



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Γεωργικές και Θερμοκηπιακές κατασκευές (Θεωρία)

Ενότητα 6 : Οι κατασκευές από σκυρόδεμα
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

6

Οι κατασκευές από σκυρόδεμα

6.1. Γενικά

Σκυροκονιάματα ή σκυροδέματα λέγονται τα μίγματα σκύρων, μικρών δηλαδή κομματιών από πέτρες, που μπορεί να έχουν προέλευση είτε φυσική είτε τεχνητή, με ένα οποιοδήποτε κονίαμα. Τα σκυροδέματα, όπως και τα κονιάματα, στερεοποιούνται με τον καιρό και μετατρέπονται σε τεχνητές πέτρες, που μπορούν να έχουν τις διάφορες ιδιότητες τους, όπως συνοχή, αντοχή, μονωτική ικανότητα, στεγανότητα κλπ. σε βαθμό κατάλληλο για τη χρήση, για την οποία προορίζονται.

Από τον ορισμό αυτό καταλαβαίναμε πως υπάρχουν τόσα είδη σκυροδεμάτων, όσα και κονιαμάτων. Ένα συνηθισμένο σκυρόδεμα π.χ. είναι το ασφαλικό σκυρόδεμα, που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα σαν οδόστρωμα, δηλαδή ένα μίγμα σκύρων με ασφαλικό κονίαμα. Εντούτοις, όταν λέμε σκυρόδεμα, εννοούμε κατά κανόνα το μίγμα σκύρων με τσιμεντοκονίαμα. Επειδή το τσιμεντοκονίαμα με τη σειρά του είναι ένα μίγμα άμμου, τσιμέντου και νερού (παραγρ. 1.4), το σκυρόδεμα περιέχει σκύρα, άμμο, τσιμέντο και νερό. Όπου λοιπόν αναφέρεται ο όρος σκυρόδεμα, εννοείται πάντοτε το σκυρόδεμα με τσιμεντοκονίαμα, εκτός αν συνοδεύεται από κάποιο επίθετο, που δείχνει ότι πρόκειται για σκυρόδεμα άλλου είδους.

Τα σκυροδέματα παίζουν διαφορετικό ρόλο από τα κονιάματα στην κατασκευή των δομικών έργων. Η κυριότερη διαφορά είναι ότι με τα σκυροδέματα κατασκευάζονται δομικά στοιχεία, που έχουν και τις τρεις διαστάσεις τους (μήκος, πλάτος, ύψος) αρκετά μεγάλες, ενώ τα κονιάματα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δομικών στοιχείων, που έχουν τουλάχιστον τη μια τους διάσταση πολύ μικρή (κάτω από 5 cm). Τέτοια στοιχεία είναι κυρίως οι αρμοί στις κατασκευές από φυσικές ή τεχνητές πέτρες, οι σοβάδες (επιχρίσματα), οι επιστρώσεις δαπέδων και ταρατσών, τα υποστρώματα για πλακοστρώσεις κλπ. Είναι φανερό πως τα σκυροδέματα είναι ακατάλληλα σε αυτές τις περιπτώσεις, μια και τα σκύρα είναι περίπου ίσα ή και μεγαλύτερα από τη μικρή διάσταση (πάχος) αυτών των δομικών στοιχείων.

Αντίθετα τα κονιάματα είναι ακατάλληλα για την κατασκευή δομικών στοιχείων με μεγάλες και τις τρεις διαστάσεις, πρώτα επειδή έχουν μεγαλύτερο κόστος από τα σκυροδέματα και έπειτα επειδή, όταν πήζουν, παρουσιάζουν έντονη συστολή, που έχει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σκασίματα (ρωγμές).

Για τους ίδιους λόγους και τα σκύρα των σκυροδεμάτων δεν έχουν σε όλες τις περιπτώσεις το ίδιο μέγεθος. Ανάλογα με τις διαστάσεις του δομικού στοιχείου που πρόκειται να κατασκευασθεί, χρησιμοποιούνται λεπτά σκύρα (γαρμπίλι), συνηθισμένα σκύρα, χοντρά σκύρα (οδοστρωσίας) ή και πέτρες ακόμα, οπότε το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται και σα λιθόδεμα.

6.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Τα σκυροδέματα δεν αποτελούν σύγχρονη επινόηση, αλλά αντίθετα χρησιμοποιούνται από πολύ παλιά, όπως φαίνεται από τα ακόλουθα δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα:

Οι Ρωμαίοι πριν δυο χιλιάδες χρόνια χρησιμοποίησαν σε μεγάλη κλίμακα για χυτές κατασκευές το κουρασάνι (παράγραφος 4.4). Το δομικό αυτό υλικό ήταν πράγματι ένα σκυρόδεμα, μίγμα δηλαδή σκύρων, άμμου, ασβέστη και νερού. Τα σκύρα ήταν κομμάτια από κεραμικά είδη (τούβλα, κεραμίδια κλπ.) και η άμμος είχε την ίδια προέλευση, αλλά πολύ μικρότερους κόκκους.

Στο Ελληνικό νησί της Σαντορίνης επί αιώνες χρησιμοποιήθηκε, κυρίως για να κατασκευάζονται οι σκεπές των σπιτιών και οι στέρνες (δεξαμενές νερού), ένα σκυρόδεμα από ελαφρόπετρα (κίσσηρις), θηραϊκή γη (πορσελάνα), ασβέστη και νερό.

Παρόλα αυτά πρέπει να σημειώσαμε πως η χρήση των σκυροδεμάτων αναπτύχθηκε και διαδόθηκε σε όλο τον κόσμο τα τελευταία εκατό χρόνια. Στο φαινόμενο αυτό βοήθησαν πολύ δύο γεγονότα:

- Η βιομηχανική παραγωγή του τσιμέντου (1824) και
- Η επινόηση του οπλισμένου σκυροδέματος (1867).

Σήμερα το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο και τείνει να αντικαταστήσει τα άλλα βασικά δομικά υλικά, δηλαδή τις φυσικές και τις τεχνητές πέτρες, το ξύλο και τα μέταλλα. Έπειτα μάλιστα από την επινόηση και την εφαρμογή του προεντεταμένου σκυροδέματος κατά τις τελευταίες δεκαετίες, διευρύνθηκε ακόμα περισσότερο το πεδίο για την εφαρμογή του σκυροδέματος στα δομικά έργα. Η νέα αυτή τεχνική επιτρέπει στο σκυρόδεμα να αντικαταστήσει τα μέταλλα ατούς φέροντες οργανισμούς και των πιο μεγάλων και σημαντικών έργων.

Εξάλλου η μεγάλη χρήση του σκυροδέματος είχε σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθούν βιοτεχνίες ή και ολόκληρες βιομηχανίες, που παράγουν έτοιμο για χρήση σκυρόδεμα και το γεγονός αυτό με τη σειρά του προκάλεσε τη μεγαλύτερη χρήση του σκυροδέματος στις κατασκευές.

Σχεδόν όλα τα κύρια στοιχεία ενός δομικού έργου μπορούν να κατασκευασθούν με σκυρόδεμα, όπως π.χ. αβαθείς ή βαθιές θεμελιώσεις, πατώματα, τοίχοι και οροφές οικοδομικών έργων, βάθρα και φορείς σε γέφυρες, οδοστρώματα, κρηπίδες λιμανιών, φράγματα, επενδύσεις σε διώρυγες και τάφρους κ.ο.κ. Τις περισσότερες φορές το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται οπλισμένο, επειδή τα δομικά στοιχεία που κατασκευάζονται με αυτό, πρέπει να έχουν την ικανότητα να παραλαμβάνουν και να μεταβιβάζουν διάφορα φορτία χωρίς να κινδυνεύουν να σπάσουν. Άλλοτε πάλι χρησιμοποιείται σκυρόδεμα χωρίς οπλισμό, όταν ενδιαφέρει λιγότερο η αντοχή του και περισσότερο άλλες ιδιότητες του, όπως π.χ. η στεγανότητα, η μονωτική του ικανότητα, η μονολιθικότητά του κλπ.

Σημαντικό ρόλο στη διάδοση του σκυροδέματος και την επικράτηση των κατασκευών από αυτό έπαιξε η οικονομία. Όλες σχεδόν οι κατασκευές, όπου χρησιμοποιείται το σκυρόδεμα, μπορούν να γίνουν και από κάποιο άλλο υλικό ήτοι από φυσικές ή τεχνητές πέτρες, ξύλο ή μέταλλο.

Το σκυρόδεμα όμως έχει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως ότι:

- Είναι υλικό φθηνό.
- Με μικρή σχετικά δαπάνη σε εργατικά μπορεί να πάρει οποιοδήποτε σχήμα χρειάζεται σε κάθε περίπτωση.
- Μπορεί να παρασκευασθεί στον τόπο, όπου κατασκευάζεται το έργο.

- Μεταφέρεται και διαστρώνεται σχετικά εύκολα.
- Συνδυάζει σε κάποιο βαθμό τις ιδιότητες της πέτρας με τις ιδιότητες του ξύλου και των μετάλλων.
- Οι ιδιότητες του δεν είναι σταθερές, αλλά μπορούν να καθορισθούν κατάλληλα, ώστε να εξυπηρετούν ακριβώς τις συγκεκριμένες ανάγκες σε κάθε περίπτωση.
- Δε φθείρεται εύκολα ούτε γερνά και δε χρειάζεται συντήρηση κλπ.

Όλα αυτά μεταφράζονται σε οικονομία και αυτό εξηγεί, γιατί σήμερα λέμε ότι ζούμε στον αιώνα του σκυροδέματος, τουλάχιστον για τα δομικά έργα.

Βέβαια το σκυρόδεμα έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως π.χ. το μεγάλο του βάρος την αδυναμία να κατασκευασθούν με αυτό στοιχεία με πολύ μικρές διαστάσεις κλπ., αλλά αυτά είναι ασήμαντα μπροστά στα πλεονεκτήματα.

6.3. Υλικά σκυροδεμάτων

6.3.1. Γενικά

Όπως αναφέραμε και στην παράγραφο 6.1, το σκυρόδεμα αποτελείται από τα ακόλουθα υλικά:

- Τσιμέντο.
- Νερό.
- Άμμο.
- Σκύρα.

Τα δύο πρώτα είναι υλικά ενεργά, επειδή παίρνουν μέρος στις χημικές αντιδράσεις, που προκαλούν το πήξιμο και το σκλήρυνση του σκυροδέματος. Τα δύο άλλα είναι υλικά αδρανή, γιατί και μετά το πήξιμο του σκυροδέματος διατηρούν όλες τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες, που είχαν πριν ανακατευθούν με τα άλλα υλικά.

Εκτός από αυτά τα τέσσερα κύρια υλικά μπορούν να προστεθούν στο σκυρόδεμα και διάφορα άλλα υλικά σε μικρές ποσότητες (προσμίγματα), για να βελτιώσουν ορισμένες ιδιότητες του (παραγρ. 6.3.6).

Όταν το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται για την κατασκευή οπλισμένων ή και προεντεταμένων δομικών στοιχείων, χρειάζεται και άλλο ένα υλικό, ο χάλυβας (το σίδηρο), αλλά αυτό δεν μπορεί να θεωρηθεί σα συστατικό του σκυροδέματος, γιατί δεν ανακατεύεται μαζί του, όπως τα άλλα υλικά, αλλά απλώς εγκιβωτίζεται μέσα στο σκυρόδεμα.

6.3.2 Τσιμέντο

Το τσιμέντο, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 4.4., είναι μια τεχνητή υδραυλική κονία, που επίσημα ονομάζεται τεχνητή κονία Portland. Με τον όρο τσιμέντο νοείται μια ολόκληρη ομάδα από τεχνητές υδραυλικές κονίες, που έχουν περίπου την ίδια σύσταση και τις ίδιες ιδιότητες με την καθαυτό τεχνητή κονία Portland.

Όταν ψηθεί ένα κατάλληλο μίγμα από αργιλικά και ασβεστολιθικά πετρώματα και το προϊόν αλεσθεί, προκύπτει το τσιμέντο. Το ψήσιμο γίνεται μέσα σε ειδικούς κυλινδρικούς κλίβανους (φούρνους), που έχουν μεγάλο μήκος, είναι σχεδόν οριζόντιοι και περιστρέφονται αργά. Η θερμοκρασία διατηρείται στους 1400 °C έως 1500 °C και το ψήσιμο σταματά, όταν αρχίζουν να λειώνουν οι κόκκοι, να κολλάνε μεταξύ τους και να σχηματίζουν σβώλους (εκβολάδες), που είναι πιο γνωστοί με τη διεθνή τους ονομασία Clinker.

Οι σβώλοι αυτοί αλέθονται τόσο, ώστε τουλάχιστον το 80 % της σκόνης που προκύπτει να περνά από ένα πολύ ψιλό κόσκινο, που έχει $70 \times 70 = 4900$ τρύπες σε κάθε τετραγωνικό εκατοστό του μέτρου.

Η κυριότερη ιδιότητα του τσιμέντου είναι ότι, όταν ανακατωθεί με νερό, απορροφά σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα μια ποσότητα νερού ίση με το 12 έως 15 % του βάρους του. Το νερό αυτό σχηματίζει με ορισμένα από τα συστατικά του τσιμέντου χημικές ενώσεις με κρυσταλλική υφή, που σχηματίζουν μικροσκοπικούς κόκκους με έντονα αγκαθωτή επιφάνεια. Έτσι οι κόκκοι αυτοί μπλέκουν πολύ καλά μεταξύ τους και το μίγμα νερού - τσιμέντου μετατρέπεται σε μια σκληρή και ανθεκτική τεχνητή πέτρα. Όσο γίνονται οι χημικές αυτές αντιδράσεις, ούτε αέρια παράγονται, ούτε απορροφάται κανένα αέριο από την ατμόσφαιρα.

Το τσιμέντο λοιπόν πήζει, έστω και αν δεν υπάρχει αέρας, αντίθετα από αυτά που συμβαίνει με τον ασβέστη.

Όταν πήζει το τσιμέντο, οι χημικές αντιδράσεις συνοδεύονται από την παραγωγή μιας σημαντικής ποσότητας θερμότητας. Όταν οι διαστάσεις του στοιχείου που έχει κατασκευασθεί με το σκυρόδεμα είναι μικρές, η θερμότητα αυτή εύκολα σκορπίζεται στο περιβάλλον, όταν όμως το έργο έχει μεγάλες διαστάσεις, όπως π.χ. ένα φράγμα, μπορεί να παρουσιασθεί σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας και το φαινόμενο αυτό πρέπει να έχει προβλεφτεί, ώστε να αντιμετωπιστεί κατάλληλα.

Όταν πήζει το τσιμέντο, παρατηρείται ακόμα και μια σημαντική μείωση του όγκου του μίγματος, που γίνεται τόσο μεγαλύτερη, όσο περισσότερο είναι το νερό, ενώ μικραίνει όταν αυξάνει το ποσοστό των αδρανών υλικών. Αυτός είναι ένας από τους κύριους λόγους, που κάνουν απαραίτητη την ανάμιξη αδρανών υλικών στα τσιμεντοκονιάματα και τα σκυροδέματα.

Η χημική αντίδραση τσιμέντου - νερού διακρίνεται σε δύο φάσεις, την πήξη και τη σκλήρυνση.

Πήξη καλείται η στερεοποίηση του τσιμέντου, όταν αυτό αναμιχθεί με νερό και σκλήρυνση καλείται η προοδευτική αύξηση της αντοχής του. Όταν συμπληρωθεί η πήξη, το μίγμα έχει πια μεταβληθεί σε στερεό σώμα με μικρή όμως αντοχή, που αν το σπάσει δεν μπορεί πια να ξανακολλήσει. Κατά τη δεύτερη φάση το στερεό αυτό σώμα σκληρύνεται σιγά - σιγά και η αντοχή του μεγαλώνει. Η πήξη διαρκεί μερικά λεπτά ως λίγες ώρες ανάλογα με την ποιότητα του τσιμέντου και τις εξωτερικές συνθήκες. Η σκλήρυνση διαρκεί πάρα πολύ, θεωρητικά δε συμπληρώνεται ποτέ.

Πρακτικά πάντως μέσα σε 28 μέρες το στερεό σώμα έχει αποκτήσει σχεδόν ολόκληρη — κάτι ανάμεσα στο 80 και το 90 % — την τελική αντοχή του.

Οι ιδιότητες των τσιμέντων διαφέρουν ποσοτικά στις διάφορες ποιότητες τους, που κυκλοφορούν στην αγορά. Από αυτές εκείνες που ενδιαφέρουν πιο πολύ και αποτελούν τα κριτήρια για την κατάταξη των τσιμέντων σε διάφορες κατηγορίες είναι το πόσο γρήγορα πηγνύονται και τι αντοχή παρουσιάζουν σε θλίψη.

i. Η ταχύτητα πήξης

Από την άποψη αυτή τα τσιμέντα διακρίνονται σε τρεις τύπους:

α) Τσιμέντα που πηγνύονται γρήγορα, ταχείας πήξης, δηλαδή μέσα σε διάστημα μικρότερο από μισή ώρα.

β) Συνηθισμένα τσιμέντα, που πηγνύονται μέσα σε έξι ως οκτώ ώρες και

γ) Τσιμέντα, που αργούν να πηχθούν, βραδείας πήξης, που πηγνύονται δηλαδή σε περισσότερες από οκτώ ώρες.

Σε κάθε έργο χρησιμοποιείται εκείνος ο τύπος τσιμέντου, που ταιριάζει στις απαιτήσεις του και στις συνθήκες κατασκευής του. Τα τσιμέντα που πηγνύονται γρήγορα, έχουν μεγαλύτερη αναλογία σε οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) και γι' αυτό ονομάζονται και αργιλικά, ενώ αυτά, που αργούν να πηχθούν, είναι πιο πλούσια σε οξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Όταν πηγνύονται τα αργιλικά τσιμέντα, παρουσιάζεται μεγαλύτερη παραγωγή θερμότητας και μεγαλύτερη συστολή σε σύγκριση με τα άλλα τσιμέντα. Υπάρχει ακόμα και κάποιος κίνδυνος να σκουριάσει ο οπλισμός, όπως φαίνεται ότι έγινε σε μερικές περιπτώσεις, που κατέληξαν σε κατάρρευση ορισμένων έργων. Γι' αυτό οι κανονισμοί επιτρέπουν να χρησιμοποιούνται αργιλικά τσιμέντα μόνο εκεί που είναι απαραίτητα, επειδή πρέπει το πήξιμο να γίνει όσο μπορεί πιο γρήγορα.

ii. Η αντοχή σε θλίψη

Όταν το μίγμα τσιμέντου - νερού, ο τσιμεντοπολτός, πηχθεί και σκληρυνθεί, μετατρέπεται σε μια τεχνητή πέτρα που έχει, όπως ακριβώς και οι φυσικές, σημαντική αντοχή σε θλίψη, ενώ η αντοχή της σε εφελκυσμό και διάτμηση είναι πολύ μικρότερη. Κριτήριο λοιπόν για την αντοχή του τσιμέντου είναι η αντοχή της τεχνητής αυτής πέτρας σε θλίψη.

Για να μετρηθεί η αντοχή του τσιμέντου, παρασκευάζεται ένα δοκίμιο σε σχήμα κύβου με ακμές μήκους 7 cm περίπου με 1,00 μέρος τσιμέντου + 3,00 μέρη κανονικής άμμου, άμμου δηλαδή με όλους τους κόκκους της ισομεγέθεις + 0,50 μέρη βάρους νερού. Εφόσον για ορισμένους λόγους δεν απαιτείται υψηλή αρχική αντοχή ή αρκεί αυτή να αποκτάται αργότερα, κατά κανόνα υπολογίζεται η θλιπτική αντοχή των 28 ημερών.

Το DIN 1164 προβλέπει τέσσερες ποιότητες τσιμέντου από την άποψη της αντοχής του σε θλίψη:

α) Την κατηγορία **Z 25** που, όταν αποκτήσει ηλικία 28 ημερών, δίνει τσιμεντόλιθο με ελάχιστη αντοχή σε θλίψη 25 MPa και μέγιστη 45 MPa .

β) Την κατηγορία **Z 35** που δίνει τσιμεντόλιθο με ελάχιστη αντοχή σε θλίψη 35 MPa και μέγιστη 55 MPa .

γ) Την κατηγορία **Z 45** που δίνει τσιμεντόλιθο με ελάχιστη αντοχή σε θλίψη 45 MPa και μέγιστη 65 MPa .

δ) Την κατηγορία **Z 55** που δίνει τσιμεντόλιθο με ελάχιστη αντοχή σε θλίψη 55 MPa .

Υπάρχουν επίσης και τα τσιμέντα υψηλής αντοχής ειδικής παραγγελίας, που έχουν αντοχές σύμφωνες με τις απαιτήσεις του πελάτη καθώς και **το τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου**, που είναι ένα κοινό τσιμέντο με 10 % το πολύ θηραϊκή γη αλεσμένη μαζί με το τσιμέντο.

Η θηραϊκή γη είναι ένα υλικό αδρανές και έτσι μειώνει την αντοχή του τσιμέντου και γενικότερα τις ικανότητες του σαν κονιάς, έχει όμως και ορισμένα καλά αποτελέσματα:

α) Μεγαλώνει τη στεγανότητα του σκυροδέματος.

β) Επιβραδύνει την πήξη του.

γ) Δεσμεύει τον ελεύθερο άσβεστο ασβέστη (CaO), που συνήθως υπάρχει μέσα στο τσιμέντο και μπορεί να προκαλέσει δυσάρεστα αποτελέσματα στο σκυρόδεμα, επειδή μόλις βραχεί σβήνει και ο όγκος του αυξάνει.

Το τσιμέντο, που κυκλοφορεί στην ελληνική αγορά, είναι κυρίως το τσιμέντο ελληνικού τύπου. Υπάρχουν όμως και ειδικά τσιμέντα κατάλληλα για συγκεκριμένες εφαρμο-

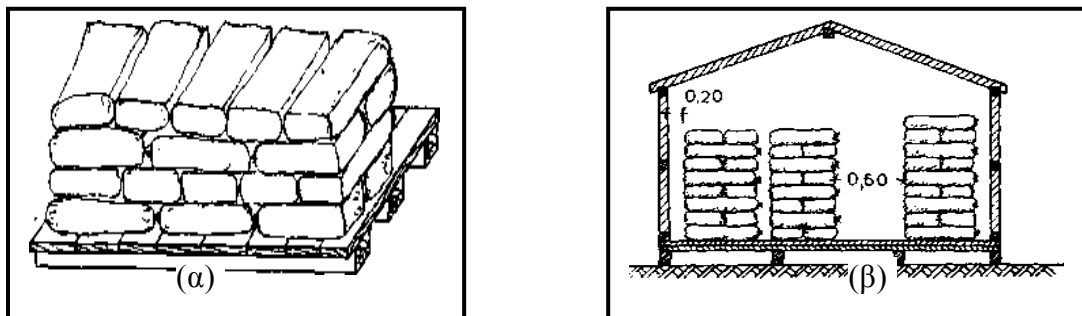
γές. Τέτοια είναι τα λευκά τσιμέντα (τύπου Lafarge) χρήσιμα κυρίως για σοβάδες και μωσαϊκά και γενικότερα για έργα, όπου για αισθητικούς λόγους δεν είναι επιθυμητό το χρώμα του κοινού τσιμέντου. Άλλος τύπος τσιμέντου είναι το τσιμέντο για κτίσιμο, που έχει πολύ μικρότερη αντοχή σε θλίψη από το κοινό τσιμέντο.

iii Μέτρα προστασίας του τσιμέντου

Το τσιμέντο είναι ένα υλικό ενεργό, μόλις δηλαδή έρθει σε επαφή με το νερό, αρχίζουν να γίνονται διάφορες χημικές αντιδράσεις. Πρέπει λοιπόν, ώσπου να χρησιμοποιηθεί, να προστατεύεται από το νερό και την υγρασία, επειδή κινδυνεύει να αρχίσει να πήζει. Οι κανονισμοί ακόμα συνιστούν να προστατεύεται και από την υπερβολική ζέστη και το δυνατό άνεμο.

Όταν το τσιμέντο έχει πήξει, έστω και όχι σε όλη του τη μάζα, είναι άχρηστο και πρέπει να απομακρύνεται από το έργο. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, που το τσιμέντο σβολιάζει με την υγρασία, χωρίς ακόμα να αρχίσει να πήζει. Αν οι σβόλοι τρίβονται εύκολα με τα δάκτυλα και ξαναγίνονται λεπτή σκόνη σαν αλεύρι, το τσιμέντο μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί.

Για να περιορισθεί ο κίνδυνος να πήξει το τσιμέντο, πρέπει να αποθηκεύεται σε χώρο στεγασμένο και πάνω σε μια σκάρα από σανίδια ή καδρόνια, ώστε να αερίζεται από κάτω (σχήμα 4.1 (β)). Αν η αποθήκευση πρόκειται να διαρκέσει μόνο λίγες μέρες και η εποχή του χρόνου εξασφαλίζει πως δεν πρόκειται να βρέξει, η αποθήκευση μπορεί να γίνει και στο ύπαιθρο, πάντοτε όμως πάνω σε κάποιο σανίδωμα (σχήμα 4.1 (α)) που εξασφαλίζουν αρκετή στεγανότητα, πάντοτε όμως κατά τις μεταφορές και τις φορτοεκφορτώσεις τραυματίζονται και η υγρασία μπορεί να τους περάσει, αν κάπου έχουν σκιστεί.



Σχήμα. 4.1. Αποθήκευση σάκων τσιμέντου (α) Στο ύπαιθρο, (β) Σε παράπηγμα.

Σήμερα, στα μεγάλα τουλάχιστον έργα, το τσιμέντο αποθηκεύεται χύμα μέσα σε μεγάλα μεταλλικά δοχεία (silos), που έχουν στο χαμηλότερο σημείο τους μια χοάνη με στόμιο και ειδική δικλείδα, για να αδειάζουν. Με τα δοχεία αυτά το τσιμέντο προστατεύεται από την πρόωρη πήξη, ενώ συγχρόνως γίνεται και οικονομία, γιατί με τα σακιά σημαντικό ποσοστό του τσιμέντου χύνεται και πάει χαμένο.

6.3.3 Το Νερό

Οποιοδήποτε νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του σκυροδέματος. Εντούτοις διάφορες ξένες ουσίες, που μπορεί να είναι διαλυμένες ή να αιωρούνται μέσα στο νερό, μπορούν να προκαλέσουν μεταβολές στις διάφορες ιδιότητες του σκυροδέματος, άλλοτε επιθυμητές και άλλοτε όχι. Γι' αυτό είναι πιο σωστό να χρησιμοποιείται νερό καθαρό και, αν θέλομε να πετύχομε την αλλαγή κάποιας ιδιότητας, να προσθέτομε στο μίγμα το κατάλληλο υλικό, που το χαρακτηρίζομε τότε σαν πρόσμιγμα. Έτσι κα-

θορίζονται και ελέγχονται από τον κατασκευαστή του έργου τόσο το είδος, όσο και η αναλογία των προσμιγμάτων. Όταν λέμε νερό **καθαρό**, δεν εννοούμε βέβαια νερό **αποσταγμένο**. Καθαρό χαρακτηρίζεται ένα νερό, όταν δε διακρίνονται ουσίες που να αιωρούνται, όταν δηλαδή είναι εντελώς διαυγές και οι ουσίες, που είναι διαλυμένες σε αυτό, είναι τόσο λίγες, ώστε να μπορούμε να το πιούμε, χωρίς να μας ενοχλεί η γεύση του. Το θαλασσίνο νερό, αν και έχει διαλυμένες ουσίες σε ψηλό ποσοστό, δεν προκαλεί αξιόλογες αλλαγές στις ιδιότητες του σκυροδέματος. Μπορεί λοιπόν να χρησιμοποιείται για λόγους οικονομίας σε έργα, που γίνονται μέσα στη θάλασσα ή κοντά στις ακτές εκτός αν απαγορεύεται ρητά από τις προδιαγραφές του έργου. Υπάρχει βέβαια κίνδυνος τα άλατα να παρουσιασθούν στην επιφάνεια του σκυροδέματος σαν λεκέδες ή επανθίσματα, όταν τελειώσει το έργο. Αν κάτι τέτοιο είναι αισθητικά απαράδεκτο, δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί νερό θαλασσίνο. Επικίνδυνα είναι τα νερά, που περιέχουν διαλυμένα άλατα θειικά, θειώδη ή θειούχα, επειδή αυτά ενώνονται χημικά με το τσιμέντο και τα προϊόντα των σχετικών αντιδράσεων είτε διαλύονται στο νερό είτε έχουν πολύ μικρή αντοχή. Πρέπει να αποφεύγονται ακόμα τα νερά, που περιέχουν σε αρκετές ποσοτήτες αιωρούμενη άργιλο ή οργανικά υλικά, πράγμα όμως που γίνεται εύκολα αντιληπτό, γιατί είναι θολά. Τα υλικά αυτά περιβάλλουν τους κόκκους των αδρανών υλικών και δεν επιτρέπουν στο τσιμέντο να έρθει σε άμεση επαφή μαζί τους. Το αποτέλεσμα είναι μειώνεται η αντοχή του σκυροδέματος.

Το νερό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, όταν η θερμοκρασία του πλησιάζει το σημείο πήξεως (0°C) ή το σημείο βρασμού (100°C). Αν το νερό είναι υπερβολικά κρύο ή ζεστό, πρέπει αντίστοιχα να ζεσταίνεται ή να ψύχεται, πριν να χρησιμοποιηθεί. Στην πράξη είναι εντελώς απίθανο να χρειασθεί να ψυχτεί το νερό αλλά το αντίθετο είναι απαραίτητο, όταν η θερμοκρασία του είναι κάτω από 5°C . Κάτι τέτοιο δεν αποκλείεται ακόμα και στο ήπιο ελληνικό κλίμα. Ιδιαίτερα, όταν η θερμοκρασία και της ατμόσφαιρας είναι χαμηλή, ώστε να μη μπορεί να ζεσταθεί το νερό με φυσικό τρόπο, όταν προστεθεί στο μίγμα των άλλων υλικών για να παρασκευασθεί το σκυρόδεμα, η προθέρμανση του είναι απαραίτητη.

6.3.4 Η άμμος

Με τον όρο, **άμμος**, όταν πρόκειται για τα σκυροδέματα, χαρακτηρίζεται κάθε υλικό που αποτελείται από κόκκους με διαστάσεις μικρότερες από 7 mm και μεγαλύτερες από 0,2 mm.

Οι κόκκοι της άμμου προέρχονται κατά κανόνα από τον κατακερματισμό διαφόρων πετρωμάτων, που έχει γίνει είτε με φυσικούς είτε με τεχνητούς τρόπους. Θεωρείται όμως κατ' επέκταση ως άμμος και κάθε άλλο υλικό, που αποτελείται από κόκκους των ίδιων διαστάσεων και παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες, έστω και αν έχει διαφορετική προέλευση. Στην κατηγορία αυτών των ειδικών άμμων κατατάσσονται διάφορες σκουριές (υποπροϊόντα μεταλλουργείων), κόκκοι από διογκωμένη άργιλο και άλλα παρόμοια υλικά, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σκυροδεμάτων με ιδιότητες κατάλληλες για ορισμένες ειδικές χρήσεις.

Απ' όλες τις ιδιότητες της άμμου σημαντική επίδραση στην ποιότητα του σκυροδέματος έχουν οι ακόλουθες:

- Το είδος του ορυκτού ή των ορυκτών, από όπου προέρχονται οι κόκκοι της.
- Η αντοχή των κόκκων.
- Το σχήμα των κόκκων.

- **Η καθαρότητα της άμμου**, δηλαδή το ποσοστό και το είδος των ξένων υλικών, που μπορεί να περιέχει.
- **Η κοκκομετρική σύνθεση της άμμου**, δηλαδή το μέγεθος των κόκκων της και ιδιαίτερα το ποσοστό των κόκκων κάθε μεγέθους.

Για την παραγωγή άμμου σκυροδεμάτων, είναι αποδεκτό κάθε υλικό που όταν σπάει είτε με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο μετατρέπεται σε κόκκους που έχουν τις διαστάσεις των κόκκων της άμμου. Η αντοχή των κόκκων αυτών των ορυκτών είναι γενικά ικανοποιητική, επειδή τα ορυκτά που έχουν μικρή αντοχή θρυμματίζονται συνήθως σε πολύ πιο μικρούς κόκκους.

Σπάνια λοιπόν χρειάζεται να εξετασθούν ιδιαίτερα οι δυο πρώτες ιδιότητες, εκτός αν πρόκειται να παρασκευασθεί ένα σκυρόδεμα εξαιρετικά σκληρό με υψηλή αντοχή σε επιφανειακές τριβές. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να διαλέγεται η άμμος από κατάλληλο υλικό με μεγάλη αντοχή και σκληρότητα, π.χ. από χαλαζία, γρανίτη, σμύριδα κ.λπ.

Όσο αφορά **το σχήμα των κόκκων**, η καλύτερη άμμος είναι εκείνη, που οι κόκκοι της παρουσιάζουν γωνιές και έχουν περίπου κυβικό σχήμα. Άμμοι με κόκκους που μοιάζουν με σφαιρίδια, πλακίδια ή βελόνες, πρέπει να αποφεύγονται. Σημειώνεται πάντως ότι τα ορυκτά που έχουν τάση να σπάνε σε κόκκους στο μέγεθος της άμμου, δίνουν κατά κανόνα και καλό σχήμα κόκκων.

Η προσοχή λοιπόν πρέπει να επικεντρώνεται κυρίως στις δύο τελευταίες ιδιότητες της άμμου, εκτός αν πρόκειται για ειδικές κατασκευές, όπου μπορεί και άλλες ιδιότητες να παίζουν κάποιο σημαντικό ρόλο.

Η καθαρότητα της άμμου ελέγχεται πρακτικά με δύο συνηθισμένους τρόπους

α) Παίρνομε μια μικρή ποσότητα υγρής άμμου και τη συμπιέσαμε μέσα στην παλάμη μας. Όταν την πετάξουμε, πρέπει η παλάμη μας να είναι τελείως καθαρή, χωρίς ίχνη από χρώμα ή λάσπη.

β) Ρίχνομε μια ποσότητα άμμου μέσα σε ένα δοχείο με νερό, κατά προτίμηση με τοιχώματα διαφανή. Ανακατεύουμε καλά την άμμο με το νερό και την αφήνομε να κατακάτσει. Πρέπει τότε το νερό να είναι εντελώς διαυγές.

Οι δυο αυτοί τρόποι είναι εντελώς πρόχειροι, εργοταξιακοί και δε χρειάζονται ούτε εξοπλισμό ούτε ιδιαίτερη εμπειρία, είναι όμως ικανοποιητικοί για τις περισσότερες περιπτώσεις. Όταν πρόκειται για πολύ σημαντικό έργο ή για πολύ μεγάλες ποσότητες άμμου, π.χ. για να αποφασιστεί αν μια περιοχή είναι κατάλληλη για λατομείο, μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες μέθοδοι, ώστε να γίνει αυστηρότερος και επιστημονικότερος εργαστηριακός έλεγχος της άμμου.

Για να προσδιοριστεί η **κοκκομετρική σύνθεση** μιας άμμου, δηλαδή τη διαβάθμιση των κόκκων της κατά μέγεθος, περνάει από μια σειρά κόσκινων, που το καθένα έχει τρύπες μικρότερες από το προηγούμενο. Μετά από κάθε κοσκίνισμα ζυγίζεται η ποσότητα, που περνά από το κόσκινο και υπολογίζεται το ποσοστό που η ποσότητα αυτή αντιπροσωπεύει σχετικά με το συνολικό βάρος του δείγματος. Τα αποτελέσματα αυτά σημειώνονται σαν σημεία πάνω σε ένα διάγραμμα και ενώνονται με μια τεθλασμένη γραμμή. Ο ένας άξονας του διαγράμματος αναφέρεται στη διάμετρο, που έχουν οι τρύπες των κοσκίνων, επομένως και οι κόκκοι της άμμου και ο άλλος δίνει τα ποσοστά σε βάρος των κόκκων, που περνάνε από κάθε κόσκινο. Η τεθλασμένη γραμμή στο διάγραμμα αυτό λέγεται **κοκκομετρικό διάγραμμα** της άμμου και δείχνει γραφικά την κοκκομετρική της σύνθεση.

Οι ελληνικοί κανονισμοί, που στην περίπτωση αυτή αποτελούν μετάφραση του DIN1045, δίνουν πάνω στο διάγραμμα αυτό τρεις τυπικές τέτοιες τεθλασμένες γραμμές, την Α, τη Β και τη Γ (σχήμα 6.2.). Όταν ένα συγκεκριμένο δείγμα άμμου δώσει για την κοκκομετρική του σύνθεση μια τεθλασμένη γραμμή μέσα στην περιοχή, που ορίζουν οι τεθλασμένες Α και Β, η άμμος θεωρείται πολύ καλή. Αν ένα μέρος ή και ολόκληρη η τεθλασμένη βγαίνει από την περιοχή ΑΒ, χωρίς όμως να βγαίνει και από την περιοχή, που ορίζουν οι τεθλασμένες Α και Γ, η άμμος εξακολουθεί να είναι ανεκτή. Όταν έστω και ένα μικρό μέρος της τεθλασμένης βγαίνει έξω από την περιοχή, που ορίζουν οι τεθλασμένες Α και Γ, η άμμος δεν είναι κατάλληλη από την άποψη της κοκκομετρικής της συνθέσεως τουλάχιστον για την παρασκευή σκυροδέματος.

Μια άλλη ιδιότητα, που πρέπει να ελέγχεται, είναι η ομοιομορφία στην ποιότητα της άμμου. Η άμμος, είτε φυσική είτε τεχνητή, είναι ένα υλικό που δύσκολα μπορεί να τυποποιηθεί και μάλιστα με τις ελληνικές συνθήκες τέτοια τυποποίηση είναι ανύπαρκτη. Είναι λοιπόν απαραίτητο να παρακολουθούμε την ποιότητα της άμμου συνεχώς, τουλάχιστον μακροσκοπικά, δηλαδή χωρίς ειδικά όργανα. Πέρα από την παρακολούθηση αυτή πρέπει κάθε τόσο να γίνονται και δοκιμές, τόσο για την καθαρότητα της όσο και για την κοκκομετρική της σύνθεση.



Σχήμα 6.2. Περιοχές κοκκομετρικής σύνθεσης για άμμο σκυροδεμάτων.

6.3.5 Τα σκύρα

Τα **σκύρα** διαφέρουν από την άμμο μόνο ως προς το μέγεθος των κόκκων τους. Τα συνηθισμένα σκύρα έχουν κόκκους με διαστάσεις από 7 ως 30 mm. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που χρησιμοποιούνται σκύρα πιο χοντρά με διαστάσεις ως 70 mm, όταν πρόκειται με το σκυρόδεμα να κατασκευασθούν δομικά στοιχεία με μεγάλες διαστάσεις. Όταν μάλιστα τα στοιχεία αυτά είναι πολύ ογκώδη (φράγματα, λιμενικά έργα κλπ.), μαζί με τα σκύρα χρησιμοποιούνται και ολόκληρες πέτρες. Το προϊόν τότε χαρακτηρίζεται ως **λιθόδεμα** και όχι σα σκυρόδεμα. Αντίθετα σε πολύ λεπτές κατασκευές και ιδιαίτερα σε προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία, η μέγιστη διάσταση των σκύρων μπορεί να περιορίζεται κάτω από τα 30 mm. Στην κοινή γλώσσα τα ψιλά σκύρα με μέγιστη διάσταση περίπου 15 mm ονομάζονται **γαρμπίλι** και το αντίστοιχο σκυρόδεμα **γαρμπιλομπετόν**.

Οι πέντε φυσικές ιδιότητες, που αναφέρθηκαν στην περίπτωση της άμμου, έχουν σημασία και για τα σκύρα. Κατάλληλα πετρώματα για σκύρα είναι σχεδόν όλα τα σκληρά (π.χ. γρανίτης) ή μέτρια (π.χ. ασβεστόλιθος) πετρώματα. Αντίθετα τα μαλακά πετρώματα, όπως οι ψαμμίτες, οι σχιστόλιθοι κλπ., δεν δίνουν σκύρα κατάλληλα για σκυρόδεμα, επειδή τα σκύρα πρέπει να έχουν αντοχή σε θλίψη ίση ή περίπου ίση με την αντοχή, που θέλουμε να έχει και το σκυρόδεμα. Υπάρχουν όμως και σκληρά σκύρα, όπως π.χ. τα χαλαζιακά (γυαλί), που πρέπει να αποφεύγονται, επειδή έχουν πολύ λείες επιφάνειες και δεν παρουσιάζουν αρκετή πρόσφυση με τον τσιμεντοπολτό.

Πριν από αρκετά χρόνια δινόταν μεγάλη σημασία στο σχήμα των σκύρων και αποφεύγονταν τα φυσικά χαλίκια, που έχουν γενικά επιφάνειες λείες και στρογγυλεμένες. Για ένα καλό σκυρόδεμα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν σκύρα λατομείου, που παρουσιάζουν επιφάνειες με γωνίες. Τώρα έχει διαπιστωθεί ότι το σχήμα των σκύρων επηρεάζει την ποιότητα του σκυροδέματος πολύ λιγότερο από άλλους παράγοντες και έτσι επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για λόγους οικονομίας τα φυσικά χαλίκια. Πάντως σκύρα, που περιέχουν υψηλό ποσοστό κόκκων με σχήμα πλακών και ράβδων, πρέπει να αποφεύγονται.

Για να ελέγξαμε αν τα σκύρα είναι καθαρά, αρκεί να τα πλύνουμε. Αν το νερό δεν εξακολουθεί να είναι εντελώς διαυγές μετά το πλύσιμο και αφού αφήσαμε να κατακάτσουν οι κόκκοι ψιλής άμμου, που μπορεί να περιέχονται στα σκύρα, τότε τα σκύρα είναι ακατάλληλα. Τα σκύρα αυτά μπορούν και πάλι να χρησιμοποιηθούν, αν υπάρχει τρόπος να πλυθούν πολύ καλά, ώστε να φύγουν τα χρώματα ή άλλες ξένες ουσίες, που περιέχουν.

Εδώ σημειώναμε πως οι κανονισμοί επιτρέπουν να υπάρχει μέσα στα σκύρα λίγη άργιλος (χώμα), αλλά όχι περισσότερη από 3 % κατά βάρος, ενώ απαγορεύουν εντελώς να υπάρχουν:

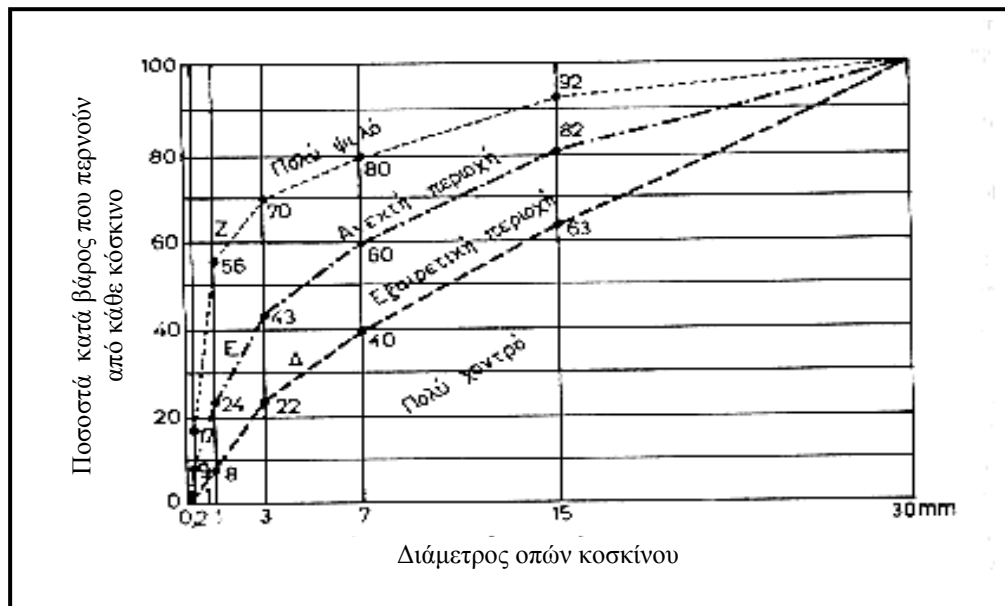
- α) Οργανικές χουμώδεις ουσίες.
- β) Κάρβουνα και ιδιαίτερα λιγνίτης.
- γ) Θεικές και θειούχες ενώσεις.
- δ) Κομμάτια από άσβεστο (ψημένο) ασβέστη.

Η κοκκομετρική σύνθεση των σκύρων αποκλειστικά δεν ενδιαφέρει. Αντίθετα ενδιαφέρει η κοκκομετρική σύνθεση του μίγματος των αδρανών υλικών, δηλαδή των σκύρων με την άμμο, και αυτή είναι που ελέγχεται. Ο έλεγχος γίνεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και για την άμμο και τα αποτελέσματα του σημειώνονται σε ένα παρόμοιο διάγραμμα και δίνουν πάλι μια τεθλασμένη γραμμή, που λέγεται **κοκκομετρικό διάγραμμα των αδρανών**.

Οι ελληνικοί κανονισμοί, που στην περίπτωση αυτή αποτελούν μετάφραση του DIN1045, δίνουν πάνω στο διάγραμμα αυτό τρεις τυπικές τέτοιες τεθλασμένες γραμμές, τη Δ, την Ε και τη Ζ (σχήμα 6.3.). Το εξεταζόμενο μίγμα των σκύρων και της άμμου θεωρείται πολύ καλό, όταν το κοκκομετρικό του διάγραμμα βρίσκεται ολόκληρο στην περιοχή, που ορίζουν οι τεθλασμένες Δ και Ε. Το μίγμα εξακολουθεί να θεωρείται ανεκτό, αν το κοκκομετρικό του διάγραμμα ή έστω ένα κομμάτι του βγαίνει έξω από την περιοχή αυτή, αλλά βρίσκεται ακόμα ολόκληρο μέσα στην περιοχή, που ορίζουν οι τεθλασμένες Δ και Ζ.

Αν αντίθετα το κοκκομετρικό διάγραμμα ενός μίγματος σκύρων και άμμου, ή έστω και ένα κομμάτι του μόνο, βγαίνει έξω από την περιοχή, που ορίζουν οι τεθλασμένες Δ και Ζ, το μίγμα αυτό δεν είναι κατάλληλο για την παρασκευή σκυροδέματος, ενώ μια άλλη αναλογία άμμου-σκύρων μπορεί να δώσει κοκκομετρικό διάγραμμα ανεκτό ή και

πολύ καλό. Γι' αυτό είναι σκόπιμο να γίνονται δύο - τρία μίγματα σκύρων και άμμου με διαφορετικές αναλογίες και να διαλέγεται εκείνο, που δίνει το καλύτερο κοκκομετρικό διάγραμμα.



Σχήμα 4.3. Περιοχές κοκκομετρικής σύνθεσης μίγματος σκύρων και άμμου για σκυρόδεμα.

Όταν πρόκειται να παρασκευασθεί σκυρόδεμα με πολύ υψηλή αντοχή, χρειάζεται το μίγμα των αδρανών να έχει πολύ καλή κοκκομετρική σύνθεση. Για να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητο το μίγμα να αποτελείται από τρία υλικά, δηλαδή συνηθισμένα σκύρα (7–30 mm), γαρμπίλι (7–15 mm) και άμμο. Το γαρμπίλι ανήκει και αυτό στα σκύρα, μόνο που έχει μικρότερους κόκκους, επομένως ισχύουν γι' αυτό όλα, όσα αναφέρθηκαν για τα συνηθισμένα σκύρα.

Σε ειδικές περιπτώσεις, όπως και για την άμμο, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως σκύρα κομμάτια από ελαφρόπετρα (κίσηρη), από διάφορες σκουριές (υποπροϊόντα μεταλλουργείων), από διογκωμένη άργιλο ή άλλα παρόμοια υλικά. Με τον τρόπο αυτό παρασκευάζονται ειδικά ελαφρά σκυροδέματα.

Σε ορισμένες περιοχές του κόσμου, όπου δεν υπάρχουν φυσικές πέτρες και τα σκύρα θα έπρεπε να επιβαρυνθούν με ασύμφωρες δαπάνες μεταφοράς, χρησιμοποιούνται αντί για σκύρα άλλα κατάλληλα υλικά, όπως π.χ. κομμάτια από σπασμένα κεραμίδια και τούβλα.

6.3.6. Προσμίγματα σκυροδεμάτων

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι ιδιότητες του σκυροδέματος, που προκύπτει με τα υλικά που διατίθενται, δεν είναι ακριβώς οι επιθυμητές. Οι ιδιότητες αυτές μπορεί να αλλαχθούν με την πρόσθεση μικρών σχετικά ποσοτήτων από διάφορα άλλα υλικά, που λέγονται προσμίγματα.

Τα προσμίγματα μπορούν να προστεθούν στο σκυρόδεμα με τρεις τρόπους:

α) Να προστεθούν στο τσιμέντο κατά τη διαδικασία της παραγωγής του, όπως π.χ. συμβαίνει με τη θηραϊκή γη στα τσιμέντα ελληνικού τύπου.

β) Να διαλυθούν μέσα στο νερό, που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος, όπως π.χ. συμβαίνει με διάφορα μονωτικά υγρά.

γ) Να προστεθούν όπως έχουν σαν ένα πρόσθετο υλικό, όταν παρασκευάζεται σκυρόδεμα.

Τα προσμίγματα είναι συνήθως βιομηχανικά ιδιοσκευάσματα, που προστατεύονται από διπλώματα ευρεσιτεχνίας, αν και δεν αποκλείεται να είναι και φυσικά υλικά, όπως π.χ. η σμύριδα (σμουρίγλι). Η ποικιλία τους είναι πολύ μεγάλη και κάθε τόσο παρουσιάζονται στην αγορά καινούργια προϊόντα.

Με τα διάφορα προσμίγματα επιδιώκεται να βελτιωθούν οι ακόλουθες ιδιότητες των σκυροδεμάτων:

α) Υδροπερατότητα, την αντίσταση δηλαδή, που παρουσιάζει το σκυρόδεμα το νερό ή γενικότερα στην υγρασία, να περνά μέσα από τη μάζα του.

β) Υδροαπορροφητικότητα, την τάση δηλαδή, να απορροφά υγρασία από το περιβάλλον και να την κρατά μέσα του.

γ) Ταχύτητα πήξης, το χρόνο δηλαδή, που χρειάζεται, για να μεταβληθεί σε στερεό σώμα.

δ) Ταχύτητα σκλήρυνσης, το χρόνο δηλαδή, που χρειάζεται, για να αποκτήσει την τελική αντοχή του.

ε) Πλαστικότητα κατά τη διάστρωση, την ικανότητα δηλαδή να μεταβάλλεται σε πλαστή μάζα με όσο γίνεται μικρότερο ποσοστό νερού.

στ) Θερμότητα πήξης, την ποσότητα δηλαδή της θερμότητας, που παράγεται όσο διαρκεί η πήξη του τσιμέντου.

ζ) Σημείο πήξης του νερού, δηλαδή τη θερμοκρασία που παγώνει το νερό, που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος.

η) Συστολή πηξίματος, το ποσοστό δηλαδή, που μικραίνει ο όγκος του σκυροδέματος, όταν πήζει το τσιμέντο.

θ) Ποσοστό κενών και επομένως τη φαινόμενη πυκνότητα του σκυροδέματος.

ι) Επιφανειακή αντοχή σε φθορά από τριβές.

ία) Αντοχή του σκυροδέματος γενικά.

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές περιπτώσεις, που χρειάζεται να διορθωθούν ορισμένες ιδιότητες του σκυροδέματος. Όταν π.χ. κατασκευάζεται μια δεξαμενή, ενδιαφέρει να μειωθεί η υδροπερατότητα και υδροαπορροφητικότητα των τοιχωμάτων της. Όταν η εργασία γίνεται μέσα σε νερό, που δεν είναι ακίνητο χρειάζεται να αυξηθεί η ταχύτητα πήξης του τσιμέντου, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος να ξεπλυθεί το σκυρόδεμα. Όταν χρειάζεται να ξεκαλουπωθεί γρήγορα μια κατασκευή, χρειάζεται να αυξηθεί η ταχύτητα που το τσιμέντο σκληραίνει. Όταν χρειάζεται να παρασκευασθεί σκυρόδεμα με πολύ λίγο νερό, με σκοπό να αποκτήσει πολύ μεγάλη αντοχή, χρειάζεται να αυξηθεί η πλαστικότητα του κ.ο.κ.

Πρέπει να τονιστεί ότι σχεδόν κανένα πρόσμιγμα δεν επηρεάζει αποκλειστικά μια και μόνη ιδιότητα του σκυροδέματος. Όταν π.χ. προστεθεί χλωριούχο αμμώνιο στο νερό, που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος, κατεβαίνει το σημείο πήξεως του νερού και έτσι μπορούν να συνεχισθούν οι εργασίες, έστω και αν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Το χλωριούχο αμμώνιο όμως κατεβάζει και την αντοχή του σκυροδέματος.

Το συμπέρασμα είναι ότι, πριν επιλεγεί οποιοδήποτε πρόσμιγμα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με προσοχή οι προδιαγραφές του παραγωγού και να και να αντιμετωπίζονται οι τυχόν παρενέργειες, που μπορεί να προκαλέσει η χρήση του. Πρέπει επίσης να τηρούνται με σχολαστική ακρίβεια οι οδηγίες χρήσεως και κυρίως να αποφεύγεται η σύγχυση του τρόπου χρήσης ενός νέου προϊόντος με τον τρόπο χρήσης άλλων γνωστών προ-

σμιγμάτων, που θεωρείται ότι είναι παρόμοια με αυτό. Δεν αποκλείεται δύο προσμίγματα, που φαίνονται ότι μοιάζουν πολύ και εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό, να χρειάζεται να προστεθούν στο σκυρόδεμα με εντελώς διαφορετικό τρόπο και σε διαφορετικές αναλογίες.

6.4. Οι χάλυβες του οπλισμένου σκυροδέματος

6.4.1. Το Υλικό

Ο χάλυβας δεν είναι συστατικό του σκυροδέματος, χρησιμοποιείται όμως μαζί με το σκυρόδεμα και μας δίνει το **οπλισμένο σκυρόδεμα**, που αναφέρεται στην κοινή γλώσσα και με τον αντίστοιχο γαλλικό όρο **μπετόν-αρμέ** (Beton-arme).

Ειδικοί χάλυβες χρησιμοποιούνται και για το **προεντεταμένο σκυρόδεμα**. Το υλικό αυτό δεν είναι ένα νέο βελτιωμένο είδος οπλισμένου σκυροδέματος, αλλά ένα διαφορετικό δομικό υλικό, που απλώς έχει αρκετές ομοιότητες με το οπλισμένο σκυρόδεμα.

Ο **χάλυβας** (ατσάλι) είναι, ένα κράμα σιδήρου (Fe) και άνθρακα (C), όπου μπορεί να συνυπάρχουν σε μικρά ποσοστά και άλλα μέταλλα. Σήμερα σε όλες τις εφαρμογές χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι χαλύβων και ο όρος **σίδηρο** αναφέρεται μόνο στο χημικό στοιχείο Fe και όχι στο μέταλλο, που κυκλοφορεί στο εμπόριο. Παρόλα αυτά στην κοινή γλώσσα ο χάλυβας, που χρησιμοποιείται στο οπλισμένο σκυρόδεμα, λέγεται και **σίδηρο**.

Ο χάλυβας παρουσιάζει ικανοποιητική πρόσφυση με το σκυρόδεμα, χρειάζεται δηλαδή πολύ μεγάλη δύναμη, για να ξεκολλήσει μια χαλύβδινη ράβδος από το σκυρόδεμα

Οι χάλυβες σκυροδέματος, ως υλικό, μπορούν να χωρισθούν σε δύο μεγάλες ομάδες.

Στην πρώτη ομάδα κατατάσσονται οι χάλυβες που οφείλουν τις φυσικές ιδιότητες και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους (τάση διαρροής, τάση θραύσεως, μήκυνση θραύσεως κλπ.) στη "χημεία" του υλικού, στη σύνδεση του κράματος δηλαδή και τις αναλογίες των συστατικών του.

Στη δεύτερη ομάδα κατατάσσονται οι χάλυβες που οφείλουν τις ιδιότητες τους σε κάποια κατεργασία ("εν θερμώ" ή "εν ψυχρώ"), που δεν επεμβαίνει στο κράμα και τις αναλογίες των συστατικών του.

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

Μέχρι πριν από λίγο καιρό, ο πιο γνωστός τρόπος διακρίσεως των χαλύβων σκυροδέματος ήταν ο διαχωρισμός τους στις κατηγορίες St I, St III και St IV (η κατηγορία St II είχε προ πολλού καταργηθεί και "ξεχαστεί"). Οι κατηγορίες St III και St IV (οι "σκληροί" χάλυβες) διακρίνονταν σε υποκατηγορίες St IIIa, St IIIb και St IVa, St IVb αντίστοιχα, όπου η ένδειξη "a" έδειχνε τους φυσικώς σκληρούς χάλυβες ενώ η ένδειξη "b" τους "εν ψυχρώ" κατεργασμένους. Στην κατηγορία St I η τάση διαρροής ήταν 2200 kg/cm^2 και η επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας 1400 kg/cm^2 , στην κατηγορία St III οι αντίστοιχες τιμές ήταν 4200 kg/cm^2 για τη διαρροή και 2400 kg/cm^2 για την επιτρεπόμενη τάση και στην κατηγορία St IV οι τιμές ήταν 5000 kg/cm^2 και 2600 kg/cm^2 ή 2800 kg/cm^2 αντίστοιχα.

Στον Νέο Γερμανικό Κανονισμό Σκυροδέματος του 1972, οι συμβολισμοί τροποποιήθηκαν σε BSt 22/34 (για το St I), BSt 42/50 (για το St III) και BSt 50/55 (για το St IV), όπου ο αριθμητής του κλάσματος έδειχνε το εγγυημένο όριο διαρροής και ο παρανομα-

στής το εγγυημένο όριο θραύσεως σε εφελκυσμό, π.χ. για το BSt 22/34 έδειχνε όριο διαρροής 2200 kg/cm^2 και όριο θραύσεως 3400 kg/cm^2 . Άλλωστε με τον ίδιο τρόπο εμφανιζόταν εξ αρχής και προ πολλού χρόνου ο χαρακτηρισμός των χαλύβων προεντάσεως (ένδειξη διαρροής και θραύσεως).

Σήμερα η ποιότητα, οι διαστάσεις, οι ανοχές και οι λοιπές απαιτήσεις χαρακτηριστικών που πρέπει να ικανοποιούνται από τους χάλυβες του οπλισμού σκυροδέματος που κυκλοφορούν, προδιαγράφονται στα Πρότυπα ΕΛΟΤ - 959 "Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος" και ΕΛΟΤ - 971 "Συγκολλήσιμοι Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος" (2η έκδοση 1994, επίκειται αναθεώρηση), που έγιναν υποχρεωτικά με την υπ' αριθμ. Β 21538 / 2228 / 3-12-87 (ΦΕΚ 702/Β/4-12-87) Απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, όπως διαμορφώθηκε με την Υπουργική Απόφαση 15283/Φ7/422/8-8-95 (ΦΕΚ 746/Β/30-8-95).

Σύμφωνα με αυτά καθορίζονται τρεις κατηγορίες χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με βάση την χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής τους (εμφανούς ή συμβατικού για μήκυνση 0,2 %), ήτοι οι κατηγορίες S220, S400 και S400s, S500 και S500s, που κάθε μια τους έχει τάση ορίου διαρροής 220 MPa (2200 kg/cm^2), 400 MPa (4000 kg/cm^2) και 500 MPa (5000 kg/cm^2) αντίστοιχα.

Η ένδειξη "s" δείχνει τους συγκολλησίμους χάλυβες. Ο χάλυβας S220 είναι πάντα συγκολλησίμους, γι' αυτό και δεν υπάρχει ιδιαίτερη κατηγορία S220s. Οι υπόλοιποι χάλυβες S400 και S500 είναι επίσης συγκολλησίμους, αλλά υπό προϋποθέσεις. Ο χάλυβας S400 ή S500 δεν διαφέρει, ως προς τις μηχανικές ιδιότητες, σε τίποτα άλλο από τον S400s ή αντίστοιχα τον S500s, πλην της συγκολλησιμότητας με την προϋπόθεση ότι είναι ίδιος ο τρόπος παραγωγής.

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

Ο Ευρωκώδικας 2 (Κατασκευές από Σκυρόδεμα) προς τον οποίο συνεχώς προσαρμόζεται ο ΝΚΟΣ, διατυπώνει με τον παρακάτω διαφορετικό τρόπο παρεμφερείς απαιτήσεις (πργρ. 3.2.4.2), με διάκριση ως προς τους χάλυβες μεγάλης και συνήθους ολκιμότητας (μια διάκριση που δεν υπάρχει ακόμα στη χώρα μας).

Μεγάλη ολκιμότητα: λόγος χαρακτηριστικών τιμών θραύσεως-διαρροής μεγαλύτερος από 1,08 και μήκυνση υπό το μέγιστο φορτίο (στο υψηλότερο σημείο της καμπύλης τάσεων - παραμορφώσεων) τουλάχιστον 5%.

Συνήθης ολκιμότητα: λόγος χαρακτηριστικών τιμών θραύσεως-διαρροής μεγαλύτερος από 1,05 και μήκυνση υπό το μέγιστο φορτίο τουλάχιστον 2,5%.

Στον Ευρωκώδικα 8 (Αντισεισμικές Κατασκευές) στον Πίνακα 2.1 της πργρ. 2.2 του Μέρους 1-3, διατυπώνονται πρόσθετες απαιτήσεις, για ακόμα μεγαλύτερες μηκύνσεις και λόγους αντοχής - διαρροής, για τον χάλυβα οπλισμού στις κρίσιμες περιοχές, με την επιφύλαξη αντίστοιχων εξελίξεων στην τεχνολογία παραγωγής και την τυποποίηση των χαλύβων στην Ευρώπη. Στην πραγματικότητα προαναγγέλλεται η δημιουργία μιας νέας κατηγορίας χαλύβων "αντισεισμικής - extra ολκιμότητας", που σήμερα δεν περιλαμβάνεται στο ENV 10080 και που εκτιμάται ότι θα έχει λόγο τάσεων αντοχής - διαρροής 1,15 ως 1,20.

Είναι προφανές ότι οι νέες κατηγορίες αντιστοιχούν προς τις παλιές St I, St III και St IV (αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη σύνθεση των κραμάτων και ακόμα μεγαλύτε-

ρες στις μεθόδους παραγωγής, με επίπτωση κυρίως στην συγκολλησιμότητα) και γι' αυτό πολλοί τις ονομάζουν ακόμα με το "παλιό" τους όνομα, ίσως και για τη διευκόλυνση της συνεννόησης με τους τεχνίτες.

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος παράγονται σε ράβδους κυκλικής ή πρακτικά κυκλικής διατομής, με ένα από τους παρακάτω τρόπους :

- θερμή έλαση χωρίς παραπέρα κατεργασία (όλοι οι χάλυβες S220, αλλά και μερικοί S400 και S500)
- θερμή έλαση με άμεση θερμική κατεργασία
- ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή όλκηση του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση.

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

Ο χάλυβας S220 έχει λεία επιφάνεια, ενώ οι χάλυβες S400 και S500 έχουν γενικώς νευρώσεις (γλυφές) στην επιφάνεια τους, για τη βελτίωση της ικανότητας πρόσφυσης, και είναι συνήθως προϊόν θερμής έλασης ή ψυχρής κατεργασίας. Ο χάλυβας S500 μπορεί να είναι λείος όταν χρησιμοποιείται σε δομικά πλέγματα (η πρόσφυση αυξάνεται με τις εγκάρσιως ηλεκτροσυγκολλημένες ράβδους), χωρίς αυτό να αποκλείει τη χρήση ανάγλυφων ράβδων S500 για την παραγωγή δομικών πλεγμάτων.

Ο Νέος Κανονισμός Σκυροδέματος συνιστά τη χρήση νευροχαλύβων όταν υπάρχει πρόβλημα απομειώσεως της συνάφειας π.χ. λόγω σεισμού.

Όλοι οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά :

- Μέτρο ελαστικότητας : $E = 2,0 \times 10^5 \text{ MPa} (2,0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)$
- Μέτρο ολισθήσεως : $G = 8,0 \times 10^4 \text{ MPa} (8,0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)$
- Συντελεστής θερμικής διαστολής: $\alpha = 10\text{-}5/ \text{grad}$
- Πυκνότητα : $d = 7,85 \text{ kg/dm}^3 \text{ ή } \text{t/m}^3 \text{ ή } \text{g/cm}^3$

Στο εμπόριο κυκλοφορεί και ανοξειδωτος χάλυβας οπλισμένου σκυροδέματος, εισαγωγής, από κράμα πλούσιο σε Cr και Ni, με νευρώσεις, σε ράβδους και πλέγμα, κατηγορίας S400, που ικανοποιεί τα Πρότυπα ΕΛΟΤ (όχι όμως το ισοδύναμο σε άνθρακα, που υπερβαίνεται λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε Cr και Ni, άρα ο χάλυβας αυτός δεν κατατάσσεται στους συγκολλησίμους, κατά τα αναφερόμενα παρακάτω). Η συγκόλληση αυτών των χαλύβων είναι δυνατή (στη θέση συγκολλήσεως δημιουργείται πάντως σχετικώς αδύνατο σημείο), απαιτεί όμως ειδικά ηλεκτρόδια, τα περιγραφόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ είναι ακατάλληλα. Ακόμα πιο απαιτητική είναι η συγκόλληση του με τους άλλους χάλυβες. Η τιμή του ανοξειδωτου χάλυβα είναι περίπου δεκαπλάσια της τιμής του συνήθους και χρησιμοποιείται σε πολύ μικρές ποσότητες, σε περιπτώσεις πολύ διαβρωτικού περιβάλλοντος, θαλασσιών έργων, συντήρησης - ενίσχυσης μνημείων κλπ.

Στα επόμενα δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο με τον ανοξειδωτο χάλυβα, του οποίου πάντως η ύπαρξη και η δυνατότητα χρησιμοποίησεως σε πολύ ειδικές περιπτώσεις, πρέπει να είναι γνωστή στους μηχανικούς.

Γενική Παρατήρηση : Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος και ιδιαίτερα οι χάλυβες S400, S400s, S500, S500s είναι ένα υλικό δύσκολο, γενικώς ευαίσθητο, συχνά "δύστροπο", που αντιδρά στη δική μας συμπεριφορά με τρόπο μερικές φορές απροσδόκητο. Η θερμότητα, η κακή μηχανική μεταχείριση, οι κάμνεις και επαναφορές κλπ. μπορούν να επηρεάσουν τις μη-

χανικές του ιδιότητες πολύ περισσότερο απ' όσο θα περίμενε κανείς και ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του. Για το λόγο αυτό, η ακριβής τήρηση των Προτύπων και των Προδιαγραφών και στο εργοτάξιο είναι αναγκαία, ιδιαίτερα όμως αναγκαία είναι αν πρόκειται για τους ελέγχους αποδοχής. Ο επιβλέπων μηχανικός, ο ελεγκτής μηχανικός, ο διαιτητής, ο πραγματογνώμονας πρέπει να γνωρίζουν (κάτι που ισχύει για όλους τους εργαστηριακούς ελέγχους) ότι ο έλεγχος πρέπει να γίνεται με απολύτως πιστή τήρηση των σχετικών Οδηγιών, αλλιώς τα λαμβανόμενα αποτελέσματα δεν είναι επαρκώς αξιόπιστα.

6.4.2. Διαστάσεις - Ανοχές

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος παράγονται σε ράβδους κυκλικής ή πρακτικά κυκλικής διατομής και παραδίδονται σε ευθύγραμμες ράβδους (12μετρες ή 14μετρες ή άλλου μήκους κατά παραγγελία) ή ρόλλους, ανάλογα με τη διάμετρο και την ποιότητα τους.

Οι "ονομαστικές" διαμέτροι παραγωγής των χάλυβων αυτών σε mm είναι οι επόμενες:

- 4, 5 (μόνο για τις ποιότητες S400 και S500, όχι για την 5220 (στην αναθεώρηση των Προτύπων να προστεθούν επίσης οι διαμέτροι 4,2 , 4,6 και 5,5 mm),
- 6 , 8 , 10 , 12 , 14 , 16 , 18, 20 , 22 , 25 , 28 και 32 (στην αναθεώρηση 8α προστεθούν επίσης οι διαμέτροι 36 και 40 mm).

Από αυτές τις ονομαστικές διαμέτρους προκύπτουν υπολογιστικά η ονομαστική διατομή και η ονομαστική μάζα, όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 2 του Προτύπου ΕΛΟΤ - 959 και τον Πίνακα 3 του ΕΛΟΤ - 971.

Στους ίδιους Πίνακες δίνονται επακριβώς και οι ανοχές (διατομής, μάζας) που είναι, αδρομερώς:

- περί το 10 % για τις διαμέτρους 4, 5, και 6 mm,
- περί το 8 % για τις διαμέτρους 8, 10, και 12 mm,
- 6 % για τις διαμέτρους 14, 16, 18 και 20 mm, και
- 5 % για τις διαμέτρους 22, 25, 28 και 32 mm.

Ο έλεγχος των ανοχών γίνεται ύστερα από προσδιορισμό της πραγματικής διατομής, κατά την πργρ. 4.2 του ΕΛΟΤ - 959 ή την πργρ. 5.2 του ΕΛΟΤ - 971, με τρία δοκίμια συνολικού βάρους μικρότερου των 10 kg, των οποίων μετριέται ακριβώς το μήκος και η μάζα, και ο μέσος όρος τους συγκρίνεται προς το θεωρητικό μέγεθος της ονομαστικής διατομής.

Στους λείους χάλυβες η διάμετρος της ράβδου μπορεί να μετρηθεί απ' ευθείας, με το παχύμετρο (για τις ανάγκες του εργοταξίου, όχι για την κατά το Πρότυπο αποδοχή).

Στους χάλυβες με νευρώσεις το παχύμετρο δίνει εσφαλμένη ένδειξη διαμέτρου (μικρότερη ή μεγαλύτερη από την πραγματική, ανάλογα με τη θέση τοποθέτησεως του) καθώς στη διαμόρφωση και το μέγεθος της ονομαστικής διατομής μετέχουν και οι επιφάνειες της διατομής των νευρώσεων. Σε αυτή την περίπτωση η πραγματική διάμετρος της ράβδου προσδιορίζεται έμμεσα, από τη μάζα της, ως η διάμετρος που αντιστοιχεί σε λεία ράβδο κυκλικής διατομής ίσου μήκους και ίσης μάζας.

Η πραγματική διατομή υπολογίζεται από τη σχέση $A = 127,4 \times m/L$

που A είναι η πραγματική διατομή σε mm², m είναι η μάζα σε g, L είναι το μήκος του δοκιμίου σε mm και $127,4 = 1000 / 7,85$.

Σε περίπτωση πραγματογνωμοσύνης και ενσωματωμένων χάλυβδινων ράβδων, που δεν μπορούν να ζυγιστούν, μπορεί να μετρηθεί η διάμετρος του κυκλικού πυρήνα για να συ-

γκριθεί προς τις δηλούμενες από την βιομηχανία παραγωγής του χάλυβα για κάθε ονομαστική διάμετρο, ώστε να προσδιορισθεί εκείνη η ονομαστική διάμετρος προς την οποία αντιστοιχεί, λαμβανομένων υπ' όψη και των επιτρεπομένων ανοχών. Ενδεικτικά και προσεγγιστικά αναφέρεται ότι η διάμετρος του κυκλικού πυρήνα είναι μικρότερη της ονομαστικής κατά 0,5 mm στη ράβδο Φ 10 και κατά 1 mm στη ράβδο Φ 25.

6.4.3. Σήμανση - Αναγνώριση

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

Δεν θα ήταν μεγάλη υπερβολή να πει κανείς ότι στη σήμανση των χαλύβων σκυροδέματος επικρατεί ένα μικρό χάος.

6.4.4. Απαιτήσεις - Δοκιμές

Δεν επιτρέπεται η παραγωγή χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με επανέλαση ετοιμών προϊόντων, σιδηροτροχιών, χαλυβδοφύλλων κλπ.

Δεν επιτρέπεται η χρήση οπλισμού που παρουσιάζει στην εξωτερική του εμφάνιση απολεπίσεις (από σφάλματα ελάσεως), παραμορφώσεις ή αλλοιώσεις, ρωγμές, χαλαρές πλάκες σκουριάς ή κατάσταση που δείχνει προχωρημένη διάβρωση (αν αφεθεί μια ράβδος να πέσει στο έδαφος από ένα ύψος π.χ. 1 m και εκτιναχθούν κομμάτια σκουριάς, θεωρείται η διάβρωση προχωρημένη). Κατά τη διαχείριση του οπλισμού (μεταφορά, αποθήκευση κλπ.) πρέπει να αποφεύγονται οι μηχανικές βλάβες (εγκοπές) ή πλαστικές παραμορφώσεις, οι θραύσεις συγκολλήσεων των πλεγμάτων ή των "κλωβών" οπλισμών, οι ρυπάνσεις που βλάπτουν τη συνάφεια, οι μειώσεις διατομών από διάβρωση, η απώλεια της δυνατότητας αναγνώρισης ή πιστοποίησης του είδους των χαλύβων κλπ.

Η κοπή των χαλύβων πρέπει να γίνεται, κατά προτίμηση, με μηχανικά μέσα. Τα άκρα ράβδων που έχουν υποστεί κατεργασία εν ψυχρώ με συστροφή, πρέπει να αφαιρούνται, ιδιαίτερα αν γίνεται συγκόλληση σ' αυτά τα μη συνεστραμμένα άκρα.

Απαγορεύεται η παραγωγή, κατοχή, πώληση οπλισμών σκυροδέματος που δεν ανταποκρίνονται σε μία από τις ποιότητες S220, S400, S400s, S500 και S500s. Η ποιότητα πρέπει να αναγράφεται στα παραστατικά έγγραφα εμπορίας και διακινήσεως του υλικού (τιμολόγια, δελτία αποστολής, διασαφήσεις κλπ.).

Τα πιστοποιητικά ελέγχου ποιότητας εκδίδονται από τον ΕΛΟΤ. Οι δειγματοληψίες ενεργούνται για τους εγχώριους χάλυβες στη μονάδα παραγωγής τους, για τους εισαγόμενους τρίτων χωρών στα τελωνεία εισαγωγής τους και για τους χάλυβες χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή χωρών που δεν προσχώρησαν στην Ε.Ε., στους χώρους αποθηκεύσεως τους.

Από την παραπάνω υποχρέωση απαλλάσσονται τα εγχώρια προϊόντα που καλύπτονται από Σήμα (συμμόρφωσης) Ποιότητας ή συνοδεύονται από Πιστοποιητικό (συμμόρφωσης)

Ποιότητας που χορηγείται ή εκδίδεται από τον ΕΛΟΤ. Από τον έλεγχο εξαιρούνται οι χάλυβες που παράγονται σε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή χωρών που δεν προσχώρησαν στην Ε.Ε., στην οποία ισχύει σύστημα πιστοποίησης ποιότητας αναγνωρισμένο από το Κράτος αυτό, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει συμφωνία αμοιβαίας αναγνώρισης των διαδικασιών πιστοποίησης και ελέγχου με τη χώρα μας (καμιά ακόμα) και ότι υπάρχουν πιστοποιητικά που αποδεικνύουν ότι τα εισαγόμενα προϊόντα ικανοποιούν τις απαιτήσεις των Προτύπων ΕΛΟΤ.

Ο χρήστης διατηρεί το δικαίωμα να εκτελέσει και εκείνος δοκιμές και ελέγχους που θα πιστοποιούν την ποιότητα του χρησιμοποιούμενου υλικού, οι έλεγχοι πάντως είναι έλεγχοι εργαστηρίου και ΔΕΝ μπορούν να γίνουν από τον επιβλέποντα μηχανικό με πρόχειρα μέσα. Οι αρμόδιες Υπηρεσίες μπορούν επίσης να ενεργήσουν, σε οποιοδήποτε σημείο της χώρας και σε οποιοδήποτε στάδιο διακίνησης και εμπορίας, αυτεπάγγελτο δειγματοληπτικό έλεγχο για τη διαπίστωση της πιστότητας του προϊόντος προς τα χορηγηθέντα πιστοποιητικά.

Η λήψη των προς έλεγχο δοκιμίων γίνεται με τον περιγραφόμενο στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ της υπ' αρ. 15283/Φ7/422/8-8-95 Υπ. Απόφασης τρόπο.

Οι διενεργούμενες δοκιμές είναι οι επόμενες :

- **Έλεγχος εφελκυσμού.** Γίνεται κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ 1045 (EURONORM 1002-80). Προσδιορίζεται η τάση διαρροής, η τάση θραύσης και η μήκυνση θραύσης επί του αυτού δοκιμίου, επί του οποίου έχει ήδη γίνει ο έλεγχος διαστάσεων και ανοχών. Ως διατομή θεωρείται η πραγματική διατομή όπως υπολογίζεται από τη μάζα.
- **Δοκιμή αναδίπλωσης** (για λείους χάλυβες μέχρι Φ32, για νευροχάλυβες μέχρι Φ12). Η αναδίπλωση γίνεται με κάμψη των δοκιμίων κατά 1800 γύρω από κυλινδρικά στελέχη διαμέτρου 2d για τον χάλυβα S220, 3d για τον S400 και 4d για τον S500, κατά τον Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ - 959. Κατά τη δοκιμή δεν πρέπει να προκληθεί θραύση του δοκιμίου ή να εμφανισθούν εγκάρσιες ή λοξές ρωγμές στην εφελκυσόμενη πλευρά του.
- **Δοκιμή κάμψης - ανάκαμψης.** Εκτελείται στους νευροχάλυβες με διάμετρο μεγαλύτερη των 12 mm αντί της δοκιμής αναδίπλωσης. Τα δείγματα διαχωρίζονται σε 4 κατηγορίες ονομαστικών διαμέτρων, α) από 12 ως και 18 mm, β) από 20 ως και 25 mm, γ) από 28 ως και 30 mm, και δ) 32 mm, κατά τον Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ - 959. Οι αντίστοιχες διαμέτροι του κυλινδρικού στελέχους της δοκιμής είναι 6d, 8d, 10d και 12d για τον χάλυβα S400 και 8d, 10d, 12d και 14d για τον χάλυβα S500. Η δοκιμή εκτελείται κατά το κεφάλαιο 7 και τις διατάξεις του Παραρτήματος του ΕΛΟΤ -959. Για την αποδοχή απαιτείται να μη προκληθεί θραύση ή εμφάνιση εγκαρσίων ή λοξών ρωγμών στο δοκίμιο.
- **Έλεγχος χημικής σύνθεσης** (για τους συγκολλησίμους χάλυβες). Οι συγκολλήσεις πρέπει πάντα να γίνονται υπό αυστηρή τήρηση των σχετικών μέτρων ασφαλείας, από τεχνίτες πεπειραμένους και ικανούς. Η θέση συγκολλήσεως πρέπει να επιλέγεται σε ευθύγραμμο τμήμα της ράβδου.

Οι χάλυβες S220 είναι πάντα συγκολλησίμοι.

Οι χάλυβες S400 και S500 επιδέχονται υπό προϋποθέσεις συγκόλληση, ήτοι μόνο με παράθεση κατ' υπερκάλυψη και ηλεκτροσυγκόλληση που ελέγχεται με τη δοκιμή εφελκυσμού και τη δοκιμή κάμψεως. Η εφελκυστική αντοχή του συγκολλημένου δοκιμίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 90 % της αντοχής ασυγκόλλητου δοκιμίου από το ίδιο δείγμα (που πάντως πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των προδιαγραφών). Η αποδοχή της κατά 10% μειωμένης αντοχής, δικαιολογείται (χωρίς να αναγράφεται στο

Πρότυπο) από την εκκεντρότητα των αξόνων των παρατιθεμένων ράβδων και την εκκεντρότητα της συγκόλλησης.

6.4.5. Ο χάλυβας σκυροδέματος στην καθημερινή πράξη

Δεν προκύπτει από καμιά διάταξη υποχρέωση του επιβλέποντος μηχανικού να ελέγξει ή να διατάξει τον έλεγχο των χάλυβων που θα χρησιμοποιήσει στο έργο. Θα ήταν άλλωστε παράλογο, την τελευταία στιγμή προ της χρήσεως, να απαιτείται ο έλεγχος ενός βιομηχανικού υλικού στο εργοτάξιο ή η αποστολή του σε εργαστήριο, για τις μικρές σχετικώς ποσότητες που χρησιμοποιούνται στη συνηθισμένη οικοδομή, ιδιαίτερα όταν ο επιβλέπων μηχανικός δεν ερωτάται και δεν μετέχει στην προμήθεια του χάλυβα, που συνήθως υφίσταται κατεργασία μακριά από το έργο και αποτελείται από ράβδους που προέρχονται από διαφορετικές "παρτίδες" και ίσως από διαφορετικά εργοστάσια. Σήμερα, διεθνώς, η προστάσια του καταναλωτή επιτυγχάνεται με άλλους τρόπους, με το Σήμα Ποιότητας, με τη Διασφάλιση Ποιότητας, με τον Έλεγχο στην πηγή παραγωγής ή την αποθήκη και με ανάλυση της πλήρους ευθύνης από τον παραγωγό ή τον εισαγωγέα, κατά τα προαναφερθέντα.

Παρά ταύτα ο επιβλέπων μηχανικός, που ενδιαφέρεται για την ποιότητα του έργου που κατασκευάζει και έχει επίγνωση του ότι χειρίζεται ένα "υλικό ασφαλείας", πρέπει να ξέρει τις απαιτήσεις των προδιαγραφών και των Κανονισμών και να έχει τα μάτια του ανοιχτά, ώστε με την παραμικρή ανησυχητική ένδειξη ή υποψία, να εφαρμόσει το σχετικό δικαίωμα του χρήστη και να προχωρήσει στην αναζήτηση των απαιτούμενων Πιστοποιητικών ή την εφαρμογή ελέγχων. Παρόμοια ή και μεγαλύτερη ευαισθησία θα πρέπει να επιδειχθεί ίσως και σε ένα μεγάλο έργο, δημόσιο ή ιδιωτικό, ιδίως αν πρόκειται για έργο ιδιαίτερης σημασίας, από το οποίο εξαρτάται η ασφάλεια μεγάλου αριθμού προσώπων ή σημαντικών λειτουργιών ή καλλιτεχνικοί θησαυρών κλπ.

Αυτοί οι έλεγχοι πάντως, δεν απαιτείται να έχουν την έκταση όλων των θεσμοθετημένων για τη χορήγηση του Πιστοποιητικού ελέγχων (σε αριθμό δοκιμών, πλήθος διαμέτρων κλπ.), αλλά μπορούν να έχουν διερευνητικό χαρακτήρα. Ο επιβλέπων μηχανικός θα μπορούσε να διαλέξει τη διατομή ή τις διατομές που εκείνος θεωρεί "κρίσιμες" για να ελέγξει μερικά δοκίμια, όχι υποχρεωτικά 15, π.χ. μόνο 3. Τα αποτελέσματα αυτής της διερεύνησης θα τον οδηγήσουν να την θεωρήσει κατά την κρίση του επαρκή ή να προχωρήσει σε πλήρη έλεγχο ή και απόρριψη.

Διαφορετική είναι η υποχρέωση για τον επιχειρηματία ή τον εργολάβο ενός σημαντικού (κυρίως Δημόσιου) έργου, που πρέπει με τη Σύμβασή του με τον προμηθευτή ή από τα Πιστοποιητικά ή και με τους προβλεπόμενους ελέγχους να βεβαιωθεί για την ικανότητα και την καταλληλότητα του χάλυβα που θα ενσωματώσει στο έργο και συγχρόνως να παρακολουθεί συνεχώς την πιστότητα και ταυτότητα του χρησιμοποιούμενου χάλυβα προς τον ελεγχθέντα ή τον πιστοποιούμενο από τα Πιστοποιητικά.

Δυστυχώς η έλλειψη θεσμοθετημένης σήμανσης για τη διάκριση του χάλυβα S400 από τον S500 και του συγκολλησίμου χάλυβα από τον κοινό, δυσχεραίνει τη δουλειά της επίβλεψης, δεδομένου ότι είναι πολύ δύσκολη η απομνημόνευση της (διαφορετικής) σήμανσης όλων των ελληνικών εργοστασίων και αδύνατη η γνώση της σήμανσης όλων των ευρωπαϊκών εργοστασίων, για την αναγνώριση.

Από αυτή την άποψη, διευκολύνει την κατάσταση η σχεδόν πλήρης επικράτηση του χάλυβα S500 (εδώ χωρίς διάκριση από τον S500s) στην αγορά και η σχεδόν πλήρης εξαφάνιση κάθε άλλης ποιότητας, τουλάχιστον για την ελληνική παραγωγή. Ασφαλώς, η πλήρης αυτή επικράτηση οφείλεται κατά μεγάλο μέρος και στην ανυπαρξία διαφοράς τιμής μεταξύ του S400 και του S500, που σήμερα.

6.5 Παρασκευή και κατεργασία του σκυροδέματος

6.5.1. Οι αναλογίες των υλικών

Πριν αρχίσει η παρασκευή του σκυροδέματος, πρέπει να καθορισθούν οι αναλογίες των υλικών του. Οι αναλογίες αυτές δεν είναι σταθερές, αλλά διαφέρουν από τη μια περίπτωση στην άλλη. Οι αναλογίες εξαρτώνται κυρίως από τις ιδιότητες και ιδιαίτερα την αντοχή, που θέλομε να έχει το σκυρόδεμα, για να εξυπηρετήσει το συγκεκριμένο έργο, για το οποίο προορίζεται. Κατά δεύτερο λόγο εξαρτώνται και από τις ιδιότητες των συγκεκριμένων υλικών, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν και ιδιαίτερα από την κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών υλικών.

Συνήθως οι αναλογίες καθορίζονται για ένα κυβικό μέτρο έτοιμο σκυρόδεμα. Ο πιο ακριβής τρόπος, για να καθορισθούν οι αναλογίες, είναι να ορισθεί το βάρος του καθενός, π.χ. 300 kg τσιμέντο, 180 kg νερό, 1150 kg σκύρα και 650 kg άμμος για την παρασκευή ενός κυβικού μέτρου σκυροδέματος. Η μέθοδος αυτή πρέπει υποχρεωτικά να εφαρμόζεται στα εργοστάσια, που παράγουν σκυρόδεμα και το μεταφέρουν έτοιμο για πούλημα στα διάφορα εργοτάξια. Τα υλικά πρέπει να ζυγίζονται με κατάλληλους τρόπους, ώστε οι αποκλίσεις από τις θεωρητικές ποσότητες να μην ξεπερνούν το + 3 %. Τα ίδια ισχύουν και για τα εργοτάξια μεγάλων και σοβαρών έργων, όπου η παραγωγή του σκυροδέματος γίνεται για όλο το έργο από μια μόνιμη εγκατάσταση.

Ένας δεύτερος πιο πρακτικός τρόπος είναι να καθορίζαμε τις αναλογίες με τον όγκο, όπως γίνεται και για τα κονιάματα. Σκυρόδεμα π.χ. 1:2:4 σημαίνει ότι αποτελείται από ένα μέρος τσιμέντου, διπλάσιο όγκο άμμου και τετραπλάσιο όγκο σκύρων. Η αναλογία του νερού μένει ακαθόριστη.

Στην πράξη το τσιμέντο πάντοτε μετριέται με το βάρος και τα αδρανή με τον όγκο, όταν το σκυρόδεμα παρασκευάζεται στα συνηθισμένα εργοτάξια. Επειδή μάλιστα το τσιμέντο πουλιέται σε σακιά βάρους 50 kg, είναι πιο πρακτικό να καθορίζονται οι ποσότητες των άλλων υλικών, που αντιστοιχούν σε κάθε σάκο τσιμέντο και όχι σε κάθε κυβικό μέτρο έτοιμου σκυροδέματος. Σε μια περίπτωση π.χ. μπορεί σε ένα σάκο τσιμέντου των 50 kg να αντιστοιχούν 0,14 m³ σκύρων, 0,07 m³ άμμου, 0,02 m³ νερού και κάποια ποσότητα ενός προσμίγματος. Σημειώνομε ότι το σκυρόδεμα στα συνηθισμένα εργοτάξια παρασκευάζεται σε ποσότητες (χαρμάνια), που αντιστοιχούν σε ένα σάκο τσιμέντο και σπανιότερα σε δύο ή τρία.

Στις περιπτώσεις συνηθισμένων έργων, όπου το σκυρόδεμα δε χρειάζεται να έχει εξαιρετικές ιδιότητες, οι αναλογίες των υλικών καθορίζονται από τον κατασκευαστή σύμφωνα με την πείρα του από παρόμοια έργα. Επειδή οι ιδιότητες, πρέπει να έχει αυτό το σκυρόδεμα, εξασφαλίζονται, έστω και αν οι αναλογίες αλλάξουν λίγο, η τήρηση των αναλογιών έχει κυρίως το νόημα να μη γίνονται σπατάλες χωρίς λόγο.

Αντίθετα, όταν απαιτείται το σκυρόδεμα να παρουσιάζει ορισμένες εξαιρετικές ιδιότητες, π.χ. πολύ μεγάλη αντοχή, απόλυτη στεγανότητα, πολύ μικρό βάρος κ.λπ., πρέπει να καθορίζονται οι αναλογίες των υλικών ύστερα από εργαστηριακές μετρήσεις και δοκιμές και να τηρούνται με ακρίβεια. Σε ενδιαμέσες περιπτώσεις γίνονται μερικές μετρήσεις και δοκιμές στο εργοτάξιο, τόσο για τα αδρανή υλικά όσο και για το έτοιμο σκυρόδεμα, και διαλέγονται οι αναλογίες, που δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα.

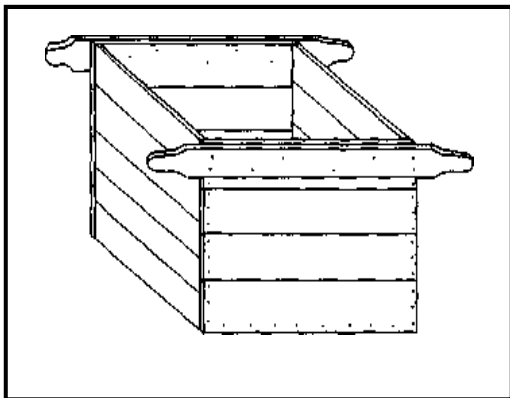
Ιδιαίτερη σημασία έχει η τήρηση της αναλογίας του νερού, που έχει καθορισθεί. Δυστυχώς στην Ελλάδα οι τεχνίτες, οι εργοδηγοί, ακόμα και μερικοί μηχανικοί δεν έχουν καταλάβει πόσο σοβαρός είναι αυτός ο παράγοντας και προσθέτουν νερό, για να γίνεται πιο εύκολα η διάστρωση του σκυροδέματος. Εντούτοις πρέπει να ξέρομε ότι η αναλογία του νερού έχει σχεδόν την ίδια σημασία με την αναλογία του τσιμέντου.

Η τήρηση της σωστής αναλογίας του νερού γίνεται πιο δύσκολη, γιατί, εκτός από το νερό, που προσθέταμε στο μίγμα, υπάρχει και το νερό, που περιέχεται στα αδρανή υλικά με τη μορφή υγρασίας. Η ποσότητα της υγρασίας αυτής πρέπει θεωρητικά να αφαιρείται από την ποσότητα του νερού, που έχει καθορισθεί για την παρασκευή του σκυροδέματος.

Για να μετρήσουμε την υγρασία των αδρανών, πρέπει να πάρουμε δείγματα από αυτά, να τα ζυγίσουμε με ακρίβεια, να τα βάλομε στον κλίβανο και, όταν στεγνώσουν εντελώς, να τα ξαναζυγίσουμε, για να βρούμε τι βάρος έχασαν. Η εργασία αυτή είναι υποχρεωτικό να γίνεται στα εργοστάσια παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος, όπου οι αποθήκες των αδρανών πρέπει να είναι στεγασμένες, ώστε η υγρασία τους να μην αυξάνεται απότομα σε περίπτωση βροχής. Στα συνηθισμένα εργοτάξιο δε γίνονται τέτοιες δοκιμές, αλλά πρέπει εμπειρικά να εκτιμάται το ποσοστό της υγρασίας, όταν τουλάχιστον είναι τόση, ώστε να γίνεται αντιληπτή. Σημειώνουμε ότι η υγρασία μπορεί να φθάσει στο 20 ως 25 % του βάρους της άμμου και στο 3 ως 4% του βάρους των σκύρων. Με άλλα λόγια, όταν τα αδρανή υλικά είναι πολύ βρεγμένα, δε χρειάζεται σχεδόν να προστεθεί νερό αλλά μόνο τσιμέντο, για να παρασκευασθεί το σκυρόδεμα.

Σημειώνουμε ακόμα ότι τα βρεγμένα αδρανή υλικά είναι πιο βαριά από τα στεγνά, ενώ σύγχρονα μεταβάλλεται κάπως και ο όγκος τους. Επομένως μπορούν να γίνουν λάθη και στις ποσότητες των αδρανών, αν δε λάβομε υπόψη αυτές τις διαφορές.

Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι τα υλικά του σκυροδέματος πρέπει να ζυγίζονται, όταν η παρασκευή γίνεται στο εργοστάσιο, ή σε ένα μεγάλο εργοτάξιο. Στα συνηθισμένα εργοτάξια το τσιμέντο μετριέται με τα σακιά, το νερό κανονίζεται συνήθως με το μάτι, ώστε το σκυρόδεμα να έχει την πυκνότητα που επιθυμούμε και απομένει να δούμε πώς μετριούνται τα αδρανή υλικά. Μπορούμε βέβαια να μετρήσουμε και το νερό με τους ντενεκέδες, που χωράνε 15 ως 17 kg νερό ο καθένας, αλλά συνήθως το νερό φθάνει στη θέση της παρασκευής του σκυροδέματος με ένα σωλήνα, από όπου τρέχει συνέχεια και δεν μπορεί να μετρηθεί εύκολα.



Σχήμα 6.2. Ξύλινο κιβώτιο για τη μέτρηση του όγκου των σκύρων και της άμμου.



Σχήμα 6.3. Καροτσάκι για τη μέτρηση και τη μεταφορά της άμμου και των σκύρων.

Ο σωστός τρόπος για το μέτρημα των αδρανών υλικών είναι να κατασκευασθούν επίτηδες για το σκοπό αυτό ξύλινα κιβώτια. Τα κιβώτια αυτά έχουν κατάλληλες διαστάσεις, ώστε ένα ή δύο από αυτά να έχουν χωρητικότητα ακριβώς ίση με τον όγκο της άμμου και των σκύρων, που χρειάζονται σε κάθε χαρμάνι (σχήμα 4.2.). Ένα κιβώτιο π.χ. με εσωτερικές διαστάσεις 40 x 40 x 44 cm έχει όγκο περίπου 0,07 m³. Επομένως ένα τέτοιο κιβώτιο με άμμο και δύο με σκύρα μπορούν να δώσουν με ένα σακί τσιμέντο το σκυρόδεμα, που

αναφέρεται στην αρχή αυτής της παραγράφου. Μπορεί βέβαια να χρησιμοποιείται άλλο κιβώτιο για την άμμο και άλλο για τα σκύρα ή να υπάρχει και τρίτο για το χαρμπίλι.

Τα κιβώτια πρέπει να γεμίζονται έτσι, ώστε η πάνω επιφάνεια των υλικών να είναι επίπεδη και ακριβώς στο ύψος, που ορίζουν τα χείλια του κιβωτίου. Όταν τα κιβώτια δε γεμίζουν ως επάνω, η αναλογία του τσιμέντου μεγαλώνει και το σκυρόδεμα γίνεται κατά κανόνα καλύτερο, αλλά και ακριβότερο. Έτσι υπάρχει πάντα η τάση τα κιβώτια να παραγεμίζουν, ώστε να γίνεται οικονομία, τότε όμως το σκυρόδεμα είναι πιο φτωχό σε τσιμέντο και έχει μικρότερη αντοχή, μικρότερη στεγανότητα κλπ.

Παλιότερα τα ξύλινα κιβώτια υπήρχαν σε κάθε εργοτάξιο. Σήμερα, που οι ποιότητες των σκυροδεμάτων έχουν βελτιωθεί για πολλούς άλλους λόγους, η μέτρηση των αδρανών στα συνηθισμένα εργοτάξια γίνεται με μικρότερη ακρίβεια. Χρησιμοποιούνται γι' αυτό καροτσάκια μονότροχα, (σχήμα 4.3.), που έχουν περίπου $0,07 \text{ m}^3$ χωρητικότητα και έχουν το πλεονέκτημα ότι τα σέρνει ένας μόνο εργάτης και όχι δυο, όπως τα κιβώτια. Ο υπεύθυνος του εργοταξίου καθορίζει πόσο πρέπει να γεμίζουν τα καροτσάκια, για να περιέχουν τον όγκο των αδρανών υλικών, που χρειάζεται σε κάθε χαρμάνι. Είναι φανερό ότι με τον τρόπο αυτό υπάρχουν πολύ μεγαλύτερες διαφορές από τις θεωρητικές ποσότητες παρά με τα ξύλινα κιβώτια.

Για τις συνηθισμένες περιπτώσεις μπορούμε να έχουμε υπόψη μας τις ακόλουθες αναλογίες:

α) Για να παρασκευάσαμε σκυρόδεμα για απλές κατασκευές, π.χ. δάπεδα, βάσεις πέδινων, κράσπεδα, σκαλοπάτια κλπ., που δεν προβλέπεται να οπλιστεί, χρειάζονται για κάθε κυβικό μέτρο έτοιμου σκυροδέματος 200 kg τσιμέντο, δηλαδή τέσσερα σακκιά, $0,84 \text{ m}^3$ σκύρα, $0,56 \text{ m}^3$ άμμος και όσο νερό χρειάζεται, για να ανακατεύεται και να διαστρώνεται εύκολα το σκυρόδεμα.

β) Για να παρασκευάσαμε σκυρόδεμα, που προβλέπεται να οπλιστεί και να χρησιμοποιηθεί σε μικρά οικοδομικά έργα με συνηθισμένα φορτία και ανοίγματα $4,00$ ως $5,00$ μέτρων το πολύ, χρειάζονται για κάθε κυβικό μέτρο έτοιμου σκυροδέματος 300 kg τσιμέντου, δηλαδή έξι σακκιά, $0,80 \text{ m}^3$ σκύρα, $0,53 \text{ m}^3$ άμμος και όσο νερό χρειάζεται, ώστε το μίγμα να είναι πλαστικό, όχι όμως νερουλό (υδαρές). Με το σκυρόδεμα αυτό μπορούν να κατασκευασθούν πέδιλα, κολώνες, δοκάρια, πλάκες και τοιχώματα.

γ) Για μεγαλύτερα έργα, π.χ. για οικοδομές με περισσότερα από τρία πατώματα ή με ανοίγματα πάνω από $4,00$ ως $5,00$ μέτρα, ή για άλλων ειδών δομικά έργα, οι αναλογίες των υλικών του σκυροδέματος πρέπει να καθορίζονται με περισσότερη προσοχή και κατά κανόνα μετά από δοκιμές στο εργαστήριο ή τουλάχιστον στο εργοτάξιο. Οι ελληνικοί κανονισμοί, που εφαρμόζονται και από τα Γραφεία Πολεοδομίας για την έκδοση άδειας οικοδομής, απαιτούν σε αρκετές περιπτώσεις οι αναλογίες αυτές να καθορίζονται από ένα εργαστήριο αναγνωρισμένο από τις αρμόδιες κρατικές Αρχές.

Από τις αναλογίες, που αναφέραμε, βλέπουμε πως ο όγκος του σκυροδέματος είναι πολύ μικρότερος, περίπου τα $3/4$, από το άθροισμα των όγκων των αδρανών υλικών. Η απόδοση δηλαδή του σκυροδέματος είναι πολύ μικρότερη από τη μονάδα. Είναι σκόπιμο να γίνεται στο εργοτάξιο μια απλή δοκιμή αποδόσεως, να εξακριβώνεται δηλαδή, πόσος ακριβώς είναι ο όγκος του σκυροδέματος, που προκύπτει από ορισμένες ποσότητες υλικών. Η δοκιμή αυτή μπορεί να γίνει την πρώτη φορά, που θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα στο εργοτάξιο, αν σημαδέψαμε τι ακριβώς όγκο έπιασε ένα χαρμάνι ή, καλύτερα, πόσα ακριβώς χάρμα να χρειάστηκαν, για να γεμίσουν ένα γνωστό όγκο.

6.5.2. Κατηγορίες και ποιότητες σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σήμερα πάρα πολύ στην κατασκευή των δομικών έργων. Με το σκυρόδεμα κατασκευάζονται στοιχεία των έργων αυτών, που παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία και διαφέρουν πάρα πολύ το ένα από το άλλο. Για το λόγο αυτό είναι φυσικό να διαφέρουν πάρα πολύ από τη μια περίπτωση στην άλλη και οι ιδιότητες που πρέπει να έχει το σκυρόδεμα, είτε την ώρα που διαστρώνεται, είτε αφού πήξει και σκληρύνει. Υπάρχουν λοιπόν πολλές κατηγορίες και ποιότητες σκυροδέματος και κάθε φορά χρειάζεται να διαλέγεται η κατάλληλη.

Το σκυρόδεμα διακρίνεται σε κατηγορίες κατά πολλούς τρόπους, ανάλογα με την ιδιότητα, που εξετάζουμε κάθε φορά. Υπάρχουν λοιπόν κατηγορίες σκυροδέματος, που εξαρτώνται:

- α) Από την αντοχή του σκυροδέματος.
- β) Από τη ρευστότητα την ώρα που διαστρώνεται.
- γ) Από την ταχύτητα που πήζει.
- δ) Από τη φαινόμενη πυκνότητα του κ.ο.κ.

Η έννοια της αντοχής ενός υλικού είναι σύνθετη, επειδή εξαρτάται από τη συμπεριφορά του στις περιπτώσεις που καταπονείται σε θλίψη, εφελκυσμό, διάτμηση, κάμψη, στρέψη κλπ. Επειδή όμως το σκυρόδεμα έχει μικρή αντοχή σε εφελκυσμό και διάτμηση, χρησιμοποιείται κυρίως για τις ικανότητες του να αντέχει στη θλίψη. Έτσι, όταν μιλάμε για αντοχή του σκυροδέματος, χωρίς να δίνουμε περισσότερες διευκρινήσεις, εννοούμε πάντα την αντοχή του σε θλίψη. Σημειώνεται ότι η αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό και σε διάτμηση είναι περίπου δέκα φορές μικρότερη από την αντοχή του σε θλίψη και γι' αυτό, όταν προβλέπεται ότι θα αναπτυχθούν εφελκυστικές ή διατμητικές τάσεις σε κάποιο σημείο, καταβάλλεται φροντίδα ώστε να υπάρχει εκεί αρκετός οπλισμός, για να τις παραλάβει και να απαλλάξει το σκυρόδεμα από τη σχετική καταπόνηση.

Η αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη καθορίζεται μετά από κατάλληλες εργαστηριακές δοκιμές. Οι ελληνικοί κανονισμοί, που είναι σχεδόν μετάφραση των αντιστοιχών γερμανικών της εποχής που εκδόθηκαν, την ορίζουν ίση με την τάση θλίψεως $Wc28$ που αναπτύσσεται σε ένα δοκίμιο τη στιγμή που σπάει.

Πίνακας 6.1. Κατηγορίες σκυροδέματος.

Κατηγορία σκυροδέματος	Χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου f_{ck} [MPa]	Χαρακτηριστική αντοχή κύβου f_{ck} [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

Οι ελληνικοί κανονισμοί, συμβολίζουν τις κατηγορίες του σκυροδέματος με το κεφαλαίο γράμμα C από τη λέξη Concrete (= σκυρόδεμα) και δύο ακέραιους αριθμούς δεξιά του, εκ των οποίων ο μεν πρώτος ορίζει τη χαρακτηριστική αντοχή σε θλίψη σε MPa του

κυλίνδρου με διάμετρο βάσης 15 cm και ύψος 30 cm, και ο δεύτερος τη χαρακτηριστική αντοχή του κύβου ακμής 15 cm. Οι κατηγορίες, που προβλέπονται, είναι εννέα και δίνονται στον πίνακα 6.1. Μια απλή σύγκριση των δύο ακραίων κατηγοριών C8/10 και C45/55 δείχνει πόσο μεγάλες διαφορές μπορεί να παρουσιάζει η αντοχή ανάμεσα σε δύο ποιότητες σκυροδέματος.

Πολλοί επιστήμονες μελέτησαν το σοβαρό αυτό θέμα και προσπάθησαν να βρουν μαθηματικούς τύπους, που να δίνουν την πιθανή αντοχή του σκυροδέματος, όταν ξέρομε ορισμένα απαραίτητα στοιχεία, όπως π.χ. τις αντοχές την ποιότητα και τις αναλογίες των υλικών, τις συνθήκες που επικρατούν, όσο παρασκευάζεται, διαστρώνεται, πήζει και σκληραίνει το σκυρόδεμα, την ηλικία του, τη θερμοκρασία και υγρασία του περιβάλλοντος κ.ο.κ.

Οι παράγοντες, που επηρεάζουν την αντοχή του σκυροδέματος, είναι πάρα πολλοί. Γι' αυτό υπάρχουν και πολλοί μαθηματικοί τύποι για τον υπολογισμό της πιθανής αντοχής του. Κάθε τύπος λαμβάνει υπόψη του μερικούς μόνο από τους παράγοντες αυτούς, εκείνους που θεώρησε πιο σημαντικούς ο ερευνητής, που τον καθιέρωσε. Όλοι οι τύποι πάντως συμφωνούν ότι ο σημαντικότερος παράγων είναι το ποσοστό των κενών.

Για να επιτευχθούν μεγάλες αντοχές, πρέπει να περιοριστεί το ποσοστό των κενών. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τα ακόλουθα μέτρα:

α) Τα αδρανή υλικά να έχουν καλύτερη κοκκομετρική σύνθεση, ώστε να αφήνουν ανάμεσα τους όσο γίνεται μικρότερα και λιγότερα κενά.

β) Να αυξηθεί η ποσότητα του τσιμεντοπολτού, του μίγματος δηλαδή τσιμέντου και νερού, ώστε να μπορέσει να γεμίσει όσο γίνεται περισσότερο τα κενά, που υπάρχουν ανάμεσα στους κόκκους των αδρανών υλικών. Αυτό βεβαίως ισχύει μέχρι κάποιο σημείο, επειδή πέρα από αυτό ο τσιμεντοπολτός περισσεύει και το αποτέλεσμα είναι αρνητικό.

γ) Να γίνει εντατική συμπίεση του νωπού σκυροδέματος, ώστε να φύγει όλος ο αέρας, που είναι παγιδευμένος μέσα του και τα υλικά να πάρουν τις καταλληλότερες θέσεις, ώστε να αφήσουν τα μικρότερα κενά.

δ) Να μειωθεί το ποσοστό του νερού τόσο, ώστε, αν είναι δυνατό, να υπάρχει μόνον, όσο είναι απαραίτητο για τις χημικές αντιδράσεις, που γίνονται, για να πήξει το τσιμέντο. Το πλεονάζον νερό δεν παίρνει μέρος στις αντιδράσεις αυτές, αλλά αργότερα εξατμίζεται και αφήνει στη θέση του κενά.

Βέβαια, εκτός από το ποσοστό των κενών υπάρχουν και άλλοι σημαντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την αντοχή του σκυροδέματος. Η καθιέρωση των δονητών, η παραγωγή τσιμεντών με υψηλότερη αντοχή, η παραγωγή διαφόρων προσμιγμάτων και κυρίως η γνώση των επιδράσεων κάθε παράγοντα, επιτρέπουν την παρασκευή σκυροδεμάτων με αντοχές τόσο μεγάλες, που άλλοτε θεωρούνταν αδύνατες. Μόνον έτσι έγινε δυνατή και η εφαρμογή με επιτυχία του προεντεταμένου σκυροδέματος.

6.5.3. Βαριά και ελαφριά σκυροδέματα

Τα σκυροδέματα χωρίζονται σε βαριά και ελαφριά, αν εξετασθεί η φαινόμενη πυκνότητά τους, δηλαδή ο λόγος της μάζας τους προς τον όγκο τους, όταν έχουν πήξει και σκληρύνει.

Βαριά είναι τα συνηθισμένα σκυροδέματα, όπου τα αδρανή υλικά προέρχονται από συμπαγή πετρώματα. Η φαινόμενη πυκνότητά τους είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από 2 g/cm³ ή δύο τόννους ανά κυβικό μέτρο. Βέβαια η πυκνότητα αυτή δεν είναι πάντοτε η ίδια, γιατί εξαρτάται από το είδος των αδρανών υλικών, αλλά κυρίως από το ποσοστό των κενών, που περιέχει τελικά το σκυρόδεμα.

Στο οπλισμένο σκυρόδεμα οι κανονισμοί προβλέπουν να λογαριάζεται η πυκνότητα του ίση με $2,4 \text{ g/cm}^3$, όταν γίνονται οι υπολογισμοί για να καθορισθεί ποιες πρέπει να είναι οι διαστάσεις των δομικών στοιχείων και ποιος ο οπλισμός τους, για να έχουν την απαραίτητη αντοχή. Όπως είναι φανερό, στους υπολογισμούς αυτούς λαμβάνεται υπόψη σαν ένα από τα φορτία και το βάρος του ίδιου του σκυροδέματος. Η σχετικά μεγάλη αυτή πυκνότητα δικαιολογείται από τρεις λόγους:

α) Στις περιπτώσεις αυτές γίνεται καλή συμπύκνωση και το ποσοστό των κενών είναι μικρό,

β) ο οπλισμός, που έχει πυκνότητα $7,85 \text{ g/cm}^3$, ανεβάζει κάπως τη μέση πυκνότητα του οπλισμένου σκυροδέματος και

γ) για λόγους ασφάλειας είναι προτιμότερο στους υπολογισμούς να λαμβάνεται υπόψη πυκνότητα, επομένως και φορτίο μεγαλύτερο από το πραγματικό.

Παρόλα αυτά οι κανονισμοί απαιτούν να ελέγχεται πειραματικά η φαινόμενη πυκνότητα, όταν πρόκειται να γίνει εξαιρετική συμπύκνωση με δονητή και να χρησιμοποιηθούν αδρανή από βαριά πετρώματα. Αν από τον έλεγχο αυτό προκύψει πυκνότητα μεγαλύτερη από $2,4 \text{ g/cm}^3$ τότε πρέπει αυτή να λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς.

Για τελείως ειδικές χρήσεις, όπως π.χ. όταν χρειάζεται προστασία από ραδιενέργεια, χρησιμοποιούνται ειδικά σκυροδέματα πολύ βαριά.

Ελαφριά σκυροδέματα είναι εκείνα, που περιέχουν στη μάζα τους πολύ υψηλό ποσοστό κενών και έχουν φαινόμενη πυκνότητα πολύ μικρότερη από δύο τόνους στο κυβικό μέτρο. Τα κενά αυτά δεν είναι τυχαία και δεν οφείλονται σε κακή συμπύκνωση ή στο μεγάλο ποσοστό νερού, που περιέχεται στο νωπό σκυρόδεμα. Τα κενά περιέχονται μέσα στη μάζα των αδρανών υλικών, που έχουν σκόπιμα τη μορφή σφουγγαριού, ή δημιουργούνται μέσα στη μάζα του νωπού σκυροδέματος, που περιέχει επίτηδες γι' αυτό το σκοπό κάποιο πρόσμιγμα, που δημιουργεί φυσαλίδες αέρα.

Τα ελαφριά σκυροδέματα έχουν μικρότερη αντοχή από τα βαριά. Έχουν επίσης μικρότερο μέτρο ελαστικότητας, E , για τις ίδιες δηλαδή καταπονήσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερες παραμορφώσεις. Αν με το σκυρόδεμα προβλέπεται να κατασκευασθούν στοιχεία, που στηρίζουν το έργο, φέροντα δηλαδή, οι δύο αυτές ιδιότητες είναι μειονεκτήματα σοβαρά. Γι' αυτό τα ελαφριά σκυροδέματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή δομικών στοιχείων, που στηρίζονται στο σκελετό του έργου. Στις περιπτώσεις αυτές η ελαφρότητα τους είναι μεγάλο πλεονέκτημα. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται κυρίως, επειδή παρουσιάζουν μεγάλη μονωτική ικανότητα στη θερμότητα και το θόρυβο. Παρόλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφριά σκυροδέματα, για να κατασκευασθούν δομικά στοιχεία, που φέρουν και μεταβιβάζουν φορτία. Αρκεί τα αδρανή υλικά, που περιέχουν στη μάζα τους τα κενά, να προέρχονται από ανθεκτικά ορυκτά, ώστε παρόλα τα κενά να έχουν ικανοποιητική αντοχή. Ένα τέτοιο υλικό είναι η **ελαφρόπετρα** (κίσσηρις), που στην Ελλάδα παράγεται στη Σαντορίνη (Κυκλάδες) και στο Γυαλί (Δωδεκάνησος). Η ελαφρόπετρα είναι υλικό ηφαιστειογενές, με όψη σφουγγαριού, που αποτελείται από τραχεία και άλλα παρόμοια σκληρά ορυκτά και πλέει στο νερό, γιατί η φαινόμενη πυκνότητα της είναι μικρότερη από 1 g/cm^3 .

Η εφαρμογή του ελαφρού οπλισμένου σκυροδέματος παρουσιάζει πλεονεκτήματα στις κατασκευές, που έχουν πολύ μεγάλο ύψος. Αν και τα δομικά στοιχεία πρέπει θεωρητικά να έχουν κάπως μεγαλύτερες διαστάσεις, για να αντιμετωπίσουν τη μικρότερη αντοχή και τις μεγαλύτερες παραμορφώσεις του υλικού, το μειονέκτημα αυτό εξουδετερώνεται ή και αντιστρέφεται, όταν σκεφθούμε ότι ένα από τα κυριότερα φορτία είναι το βάρος του ίδιου

του σκυροδέματος, που σε αυτήν την περίπτωση είναι πολύ μικρότερο. Το κυριότερο όμως κέρδος παρουσιάζεται στη θεμελίωση, μια και ολόκληρο το έργο γίνεται πολύ πιο ελαφρό.

Στα ελαφριά σκυροδέματα μπορούμε να περιλάβουμε και τα σκυροδέματα χωρίς λεπτά υλικά. Τα σκυροδέματα αυτά δεν περιέχουν άμμο, αλλά μόνο σκύρα, τσιμέντο και νερό. Είναι αρκετά ελαφρότερα από τα συνηθισμένα και έχουν καλύτερες μονωτικές ικανότητες. Δεν επιτρέπεται όμως να χρησιμοποιούνται για κατασκευή οπλισμένων δομικών στοιχείων, επειδή ο οπλισμός δεν μπορεί να προστατευθεί καλά και υπάρχει κίνδυνος να σκουριάσει.

6.5.5. Επίδραση των καιρικών συνθηκών στο σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα δεν επιτρέπεται να διαστρώνεται με οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Δεν επιτρέπεται π.χ. να διαστρώνεται σκυρόδεμα στο ύπαιθρο κάτω από ραγδαία βροχή, επειδή υπάρχει κίνδυνος να ξεπλυθεί το τσιμέντο. Η απαγόρευση αυτή βέβαια έχει μικρή πρακτική αξία, γιατί έτσι κι αλλιώς, όταν υπάρχουν τέτοιες συνθήκες, η εργασία διακόπτεται κυρίως για την προστασία του προσωπικού.

Απαγορεύεται επίσης να διαστρώνεται σκυρόδεμα σε περίοδο μεγάλου καύσωνα, ή όταν φυσά σφοδρός άνεμος και ιδιαίτερα, όταν είναι ξερός και ζεστός, γιατί με τις συνθήκες αυτές εξατμίζεται γρήγορα το νερό και δεν μπορούν να γίνουν οι χημικές αντιδράσεις, που προκαλούν την πήξη του τσιμέντου. Αν οι συνθήκες αυτές δημιουργηθούν, αφού έχει αρχίσει η διάστρωση, πρέπει να καταβρέχαμε συνέχεια το σκυρόδεμα. Όταν τελειώσει η διάστρωση, πρέπει να το σκεπάσαμε με τσουβάλια, λινάτσες ή παρόμοια υλικά και να τα διατηρούμε υγρά επί δυο - τρία εικοσιτετράωρα, ώσπου να συμπληρωθεί το πήξιμο και να προχωρήσει αρκετά το σκλήρυμα του σκυροδέματος. Η προστασία είναι καλύτερη, αν κατακλύσαμε ολόκληρη την επιφάνεια με νερό, που να έχει βάθος λίγα εκατοστά του μέτρου καινά ανανεώνεται, πριν εξατμισθεί. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται το πήξιμο και το σκλήρυμα του σκυροδέματος και μάλιστα κάτω από ευνοϊκές συνθήκες.

Ο σοβαρότερος εχθρός για το φρέσκο σκυρόδεμα είναι η παγωνιά. Όταν παγώσει το νερό, που βρίσκεται μέσα στο σκυρόδεμα, που μόλις έχει αρχίσει να πήζει, διαστέλλεται απότομα και καταστρέφει τη συνοχή των άλλων υλικών. Συγχρόνως διακόπτονται οι χημικές αντιδράσεις, που προκαλούν το πήξιμο του τσιμέντου, γιατί αυτές προϋποθέτουν ότι υπάρχει νερό σε υγρή κατάσταση. Τα φαινόμενα αυτά παρατηρούνται, όταν η θερμοκρασία κατέβει λίγους βαθμούς κάτω από το 0° C. Αλλά και σε θερμοκρασίες λίγο πάνω από το μηδέν οι αντιδράσεις της πήξεως γ βραδύνονται σημαντικά.

Για τους λόγους αυτούς οι κανονισμοί συμβουλεύουν να μην παρασκευάζεται και διαστρώνεται σκυρόδεμα, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κάτω από τους +5 °C. Ορίζουν ακόμα ότι και τα υλικά, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του σκυροδέματος, δηλαδή αδρανή, τσιμέντο και νερό, πρέπει να έχουν θερμοκρασία πάνω από τους +5 °C.

Συνήθως στην Ελλάδα είναι εύκολο να τηρηθούν αυτοί οι όροι, επειδή το κλίμα είναι γενικά ήπιο. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που χρειάζεται να διαστρωθεί σκυρόδεμα με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Αν η θερμοκρασία κυμαίνεται ανάμεσα στους -3 °C και τους +5°, αρκεί να ζεσταθούν λίγο τα αδρανή υλικά και το νερό, πριν να ανακατευτούν με το τσιμέντο. Πρέπει όμως και η κατασκευή μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος να διατηρείται σε θερμοκρασία τουλάχιστον +5 °C. Αυτό δεν είναι δύσκολο, αν σκεπαστεί καλά το σκυρόδεμα με κάποιο υλικό δυσθερμαγωγό, π.χ. τσουβάλια, άμμο, άχυρα, επειδή, όσο πήζει το τσιμέντο, παράγεται αρκετή θερμότητα, που δεν αφήνει το σκυρόδεμα να κρυώ-

σει. Αν η προστασία αυτή δεν κρίνεται ικανοποιητική, μπορούμε να ανάψουμε και φωτιές σε κατάλληλα σημεία.

Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και απ' τους -3°C , οι εργασίες πρέπει να διακοπούν, εκτός αν ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα προστασίας. Ο χώρος του εργοταξίου πρέπει να περιφραχθεί και να στεγασθεί τελείως και να ζεσταίνεται εντατικά και κατά προτίμηση με ατμό, ώστε να μη μικραίνει και η σχετική υγρασία. Εννοείται ότι και πάλι τα υλικά πρέπει να προθερμαίνονται και η κατασκευή να διατηρείται συνεχώς σε θερμοκρασία πάνω από τους $+5^{\circ}\text{C}$. Με τις συνθήκες αυτές οι εργασίες γίνονται πολύ δαπανηρές. Μόνο λοιπόν σε εντελώς εξαιρετικές περιπτώσεις δικαιολογείται να συνεχίζονται οι εργασίες σε τόσο χαμηλές θερμοκρασίες, τουλάχιστον για το ελληνικό κλίμα.

Το φρέσκο σκυρόδεμα μπορεί να προστατευθεί από την παγωνιά και αν προστεθεί στη μάζα του κάποιο κατάλληλο πρόσμιγμα, π.χ. χλωριούχο αμμώνιο. Η μέθοδος αυτή όμως δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, αν δεν υπάρχει ιδιαίτερος λόγος, επειδή τα προσμίγματα αυτά μειώνουν την αντοχή του σκυροδέματος.

Αν παρόλα τα μέτρα προστασίας, η θερμοκρασία του σκυροδέματος κατεβεί πολύ χαμηλά, πριν αυτό πήξει, η συνοχή του καταστρέφεται και η πήξη του δε γίνεται σωστά. Αυτό μπορεί να συμβεί ακόμα και στις πιο ζεστές περιοχές της Ελλάδας, όπου συχνά σε μια νύχτα η θερμοκρασία πέφτει απότομα κατά δέκα ή και περισσότερους βαθμούς Κελσίου. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, όλος ο όγκος του σκυροδέματος, που υπάρχει υποψία ότι δεν έπηξε καλά ή ότι έπαθε κάποια ζημιά, πρέπει να γκρεμίζεται αμέσως. Καμιά εργασία δεν επιτρέπεται να συνεχισθεί, πριν συμπληρωθεί η καθαίρεση του σκυροδέματος και απομακρυνθούν τα προϊόντα της.

Αντίστοιχα αντιμετωπίζεται και η περίπτωση ζημιάς σε φρέσκο σκυρόδεμα από σεισμό. **Αν σημειωθεί κάποιος ισχυρός σεισμός, πριν περάσουν 48 ώρες** από τη διάστρωση του σκυροδέματος, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να έχουν προκληθεί ανεπανόρθωτες ζημιές. Οι εργασίες θα πρέπει να σταματήσουν για λίγες μέρες, ώστε να περάσει και η επικίνδυνη περίοδος των μετασεισμικών δονήσεων, και στη συνέχεια να ελεγχθεί με κάποιο τρόπο η αντοχή του σκυροδέματος. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι να γίνει ένας τέτοιος έλεγχος επί τόπου, αλλά η ακρίβεια τους είναι περιορισμένη. Αν δώσουν ύποπτα αποτελέσματα, πρέπει να γίνει κανονική δοκιμή σε θλίψη στο εργαστήριο. Για τη δοκιμή αυτή χρησιμοποιούνται δοκίμια (καρότα), που τα παίρναμε από την κατασκευή με ειδικά για το σκοπό αυτό τρυπάνια. Αν αποδειχθεί ότι το σκυρόδεμα δεν έχει την αντοχή, που προβλέπει η μελέτη του έργου, πρέπει να καθαίρεται σε όλη την έκταση, που έχει επηρεασθεί από το σεισμό.

6.5.6 Συντήρηση και προστασία του σκυροδέματος

α) Συντήρηση

Όταν διαστρωθεί το σκυρόδεμα και μορφωθούν οι επιφάνειες του, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι η δουλειά τέλειωσε. Δεν επιτρέπεται να αφηθεί το σκυρόδεμα να πήξει και να σκληρύνει χωρίς φροντίδα. Οι φροντίδες, που έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν τη σωστή πήξη και σκλήρυνση, αποδίδονται με τον όρο συντήρηση του σκυροδέματος και περιλαμβάνουν κυρίως την προσπάθεια να διατηρηθεί το σκυρόδεμα υγρό. Η υγρασία αυτή είναι απαραίτητη, για να γίνονται ομαλά οι χημικές αντιδράσεις, που προκαλούν την πήξη και σκλήρυνση του σκυροδέματος.

Στις συνηθισμένες περιπτώσεις για τη συντήρηση του σκυροδέματος αρκεί αυτό να καταβρέχεται με επιμέλεια κάθε μέρα και επί δυο - τρεις μέρες μετά τη διάστρωση του. Αν ο καιρός είναι ζεστός και ξερός, το κατάβρεγμα πρέπει να γίνεται πιο συχνά και με περισσότερη ποσότητα νερού κάθε φορά. Όταν το σκυρόδεμα πρέπει να αποκτήσει εξαιρετικά υ-

ψηλή αντοχή, η συντήρηση πρέπει να γίνεται με μεγαλύτερη επιμέλεια. Επίσης η συντήρηση πρέπει να γίνεται με ακόμα μεγαλύτερη επιμέλεια και σχολαστικότητα, όταν υπάρχουν ειδικοί λόγοι, που απαιτούν να μην παρουσιασθούν ρωγμές στο σκυρόδεμα, όταν π.χ. το έργο είναι μια δεξαμενή, ένας σωλήνας κ.ο.κ.

Στα εργοστάσια, που κατασκευάζονται προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα, εφαρμόζεται συνήθως μια άλλη μέθοδος για τη συντήρησή τους. Τα δομικά στοιχεία, μόλις διαστρωθεί το σκυρόδεμα, οδηγούνται σε ειδικούς θαλάμους συντηρήσεως, όπου θερμαίνονται με ατμό, και παραμένουν εκεί για λίγες μέρες. Η υψηλή θερμοκρασία επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις, που προκαλούν την πήξη και σκλήρυνση του τσιμέντου, ενώ η υψηλή υγρασία εξασφαλίζει τις ποσότητες του νερού, που είναι απαραίτητες, για να γίνουν οι χημικές αυτές αντιδράσεις.

β) Προστασία.

Οι κατασκευές από σκυρόδεμα χρειάζονται μερικές φορές μια ειδική προστασία από κάποιον εξωτερικό παράγοντα, π.χ. από την υγρασία, την επιφανειακή τριβή, τις ψηλές θερμοκρασίες, διάφορες δραστικές χημικές ουσίες κ.ο.κ. Κατά κανόνα το σκυρόδεμα στις περιπτώσεις αυτές προστατεύεται με κάποια κατάλληλη επικάλυψη, που μπορεί να είναι ένα επίχρισμα, μια πλακόστρωση, ή ακόμα και μια απλή επάλειψη με ένα χρώμα, ένα ασφαλτικό υλικό ή γενικότερα μια κατάλληλη χημική σύνθεση.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που και το ίδιο το σκυρόδεμα πρέπει να αντέχει στους δυσμενείς αυτούς παράγοντες. Μπορεί δηλαδή να χρειάζεται να είναι στεγανό, να αντέχει στις επιφανειακές τριβές ή στη δράση χημικών ουσιών κ.ο.κ. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις το πρώτο, που πρέπει να εξασφαλίζεται, είναι η καλή ποιότητα του σκυροδέματος.

Ένα καλό σκυρόδεμα, που έχει δηλαδή αδρανή υλικά με σωστή κοκκομετρική σύνθεση και μικρό λόγο νερού προς τσιμέντο και που έχει διαστρωθεί, συμπυκνωθεί και συντηρηθεί σωστά, αντέχει πολύ καλύτερα από ένα σκυρόδεμα, που έχει γίνει με λιγότερη προσοχή και επιμέλεια, σε οποιονδήποτε δυσμενή εξωτερικό παράγοντα.

Βέβαια, εκτός από την καλή ποιότητα, χρειάζεται πολλές φορές να προστεθεί στο σκυρόδεμα και κάποιο πρόσμιγμα, για να αυξηθεί η ικανότητα του να αντιμετωπίσει τη συγκεκριμένη καταπόνηση, που προβλέπεται ότι θα υφίσταται κατά τη λειτουργία του έργου. Για να γίνει π.χ. το σκυρόδεμα πιο στεγανό, μπορεί να προστεθεί κάποιο από τα πολλά στεγανωτικά μάζας, που κυκλοφορούν στην αγορά. Για να επιτευχθεί ένα σκυρόδεμα, που να αντέχει στις επιφανειακές τριβές, μπορεί στην τελευταία στρώση να αντικατασταθεί ένα ποσοστό της άμμου με κόκκους από σμύριδα (σφυρίγλι) ή κάποιο άλλο αντιτριβικό υλικό. Αν χρειάζεται το σκυρόδεμα να αντέχει στα οξέα, αν πρόκειται π.χ. να κατασκευαστούν με αυτό σωλήνες αποχετεύσεως για ακάθαρτα νερά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδικό οξύμαχο τσιμέντο.

Η σύνθεση ενός σκυροδέματος, που να μπορεί να αντιμετωπίσει ασυνήθιστες συνθήκες, είναι ένα πρόβλημα πολύ λεπτό. Στις περιπτώσεις αυτές η σύνθεση του σκυροδέματος πρέπει να καθορίζεται στο εργαστήριο μετά από κατάλληλες δοκιμές και μετρήσεις. Αν τελικά στη σύνθεση προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν βιομηχανικά προσμίγματα, η χρήση τους πρέπει να γίνεται με σχολαστικότητα σύμφωνα με τις οδηγίες του παραγωγού.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. EN13031-1. Greenhouses-Design and construction - Part 1: Commercial production Greenhouses, CEN/TC284, December 2001.
2. EN 1990. Eurocode 0 – Basis of structural design, CEN, April 2002.
3. EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures, General actions. Part 1-1: Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002, Part 1-3: Snow loads, CEN, July 2003, Part 1-4: Wind actions, CEN, April 2005, Part 1-5: Thermal actions, CEN, Nov. 2003.
4. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η εφαρμογή των Ευρωκώδικων στη μελέτη των Ελληνικών θερμοκηπίων, Μεταπτ. Διατρ., Τμ. Γεωπ. Φυτ. και Ζωικ. Παρ/γής Παν/μίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μάρτ. 2000, σελ. 215.
5. Θεοχάρης, Μ., 2000. Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 2ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 406-414, Βόλος, Σεπτ. 2000.
6. Θεοχάρης, Μ., 2003. Η Χιονοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες, Πρακτ. 3ου Πανελλ. Συν. Γεωργ. Μηχαν., σελ. 337-344, Θεσ/νίκη, Μαΐος 2003.
7. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές", Άρτα 2000
8. Θεοχάρης Μ.: " Γεωργικές Κατασκευές, Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 2000
9. Θεοχάρης Μ.: " Θερμοκηπιακές Κατασκευές", Άρτα 2000
10. Ιωαννίδης Π. " Οι στέγες στην Οικοδομή " , Αθήνα 1986
11. Αναστασόπουλος Α.: "Γεωργικές Κατασκευές" Αθήνα 1993
12. Beton Kalender 1984: Τόμοι 1 και 2. Μετάφραση στα Ελληνικά , Εκδότης Μ. Γκιούρδας.
13. Βαγιανός Ι. : "Πρακτική των Θερμοκηπίων και των Σηράγγων "
14. Γεωργακάκης Δ. : "Στοιχεία Ρύθμισης Περιβάλλοντος και Σχεδιασμού Αγροτικών Κατασκευών " , Αθήνα 1992
15. Γραφιαδέλλης Μ : "Σύγχρονα Θερμοκήπια" Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1980.
16. Δεϊμέζης Α : " Γενική Δομική " , Τόμοι Ι , ΙΙ , Αθήνα 1992
17. Δούκας Σ. : " Οικοδομική", Αθήνα 1994
18. Ευσταθιάδης Α. : " Θερμοκήπια Στοιχεία Κατασκευής, Λειτουργίας και Καλλιέργειας"
19. Μαυρογιαννόπουλος Γ. : " Θερμοκήπια " , Εκδοση Γ' , Αθήνα 2001
- Μπουρνιά Ε. : "Αγροτικά Κτίρια " , Έκδοση Ο.Ε.Δ.Β. , Αθήνα 1995

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Γεωργικές και Θερμοκηπιακές Κατασκευές (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου. Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG109/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ