

- Η δομή, τέλος, του δοκιμίου, δηλαδή η σχέση των κόκκων των αδρανών προς τις διαστάσεις του.

14.2.16 Εκτίμηση της αντοχής σκυροδέματος έργου

Με τη θραύση ενός δοκιμίου κατά τον τρόπο που περιγράφει ο Κανονισμός προσδιορίζουμε την αντοχή του συγκεκριμένου δοκιμίου. Πλήθος όμως δοκιμίων από την ίδια ποσότητα σκυροδέματος δε δίνει πάντοτε την ίδια ακριβώς τιμή της αντοχής. Αιτία της "διασποράς" των αντοχών, όπως είδαμε, είναι ο μεγάλος αριθμός δευτερευόντων παραγόντων που ονομάζουμε "τυχαία περιστατικά". Ο κανονισμός δέχεται ένα μοντέλο πιθανοκρατικό για να προσδιορίσει τη «μέση τιμή» όλου του σκυροδέματος. Έτσι ο κανονισμός ορίζει ότι «**χαρακτηριστική τιμή**» είναι η τιμή της αντοχής για την οποία η πιθανότητα να εμφανισθούν τιμές μικρότερες από αυτή είναι 5%.

Στον παλαιό Ελληνικό Κανονισμό (ΒΔ 28-2-54) και το παλαιό DIN 1045 καθορίζεται ως αντοχή της ποσότητας του σκυροδέματος ο μέσος όρος τριών δοκιμίων τουλάχιστο για κάθε ορισμένη ποσότητα (200m³). Τα δοκίμια είναι κυβικά πλευράς 20cm, συντηρούνται σε θερμοκρασία 10-25C°, έως την 7^η ημέρα σκεπάζονται με υγρά υφάσματα και θραύονται την 28η ημέρα.

Στον Γερμανικό Κανονισμό (DIN 1045, έκδοση 1972), "ονομαστική αντοχή" του σκυροδέματος ορίζεται η μικρότερη από τις αντοχές τριών δοκιμίων, ενώ ο μέσος όρος οφείλει να είναι μεγαλύτερος κατά 50kg/cm² από την τιμή αυτή.

Με τον νέο αυτόν καθορισμό της αντοχής ποσότητας σκυροδέματος έχει ληφθεί υπόψη ο παραπάνω συλλογισμός της αντοχής με πιθανότητα να εμφανισθούν μικρότερες τιμές περίπου 5%.

Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος

Ο Ελληνικός ΚΤΣ προβλέπει για τον έλεγχο της αντοχής τα ακόλουθα:

α) Συμβολισμοί

f_{28} = Συμβατική αντοχή δοκιμίου σε θλίψη γενικά

f_{ck} = Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη

f_m = Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη

f_a = Απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη

X_n = Μέσος αριθμός συμβατικής αντοχής n δοκιμίων μιας δειγματοληψίας

X_i = Συμβατική αντοχή ενός δοκιμίου μιας δειγματοληψίας

S = Τυπική απόκλιση των συμβατικών αντοχών ενός αριθμού δοκιμίων

n = Αριθμός δοκιμίων

β) Ορισμοί

“Συμβατική αντοχή σε θλίψη δοκιμίου”, f_{28} , είναι η αντοχή ενός “συμβατικού” δοκιμίου δηλαδή ενός δοκιμίου που έχει τις διαστάσεις και τη μορφή που προβλέπονται στον Κανονισμό αυτό και που παρασκευάζεται και συντηρείται σύμφωνα με τη μέθοδο ΣΚ303 και ελέγχεται σύμφωνα με τη μέθοδο ΣΚ304 σε ηλικία 28 ημερών.

“Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος”, f_{ck} , είναι η αντοχή σε θλίψη κάτω από την οποία αναμένεται να βρεθεί το 5% των συμβατικών αντοχών του συνόλου του δοκιμίου, που θα μπορούσαν να παρασκευασθούν από μία σημαντικά μεγάλη ποσότητα, αν ολόκληρη αυτή η ποσότητα μετατρεπόταν σε δοκίμια.

“Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη”, f_m , είναι ο μέσος όρος αντοχής όλων των συμβατικών δοκιμίων που θα μπορούσαν να παρασκευαστούν από μια σημαντικά μεγάλη ποσότητα σκυροδέματος, αν ολόκληρη αυτή η ποσότητα μετατρεπόταν σε δοκίμια. Οι αναλογίες υλικών για την παρασκευή σκυροδέματος με μια ορισμένη μέση αντοχή f_m δίνονται από τη Μελέτη συνθέσεως. Το σκυρόδεμα της “σημαντικά μεγάλης ποσότητας”, στην οποία αναφέρονται οι προηγούμενοι ορισμοί, πρέπει να έχει παρασκευαστεί με τα ίδια υλικά, τις ίδιες αναλογίες και τα ίδια μηχανικά μέσα.

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

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

“Παρτίδα” είναι η ποσότητα του σκυροδέματος που αξιολογείται από τα δοκίμια μιας δειγματοληψίας.

“Εργοταξιακό σκυρόδεμα” λέγεται το σκυρόδεμα το 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 κ.τ.λ.). Το εργοταξιακό σκυρόδεμα μπορεί να παρασκευάζεται δίπλα στο έργο ή σε μεγαλύτερη απόσταση, οπότε και μεταφέρεται με αυτοκίνητα – αναδευτήρες. Μπορεί ακόμα να παρασκευάζεται σε εργοστάσιο έτοιμου σκυροδέματος όταν, μετά από συμφωνία, εξασφαλίζονται οι διευκολύνσεις για την εκτέλεση των προηγούμενων ελέγχων.

“Εργοστασιακό σκυρόδεμα” λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η υπηρεσία ή ο επιβλέπων ή ο κατασκευαστής δεν έχει δικές του πληροφορίες για τα

υλικά, τις αναλογίες συνθέσεως και τη διαδικασία παραγωγής, ελέγχει δε μόνο το έτοιμο προϊόν στη θέση παραδόσεώς του. Το εργοστασιακό σκυρόδεμα είναι κατά κανόνα έτοιμο.

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

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

γ) Δειγματοληψίες και έλεγχος συμμορφώσεως

Τα δοκίμια παίρνονται στην έξοδο του αναμικτήρα για εργοταξιακό σκυρόδεμα ή στην έξοδο του αυτοκινήτου μεταφοράς για εργοστασιακό σκυρόδεμα.

Διαστάσεις δοκιμίων	
κυβικά πλευράς	20 cm
κυβικά πλευράς	15 cm
κυλινδρικά	15/30 cm

Για τους ελέγχους συμμορφώσεως ενός έργου πρέπει να χρησιμοποιούνται δοκίμια του ίδιου τύπου με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη συνθέσεως. Η σύγκριση αντοχών διαφορετικών δοκιμίων ύστερα από αναγωγή της αντοχής με διάφορους συντελεστές απαγορεύεται.

Εργοστασιακό σκυρόδεμα

- ◆ Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια μέρα αποτελεί μια «παρτίδα» και αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία 6 δοκιμίων.
- ◆ Αν η ποσότητα σκυροδέματος που διαστρώνεται σε μια μέρα υπερβαίνει τα 150κ.μ., αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία 12 δοκιμίων.
- ◆ Αν η σκυροδέτηση διαρκεί δύο ημέρες, τότε το σκυρόδεμα του διημέρου αποτελεί μια παρτίδα που αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία 12 δοκιμίων (6 την πρώτη ημέρα και 6 την δεύτερη ημέρα).
- ◆ Αν η σκυροδέτηση διαρκέσει περισσότερες από δύο ημέρες, τότε η ποσότητα κάθε διημέρου αποτελεί μια παρτίδα και αντιπροσωπεύεται από 12 δοκίμια.

- ◆ Αν η διάστρωση ενός διημέρου διακοπεί πριν συμπληρωθούν τα 12 δοκίμια, τότε η παρτίδα σκυροδέματος που έχει διαστρωθεί αντιπροσωπεύεται από τα 6 πρώτα δοκίμια.
- ◆ Από κάθε αυτοκίνητο μεταφοράς παίρνεται ένα δοκίμιο, εκτός αν η σκυροδέτηση συμπληρώνεται με λιγότερα από 6 αυτοκίνητα.
- ◆ Οι αντοχές 28 ημερών κάθε δειγματοληψίας 6 δοκιμών πρέπει να ικανοποιούν το Κριτήριο Συμμορφώσεως A.
- ◆ Οι αντοχές 28 ημερών κάθε δειγματοληψίας 12 δοκιμών πρέπει να ικανοποιούν (Δεν επιτρέπεται ο χωρισμός των δοκιμών μιας δειγματοληψίας 12 δοκιμών σε δύο ομάδες των 6 και ο έλεγχος αυτών με το κριτήριο A).

Κριτήριο Συμμορφώσεως A:

$$1^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_6 \geq f_{ck} + 1,40s \text{ (MPa)}$$

$$2^{\text{ος}} \text{ κανόνας } x_2 = f_{ck} - 2,5 \text{ (MPa)}$$

Κριτήριο Συμμορφώσεως B:

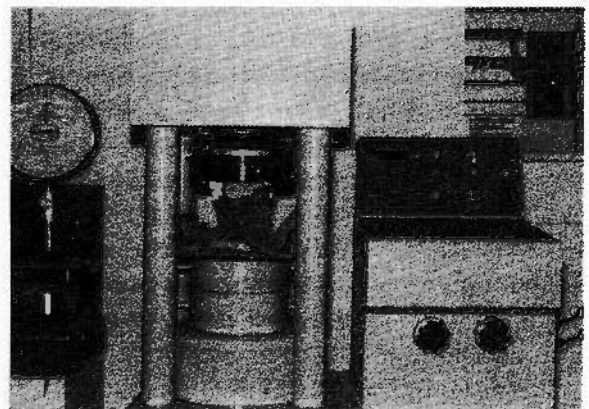
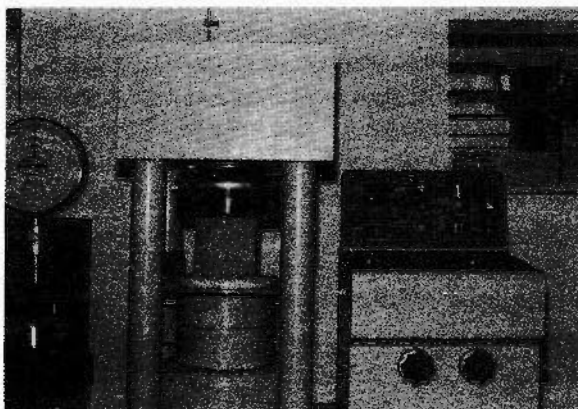
$$3^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_{12} \geq f_{ck} + 1,43s \text{ (MPa)}$$

$$4^{\text{ος}} \text{ κανόνας } x_2 \geq f_{ck} - 4 \text{ (MPa)}$$

όπου \bar{x}_6, \bar{x}_{12} : μέσος όρος αντοχής των 6 και 12 δοκιμών

x_i : η αντοχή κάθε δοκιμίου

s : η τυπική απόκλιση της δειγματοληψίας



Φωτογραφία 14.1 Θραύση δοκιμίου σε πρέσα*.

Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων

- Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια μέρα αποτελεί μια «παρτίδα» και αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία 6 δοκιμών.
- Αν η ποσότητα του σκυροδέματος που διαστρώνεται σε μια μέρα υπερβαίνει τα 150m^3 , τότε η δειγματοληψία περιλαμβάνει 12 δοκίμια.

Για τους κανόνες συμμορφώσεως ισχύουν τα κριτήρια Α και Β (όπως στην περίπτωση του εργοστασιακού σκυροδέματος).

Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων

- Μεγάλα έργα θεωρούνται εκείνα στα οποία ο κατασκευαστής υποχρεούται να εγκαταστήσει συγκρότημα παραγωγής σκυροδέματος και να διενεργήσει προκαταρκτικούς ελέγχους.
- Κατασκευάζονται 15 έως 60 δοκιμαστικά αναμίγματος με τις αναλογίες της μελέτης συνθέσεως. Από κάθε ανάμιγμα παίρνονται δύο δοκίμια (ένα για την αντοχή 7 ημερών και ένα για την αντοχή των 28 ημερών).
- Σε αυτά τα έργα θα πρέπει να ικανοποιούνται ειδικά κριτήρια που προβλέπονται στον κανονισμό.
- Μετά την έναρξη του έργου, το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια μέρα αποτελεί μια παρτίδα και αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία.
- Οι δειγματοληψίες των τριών πρώτων ημερών αποτελούνται από 12 δοκίμια, οι δε δειγματοληψίες των επομένων ημερών από 3 δοκίμια η κάθε μία.
- Οι αντοχές των δειγματοληψιών 12 δοκιμών πρέπει να ικανοποιούν το Κριτήριο Συμμορφώσεως Γ, οι δε αντοχές των δειγματοληψιών 3 δοκιμών πρέπει να ικανοποιούν έναν τουλάχιστον από τους 7 κανόνες και 8 του κριτηρίου Συμμορφώσεως Δ.

Κριτήριο Συμμορφώσεως Γ:

$$5^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_{12} \geq f_{ck} + 1,43s \quad (\text{MPa})$$

$$6^{\text{ος}} \text{ κανόνας } x_i \geq f_{ck} - 4 \quad (\text{MPa})$$

Κριτήριο Συμμορφώσεως Δ:

$$7^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_{36} \geq f_{ck} + 1,50s \quad (\text{MPa})$$

$$8^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_3 \geq f_{ck} + 1,60s \quad (\text{MPa})$$

όπου \bar{x}_{12} , \bar{x}_3 ο μέσος όρος αντοχής της δειγματοληψίας 12 και 3 δοκιμών αντίστοιχα, \bar{x}_{36} ο μέσος όρος αντοχής των 3 δοκιμών της δειγματοληψίας και των 33 αμέσως προηγούμενων και s η τυπική απόκλιση των τελευταίων 60 δοκιμών.

Επανελέγχοι σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

A. Με δοκίμια πυρήνων (καρώτα)

Σε περίπτωση αμφισβητήσεων, ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος προβλέπει την εντατική συντήρηση για 14 έως 28 ημέρες της κατασκευής π.χ. πλημμύρισμα με νερό της πλάκας ή πολλαπλή καθημερινή διαβροχή εάν πρόκειται για κατακόρυφα στοιχεία και μετά, τη λήψη 3 πυρήνων απο την αμφισβητούμενη περιοχή διαμέτρου $10 \pm 0,5\text{cm}$ και ύψους 12,5cm.

Τη μεθοδολογία κοπής, προετοιμασίας και μετατροπής της αντοχής των πυρήνων σε συμβατική αντοχή περιγράφει η Προδιαγραφή ΕΛΟΤ 344.

B. Μη καταστρεπτικές δοκιμές

Η λήψη ενός αντιπροσωπευτικού αριθμού καρώτων δεν είναι πάντοτε δυνατή και οικονομική, ιδίως, όταν η λήψη αυτή μπορεί να επιφέρει διατάραξη στο φέρον δομικό στοιχείο. Γι'αυτό χρησιμοποιούνται οι μη καταστρεπτικές δοκιμές, οι οποίες επιτρέπουν την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος ενός δομικού στοιχείου, χωρίς να ληφθούν δοκίμια. Οι κυριότερες μέθοδοι μη καταστρεπτικών δοκιμών είναι οι κατωτέρω:

- α. Δοκιμή κρουσιμέτρου
- β. Ηχητικές δοκιμές
- γ. Μέθοδοι διάκτινοβολίας

14.2.17 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Ανάλογα με το βάρος τους τα σκυροδέματα κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Στα κοινά σκυροδέματα με ειδικό βάρος στην περιοχή 2,00-2,50t/m³.
- Στα ελαφρά σκυροδέματα με ειδικό βάρος 0,30-2,00t/m³.

Επίσης μπορεί κανείς να αναφέρει μια σειρά ειδικών σκυροδεμάτων, όπως π.χ.

- Τα ινοπλισμένα σκυροδέματα
- Τα εκτοξευόμενα σκυροδέματα κ.ά.

Τα κοινά σκυροδέματα αποτελούν το πρώτο ιστορικά και το πιο διαδεδομένο μέχρι σήμερα είδος σκυροδέματος. Ενώ τα άλλα δύο αποτελούν νεώτερες εξελίξεις που αποκτούν καθένα στον τομέα του όλο και μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής.

Όσα έχουμε αναφέρει ως τώρα αφορούν, γενικά, μόνο τα κοινά σκυροδέματα. Πολλά

όμως από αυτά ισχύουν με μικρές παραλλαγές και για τα δύο άλλα είδη σκυροδέματος.

Στα επόμενα περιγράφεται ο τρόπος παρασκευής των δύο άλλων ειδών και αναφέρονται σύντομα οι ιδιοτυπίες και διαφορές στις ιδιότητές τους σε σύγκριση με το κοινό σκυρόδεμα.

14.2.17.1 ΕΛΑΦΡΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

Το απόλυτο ειδικό βάρος των συστατικών του σκυροδέματος μεταβάλλεται μέσα σε στενά όρια. Γι'αυτό τη μείωση του φαινομένου βάρους στα ελαφρά σκυροδέματα μπορούμε να την πετύχουμε με τη αύξηση του πορώδους.

Το πορώδες εξαρτάται από:

- α) το πορώδες των αδρανών,
- β) το πορώδες του κονιάματος,
- γ) την κοκκομετρική σύνθεση.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα ελαφρά σκυροδέματα κατατάσσονται σε δύο μεγάλες ομάδες:

- α) στα **σκυροδέματα με ελαφρά αδρανή**
- β) στα **κυψελωτά σκυροδέματα**

Η τρίτη περίπτωση, δηλαδή η κοκκομετρική σύνθεση, αντιπροσωπεύεται από σκυροδέματα με κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση, σηνύθως χωρίς λεπτόκοκκο υλικό, τα οποία όμως τις περισσότερες φορές παρασκευάζονται και αυτά με ελαφρά αδρανή.

Από την άποψη της λειτουργίας διαχωρίζονται:

- α) σε **σκυροδέματα μονώσεως**, που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για σκοπούς μονώσεως θερμότητας και ήχου.
- β) σε **σκυροδέματα κατασκευής και μονώσεως**, που η αντοχή τους είναι τέτοια ώστε να μπορούν να φέρουν το ίδιο τους βάρος.

Χρησιμοποιούνται ως σκυροδέματα πληρώσεως μεταξύ του στατικού οργανισμού, δηλαδή σε διαχωριστικούς τοίχους.

- γ) σε **σκυροδέματα κατασκευής**, που η αντοχή τους επαρκεί για τις στατικές ανάγκες της κατασκευής και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή οποιουδήποτε στατικού στοιχείου.

Τέλος, μια γενική παρατήρηση που πρέπει να κάνουμε είναι ότι, λόγω της μεγάλης

ποικιλίας των υλικών, καθώς και των μεθόδων παρασκευής, η κατηγορία των ελαφρών σκυροδεμάτων παρουσιάζει μεγαλύτερη ποικιλία παρά η κατηγορία του κοινού σκυροδέματος. Με άλλες λέξεις, η ονομασία "ελαφρό σκυρόδεμα" είναι τόσο γενική, ώστε δύσκολα περιγράφεται το υλικό. Αποτελέσματα αυτού είναι η μεγάλη περιοχή μέσα στην οποία διακυμαίνονται οι ιδιότητες του υλικού, καθώς και η δυσκολία στη γενίκευση των αποτελεσμάτων και στη μεταφορά των στοιχείων που δίνονται στη βιβλιογραφία από τον ένα τύπο στον άλλο.

Σκυροδέματα με ελαφρά αδρανή

Πρόκειται για σκυροδέματα, στα οποία δεν χρησιμοποιούνται ασβεστολιθικά, αλλά άλλα είδη αδρανών, με μεγάλο πορώδες και μικρό ειδικό βάρος. Τα αδρανή αυτά είναι είτε φυσικά προϊόντα είτε τεχνητά. Επίσης μπορεί να είναι ανόργανα ή οργανικά.

Η προδιαγραφή της R.I.L.E.M. LC-1975 "Ορολογία ελαφρών σκυροδεμάτων" κατατάσσει τα ελαφρά αδρανή στις ακόλουθες κατηγορίες:

- 1) **Υλικά φυσικής προελεύσεως χωρίς καμία κατεργασία**, τέτοια είναι π.χ. η κίσηρη, ηφαιστειακά προϊόντα κ.ά.
- 2) **Υλικά φυσικής προελεύσεως ύστερα από κάποια βιομηχανική κατεργασία**, όπως π.χ. ο σπογγοκέραμος, ο διογκωμένος περλίτης κ.ά.
- 3) **Βιομηχανικά υποπροϊόντα χωρίς καμία κατεργασία**, όπως π.χ. τα οξίδια του σιδήρου των υψικαμίνων κ.ά.
- 4) **Βιομηχανικά υποπροϊόντα ύστερα από κατεργασία**, όπως π.χ. τα διογκωμένα οξίδια το σιδήρου, το διογκωμένο γυαλί κ.ά.
- 5) **Οργανικά υλικά**, όπως π.χ. τα πλαστικά, το ξύλο, φυτικές ίνες κ.ά.

Κισηρομπετόν

Η κίσηρη είναι πέτρωμα που παράγεται από την απότομη ψύξη λάβας με σύγχρονη αποβολή των αερίων που περιέχονται μέσα σ'αυτή. Αποτελεί το κυριότερο ίσως φτηνότερο αδρανές για την παρασκευή ελαφρού σκυροδέματος. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα στη χώρα μας, στην οποία δεν είναι ακόμη ανεπτυγμένη η βιομηχανική παραγωγή ελαφρών αδρανών.

Στην Ελλάδα βρίσκεται στη Θήρα (όπου λέγεται αλίσηρας), στη Μήλο καθώς και σε μερικά νησιά της Δωδεκανήσου (Νίσηρος, Γυαλί).

Το κισηρομπετόν παρασκευάζεται από την κίσηρη ως αδρανές υλικό και από τσιμεντοκονίαμα ως συνδετική ύλη. Το τσιμεντοκονίαμα μπορεί να περιέχει άμμο ασβεστολιθική ή λεπτόκοκκο υλικό από το ίδιο πέτρωμα της κίσηρης. Οι αναλογίες συνθέσεως εξαρτώνται από τον σκοπό για τον οποίο προορίζεται το κισηρομπετόν, δηλαδή από τον βαθμό στεγανότητας, καθώς και το βάρος ή την αντοχή που επιθυμούμε.

Το κισηρομπετόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φέρουσες κατασκευές, δηλαδή ως οπλισμένο κισηρομπετόν, γιατί έχει εξακριβωθεί ότι η κίσηρη, τουλάχιστον μόνη, δεν προσβάλλει τον σίδηρο. Για την οξείδωση του οπλισμού υπεύθυνο είναι το πορώδες του υλικού (και της κίσηρης, φυσικά) και η δυνατότητα να διεισδύσουν νερό και αέρας μέσα στο υλικό. Στην περίπτωση αυτή η ύπαρξη θείου μέσα στην κίσηρη είναι δυνατό να επιδεινώσει τις συνθήκες διαβρώσεως.

Γι' αυτό, στην περίπτωση ενσωματώσεως οπλισμού ή σωληνώσεων αναγκαία προϋπόθεση είναι η πυκνότητα και στεγανότητα του ιστού.

Την καλή συμπεριφορά από την άποψη της διαβρώσεως διαπιστώνουν και παρατηρήσεις που έχουμε σε Ελληνικές περιπτώσεις.

Σκωριοκισηρομπετόν

Τα υποπροϊόντα των υψικαμίνων που περιέχουν αργιλικά, ασβεστολιθικά και πυριτικά υλικά όταν ψυχθούν παρουσιάζουν υαλώδη μορφή. Όταν αυτά λιώσουν πάλι στους 1600°C περίπου μετατρέπονται, με τη διείσδυση υδρατμών, σε αφρώδη μάζα.

Το τελικό στερεό πορώδες υλικό περνάει από σπαστήρες και τριβεία και αποκτά το επιθυμητό μέγεθος κόκκων. Το πορώδες αυτό προϊόν ονομάζεται σκωριοκίσηρη, επειδή είναι ένα είδος τεχνητής κίσηρης που γίνεται από τη «σκωρία» των υψικαμίνων.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος του σωρού των κόκκων είναι 0,60-1,10t/m³.

Η σκωριοκίσηρη χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό για την παρασκευή του σκωριοκισηρομπετόν. Οι ιδιότητες του σκωριοκισηρομπετόν είναι ανάλογες με τις ιδιότητες του κισηρομπετόν με φυσική κίσηρη.

Σπογγοκεραμομπετόν

Μερικοί άργιλοι, που περιέχουν οξείδια του σιδήρου, όταν θερμανθούν απότομα σε θερμοκρασίες 1200°C, διογκώνονται ως το πενταπλάσιο του αρχικού όγκου και αποκτούν πορώδη υφή.

Η διόγκωση οφείλεται στην αποσύνθεση των οξειδίων του σιδήρου και την παραγωγή αερίων. Ο άργιλος πρέπει να έχει παράλληλα και αρκετή ιξώδη συνεκτικότητα, ώστε τα αέρια αυτά να μη διασπασούν τη μάζα και διαφύγουν, αλλά να εγκλωβιστούν δημιουργώντας τον πορώδη ιστό.

Το φαινόμενο βάρος του σωρού είναι 0,3-0,7t/m³.

Το προϊόν αυτό ονομάζεται σπογγοκέραμος ή διογκωμένος άργιλος και χρησιμοποιείται, ιδίως στις ξένες χώρες, για την παρασκευή ελαφρού σκυροδέματος.

Περλιτομπετόν

Ο περλίτης είναι φυσικό ηφαιστειακό υλικό και προέρχεται από την απότομη ψύξη λάβας. Χημικά αποτελείται από οξίδια του πυριτίου και αλουμινίου όπως ένα είδος φυσικού γυαλιού. Όταν οι υαλώδεις κόκκοι θερμανθούν στους 900-1200°C, λιώνουν σε μια "πυροπλαστική" κατάσταση και διογκώνονται (όπως και η σκωριοκίσηρη) χάρη στους υδρατμούς που δημιουργούνται από το νερό που είναι χημικά ενωμένο μέσα στον περλίτη.

Στην Ελλάδα υπάρχει περλίτης σε μεγάλα αποθέματα στη Μήλο. Εξορύσσεται από την επιφάνεια του εδάφους και σπάζεται σε ορισμένα μεγέθη. Τα προϊόντα της εξορύξεως θερμαίνονται απότομα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 950°, διογκώνονται κατά δέκα περίπου φορές και σχηματίζουν μικρούς λευκούς κόκκους.

Οι κόκκοι του διογκωμένου περλίτη χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ελαφρού σκυροδέματος, του **περλιτομπετόν**. Οι αναλογίες συνθέσεως του περλίτη με το τσιμέντο είναι 4:1 έως 8:1, το φαινόμενο βάρος 0,35-0,60t/m³, η αντοχή σε θλίψη 10-30kg/cm².

Ξυλομπετόν

Το **ξυλομπετόν** είναι αντιπροσωπευτικός τύπος σκυροδέματος με οργανικά αδρανή, στο οποίο τον ρόλο των αδρανών παίζουν ίνες ξύλου.

Προβληματική είναι η πρόσφυση του ξύλου με το κονίαμα. Εάν χρησιμοποιηθεί κονίαμα με μαγνησιακό τσιμέντο, η πρόσφυση είναι ικανοποιητική. Εάν χρησιμοποιηθεί κονίαμα με κοινό τσιμέντο, χρειάζεται προηγούμενη επεξεργασία του ξύλου.

Η επεξεργασία αυτή γίνεται με διαποτισμό των ινών του ξύλου με γαλάκτωμα από ασβέστη, υδρύαλο, χλωριούχο ασβέστιο, ασφαλτικά υλικά ή και απλή τσιμεντοκονία.

Για υλικά που θα χρησιμοποιηθούν μόνο ως μονωτικά, αρκούν 150-300kg τσιμέντο, για ανθεκτικότερα υλικά χρειάζονται 300-500kg τσιμέντο ανά m³.

Η ιδιοτυπία του ξυλομπετόν είναι ότι παρουσιάζει τις ίδιες περίπου αντοχές σε θλίψη και σε εφελκυσμό, τουλάχιστο στην περιοχή των μικρών αντοχών.

Κυψελωτά σκυροδέματα

Η δεύτερη μεγάλη ομάδα ελαφρών σκυροδεμάτων είναι τα **κυψελωτά σκυροδέματα** ή **κυψελομπετόν**.

Τα σκυροδέματα αυτά δεν έχουν, κατά κανόνα, χοντρόκοκκα αδρανή και γι'αυτό θα ήταν ακριβέστερο να ονομάζονται **κυψελοκονιάματα**.

Η κεντρική ιδέα του κυψελομπετόν είναι η δημιουργία πορώδους ιστού με εγκλεισμό φυσαλίδων από αέρα ή αέρα μέσα στη μάζα του κονιάματος.

Τα κυψελομπετόν χωρίζονται σε **αεριομπετόν** και **αφρομπετόν**, ανάλογα με τον τρόπο

που αναπτύσσονται οι φυσαλλίδες.

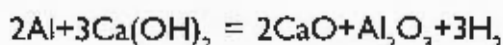
Στο αεριομεπτόν οι φυσαλλίδες δημιουργούνται με τον εγκλεισμό αερίου που παράγεται από κάποια χημική αντίδραση, ενώ στο αφρομεπτόν οι φυσαλλίδες δημιουργούνται με τον εγκλεισμό αέρα με τρόπο μηχανικό.

Αεριομεπτόν

Ως χημικά πρόσθετα για την παραγωγή αερίου μέσα στη μάζα του κονιάματος χρησιμοποιούνται:

- Σκόνη από αλουμίνιο (Al)
- Σκόνη από σίδηρο (Fe)
- Υπεροξείδιο του υδρογόνου μαζί με υποχλωριώδες ασβέστιο ($H_2O_2 + CaCl_2O_2$).
- Ανθρακικό ασβέστιο (CaC_2).

Το πιο διαδεδομένο από τα παραπάνω πρόσθετα είναι το αλουμίνιο που μαζί με το υδροξείδιο του ασβεστίου παράγει υδρογόνο με την ακόλουθη αντίδραση:



Οι ιδιότητες του αεριομεπτόν είναι περίπου οι ακόλουθες:

Αντοχή σε θλίψη 10-100kg/cm²

Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη 5-20kg/cm²

Χρόνια συστολή 1-2,5(4,0)mm/m

Συντελεστής θερμαγωγιμότητας $\lambda=0,10-0,80Kcal/m.h.^{\circ}C$

Αφρομεπτόν

Για την παραγωγή των φυσαλλίδων μέσα στο κονίαμα προσθέτουμε ένα αφροποιητικό υλικό και έναν σταθεροποιητή.

Ως αφροποιητικά χρησιμοποιούνται υλικά, όπως το ρετσίνα πεύκου σαπωνοποιημένο με καυστικό νάτριο και κόλλα, παραφίνη, αίμα ζώων κ.ά.

Ως σταθεροποιητές χρησιμοποιούνται υδρύαλος, κόλλα, σκόνη από άνθρακα, στάχτη κ.ά.

Τα αφροποιητικά έχουν σκοπό τη δημιουργία φυσαλλίδων από αέρα, που πετυχαίνεται με μείωση της επιφανειακής τάσεως της ρευστής μάζας, και οι σταθεροποιητές την αύξηση της συνεκτικότητας, δηλαδή την αύξηση της αντοχής του περιβλήματος των φυσαλλίδων, για τη συγκράτηση του αέρα μέσα στη μάζα.

Τα κυψελομεπτόν, γενικά, είναι κατάλληλα μόνο για πρόχυτες βιομηχανικές κατασκευές, γιατί η ακρίβεια που απαιτείται στις αναλογίες και στη μέθοδο παρασκευής είναι τέτοια

που δεν επιτρέπει την εργοταξιακή παραγωγή.

Τα χημικά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των κυψελομετόν, καθώς και η μέθοδος παρασκευής, είναι συνήθως τυποποιημένα και κυκλοφορούν με κάποια εμπορική ονομασία.

14.2.17.2 ΒΑΡΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

Σκυροδέματα με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από $3,00\text{t/m}^3$ περίπου τα ονομάζουμε **βαριά σκυροδέματα**. Τα σκυροδέματα αυτά παράγονται με τη χρησιμοποίηση αδρανών από βαρύτερα πετρώματα.

Χαρακτηριστικό των σκυροδεμάτων αυτών είναι το μεγάλο ειδικό βάρος χωρίς αντίστοιχη αύξηση της αντοχής, το οποίο περιορίζεται από την αντοχή του κονιάματος και την πρόσφυση ανάμεσα στο κονίαμα και τα αδρανή.

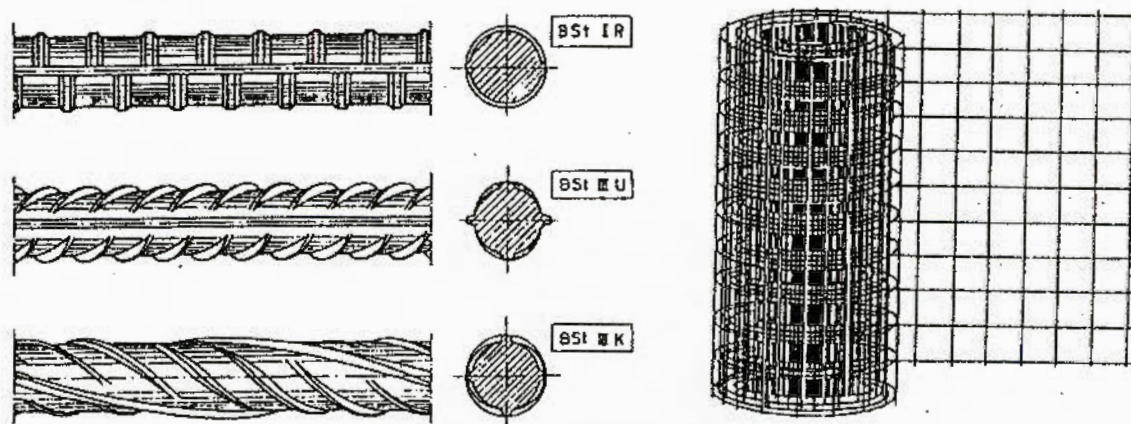
Γι' αυτό τον λόγο και επειδή τα αδρανή αυτά είναι κατά κανόνα δυσεύρετα και πιο ακριβά, τα βαριά σκυροδέματα χρησιμοποιούνται μόνο όπου είναι αναγκαίο μεγαλύτερο βάρος ή μεγαλύτερη πυκνότητα.

Τέτοιες περιπτώσεις είναι τα θεμέλια μηχανών και, τα τελευταία χρόνια, η κατασκευή θωρακίσεων για τις ραδιενεργές ακτινοβολίες στους πυρηνικούς αντιδραστήρες και στις εγκαταστάσεις πυρηνικών εφαρμογών.

14.3. ΧΑΛΥΒΑΣ

14.3.1 Κατηγορίες χάλυβα

Σήμερα, το επικρατέστερο υλικό για τον οπλισμό αποτελεί ο χάλυβας. Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει η πειραματική εφαρμογή συνθετικών υλικών υψηλής αντοχής, η οποία όμως βρίσκεται σε αρχικά στάδια έρευνας και εφαρμογής και χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις.



Σχήμα 14.4 Μορφές νευροχάλυβα και πλέγμα.

Οι χάλυβες οπλισμού αποτελούν τυποποιημένο βιομηχανικό προϊόν με προδιαγεγραμμένες τυπικές και μηχανικές ιδιότητες.

Οι χάλυβες διακρίνονται:

α. Ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής στις εξής κατηγορίες:

εξελασμένοι εν θερμώ χωρίς περαιτέρω επεξεργασία

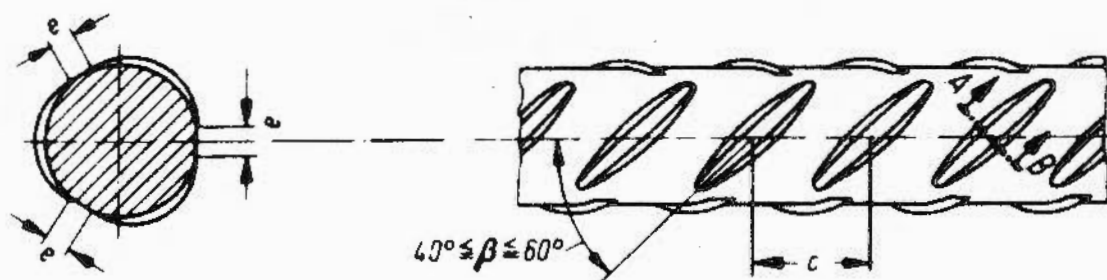
εξελασμένοι εν θερμώ με άμεση θερμική επεξεργασία

επεξεργασμένοι εν ψυχρώ με στρέψη ή και όλκηση

ειδικοί χάλυβες (π.χ. σκληρυμένοι χάλυβες)

β. Ανάλογα με τη μορφή της επιφάνειάς τους στις εξής κατηγορίες:

κυκλικές ράβδοι, σύρματα, συγκολλητά δομικά πλέγματα με λεία επιφάνεια,
 ράβδοι, σύρματα και συγκολλητά δομικά πλέγματα υψηλής συνάφειας



Σχήμα 14.5 Λεπτομέρεια νευροχάλυβα.

γ. Ανάλογα με τη μηχανική αντοχή τους στις εξής κατηγορίες:

S220 (χαρακτηριστική αντοχή 220 MPa)

S400, S400s (χαρακτηριστική αντοχή 400 MPa)

S500, S500s (χαρακτηριστική αντοχή 500 MPa)

δ. Ανάλογα με τη συγκολλησιμότητα τους στις εξής κατηγορίες:

συγκολλησιμοι (S220, S400s, S500s)

συγκολλησιμοι υπό προϋποθέσεις (S400, S500)

ε. Ανάλογα με τη μορφή που κυκλοφορούν στις εξής κατηγορίες:

μεμονωμένες ράβδοι

δομικό πλέγμα ορθογωνικών ή τετραγωνικών βρόγχων

14.3.2 Μηχανικές Ιδιότητες

Οι βασικές μηχανικές ιδιότητες των χαλύβων οι οποίες ενδιαφέρουν είναι:

- όριο διαρροής και όριο θραύσης
- η μορφή του διαγράμματος τάσεων - παραμορφώσεων
- η ολκιμότητα
- η αντοχή σε κόπωση

Ο υπολογισμός των απαιτήσεων οπλισμού σε μία μελέτη βασίζεται σε κατηγορία χάλυβα που αντιστοιχεί σε καθορισμένη τιμή χαρακτηριστικής αντοχής f_{yk} . Η αντοχή αυτή συνδέεται με το όριο διαρροής και το όριο θραύσης. Γενικά, η χαρακτηριστική αντοχή προσδιορίζεται από τις δοκιμές ελέγχου ποιότητας και είναι πιστοποιημένη.

Αναλυτική αναφορά στο διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων γίνεται στο μάθημα της αντοχής των υλικών.

Το ενδιαφέρον μας για την αντοχή σε επαναλαμβανόμενη φόρτιση έχει δύο διαστάσεις, καθώς θα πρέπει να αντέχει και στα δύο ενδεχόμενα:

- A. εναλλασσόμενη καταπόνηση με μικρό αριθμό επαναλήψεων με μεγάλες παραμορφώσεις (περίπτωση σεισμού)
- B. μεγάλο αριθμό επαναλήψεων για μικρές ακραίες παραμορφώσεις

	5	6	8	10	12	14
Φ (mm)	16	18	20	25	32	

Πίνακας 14.5 Συνήθεις διαμέτραι ράβδων οπλισμού