουλάχιστον ίση με την απαιτούμενη.

Στην περίπτωση που η X_{60} βρεθεί μεγαλύτερη από την απαιτούμενη αντοχή f_a , ο κατασκευαστής μπορεί να ζητήσει, με δική του ευθύνη, τον υπολογισμό νέας απαιτούμενης αντοχής από τη Σχέση :

$f_a = f_{ck} + 1.64 S_{60}$. με το περιορισμό για την τιμή S_{60} που αναφέρθηκε παραπάνω.

13.5.8. Αν δυο συνεχείς δειγματοληψίες δεν ικανοποίησαν τα Κριτήρια συμμορφώσεως οι αναλογίες συνθέσεως αναπροσαρμόζονται έτσι ώστε η απαιτούμενη αντοχή να επανέλθει στην τιμή της Σχέσεως (1). Αν είναι ήδη ίση προς αυτήν , θα αυξηθεί κατά 0.41s όπου η s η τυπική απόκλιση για την οποία συνέβησαν οι προηγούμενες αστοχίες. Η επαναφορά της f_a σε χαμηλότερες τιμές θα γίνεται μετά τη συμπλήρωση 60 δοκιμίων σύμφωνα με το άρθρο 13.5.7.

Όπως αναφέρεται στο άρθρο 13.5.5. αστοχίες στην ικανοποίηση των Κριτηρίων συμμορφώσεως είναι δυνατόν να προβλέπονται από τα δοκίμια μικρής ηλικίας.

Στην περίπτωση αυτή ο κατασκευαστής μπορεί να ζητήσει την αναπροσαρμογή των αναλογιών συνθέσεως αμέσως μετά τον έλεγχο αυτών των δοκιμίων.

13.5.9. Κάθε φορά που αλλάζουν οι αναλογίες συνθέσεως (άρθρα 13.5.7. και 13.5.8.) οι δειγματοληψίες θα ακολουθούν τη διαδικασία του άρθρου 13.5.3. με επανάληψη της αριθμήσεως των δοκιμίων από την αρχή.

13.5.10. Ο αύξων αριθμός κάθε δοκιμίου, η ημερομηνία λήψεως, η αντοχή του, καθώς και ο μέσος όρος κάθε δειγματοληψίας θα σημειώνονται σε κατάλληλα διαγράμματα, έτσι ώστε να υπάρχει εποπτεία της μεταβολής της ποιότητας του σκυροδέματος.

13.5.11. Τα αδρανή θα συγκεντρώνονται σε μεγάλους σωρούς (στο μέγεθος και την έκταση που επιτρέπει ο χώρος του εργοταξίου), μετά δε τον έλεγχο τους στους σωρούς θα μεταφέρονται στον αστέρα του συγκροτήματος παραγωγής.

Η μεταφορά αδρανών κατευθείαν από το λατομείο στον αστέρα κατά τη διάρκεια της σκυροδετήσεως δεν επιτρέπεται παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις περιορισμένου χώρου.

13.5.12. Για τις εγκαταστάσεις ζυγίσεως των υλικών και αναμίξεως του σκυροδέματος ισχύουν όσα αναφέρονται στο άρθρο 12.1. (Ετοιμο σκυρόδεμα).

13.5.13. Όταν η παραγωγή είναι συνεχής τα ζυγιστηρια και γενικά η καλή λειτουργία του συγκροτήματος θα ελέγχονται μια φορά την εβδομάδα. Όταν η παραγωγή δεν είναι συνεχής ο έλεγχος θα γίνεται σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα κατά την κρίση του Επιβλέποντα.

13.5.14. Η αρμόδια Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων μηχανικός θα ασκεί πλήρη έλεγχο σε όλα τα στάδια κατασκευής του έργου (συγκέντρωση των υλικών, έλεγχος των δελτίων ποιότητας των υλικών, εργαστηριακός έλεγχος των

υλικών, επίβλεψη στο συγκρότημα παραγωγής, στη λήψη δοκιμίων, στη μεταφορά, τη διάστρωση και τη συντήρηση του σκυροδέματος, στον πιθανό επανέλεγχο της κατασκευής κτλ.). Η παρακολούθηση αυτή δεν απαλλάσσει τον κατασκευαστή από την ευθύνη της ποιότητας των υλικών και του σκυροδέματος.

13.6. Κριτήρια συμμορφώσεως

13.6.1. Κριτήριο Α (εργοστασιακό σκυρόδεμα, εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων)

$$\bar{X}_6 \geq f_{ck} + 1,60 \cdot S \quad \text{1ος κανόνας αποδοχής}$$

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

όπου:

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=6} (X_i - X_6)^2}{5}} \quad \text{και}$$

$$S \geq 1,5 \text{ MPa}$$

13.6.2. Κριτήριο Β (Εργοταξιακό σκυρόδεμα, Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων).

$$\bar{X}_{12} \geq f_{ck} + 1,57 \cdot S \quad \text{3ος κανόνας αποδοχής}$$

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

όπου :

X_{12} : Μέσος όρος αντοχής 12 συμβατικών δοκιμίων της δειγματοληψίας

X_i : Η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της δειγματοληψίας

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=12} (X_i - X_{12})^2}{11}} \quad \text{και}$$

$$S \leq 2,2 \text{ MPa}$$

13.6.3. Κριτήριο Γ (Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων)

$$\bar{X}_{12} \geq f_{ck} + 1,57 \cdot S \quad \text{5ος κανόνας αποδοχής}$$

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

όπου:

X_{12} = Μέσος όρος αντοχής 12 συμβατικών δοκιμίων της δειγματοληψίας

X_i = Η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της δειγματοληψίας

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=12} (X_i - X_{12})^2}{11}}$$

13.6.4. Κριτήριο Δ (Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων)

$$\bar{X}_{36} \geq f_{ck} + 1,70 \cdot S_{60} \quad \text{7ος Κανόνας αποδοχής}$$

$$\bar{X}_3 \geq f_{ck} + 1,83 \cdot S_{60} \quad \text{8ος κανόνας αποδοχής}$$

όπου :

X_3 = Μέσος όρος αντοχής 3 συμβατικών δοκιμίων της δειγματοληψίας Δ

X_{36} = Μέσος όρος αντοχής των 3 συμβατικών δοκιμίων της δειγματοληψίας και των 33 αμέσως προηγούμενων συμβατικών δοκιμίων

s= Η τυπική απόκλιση της τελευταίας ομάδας 60 δοκιμίων (ή αν ακόμη δεν έχει σχηματιστεί η πρώτη ομάδα 60 δοκιμίων) η τυπική απόκλιση των δοκιμίων που έχουν ήδη συγκεντρωθεί συμπληρωμένων με τον απαιτούμενο αριθμό των δοκιμίων των τελευταίων δοκιμαστικών αναμιγμάτων, ώστε να αποτελέσουν ένα σύνολο 60 δοκιμίων.

$$S_{60} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=60} (X_i - \bar{X}_{60})^2}{59}}$$

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 δοκιμίων είναι μικρότερος από 60.

Κριτήριο E (Εργοστασιακό σκυρόδεμα μέχρι 20m3.)

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

$$X_i \geq f_{ck}$$

όπου :

X3= μέσος όρος αντοχής των τριών συμβατικών δοκιμίων του ίδιου αυτοκινήτου

Xi= η αντοχή κάθε συμβατικού δοκιμίου της τριάδας.

13.7. Επανελέγχοι σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

13.7.1. Στην περίπτωση που αμφισβητείται ένα ανάμιγμα ή φορτίο αυτοκινήτου καταβάλλεται η Αποζημίωση "Α" του άρθρου 13.7.8 και η περιοχή του έργου στην οποία διαστρώθηκε αυτό το ανάμιγμα ή το φορτίο αυτοκινήτου υποβάλλεται σε εντατική συντήρηση για 14 μέχρι 28 ημέρες. Η συντήρηση αυτή θα γίνεται με πλημμύρισμα στα οριζόντια στοιχεία και με τη μέθοδο της παρ. 10.3. για τα κατακόρυφα στοιχεία.

Μετά την πάροδο των 14-28 ημερών, από τυχαίες θέσεις του διαστρωμένου αναμίγματος ή του φορτίου σκυροδέματος που αμφισβητείται θα κόβονται 3 πυρήνες διαμέτρου $10\pm 0.5\text{cm}$ και ύψους μέχρι 12.5 cm.

Δεν θα γίνεται πυρηνοληψία κοντά σε ακμές ή αρμούς (εργασίας ή διαστολής) ή από θέσεις στις οποίες το σκυρόδεμα παρουσιάζει ανωμαλίες ιστού (μεγάλα κενά, απόμιξη, συγκέντρωση λεπτού υλικού κτλ.) ή από θέσεις που υπάρχουν εμφανείς ρηγματώσεις ή ρηγματώσεις οφειλόμενες στη λειτουργία του φορέα. Πυρήνες που θα περιέχουν τμήματα σιδηροπλισμού διαμέτρου μεγαλύτερης από 8mm θα απορρίπτονται. Η κοπή και η προετοιμασία των πυρήνων θα γίνεται σύμφωνα με το Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 344, το ύψος όμως κάθε πυρήνα πριν από την επίστρωση της κοινούς επιπεδώσεως (καπέλωμα) δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 9.5 cm. Η αναγωγή της αντοχής των πυρήνων σε αντοχή συμβατικών δοκιμίων θα γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 13.7.9.

Ο μέσος όρος των ανηγμένων αντοχών των τριών πυρήνων θα αντικαθιστά την αντοχή του δοκιμίου το οποίο προκάλεσε τον επανέλεγχο αυτής της παραγράφου. Αν με αυτή την αντικατάσταση ικανοποιούνται και οι δύο κανόνες αποδοχής του αντίστοιχου Κριτηρίου συμμορφώσεως, η αντοχή του αναμίγματος ή του φορτίου αυτοκινήτου που αμφισβητήθηκε θεωρείται ικανοποιητική, διαφορετικά ολόκληρη η παρτίδα σκυροδέματος αμφισβητείται και ακολουθεί η διαδικασία του άρθρου 13.7.2.

13.7.2. Στην περίπτωση που αμφισβητείται η αντοχή μιας παρτίδας σκυροδέματος καταβάλλεται η Αποζημίωση "Α" του άρθρου 13.7.8 και ακολουθεί η εξής διαδικασία επανελέγχου. Γίνεται εντατική συντήρηση της αμφισβητούμενης παρτίδας όπως περιγράφεται στο άρθρο 13.7.1., εκτός αν αυτή η συντήρηση έχει ήδη γίνει.

Κατόπιν κόβονται από τυχαίες θέσεις του σκυροδέματος της παρτίδας (με τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 13.7.1.) έξι (6) πυρήνες. Μετά την

αναγωγή των αντοχών των πυρήνων σε αντοχές συμβατικών δοκιμίων όπως προβλέπεται στο άρθρο 13.7.9., υπολογίζεται ο μέσος όρος X_6 και η τυπική απόκλιση S_6 των δοκιμίων σύμφωνα με τη σχέση που δίνεται στο Κριτήριο Α. Τα δυο αυτά στοιχεία πρέπει να ικανοποιούν τον 1ο Κανόνα αποδοχής του Κριτηρίου Α με περίσσεια αντοχής τουλάχιστον 0.5MPa. Αν αυτό δεν συμβαίνει ακολουθεί η διαδικασία του άρθρου 13.7.3.

13.7.3. Αν ο έλεγχος του άρθρου 13.7.2. δώσει αρνητικά αποτελέσματα αποκóπτονται έξι (6) ακόμη πυρήνες από τυχαίες επίσης θέσεις της παρτίδας ώστε να συμπληρωθούν δώδεκα (12) πυρήνες. Μετά την αναγωγή των αντοχών των πυρήνων σε αντοχές συμβατικών δοκιμίων όπως προβλέπεται στο άρθρο 13.7.9β θα εξεταστεί αν ισχύει η σχέση (4):

$$\frac{X_{12} - X_{\min}}{s} > 2,28 \quad (4)$$

όπου X_{\min} η μικρότερη από τις 12 αντοχές και s η τυπική απόκλιση όπως υπολογίζεται από τη σχέση (5)

$$s_{12} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=12} (X_i - X_{12})^2}{11}}$$

Αν η σχέση (4) ισχύει, θεωρείται ως μέσος όρος αντοχής της δειγματοληψίας ο μέσος όρος $-X_{11}$ των πυρήνων που έχουν αντοχή μεγαλύτερη από X_{\min} . Αν η σχέση (4) δεν ισχύει, ο μέσος όρος αντοχής της δειγματοληψίας θεωρείται ο μέσος όρος $-X_{12}$ όλων των πυρήνων :

Ο μέσος όρος ή πρέπει να ικανοποιεί τον 3^ο X_{11} X_{12} κανόνα αποδοχής (άρθρο 13.6.2.) όπου η τυπική απόκλιση s θα υπολογίζεται από τη Σχέση (5) για μέσο όρο X_{12} ή τη Σχέση (6) για μέσο όρο

$$S_{11} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=11} (X_i - X_{11})^2}{10}}$$

Αν ο 3ος κανόνας αποδοχής δεν ικανοποιεί από το μέσο όρο ή θεωρείται ότι η αντίστοιχη παρτίδα X11 X12 σκυροδέματος δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις αυτού του Κανονισμού και ακολουθεί η διαδικασία του άρθρου 13.7.4.

13.7.4. Όταν από το έλεγχο του άρθρου 13.7.3 προκύψει ότι μια παρτίδα σκυροδέματος δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις αυτού του Κανονισμού καταβάλλεται αποζημίωση "B" του άρθρου 1.7.8 και γίνεται εντατική συντήρηση της παρτίδας, εκτός αν αυτή η συντήρηση έχει ήδη γίνει. Κατόπιν εκτιμάται η αντοχή του σκυροδέματος αυτής της παρτίδας από ένα συμπληρωματικό αριθμό πυρήνων σε συνδυασμό και με έμμεσες μεθόδους ελέγχου, ακολουθεί δε υπολογισμός του στοιχείου ή του φορέα με περισσότερες ακριβείς μεθόδους και πιθανώς με ελάττωση των φορτίων, όπου η λειτουργία του έργου το επιτρέπει. Σε όσους φορείς κρίνεται σκόπιμο διενεργείται δοκιμαστική φόρτιση.

13.7.5. Αν οι έλεγχοι του άρθρου 13.7.4 αποδείξουν ότι το στοιχείο ή ο φορέας δεν έχει την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα (ή αν κατάλληλοι έλεγχοι αποδείξουν ότι το στοιχείο ή ο φορέας δεν έχει την απαιτούμενη ανθεκτικότητα στο χρόνο ή σε επιρροές περιβάλλοντος) τότε καταβάλλεται η Αποζημίωση "Γ" του άρθρου 13.7.8 και ενισχύεται ο φορέας στην έκταση που απαιτεί η ασφάλεια του έργου.

13.7.6. Όταν η ενίσχυση του άρθρου 13.7.5 δεν είναι δυνατή λόγω ιδιομορφίας του φορέα ή η ενίσχυση δεν εξασφαλίζει την ασφάλεια του έργου,

καταβάλλεται η Αποζημίωση "Δ" του άρθρου 13.7.8 και γίνεται καθαίρεση και επανακατασκευή του αντίστοιχου στοιχείου ή τμήματος του έργου.

13.7.7. Οι προηγούμενοι έλεγχοι γίνονται από τα Εργαστήρια του ΥΠΕΧΩΔΕ τα Εργαστήρια των Α.Ε.Ι. και τα αναγνωρισμένα Εργαστήρια (άρθρο 15.8). Το είδος και η έκταση των ελέγχων αποφασίζεται με τη συνεργασία μηχανικού ειδικευμένου στην τεχνολογία σκυροδέματος, η δε αντοχή της αμφισβητούμενης παρτίδας θα προκύψει από στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων ελέγχου.

13.7.8. Εφόσον δεν ορίζεται διαφορετικά στη Σύμβαση του Έργου οι Αποζημιώσεις των άρθρων 13.7.2., 13.7.3., 13.7.4., 13.7.5. και 13.7.6. είναι οι ακόλουθες και οφείλονται πέρα από τυχόν άλλη αποδεικνυόμενη ζημία.

Αποζημίωση "Α": Καταβολή όλων των δαπανών των ελέγχων που προβλέπονται στα άρθρα 13.7.1., 13.7.2., και 13.7.3.

Αποζημίωση "Β": Καταβολή όλων των δαπανών για τη διενέργεια των ελέγχων και των Μελετών του άρθρου 13.7.4.

Αποζημίωση "Γ": Επιστροφή εφόσον έχει εισπραχθεί του αντιτίμου της παρτίδας σκυροδέματος που κρίθηκε ακατάλληλη και καταβολή, εκτός των δαπανών της Αποζημίωσης "Β" και της δαπάνης για τη μελέτη και εκτέλεση των ενισχύσεων, Αποζημίωση "Δ": Εκτός από τις δαπάνες που προβλέπονται στην αποζημίωση "Β" καταβάλλεται και κάθε δαπάνη για την καθαίρεση του ακατάλληλου σκυροδέματος και την επανακατασκευή του φορέα ή του αναγκαίου τμήματος του έργου.

13.7.9. Οι πυρήνες θα ελέγχονται αφού παραμείνουν για δύο ημέρες σε περιβάλλον δωματίου. Αν για οποιονδήποτε λόγο ο έλεγχος γίνεται μετά τη συμπλήρωση δύο μηνών από τη σκυροδέτηση, η αντοχή των πυρήνων θα διαιρείται με 1.10 αν δε ο έλεγχος γίνεται μετά τη συμπλήρωση τριών ή περισσότερων μηνών από τη σκυροδέτηση, η αντοχή των πυρήνων θα διαιρείται με 1.15. Η αναγωγή της αντοχής των πυρήνων σε αντοχή συμβατικών δοκιμίων (κυβικών ή κυλινδρικών) θα γίνεται ως εξής:

α. Έλεγχος του σκυροδέματος με κυβικά δοκίμια και επανέλεγχος με 3 ή 6 πυρήνες. Το μήκος των πυρήνων θα στρογγυλεύεται σε 0.5cm (αν το πρώτο δεκαδικό είναι μεγαλύτερο από 2 ή μικρότερο από 8 θα γίνεται 5 και αν είναι μικρότερο από 3 ή μεγαλύτερο από 7 θα γίνεται 0) και η αντοχή τους θα ανάγεται σε αντοχή συμβατικού κυβικού δοκιμίου σύμφωνα με τον πίνακα 13.7.9 με γραμμική παρεμβολή, όπου χρειάζεται.

β. Έλεγχος του σκυροδέματος με κυβικά δοκίμια και επανέλεγχος με 12 πυρήνες. Η αναγωγή σε συμβατικό κυβικό δοκίμιο θα γίνεται με το ακριβές μήκος των πυρήνων και με τους συντελεστές που αναφέρονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 344, με τη διαφορά ότι ο συντελεστής K_{ϕ} θα είναι ίσος με 0.97 για τους πυρήνες της ονομαστικής διαμέτρου 10cm που προβλέπεται σ' αυτό τον Κανονισμό και ο συντελεστής συντηρήσεως K_c θα είναι ίσος με 0.94 που αντιστοιχεί σε πολύ καλή συντήρηση.

γ. Έλεγχος του σκυροδέματος με κυλινδρικά δοκίμια Ανεξαρτήτως αριθμού των (3.6 ή 12), οι πυρήνες θα ανάγονται σε συμβατικά κυλινδρικά δοκίμια με τους συντελεστές που αναφέρονται στο Σχέδιο Προτύπου ΕΛΟΤ 344, όπως διαμορφώνονται στην προηγούμενη παράγραφο 13.7.9β και για λ_3 ίσο ένα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.7.9

Αντοχές συμβατικών κυβικών δοκιμίων (σε MPa)* Μήκος πυρήνα, cm

| Αντοχή πυρήνα (MPa) | 9.5 | 10.0 | 10.5 | 11.0 | 11.5 | 12.0 | 12.5 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10.0 | 12.1 | 12.2 | 12.4 | 12.5 | 12.7 | 12.9 | 13.0 |
| 15.0 | 17.3 | 17.5 | 17.8 | 18.0 | 18.2 | 18.5 | 18.7 |
| 20.0 | 22.6 | 22.9 | 23.2 | 23.6 | 23.8 | 24.1 | 24.4 |
| 25.0 | 27.6 | 28.1 | 28.4 | 28.7 | 29.0 | 29.5 | 29.8 |
| 30.0 | 32.6 | 33.2 | 33.6 | 34.0 | 34.5 | 34.9 | 35.3 |
| 35.0 | 37.6 | 38.2 | 38.7 | 39.2 | 39.7 | 40.2 | 40.7 |
| 40.0 | 42.5 | 43.2 | 43.7 | 44.2 | 44.8 | 45.4 | 45.9 |
| 45.0 | 47.4 | 48.3 | 49.0 | 49.7 | 50.4 | 51.1 | 51.8 |

Οι αντοχές κυβικών δοκιμίων του πίνακα 13.7.9 έχουν προκύψει από τους συντελεστές που αναφέρονται στην 13.7.9β για διάμετρο πυρήνα 10cm και πάχος στοιχείου 15cm. Για ενδιάμεσες τιμές γίνεται γραμμική παρεμβολή.

13.7.10. Αν ο έλεγχος του άρθρου 13.7.3. δώσει αρνητικά αποτελέσματα ο κύριος του έργου έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί την ενίσχυση της κατασκευής αλλά να απαιτήσει την καθαίρεση της ελαττωματικής παρτίδας και την αντικατάσταση της με υγιές σκυρόδεμα, αν αυτό είναι τεχνικώς δυνατό.

13.7.11. Η μεθοδολογία και τα κριτήρια ελέγχου με τους πυρήνες του άρθρου 13.7 αφορούν μόνον τον επανέλεγχο πρόσφατου σκυροδέματος του οποίου τα συμβατικά δοκίμια δεν ικανοποιήσουν τα αντίστοιχα κριτήρια συμμορφώσεως και όχι την αποδοχή ή απόρριψη πρόσφατου σκυροδέματος, στο οποίο δεν έγιναν έλεγχοι συμμορφώσεως με συμβατικά δοκίμια. Επίσης δεν αφορούν την αποδοχή ή απόρριψη παλαιού σκυροδέματος άγνωστων στοιχείων όπως και την εκτίμηση της αντοχής του.

13.7.12. Μετά το τέλος των επανελέγχων οι τρύπες που δημιουργήθηκαν από τους πυρήνες θα γεμίζονται από τον κατασκευαστή του έργου με κατάλληλο σκυρόδεμα (ρητινικό ή όχι) μειωμένου συντελεστή συστολής πήξεως και αυξημένης ικανότητας προσφύσεως στο παλιό σκυρόδεμα.

Άρθρο 14: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

14.1. Απόσταση ράβδων οπλισμού.

Ισχύουν οι σχετικές διατάξεις του Νέου Κανονισμού για τη Μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα.

14.2. Επικάλυψη οπλισμού.

Ισχύουν οι σχετικές διατάξεις του Νέου κανονισμού για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα.

14.3. Αρμοί εργασίας.

14.3.1. Λίγη ώρα μετά τη σκυροδέτηση οι αρμοί

εργασίας θα τρίβονται με συρματόβουρτσα έτσι ώστε να απομακρύνεται η τσιμεντοκονία και να απογυμνώνονται οι κόκκοι των αδρανών.

14.3.2. Πριν από τη νέα σκυροδέτηση οι αρμοί θα καθαρίζονται από κάθε ξένο σώμα και θα πλένονται με νερό υπό πίεση.

Κατά τη στιγμή της σκυροδετήσεως οι αρμοί πρέπει να είναι κορεσμένοι, χωρίς όμως να έχουν ελεύθερο νερό στις κοιλότητες της επιφάνειες τους. Απαγορεύεται, η επάλειψη των αρμών με τσιμεντοκονία.

14.3.3. Αν υπάρχει κατακόρυφος αρμός η σκυροδέτηση θα αρχίσει από τη θέση του αρμού.

Σε οριζόντιους αρμούς τοιχίων θα διαστρώνεται πρώτα μια στρώση μικρού πάχους σε ολόκληρο το μήκος του αρμού η οποία και θα δονείται προσεκτικά.

14.3.4. Οι αρμοί εργασίας θα είναι περίπου κάθετοι προς τη διεύθυνση διαστρώσεως και πάντως όχι παράλληλοι προς τον κύριο οπλισμό.

14.3.5. Σε έργα με απαιτήσεις στεγανότητας πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία αρμών εργασίας. Σε περίπτωση όμως που υπάρχουν τέτοιοι αρμοί, αυτοί πρέπει να επαλείφονται με εποξειδική ρητίνη πριν από τη διάστρωση του νέου σκυροδέματος. Η συντήρηση στην θέση των αρμών πρέπει να είναι ιδιαίτερη επιμελημένη.

14.4. Εξαρτήματα ενσωματωμένα στο σκυρόδεμα

14.4.1. Σωλήνες ή άλλα εξαρτήματα που δεν βλάπτουν με χημική ή φυσική διαδικασία το σκυρόδεμα μπορούν να ενσωματώνονται σ' αυτό, εκτός από τις περιπτώσεις που αναφέρονται στις επόμενες παραγράφους.

14.4.2. Σωλήνες ή εξαρτήματα αλουμινίου δεν θα βρίσκονται σε επαφή με σκυρόδεμα, εκτός αν είναι επαλειμμένα ή καλυμμένα με κατάλληλα υλικά που εμποδίζουν την αντίδραση αλουμινίου σκυροδέματος ή την ηλεκτρολυτική αντίδραση χάλυβα - αλουμινίου.

14.4.3. Απαγορεύεται η ενσωμάτωση σωλήνων παροχетеύσεων υγρών σε υποστυλώματα ή τοιχώματα.

Άρθρο 15: Υποχρεώσεις

15.1. Για τα έργα των φορέων του δημοσίου τομέα, οι υποχρεώσεις και οι ευθύνες του Επιβλέποντα και του κατασκευαστή προκύπτουν από τις ισχύουσες διατάξεις και τη Σύμβαση του έργου.

15.2. Για τα ιδιωτικά έργα ισχύουν οι ακόλουθες παράγραφοι

15.2.1. Οι δειγματοληψίες των υλικών και του σκυροδέματος και η αποστολή των δειγμάτων και των δοκιμίων στο Εργαστήριο σκυροδέματος γίνονται με τη μέριμνα και την επίβλεψη του Επιβλέποντα μηχανικού , μετά από γραπτή εντολή του (π.χ. αναγραφή στα σχέδια ξυλοτύπων, ημερολόγιο έργου κλπ) από προσωπικό και μέσα που διαθέτει ο κατασκευαστής του έργου. Οι επί τόπου έλεγχοι, όπως ο προσδιορισμός της υγρασίας των αδρανών και η μέτρηση της εργασιμότητας, γίνονται με τη μέριμνα και την επίβλεψη του Επιβλέποντα, από προσωπικό και μέσα που διαθέτει ο κατασκευαστής του έργου. Οι δειγματοληψίες αδρανών ή έτοιμου σκυροδέματος στο εργοτάξιο γίνονται παρουσία των ενδιαφερομένων μερών ή εξουσιοδοτημένων αντιπροσώπων.

Οι δειγματοληψίες είναι έγκυρες, εάν το ένα μέρος κληθέν δεν προσέλθει.

15.2.2. Αν δεν προβλέπεται διαφορετικά στη Σύμβαση ο κύριος του Έργου προκαταβάλλει τις δαπάνες όλων των εργαστηριακών ελέγχων και επανελέγχων που προδιαγράφονται στο άρθρο 13.7.

15.2.3. Ο επιβλέπων μηχανικός έχει το δικαίωμα να απαιτήσει την λήψη δοκιμίων για τον έλεγχο της αντοχής σε μικρές ηλικίες.

15.2.4. Αν από υπαιτιότητα του κυρίου του έργου ή του κατασκευαστή δεν διενεργούνται οι έλεγχοι και επανέλεγχοι , ο Επιβλέπων έχει το δικαίωμα να ζητήσει από την Αστυνομική Αρχή τη διακοπή του έργου , γνωρίζοντας συγχρόνως με αναφορά του στην αρμόδια Υπηρεσία του ΥΠΕΧΩΔΕ τους λόγους αυτής της διακοπής.

15.3. Υπεύθυνος για τα στοιχεία της τυπικής αποκλίσεως με τα οποία έγινε η Μελέτη συνθέσεως (άρθρο 5.2.2.) είναι ο κατασκευαστής του έργου.

15.4. Υπεύθυνος για την ποιότητα του σκυροδέματος, δηλαδή για την

κατηγορία αντοχής του(η οποία προσδιορίζεται με συμβατικά δοκίμια και τη διαδικασία του άρθρου 13), τη συμπεριφορά του στο χρόνο, την ανθεκτικότητα του σε ατμοσφαιρικές ή χημικές προσβολές και γενικά σε όλες τις απαιτήσεις που αναφέρονται στη Σύμβαση του έργου είναι ο κατασκευαστής του έργου. Στην περίπτωση εργοστασιακού σκυροδέματος το εργοστάσιο είναι υπεύθυνο για την κατηγορία αντοχής του(η οποία προσδιορίζεται με συμβατικά δοκίμια και τη διαδικασία του άρθρου 13) την κάθιση του, την ανθεκτικότητα του στο χρόνο και σε συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες καθώς και τις πρόσθετες ιδιότητες που

μπορεί να έχουν συμφωνηθεί στην παραγγελία (διαβάθμιση, λόγος N/T, περιεκτικότητα τσιμέντου, μέγιστο κόκκο κ.α.)

15.5. Την ευθύνη στην περίπτωση που δεν ικανοποιούνται τα Κριτήρια συμμορφώσεως έχει ο υπεύθυνος που αναφέρεται στην παρ. 15.4.

15.6. Οι αποζημιώσεις "Α", "Β", "Γ", "Δ", του άρθρου 13.7.8. βαρύνουν τον υπεύθυνο της παρ. 15.4, εφόσον δεν ορίζεται διαφορετικά στη Σύμβαση του έργου. Η Σύμβαση του έργου μπορεί να ορίζει συνυπεύθυνο ή συνυπεύθυνους του κατασκευαστή του έργου ή του εργοστασίου που προμηθεύει το σκυρόδεμα.

15.7. Οι έλεγχοι ποιότητας, γίνονται στα εργαστήρια του ΥΠΕΧΩΔΕ, στα Εργαστήρια των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και στα αναγνωρισμένα Εργαστήρια.

15.8. Αναγνωρισμένα Εργαστήρια θεωρούνται τα διαπιστευμένα Εργαστήρια (Νόμος 2231/94) καθώς και τα Εργαστήρια που εποπτεύονται από το ΥΠΕΧΩΔΕ.

15.9. Με απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ καθορίζεται η οργάνωση, η λειτουργία και ο έλεγχος των εποπτευομένων Εργαστηρίων.

Τα εποπτευόμενα Εργαστήρια δεν επιτρέπεται να εξαρτώνται, διοικητικά ή οικονομικά, από παραγωγούς ή αντιπροσώπους υλικών σκυροδέματος ούτε να συντάσσουν εκθέσεις ποιότητας υλικών για τα οποία έχουν, εκτός της εργαστηριακής τους αμοιβής, άμεσο ή έμμεσο οικονομικό συμφέρον.

15.11. Τα αποτελέσματα όλων των ελέγχων ποιότητας θα κοινοποιούνται υποχρεωτικά στην επιβλέπουσα υπηρεσία όταν πρόκειται για δημόσιο έργο και τον επιβλέποντα μηχανικό όταν πρόκειται για ιδιωτικό έργο.

15.12. Κατά τον έλεγχο της ποιότητας σκυροδέματος στο Εργαστήριο ο κύριος του έργου, ο επιβλέπων, ο κατασκευαστής και το εργοστάσιο έτοιμου σκυροδέματος, έχουν το δικαίωμα να παρευρίσκονται στην εκτέλεση των ελέγχων. Έχουν επίσης το δικαίωμα να απαιτήσουν από το Εργαστήριο να μην κοινοποιήσει τα αποτελέσματα ελέγχου σε οποιονδήποτε άλλο εκτός του δημοσίου και μόνο όταν αυτό τα ζητήσει και εκείνων που αναφέρονται παραπάνω.

15.13. Ο κατασκευαστής του έργου έχει το δικαίωμα να διενεργεί για λογαριασμό του ελέγχου που τον βοηθούν στην βελτίωση της ποιότητας του σκυροδέματος. Τέτοιοι έλεγχοι μπορεί να είναι η εξέταση υλικών, οι Μελέτες Συνθέσεως, η θραύση δοκιμίων σκυροδέματος όπως και οι έλεγχοι επί τόπου με έμμεσες μεθόδους. Δεν έχει όμως το δικαίωμα να προβαίνει χωρίς την άδεια του κύριου του έργου και του επιβλέποντα σε ελέγχους που είναι δυνατόν να έχουν επίπτωση στην ασφάλεια του έργου, όπως π.χ. η αποκοπή δοκιμίων από την κατασκευή ή η δοκιμαστική φόρτιση.

15.14. Στην περίπτωση των ελέγχων του άρθρου 15.3 και εφόσον αυτοί γίνονται σε ιδιωτικό Εργαστήριο, ο κατασκευαστής έχει το δικαίωμα να ζητήσει από το Εργαστήριο να μη κοινοποιήσει τα αποτελέσματα των ελέγχων στον κύριο του έργου και τον επιβλέποντα ή οποιονδήποτε τρίτο εκτός του δημοσίου και μόνο όταν αυτό τα ζητήσει.

15.15. Τα εργαστήρια είναι υποχρεωμένα να κοινοποιούν τα αποτελέσματα ελέγχων εκτός εκείνων του άρθρου 15.13. σε όσους από τους ενδιαφερόμενους του άρθρου 15.12. τα ζητήσουν.

15.16. Τα αποτελέσματα των ελέγχων θα φυλάγονται από τον κύριο του έργου και θα αποτελούν τα "Πιστοποιητικά αντοχής σκυροδέματος" του έργου.

Σε περίπτωση συνιδιοκτησίας (οριζόντιας ή κατακόρυφης) αντίγραφα των πιστοποιητικών αυτών θα έχουν όλοι οι συνιδιοκτήτες.

Ο αγοραστής έτοιμου διαμερίσματος ή οικοδομής είναι υποχρεωμένος να ελέγχει ότι τα προηγούμενα πιστοποιητικά συνοδεύουν τους τίτλους κυριότητας της οικοδομής.

15.17. Υπεύθυνος για την αντοχή, την ευστάθεια και την εν γένει άρτια διαμόρφωση και συμπεριφορά του ξυλοτύπου είναι ο κατασκευαστής του έργου. Ο κατασκευαστής του έργου δεν είναι υπεύθυνος για παραμορφώσεις ή ρηγματώσεις που δημιουργούνται στο σκυρόδεμα, πριν από την αφαίρεση των ξυλοτύπων από σεισμικές επιπονήσεις.

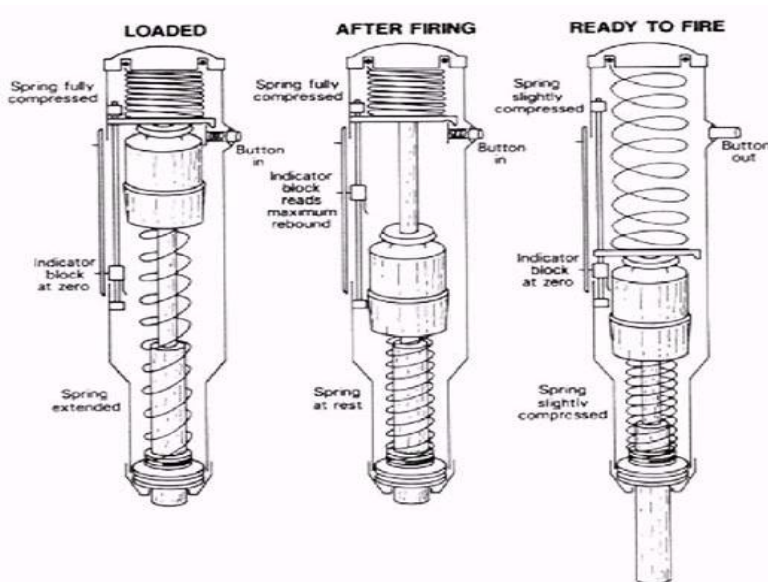
15.18. Η τήρηση των ημερών που αναφέρονται στον πίνακα 11.6 δεν απαλλάσσει τον κατασκευαστή του έργου από πιθανές βλάβες του σκελετού λόγω καθυστέρησης στη σκλήρυνση του σκυροδέματος ή λόγω πρόωρης υπερφορτίσεως της κατασκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΗ-ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΕΜΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ), ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1 Η μέθοδος του κρουσίμετρου αναπήδησης

Η μέθοδος του κρουσίμετρου αναπήδησης (γνωστό και ως κρουσίμετρο ή σφύρα Schmidt) βασίζεται στην εκτίμηση της επιφανειακής σκληρότητας της επιφάνειας πάνω στην οποία γίνεται η κρούση. Η βασική αρχή είναι η διατήρηση σε επαφή με την επιφάνεια του δοκιμίου ενός μεταλλικού εμβόλου, ενώ ταυτόχρονα μια μάζα διευθυνόμενη από ελατήριο προσβάλλει την άλλη πλευρά του εμβόλου και αναπηδά (Σχήμα 1). Η δύναμη με την οποία το ελατήριο ωθεί το έμβολο είναι σταθερή και ανεξάρτητη της αντίστασης της επιφάνειας και της ταχύτητας που εκτελείται η μέτρηση. Το ύψος αναπήδησης, το οποίο εξαρτάται από την επιφανειακή σκληρότητα του δοκιμίου, αναγράφεται σε κατάλληλη κλίμακα εντός του οργάνου και αποτελεί το δείκτη σκληρομέτρησης (A). Όσο μεγαλύτερη είναι η σκληρότητα του δοκιμίου τόσο μεγαλύτερο είναι το ύψος της αναπήδησης. Η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αφ' ενός για τη διαπίστωση της ομοιογένειας του δοκιμίου και αφ' ετέρου για την εκτίμηση της αντοχής του. Επειδή τα αποτελέσματα της δοκιμής είναι ευαίσθητα στην παρουσία αδρανών ή κενών στην επαφή με το έμβολο, συνιστάται να γίνονται περίπου 10-15 μετρήσεις στην ίδια περιοχή του σκυροδέματος και να λαμβάνεται ο μέσος όρος. Επίσης, η κρούση πρέπει να γίνεται πάντα κάθετα προς την επιφάνεια, η οποία πρέπει να είναι λεία. Η θέση του κρουσίμετρου προς την κατακόρυφο επηρεάζει κάπως τα αποτελέσματα και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στις καμπύλες συσχετισμού.



Σχήμα 1. Αρχή λειτουργίας του κρουσίμετρου Schmidt (McCarroll, 1994)

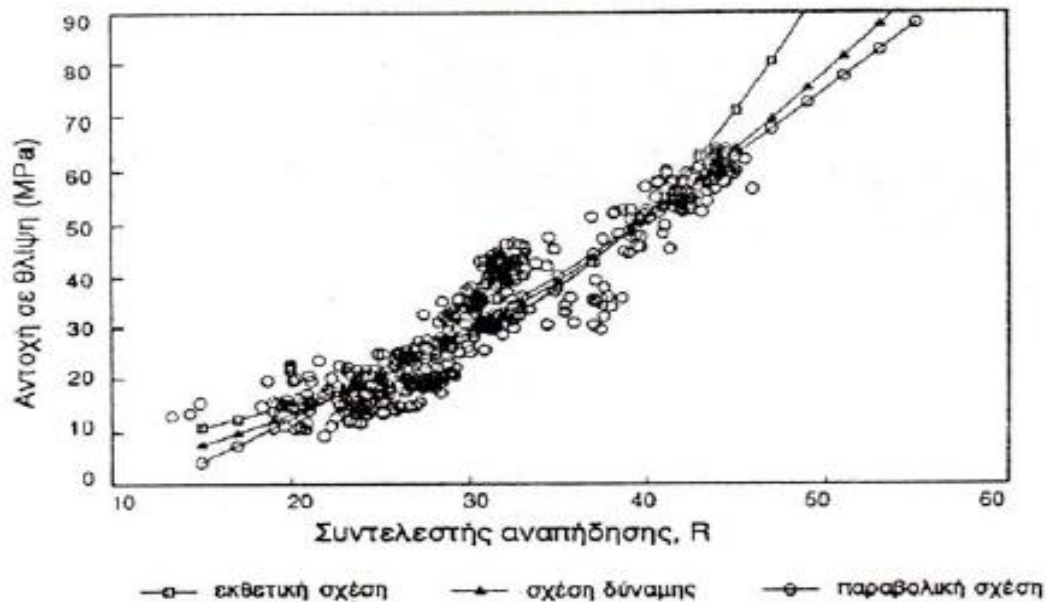
Η σχέση αναπήδησης-αντοχής δεν είναι μοναδική, αλλά εξαρτάται από παράγοντες σχετικούς με την ποιότητα της επιφάνειας του σκυροδέματος, όπως είναι η συμπίκνωση, το τελείωμα, η ποιότητα και ποσότητα τσιμέντου, η ηλικία, η υγρασία, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, ο βαθμός ενανθράκωσης κ.τ.λ. Γι' αυτό, οι καμπύλες συσχετισμού θα πρέπει να έχουν προκύψει από τη μέτρηση αντοχών πυρήνων από σκυρόδεμα (εργαστηριακά) με τα ίδια ή παρόμοια χαρακτηριστικά (π.χ. σύσταση, σύνθεση) με το υπό εξέταση σκυρόδεμα.

Τυπικά δεδομένα για τη συσχέτιση της αντοχής κύβου σκυροδέματος 28 ημερών (f_c), με την αναπήδηση κρουσίμετρου (που λέγεται και συντελεστής αναπήδησης) δίνονται στο Σχήμα 2. Εδώ, η σχέση που περιγράφει καλύτερα τα πειραματικά αποτελέσματα είναι της μορφής

$$f_c = -14,796 + 1,058R + 0,0147R^2$$

στην οποία R είναι ο συντελεστής αναπήδησης. Τονίζεται πάντως ότι η ακρίβεια της μεθόδου με κατάλληλα βαθμονομημένο κρουσίμετρο είναι της τάξης του

$\pm 15\text{-}20\%$ για δοκίμια στο εργαστήριο και του $\pm 25\%$ για πραγματικές κατασκευές.



Σχήμα 2

Ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα της δοκιμής περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια:

Τύπος κρουσιμέτρου: τα τυποποιημένα κρουσίμετρα Schmidt, τύπου L και τύπου N, είναι σχεδιασμένα ώστε να παράγουν διαφορετικά επίπεδα ενέργειας κρούσης: 0.735 και 2.207 NM, αντίστοιχα.

Διεύθυνση κρουσιμέτρησης: για δοκιμή που εκτελείται σε διευθύνσεις διαφορετικές από την οριζόντιο, οι τιμές της αναπήδησης επηρεάζονται από τη δύναμη της βαρύτητας και πρέπει να διορθώνονται. Τόσο η ISRM όσο και η ASTM σημειώνουν ότι η διόρθωση πρέπει να γίνεται χρησιμοποιώντας τα σχετικά διαγράμματα του κατασκευαστή.

Μέγεθος δοκιμίων: Για εργαστηριακή κρουσιμέτρηση, τα χρησιμοποιούμενα δοκίμια πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερων διαστάσεων. Προκειμένου

για κυβικά δοκίμια, η ακμή τους πρέπει να είναι τουλάχιστο 6 cm σύμφωνα με την ISRM (1978α) και τουλάχιστο 15 cm κατά την ASTM (2000).

Γεωμετρία επιφάνειας: Ανωμαλίες της επιφάνειας, στην οποία εκτελείται η δοκιμή, επηρεάζουν της τιμές της αναπήδησης, αφού συχνά θραύονται κάτω από την άκρη του εμβόλου οδηγώντας σε απώλειες της κρουστικής ενέργειας και μικρότερες τιμές αναπήδησης. Η ISRM (1978α) συνιστά τα δοκίμια να έχουν ομαλή επιφάνεια στα σημεία που εκτελείται η δοκιμή.

Η επίδραση της υγρασίας στις ενδείξεις του κρουσιμέτρου διαφέρει ανάλογα τον τύπο του δοκιμίου. Γενικά, οι τιμές της αναπήδησης μειώνονται (μη-γραμμικά) με την αύξηση της υγρασίας.

Η εκτίμηση της αντοχής του δοκιμίου από την αναπήδηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια καμπυλών συσχέτισης, που έχουν προκύψει από πειραματικά αποτελέσματα.

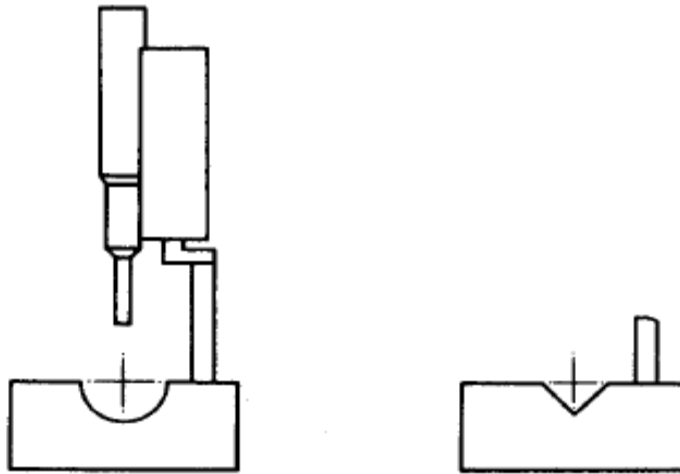
2.1.1 Η συσκευή αποτελείται από:

(α) Το κρουσίμετρο Schmidt, με το οποίο προσδιορίζεται η σκληρότητα αναπήδησης ενός δοκιμίου. Το έμβολο του κρουσιμέτρου τοποθετείται ενάντια στο δοκίμιο και πιέζεται με ώθηση του προς το δοκίμιο. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε ελατήριο που απελευθερώνεται αυτόματα σε ορισμένο ενεργειακό επίπεδο και κρούει μια μάζα στο έμβολο. Το ύψος αναπήδησης της μάζας μετρείται σε κλίμακα και λαμβάνεται ως μέτρο της σκληρότητας. Η συσκευή είναι φορητή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στο εργαστήριο όσο και επί τόπου.

Πρότυπα κρουσίμετρα είναι διαθέσιμα σε διάφορα επίπεδα ενέργειας κρούσης. Ο τύπος L, που έχει ενέργεια κρούσης 0.74 Nm, χρησιμοποιείται σε αυτή την προτεινόμενη μέθοδο.

(β) Βάση χάλυβα ελάχιστου βάρους 20 kg στην οποία πρέπει να στερεώνονται τα δοκίμια. Τα δοκίμια πυρηνοληψίας πρέπει να στερεώνονται σε

χαλύβδινη βάση με ημικυλινδρική εγκοπή της ίδιας ακτίνας με τον πυρήνα ή πρισματική βάση με εγκοπή σχήματος V (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Βάσεις στήριξης κυλινδρικών δοκιμίων

2.1.2 Διαδικασία

(α) Πριν από κάθε δοκιμή η σφύρα Schmidt πρέπει να βαθμονομείται χρησιμοποιώντας ένα αμόνι δοκιμής βαθμονόμησης, που παρέχεται από τον κατασκευαστή για το σκοπό αυτό. Κατά τη βαθμονόμηση πρέπει να λαμβάνεται ο μέσος όρος 10 αναγνώσεων στο αμόνι δοκιμής.

(β) Τα δοκίμια που λαμβάνονται για εργαστηριακές δοκιμές θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά του δοκιμίου που μελετάται. Εφόσον είναι δυνατό, χρησιμοποιείτε μεγαλύτερα τεμάχια του δοκιμίου για τις δοκιμές σκληρότητας Schmidt. Ο τύπος σφύρας L πρέπει να χρησιμοποιείται σε δείγματα πυρήνων NX ή μεγαλύτερα ή πρισματικά δοκίμια με μήκος ακμής τουλάχιστον 6 cm.

(γ) Η επιφάνεια δοκιμής όλων των δοκιμίων, είτε στο εργαστήριο είτε στο ύπαιθρο, θα είναι ομαλή και επίπεδη στην περιοχή που καλύπτεται από την άκρη του εμβόλου. Αυτή η περιοχή και το δοκίμιο κάτω από αυτή μέχρι βάθους

6 cm θα πρέπει να είναι ελεύθερη από ρωγμές ή οποιεσδήποτε τοπικές ασυνέχειες.

(δ) Η μετρηθείσα τιμή της σκληρότητας επηρεάζεται από τον προσανατολισμό του κρουσίμετρου. Συνιστάται η σφύρα να χρησιμοποιείται σε μία από τις τρεις ακόλουθες θέσεις: κατακόρυφη με ανοδική κατεύθυνση, οριζόντια, ή κατακόρυφη με καθοδική κατεύθυνση με τον άξονα της σφύρας εντός εύρους ± 5 από την επιθυμητή θέση. Όταν η χρήση ενός από τους τρεις αυτούς προσανατολισμούς δεν είναι εφικτή (π.χ. επί τόπου δοκιμή σε μια κυκλική σήραγγα), η δοκιμή πρέπει διεξάγεται στην επιβεβλημένη γωνία και τα αποτελέσματα να διορθώνονται ως προς την οριζόντια ή κατακόρυφη θέση χρησιμοποιώντας τις καμπύλες διορθώσεων που παρέχονται από τον κατασκευαστή. Ο προσανατολισμός της σφύρας κατά τη δοκιμή και οποιεσδήποτε διορθώσεις που εφαρμόζονται για μη κατακόρυφους και μη οριζόντιους προσανατολισμούς πρέπει να καταγράφονται και να αναφέρονται στα αποτελέσματα.

(ε) Τουλάχιστον 20 μεμονωμένες δοκιμές θα πρέπει να εκτελούνται σε κάθε ένα δοκίμιο. Οι θέσεις δοκιμής θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους κατά τουλάχιστο μια διάμετρο εμβόλου. Οποιαδήποτε δοκιμή προκαλεί ρωγμάτωση ή άλλη ορατή αστοχία θα καθιστά τη δοκιμή και το δοκίμιο απορριπτέα. Σφάλματα κατά την προετοιμασία των δοκιμίων και την τεχνική δοκιμής τείνουν να προκαλέσουν χαμηλές τιμές σκληρότητας.

2.1.3 Υπολογισμοί

(α) Ο συντελεστής διόρθωσης υπολογίζεται ως:

$$\text{Συντελεστής διόρθωσης} = \frac{\text{Καθορισμένη πρότυπη τιμή αμονίου}}{\text{Μέσος όρος 10 αναγνώσεων στο αμόνι βαθμολόγησης}}$$

(β) Οι μετρούμενες τιμές κατά τη δοκιμή του δείγματος θα πρέπει να ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά. Το κατώτερο 50% των μετρούμενων τιμών πρέπει να απορρίπτεται και ο μέσος όρος λαμβάνεται από το υψηλότερο 50 % των μετρούμενων τιμών. Αυτός ο μέσος όρος θα πρέπει να πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή διόρθωσης για να λαμβάνεται η Σκληρότητα Αναπήδησης Schmidt.

2.1.4 Υποβολή έκθεσης αποτελεσμάτων

Θα πρέπει να αναφέρονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

- (α) Ταυτότητα κατασκευής.
- (β) Θέση δοκιμής στην κατασκευή.
- (γ) Περιγραφή του σκυροδέματος.
- (δ) Σύνθεση αν είναι γνωστή.
- (ε) Αντοχή σχεδιασμού.
- (στ) Ηλικία.
- (ζ) Συνθήκες συντήρησης.
- (η) Μέσος όρος μετρήσεων.
- (θ) Είδος κρουσίμετρου και serial number.

Σύμφωνα με την ASTM C805-85 (Standard test Method for Rebound Number of hardened Concrete) ξηρά σκυροδέματα δίνουν υψηλότερες τιμές αναπήδησης από ότι στα υγρά.

Επίσης η χρήση διαφορετικών κρουσιμέτρων μπορούν να δώσουν διαφορές 1-3 μονάδων. Γι' αυτό προτείνεται ο έλεγχος να γίνεται με το ίδιο κρουσίμετρο.

Στους υπολογισμούς δεν λαμβάνονται υπόψη μετρήσεις που διαφέρουν περισσότερο από 7 μονάδες από μέσο όρο μετρήσεων. Αν υπάρχουν 2 αναγνώσεις διαφορετικές από 7 μονάδες, δεν λαμβάνονται υπόψη.

2.2 Δοκιμή υπερήχων

Μια άλλη μέθοδος πρόβλεψης της αντοχής στη νεαρή ηλικία του σκυροδέματος είναι αυτή με τη χρήση τεχνικών διάδοσης υπερηχητικών κυμάτων. Πολλές είναι οι πρακτικές μέθοδοι, στη βιβλιογραφία, που χρησιμοποιούν την ικανότητα των κονιαμάτων από τσιμέντο να μεταδίδουν τα υπερηχητικά κύματα. Ο Keating et al. ερεύνησε τη σχέση μεταξύ της θλιπτικής αντοχής ενός κυβικού δοκιμίου από τσιμεντοπολλτό και την υπερηχητική κατά τη διαμήκη διεύθυνση παλλόμενη ταχύτητα, για τις πρώτες 24 ώρες. Για συντηρημένο σκυρόδεμα σε θερμοκρασία δωματίου, παρατηρήθηκε ότι η σχετική αλλαγή στην παλμική ταχύτητα τις πρώτες λίγες ώρες είναι μεγαλύτερη από το ρυθμό ανάπτυξης της αντοχής. Μια γενική συσχέτιση μεταξύ των δυο αυτών παραμέτρων μπορεί να συναχθεί (Akkaya et al., 2002).

Μια άλλη μελέτη για την αλληλεξάρτηση μεταξύ της ταχύτητας των L-κυμάτων και της θλιπτικής αντοχής έχει γίνει από τους Carino και Pessiki. Σε αυτήν τη μελέτη εξετάστηκαν μίγματα από σκυρόδεμα με διαφορετικούς λόγους νερού-τσιμέντου και περιεκτικότητας αδρανών σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης. Η ταχύτητα των L-κυμάτων προσδιορίστηκε με τη χρήση της μεθόδου κρουστικής-αντήχησης για ένα χρονικό διάστημα μέχρι τις 28 ημέρες. Στη νεαρή ηλικία του σκυροδέματος η ταχύτητα των L-κυμάτων αυξάνεται με έναν γρηγορότερο ρυθμό σε σύγκριση με τη θλιπτική αντοχή και σε μεγαλύτερες ηλικίες η αντοχή είναι αυτή που αναπτύσσεται με μεγαλύτερους ρυθμούς. Η ταχύτητα των L-κυμάτων αποδείχτηκε πως είναι ένας ευαίσθητος δείκτης των αλλαγών της θλιπτικής αντοχής τρεις μέρες μετά από την ανάμειξη του μίγματος (Akkaya et al., 2002).

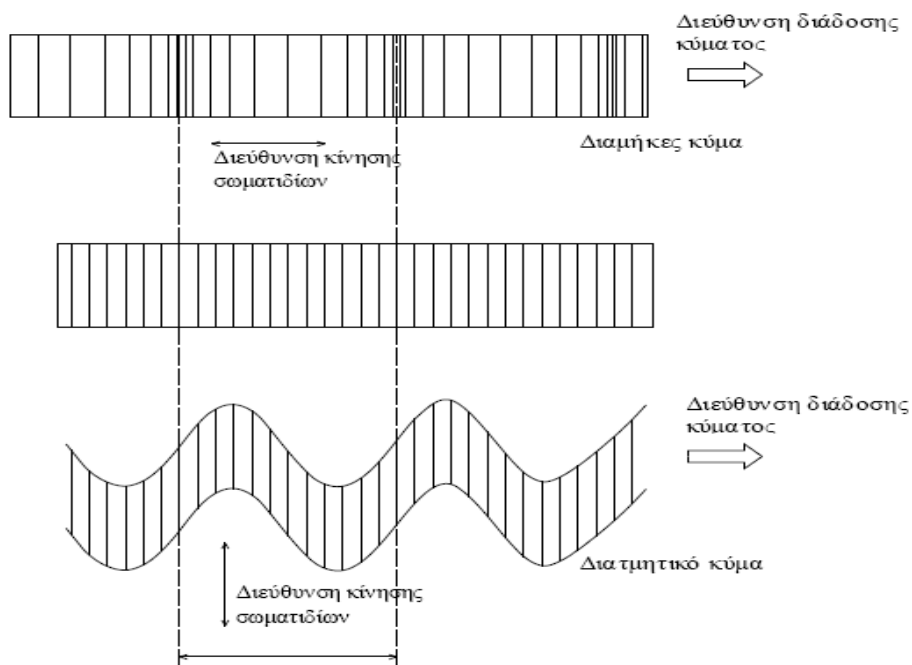
Ένας ήχος με συχνότητα μεγαλύτερη από τη μέγιστη συχνότητα που μπορεί να συλλάβει ο άνθρωπος (περίπου 20 kHz) καλείται υπέρηχος. Ο υπέρηχος είναι ένα κύμα που διαδίδεται σε ένα στερεό ή υγρό σώμα. Χαρακτηριστικό ενός υπερηχητικού παλμού είναι το μικρό μήκος κύματος και η ιδιότητά του να

ανακλάται σε πολύ μικρές επιφάνειες, που τον καθιστούν χρήσιμο για το μη καταστροφικό έλεγχο των πετρωμάτων.

Η ταχύτητα διάδοσης c του υπερηχητικού παλμού σε ένα σώμα υπό σταθερή θερμοκρασία και πίεση είναι σταθερή και σχετίζεται με το μήκος κύματος λ , τη συχνότητα f και την περίοδο T με τις σχέσεις:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad , \quad \lambda = cT$$

Για τον έλεγχο των δοκιμών με υπέρηχους χρησιμοποιούνται δύο είδη κυμάτων: τα διαμήκη και τα διατμητικά (ή αλλιώς εγκάρσια). Στο Σχήμα 5 δίνεται μία εικόνα της κίνησης των σωματιδίων σε συνάρτηση με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος για τα δύο αυτά είδη κυμάτων.



Σχήμα 5. Κίνηση των σωματιδίων σε συνάρτηση με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος

Η ταχύτητα με την οποία ένας υπερηχητικός παλμός ταξιδεύει εντός ενός στερεού σώματος εξαρτάται από την πυκνότητα ρ του σώματος, και τις ελαστικές του ιδιότητες.

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1-\nu)(1+\nu)}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}}$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

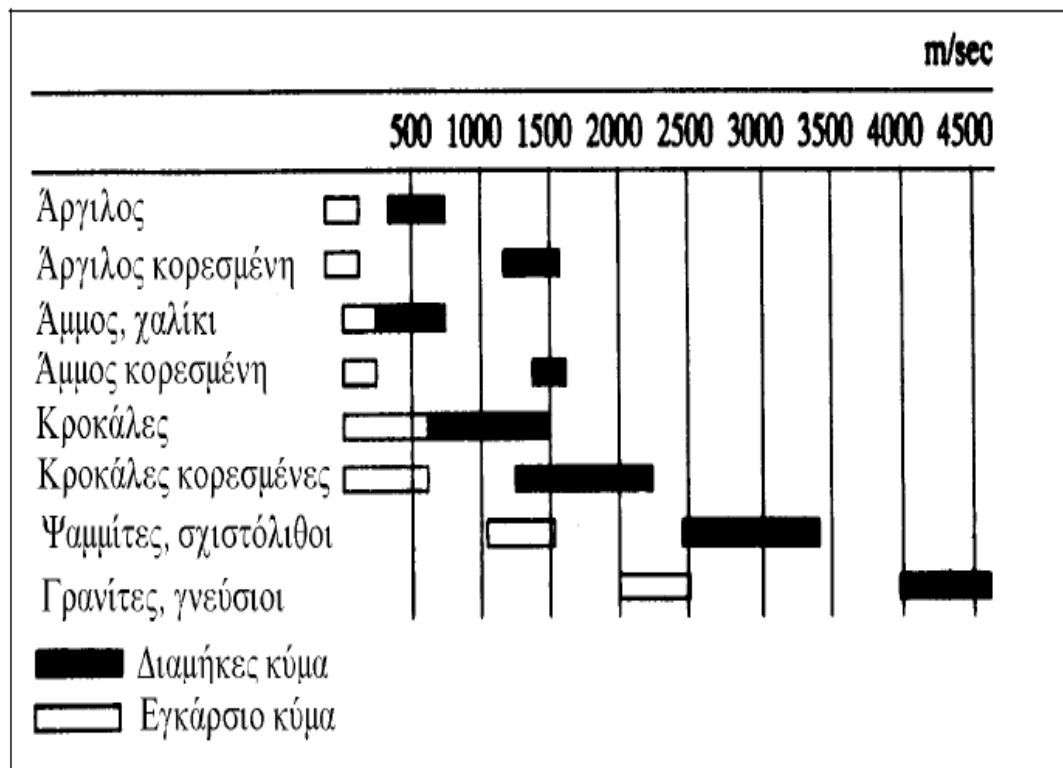
$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Όπου V_p και V_s οι ταχύτητες διάδοσης του διαμήκους και διατμητικού (εγκάρσιου) κύματος αντίστοιχα, E το μέτρο ελαστικότητας, ν ο λόγος Poisson, K το μέτρο ισόγκου παραμόρφωσης και G το μέτρο διάτμησης.

Η ταχύτητα διαδόσεως των κυμάτων εντός του δοκιμίου ή εδάφους είναι μία χαρακτηριστική ιδιότητα του δοκιμίου και αποτελεί ένα έμμεσο μέτρο εκτίμησης των ιδιοτήτων του υλικού. Για παράδειγμα ο Πίνακας 1 και το Σχήμα 6, δίνουν τις ταχύτητες αυτών των κυμάτων σε διάφορα πετρώματα και εδάφη.

Πίνακας 1. Ταχύτητες διάδοσης των διαμήκων και διατμητικών κυμάτων.

| Πέτρωμα | Πυκνότητα [kg/m ³] | V _p [m/s] | V _s [m/s] | Πηγή |
|---|--------------------------------|----------------------|----------------------|------|
| Ξηρή άμμος, χαλαρή δομή | 1.5 -1.7 | 300-1000 | 50-400 | [1] |
| Ξηρή άμμος | 1.6 -1.7 | 1000-1700 | 400-900 | [1] |
| Υγρή άμμος, χαλαρή δομή | 1.8 -2.2 | 1500-2000 | 50-400 | [1] |
| Υγής ψαμιμίτης | 2.0 -2.65 | 1800-4500 | 1000-3000 | [1] |
| Ψαμιμίτης Berea | 2.2 | 3800-4000 | 2300-2400 | [1] |
| Ασθενής ψαμιμίτης | 1.7-2.0 | 1000-2000 | 600-1200 | [1] |
| Ψαμιμίτης Wildmoor (λεπτόκοκκος, πορώδης) | 2 | 1700-2000 | 1100-1300 | [1] |
| Άργιλος | 1.9 -2.1 | 1500-1600 | 100-300 | [1] |
| Άργιλος του Λονδίνου | 2 | 1700-1800 | 800-1100 | [1] |
| Αργιλικός σχιστόλιθος | 2.3 -2.8 | 1600-4500 | 700-3000 | [1] |
| Weak Shale, North Sea | 2.35 | 2400-2600 | 1200-1300 | [1] |
| Τάλκης, υψηλό πορώδες | 1.4-1.7 | 1800-2600 | 1000-1500 | [1] |
| Τάλκης, χαμηλό πορώδες | 1.7-2.4 | 2600-5000 | 1500-3500 | [1] |
| Ασβεστόλιθος | 2.4 -2.7 | 3500-6000 | 2000-3500 | [1] |
| Ασβεστόλιθος | | 6000-6500 | | [2] |
| Δολομίτης | | 6500-7000 | | [2] |
| Βασάλτης | 2.5 -2.9 | 3500-5500 | 1700-3400 | [1] |
| Βασάλτης | | 6500-7000 | | [2] |
| Γάββρος | | 7000 | | [2] |
| Γρανίτης | | 5500-6000 | | [2] |
| Γρανίτης | 2.6 -2.7 | 5500-6500 | 3000-3500 | [1] |

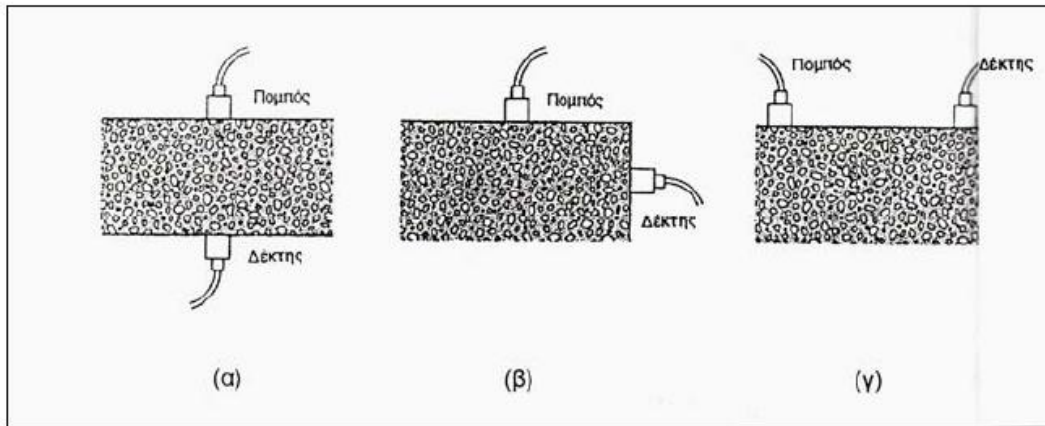


Σχήμα 6. Ταχύτητες διαδόσεως του διαμήκους θλιπτικού κύματος και του εγκάρσιου κύματος εντός διαφόρων πετρωμάτων και εδαφών.

Η αρχή της δοκιμής ταχύτητας υπερήχων είναι ότι η ταχύτητα του ήχου, V , που διαδίδεται μέσω στερεού σώματος συνδέεται με το μέτρο ελαστικότητας, E , και την πυκνότητα, ρ , του σώματος βάσει της σχέσης:

$$V = \sqrt{\frac{gE}{\rho}}$$

όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας. Η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του μέτρου ελαστικότητας σκυροδέματος γνωστής πυκνότητας (δυναμικό μέτρο ελαστικότητας, E_{cd}), το οποίο συσχετίζεται με την αντοχή. Ο εξοπλισμός της δοκιμής περιλαμβάνει βασικά έναν πομπό σε επαφή με το σκυρόδεμα και ένα δέκτη επίσης σε επαφή με το σκυρόδεμα αλλά σε ορισμένη απόσταση από τον πομπό (Σχ. 5). Ο πομπός παράγει υπερήχους (ηχητικά κύματα ταχύτητας πάνω από 20.000m/sec) από έναν ηλεκτροακουστικό κρύσταλλο βάσει του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου, ενώ ο δέκτης (που είναι επίσης ηλεκτροακουστικός) συλλαμβάνει τους υπερήχους και τους μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα, που μέσω ενισχυτή καταγράφεται σε παλμογράφο. Ο χρόνος που απαιτείται για τη διάδοση της ταλάντωσης από τον πομπό στο δέκτη μετράται ηλεκτρονικά με ακρίβεια $\pm 0,1 \times 10^{-6}$ sec, και με γνωστή την απόσταση πομπού-δέκτη υπολογίζεται η ταχύτητα των υπερήχων (Jones 1962).



Σχήμα 7 Μέθοδος μέτρησης ταχύτητας υπερήχων με (α) απευθείας μετάδοση, (β) ημι-απευθείας μετάδοση και (γ) επιφανειακή μετάδοση.

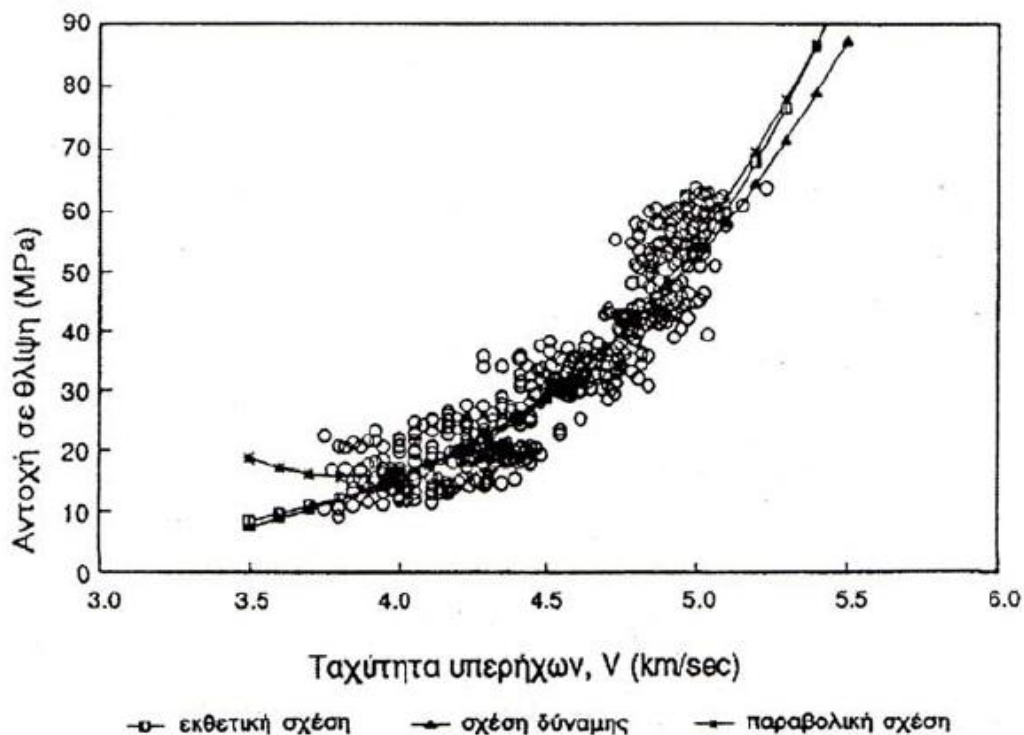
Η ευαισθησία των οργάνων, άρα και η ακρίβεια της μεθόδου, μεγιστοποιείται όταν η μετάδοση γίνεται απευθείας (Σχ. 7α), οπότε μετρώνται μόνο διαμήκη κύματα, ενώ σε περιπτώσεις ημι-απευθείας μετάδοσης (Σχ. 7β) ή επιφανειακής μετάδοσης (Σχ. 7γ) το σήμα επηρεάζεται και από εγκάρσια ή επιφανειακά κύματα.

Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο, η σχέση ταχύτητας-αντοχής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η διαβάθμιση, το μέγεθος, ο τύπος και το ποσοστό αδρανών, ο τύπος τσιμέντου, ο λόγος N/T, τα πρόσθετα, ο βαθμός συμύκνωσης, οι συνθήκες συντήρησης, η ηλικία, η υγρασία και θερμοκρασία του σκυροδέματος, το μέγεθος και σχήμα του δοκιμίου, η τυχόν παρουσία οπλισμού, η ύπαρξη ρωγμών κ.τ.λ. Γι' αυτό, οι καμπύλες συσχετισμού ταχύτητας-αντοχής θα πρέπει να έχουν προκύψει από τη μέτρηση αντοχών πυρήνων από σκυρόδεμα (εργαστηριακά) με τα ίδια ή πολύ παρόμοια χαρακτηριστικά με το υπό εξέταση σκυρόδεμα. Έτσι, η μέθοδος είναι χρήσιμη περισσότερο για τον ποιοτικό έλεγχο παρόμοιων σκυροδεμάτων (οπότε θα διαγνωστεί η πιθανή ελλιπή συμύκνωση ή η μεταβολή στο λόγο N/T), και λιγότερο για την εκτίμηση της αντοχής σκυροδέματος σε υφιστάμενες κατασκευές.

Τυπικά δεδομένα για τη συσχέτιση της αντοχής κύβου σκυροδέματος 28 ημερών (f_c), με την ταχύτητα υπερήχων δίνονται στο Σχήμα 8. Τα σκυροδέματα παρασκευάστηκαν από ασβεστολιθικά αδρανή, με τσιμέντα Ι/35 και ΙΙ/35, και λόγο Ν/Τ από 0.50-0.86. Εδώ, η σχέση που περιγράφει καλύτερα τα πειραματικά αποτελέσματα είναι της μορφής

$$f_c = 440,1 - 221,6V + 28,9V^2$$

στην οποία V είναι η ταχύτητα υπερήχων.



Σχήμα 8 Αντοχή κυβικών δοκιμίων σε 28 ημέρες, συναρτήσεως της ταχύτητας υπερήχων.

Οι ασυνέχειες του δοκιμίου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα διαδόσεως των κυμάτων. Η ταχύτητα του διαμήκους θλιπτικού κύματος είναι πολύ μεγαλύτερη στο άθικτο δοκίμιο, απ' ό,τι στο ρωγματομένο. Σε πολλές περιπτώσεις μάλιστα η διαφορά αυτή στην ταχύτητα, είναι μεγαλύτερη για τον

ίδιο τύπο δοκιμίου με διαφορετική πυκνότητα ασυνεχειών, απ' ότι μεταξύ διαφορετικών τύπων δοκιμίων. Μία άλλη αναμενόμενη παρατήρηση επίσης είναι ότι η ταχύτητα διαδόσεως αυξάνει με το βάθος, ενώ η πυκνότητα των ασυνεχειών μειώνεται, λόγω αυξήσεως της πυκνότητας του δοκιμίου.

2.2.1 Σκοπός

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της ταχύτητας διάδοσης των ελαστικών κυμάτων σε εργαστηριακές δοκιμές μηχανικής δοκιμίων. Δίνονται τρεις διαφορετικές παραλλαγές της μεθόδου. Αυτές είναι: η τεχνική υπερηχητικών παλμών υψηλής συχνότητας, η τεχνική υπερηχητικών παλμών χαμηλής συχνότητας και η μέθοδος συντονισμού.

2.2.2 Συσκευή

Αν και υπάρχουν τρεις διαφορετικές μέθοδοι, ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός πρέπει να επιλέγεται, όσο είναι δυνατόν, ώστε να είναι εφαρμόσιμος και στις τρεις μεθόδους. Το ίδιο δοκίμιο ή ακόμη και το ίδιο δείγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις τρεις μεθόδους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται για τις διαφορετικές μεθόδους. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία πρέπει να έχουν αντίστοιχες σύνθετες ηλεκτρικές αντιστάσεις και να έχουν προστατευμένα (μονωμένα) καλώδια για να εξασφαλίζεται αποδοτική μεταφορά ενέργειας. Για να αποτραπεί η ζημία στο σύστημα δεν πρέπει να υπερβαίνονται οι επιτρεπόμενες ηλεκτρικές τάσεις.

Πρώτη μέθοδος: τεχνική υπερηχητικών παλμών υψηλής συχνότητας

(α) Μονάδα δημιουργίας υπερηχητικού παλμού:

- μορφή παλμού: ημιτονοειδής, τετραγωνική, βαθμιδωτή.
- πλάτος παλμού: 1-10s.
- φάσμα συχνότητας: 100kHz-2 MHz.
- συχνότητα επανάληψης: 10-10³ επαναλήψεις ανά δευτερόλεπτο.

-ηλεκτρική τάση παλμού: συμβατή με το χρησιμοποιούμενο μορφοτροπέα, τόσο υψηλή όσο επιτρέπουν οι μορφοτροπείς.

- η γεννήτρια παλμών πρέπει να έχει ένα παλμό σκανδάλης για να προκαλέσει διέγερση σε έναν παλμογράφο (σήμα-σκανδάλης).

(β) Μορφοτροπείς:

- πομπός: μετατρέπει τους ηλεκτρικούς παλμούς σε μηχανικούς.

- δέκτης: μετατρέπει τους μηχανικούς παλμούς σε ηλεκτρικούς.

- απόκριση σε διαφορετικές συχνότητες: επίπεδη απόκριση στο εύρος συχνοτήτων 100 kHz έως 2 MHz, εάν είναι δυνατόν.

- οι συνθήκες περιβάλλοντος, όπως θερμοκρασία, υγρασία, κλπ. πρέπει να εξετάζονται κατά την επιλογή του στοιχείου του μορφοτροπέα.

- για τη δημιουργία παλμών συχνότητας 100 kHz-2 MHz συστήνεται η χρήση κεραμικών πιεζοηλεκτρικών στοιχείων (π.χ. οξείδιο βαρίου-τιτανίου, PZT κλπ.) σε μορφή λεπτής πλάκας, δίσκου, ράβδου, δακτυλίου ή σφαίρας.

(γ) Ζωνικό ή υπερυπερατό φίλτρο κατάλληλο για τις προαναφερθείσες συχνότητες.

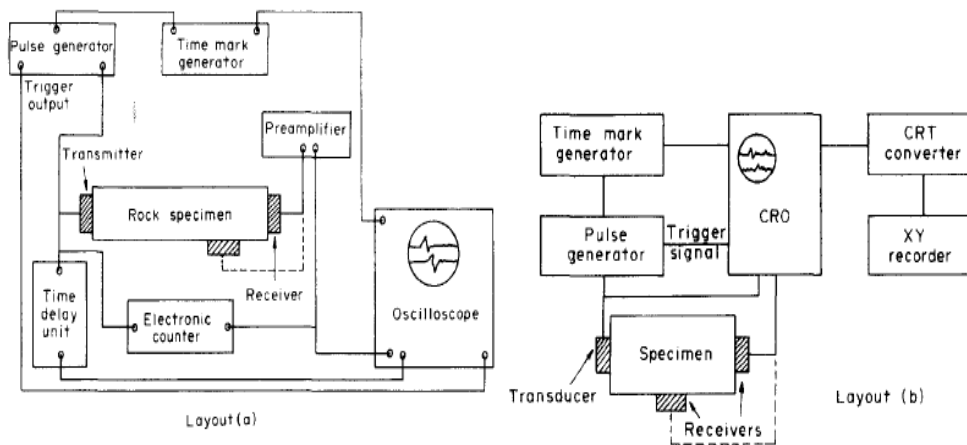
(δ) Προενισχυτής μεγάλου εύρους συχνοτήτων και χαμηλού θορύβου.

(ε) Γεννήτρια σήματος χρόνου για τον έλεγχο της επανάληψης του παλμού και για τον καθορισμό των χρόνων στον παλμογράφο.

(στ) Παλμογράφος καθοδικού σωλήνα (CRO).

(ζ) Ηλεκτρονικός απαριθμητής.

Δύο πιθανές διατάξεις του ηλεκτρονικού εξοπλισμού για την πρώτη μέθοδο παρουσιάζονται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 9. Πιθανές διατάξεις του ηλεκτρονικού εξοπλισμού για την πρώτη μέθοδο.

2.2.3 Διαδικασία

Ιδιαίτερη προσοχή συστήνεται κατά την προετοιμασία των δοκιμίων (απόληψη των πυρήνων, διαχείριση, λείανση κλπ.) ώστε να ελαχιστοποιούνται οι μηχανικές διαταραχές σε αυτό. Η επιφάνεια κάτω από κάθε μορφοτροπέα θα πρέπει να είναι αρκούντως επίπεδη ώστε να είναι δυνατή η καλή επαφή του με το δοκίμιο.

Εήρανση των δοκιμίων πρέπει να γίνεται με κατάλληλες εργαστηριακές συσκευές. Κορεσμένα δείγματα πρέπει να παραμένουν στο νερό μέχρι τη στιγμή της δοκιμής. Για τον προσδιορισμό της ταχύτητας των υπερήχων σε αντίστοιχες με τις επί τόπου συνθήκες πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη φροντίδα κατά τη διαδικασία προετοιμασίας. Συστήνεται επίσης τόσο το δείγμα όσο και τα δοκίμια από αυτό να φυλάσσονται με προστασία της υγρασίας τους. Η προετοιμασία των δοκιμίων μπορεί να γίνεται με ξηρές μεθόδους (π.χ. ξηρή διάτρηση, κοπή και λείανση).

Πρώτη μέθοδος: τεχνική υπερηχητικών παλμών υψηλής συχνότητας

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για τον προσδιορισμό της ταχύτητας των θλιπτικών (διαμήκων, P) και διατμητικών (εγκάρσιων, S) κυμάτων σε δοκίμια

με θεωρητικά άπειρη έκταση σε σύγκριση με το μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου παλμού.

(α) Κυβικά, κυλινδρικά η ακόμη και σφαιρικά δοκίμια συστήνονται ως κατάλληλα για τη δοκιμή αυτή. Η ελάχιστη πλευρική διάσταση των δοκιμίων (κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του υπερηχητικού παλμού) πρέπει να είναι τουλάχιστο 10 φορές μεγαλύτερη από το μήκος κύματος του παλμού.

(β) Ο πομπός πιέζεται στην επιφάνεια ενός επιπέδου κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του παλμού με τάση 10 N/cm^2 περίπου.

Η μετάδοση της ενέργειας από τον πομπό στο δοκίμιο μπορεί να βελτιωθεί με:

(i) Λείανση των επιφανειών του δοκιμίου ώστε να είναι ομαλές και επίπεδες.

(ii) Παρεμβολή ενός λεπτού στρώματος γράσου, βαζελίνης, γλυκερίνης κλπ.

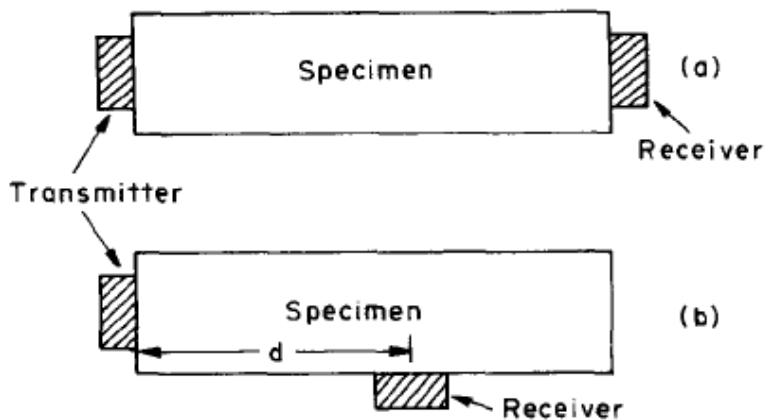
Μεταξύ πυρήνων και δοκιμίου.

(iii) Σύζευξη δοκιμίου-πυρήνων με εποξεικό υλικό.

(γ) Υπάρχουν δύο δυνατότητες για την τοποθέτηση του δέκτη:

(i) τεχνική μετάδοσης παλμού: ο δέκτης τοποθετείται σε επίπεδο απέναντι από το επίπεδο του πομπού. (Σχήμα 10α). Οι ταχύτητες των διαμήκων P και διατμητικών S κυμάτων (V_p , V_s) υπολογίζονται από το χρόνο διάδοσης του παλμού και τη γνωστή απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη.

(ii) τεχνική «σεισμικής» τομογραφίας: Ο δέκτης τοποθετείται στην πλευρά του δοκιμίου (Σχήμα 10β). Μεταβάλλοντας την απόσταση d μεταξύ δέκτη και πομπού είναι δυνατόν να ληφθούν καμπύλες του χρόνου διάδοσης με την απόσταση τόσο για τα διαμήκη όσο και για τα διατμητικά κύματα. Οι ταχύτητες υπολογίζονται από αυτές τις καμπύλες. Η μέθοδος αυτή προτείνεται εάν οι διαστάσεις των δοκιμίων είναι κατάλληλες.



Σχήμα 10. Θέσεις τοποθέτησης του πομπού και του δέκτη.

(δ) Η αύξηση του τάσης εξόδου της γεννήτριας παλμών, της ενίσχυσης του σήματος από τον προενισχυτή, και της ευαισθησίας του παλμογράφου μέχρι ένα βέλτιστο επίπεδο, δίνουν ένα απότομο μέτωπο παλμού που επιτρέπει την ακριβέστερη μέτρηση των χρόνων. Το βέλτιστο επίπεδο εντοπίζεται στο σημείο που αρχίζει να δημιουργείται μη αποδεκτός θόρυβος από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ή ο εν λόγω θόρυβος ενεργοποιεί τον απαριθμητή. Ο θόρυβος δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το $1/10$ του πλάτους του σήματος που φθάνει στον δέκτη. Η ακρίβεια μέτρησης του χρόνου διάδοσης του παλμού πρέπει να είναι τουλάχιστο $1/100$ για τα διαμήκη κύματα και $1/50$ για τα διατμητικά, με χρήση κυκλωμάτων καθυστέρησης σε συνδυασμό με τον παλμογράφο ή με τη ρύθμιση του απαριθμητή στην μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

(ε) Ο παλμογράφος χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το κύκλωμα καθυστέρησης για την προβολή του παλμού και της πρώτης άφιξης του και για τη μέτρηση του χρόνου διάδοσης. Χαρακτηριστικά, το πρώτο σήμα στον παλμογράφο αποτελείται από ένα καμπύλο μεταβατικό τμήμα από τη μηδενική τάση ακολουθούμενο από ένα απότομο και περίπου γραμμικό ίχνος. Η επιλογή του σημείου άφιξης του παλμού γίνεται είτε στην αρχή του καμπύλου μεταβατικού τμήματος είτε στην τομή του γραμμικού τμήματος με το ίχνος της μηδενικής τάσης.

(στ) Ο απαριθμητής διεγείρεται από τον παλμό που εφαρμόζεται στον πομπό και σταματάει από την πρώτη άφιξη του παλμού στον δέκτη. Επειδή για τη διέγερση του απαριθμητή απαιτείται μία μεταβολή της διαφοράς δυναμικού, αυτός δεν είναι δυνατόν να συλλάβει το πρώτο σήμα του παλμού. Για να είναι λοιπόν ακριβέστερη η μέτρηση του χρονικού διαστήματος, πρέπει να αυξάνεται η ευαισθησία διέγερσης του απαριθμητή σε ένα βέλτιστο επίπεδο χωρίς να προκαλείται διέγερσή του από τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο.

(ζ) Ο προσδιορισμός του μηδενικού χρόνου του κυκλώματος συμπεριλαμβανομένων των μορφοτροπέων πρέπει να προσδιορίζεται και με βάση αυτόν να διορθώνονται οι μετρήσεις. Ο χρόνος αυτός μπορεί να υπολογισθεί με δύο τρόπους, ως εξής:

(1) Τοποθετώντας τους μορφοτροπέις σε επαφή τον ένα με τον άλλο και μετρώντας απευθείας την καθυστέρηση. Η μέθοδος αυτή δεν συστήνεται για τους μορφοτροπέις των διατμητικών κυμάτων όπου ακόμη και μικρό σφάλμα στην ευθυγράμμισή τους μπορεί να δώσει μεγάλα σφάλματα μέτρησης.

(2) Με τη μέτρηση του χρόνου διάδοσης σε ένα ομοιογενές υλικό με γνωστή την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων με ακρίβεια. Η μέτρηση του χρόνου γίνεται συναρτήσει του μήκους διάδοσης κατασκευάζοντας μία αντίστοιχη καμπύλη. Το αποτεμνόμενο τμήμα στον άξονα του χρόνου δίνει τη διόρθωση που πρέπει να γίνει στους μετρούμενους χρόνους της δοκιμής. (η μέθοδος αυτή συνίσταται για τα διατμητικά κύματα).

(η) Ο παλμός που φθάνει πρώτος είναι ο διαμήκης και συνεπώς ο εντοπισμός του είναι σχετικά εύκολος. Εν τούτοις, η άφιξη του διατμητικού παλμού μπορεί να επισκιάζεται από την αντήχηση των μορφοτροπέων και από ανακλάσεις του διαμήκους κύματος. Το πλάτος του διατμητικού κύματος σε σχέση με το πλάτος του διαμήκους μπορεί να αυξάνεται και ο χρόνος άφιξης να υπολογίζεται με ακρίβεια χρησιμοποιώντας κατάλληλα στοιχεία, που μπορούν να συλλαμβάνουν και τους δύο παλμούς.

(θ) Όταν το δοκίμιο υποβάλλεται σε θλίψη η άφιξη των διατμητικών κυμάτων είναι συνήθως ευδιάκριτη. Εντούτοις, ο ακριβής προσδιορισμός της πρώτης άφιξης των διατμητικών κυμάτων μπορεί να δυσχεραίνεται από μετατροπές της μορφής του κύματος στις διεπιφάνειες πλάκας φόρτισης-δοκιμίου και στην ελεύθερη επιφάνεια.

(ι) Ευκολότερη διάκριση του χρόνου άφιξης των διατμητικών κυμάτων μπορεί να γίνει με βελτιστοποίηση του μήκους των δοκιμίων, π.χ., μια αναλογία μήκους προς διάμετρο 2:1 είναι συχνά προτιμότερη από αναλογία 1:1.

2.2.4 Υπολογισμοί

(α) Οι ταχύτητες υπολογίζονται από τους χρόνους διάδοσης και την απόσταση, d , μεταξύ του πομπού και του δέκτη, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις:

$$V_p = dt_p^{-1}$$

$$V_s = dt_s^{-1}$$

Όπου V_p η ταχύτητα του διαμήκους κύματος, V_s η ταχύτητα του διατμητικού κύματος, t_p και t_s οι χρόνοι διάδοσης των κυμάτων P και S αντίστοιχα, και d η απόσταση μεταξύ των μορφοτροπέων

(β) Αν χρησιμοποιείται η μέθοδος «σεισμικής» τομογραφίας οι ταχύτητες δίνονται από την κλίση της καμπύλης του διαγράμματος χρόνου διάδοσης-απόστασης.

Υποβολή έκθεσης των αποτελεσμάτων

Η έκθεση πρέπει να περιλάβει τις ακόλουθες πληροφορίες:

(α) Τύπος δοκιμίου.

(β) Γεωμετρία και διαστάσεις δοκιμίου.

(γ) Τρόπος λήψης του δείγματος.

(δ) Προετοιμασία δείγματος (ποιότητα των πυρήνων και των άκρων τους, αριθμός πυρήνων που ελήφθησαν από ένα μεγαλύτερο δείγμα, κλπ.).

(ε) Περιγραφή της πειραματικής μεθόδου δοκιμής: δεδομένα της γεννήτριας παλμών, δεδομένα των μορφοτροπέων, σύζευξη των μορφοτροπέων με το δοκίμιο.

(στ) Εντατική κατάσταση στην οποία υποβλήθηκε το δοκίμιο.

(ζ) Όλες οι διαθέσιμες φυσικές ιδιότητες του δοκιμίου (ιδιαίτερα η πυκνότητα, η υγρασία, το πορώδες, η διαπερατότητα).

(η) Τα δεδομένα των ταχυτήτων σε φυσιολογικές συνθήκες (θερμοκρασία δωματίου, ατμοσφαιρική πίεση).

(θ) Η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων.

(ι) Διαφοροποιήσεις της ταχύτητας στα δείγματα για σταθερές συνθήκες περιβάλλοντος και δοκιμής. Μέσες ταχύτητες, μέσο σφάλμα, μέγιστη απόκλιση.

(ια) Στην περίπτωση σεισμικής τομογραφίας: τις καμπύλες του χρόνου διάδοσης με την απόσταση.

(ιβ) Μία αντιπροσωπευτική εικόνα από την έξοδο του παλμογράφου.

(ιγ) Τεχνική λήψης των χρόνων (π.χ. πρώτη απόκλιση του παλμού εκπομπής με πρώτη απόκλιση του παλμού λήψης στον παλμογράφο, πρώτο μέγιστο του παλμού στον δέκτη, κλπ).

(ιδ) Δεδομένα μεταβολής της ταχύτητας με τη φόρτισης (εάν ελήφθησαν τέτοια δεδομένα).

(ιε) Ταχύτητα διαμήκους και διατμητικού κύματος σε in m/s.

(ιστ) Πυκνότητα σε kg/m³, τάση σε Pa, γεωμετρικές διαστάσεις σε mm.

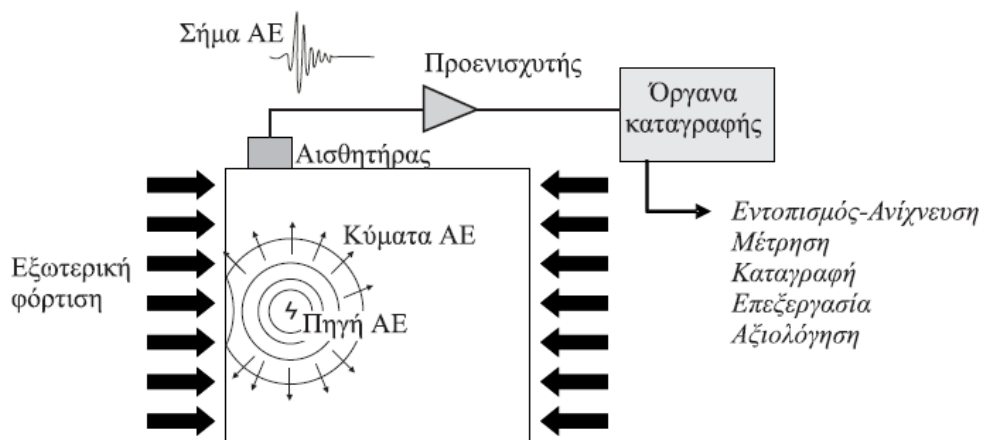
2.3 Η μέθοδος ακουστικής εκπομπής

Σύμφωνα με ορισμό της ISRM (2002), ως Ακουστική Εκπομπή (Acoustic Emission, AE) χαρακτηρίζονται τα μεταβατικά ελαστικά κύματα που δημιουργούνται με την ταχεία απελευθέρωση ενέργειας από τοπικές πηγές στο εσωτερικό κάποιου υλικού. Η προέλευση της AE στα δοκίμια σχετίζεται με

έναρξη και διάδοση μικρορωγμών στη δομή του, όταν αυτό βρίσκεται υπό ένταση. Το παραγόμενο σήμα προέρχεται από το ίδιο το δοκίμιο ενώ χωρίς φόρτιση δεν παρατηρείται ακουστική εκπομπή. Τα κύματα της ΑΕ διαδίδονται μέσα στο δοκίμιο και μπορούν να ανιχνευθούν από αισθητήρες ΑΕ (συνήθως πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων) σε επαφή με αυτό, οι οποίοι μετατρέπουν τα ελαστικά τασικά κύματα σε ηλεκτρικά σήματα, που με τη σειρά τους ενισχύονται και υφίστανται την απαιτούμενη επεξεργασία από ειδικά σχεδιασμένα για το σκοπό αυτό συστήματα ΑΕ. Η τεχνική αυτή, που σήμερα γνωρίζει σημαντική ανάπτυξη διεθνώς, είναι γνωστή ως Τεχνική Ακουστικής Εκπομπής (Acoustic Emission Technique, AET). Σε αντίθεση με αυτό που δηλώνει το όνομα της, τα σήματα της ακουστικής εκπομπής ελέγχονται σε εύρος συχνοτήτων από 15 kHz έως μερικά MHz, δηλ. σε συχνότητες υπερήχων.

2.3.1 Σήματα ΑΕ

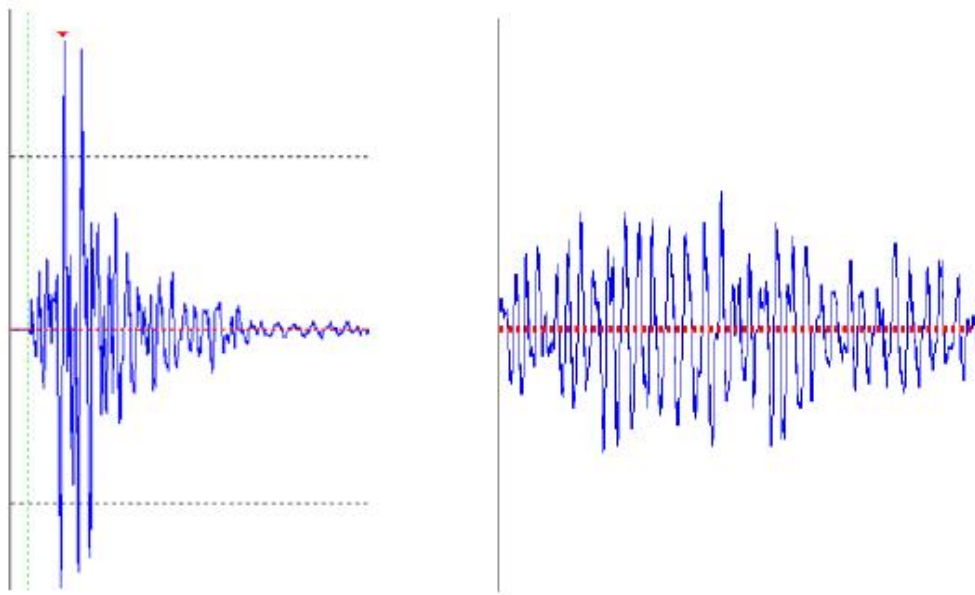
Στο Σχήμα 11 εικονίζεται η διαδικασία γένεσης, διάδοσης και ανίχνευσης της ΑΕ. Ένα γεγονός ΑΕ στην πηγή προκαλεί απελευθέρωση ενέργειας η οποία διαδίδεται μέσα στο δοκίμιο ως ελαστικό τασικό κύμα. Το κύμα αυτό διαδίδεται μέχρι τα όρια του σώματος και ανιχνεύεται από τον αισθητήρα ΑΕ. Ο αισθητήρας μετατρέπει τις μικρές επιφανειακές μετακινήσεις λόγω του κύματος σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο στη συνέχεια μεταφέρεται σε προενισχυτή και σε μονάδα επεξεργασίας.



Σχήμα 11. Διαδικασία γένεσης, διάδοσης και ανίχνευσης της ΑΕ.

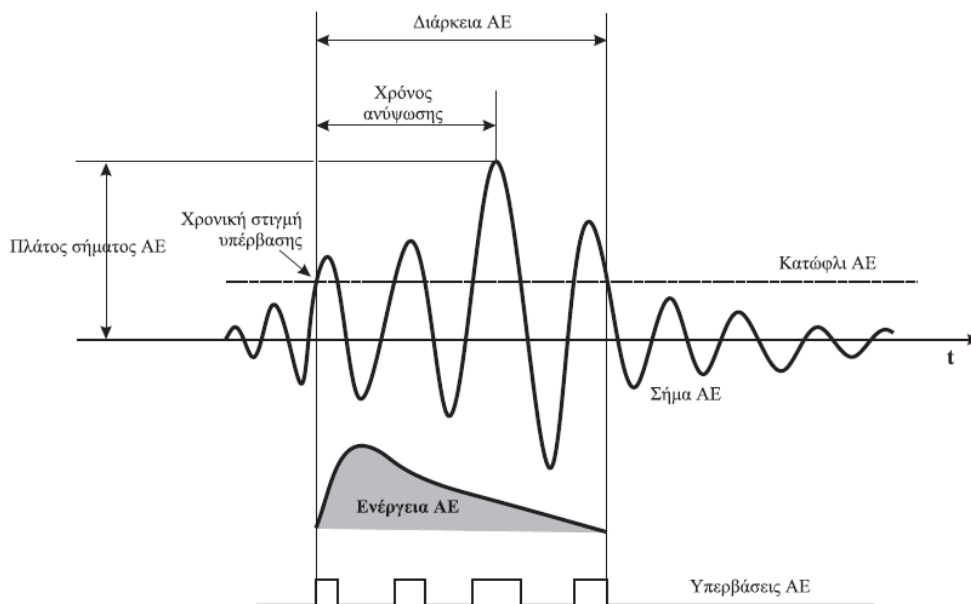
Το κύμα ΑΕ στην πηγή περιέχει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων από μερικές δεκάδες kHz έως μερικά MHz. Γενικά, το ανιχνευόμενο σήμα έχει πολύπλοκη μορφή, που εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά της πηγής και του μέσου διάδοσης (μορφή κύματος, ταχύτητα, εξασθένιση, ανακλάσεις και συμβολές) όσο και από τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Αυτές οι επιδράσεις διαφοροποιούν τα ανιχνεύσιμα σήματα ΑΕ από αυτά που εκπέμπονται από την πηγή.

Η δραστηριότητα ΑΕ περιγράφεται συνήθως από παραμέτρους συσχετισμένες με το πλήθος και το μέγεθος των γεγονότων ΑΕ. Τα σήματα ΑΕ, που λαμβάνονται από τον αισθητήρα, μπορούν να διακριθούν σε συνεχούς και κρουστικού τύπου ενώ τα δεδομένα τους διακρίνονται αντίστοιχα σε χρονικά εξαρτώμενα δεδομένα (time driven data) και δεδομένα συσχετισμένα με την κρουστική μορφή ενός σήματος ΑΕ (hit driven data). Ένα κρουστικό σήμα θεωρείται ως προερχόμενο από ένα διακριτό γεγονός. Όταν ο ρυθμός των γεγονότων ΑΕ είναι μεγάλος τα σήματα τους επικαλύπτονται και συνδυάζονται ώστε να σχηματίσουν σήματα συνεχούς μορφής. Στο Σχήμα 12 δείχνεται ένα τυπικό παράδειγμα των δύο τύπων σημάτων ΑΕ.



Σχήμα 12. (α) Τυπική μορφή κρουστικού σήματος ΑΕ, (β) Τυπική μορφή συνεχούς σήματος ΑΕ.

Οι κύριες παράμετροι, που χαρακτηρίζουν ένα σήμα ΑΕ κρουστικού τύπου (Σχήμα 13), είναι το πλάτος του σήματος (amplitude), ο χρόνος ανύψωσης (rise time) και η διάρκεια του σήματος (duration). Η παράμετρος “απαριθμήσεις” (counts) προσδιορίζει πόσες φορές ένα σήμα ΑΕ υπερβαίνει το κατώφλι, ενώ το πλάτος είναι η μέγιστη τάση της κυματομορφής ΑΕ και αποτελεί μέτρο μεγέθους του σήματος. Το διάστημα μεταξύ της χρονικής στιγμής που το σήμα υπερβαίνει για πρώτη φορά το κατώφλι έως τη χρονική στιγμή μέγιστου πλάτους ονομάζεται χρόνος ανύψωσης (rise time).



Σχήμα 13. Κυματομορφή γεγονότος AE και ορισμένα προκύπτοντα χαρακτηριστικά από το σύστημα επεξεργασίας.

2.3.2 Συστήματα παρακολούθησης AE

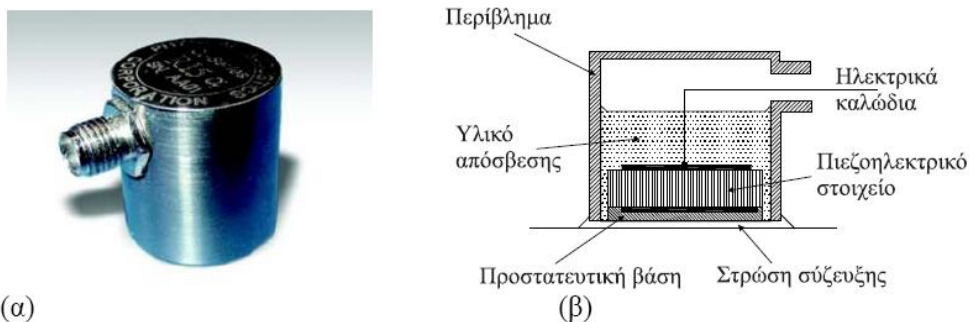
Αισθητήρες και προενισχυτές

Οι πιο συνηθισμένοι αισθητήρες σήμερα είναι πιεζοηλεκτρικού στοιχείου. Πρόκειται για ειδικό κεραμικό υλικό, συχνά PZT (lead-zirconate-titanate) το οποίο αποτελεί και το ενεργό στοιχείο του αισθητήρα. Όταν ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος παραμορφώνεται, το ηλεκτρικό δυναμικό στα άκρα του μεταβάλλεται και έτσι η μετακίνηση, που επιβάλλεται στην επιφάνειά του λόγω ενός κύματος AE, μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Δεδομένου ότι οι αισθητήρες (sensors) μετατρέπουν το τασικό κύμα σε ηλεκτρικό σήμα, ονομάζονται και μορφοτροπείς (transducers). Ένας τυπικός πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας-μορφοτροπέας δίνεται στο Σχήμα 14.

Οι προενισχυτές έχουν ως σκοπό να παράγουν ένα σήμα υψηλότερης τάσης που να είναι πιο εύχρηστο για περαιτέρω επεξεργασία.

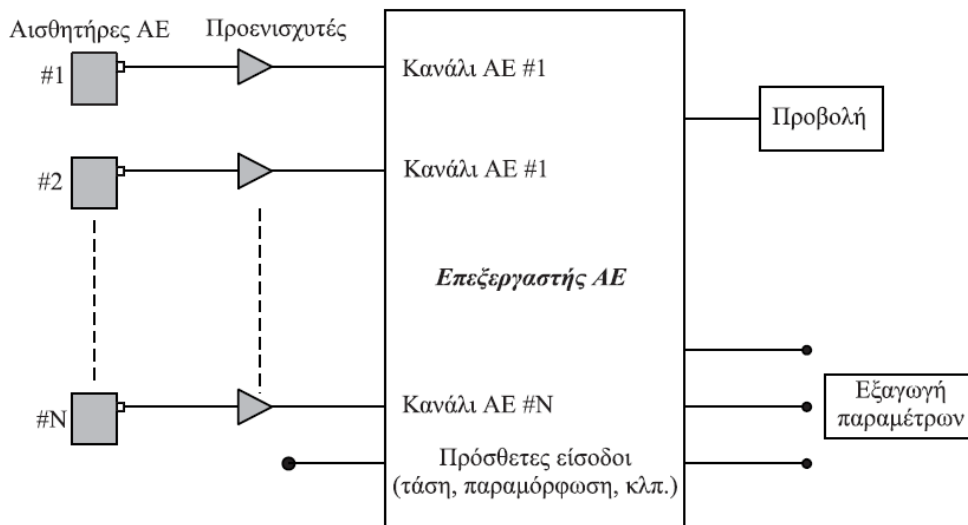
2.3.3 Μονάδα επεξεργασίας

Το ελαστικό εντατικό κύμα που φθάνει σε κάθε αισθητήρα μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα και στη συνέχεια ενισχύεται, φιλτράρεται και υφίσταται επεξεργάζεται από ειδικά σχεδιασμένα για το σκοπό αυτό συστήματα ΑΕ. Τα σύγχρονα ηλεκτρονικά συστήματα ΑΕ, βασίζονται σε αρχιτεκτονική παράλληλης επεξεργασίας, είναι πολυκάναλα με ισχυρούς επεξεργαστές ανάλυσης σήματος που καταγράφουν σε πραγματικό χρόνο χαρακτηριστικές παραμέτρους του σήματος. Απλοποιημένο διάγραμμα ενός ηλεκτρονικού συστήματος επεξεργασίας σημάτων ΑΕ δίνεται στο Σχήμα 15. Τα κανάλια ΑΕ είναι συγχρονισμένα, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της διαφοράς του χρόνου άφιξης του σήματος σε δύο ή περισσότερους αισθητήρες και ο υπολογισμός της θέσης της πηγής. Οι παράμετροι που μπορούν να μετρούνται για κάθε σήμα ΑΕ περιλαμβάνουν το πλάτος (amplitude - dB), τον αριθμό των παρισήψεων (counts), το χρόνο ανύψωσης (rise time), τη συνολική διάρκεια (duration) κλπ.



Σχήμα 14. (α) Αισθητήρας πιεζοηλεκτρικού στοιχείου της ΡΑC

(β) κατασκευαστικές λεπτομέρειες αισθητήρα πιεζοηλεκτρικού στοιχείου (Hardy, 2003).



Σχήμα 15. Απλοποιημένο διάγραμμα ηλεκτρονικού συστήματος επεξεργασίας σημάτων ΑΕ.

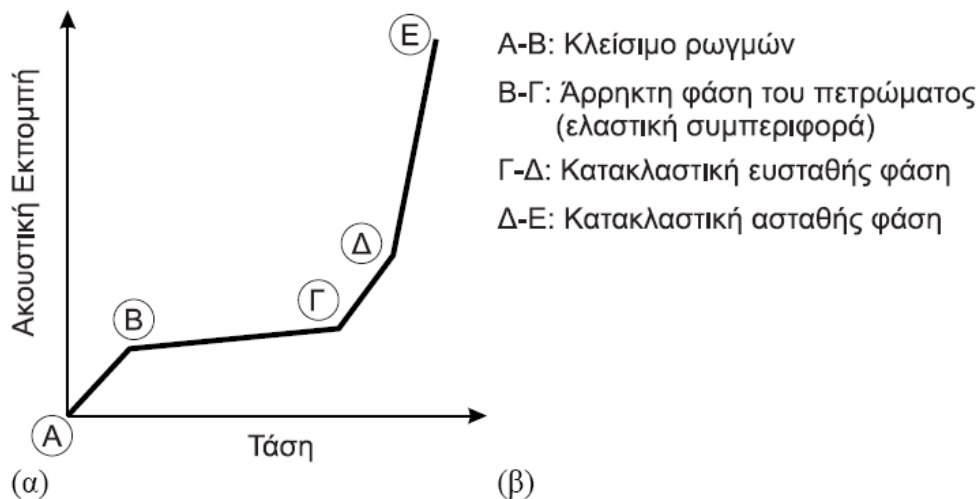
Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται μία κάρτα οχτώ (8) καναλιών PCI - 8 καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων ΑΕ της PAC (Physical Acoustics Corporation). Τα δεδομένα ανιχνεύονται και καταγράφονται σε ένα προηγμένο ψηφιακό-παραμετρικό σύστημα παρακολούθησης. Τα 8 κανάλια ΑΕ είναι υψηλής ταχύτητας απόκτησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (μέχρι και 132 MegaBytes/sec) με δυνατότητα εξαγωγής χαρακτηριστικών παραμέτρων (χρόνος ανύψωσης, υπερβάσεις κατωφλιού, συνολικές υπερβάσεις κατωφλιού, πλάτος και ισχύς σήματος, ενέργεια, διάρκεια, RMS κλπ.), ενώ το συνοδευτικό λογισμικό έχει τη δυνατότητα προβολής παραμετρικών γραφημάτων και κυματομορφών σε πραγματικό χρόνο. Εκτός από τα 8 κανάλια ΑΕ το σύστημα διαθέτει δύο επιπλέον εισόδους (παραμετρικές εισόδοι) για την περίπτωση εισαγωγής σήματος από εξωτερικές συσκευές, όπως για παράδειγμα από ένα κελί φορτίου. Αυτές οι παραμετρικές εισόδοι, που καταγράφουν ταυτόχρονα με την καταγραφή των δεδομένων ΑΕ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσχέτιση των παραμέτρων ΑΕ με άλλες παραμέτρους, όπως π.χ. η εφαρμοζόμενη τάση σε ένα δοκίμιο ή η παραμόρφωσή του.



Σχήμα 16. Ψηφιακό σύστημα καταγραφής δεδομένων ΑΕ

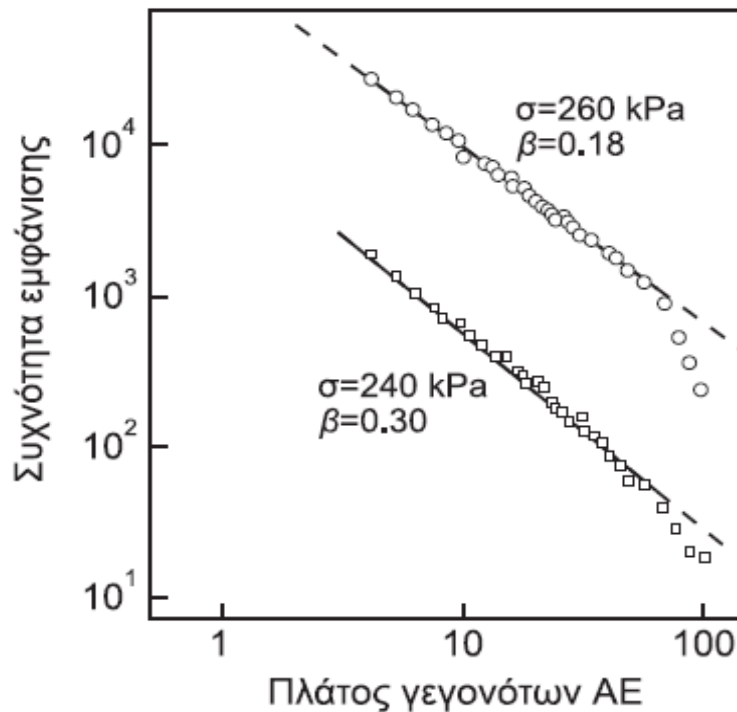
2.3.4 Εφαρμογές της ΑΕ

Σημαντική δουλειά στον τομέα αυτό έχει γίνει από το Mogi (1962), ο οποίος δίνει σε διάγραμμα (Σχήμα 17) τη γενική μορφή της σχέσης μεταξύ της ΑΕ και του εφαρμοζόμενου φορτίου για δοκιμές μονοαξονικής θλίψης. Στο ίδιο διάγραμμα συνδυάζεται από τους Boyce et al (1981) η ΑΕ με τη διαδικασία καταστροφής του δοκιμίου κατά τις δοκιμές θλίψης (Σοφιανός, 2005).



Σχήμα 17. Γενική σχέση εφαρμοζόμενης τάσης και ακουστικής εκπομπής ΑΕ και (β) συσχέτισή της με τη διαδικασία καταστροφής κατά τη δοκιμή μονοαξονικής θλίψης. (Boyce et al, 1981).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η σχέση του πλάτους των σημάτων ΑΕ με τη συχνότητα εμφάνισής τους. Σύμφωνα με πειράματα ερευνητών, που αναφέρονται από τον Hardy (2003) και εικονίζονται στο Σχήμα 18, έδειξαν ότι η σχέση αυτή, προσομοιώνεται με μία ευθεία σε λογαριθμικούς άξονες πλάτους ΑΕ-συχνότητας εμφάνισης. Γεγονότα ΑΕ ακραίου πλάτους δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στην ευθεία αυτή. Επιπλέον, για τιμές του φορτίου κοντά στο φορτίο αστοχίας, η σταθερά β , που εκφράζει την κλίση της ευθείας αυτής, μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το εφαρμοζόμενο φορτίο και συνεπώς με την αύξηση του φορτίου περισσότερα γεγονότα ΑΕ έχουν μεγαλύτερο πλάτος.



Σχήμα 18. Διάγραμμα συχνότητας συναρτήσεως του πλάτους υπό μονοαξονική θλίψη. ((πηγή: Hardy, 2003).

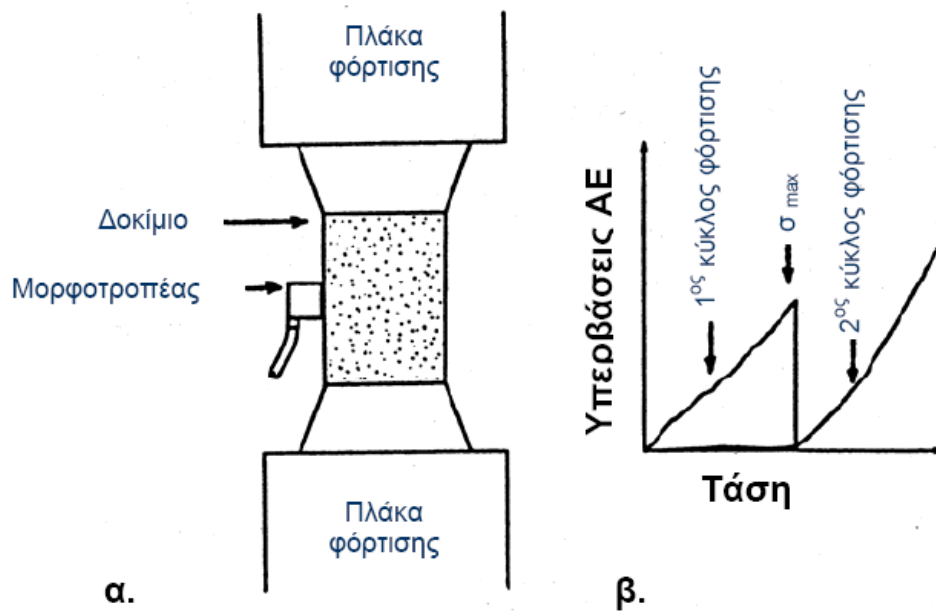
Μελέτη της εξέλιξης της αστοχίας με εντοπισμό της θέσης της πηγής ΑΕ. Με τη χρήση περισσότερων του ενός αισθητήρων προσαρμοσμένων σε ένα δοκίμιο είναι δυνατός ο προσδιορισμός της θέσης της πηγής των σημάτων ΑΕ. Επειδή η ΑΕ συνδέεται άμεσα με το σχηματισμό και τη διάδοση μικρορωγμών

στα δοκίμια παρέχει μία ιδανική μέθοδο για τη μελέτη της αστοχίας τους. Ο ρυθμός της ΑΕ στη φάση της αστοχίας του δοκιμίου είναι τόσο υψηλός, ώστε είναι σχεδόν αδύνατη η παρακολούθηση και ο εντοπισμός των ανεξάρτητων γεγονότων ΑΕ.

Για την παρακολούθηση της αστοχίας στη φάση αυτή είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός ελεγχόμενου συστήματος φόρτισης στο οποίο ο ρυθμός της ΑΕ να διατηρείται σταθερός κατά τη φόρτιση (Lockner, 1993). Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ανιχνευθεί η ανάπτυξη της αστοχίας κατά τη φόρτιση και να συσχετισθεί με τον εντοπισμό των γεγονότων ΑΕ

2.3.5 Φαινόμενο Kaiser

Στο Σχήμα 19α ένα δοκίμιο υποβάλλεται σε δύο κύκλους φόρτισης. Στον πρώτο κύκλο φόρτισης η τάση εφαρμόζεται με σταθερό ρυθμό μέχρι μια τιμή σ_{\max} και στη συνέχεια μηδενίζεται. Στον δεύτερο κύκλο, η τάση αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό μέχρι μία τιμή $\sigma'_{\max} > \sigma_{\max}$. Κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου, παρακολουθείται η δραστηριότητα ΑΕ και καταγράφονται οι υπερβάσεις (ή τα γεγονότα) συναρτήσει της εφαρμοσμένης τάσης. Στο Σχήμα 19β παρουσιάζονται οι συνολικές υπερβάσεις κατά τη διάρκεια των δύο κύκλων φόρτισης. Είναι εμφανές, ότι καταγράφεται δραστηριότητα ΑΕ καθ' όλη τη διάρκεια του πρώτου κύκλου φόρτισης. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του δεύτερου κύκλου φόρτισης δεν παρατηρείται καμία δραστηριότητα έως ότου το επιβαλλόμενο φορτίο ξεπεράσει τη μέγιστη τάση (σ_{\max}) του πρώτου κύκλου φόρτισης. Κατά συνέπεια, το φαινόμενο Kaiser μπορεί να οριστεί ως η απουσία ανιχνεύσιμης ΑΕ μέχρι την υπέρβαση του μέγιστου εντατικού επιπέδου της προηγούμενης διαδρομής φόρτισης του υλικού.

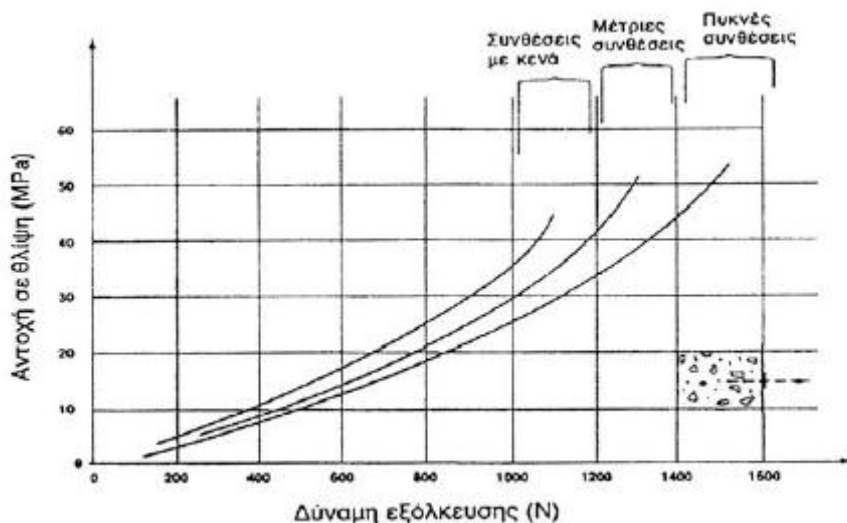


Σχήμα 19. Απλοποιημένη εργαστηριακή διάταξη (α) και χαρακτηριστικά αποτελέσματα του φαινομένου Kaiser (β). (Hardy, 2003).

2.4 Εξόλκευση Ήλου

Η μέθοδος στηρίζεται στην έμπηξη ενός ήλου με καθορισμένες διαστάσεις και δύναμη έμπηξης στη μάζα του σκυροδέματος, και στη μέτρηση της δύναμης που χρειάζεται για την εξόλκευση. Η δύναμη εξόλκευσης δίνει ένα μέτρο της πλευρικής πίεσης που ασκείται στην επιφάνεια του ήλου και επομένως εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αντοχής του υλικού. Η αντοχή του σκυροδέματος εκτιμάται βάσει της δύναμης εξόλκευσης και καμπυλών συσχέτισης.

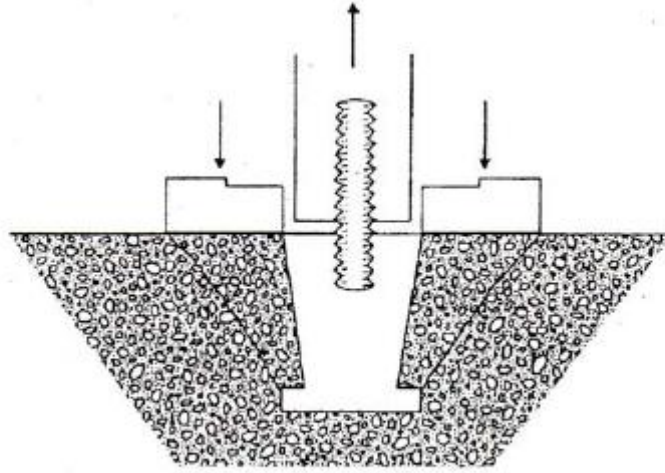
Στη μέθοδο που εφαρμόζεται συνήθως στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ήλος μήκους 40mm και διαμέτρου 4mm που εμπεγνύεται μέσω εκτοξευτήρα καψουλίου καθορισμένης ισχύος και εξολκύνεται μετά από παρέλευση 10min με ειδικό εξολκέα με μανόμετρο, που μετράει τη δύναμη εξόλκευσης. Το διάστημα των 10min μεταξύ έμπηξης και εξόλκευσης είναι απαιτητό για την αποκατάσταση της ηρεμίας και θερμοκρασίας του υλικού στα αρχικά επίπεδα. Τυπικές καμπύλες συσχέτισης δύναμης εξόλκευσης-αντοχής κύβου πλευράς 20cm σε ηλικία 28 ημερών δίνονται στο Σχήμα 20. Οι καμπύλες αυτές έχουν προκύψει από σκυροδέματα με ασβεστολιθικά αδρανή, πυριτικά αδρανή δίνουν ενδείξεις κατά 20-24% μεγαλύτερες, γι' αυτό και οι μετρούμενες ενδείξεις στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί 0.76-0.80.



Σχήμα 20. Αντοχή κυβικών δοκιμίων σε 28 ημέρες, συναρτήσεως της δύναμης εξόλκευσης ήλου.

Μία παραλλαγή της μεθόδου περιλαμβάνει την τοποθέτηση βύσματος στο σκυρόδεμα ενώ αυτό είναι ακόμα νωπό (ASTM C900-82). Η εξόλκευση του βύσματος στην περίπτωση αυτή επιφέρει θραύση του σκυροδέματος στην περιοχή του βύσματος με επιφάνεια θραύσης που έχει χαρακτηριστική κωνική μορφή (Σχήμα 21). Ο λόγος της δύναμης εξόλκευσης προς την επιφάνεια θραύσης αποτελεί ένα μέτρο της διατμητικής αντοχής του σκυροδέματος, που συσχετίζεται με την αντοχή σε θλίψη. Και εδώ, η εκτίμηση της αντοχής γίνεται βάσει διαγραμμάτων συσχετισμού δύναμης εξόλκευσης-αντοχής. Βασικό μειονέκτημα στην περίπτωση αυτή είναι ότι η τοποθέτηση των βυσμάτων θα πρέπει να έχει προβλεφθεί κατά τη σκυροδέτηση.

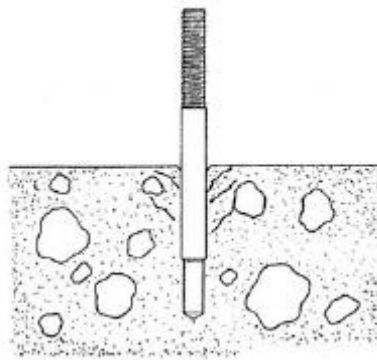
Λόγω της μικρής σχετικά περιοχής στην οποία γίνεται η δοκιμή εξόλκευσης, τα αποτελέσματα χαρακτηρίζονται από μεγάλη διασπορά. Εντούτοις, η δοκιμή εξόλκευσης ήλου ενδείκνυται ιδιαίτερα για την εκτίμηση της εξέλιξης της αντοχής του σκυροδέματος σε νεαρές ηλικίες.



Σχήμα 21. Εξόλκευση βύσματος.

2.5 Δοκιμή Διείσδυσης

Η δοκιμή αυτή, που ονομάζεται και δοκιμή Windsor, εφαρμόζεται κυρίως σε άλλες χώρες (π.χ. Η.Π.Α.), και στηρίζεται στην αρχή ότι η ευκολία διείσδυσης αντικειμένου στο σκυρόδεμα υπό δεδομένες συνθήκες είναι αντίστροφα ανάλογη της αντοχής του. Περιλαμβάνει την εκτόξευση ακίδας ειδικής μορφής μέσω ειδικού πιστολιού στο σκυρόδεμα (Σχήμα 22), και την εκτίμηση της αντοχής βάσει καμπυλών συσχέτισης του μήκους της ακίδας που προεξέχει μετά την έμπηξη στο σκυρόδεμα με την αντοχή. Λεπτομέρειες της μεθόδου δίνονται στην Αμερικανική Προδιαγραφή ASTM C803-82.



Σχήμα 22. Επίδραση δοκιμής διείσδυσης στο σκυρόδεμα.

Όπως και η δοκιμή κρουσίμετρου, η δοκιμή διείσδυσης μετρά ουσιαστικά σκληρότητα, που όμως δεν περιορίζεται στην επιφάνεια.

Γι' αυτό τα αποτελέσματα είναι λιγότερο ευαίσθητα σε παράγοντες όπως η επιφανειακή υγρασία, η εξωτερική υφή και το βάθος ενανθράκωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Μέθοδοι Μη Καταστροφικής Αποτίμησης

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι η φροντίδα και η υποστήριξη των παλαιών κατασκευών σκυροδέματος ή λιθοσωμάτων είναι το θέμα κλειδί του τρέχοντα αιώνα. Οι παλαιές αυτές κατασκευές είτε είναι απαρχαιωμένες είτε είναι λειτουργικά ανεπαρκείς, ενώ σε κάποιες άλλες περιπτώσεις έχουν υποστεί βλάβες, οπότε υπάρχει ανάγκη αντικατάστασης ή αποκατάστασης τους. Καθώς η αντικατάσταση, όμως, είναι πρακτικά αδύνατη, τίθεται θέμα αποκατάστασης της ήδη υπάρχουσας κατασκευής και σε πολλές περιπτώσεις και ενίσχυσης της. Εκτός των συμβατικών μεθόδων αποκατάστασης και ενίσχυσης, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι ενίσχυσης, μια εκ των οποίων είναι αυτή που κάνει χρήση σύνθετων ινο-οπλισμένων πολυμερών (FRP-Fiber Reinforced Plastics). Τα σύνθετα FRP πλεονεκτούν σε σχέση με τα συμβατικά υλικά σε αρκετά σημεία, όπως η μικρότερη διάβρωση από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, πράγμα που αυξάνει το χρόνο ζωής τους και μειώνει την ανάγκη για τη συντήρησή τους. Ο κυριότερος, όμως, λόγος μελέτης τους αλλά και η ανάγκη για την εξέλιξή τους είναι η υψηλή αντοχή τους σε σχέση με το βάρος τους, γεγονός που τα κάνει πολύ πιο εύχρηστα. Ο πιο πρόσφορος τρόπος ελέγχου και αποτίμησης σε περιπτώσεις ενίσχυσης με σύνθετα FRP είναι με μη καταστροφικές μεθόδους αποτίμησης. Σε αυτή την περίπτωση τα σύνθετα FRP επιθεωρούνται τόσο κατά την εφαρμογή τους όσο και κατά τη διάρκεια ζωής τους για τυχόν ατέλειες στην επικόλληση αλλά και για βλάβες που μπορεί να επέλθουν, ώστε να αναγνωριστούν και να γίνουν οι κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες ή να αντικατασταθεί η υπάρχουσα ενίσχυση. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάδειξη των μη καταστροφικών μεθόδων αποτίμησης ως ένα πολύ χρήσιμο και αποδοτικό εργαλείο στα χεριά του πολιτικού μηχανικού. Οι μέθοδοι διακρίνονται σε:

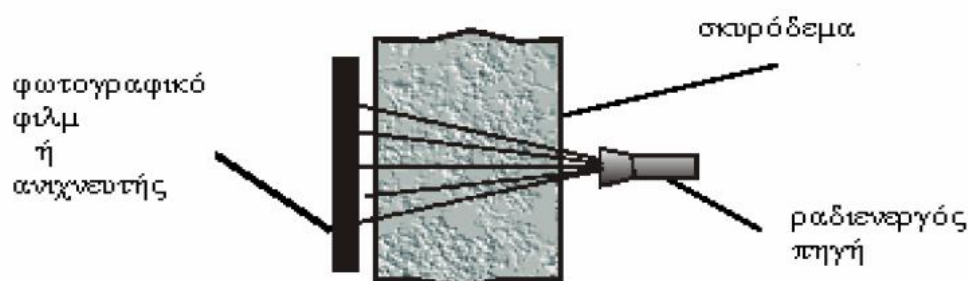
3.1 Ραδιογραφία

Η ραδιογραφία είναι μια από τις πιο πρόσφατες τεχνικές NDE η οποία χρησιμοποιείται για τη λήψη μιας εικόνας ανακλώμενου ειδώλου με τη χρήση ακτινοβολίας εισχώρησης, όπως ακτίνες X ή Γ παραγόμενες από ηλεκτρικές λυχνίες ακτινών X ή ραδιενεργά ισότοπα, αντίστοιχα. Οι ακτίνες X και Γ είναι μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως το ορατό φως και τα μικροκύματα, αλλά το μήκος κύματος τους είναι τόσο μικρό που μπορούν να εισχωρήσουν σε όλα τα υλικά με κάποια απορρόφηση και διασκόρπιση κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Οι ακτίνες X παράγονται όταν μια δέσμη ηλεκτρονίων εισβάλλει σε ένα στερεό στόχο, δεδομένου ότι οι ακτίνες Γ είναι ακτίνες X υψηλής ενέργειας εκπεμπόμενες από την αποσύνθεση ενός ραδιενεργού ισότοπου. Αυτές οι ακτίνες διαδίδονται μέσω του υλικού κατά μήκος ευθειών διαδρομών χωρίς καμιά σημαντική διάθλαση. Η ένταση της δέσμης μέσα στο υλικό μειώνεται εκθετικά βάσει της ακόλουθης σχέσης:

$$I = I_0 \exp[-\int \mu(x, y, z) dL]$$

οπού όπου I_0 είναι η ένταση της προσπίπτουσας δέσμης, $\mu(x, y, z)$ είναι ο συντελεστής εξασθένησης του υλικού σαν συνάρτηση των χωρικών συντεταγμένων και L είναι το μήκος της διαδρομής μέσα στο υλικό. Οι εκπεμφθείσες ακτίνες προσκρούουν στον ανιχνευτή που είναι γενικά ένα φωτογραφικό φιλμ και το εκθέτουν με τον ίδιο τρόπο όπως εκθέτει το φως το φιλμ μιας κάμερας. Η εικόνα που λαμβάνεται είναι στη μορφή μιας διδιάστατης προβολής η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος, όπως η πυκνότητα, η σύνθεση και για ατέλειες μέσω του βαθμού εξασθένησης. Πάντως, η εικόνα δεν παρέχει καμιά πληροφόρηση σχετικά με το βάθος των ατελειών μέσα στο υλικό. Οι μέθοδοι των ακτινών X και Γ είναι ικανές να παράγουν ακριβής διδιάστατες εικόνες του εσωτερικού του σκυροδέματος. Πάντως, η χρήση τους στη δοκιμή του σκυροδέματος είναι

γενικά περιορισμένη εξαιτίας του υψηλού αρχικού κόστους, τη σχετικά χαμηλή ταχύτητα, το βαρύ και ακριβό εξοπλισμό, την ανάγκη για εκτεταμένες προφυλάξεις ασφαλείας και τους πολύ καλά εκπαιδευμένους χειριστές, και ίσως το πιο σημαντικό από όλα, η απαίτηση για πρόσβαση και στις δυο πλευρές της κατασκευής. Το σχήμα 23 δείχνει τη διάταξη της μεθόδου της ραδιογραφίας, είναι η ένταση της προσπίπτουσας δέσμης, $\mu(x,y,z)$ είναι ο συντελεστής εξασθένησης του υλικού σαν συνάρτηση των χωρικών συντεταγμένων και L είναι το μήκος της διαδρομής μέσα στο υλικό. Οι εκπεμφθείσες ακτίνες προσκρούουν στον ανιχνευτή που είναι γενικά ένα φωτογραφικό φιλμ και το εκθέτουν με τον ίδιο τρόπο όπως εκθέτει το φως το φιλμ μιας κάμερας. Η εικόνα που λαμβάνεται είναι στη μορφή μιας διδιάστατης προβολής η οποία παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος, όπως η πυκνότητα, η σύνθεση και για ατέλειες μέσω του βαθμού εξασθένησης. Πάντως, η εικόνα δεν παρέχει καμιά πληροφορία σχετικά με το βάθος των ατελειών μέσα στο υλικό. Οι μέθοδοι των ακτινών X και Γ είναι ικανές να παράγουν ακριβής διδιάστατες εικόνες του εσωτερικού του σκυροδέματος. Πάντως, η χρήση τους στη δοκιμή του σκυροδέματος είναι γενικά περιορισμένη εξαιτίας του υψηλού αρχικού κόστους, τη σχετικά χαμηλή ταχύτητα, το βαρύ και ακριβό εξοπλισμό, την ανάγκη για εκτεταμένες προφυλάξεις ασφαλείας και τους πολύ καλά εκπαιδευμένους χειριστές, και ίσως το πιο σημαντικό από όλα, η απαίτηση για πρόσβαση και στις δυο πλευρές της κατασκευής. Το σχήμα 23 δείχνει τη διάταξη της μεθόδου της ραδιογραφίας.

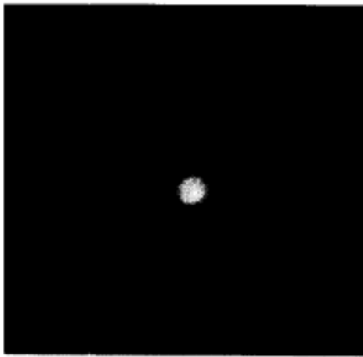


Σχήμα 23. Ραδιογραφική μέθοδος

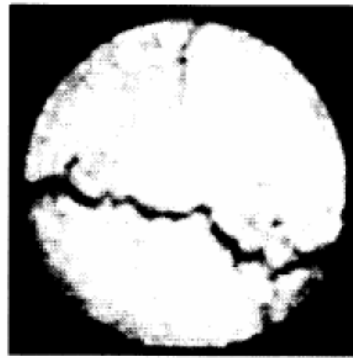
3.2 Μηχανογραφημένη Ραδιενεργή Τομογραφία

Η Μηχανογραφημένη Ραδιενεργή Τομογραφία, που ονομάζεται και Μηχανογραφημένη Τομογραφία (CT-Computerized Tomography) είναι η ανακατασκευή μιας εικόνας διατομής ενός αντικειμένου από την προβολή του. Με άλλα λόγια, είναι η συνεπής εναπόθεση από πάνω των προβολών που ληφθήκανε με τη χρήση ενός σαρωτή για την ανακατασκευή μιας γραφικής αναπαράστασης του αντικειμένου. Η μαθηματική διατύπωση της CT έγινε από τον Radon το 1917 και αρχικά χρησιμοποιήθηκε στην ιατρική σαν ένα διαγνωστικό εργαλείο μετά την εφεύρεση του υπολογιστικού τομογραφικού σαρωτή ακτινών X από τον Hounsfield το 1972.

Το 1980, ο Morgan et al. ανέπτυξε ένα σύστημα CT το οποίο χρησιμοποιεί μια ισοτοπική πηγή για την παραγωγή δεσμών φωτονίων, και εξέτασε κυλίνδρους σκυροδέματος διαμέτρου 6 inch για τον καθορισμό των διαφορών πυκνότητας εντός των κυλίνδρων, για τον εντοπισμό του οπλισμού και κενών και για τον καθορισμό του μεγέθους τους. Η ανακατασκευή της εικόνας έγινε με χρήση 100 προβολών που ληφθήκανε περιστρέφοντας την πηγή 360° γύρω από τους κυλίνδρους. Ο χρόνος έκθεσης για κάθε προβολή ήταν 40 λεπτά εξαιτίας της χαμηλής έντασης της πηγής. Το σύστημα ήταν ικανό να αναγνωρίσει την πυκνότητα με απόκλιση 1%. Τα αποτελέσματα σάρωσης δυο κυλινδρικών δοκιμίων σκυροδέματος φαίνονται στο σχήμα 24. Στο σχήμα 24(α), φαίνεται η ανακατασκευασμένη εικόνα του κυλίνδρου σκυροδέματος με ράβδο οπλισμού διαμέτρου 3/8 inch. Όπως φαίνεται, η ράβδος και τα κενά στον κύλινδρο αναγνωρίζονται με ακρίβεια. Το σχήμα 24(β) δείχνει την εικόνα ενός κυλίνδρου που φορτίζεται σε αστοχία. Ο τρόπος αστοχίας αναγνωρίζεται ξεκάθαρα στην εικόνα.



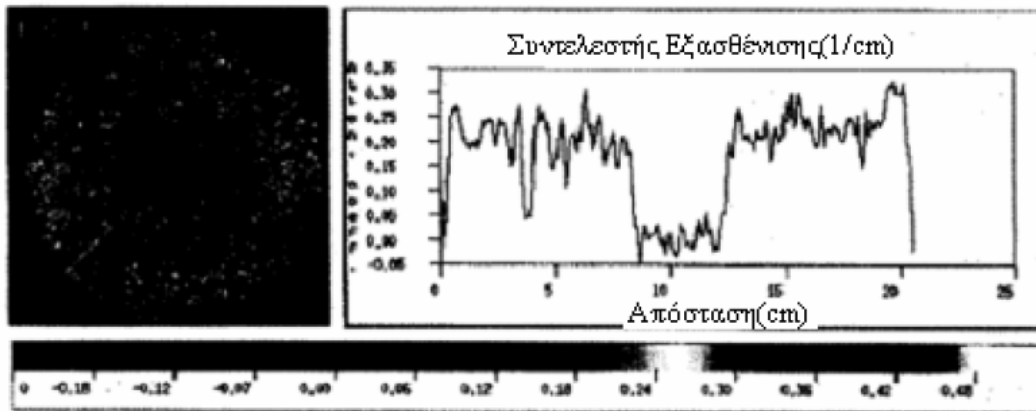
(α)



(β)

Σχήμα 24. Μηχανογραφημένη τομογραφική απεικόνιση ενός (α) κυλίνδρου σκυροδέματος με ράβδο οπλισμού στο κέντρο, (β) απλού κυλίνδρου σκυροδέματος φορτισμένο σε αστοχία

Μια πιο πρόσφατη εφαρμογή της CT στο σκυρόδεμα αναφέρεται από τον Martz et al. Αυτός ανέπτυξε ένα σύστημα CT ακτινών X για την ποσοτική επιθεώρηση μικρών δοκιμίων σκυροδέματος για διαφορές στην πυκνότητα τους με μια χωρική ανάλυση περίπου 2mm. Το σχήμα 24 δείχνει την εικόνα ενός κοίλου κυλίνδρου διαμέτρου 20 cm με μια οπή 4.4 cm στο κέντρο του, που ανακατασκευάστηκε από 45 προβολές σε διαστήματα 4° εντός των 180°. Στα δεξιά της εικόνας του κυλίνδρου είναι ένα μονοδιάστατο προφίλ εξασθένισης υπολογισμένο κατά μήκος μιας διαγώνιας άσπρης γραμμής που φαίνεται πάνω στην εικόνα. Η κεντρική οπή και ένα μικρότερο κενό μεγέθους περίπου 5 mm αναγνωρίζονται ξεκάθαρα και στην εικόνα και στο μονοδιάστατο προφίλ.



Σχήμα 25. Τομογραφική εικόνα ενός κυλίνδρου σκυροδέματος με μια οπή στο κέντρο και μονοδιάστατο προφίλ του συντελεστή εξασθένησης κατά μήκος της άσπρης γραμμής

Η Μηχανογραφημένη Τομογραφία είναι ικανή να παράγει εικόνες υψηλής ακρίβειας ανάλυσης της τάξης mm και μεγαλύτερης. Πάντως, οι εφαρμογές της στο σκυρόδεμα είναι γενικά περιορισμένες σε εργαστηριακές μελέτες, καθώς οι σαρωτές είναι ακριβοί, οι μετρήσεις διαρκούν πολύ χρόνο και καλύπτουν μικρό μέγεθος και τέλος απαιτείται η πρόσβαση και στις δυο πλευρές της κατασκευής.

3.3 Μέθοδος Ραντάρ

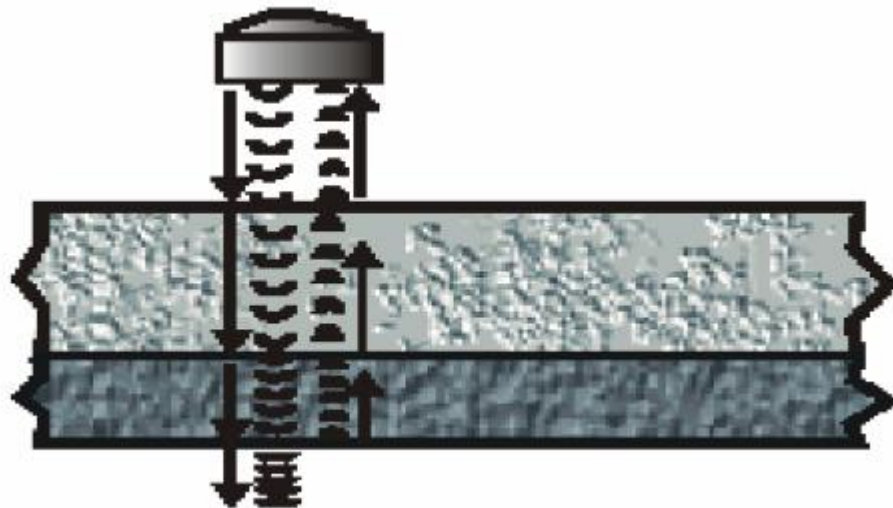
Η τεχνική του ραντάρ, που είναι γνωστή και ως μέθοδος ραντάρ εδαφικής εισχώρησης (GPR-Ground Penetrating Radar) έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε γεωφυσικές εφαρμογές από το 1960 για τον καθορισμό του πάχους παγετού, για την εύρεση αποθεμάτων πετρελαίου, για τον εντοπισμό γραμμών οχετού, θαμμένα αντικείμενα, για την αποτίμηση του προφίλ του πυθμένα λιμνών και ποταμών και γενικά για τον υποεπιφάνειο χαρακτηρισμό σε διαφορές περιπτώσεις. Οι εφαρμογές πολιτικού μηχανικού της τεχνικής του ραντάρ περιέχουν επιθεώρηση καταστρωμάτων οδών ταχείας κυκλοφορίας και γεφυρών, ανίχνευση κοιλοτήτων πίσω από τις εσωτερικές επενδύσεις σκυροδέματος σε σήραγγες και την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση του τοπικού τριψίματος γύρω από τις βάσεις γεφυρών. Οι εφαρμογές της μεθόδου ραντάρ σε κατασκευαστικά στοιχεία σκυροδέματος, όπως δοκοί, υποστυλώματα και τοιχία είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο.

Η αρχή της μεθόδου ραντάρ είναι η παραγωγή και η εκπομπή βραχέων ηλεκτρομαγνητικών παλμών ή κυμάτων αρμονικών με το χρόνο μέσω ενός πομπού προς ένα δοκίμιο-στόχο και η καταγραφή των διασκορπισμένων σημάτων στο δέκτη.

Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στον ελεύθερο χώρο και στα όποια μέσα μπορεί να περιγραφεί από μια ομάδα διπλών εξισώσεων που ονομάζονται σπείρα του Maxwell και εξισώσεις απόκλισης. Ενσωματώνοντας τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες του υλικού και τις κατάλληλες οριακές συνθήκες, μπορεί να ληφθεί μια μοναδική λύση του προβλήματος με τη χρήση των εξισώσεων της σπείρας του Maxwell.

Όταν τα εκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα συγκρούονται σε ένα αντικείμενο ή άλλο δείγμα με διαφορετικές ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες, ένα μέρος της εκπεμπόμενης ενέργειας ανακλάται από το όριο και το υπόλοιπο μεταφέρεται στο νέο δείγμα υπομένοντας κάποια διάθλαση ανάλογα με τις ιδιότητες του υλικού του νέου δείγματος και τη γωνία πρόσκρουσης. Έτσι, τα

διασκορπισμένα σήματα που καταγράφηκαν στο δέκτη περιέχουν κάποιες πληροφορίες σχετικά με τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες του υλικού που μπορούν να εξαχθούν εξελίσσοντάς και ερμηνεύοντας τα καταγεγραμμένα σήματα. Τα διασκορπισμένα σήματα μπορούν να αποκτηθούν είτε με αμφιστατικό στήσιμο, όπου ο πομπός και ο δέκτης είναι δυο ξεχωριστές συσκευές, είτε με μονοστατικό στήσιμο, όπου ο πομπός και ο δέκτης συμπίπτουν. Τα δεδομένα που πάρθηκαν κινώντας το σημείο παρατήρησης εντός ενός καθορισμένου ανοίγματος είτε στο μονοστατικό είτε στον αμφιστατικό τρόπο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανακατασκευή χωρικών εικόνων του στόχου μέσω αλγορίθμων απεικόνισης. Η μέθοδος ραντάρ φαίνεται στο σχήμα 26.



Σχήμα 26. Μέθοδος ραντάρ (ραντάρ εδαφικής εισχώρησης)

3.4 Ακουστικές Μέθοδοι

Οι Ακουστικές τεχνικές περιλαμβάνουν τις υπερηχητικές μεθόδους, τη μέθοδο ηχούς πρόσκρουσης και τη μέθοδο ακουστικής εκπομπής. Η αρχές αυτών των μεθόδων βασίζονται στη διάδοση του ελαστικού κύματος στα στερεά. Η διάδοση του ήχου λαμβάνει χώρα στη μορφή θλιπτικών (P) κυμάτων, διατμητικών (S) κυμάτων μέσα στα στερεά, και στη μορφή επιφανειακών κυμάτων ή κυμάτων Reyleigh (R) κατά μήκος της επιφάνειας. Οι ανομοιογένειες στο σκυρόδεμα προκαλούν διασκόρπιση των ηχητικών κυμάτων η οποία μπορεί να καταγραφεί και να ερμηνευτεί για την εξαγωγή πληροφορήσης σχετικά με το υλικό.

Η τεχνική ηχούς πρόσκρουσης περιλαμβάνει τη μετάδοση ενός παροδικού παλμού μέσα στο σκυρόδεμα μέσω μιας μηχανικής πρόσκρουσης και την ανάλυση των καταγεγραμμένων κυμάτων που ανακλώνται στο σκυρόδεμα. Αυτή η τεχνική δε χρησιμοποιείται για απεικόνιση εξαιτίας της μικρής τάξης μεγέθους της συχνότητας.

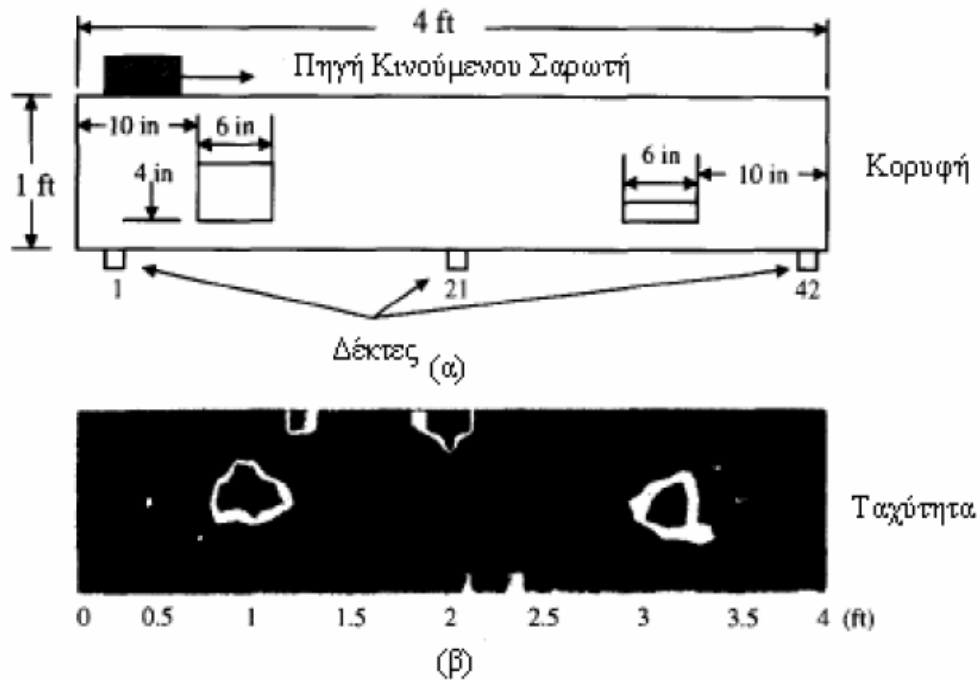
Η μέθοδος είναι χρήσιμη για μια ταχεία προκαταρκτική εκτίμηση της περιοχής για τον εντοπισμό των ανωμαλιών. Στη συνέχεια αυτές οι ανωμαλίες μπορούν να απεικονιστούν με τη χρήση πιο ειδικών μεθόδων υπερηχητικής δοκιμής.

Η τεχνική ακουστικής εκπομπής είναι μια τεχνική παθητικής κατάστασης απεικόνισης που επιτρέπει τη συνεχή εξέταση της κατασκευής ενώ αυτή είναι σε χρήση. Η ακουστική εκπομπή αναφέρεται στους παλμούς που οφείλονται στη μεταβολή της ενέργειας ελαστικής έντασης, που συμβαίνει στο υλικό τοπικά σαν αποτέλεσμα κάποιας παραμόρφωσης και θραύσης. Μέρος αυτής της ενέργειας διαδίδεται μέσω του υλικού, η οποία μπορεί να ανιχνευτεί από δέκτες υψηλής ευαισθησίας που είναι τοποθετημένοι στην επιφάνεια της κατασκευής. Η μέθοδος ηχούς πρόσκρουσης δε χρησιμοποιείται για σκοπούς απεικόνισης, αλλά για σκοπούς εντοπισμού των ατελειών.

Οι υπερηχητικές μέθοδοι αναφέρονται στην εφαρμογή και στη μελέτη των υπερήχων, που είναι ήχοι άνω των 18 KHz που δε μπορούν να ανιχνευτούν από το ανθρώπινο αυτί. Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει τη μετάδοση υπερηχητικών κυμάτων μέσα στο σκυρόδεμα με τη χρήση ενός πομπού που είναι σε επαφή με την επιφάνεια του αντικειμένου. Έπειτα καταγράφονται και ερμηνεύονται τα διασκορπισμένα σήματα. Τα δεδομένα που ληφθήκανε από τα υπερηχητικά πειράματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μιας εικόνας των ατελειών και των ανομοιογενειών στο σκυρόδεμα με τη χρήση τομογραφικών αλγορίθμων απεικόνισης.

Οι εφαρμογές αυτής της τεχνικής για την αποτίμηση των συνθηκών στο σκυρόδεμα περιλαμβάνουν τον καθορισμό του πάχους, τη μέτρηση του μέτρου ελαστικότητας και την ανίχνευση και την απεικόνιση ρωγμών, κενών και διαχωρισμών σε στρώσεις.

Μια εφαρμογή απεικόνισης που χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα μετάδοσης εκτελέστηκε από τους Jalinoos και Olson. Αυτοί εκτέλεσαν την απεικόνιση ενός τοίχου σκυροδέματος με κενά στο εσωτερικό του, όπως φαίνεται στο σχήμα 27(α), συνδυάζοντας τις μεθόδους ηχούς πρόσκρουσης και ταχύτητας υπερηχητικού παλμού με την τεχνική της τομογραφίας που χρησιμοποιείται στη γεωφυσική. Η θέση των κενών βρέθηκε με τη χρήση ενός σαρωτή ηχούς πρόσκρουσης, ο οποίος επέτρεψε γρήγορη σάρωση του τοίχου. Έπειτα, διεξήχθησαν δοκιμές ταχύτητας υπερηχητικού παλμού στις θέσεις των κενών για τη δημιουργία της εικόνας. Η εικόνα δημιουργήθηκε με χρήση επαναληπτικής προσέγγισης. Η δημιουργημένη εικόνα φαίνεται στο σχήμα 27(β).

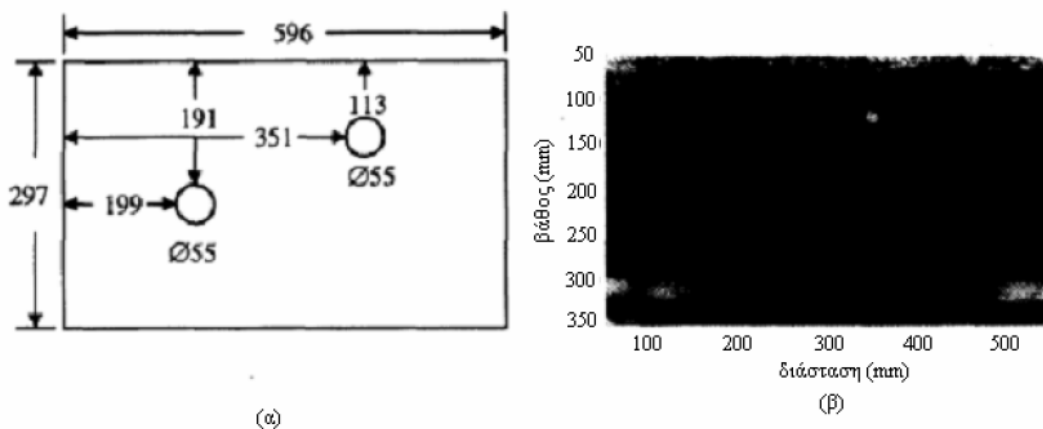


Σχήμα 27. (α) Διατομή του τοίχου, (β) Δημιουργημένο τομογράφημα της ταχύτητας (βάση).

Οι τεχνικές ηχούς υπερηχητικού παλμού περιλαμβάνουν την εισαγωγή ενός τασικού κύματος μέσα στο σκυρόδεμα σε ένα προσιτό σημείο με ένα πομπό. Ο παλμός διαδίδεται μέσα στο σκυρόδεμα και ανακλάται από ρωγμές, κενά, διαχωρισμούς σε στρώσεις ή διεπιφάνειες υλικών. Τα ανακλώμενα κύματα καταγράφονται στην επιφάνεια και η ένδειξη του δέκτη επιδεικνύεται σε ένα παλμογράφο ή αποθηκεύεται για περαιτέρω επεξεργασία. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι εξέτασης ενός δοκιμίου κάνοντας χρήση της τεχνικής ηχούς παλμού.

Η μέθοδος A-scan ή A-score είναι μια μονοδιάστατη άποψη των ατελειών στο σκυρόδεμα. Η μέθοδος B-scan ή B-score περιλαμβάνει μια σειρά παράλληλων A-scan και δίνει μια διδιάστατη άποψη των ατελειών στο σκυρόδεμα. Η μέθοδος Cscan ή C-score περιλαμβάνει μια σειρά παράλληλων A-scan που εκτελούνται σε μια επιφάνεια. Για εφαρμογές απεικόνισης υπέρηχου υψηλής συχνότητας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μη καταστροφική αποτίμηση μετάλλων, η επίδειξη της B- ή της C-scan μπορεί να

παράσχει σημαντική πληροφόρηση σχετικά με τις εσωτερικές ατέλειες εξαιτίας της υψηλής ευθύτητας των κυμάτων. Πάντως, η παρουσία του εδαφικού υλικού, που συχνά υπερβαίνει τα 10 mm σε διάμετρο, απαιτεί η διεξαγωγή της δοκιμής στο σκυρόδεμα να γίνει σε σχετικά χαμηλές συχνότητες με σκοπό την αποφυγή υπερβολικής εξασθένισης προκαλούμενη από διασκόρπιση. Συνεπώς, η υπερηχητική δέσμη δεν έχει χαρακτηριστικά κατεύθυνσης και η εξαγωγή συμπερασμάτων για το μέγεθος των ατελειών είναι δύσκολη. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τη B- ή τη C-scan χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία για την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών σχετικά με το μέγεθος των ανομοιογενειών.



Σχήμα 28. (α) Διαστάσεις του δοκιμίου σε mm, (β) Δημιουργία εικόνας με χρήση SAFT

Ο Schickert εκτέλεσε υπερηχητική απεικόνιση ενός δοκιμίου εργαστηριακού μεγέθους με δυο οπές κάνοντας χρήση της τεχνικής ηχούς παλμού.

Για την απεικόνιση έγινε χρήση της τεχνικής Synthetic Aperture Focusing (SAFT). Η SAFT μπορεί να θεωρηθεί σαν μια ανάποδη τεχνική η οποία παράγει μια εικόνα του εσωτερικού του αντικειμένου εστιάζοντας στα καταγεγραμμένα δεδομένα. Οι μετρήσεις έγιναν σε ένα γραμμικό άνοιγμα (γραμμική-SAFT) και η δημιουργία εκτελέστηκε στο πεδίο ορισμού του χρόνου. Η απεικόνιση

εκτελέστηκε για τρία δοκίμια της ίδιας γεωμετρικής μορφής αλλά με διαφορετικά μέγιστα μεγέθη εδαφικού υλικού με σκοπό την επίδειξη της επιρροής του μεγέθους του εδαφικού υλικού στην υπερηχητική απεικόνιση. Το σχήμα 28(α) δείχνει το δοκίμιο και το σχήμα 28(β) δείχνει τη δημιουργημένη εικόνα του δοκιμίου με μέγιστο μέγεθος εδαφικού υλικού 8 mm. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε για δοκίμια που είχαν μέγιστα μεγέθη εδαφικού υλικού 16 και 32 mm, αντίστοιχα. Για τα μεγαλύτερα μεγέθη εδαφικού υλικού παρατηρήθηκε μια σημαντική μείωση της ποιότητας της εικόνας.

3.5 Υπέρυθρη Θερμογραφία

Οι υπέρυθρες (IR) τεχνικές χρησιμοποιούνται κοινώς σε εφαρμογές του στρατού, στη μη καταστροφική εξέταση των υλικών και σε ιατρικές διαγνώσεις. Εντός κάποιων περιορισμών, η υπέρυθρη θερμογραφία είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται εξ' αποστάσεως, έχει σχετικά χαμηλό κόστος και έχει τη δυνατότητα ποιοτικής ή ποσοτικής πληροφόρησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και τον καθορισμό του μεγέθους των κενών, των διαχωρισμών σε στρώσεις και τις αποκολλήσεις στο οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι εφαρμογές αυτής της μεθόδου σε θέματα πολιτικού μηχανικού περιλαμβάνουν τη θερμογραφία γεφυρών και οδών ταχείας κυκλοφορίας, ασφαλικών καταστρωμάτων, συστημάτων αποχέτευσης, σωλήνων οχετού, κανάλια όμβριων και εσωτερική και εξωτερική θερμογραφία σε κτίρια. Η υπέρυθρη θερμογραφία βασίζεται στην αρχή ότι οι υποεπιφάνειες ανωμαλίες στο υλικό επιτελούν σε τοπικές διαφορές στην επιφανειακή θερμοκρασία προκαλούμενες από τους διαφορετικούς βαθμούς θερμικής μεταφοράς στις ζώνες που υπάρχουν ατέλειες. Η θερμογραφία ανιχνεύει αυτομάτως την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας από την επιφάνεια του υλικού και παράγει μια οπτική εικόνα από το θερμικό σήμα η οποία μπορεί να συσχετιστεί με το μέγεθος της εσωτερικής ατέλειας.

Οι περισσότερες εφαρμογές της υπέρυθρης θερμογραφίας χρησιμοποιούν μια υπέρυθρη κάμερα συνδεδεμένη με ένα υπέρυθρο ανιχνευτή που απεικονίζει τις διαφορές θερμικής ακτινοβολίας. Η θερμογραφική απεικόνιση μπορεί να περιλαμβάνει ενεργές ή παθητικές πηγές, όπως θερμάστρα ή ηλιακή ακτινοβολία.

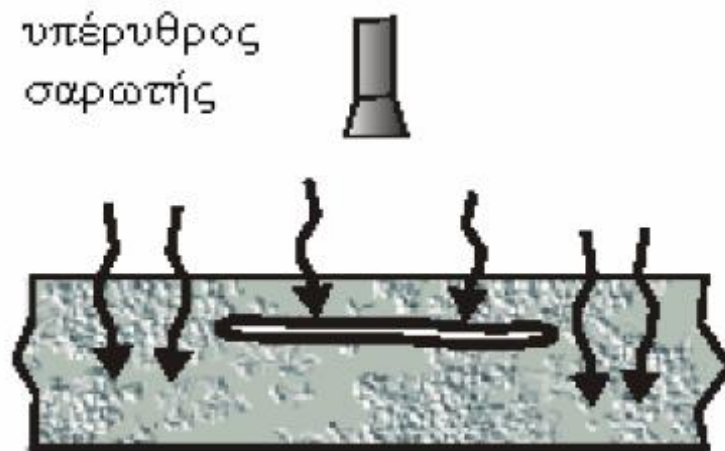
Η μεταφορά θερμότητας λαμβάνει χώρα με τρεις τρόπους που ονομάζονται αγωγιμότητα, μεταγωγή και ακτινοβολία. Ο τρόπος που ενδιαφέρει στις εφαρμογές πολιτικού μηχανικού από την άποψη της μη καταστροφικής εξέτασης είναι η ακτινοβολία, καθώς οι IR κάμερες ανιχνεύουν την ακτινοβολούμενη θερμότητα. Πάντως, οι άλλοι τρόποι πρέπει να γίνουν κατανοητοί για την αποτίμηση των περιορισμών της IR θερμογραφίας.

Όλα τα υλικά σε μια θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν συνεχώς ενέργεια και η ενέργεια που εκπέμπεται έτσι, ονομαζόμενη θερμική ακτινοβολία, μεταδίδεται στο χώρο στη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Τα υπέρυθρα κύματα αποτελούν ένα μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, όπως τα μικροκύματα ή οι ακτίνες Χ. Ο ρυθμός εκπομπής ενέργειας, Φ , ανά μονάδα επιφανειακής περιοχής του υλικού σχετίζεται με την τέταρτη δύναμη της απόλυτης θερμοκρασίας του, T_a , με βάση το νόμο των Stefan-Boltzmann :

$$\Phi = \varepsilon \sigma T^4$$

όπου σ είναι η σταθερά Stefan-Boltzmann και ε η εκπεμπτικότητα του υλικού. Αν κάποια ποσότητα ενέργειας εισαχθεί σε μια δοσμένη θέση του υλικού, η ενέργεια που δίνεται στο σύστημα θα διαχυθεί βαθμιαία σε όλο το υλικό. Αυτός ο μηχανισμός μεταφοράς ενέργειας ονομάζεται αγωγιμότητα. Η σημασία της αγωγιμότητας στις εφαρμογές υπέρυθρης θερμογραφίας σε θέματα πολιτικού μηχανικού είναι ότι αν οι ατέλειες βρίσκονται βαθιά μέσα στο σκυρόδεμα ή αν η διάμετρος τους είναι μικρή σε σχέση με το βάθος τους, η θερμική διαφορά στην επιφάνεια, οφειλόμενη στην αγωγιμότητα, θα είναι πολύ μικρή. Έτσι, τέτοιες ατέλειες μπορεί να μην ανιχνευτούν από την υπέρυθρη θερμογραφία. Μεταγωγή είναι ο τρόπος θερμικής μεταφοράς μεταξύ του υλικού και μιας ποσότητας ρευστού, σε μια θερμοκρασία διαφορετική από αυτή του υλικού, που ρέει κατά μήκος της επιφάνειας του υλικού. Η επιρροή της μεταγωγής στη μη καταστροφική εξέταση κατασκευών σκυροδέματος είναι σημαντική καθώς η πλειονότητα των μετρήσεων λαμβάνουν χώρα σε συνθήκες πεδίου. Αν η ταχύτητα του ανέμου είναι υψηλή κατά το χρόνο της μέτρησης, η μεταφορά θερμότητας οφειλόμενη στη μεταγωγή επηρεάζει τη θερμική ακτινοβολία από την επιφάνεια του σκυροδέματος, δίνοντας εσφαλμένες εικόνες. Οι πιο κρίσιμες παράμετροι αποτίμησης που επηρεάζουν τις τεχνικές της υπέρυθρης θερμογραφίας είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η επιφανειακή εκπεμπτικότητα και η ταχύτητα του ανέμου. Για την ποσοτική αποτίμηση κατασκευών σκυροδέματος, μπορούν να γίνουν διορθώσεις στα δεδομένα μετρήσεων λαμβάνοντας υπόψη

τις επιρροές της εκπεμπτικότητας, της ταχύτητας του ανέμου, της περιβάλλουσας θερμοκρασίας και της ακτινοβολήσης από τα περιβάλλοντα αντικείμενα. Ακόμα, οι αποτιμήσεις υπέρυθρης θερμογραφίας περιορίζονται σε συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες. Ένας άλλος περιορισμός της IR θερμογραφίας είναι ότι δεν παράσχει πληροφόρηση σχετικά με το βάθος των ατελειών, καθώς αυτή απεικονίζει την ακτινοβολή από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Για τη διόρθωση αυτής της αδυναμίας, μπορεί να συνδυαστεί με το ραντάρ εδαφικής εισχώρησης. Στο σχήμα 29 δίνεται μια σχηματική παράσταση αυτής της μεθόδου.



Σχήμα 29. Μέθοδος υπέρυθρης θερμογραφίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

4.1 Γενικά

Στο πείραμα αυτό ασχοληθήκαμε με τις μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου σκυροδέματος και συγκεκριμένα με κρουσίμετρο και υπέρηχους στο εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος του ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ. Καταρχάς παρασκευάσαμε δύο κατηγορίες σκυροδέματος C30/37 και C40/50. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε το σκυρόδεμα σε ειδικά διαμορφωμένα καλούπια ώστε να πάρουμε κυβικά, ορθογωνικά και κυλινδρικά δοκίμια. Για να επιτευχθεί η συμπίκνωση του σκυροδέματος μέσα στα καλούπια χρησιμοποιήσαμε χαλύβδινους ράβδους και δονητή μάζας σύμφωνα με τους κανονισμούς . Μετά από 1 ημέρα, κατόπιν ωριμάνσεως των δοκιμίων, αφαιρέθηκαν τα δοκίμια από τις μήτρες και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος του δοκιμίου με μη καταστροφικές μεθόδους και ακολούθως η θραύση του κάθε δοκιμίου στην αντίστοιχη συσκευή για τον προσδιορισμό της θλιπτικής , εφελκυστικής και καμπτικής αντοχής αυτών.

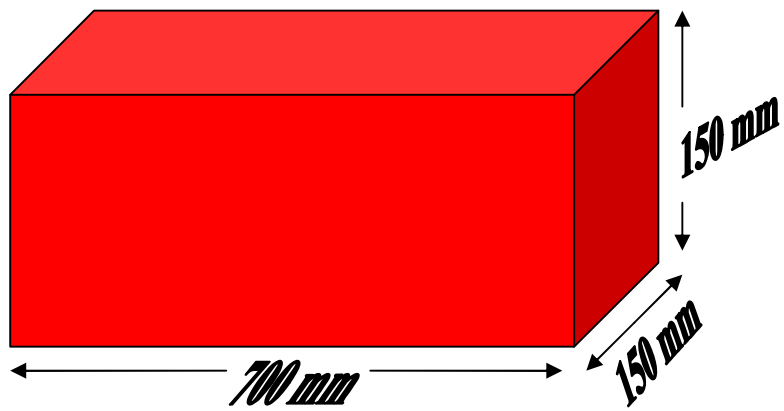
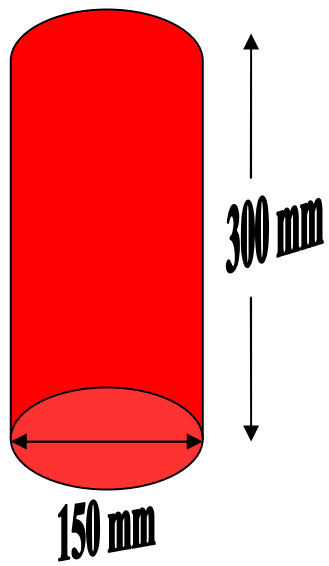
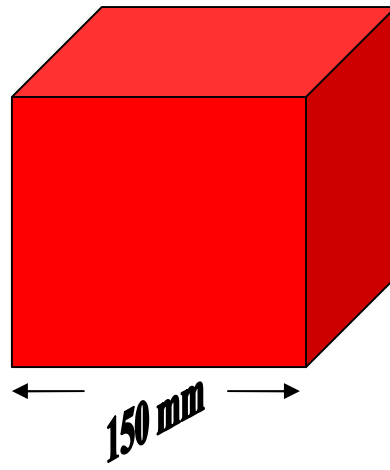
4.2 Παρασκευή δοκιμίων

Κατασκευάστηκαν 18 δοκίμια άοπλου σκυροδέματος, 9 δοκίμια για κάθε μία από τις 2 κατηγορίες σκυροδέματος C30/37 και C40/50

4.2.1 Κατηγορία C30/37

- Κατασκευάστηκαν 6 κυβικά δοκίμια ακμής 150mm
- Κατασκευάστηκαν 2 κυλινδρικά δοκίμια με ύψος $h=300\text{mm}$ και διάμετρο $d=150\text{mm}$
- Κατασκευάστηκε 1 ορθογωνικό δοκίμιο μήκους $l=700\text{mm}$ και διατομής $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ δηλαδή $h=150\text{mm}$ και $b=150\text{mm}$

C 30/37



Το μέγεθος του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιήσουμε προκύπτει από τον υπολογισμό του όγκου των 9 δοκιμίων.

Οι υπολογισμοί είναι οι εξής:

$$1) 6 \times b \times h \times l = 6 \times (0,15\text{m} \times 0,15\text{m} \times 0,15\text{m}) = 0,02025\text{m}^3$$

$$2) 2 \times [(\pi \times d^2) / 4] \times h = 2 \times \{ [3,14 \times (0,150\text{m})^2 / 4] \} \times 0,300\text{m} = 0,01060\text{m}^3$$

$$3) 1 \times b \times h \times l = 1 \times (0,150\text{m} \times 0,150\text{m} \times 0,700\text{m}) = 0,01575\text{m}^3$$

Υπολογίσαμε σκυρόδεμα όγκου $V_{ολ} = 0,04660\text{m}^3 = 46,60\text{lt} \approx 50\text{lt}$

Άρα θα παρασκευάσουμε 50lt σκυροδέματος κατηγορίας C30/37

Η μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος για την συγκεκριμένη κατηγορία σε 1m^3 φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| ΑΜΜΟΣ (Α) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 800,0kg/m ³ |
| ΨΗΦΙΔΑ (Γ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 150,0kg/m ³ |
| ΣΚΥΡΑ (Χ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 900,0kg/m ³ |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Τ) CEM II / 32,5 N | 350,0kg/m ³ |
| ΠΡΟΣΘΕΤΑ (Π) Υπερευστοποιητής | 1,5kg/m ³ |
| ΝΕΡΟ (Ν) Πόσιμο | 175,0kg/m ³ |
| ΣΥΝΟΛΟ | 2376,5kg/m ³ |

Η ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιήσουμε προέκυψε γνωρίζοντας ότι ο λόγος νερού προς τσιμέντου είναι $N/T = 0,50$.

Υπολογισμός των υλικών σε kg για τα 50lt =0,05m³ που θα χρησιμοποιήσουμε στα δοκίμια .

Έχουμε :

$$\text{Για την Άμμο : } A=800,0\text{kg/m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$A=40,0\text{kg}$$

$$\text{Για το Ψηφίδα : } \Gamma=150,0\text{kg/m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$\Gamma=7,5\text{kg}$$

$$\text{Για τα Σκύρα : } X=900,0\text{kg/m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$X=45,0\text{kg}$$

$$\text{Για το Τσιμέντο : } T=350,0\text{kg/m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$T=17,5\text{kg}$$

$$\text{Για τα Πρόσμικτα : } \Pi=1,5\text{kg/m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$\Pi=0,075\text{kg} \text{ ή } \Pi=75\text{gr}$$

$$\text{Για το Νερό : Αφού ο λόγος } N/T=0,50$$

$$N=350 \text{ kg/m}^3 \times 0,50$$

$$N=175,0 \text{ kg/m}^3 \text{ Άρα}$$

$$N=175,0\text{kg/m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$N=8,75\text{kg}$$

Τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| | |
|-------------------------------|-----------|
| ΑΜΜΟΣ (Α) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 40,000kg |
| ΨΗΦΙΔΑ (Γ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 7,500kg |
| ΣΚΥΡΑ (Χ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 45,000kg |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Τ) CEM II / 32,5 N | 17,500kg |
| ΠΡΟΣΘΕΤΑ (Π) Υπερευστοποιητής | 0,075kg |
| ΝΕΡΟ (Ν) Πόσιμο | 8,750kg |
| ΣΥΝΟΛΟ | 118,825kg |

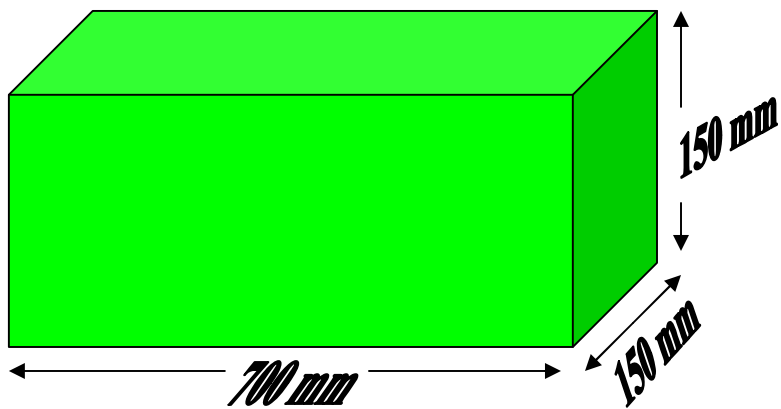
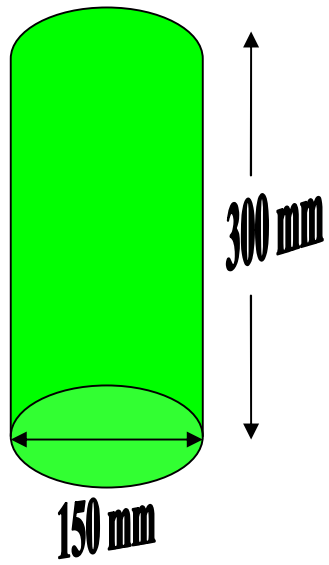
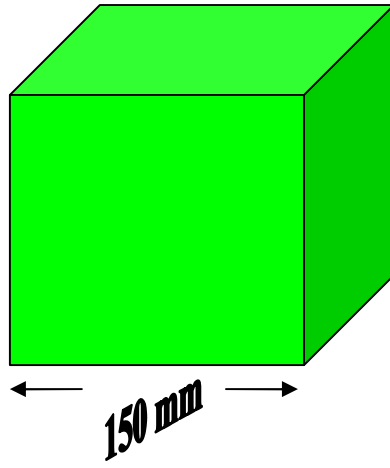
Τα υλικά τοποθετήθηκαν στον εργαστηριακό αναμεικτήρα με τη σωστή σειρά και αφού ζυγίστηκαν με ακρίβεια. Μετά την ανάδευση τοποθετήθηκαν στις μήτρες (καλούπια) του εργαστηρίου ενώ πραγματοποιήθηκε συμπύκνωση για την αφαίρεση των κενών του εγκλωβισμένου αέρα.

Για την συμπύκνωση χρησιμοποιήσαμε ράβδο από χάλυβα κυκλικής διατομής Φ16 με στρογγυλεμένο άκρο και χωρίς να προκληθεί απώλεια του εγκλωβισμένου αέρα.

4.2.2 Κατηγορία C40/50

- Κατασκευάστηκαν 6 κυβικά δοκίμια ακμής 150mm
- Κατασκευάστηκαν 2 κυλινδρικά δοκίμια με ύψος $h=300\text{mm}$ και διάμετρο $d=150\text{mm}$
- Κατασκευάστηκε 1 ορθογωνικό δοκίμιο μήκους $l=700\text{mm}$ και διατομής $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ δηλαδή $h=150\text{mm}$ και $b=150\text{mm}$

C 40 / 50



Το μέγεθος του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιήσουμε προκύπτει από τον υπολογισμό του όγκου των 9 δοκιμίων.

Οι υπολογισμοί είναι οι εξής:

$$1) 6 \times b \times h \times l = 6 \times (0,15\text{m} \times 0,15\text{m} \times 0,15\text{m}) = 0,02025\text{m}^3$$

$$2) 2 \times [(\pi \times d^2) / 4] \times h = 2 \times \{ [3,14 \times (0,150\text{m})^2 / 4] \} \times 0,300\text{m} = 0,01060\text{m}^3$$

$$3) 1 \times b \times h \times l = 1 \times (0,150\text{m} \times 0,150\text{m} \times 0,700\text{m}) = 0,01575\text{m}^3$$

Υπολογίσαμε σκυρόδεμα όγκου $V_{ολ} = 0,04660\text{m}^3 = 46,60\text{lt} \approx 50\text{lt}$

Άρα θα παρασκευάσουμε 50lt σκυροδέματος κατηγορίας C40/50

Η μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος για την συγκεκριμένη κατηγορία σε 1m^3 φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| ΑΜΜΟΣ (Α) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 850,0kg/m ³ |
| ΨΗΦΙΔΑ (Γ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 180,0kg/m ³ |
| ΣΚΥΡΑ (Χ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 920,0kg/m ³ |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Τ) CEM II / 32,5 N | 380,0kg/m ³ |
| ΠΡΟΣΘΕΤΑ (Π) Υπερευστοποιητής | 1,5kg/m ³ |
| ΝΕΡΟ (Ν) Πόσιμο | 163.4kg/m ³ |
| ΣΥΝΟΛΟ | 2494,9kg/m ³ |

Η ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιήσουμε προέκυψε γνωρίζοντας ότι ο λόγος νερού προς τσιμέντου είναι $N/T = 0,43$

Υπολογισμός των υλικών σε kg για τα $50\text{lt} = 0,05\text{m}^3$ που θα χρησιμοποιήσουμε στα δοκίμια .

Έχουμε :

Για την Άμμο : $A=850,0\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,05\text{m}^3$

$$A=42,5\text{kg}$$

Για την Ψηφίδα : $\Gamma=180,0\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,05\text{m}^3$

$$\Gamma=9,0\text{kg}$$

Για τα Σκύρα : $X=920,0\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,05\text{m}^3$

$$X=46,0\text{kg}$$

Για το Τσιμέντο : $T=380,0\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,05\text{m}^3$

$$T=19,0\text{kg}$$

Για τα Πρόσμικτα : $\Pi=1,5\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,05\text{m}^3$

$$\Pi=0,075\text{kg} \text{ ή } \Pi=75\text{gr}$$

Για το Νερό : Αφού ο λόγος $N/T=0,43$

$$N=380 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,43$$

$$N=175,0 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ Άρα}$$

$$N=163,4\text{kg}/\text{m}^3 \times 0,05\text{m}^3$$

$$N=8,17\text{kg}$$

Τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

| | |
|-------------------------------|-----------|
| ΑΜΜΟΣ (Α) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 42,500kg |
| ΨΗΦΙΔΑ (Γ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 9,000kg |
| ΣΚΥΡΑ (Χ) Λατομείου ΑΧΑΪΑΣ | 46,000kg |
| ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Τ) CEM II / 32,5 N | 19,000kg |
| ΠΡΟΣΘΕΤΑ (Π) Υπερευστοποιητής | 0,075kg |
| ΝΕΡΟ (Ν) Πόσιμο | 8,170kg |
| ΣΥΝΟΛΟ | 124,745kg |

Τα υλικά τοποθετήθηκαν στον εργαστηριακό αναμεικτήρα με τη σωστή σειρά και αφού ζυγίστηκαν με ακρίβεια. Μετά την ανάδευση τοποθετήθηκαν στις μήτρες (καλούπια) του εργαστηρίου ενώ πραγματοποιήθηκε συμπύκνωση για την αφαίρεση των κενών του εγκλωβισμένου αέρα.

Για την συμπύκνωση χρησιμοποιήσαμε δονητή μάζας και χωρίς να προκληθεί απώλεια του εγκλωβισμένου αέρα.



Το σκυρόδεμα νωπό αμέσως μετά την τοποθέτηση του στις μήτρες.

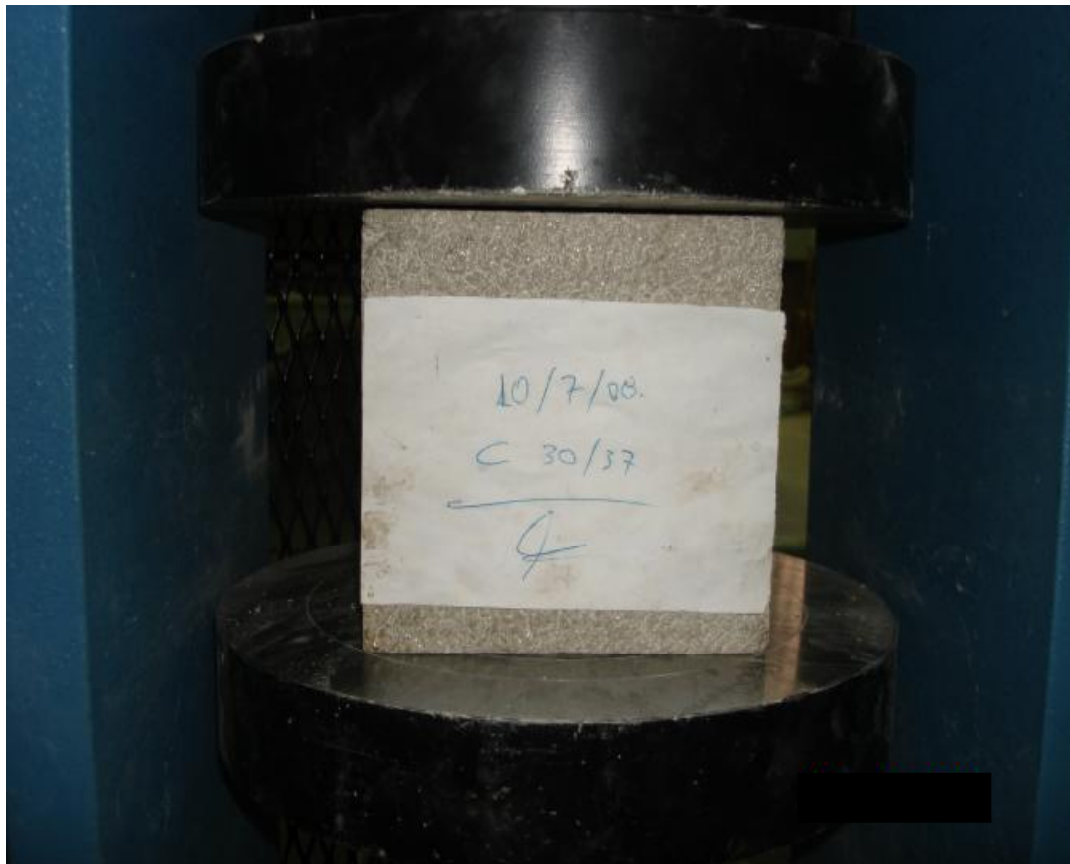
4.3 Η θραύση των δοκιμίων

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε θραύση των δοκιμίων για την εύρεση της αντοχής αυτών. Έγιναν οι εξής δοκιμές :

4.3.1 Δοκιμή θλίψης των κυβικών δοκιμίων

Η δοκιμή θλίψης των κυβικών δοκιμίων πραγματοποιήθηκε για την εύρεση της θλιπτικής τους αντοχής. Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία :

- Ø Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στην πρέσα.
- Ø Έγινε συνεχής ομοιόμορφη και χωρίς κρούση εφαρμογή φορτίου.
- Ø Με ταχύτητα φόρτισης 0,2 – 1,0 MPa/sec.
- Ø Έγινε καταγραφή του φορτίου θραύσης (F) σε KN.
- Ø Υπολογίστηκε η τάση θραύσης (σ) σε MPa με βάση την πραγματική διατομή (A) μέσω του τύπου $\sigma = F/A$ σε N/mm^2 .



Το δοκίμιο στην πρέσα του εργαστηρίου έτοιμο για θλίψη.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής θλίψης σκυροδέματος για τις κατηγορίες C30/37 και C40/50 φαίνονται στους πίνακες (α.1) και (β.1) αντίστοιχα.

| Κατηγορία C30/37 | | | |
|---------------------|------------------|---|-------------------------------|
| Αριθμός Δοκιμίου | Δύναμη F (KN) | Επιφάνεια δοκιμίου (mm ²) | Θλιπτική Αντοχή σ (MPa) |
| 1 | 965 | 22500 | 43 |
| 2 | 1015 | 22500 | 45 |
| 3 | 1155 | 22500 | 51 |
| 4 | 1010 | 22500 | 45 |
| 5 | 1075 | 22500 | 48 |
| 6 | 1110 | 22500 | 49 |

Μέσος Όρος Αντοχής: 46,83 MPa

Πίνακας (α.1)

| Κατηγορία C40/50 | | | |
|---------------------|---------------------|---|-------------------------------|
| Αριθμός Δοκιμίου | Δύναμη F (KN) | Επιφάνεια δοκιμίου A (mm ²) | Θλιπτική Αντοχή σ (MPa) |
| 1 | 1315 | 22500 | 58 |
| 2 | 1395 | 22500 | 62 |
| 3 | 1435 | 22500 | 64 |
| 4 | 1430 | 22500 | 64 |
| 5 | 1390 | 22500 | 62 |
| 6 | 1425 | 22500 | 63 |

Μέσος Όρος Αντοχής: 62,17 MPa

Πίνακας (β.1)



Η πρέσα του εργαστηρίου οπλισμένου σκυροδέματος του ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

4.3.2 Δοκιμή διάρρηξης των κυλινδρικών δοκιμίων

Η δοκιμή διάρρηξης των κυλινδρικών δοκιμίων πραγματοποιήθηκε για την εύρεση πειραματικά της Εφελκυστικής αντοχής από Διάρρηξη και την αναγωγή αυτής στην ζητούμενη Εφελκυστική (Αξονική) Αντοχή.

Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία :

- Ø Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν με ιδιαίτερη προσοχή στην πρέσα του εργαστηρίου.
- Ø Το φορτίο εφαρμόστηκε συνεχόμενα και χωρίς αιφνίδιες δονήσεις.
- Ø Το φορτίο θραύσης διέρρηξε το δοκίμιο κατά μήκος της κατακόρυφου διαμέτρου του .
- Ø Το δοκίμιο διαχωρίστηκε σε σχεδόν δύο ομοιόμορφες φέτες.
- Ø Έγινε καταγραφή του φορτίου θραύσης (F) σε N.
- Ø Η εφελκυστική Αντοχή από Διάρρηξη υπολογίστηκε από τον τύπο $\sigma = (2 \times F) / (\pi \times D \times L)$ σε (N/mm²).
- Ø Η αναγωγή της Εφελκυστικής Αντοχής στη ζητούμενη Εφελκυστική (Αξονική) Αντοχή γίνεται μέσω του τύπου $\sigma_{\text{ΑΞΟΝΙΚΗ}} = 0,60 \times \sigma$
(για λόγους ασφαλείας – από ΕΚΩΣ 2000 $\sigma_{\text{ΑΞΟΝΙΚΗ}} = 0,90 \times \sigma$)



Κυλινδρικό Δοκίμιο Μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής Διάρρηξης

Τα αποτελέσματα της δοκιμής Διάρρηξης σκυροδέματος για τις κατηγορίες C30/37 και C40/50 φαίνονται στους πίνακες (α.2) και (β.2) αντίστοιχα.

| Κατηγορία C30/37 | | | |
|-------------------------|-------------------|---|---|
| Αριθμός Δοκιμίου | Δύναμη (N) | Πειραματικά προσδιορισμένη Εφελκυστική Αντοχή από Διάρρηξη (Mpa) | Εφελκυστική (Αξονική) Αντοχή (Mpa) |
| 1 | 529875 | 7,50 | 4,5 |
| 2 | 553190 | 7,83 | 4,7 |

Πίνακας (α.2)

| Κατηγορία C40/50 | | | |
|---------------------|---------------|--|--|
| Αριθμός Δοκιμίου | Δύναμη (N) | Πειραματικά Εφελκυστική Διάρρηξη (Mpa) | προσδιοριζόμενη Αντοχή από Εφελκυστική (Αξονική) Αντοχή (Mpa) |
| 1 | 659165 | 9,33 | 5,6 |
| 2 | 694490 | 9,83 | 5,9 |

Πίνακας (β.2)

4.3.3 Δοκιμή κάμψης των ορθογωνικών δοκιμίων

Η δοκιμή κάμψης των ορθογωνικών δοκιμίων πραγματοποιήθηκε για την εύρεση της καμπτικής αντοχής τους. Στη δοκιμή κάμψης τα ορθογωνικά δοκίμια καταπονούνται σαν αμφιέριστες δοκοί με θεωρητικό άνοιγμα 600mm και επιβολή φορτίου $F/2$ & $F/2$ τρίτα του ανοίγματος ενώ σαν ελάχιστος χρόνος δοκιμής ορίζονται τα 30 sec. Ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία :

- Ø Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στην συσκευή κάμψης.
- Ø Εφαρμόστηκε ταχύτητα φόρτισης από 0,1 – 1,2 Mpa/sec.
- Ø Έγινε καταγραφή του φορτίου θραύσης (F) σε N.



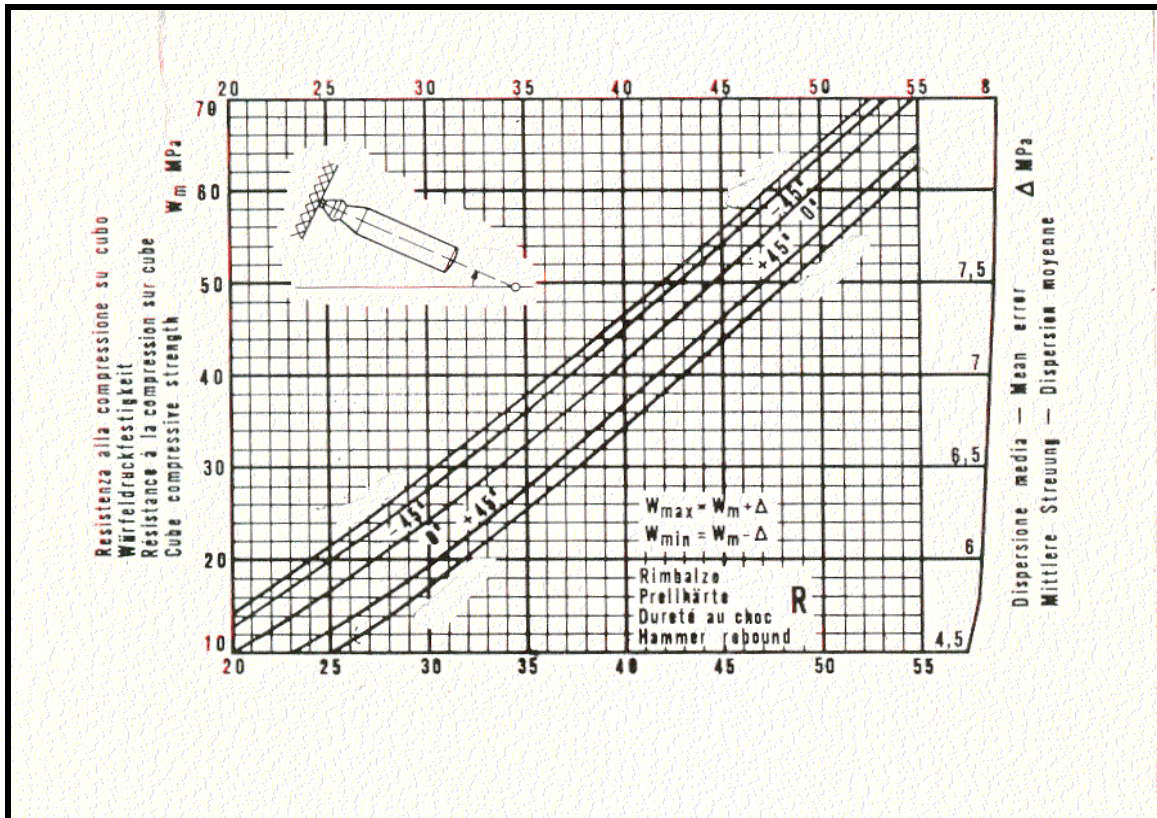
Το Δοκίμιο στην συσκευή μετά την θραύση του

4.4 Έλεγχος δοκιμίων με μη καταστροφικές μεθόδους

Το τελευταίο βήμα είναι ο έλεγχος των δοκιμίων με μη καταστροφικές μεθόδους, ο έλεγχος έγινε με τις εξής μεθόδους :

4.4.1 Έλεγχος με κρουσίμετρο

Θέση κρουσίμετρου: 0°



Διάγραμμα SCHMIDT

| C 30 / 37 | | C 40 / 50 | |
|-----------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| R | $\sigma \pm \Delta\sigma$ | R | $\sigma \pm \Delta\sigma$ |
| 46 | $52 \pm 7,55$ | 52 | $64 \pm 7,85$ |
| 47 | $54 \pm 7,60$ | 52 | $64 \pm 7,85$ |
| 48 | $56 \pm 7,65$ | 50 | $60 \pm 7,75$ |
| 50 | $60 \pm 7,75$ | 48 | $56 \pm 7,65$ |
| 44 | $50 \pm 7,50$ | 52 | $64 \pm 7,85$ |
| 48 | $56 \pm 7,65$ | 48 | $56 \pm 7,65$ |
| 46 | $52 \pm 7,55$ | 52 | $64 \pm 7,85$ |
| 47 | $54 \pm 7,60$ | 52 | $64 \pm 7,85$ |
| 48 | $56 \pm 7,65$ | 50 | $60 \pm 7,75$ |
| 50 | $60 \pm 7,75$ | 48 | $56 \pm 7,65$ |

Πίνακας αποτελεσμάτων κρουσίμετρου

Μέσος Όρος Αντοχής για C 30/37: $55 \pm 7,625$ MPa

Μέσος Όρος Αντοχής για C 40/50: $60,8 \pm 7,77$ MPa

4.4.2 Έλεγχος με συσκευή εκπομπής υπερήχων

Πραγματοποιήθηκε για τα κυβικά δοκίμια έλεγχος με συσκευή εκπομπής υπερήχων. Φροντίσαμε ώστε οι επιφάνειες των κυβικών δοκιμίων πριν τις δοκιμές να είναι ξηρές και ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία :

- Ø Πραγματοποιήσαμε δύο δοκιμές, σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.
- Ø Έγινε καταγραφή του χρόνου μετάδοσης του υπερηχητικού κύματος και για τις δύο δοκιμές, (T_1, T_2).
- Ø Γνωρίζοντας ότι το μήκος διαδρομής του υπερηχητικού κύματος (μήκος δοκιμίου) είναι $L=150\text{mm}$ υπολογίσαμε τις αντίστοιχες ταχύτητες .
- Ø $U_1=L/T_1$ (Km/sec) και
- Ø $U_2=L/T_2$ (Km/sec).
- Ø Υπολογίσαμε τον μέσο όρο των ταχυτήτων (V) που πραγματοποιήθηκαν σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις
Για κάθε ένα δοκίμιο από τον τύπο $U=(U_1+U_2)/2$ (Km/sec).
- Ø Στη συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος όρος των ταχυτήτων των 6 δοκιμίων της κάθε κατηγορίας ξεχωριστά.



Η συσκευή εκπομπής υπερήχων του εργαστηρίου.

Οι υπολογισμοί των παραπάνω διαδικασιών φαίνονται στους πίνακες (α.3) και (β.3) για τις κατηγορίες σκυροδέματος C30/37 και C40/50 αντίστοιχα.

| Κατηγορία C30/37 | | | | | | |
|--------------------------------|---|---|---------------------------|---|---|--|
| Αριθμός κυβικού Δοκιμίου | Χρόνος 1ης Μέτρησης (μ s) | Χρόνος 2ης μέτρησης (μ s) | Μήκος δοκιμίου (mm) | Ταχύτητα 1ης μέτρησης (km/sec) | Ταχύτητα 2ης μέτρησης (km/sec) | Μέση ταχύτητα Δοκιμίου (km/sec) |
| 1 | 33 | 35 | 150 | 4,55 | 4,29 | 4,42 |
| 2 | 32 | 34,5 | 150 | 4,69 | 4,35 | 4,52 |
| 3 | 34 | 36 | 150 | 4,41 | 4,17 | 4,29 |
| 4 | 32,5 | 35 | 150 | 4,62 | 4,29 | 4,46 |
| 5 | 33,5 | 35,5 | 150 | 4,48 | 4,23 | 4,36 |
| 6 | 35 | 34 | 150 | 4,29 | 4,41 | 4,35 |
| Μέσος όρος Ταχυτήτων | - | - | - | - | - | 4,4 |

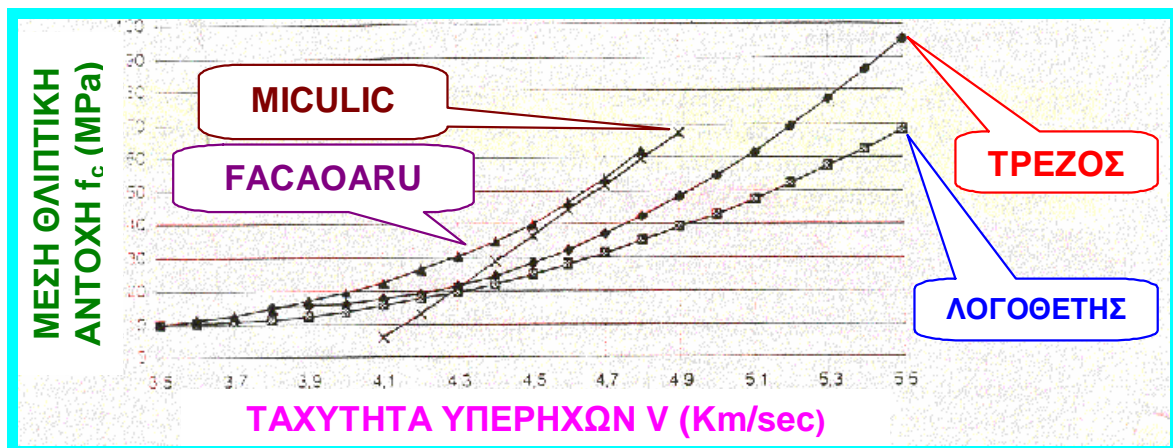
Πίνακας (α.3)

Από το διάγραμμα ταχύτητας υπερήχων
Μέση θλιπτική αντοχή= 25 MPa

| Κατηγορία C40/50 | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|---|---|--|
| Αριθμός κυβικού Δοκιμίου | Χρόνος 1ης Μέτρησης (μ s) | Χρόνος 2ης μέτρησης (μ s) | Μήκος δοκιμίου (mm) | Ταχύτητα 1ης μέτρησης (km/sec) | Ταχύτητα 2ης μέτρησης (km/sec) | Μέση ταχύτητα Δοκιμίου (km/sec) |
| 1 | 31,9 | 33 | 150 | 4,7 | 4,55 | 4,63 |
| 2 | 32 | 33 | 150 | 4,69 | 4,55 | 4,62 |
| 3 | 33 | 31 | 150 | 4,7 | 4,84 | 4,77 |
| 4 | 31,2 | 34 | 150 | 4,81 | 4,41 | 4,61 |
| 5 | 30 | 32 | 150 | 5 | 4,69 | 4,85 |
| 6 | 33,2 | 30 | 150 | 4,51 | 5 | 4,76 |
| Μέσος όρος Ταχυτήτων | - | - | - | - | - | 4,71 |

Πίνακας (β.3)

Από το διάγραμμα ταχύτητας υπερήχων
Μέση θλιπτική αντοχή= 37,5 MPa



Διάγραμμα Υπερήχων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε σχέση με την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος και τους μη καταστροφικούς ελέγχους διαπιστώνουμε ότι:

Ακρίβεια αποτελεσμάτων

| C 30 / 37 | | |
|--|--|---|
| Μ.Ο. Αντοχής από Θραύση (MPa) | Μ.Ο. Αντοχής Κρουσίμετρου (MPa) | Μ.Ο. Αντοχής Εκπομπής Υπερήχων (MPa) |
| 46,83 | 55 ± 7,625 | 25 |

$$\frac{\text{ΤΙΜΗ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ}}{\text{ΤΙΜΗΘΡΑΥΣΗΣ}} = \frac{47,37}{46,83} = 1,01$$

$$\frac{\text{ΤΙΜΗΥΠΕΡΗΧΩΝ}}{\text{ΤΙΜΗΘΡΑΥΣΗΣ}} = \frac{25}{46,83} = 0,53$$

$$\frac{\text{ΤΙΜΗΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ}}{\text{ΤΙΜΗΥΠΕΡΗΧΩΝ}} = \frac{47,37}{25} = 1,89$$

C 40 / 50

| Μ.Ο. Αντοχής από Θραύση (MPa) | Μ.Ο. Αντοχής Κρουσίμετρου (MPa) | Μ.Ο. Αντοχής Εκπομπής Υπερήχων (MPa) |
|--|--|---|
| 62,17 | 60,88 ± 7,77 | 37,5 |

$$\frac{\text{ΤΙΜΗ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ}}{\text{ΤΙΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ}} = \frac{53,11}{62,17} = 0,85$$

$$\frac{\text{ΤΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ}}{\text{ΤΙΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ}} = \frac{37,5}{62,17} = 0,6$$

$$\frac{\text{ΤΙΜΗ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ}}{\text{ΤΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ}} = \frac{53,11}{37,5} = 1,42$$

Διαπιστώνουμε ότι πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, για τα πειράματά μας, είναι η μέθοδος του κρουσίμετρου.

Προτείνεται όμως και η περαιτέρω αξιολόγηση των μετρήσεων σε περισσότερες σειρές δοκιμίων με διαφορετικές αναλογίες ανάμειξης. Θα βοηθούσε επίσης η επιτόπου εκτίμηση των αντοχών σε ήδη διαστρωμένα από σκυρόδεμα δομικά στοιχεία, όπου θα δίνεται η δυνατότητα μετρήσεων μεγαλύτερου πλήθους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΟ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ και το Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής για την παροχή του χώρου του εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος, καθώς και τους Εκπαιδευτικούς του εργαστηρίου Δ. Παγανό και Ζ. Χρήστου για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μας προσέφεραν.

BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

- Ø ASTM (2000a), Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method, ASTM Designation: D 5873–00.
- Ø ASTM (2000b), Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock, ASTM Designation: D 2845–00.
- Ø Aydin A, Basu A (2005), The Schmidt hammer in rock material characterization, Engineering Geology, Volume 81, Issue 1, pp. 1-14
- Ø Boyce GM, McCabe GM, Koerner RM (1981). Acoustic emission signatures of various rock types in unconfined compression. Proc Acoustic Emissions in Geotechnical Engineering Practice, ASTM STP 750, pp 142-154.
- Ø Brown E.T. (1981) “Rock Characterization Testing and Monitoring”, Pergamon Press.
- Ø C.N.S. Electronics Ltd. (1985). «PUNDIT manual for use with Portable Ultrasonic Nondestructive Digital Indicating Tester, London.
- Ø Choudhury PB, Raina AK, Ramulu M, Chakraborty AK, Bandopadhyay C. (2004), Crown pillar stability assessment in an underground copper mine using acoustic emission. Paper 1B 07 - SINOROCK2004 , Int J Rock Mech Min Sci, 41 (3).

- Ø Eberhardt E, Stead D., Stimpson B. (1999), Quantifying progressive pre-peak brittle fracture damage in rock during uniaxial compression. *Int Jnl Rock Mech Min Sci* 36, 361-380.

- Ø Eberhardt E. (1998), *Brittle Rock Fracture and Progressive Damage in Uniaxial Compression*, PhD Thesis, University of Saskatchewan.

- Ø Hardy RH (2003), *Acoustic Emission/Microseismic Activity: Principles, Techniques and Geotechnical Applications*, A.A. Balkema, The Netherlands.

- Ø Iannacchione AT, Bajpayee TS, Edwards JL (2005), Forecasting Roof Falls with Monitoring Technologies - A Look at the Moonee Colliery Experience. *Proc 24th Int Conf Ground Control in Mining*. Morgantown, West Virginia University, 44-51.

- Ø Iannacchione, A.T., Prosser, L.J., Grau III, R.H., Oyler, D.C., Dolinar, D.R., Marshall, T.E. and Compton, C.S. (2000), Roof Monitoring Helps Prevent Injuries in Stone Mines. *Mining Engineering*, November, 32-37.

- Ø ISRM (1978a), Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, «Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks: Part 3. Suggested Method for Determination of the Schmidt Rebound Hardness», Committee on Laboratory Tests. Published in *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* Vol. 15, pp. 89-97.

- Ø ISRM (1978b), Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests, «Suggested Methods for Determining Sound Velocity», Committee on Laboratory Tests, Document No 4, (1977). Published in *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 15, No. 2, pp. 53-58.

- Ø ISRM (2002), Commission on Application of Geophysics to Rock Engineering. Suggested method for in-situ stress measurement from a rock core using the Acoustic Emission technique. 5th Int Workshop on the Application of Geophysics in Rock Engineering, pp.61-66.

- Ø Kaiser J. (1950), Untersuchungen uber das auftreten Gerauschen beim Zugversuch, Ph.D. thesis, Technische Hochschule, Munich.

- Ø Κατσιοκογιάννη Π., Νομικός Π.Π., Σοφριανός Α.Ι. (2008), Η ακουστική εκπομπή στη μηχανική των πετρωμάτων, Ορυκτός Πλούτος (υπό δημοσίευση).

- Ø Lavrov A. (2008), The Kaiser effect in rocks: principles and stress estimation techniques. Int J Rock Mech Min Sci, 40, 151-171, 2003.

- Ø Lockner D. (1993), The Role of Acoustic Emission in the Study of Rock Fracture. Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, 30(7), 883-899.

- Ø McCarroll D. (1994), The Schmidt hammer as a measure of degree of rock surface weathering and terrain age. In: C Beck, Editor, Dating in exposed and surface contexts, University of New Mexico Press, Mexico, pp. 29–45.\

- Ø Mukhopadhyay C. (2001), Investigation of Acoustic Wave Attenuation as an Indication of Rock Mass Quality in Advancing Headings. MSc Thesis, Dalhousie University, Canada.

- Ø Obert L, Duvall W. (1942) Use of Subaudible noise for Prediction of Rock Bursts-Part II. U.S. Bureau of Mines. RI 3654.

- Ø Obert L, Duvall W. (1945), *Microseismic Method of Predicting Rock Failure in Underground Mining – Part II: Laboratory Experiments*. U.S. Bureau of Mines. RI 3803.

- Ø Rudajev V, Vilhelm J, Lokajicek T. (2000), *Laboratory studies of acoustic emission prior to uniaxial compressive rock failure*. *Int Jnl Rock Mech Min Sci*, 37 699-704.

- Ø M.R. Clark, D.M. McCann, M.C. Forde, *Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges*, Elsevier Science Ltd. 2003, NDT&E International

- Ø Oral Buyukozturk, *Imaging of concrete structures*, Elsevier Science Ltd. 1998, NDT&E International

- Ø Takahibe Sakagami, Shiro Kubo, *Development of a new non-destructive testing technique for quantitative evaluations of delamination defects in concrete structures based on phase delay thermography*, Elsevier Science Ltd. 2002, *Infrared Physics & Technology*

- Ø Osman Hag-Elsafi, Steenivas Alampalli, Jonathan Kunin, *In-service evaluation of a concrete T-beam bridge FRP strengthening system*, Elsevier Science Ltd. 2004, *Composite Structures*

- Ø C W Hu, J K C Shih, R Delpak, D B Tann, *Detection of air blisters and crack propagation in FRP strengthened concrete elements using infrared thermography*, *InfraMation* 2002

- Ø Jeff R. Brown, H. R. Hamilton III, NDE of reinforced concrete strengthened with fiber-reinforced polymer composites using infrared thermography, InfraMation 2003

- Ø J S Popovics, NDE techniques for concrete and masonry structures, Prog. Struct. Engng Mater. 2003

- Ø Monica A. Starnes, Nicholas J. Carino, Eduardo A. Kausel, Preliminary thermography studies for quality control of concrete structures strengthened with fiber-reinforced polymer composites, Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE / May/June 2003

- Ø John M. Levar, H. R. Hamilton III, Nondestructive evaluation of carbon fiberreinforced polymer-concrete bond using infrared thermography

- Ø Marybeth Miceli, Assessment of infrared thermography as NDE method for investigation of FRP bridge decks

- Ø Maria Q. Feng, Franco De Flaviis, Yoo Jin Kim, Use of microwaves for damage detection of FRP-wrapped concrete structures

- Ø Σημειώσεις Εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος Δρ.Θ.Γεωργόπουλος – Δ.Παγανός.

- Ø Σημειώσεις Ζαχαρία Χρήστου.

- Ø Σπουδαστικές μας σημειώσεις.