



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΤΟΜΟΣ Α'

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Αγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπετσιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώπης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηιωάννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παππάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χρυσόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρούσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταματίου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ. Σωτ. Γκλαβάς (1989-1993), Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

I ΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

ΑΝΤΩΝΙΟΥ Α. ΛΕΓΑΚΗ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ -- ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.

ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΑΘΗΝΑ
1997





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός του τεχνικού είναι να επιλέξει για κάθε συγκεκριμένο έργο εκείνο το υλικό, που θα αποδώσει περισσότερο, όταν ενσωματωθεί στο έργο αυτό, που θα αντισταθεί καλύτερα στις εξωτερικές επιδράσεις του περιβάλλοντος και που θα είναι φθηνότερο, από όλα υλικά με τις ίδιες περίπου ιδιότητες.

Η διδασκαλία των δομικών υλικών, των υλικών δηλαδή από τα οποία αποτελείται κάθε τεχνικό έργο (οικοδομή, εκκλησία, κτήριο εργοστασίου, οδός, αεροδρόμιο, γέφυρα, λιμάνι, διώρυγα, υδραγωγείο, φράγμα κλπ.) παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες. Οι δυσκολίες αυτές οφείλονται κυρίως στην πληθώρα των ειδών που κυκλοφορούν στο εμπόριο, στη μεγάλη ποικιλία αυτών και στο μεγάλο αριθμό των πρώτων υλών από τα οποία κατασκευάζονται.

Κατά συνέπεια, μια απλή περιγραφή των εξωτερικών χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων των πολυπληθών αυτών υλικών ελάχιστα θα βοηθούσε τον τεχνικό, ο οποίος, για να πετύχει το σκοπό του, θα πρέπει να γνωρίζει:

- Ποιοι είναι οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν ένα τεχνικό έργο και κατ' επέκταση και τα υλικά από τα οποία αποτελείται αυτό.
- Ποια πρέπει να είναι τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες ενός υλικού για να μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς κάθε ένα από τους πιο πάνω παράγοντες.
- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες των υλικών που υπάρχουν στην αγορά.
- Ποιο είναι το κόστος των διατιθεμένων υλικών.

Η διάρθρωση του παρόντος βοηθήματος ακολουθεί σε γενικές γραμμές τις απαιτήσεις που αναφέραμε πιο πάνω.

Στην Εισαγωγή αναφέρονται οι εξωτερικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τα υλικά, όταν ενσωματωθούν σ' ένα τεχνικό έργο, οι ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά αυτά, ώστε να αντισταθούν με επιτυχία στις παραπάνω επιδράσεις και λίγα λόγια για την τυποποίηση και προτυποποίησή τους, η οποία διευκολύνει πολύ την εκλογή του καταλληλότερου για κάθε περίπτωση. Η διαίρεση της διδακτέας ύλης σε κεφάλαια έγινε με βάση ή την πρώτη ύλη από την οποία κατασκευάζονται τα υλικά (φυσικοί λίθοι, λίθινα προϊόντα, υλικά από ξύλο), ή μια γενική ιδιότητα (συγκολλητικές ύλες, κονιάματα, τεχνητοί λίθοι, πλαστικά υλικά). Μόνο στο τελευταίο κεφάλαιο, περί χρωμάτων, ελήφθη υπόψη ο προσρισμός των υλικών αυτών, επειδή αυτά δεν προέρχονται από μία μόνο πρώτη ύλη και δεν παρουσιάζουν καμιά κοινή ιδιότητα.

Σε κάθε κεφάλαιο δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στις ιδιότητες, που εκδηλώνουν τα υλικά κάθε κατηγορίας και στις μεθόδους ελέγχου των ιδιότητών τους και του προσδιορισμού του βαθμού εκδηλώσεως αυτών. Αναλυτικότερα αναπτύχθηκαν οι εργοταξιακές μέθοδοι, γιατί με αυτές κυρίως θα ασχοληθεί ο τεχνικός βοηθός.

Οι μέθοδοι κατασκευής των υλικών, εφόσον εφαρμόζονται στο εργοστάσιο και όχι στο εργοτάξιο, καταχωρίθηκαν με ψιλά γράμματα. Οι παράγραφοι αυτές είναι σκόπιμο να αναγνωσθούν από τους μαθητές χωρίς να αποτελούν αντικείμενο υποχρεωτικής διδασκαλίας και εξετάσεως.

Εγίνε προσπάθεια αποφυγής των ξηρών περιγραφών της μορφής και των λοιπών εξωτερικών χαρακτηριστικών των υλικών. Αντίθετα υπάρχουν πολλά σχήματα και εικόνες, για να καταστεί περισσότερο εποπτική η διδασκαλία. Το βιβλίο αυτό είναι όσο το δυνατόν πιο πλήρες, γιατί τα δομικά υλικά βρίσκονται σε πλήρη ανάπτυξη και καθημερινά νέα διοχετεύονται στην αγορά.

Τέλος στο βιβλίο περιέχονται αρκετοί πίνακες, που δίνουν πληροφορίες για τη μορφή, τις διαστάσεις και τις ιδιότητες των διατιθεμένων σήμερα υλικών. Οι πίνακες αυτοί έχουν ως σκοπό την παροχή στοιχείων, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν είτε σε εργαστηριακές ασκήσεις, που ευχής έργο θα ήταν να θεσπισθούν για το μάθημα των δομικών υλικών, είτε στην πράξη, όταν ο τεχνικός βοηθός θα εργασθεί στο εργοτάξιο μετά την αποφοίτησή του.

Την Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου ευχαριστώ για την ανάθεση της συγγραφής καθώς και για τις καταβληθείσες προσπάθειες, ώστε το βιβλίο να γίνει όσο το δυνατόν πιο άρτιο από κάθε άποψη.

Ο συγγραφέας

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

0.1 Χαρακτηρισμός και μελέτη των δομικών υλικών.

Τα υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστεί και να τεθεί σε λειτουργία ένα τεχνικό έργο ονομάζονται δομικά υλικά.

Ο όρος "δομικός" προέρχεται από το ρήμα "δομώ", που σημαίνει κτίζω, δηλαδή τοποθετώ με κάποια τάξη υλικά το ένα επάνω ή δίπλα στο άλλο, ώστε τελικά να προκύψει κατασκεύασμα ορισμένης μορφής και διαστάσεων. Βέβαια υπάρχουν υλικά, που δεν "κτίζονται" με τη στενή σημασία του όρου (π.χ. τα κονιάματα και τα χρώματα). Επειδή όμως είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του τεχνικού έργου, περιλαμβάνονται και αυτά στην κατηγορία των δομικών υλικών.

Τεχνικό έργο ονομάζομε οποιαδήποτε κατασκευή, η οποία:

1) Εκπληρώνει ένα συγκεκριμένο σκοπό,

2) στηρίζεται επάνω σε στερεό στρώμα του φλοιού της γης ή είναι συνδεμένη με αυτό με οποιονδήποτε τρόπο, ανεξάρτητα από το βάθος που βρίσκεται το στρώμα αυτό, και

3) μπορεί να υποστεί ακίνδυνα διάφορες επιδράσεις από το περιβάλλον και να μεταβιβάσει στο έδαφος τις δυνάμεις, οι οποίες ενεργούν επάνω σ' αυτό.

Παραδείγματα τεχνικών έργων είναι:

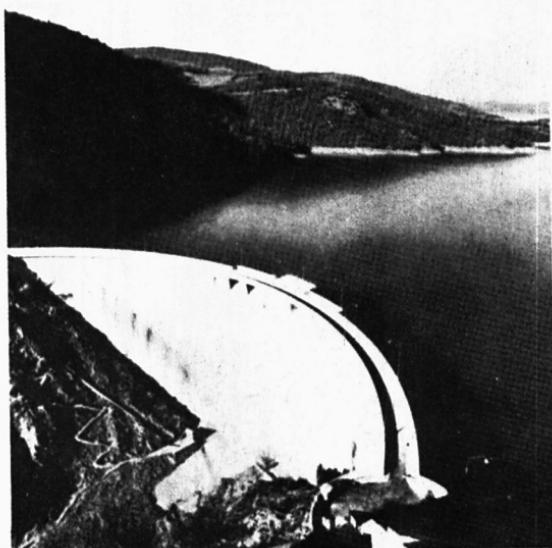
– Ο τοίχος αντιστηρίζεως (σχ. 0.1α). Δέχεται τις ωθήσεις της γης, που βρίσκεται πίσω του και τις μεταβιβάζει μέσω του θεμελίου του στο έδαφος. Έχει ως προορισμό την συγκράτηση αυτής της γης.

– Το φράγμα μιας τεχνητής λίμνης (σχ. 0.1β). Είναι και αυτό τοίχος, ο οποίος δέχεται τις πιέσεις του νερού. Σκοπός της κατασκευής του είναι η δημιουργία λίμνης και η διατήρηση της στάθμης του νερού (ύδατος) σε ορισμένο ύψος, ώστε να επιτευ-



Σχ. 0.1α.

Τοίχοι αντιστηρίξεως στην είσοδο σήραγγας στην οδό Αγρινίου-Ιωαννίνων.



Σχ. 0.1β.

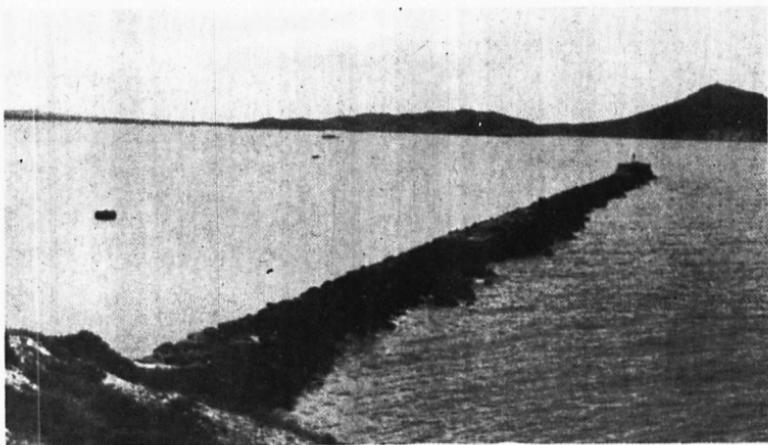
Το φράγμα του Υδροηλεκτρικού Σταθμού Ταυρωπού.

χθεί η άρδευση χαμηλοτέρων περιοχών ή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχ. 0.1γ.

Κρηπίδωμα λιμανιού. Αποβάθρα επιβατηγών πλοίων λιμανιού. Λιμάνι Σύρου.



Σχ. 0.1δ.

Λιμενοβραχίονας προστασίας λιμανιού από τα κύματα. Λιμάνι Νάξου.

– Επίσης τεχνικά έργα είναι το κρηπίδωμα (σχ. 0.1γ) ή ο λιμενοβραχίονας (κυματοθραύστης) ενός λιμανιού (σχ. 0.1δ). Τα έργα αυτά μοιάζουν με τοίχους αντιστηρίξεως, αλλά δέχονται άλλου είδους δυνάμεις και εκπληρώνουν διαφορετικούς σκοπούς.

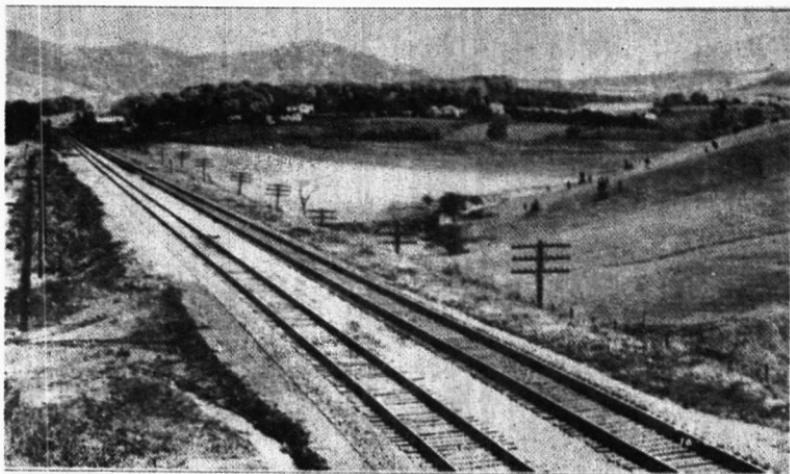


Σχ. 0.1ε.
Αστική οδός.

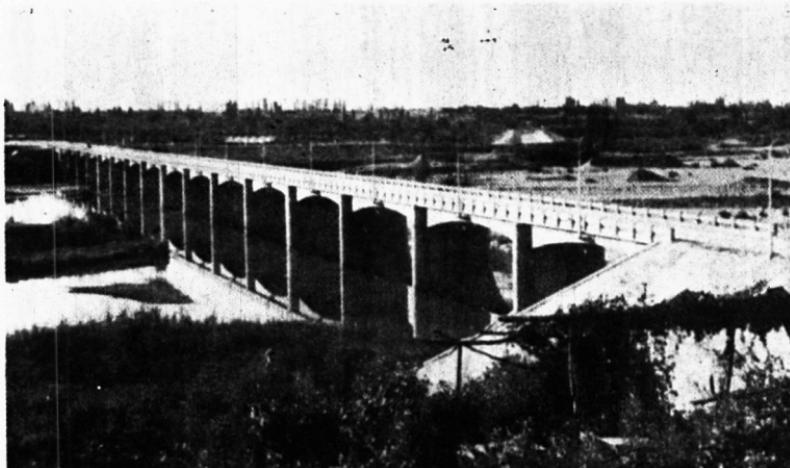


Σχ. 0.1στ.
Υπεραστική οδός. Τμήμα οδού Αθηνών-Λαμίας.

– Η οδός μιας πόλεως (σχ. 0.1ε) ή μία υπεραστική οδός (σχ. 0.1στ).



Σχ. 0.1ζ.
Σιδηροδρομική γραμμή.



Σχ. 0.1η.
Οδογέφυρα υπεράνω ποταμού. Γέφυρα του Αλιάκμονα.

- Η σιδηροδρομική γραμμή (0.1ζ).
- Η γέφυρα επάνω από ένα ποταμό, ένα χείμαρρο ή μια οδό (σχ. 0.1η και 0.1θ).
- Τα κτήρια γενικά (π.χ. οικίες, εργοστάσια, σχολεία κλπ.) (σχ. 0.1ι και 0.1ια).

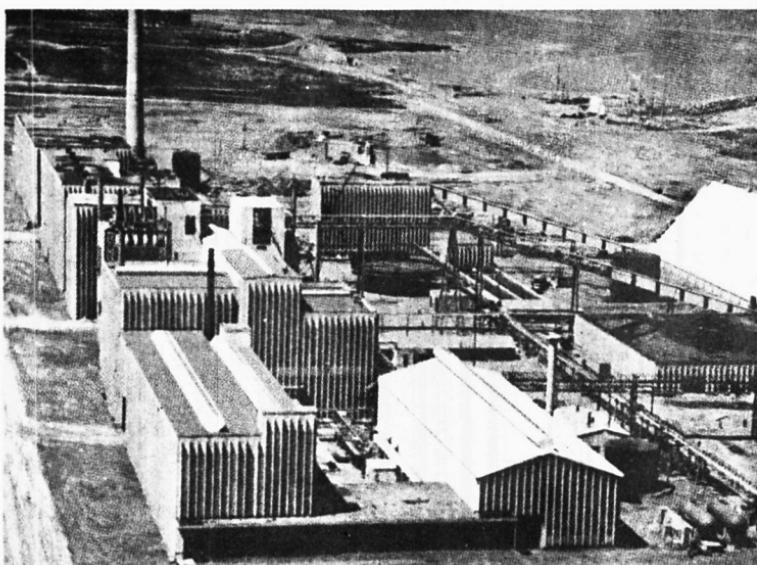


Σχ. 0.10.

Σιδηροδρομική γέφυρα της γραμμής Αθηνών-Λαρίσης στον Ασωπό.



Σχ. 0.11.
Κτήριο κατοικίας.



Σχ. 0.1α.
Κτήρια εργοστασίου.

Αντίθετα δεν θεωρούνται τεχνικά έργα, και επομένως δεν πρόκειται να μας απασχολήσουν με τα υλικά κατασκευής τους, τα μηχανήματα, τα αυτοκίνητα, τα πλοία, τα αερoplάνα κ.ά. Αυτά είναι συνήθως κινητά και δέχονται δυνάμεις διαφορετικής φύσεως από ό,τι τα παραπάνω τεχνικά έργα (δυναμικές φορτίσεις).

0.2 Προορισμός των τεχνικών έργων - Απαιτήσεις.

Η κατασκευή ενός τεχνικού έργου έχει σκοπό πάντοτε την άμεση ή έμμεση κάλυψη μιας ανάγκης του ανθρώπου. Η οδός ή η σιδηροδρομική γραμμή π.χ. συνδέει τις κατοικημένες περιοχές, βοηθάει στην ανάπτυξη του εμπορίου και του τουρισμού και φέρνει σε στενότερη επικοινωνία τους ανθρώπους των διαφόρων οικισμών.

Ο σκοπός, για τον οποίο κατασκευάσθηκε ένα τεχνικό έργο, θα επιτευχθεί πλήρως, εάν αυτό λειτουργήσει καλά και εάν τα έξοδα για την κατασκευή και τη συντήρησή του περιορισθούν στο ελάχιστο.

Κάθε τεχνικό έργο κατασκευάζεται με ένα ή, συνήθως, με περισσότερα δομικά υλικά. Τα υλικά αυτά συνδυάζονται κατάλληλα και τοποθετούνται με ορισμένη τάξη, ώστε τελικά το έργο να λάβει τις διαστάσεις που έχουν προκαθορισθεί από τη μελέτη. Επομένως η επιτυχία του έργου αυτού –λειτουργική και οικονομική– θα έχαρτηθεί άμεσα, εκτός από την επιτυχή τεχνική μελέτη, από την καταλληλότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν και την ορθή χρήση τους.

Με τους κανόνες, που διέπουν τους συνδυασμούς των υλικών για την κατασκευή του έργου και τους τρόπους και μεθόδους της τοποθετήσεώς τους ασχολείται η "Οικοδομική".

Με την περιγραφή των υλικών, τις μεθόδους παρασκευής τους, τις ιδιότητες και τον έλεγχο αυτών ασχολείται η "Τεχνολογία των Δομικών Υλικών", η οποία αποτελεί και το αντικείμενο αυτού του βιβλίου.

0.3 Επιλογή των δομικών υλικών.

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού ή συνδυασμού υλικών για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση τεχνικού έργου δεν είναι εύκολη. Απαίτείται πλήρης γνώση των ιδιοτήτων των υλικών και της συμπεριφοράς τους μετά την ενσωμάτωσή τους στο έργο, καθώς και πλήρης γνώση του περιβάλλοντος. Αναλυτικότερα πρέπει να ληφθούν υπόψη:

1) Οι εξωτερικές επιδράσεις, που δρουν επάνω στο τεχνικό έργο και κατά συνέπεια επάνω στα υλικά, από τα οποία είναι κατασκευασμένο. Π.χ. οι θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος, η υγρασία, ο παγετός, το ηλιακό φως, οι χημικοί παράγοντες, το ίδιο βάρος των υλικών, οι ωθήσεις της γης, η πίεση του νερού (ύδατος), τα βάρη αντικειμένων, μηχανημάτων, ανθρώπων, βιομηχανικών ή γεωργικών προϊόντων και ο σεισμός, είναι μερικές από αυτές τις επιδράσεις. Λεπτομερέστερη ανάπτυξη θα γίνει στην παράγραφο 0.5.

2) Ο τρόπος, που αντιδρούν τα δομικά υλικά στις εξωτερικές επιδράσεις. Κάθε υλικό αντιδρά με διαφορετικό τρόπο, παρουσιάζει δηλαδή μεγαλύτερη ή μικρότερη αντοχή σ' αυτές. Π.χ. το ξύλο, που είναι ελαφρότερο από το χάλυβα (έχει μικρότερο ειδικό βάρος), αντέχει λιγότερο από αυτόν στις εξωτερικές

δυνάμεις (θλίψεως, εφελκυσμού κλπ.), αλλά παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση. Ανάπτυξη των ιδιοτήτων των δομικών υλικών θα γίνει στις παραγράφους 0.9 ώς 0.13.

3) Οι οικονομικοί παράγοντες, δηλαδή η τιμή αγοράς του υλικού, η ευκολία και η ταχύτητα μεταφοράς του στον τόπο εκτελέσεως του έργου, η ύπαρξη επαρκών αποθεμάτων στην αγορά, τα έξοδα συντηρήσεως και προστασίας του μετά την ενσωμάτωση στο τεχνικό έργο κ.ά.

Σε πολλές περιπτώσεις ο οικονομικός παράγοντας αποτελεί το αποφασιστικό στοιχείο για την επιλογή ενός υλικού.

0.4 Η εξέλιξη των δομικών υλικών.

Είναι άμεσα συνδεμένη με την εξέλιξη του ανθρώπου. Η προστασία του από τις ατμοσφαιρικές επιδράσεις π.χ. βροχή, άνεμος, ψύχος, και από τις επιθέσεις των θηρίων, υπήρξαν οι κύριες αιτίες που ανάγκασαν τον άνθρωπο να κατασκευάσει το πρώτο τεχνικό έργο, την οικία του. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποίησε λίθους και ξύλα, όπως τα εύρισκε στη φύση. Αργότερα με την επινόηση και τη βελτίωση εργαλείων από μέταλλα (χαλκό και σίδηρο), άρχισε η επεξεργασία των υλικών αυτών και ιδιαίτερα του λίθου (της πέτρας).

Σήμερα σώζονται λίθινες κατασκευές μεγάλης τεχνικής τελειότητας. Τείχη φρουρίων και ακροπόλεων (σχ. 0.4α), γέφυρες, υδραγωγεία, μεγάλα δημόσια κτήρια, ναοί (σχ. 0.4β) ηλικίας χιλιάδων ετών, προκαλούν και σήμερα το θαυμασμό για την τεχνική τους τελειότητα.

Το ξύλο χρησιμοποιήθηκε επίσης εντατικά, κυρίως για την κατασκευή της στέγης των οικιών και των ναών, μικρών γεφυρών και οδοστρωμάτων.

Ελάχιστες όμως ξύλινες κατασκευές διατηρήθηκαν μέχρι σήμερα, λόγω κυρίως της μίκρης αντοχής τους στις εξωτερικές επιδράσεις.

Επίσης χρησιμοποιήθηκε από παλαιά ως δομικό υλικό και το χώμα, που περιείχε άργιλο, δηλαδή ο πηλός. Αρχικά με μορφή κονιάματος (λάσπη) για το γέμισμα των κενών, που εδημιουργούντο σε κατασκευές από ακατέργαστο λίθο ή ξύλο. Αργότερα ο πηλός με κατάλληλη επεξεργασία βελτιώθηκε ποιοτικά και με μορφή πρίσματος, ως ωμή πλίνθος, για πολλούς αιώνες ήταν το σπουδαιότερο δομικό υλικό, ιδίως όπου σπάνιζαν οι λίθοι. Τέλος με το ψήσιμο (όπτηση) του πηλού επετεύχθει η παρασκευή υλικών ανώτερης ποιότητας, τα οποία μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται σε

πολλές εφαρμογές, ως π.χ. οπτόπλινθοι (τούβλα), κεραμίδια (κέραμοι), πλάκες.

Ο λίθος, τα ξύλα και η οπτή άργιλος αποτέλεσαν τα βασικά δομικά



Σχ. 0.4α.

Τείχος με ογκόλιθους.

Η ακρόπολη των Μυκηνών με την πύλη των Λεόντων.

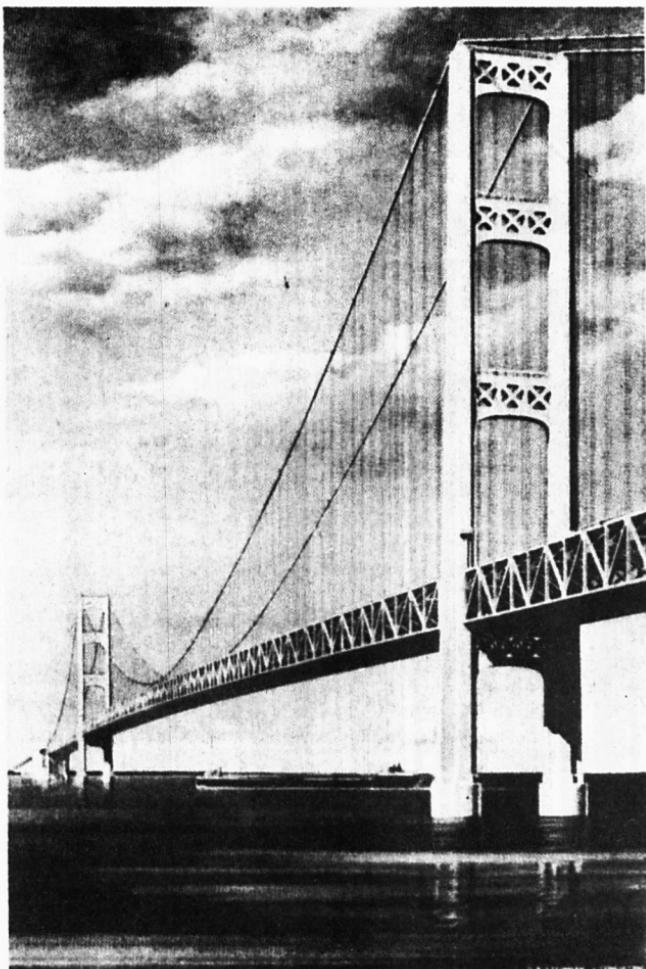


Σχ. 0.4β.

Μαρμάρινο θύρωμα του ναού του Απόλλωνα στη Νάξο.
Αποτελείται από μονόλιθους μήκους 6,0 m περίπου και βάρους 20 t.

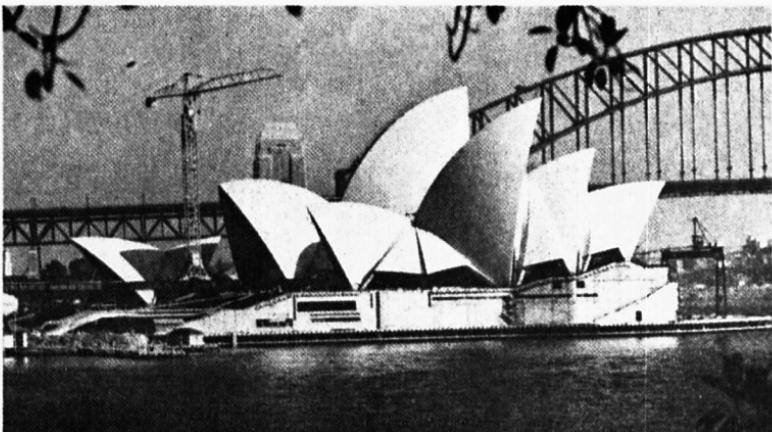
υλικά μέχρι τα μέσα του περασμένου αιώνα. Από τότε εμφανίζονται, λόγω της ανακαλύψεως νέων πηγών ενέργειας (άνθρακας-ατμός, ηλεκτρική ενέργεια, πετρέλαιο) νέα δομικά υλικά. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

– Ο σίδηρος, αρχικά με μορφή χυτοσιδήρου, αργότερα ως χάλυβας κοινός, τέλος δε ως χάλυβας υψηλής αντοχής. Μεγάλα τεχνικά έργα, τα οποία ούτε μπορούσαν να φανταστούν οι μηχανικοί πριν από εκατό χρόνια, κατασκευάζονται από χάλυβα, όπως π.χ. γέφυρες με άνοιγμα πάνω από 1200 m (σχ. 0.4γ) και κτήρια ύψους πάνω από 300 m.



Σχ. 0.4γ.

Σιδερένια γέφυρα. Η κρεμαστή γέφυρα Mackinac στις ΗΠΑ.



Σχ. 0.4δ.

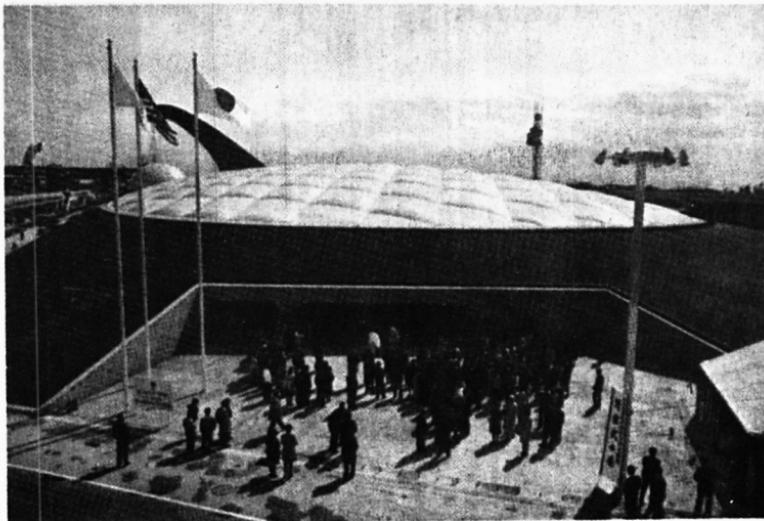
Έργο από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το αξιοπερίεργο κτήριο της όπερας του Σίδνευ στην Αυστραλία.

— Το τσιμέντο, που χρησιμοποιείται ως συνδετική ύλη, όπως ο ασβέστης, αλλά με πολύ καλύτερες συγκολλητικές ιδιότητες από αυτόν. Κατασκευάσθηκαν τεχνητοί λίθοι από τσιμέντο, άμμο και χαλίκια διαφόρων μορφών και διαστάσεων. Με ενσωμάτωση δε σιδερένιων ράβδων μέσα σ' αυτά κατασκευάσθηκε το οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα τελευταία πενήντα χρόνια το άσπλο και το οπλισμένο σκυρόδεμα αποτέλεσαν το κατ' εξοχήν δομικό υλικό σε όλα σχεδόν τα είδη των τεχνικών έργων (σχ. 0.4δ).

— Τα πλαστικά, που είναι τα νεότερα από τα δομικά υλικά, εμφανίσθηκαν μόλις πριν από 60 χρόνια. Είναι προϊόντα της χημικής βιομηχανίας και οι δυνατότητές τους στο πεδίο της δομικής φαίνεται ότι είναι απεριόριστες (σχ. 0.4ε).

Σήμερα εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται τόσο τα παλιά δομικά υλικά, [πέτρες, ξύλα, τούβλα (οπτόπλινθοι)], όσο και τα νεότερα (σίδηρος, σκυρόδεμα, πλαστικά). Συνδυάζονται όμως μεταξύ τους κατά τόσο πολλούς τρόπους, ώστε εμφανίζεται στην αγορά πλήθος υλικών, το οποίο συνεχώς αυξάνεται. Το γεγονός αυτό δυσκολεύει ακόμη περισσότερο την επιλογή του καταλληλότερου υλικού για κάθε περίπτωση. Απαραίτητο είναι επομένως να γνωρίζομε τις ιδιότητες των αρχικών υλικών, από τα οποία προέρχονται τα σύνθετα.



Σχ. 0.4ε.

Στέγη από πλαστικό υλικό ανοίγματος περίπου 120 m.
Περίπτερο ΗΠΑ. στην παγκόσμια έκθεση του 1970 στην Osaka.

0.5 Εξωτερικοί παράγοντες που επιδρούν στα δομικά υλικά.

Όπως είναι γνωστό (§ 0.3), επάνω στο τεχνικό έργο επιδρούν εξωτερικοί παράγοντες, που προέρχονται από το περιβάλλον του έργου. Αυτοί οι παράγοντες αποτελούν τις κυριότερες αιτίες φθοράς του έργου και συντομεύσεως του χρόνου ζωής του. Γι' αυτό πρέπει να αντιμετωπισθούν με επιτυχία, ώστε το έργο να επιτελέσει πλήρως τον προορισμό του.

Είναι απαραίτητο λοιπόν για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, να προσδιορισθούν και να μελετηθούν, πριν από κάθε άλλη ενέργεια, οι εξωτερικοί παράγοντες, που υφίστανται στην περιοχή του τεχνικού έργου.

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες εξωτερικών παραγόντων:

- α) *Φυσικοί και μηχανικοί.*
- β) *Χημικοί.*
- γ) *Οργανικοί.*

Στην πρώτη ανήκουν μεταξύ των άλλων η θερμότητα και το ψύχος, ο άνεμος, το νερό (ύδωρ), καθώς και διαφόρων ειδών δυνάμεις, που ενεργούν επάνω στο έργο.

Χημικοί παράγοντες είναι τα διάφορα οξέα, τα οποία βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, τα διάφορα άλατα, που είναι διαλυμένα μέσα στο νερό, και γενικά οι όποιες χημικές ουσίες βρίσκονται σε επαφή με το έργο λόγω λειτουργικής ανάγκης, όπως συμβαίνει π.χ. σε δεξαμενές χημικών προιόντων.

Τέλος, στους οργανικούς παράγοντες περιλαμβάνονται διάφοροι μύκητες, που αναπτύσσονται σε σκιερό και υγρό περιβάλλον, καθώς και διάφοροι μικροοργανισμοί, οι οποίοι κολλάνε στα ύφαλα ενός έργου μεταξύ ανώτατης και κατώτατης στάθμης του νερού.

0.6 Φυσικοί και μηχανικοί παράγοντες.

Πιο κάτω εξετάζονται μόνο οι σπουδαιότεροι.

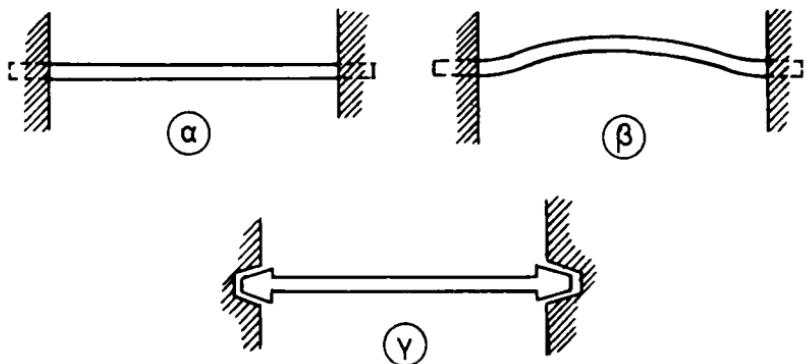
1ον. Θερμότητα.

Επιδρά με διαφόρους τρόπους στα διάφορα υλικά.

– Η αύξηση και η ελάττωση της θερμοκρασίας κατά την ημέρα και τη νύκτα, όπως είναι γνωστό, προκαλεί διαστολές και συστολές σε όλα τα υλικά. Έτσι δημιουργείται μια συνεχής κίνηση στα μόρια τους.

Όταν οι θερμοκρασιακές διαφορές ημέρας-νύκτας είναι μεγάλες και η συνοχή των μορίων του υλικού δεν είναι ισχυρή, όπως συμβαίνει π.χ. στους λίθους, τότε η κίνηση που προκαλείται, μπορεί να επιφέρει τη βαθμιαία αποσάθρωση του υλικού. Όταν όμως το υλικό έχει μεγάλη συνοχή, όπως π.χ. τα μέταλλα, τότε δεν προκαλείται αποσάθρωση. Παρεμποδίζεται όμως η συνεργασία του με υλικά, που έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής καταστρέφονται δηλαδή τα σημεία, στα οποία στηρίζεται το υλικό ή καταστρέφεται το ίδιο το υλικό. Π.χ. κοινό ελαιόχρωμα επάνω σε σιδερένιες επιφάνειες, που είναι εκτεθειμένες στο ύπαιθρο, δεν διατηρείται για πολύ. Αποφλοιώνεται μετά από λίγο χρόνο και τελικά πέφτει. Επίσης ράβδος σιδερένια πακτωμένη σε δύο αμετακίνητα στηρίγματα (σχ. 0.6α) είναι δυνατόν να κυρτωθεί, εάν υψωθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή να καταστραφούν τα σημεία στηρίξεως της, εάν ελαττώθει η θερμοκρασία.

– Εκτός από την αυξομείωση, και οι πολύ υψηλές ή πολύ



Σχ. 0.6α.

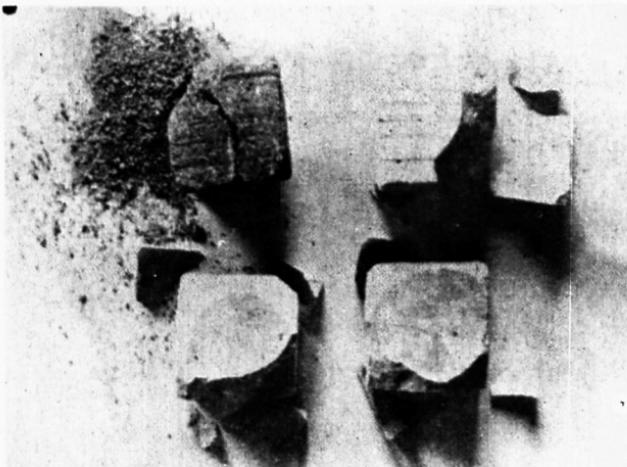
Επιρροή των θερμοκρασιακών μεταβολών του περιβάλλοντος σε σιδερένια ράβδο πακτωμένη σε ακλόνητα στηρίγματα. α) Οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος και ράβδου είναι ίσες κατά την στιγμή της πακτώσεως της ράβδου. β) Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται και συνεπώς αυξάνεται και η θερμοκρασία της ράβδου. Η ράβδος δεν μπορεί να διασταλεί ελεύθερα λόγω των ακλονήτων στηρίγμάτων και κυρτώνεται. γ) Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ελαττώνεται. Η ράβδος συστέλλεται και ξεκολλάει από τα στηρίγματα ή τα καταστρέφει.

χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν μείωση των διαφόρων ιδιοτήτων των υλικών, και μπορεί να επιφέρουν και την τέλεια καταστροφή του, όταν υπερβούν ένα ορισμένο σημείο για κάθε υλικό.

Υψηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται σε ορισμένα βιομηχανικά έργα, όπως π.χ. σε καπνοδόχους, καμίνους ψησίματος (οπτήσεως) πλίνθων, καμίνους ψησίματος (οπτήσεως) ασβεστολίθων για την παραγωγή ασβέστη, καθώς και σε περίπτωση πυρκαγιάς. Σε περίπτωση πυρκαγιάς η δοκιμασία των υλικών, κυρίως των ψαθυρών (λίθοι, τούβλα, επιχρίσματα), είναι ακόμη μεγαλύτερη, γιατί ενώ βρίσκονται κάτω από την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών, δέχονται απότομα το ρεύμα του ψυχρού νερού από τις πυροσβεστικές αντλίες. Η απότομη ψύξη προκαλεί σοβαρές καταστροφές στα υλικά αυτά (σχ. 0.6β).

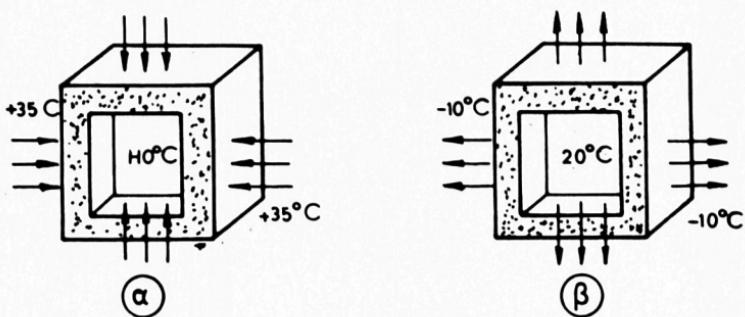
Πολύ χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται σε ψυχρά κλίματα τους χειμερινούς μήνες ή σε θαλάμους καταψύξεως και επιηρεάζουν ορισμένα υλικά, κυρίως τα πλαστικά.

- Η θερμότητα επιδρά στα υλικά και με άλλο τρόπο. Έχει δηλαδή την ικανότητα να διαπερνά ένα σώμα, όταν υπάρχει δια-



Σχ. 0.66.

Αποτέλεσμα απότομης ψύξεως λίθων που θερμάνθηκαν σε υψηλές θερμοκρασίες. Το δοκίμιο πάνω αριστερά στην εικόνα είναι αμμόλιθος. Με απλή πίεση των δακτύλων θρυμματίζεται αμέσως. Τα άλλα τρία δοκίμια είναι ασβεστόλιθοι.



Σχ. 0.6γ.

Η θερμότητα κινείται από χώρους υψηλοτέρων θερμοκρασιών προς χώρους χαμηλοτέρων θερμοκρασιών, αφού περάσει μέσα από τα τοιχώματα. Η κίνηση σταματά, όταν οι θερμοκρασίες εξισορροπηθούν.

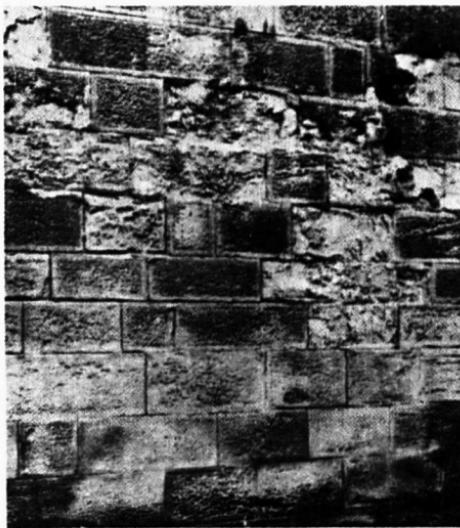
φορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο απέναντι επιφανειών του. Π.χ. ένας τελείως κλειστός χώρος με τοιχώματα από λίθους ή τούβλα, ξύλο ή μέταλλο, τείνει να αποκτήσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντός του, εφόσον αυτή είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από τη θερμοκρασία αυτού του κλειστού χώρου (σχ. 0.6γ). Ο χρόνος, που θα απαιτηθεί για να εξισορροπήσουν οι

θερμοκρασίες, εξαρτάται από τη θερμοαγωγιμότητα του υλικού [§ 0.10 (6ον)] και από το πάχος του.

Την ιδιότητα αυτή της θερμότητας πρέπει να την σκεψθούμε σοβαρά σε έργα, όπου πρέπει να διατηρηθούν σταθερές θερμοκρασίες μέσα στο χώρο που περικλείουν (όπως π.χ. κατοικίες, ψυκτικοί χώροι, κ.ά.). Ανάλογη πρέπει να είναι και η επιλογή των υλικών.

2ον. Άνεμος.

Η επίδραση του ανέμου στα υλικά είναι μηχανική και εκδηλώνεται ως εξής: ο άνεμος μεταφέρει μικρούς κόκκους άμμου, οι οποίοι κτυπούν με ταχύτητα τις εκτεθειμένες επιφάνειες των έργων και προκαλούν χαλάρωση των εξωτερικών μορίων. Τα μόρια αυτά με την πάροδο του χρόνου πέφτουν και δημιουργείται έτσι νέα επιφάνεια, που υπόκειται και αυτή στη δράση του ανέμου (σχ. 0.6δ). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι αρχαίοι ναοί της Αιγύπτου. Οι προς την έρημο πλευρές τους, από όπου πνέει ο άνεμος, έχουν καταστραφεί σε μεγάλο βαθμό, ενώ οι



Σχ. 0.6δ.

Μηχανική δράση του ανέμου.

Οι κόκκοι της άμμου μεταφέρονται με τον άνεμο και προσκρούουν με ταχύτητα επάνω στα έργα προκαλώντας επιφανειακές φθορές.

πλευρές που βρίσκονται στην αντίθετη κατεύθυνση είναι σχεδόν ανέπαφες.

Επίσης ο άνεμος δρα μηχανικά, γιατί δημιουργεί δυνάμεις, που εξασκούνται επάνω στα τεχνικά έργα και έτσι πιέζουν τα υλικά, από τα οποία έχουν κατασκευασθεί. Η δύναμη του ανέμου, που ασκείται σε ένα έργο, λέγεται ανεμοπίεση.

Πρέπει επομένως να μελετηθούν οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή εκτελέσεως του έργου και να προσδιορισθεί η ταχύτητά τους και από αυτήν η ανεμοπίεση. Έτσι, είναι δυνατόν να αποφευχθούν οι καταστροφές, που προκαλούνται στα τεχνικά έργα από τους ανέμους.

Το μέτρο της ανεμοπίεσεως για τις ελληνικές συνθήκες και για απλά έργα παρέχεται στον πίνακα 0.6.1.

3ον. Νερό (ύδωρ).

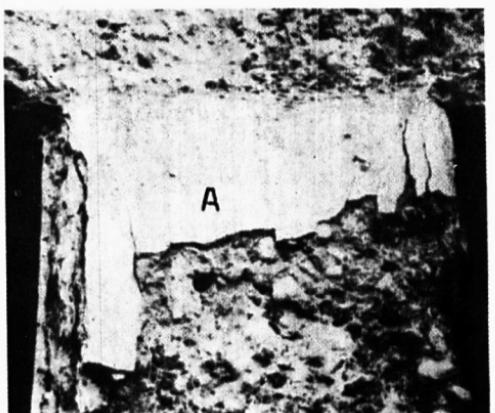
Αυτό επιδρά μηχανικά, όταν πέφτει σε εκτεθειμένες επιφάνειες ως βροχή και απομακρύνει τους χαλαρούς κόκκους. Η βροχή σε συνδυασμό με τον άνεμο δρουν πολύ ενεργητικά επάνω σε μεγάλο αριθμό υλικών με μικρή συνοχή.

Επίσης μηχανικά επιδρά το νερό και σε πορώδη υλικά π.χ. λίθους, τούβλα, σκυρόδεμα, ως εξής:

Τα πορώδη υλικά παρουσιάζουν αρκετά κενά στη μάζα τους [§ 0.10 (1ov)], όσο συμπαγή και αν είναι. Στα κενά αυτά εισχωρεί το νερό. Εάν εμφανισθούν χαμηλές θερμοκρασίες, τότε το νερό ψύχεται (παγώνει) και διαστέλλεται, με αποτέλεσμα τη διάρρηξη του υλικού στις περισσότερες περιπτώσεις.

Η δύναμη, που ασκείται από τη διαστολή του πάγου είναι εξαιρετικά μεγάλη, υπολογίζεται δε ως εξής: Όπως είναι γνωστό, όταν μία ποσότητα νερού ψυχθεί, αυξάνεται ο όγκος αυτής κατά 9%. Π.χ. μία ποσότητα νερού με όγκο 1000 cm^3 όταν ψυχθεί, αποκτάει όγκο 1090 cm^3 . Εάν εμποδισθεί η αύξηση αυτή του όγκου, με την τοποθέτηση νερού π.χ. μέσα σε σιδερένιο δοχείο διαστάσεων $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ κλεισμένου από παντού, σε κάθε τοίχωμα του δοχείου ενεργεί συνολική δύναμη ίση προς 2300 kp ή 23 kp/cm^2 .

Τέλος η επαναλαμβανόμενη ψύξη και απόψυξη του νερού που βρίσκεται μέσα στους πόρους ενός σώματος, προκαλεί επιφανειακές καταστροφές (σχ. 0.6ε). Το φαινόμενο αυτό παρουσιά-



(α)



(β)

Σχ. 0.6ε.

Καταστροφή επιφάνειας σκυροδέματος λόγω της ψύξεως και αποψύξεως του νερού μέσα στους πόρους της. Στην εικόνα (β) το βάθος της φθοράς γίνεται αντιληπτό από το μέγεθος του καλύμματος του φακού της φωτογραφικής μηχανής. Η περιοχή (Α) δεν έχει καταστραφεί λόγω της καλής ποιότητας του σκυροδέματος στο σημείο αυτό.

Ζεται συχνά τους χειμερινούς μήνες, κατά τους οποίους το μέσα στους επιφανειακούς πόρους νερό ψύχεται τη νύκτα και αποψύχεται την ημέρα. Σοβαρές καταστροφές προκαλούνται σε κατασκευές από σκυροδέμα ακριβώς γι' αυτόν τον τελευταίο λόγο.

4ον. Εξωτερικές μεταβλητές δυνάμεις.

Κάθε τεχνικό έργο υφίσταται την επιρροή εξωτερικών δυ-

νάμεων, που όμως δεν δρουν μόνιμα επάνω σ' αυτό. Αυτές οι δυνάμεις λέγονται **εξωτερικές μεταβλητές δυνάμεις**.

Στις εξωτερικές μεταβλητές δυνάμεις, εκτός από την ανεμοπίση, για την οποία έγινε ήδη λόγος, ανήκουν η πίεση του υγρού μιας δεξαμενής στον πυθμένα και στα τοιχώματά της, η πίεση του νερού σε φράγμα τεχνητής λίμνης, το βάρος των τροχοφόρων και των πεζών επάνω σε μια οδική γέφυρα κ.ά.

Οι δυνάμεις αυτές, που καλούνται και **φορτίσεις**, διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- **Σε στατικές φορτίσεις και**
- **σε δυναμικές ή κρουστικές φορτίσεις.**

Στατικές λέγονται, όταν φορτίζουν το έργο λίγο-λίγο και αποκτούν την μέγιστη τιμή τους μετά παρέλευση αρκετού χρόνου. Όπως π.χ. η πίεση του νερού που γεμίζει μία δεξαμενή.

Δυναμικές λέγονται οι φορτίσεις, που δρουν απότομα, αποκτούν δηλαδή τη μέγιστη τιμή τους μέσα σε ελάχιστο χρόνο ή έχουν εναλλασσόμενη φορά μέσα σε ορισμένη χρονική περίοδο. Π.χ. η δύναμη του κύματος στον κυματοθραύστη, ο σεισμός, η δύναμη που εξασκεί το κινούμενο τμήμα μιας μηχανής (το έμβολο μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως) κ.ά.

Η συμπεριφορά των δομικών υλικών σε κάθε μία από τις δύο αυτές κατηγορίες φορτίσεων είναι τελείως διαφορετική. Γι' αυτό εξετάζεται ιδιαίτερα η αντοχή των υλικών τόσο απέναντι σε στατικές φορτίσεις, όσο και απέναντι σε δυναμικές.

Οι τιμές των μεταβλητών δυνάμεων δίνονται από τους κανονισμούς των διαφόρων κρατών. Στην Ελλάδα για τις οικοδομικές κατασκευές ισχύει ο "Κανονισμός βαρών και επιφορτίσεων οικοδομικών κατασκευών". Για όλα τα άλλα τεχνικά έργα οι τιμές λαμβάνονται από τους κανονισμούς ξένων κρατών (κυρίως από το γερμανικό κανονισμό).

Στον πίνακα 0.6.1 παρέχονται οι τιμές μερικών μεταβλητών φορτίσεων κατά τον ελληνικό κανονισμό.

Στον πίνακα 0.6.2 δίνονται τα φαινόμενα βάρη διαφόρων υλικών και προϊόντων. Χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μεταβλητής φορτίσεως, που επιφέρουν τα υλικά αυτά στα τεχνικά έργα. Ο τρόπος υπολογισμού της φορτίσεως αναφέρεται πιο κάτω (§ 0.10).

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 0 . 6 . 1

Τιμές μεταβλητών φορτίσεων

Είδος φορτίσεως	Σύμβολο	Μονάδα	Τιμή φορτίσεως κατά περίπτωση
1. Ανεμοπίεση (επάνω σε επιφάνεια κάθετη προς τη διεύθυνση του ανέμου)	W_0	kp/m^2	α. Για ύψος έργου $h \leq 15m$ = 100 β. Για ύψος έργου $15 < h \leq 25m$ = 125 γ. Για ύψος έργου $h > 25m$ = 150 δ. Για κατασκευές μικρής προσβαλλόμενης επιφάνειας (δικτυώματα, ικριώματα, ιστοί) = 150
2. Βάρος χιονιού (επάνω στην οριζόντια προβολή της στέγης)	ρ_s	kp/m^2	α. Στέγη με γωνία 0° προς οριζ. = 63 β. Στέγη με γωνία 20° προς οριζ. = 63 γ. Στέγη με γωνία 40° προς οριζ. = 45 δ. Στέγη με γωνία 60° προς οριζ. = 30 ε. Στέγη με γωνία $> 60^\circ$ προς οριζ. = 0
3. Βάρος προσώπων, επίπλων κλπ. σε οριζόντιες στέγες και δάπεδα κατοικιών, νοσοκομείων, σχολείων, εργοστασίων κλπ.	ρ	kp/m^2	α. Στέγες οριζόντιες, κατοικίες, γραφεία, χώροι εργασίας και διάδρομοι = 200 β. Θάλαμοι και διάδρομοι νοσοκομείων, κλινικών = 300 γ. Αίθουσες διαλέξεων και διδασκαλίας, κλίμακες κατοικιών = 350 δ. Χώροι εκθέσεως και πωλήσεως, καταστήματα, εργαστήρια και εργοστάσια με μικρή κίνηση, βιβλιοπωλεία = 500 ε. Αμφιθέατρα = 750
4. Βάρη διαφόρων υλικών και προϊόντων αποθηκευμένων στο δάπεδο αποθηκών	ρ	kp/m^2	Γινόμενο του φαινόμενου βάρους (πίνακας 0.6.2) στο πάχος του στρώματος του υλικού ή του προϊόντος

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 0 . 6 . 2

**Φαινόμενα βάρη διαφόρων υλικών και προϊόντων
(σε kp/m³)**

1	Αλάτι (μαγειρικό)	1250	21	Κριθάρι	690
2	Αλεύρι (σιτηρών)	500	22	Κεχρί	700
3	Άμμος ή χάλικες στεγνοί	1600	23	Λιγνίτης	650-800
			23a	Λιγνίτης σε μπρικέτες	800
3a	Άμμος με φυσική υγρασία (5% νερό)	1800	24	Λινόσπορος	680
3β	Άμμος πολύ υγρή	2000	25	Μπιζέλια	850
4	Άνθρακες πισσώδεις	750-900	27	Ξύλα (καυσόξυλα)	400
4a	Άνθρακες φωταερίου	800-950	28	Οπτάνθρακες (κωκ)	500
5	Άνθρακιτς	800-950	29	Ορυκτά	1800
6	Άνθρακας σε μπρικέτες	750-	30	Πάγος	920
7	Αραβόσιτος	1250		Ταιμέντο στοιβαγμένο	
		570-700			1900
8	Άργιλος (πηλός) στεγνός	1600	30a	Ταιμέντο ελεύθερα χυμένο	1200
8a	Άργιλος διάβροχος	2300	30β	Ταιμέντο σε σάκους	1600
9	Ασβέστης σε τεμάχια	1000	31	Σιτάρι	760
9a	Ασβέστης σε σκόνη	1000	32	Συντρίμματα λίθων στεγνά	1800
10	Άχυρο χυμένο ελεύθερα		33	Σκουριά ανθράκων	700
		45	33a	Σκουριά υψηλαμίνων σε κόκκους	1000
					1100
10a	Άχυρο με μορφή σφαιρών (μπάλες)	170	33β	Σκουριά υψηλαμίνων αφρώδης	700
11	Βιβλία ή έγγραφα συσσωρευμένα	850	34	Τεύτλα (πατζάρια)	750
12	Βρώμη	550	35	Τύρφη	250-300
13	Βύνη	400	36	Φασόλια	850
14	Γεώμηλα (πατάτες)	750	37.	Χόρτο ξερό ελεύθερα χυμένο	
15	Γύψος πλαστική	1350			70
16	Δέρματα νωπά	1020	37a	Χόρτο σε μπάλες	170
16a	Δέρματα στεγνά	860	37	Χόρτο νωπό	350
17	Ερμάρια ή ράφια με βιβλία	600	38.	Χώματα (πλην αργίλων) στεγνά	1600
18	Σάκχαρη	750	38a	Χώματα (πλην αργίλων) με φυσική υγρασία	1800
19	Καρποί (οπώρες)	350			2000
20	Καφές	700	38β	Χώματα πολύ υγρά	

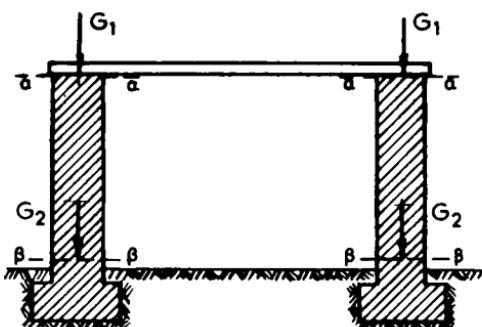
5ον. Εξωτερικές μόνιμες δυνάμεις.

Οι δυνάμεις αυτές, που καλούνται και μόνιμες φορτίσεις, οφείλονται κατά κανόνα στο βάρος των δομικών υλικών, που αποτελούν το τεχνικό έργο. Για να καταλάβομε, αναφέρομε το εξής παράδειγμα: εάν μεταξύ δύο τοίχων από λιθοδομή έχει κατασκευαστεί πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα (σχ. 0.6 στ), τότε οι λίθοι των τοίχων στη θέση α-α θα υποστούν πίεση G_1 από το βάρος της πλάκας, ενώ στη θέση β-β θα υποστούν πίεση G_2 από το βάρος των υπερκειμένων λίθων του τοίχου. Οι πιέσεις αυτές είναι μόνιμες φορτίσεις. Ο υπολογισμός των μονίμων φορτίσεων, που δρουν σε οποιαδήποτε θέση ενός έργου, γίνεται εύκολα, εάν είναι γνωστό το φαινόμενο βάρος (§ 0.10 και πίνακας 0.10.1) των υπερκειμένων υλικών και ο όγκος που καταλαμβάνουν. Με πολλαπλασιασμό των δύο αυτών ποσών προκύπτει η τιμή της μόνιμης εξωτερικής δυνάμεως (φορτίσεως) στην εξεταζόμενη θέση.

Σε μερικές περιπτώσεις, οι μόνιμες φορτίσεις προέρχονται όχι μόνο από το βάρος των υλικών του εξεταζόμενου έργου, αλλά και από το ίδιο βάρος άλλων τεχνικών έργων, που επηρεάζουν έμμεσα ή άμεσα το εξεταζόμενο τεχνικό έργο.

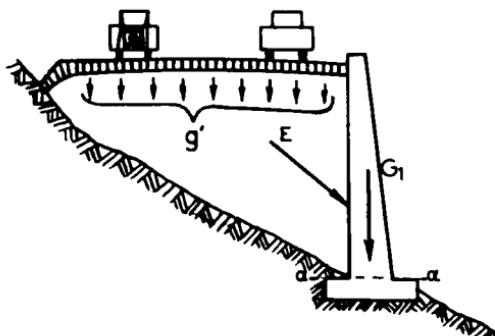
Π.χ. σε ένα τοίχο αντιστηρίζεως οδού (σχ. 0.6ζ) τα μόνιμα φορτία, που δρουν επάνω στον τοίχο στη θέση α-α, είναι:

– Το ίδιο βάρος του τοίχου G_1 .



Σχ. 0.6στ.

Εξωτερικές μόνιμες δυνάμεις (μόνιμες φορτίσεις) σε τοίχο οικοδομής.



Σχ. 0.6ζ.
Εξωτερικές μόνιμες δυνάμεις σε τοίχο αντιστηρίξεως.

- Η ώθηση E της γης, που βρίσκεται πίσω από τον τοίχο.
- Το βάρος του οδοστρώματος g' .

Μεταβλητή φόρτιση στην προκειμένη περίπτωση είναι το βάρος των οχημάτων, που κυκλοφορούν επάνω στην οδό.

0.7 Χημικοί παράγοντες.

Οι χημικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τα δομικά υλικά, είναι συνήθως διάφορες χημικές ενώσεις ή απλά χημικά στοιχεία, τα οποία προκαλούν μεγάλες φθορές (διαβρώσεις) ή ακόμη και την καταστροφή ενός έργου, εάν προσβάλλουν πολύ τα κύρια τρυματά του. Γι' αυτό απαιτείται, σοβαρή έρευνα για τον εντοπισμό των παραγόντων αυτών σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση και προσεκτική επιλογή των υλικών, που μπορούν να αντιδράσουν στις επιδράσεις τους.

Οι χημικοί παράγοντες έρχονται σε επαφή με τα δομικά υλικά ή μέσω του αέρα, ή μέσω του νερού και του εδάφους ή τέλος άμεσα, χωρίς τη μεσολάβηση αέρα και νερού.

1ον. Μέσω του αέρα.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει, όπως είναι γνωστό, οξυγόνο, που ενώνεται εύκολα με διάφορα μέταλλα, κυρίως τον σίδηρο. Δημιουργεί επάνω σ' αυτά οξείδια (σκουριά), που, λόγω

της ελαττωμένης συνοχής τους, πέφτουν εύκολα από την επιφάνεια του προσβληθέντος μετάλλου. Η φθορά αυτή συνεχίζεται μέχρι τέλειας καταστροφής του μετάλλου, εάν δεν παρθούν τα κατάλληλα μέτρα.

Επίσης ο ατμοσφαιρικός αέρας οξειδώνει (σκουριάζει) τον σίδηρο, που βρίσκεται ελεύθερος στου λίθους, με αποτέλεσμα την αλλαγή του χρωματισμού τους. Έτσι, οι αρχαίοι ναοί, ενώ έχουν κατασκευασθεί από λευκό μάρμαρο, παρουσιάζουν σήμερα κοκκινωπή χροιά.

Τέλος, ο ατμοσφαιρικός αέρας στις βιομηχανικές περιοχές και γενικά στις πόλεις, περιέχει διάφορα αέρια, κυρίως διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο κ.ά. Οι ενώσεις αυτές σε συνδυασμό με υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία, η οποία προκαλεί ομίχλη και μεγάλη συγκέντρωση σταγονιδίων νερού, μετατρέπονται σε οξέα. Αυτά δρουν ηλεκτρολυτικά στα εκτεθειμένα μεταλλικά στοιχεία ενός έργου (σχ. 0.7α), ή στις σιδερένιες ράβδους του οπλισμένου σκυροδέματος (σχ. 0.7β) και προκαλούν σοβαρές διαβρώσεις.

Ουσιαστικός παράγοντας για την πορεία της διαβρώσεως είναι η ύπαρξη υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Σε περιοχές με ξηρή

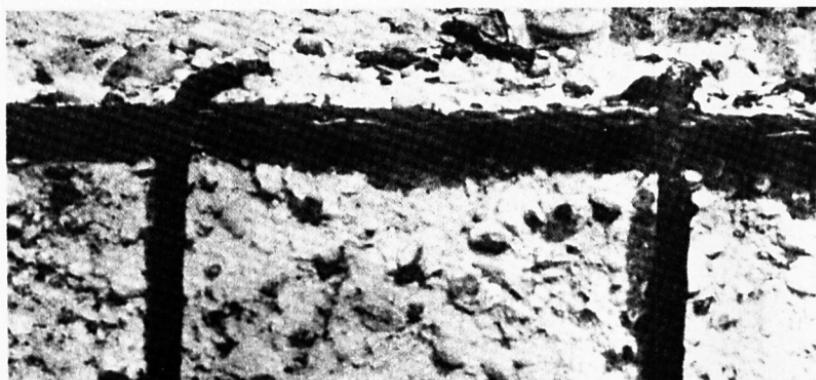


Σχ. 0.7α.

Διάβρωση σιδερένιας γέφυρας στην περιοχή, όπου ενώνεται ο ορθοστάτης με το πέλμα. Διακρίνεται η τέλεια καταστροφή της βάσεως του ορθοστάτη.



(α)



(β)

Σχ. 0.76.

Αποσάθρωση τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα, οφειλόμενη στην μακροχρόνια έκθεση στις καιρικές μεταβολές και στη διάβρωση του σιδερένιου οπλισμού. α) Γενική όψη του τοίχου. β) Λεπτομέρεια τμήματός του.

ατμόσφαιρα δεν εμφανίζεται διάβρωση. Έτσι μια στήλη από σίδηρο στο Δελχί των Ινδιών ηλικίας 1500 ετών δεν παρουσιάζει το παραμικρό ίχνος σκουριάς (σκωριάσεως) στην επιφάνειά της, επειδή η ατμόσφαιρα εκεί είναι ξηρή.

Η διάβρωση από τα αέρια και τους ατμούς της ατμόσφαιρας, περιορίζεται ή με τη χρησιμοποίηση υλικών με υψηλές

αντιδιαβρωτικές ικανότητες ή με τη δημιουργία ενός προστατευτικού στρώματος επάνω στην επιφάνεια των υλικών.

2ον. Μέσω του νερού και του εδάφους.

Η επίδραση του νερού στα δομικά υλικά και ειδικά στα μέταλλα είναι ηλεκτροχημικής φύσεως. Η παρουσία δηλαδή οξυγόνου, αλάτων, οξέων και άλλων χημικών ενώσεων στο νερό επιταχύνει τη διάβρωση και προκαλεί σοβαρές καταστροφές. Και εδώ, όπως και στην ατμοσφαιρική διάβρωση, μεγάλη σημασία έχει η θερμοκρασία. Γενικά, όσο υψηλότερή είναι αυτή, τόσο ισχυρότερη διάβρωση δημιουργείται.

Το θαλάσσιο νερό αποτελεί ένα από τα ισχυρότερα διαβρωτικά υγρά, που συναντώνται στη φύση. Οι λίθοι, τα σκυρόδεμα, τα μέταλλα και άλλα υλικά υφίστανται μεγάλες φθορές από αυτό (σχ. 0.7γ).

Στην περίπτωση αυτή τα δομικά έργα προστατεύονται με τη χρήση αντιδιαβρωτικών υλικών με τα οποία καλύπτεται η επιφάνειά τους και έτσι δημιουργούνται προστατευτικές στρώ-



Σχ. 0.7γ.

Στύλος αυτό σκυρόδεμα διαβρωμένος από το θαλάσσιο νερό και τις περιεχόμενες σ' αυτό θειούχες ενώσεις. Η μαύρη ζώνη Α δείχνει το ύψος, στο οποίο φθάνει η ανώτατη στάθμη των υδάτων κατά την πλημμυρίδα. Πάνω από αυτή τη ζώνη το σκυρόδεμα είναι υγιές.

σεις. Χρησιμοποιούνται επίσης ορισμένες χημικές ουσίες, που ελαττώνουν τη διαβρωτική ικανότητα των υγρών, π.χ. σε ένα υγρό που είναι διαβρωτικό για το σίδηρο προσθέτομε βάση (καυστική σόδα) και έτσι ελαττώνεται αισθητά η φθορά του υλικού.

Το έδαφος επίσης περιέχει ουσίες, που δρουν χημικά επάνω στα έργα. Επειδή όμως διαφέρει η σύσταση του εδάφους από τόπο σε τόπο, η διαβρωτική ισχύς αυτών των ουσιών διαφέρει.

Εδάφη που περιέχουν νερό, οξυγόνο και οξέα είναι περισσότερο διαβρωτικά από ξηρά εδάφη. Επίσης εδάφη που περιέχουν ορισμένα είδη αναεροβίων βακτηρίων είναι πολύ διαβρωτικά, γιατί οι οργανισμοί αυτοί έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν ορισμένες χημικές ενώσεις σε άλλες με μεγαλύτερη διαβρωτική ικανότητα, π.χ. μερικά βακτήρια παράγουν θειούχες ενώσεις μεγάλης διαβρωτικής ισχύος.

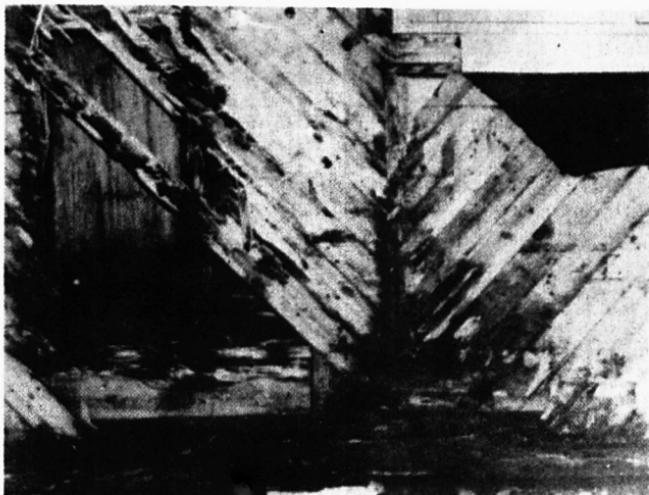
3ον. Άμεσοι χημικοί παράγοντες.

Όταν διάφορες χημικές ενώσεις έλθουν σε απευθείας επαφή με τα δομικά υλικά, τότε οι φθορές είναι μεγαλύτερες. Αυτό συμβαίνει σε βιομηχανικές κυρίως εγκαταστάσεις, όπου τα τεχνικά έργα (καπνοδόχοι, εστίες, κάμινοι κ.ά.), εξυπηρετούν την παραγωγή διαφόρων βιομηχανικών προϊόντων. Τα έργα αυτά έρχονται σε άμεση επαφή με τις πρώτες ύλες, με τα παραγόμενα κατά τη διάρκεια της κατεργασίας ενδιάμεσα προϊόντα και με άχρηστα αέρια ή υγρά, καθώς και με τα τελικά προϊόντα. Όλα αυτά είναι κατά κανόνα χημικές ενώσεις υψηλής διαβρωτικής ικανότητας. Η επιλογή των καταλληλοτέρων υλικών για την κατασκευή των έργων αυτών αποτελεί σοβαρότατο μέλημα του μηχανικού.

0.8 Οργανικοί παράγοντες.

Σ' αυτούς ανήκουν διάφοροι φυτικοί ή ζωικοί οργανισμοί, όπως π.χ. βακτήρια, μύκητες, φυτά και έντομα, που προκαλούν καταστροφές στα δομικά υλικά και επιταχύνουν τη φθορά τους.

Η επίδραση των οργανισμών αυτών μπορεί να είναι χημική ή μηχανική.



Σχ. 0.8α.

Τμήμα ξύλινου τοίχου που καταστράφηκε από κάμπιες εντόμων.

Τα βακτήρια, όπως είναι γνωστό [§ 0.7 (2ον)], επηρεάζουν τα μέταλλα καθώς και τους λίθους, γιατί προκαλούν σ' αυτά χημικές μεταβολές.

Τα ριζίδια των μυκήτων και των φυτών μπορούν να εισχωρήσουν στη μάζα των λίθων, των σκυροδεμάτων, των πλίνθων και άλλων υλικών, όπου δημιουργούν καταστρεπτικά ρήγματα.

Επίσης οι κάμπιες διαφόρων εντόμων είναι γνωστό ότι μπορούν να καταστρέψουν πολύ γρήγορα μεγάλες ποσότητες ξύλων (σχ. 0.8α).

Στα επί μέρους κεφάλαια θα αναφέρομε ορισμένα μέτρα που πρέπει να πάρομε σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, για την ελάττωση των καταστροφών από τους οργανικούς αυτούς παράγοντες.

0.9 Ιδιότητες των δομικών υλικών.

Τα δομικά υλικά, όπως και κάθε άλλο υλικό, έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, τα οποία προσδιορίζουν γενικά τη φύση τους, και ορισμένες ικανότητες, που τους επιτρέπουν να αντιστέκονται στις εξωτερικές επιδράσεις.

Τα χαρακτηριστικά και οι ικανότητες αυτές καλούνται *ιδιό-*

τητες. Το βάρος, το χρώμα, η αντοχή απέναντι σε εξωτερικές δυνάμεις, η θερμοαγωγιμότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η αντοχή στις χημικές επιρροές αποτελούν μερικές από τις ιδιότητες αυτές.

Ο βαθμός εκδηλώσεως των ιδιοτήτων δεν είναι ο ίδιος στα διάφορα υλικά. Κάθε υλικό έχει το δικό του βάρος, χρώμα και αντοχή στις εξωτερικές επιδράσεις κλπ.

Για να επιλέξει τα κατάλληλα υλικά ο μηχανικός πρέπει, εκτός από τις ιδιότητες των διαθεσίμων υλικών, να γνωρίζει και τους εξωτερικούς παράγοντες, που θα επηρεάσουν το έργο, καθώς και τις ιδιότητες (είδος και μέγεθος), τις οποίες επιβάλλεται να έχουν τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, ώστε να είναι ικανά να αντισταθούν αποτελεσματικά στους πιο πάνω παράγοντες.

Συγκρίνοντας τις ιδιότητες, που επιβάλλεται να έχουν τα υλικά, προς τις ιδιότητες που έχουν τα διαθέσιμα υλικά, επιτυγχάνεται τελικά η επιλογή των πιο καταλλήλων υλικών.

Οι ιδιότητες που απαιτούνται δίνονται στις προδιαγραφές και τους κανονισμούς υλικών, που τυχόν υπάρχουν (§ 0.14). Μεγάλη σημασία έχει και η πείρα του μηχανικού, ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχουν προδιαγραφές. Ο βαθμός εκδηλώσεως των ιδιοτήτων, που έχουν τα διαθέσιμα για την κατασκευή του έργου υλικά, προσδιορίζεται με πειραματικές μεθόδους.

Στα επόμενα κεφάλαια, όπου εξετάζονται τα υλικά διαφόρων κατηγοριών, αναγράφονται τα σπουδαιότερα τμήματα των γνωστών προδιαγραφών και κανονισμών, καθώς επίσης και ορισμένες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του βαθμού εκδηλώσεως (του μεγέθους) των ιδιοτήτων κάθε υλικού.

Πιο κάτω θα εξετάσουμε τις ιδιότητες, που πρέπει να έχουν τα δομικά υλικά, που προορίζονται για την κατασκευή ενός έργου. Αυτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Σε χημικές ιδιότητες.
- Σε φυσικές και μηχανικές ιδιότητες.
- Σε τεχνικές ή τεχνολογικές ιδιότητες.

Οι χημικές ιδιότητες δεν ενδιαφέρουν άμεσα το μηχανικό, εκτός από ορισμένες εξαιρέσεις, ενδιαφέρουν μόνο όσους ασχολούνται με την κατασκευή των τεχνητών υλικών (εργαστήρια, εργοστάσια).

Οι φυσικές και κυρίως οι μηχανικές ιδιότητες, καθώς και οι τεχνολογικές, έχουν αντίθετα πολύ μεγαλύτερη σπουδαιότητα, γιατί η ακριβής γνώση τους αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή χρησιμοποίηση των δομικών υλικών.

0.10 Φυσικές ιδιότητες.

Οι σπουδαιότερες από αυτές είναι:

1ον. Φαινόμενη πυκνότητα-πορώδες.

Ο όγκος ενός σώματος συνίσταται από τον όγκο της στερεάς ύλης και από τον όγκο των κενών που παρεμβάλλονται μεταξύ των κόκκων της ύλης αυτής.

Τα κενά αυτά μπορεί να είναι ορατά με γυμνό οφθαλμό, όπως π.χ. οι τρύπες στο ξύλο και την κίσσηρη (ελαφρόπετρα) ή πόροι τριχοειδείς ή υποτριχοειδείς ορατοί με μικροσκόπιο, όπως π.χ. στους συμπαγείς λίθους, ή τέλος μπορεί να είναι κενά αόρατα ακόμη και με μικροσκόπιο, όπως π.χ. στα μέταλλα.

Εάν V_u ο όγκος της στερεάς ύλης, V_k ο όγκος των κενών και V_ϕ ο όγκος του σώματος τότε ισχύει η σχέση:

$$V_\phi = V_u + V_k \quad (1)$$

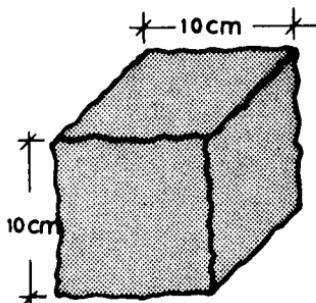
Ο όγκος V_ϕ καλείται φαινόμενος όγκος ή απλά όγκος του σώματος, ενώ ο όγκος V_u απόλυτος όγκος του σώματος.

Για επαλήθευση της σχέσεως (1) εκτελούμε το εξής πείραμα:

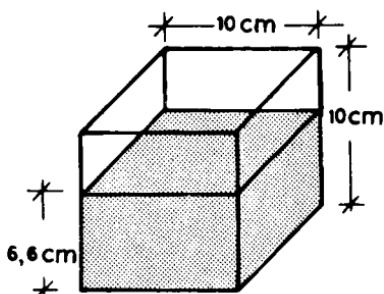
Δίνεται σε ένα συμπαγή λίθο κυβική μορφή με μήκος ακμής 10 cm (σχ. 0.10a). Ο φαινόμενος όγκος του θα είναι; όπως είναι γνωστό:

$$V_\phi = 10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3$$

Κατόπιν ο λίθος τρίβεται (λειτοτριβείται) σε πολύ λεπτή σκόνη η οποία τοποθετείται σε δοχείο κυβικής μορφής με ακμή 10 cm και συμπίέζεται πολύ. Παρατηρείται ότι η σκόνη καταλαμβάνει περίπου τα 2/3 και όχι ολόκληρο το δοχείο. Αυτό συνέβη, γιατί με τη συμπίεση της σκόνης επιτυγχάνεται μεγάλη προσέγγιση των κόκκων του υλικού και σχεδόν μηδενισμός του όγκου των κενών. Ο όγκος δηλαδή της ύλης, στην προκειμένη περίπτωση ο απόλυτος όγκος του λίθου V_u , θα είναι ίσος προς 2/3 dm^3 και ο όγκος των κενών V_k θα είναι ίσος προς 1/3 dm^3 .



(a)



(b)

Σχ. 0.10α.

Τα ψαθυρά υλικά, δηλαδή τα υλικά που τρίβονται (λίθοι, σκυρόδεμα, οπτόπλινθοι) έχουν πολλά κενά. Στο σχήμα παριστάνεται: α) Ο όγκος, που καταλαμβάνει ένα υλικό (φαινόμενος όγκος) και β) Ο όγκος, που καταλαμβάνει το ίδιο υλικό, εάν (λειτοτριβηθεί) τριφτεί και συμπιεσθεί πολύ (απόλυτος όγκος).

Κατά την εξέταση των δομικών υλικών εκείνο που ενδιαφέρει περισσότερο είναι ο απόλυτος όγκος ή ο όγκος των κενών, που περιέχονται σε ένα ορισμένο ποσό, π.χ. σε 1 cm^3 ή σε 1 dm^3 ή σε 1 m^3 φαινόμενου όγκου.

Εάν συγκριθεί ο απόλυτος όγκος V_u προς το φαινόμενο όγκο V_ϕ ενός σώματος, τότε προκύπτει το ποσοστό του φαινόμενου όγκου που καταλαμβάνει ο απόλυτος όγκος αυτού του σώματος. Το ποσοστό αυτό είναι ένας αδιάστατος αριθμός, που καλείται σχετική ή φαινόμενη πυκνότητα του σώματος και συμβολίζεται με ρ . Ισχύει λοιπόν η σχέση:

$$\rho = \frac{V_u}{V_\phi} \quad (2)$$

Κατά τον ίδιο τρόπο εάν συγκριθεί ο όγκος των κενών V_k προς τον φαινόμενο όγκο V_ϕ , θα προκύψει ένας άλλος αριθμός α , ο οποίος προσδιορίζει την αραιότητα ή το πορώδες του σώματος. Τότε ισχύει η σχέση:

$$\alpha = \frac{V_k}{V_\phi} \quad (3)$$

Τόσο η πυκνότητα ρ , όσο και το πορώδες α είναι αριθμοί

πάντοτε μικρότεροι από τη μονάδα και μεταξύ τους ισχύει η σχέση:

$$\rho + a = \frac{V_u}{V_\phi} + \frac{V_k}{V_\phi} = 1 \quad (4)$$

Στο προηγούμενο πείραμα η πυκνότητα του λίθου είναι:

$$\rho = \frac{2/3 \text{ dm}^3}{1 \text{ dm}^3} = \frac{2}{3} = 0,67$$

και το πορώδες του:

$$\rho = \frac{1/3 \text{ dm}^3}{1 \text{ dm}^3} = \frac{1}{3} = 0,33$$

Τα υλικά, στα οποία εκδηλώνονται οι δύο ιδιότητες, είναι οι λίθοι, τα τούβλα, τα κονιάματα, το σκυρόδεμα, το ξύλο κ.ά. Τα μέταλλα πρακτικά δεν παρουσιάζουν κενά και επομένως η πυκνότητά τους είναι $\rho = 1$ και το πορώδες τους $a = 0$. Επίσης το γυαλί εκ φύσεως δεν έχει κενά, όπως συμβαίνει και με τα υγρά και γι' αυτό καλείται *στερεό υγρό*.

Οι ιδιότητες της πυκνότητας και κυρίως του πορώδους επηρεάζουν σοβαρά άλλες ιδιότητες των υλικών.

Π.χ. η ικανότητα των πορωδών υλικών να απορροφούν νερό ή να επιτρέπουν την διέλευση του νερού και του αέρα μέσα από τη μάζα τους, η αντοχή τους στον παγετό, η μηχανική τους αντοχή, το φαινόμενο βάρος τους εξαρτώνται άμεσα από την πυκνότητά τους.

2ον. Ειδικό βάρος.

Είναι το βάρος της ύλης, που περιέχεται στη μονάδα όγκου κάθε υλικού.

Για τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους ενός σώματος συγκρίνεται το βάρος G του σώματος προς τον όγκο, που έχει το σώμα.

Εάν η σύγκριση γίνει προς το φαινόμενο όγκο V_ϕ , τότε το ποσό που προκύπτει καλείται *φαινόμενο ειδικό βάρος* και συμβολίζεται με s . Εάν η σύγκριση γίνει με τον απόλυτο όγκο V_u , τότε καλείται *απόλυτο ειδικό βάρος* και συμβολίζεται με u .

Ισχύουν επομένως οι σχέσεις:

$$s = \frac{G}{V_\phi} \quad \text{και} \quad u = \frac{G}{V_u} \quad (5)$$

Τα s και u δεν είναι αριθμοί αδιάστατοι, όπως η πυκνότητα και το πορώδες.

Η μονάδα μετρήσεώς τους εξαρτάται από τις μονάδες μετρήσεως του βάρους και του όγκου του σώματος. Διεθνώς έχουν επικρατήσει οι εξής μονάδες:

- $\text{ρ}/\text{cm}^3$ (ποντ ανά κυβικό εκατοστό)
- kp/dm^3 (κιλοπόντ ανά κυβική παλάμη)
- Mp/m^3 (μεγαπόντ ή τόννος ανά κυβικό μέτρο).

Συνήθως το απόλυτο ειδικό βάρος ενός σώματος μετριέται σε $\text{ρ}/\text{cm}^3$, ενώ το φαινόμενο ειδικό βάρος σε kp/m^3 , ώστε το ειδικό βάρος (απόλυτο και φαινόμενο) του νερού να ισούται αντίστοιχα προς τη μονάδα ($u=1$) και προς το 1000 ($s=1000$), γιατί ο όγκος 1 cm^3 , 1 dm^3 , 1 m^3 νερού έχει αντίστοιχα βάρος 1 ρ (παλαιός συμβολισμός 1 gr^*), 1 kp (παλαιός συμβολισμός 1 kg^*), 1 Mp (παλαιός συμβολισμός 1 t). Οι διαστάσεις κατά κανόνα παραλείπονται, απλουστεύεται δε και η έκφραση. Έτσι γράφομε:

- Ειδικό βάρος ενός σώματος $u=2,3$ (παραλείπεται η λέξη απόλυτο και οι διαστάσεις $\text{ρ}/\text{cm}^3$).
- Φαινόμενο βάρος ενός σώματος $s=1700$ (παραλείπεται η λέξη ειδικό και οι διαστάσεις kp/m^3).

Από τις σχέσεις (5) γίνεται φανερό, ότι το ειδικό βάρος είναι πάντοτε μεγαλύτερο ή τουλάχιστον ίσο προς το φαινόμενο βάρος, γιατί ο απόλυτος όγκος V_u είναι πάντοτε μικρότερος ή το πολύ ίσος προς το φαινόμενο όγκο V_ϕ . Επίσης είναι φανερό ότι το s εξαρτάται από το είδος της ύλης, από την οποία αποτελείται το σώμα, και από την ποσότητα της ύλης αυτής, δηλαδή από τη φαινόμενη πυκνότητα του σώματος, ενώ αντίθετα το u εξαρτάται μόνο από το είδος της ύλης.

Υπάρχουν π.χ. ασβεστόλιθοι, οι οποίοι έχουν το ίδιο ειδικό βάρος, αλλά διαφορετικό φαινόμενο βάρος. Αυτό συμβαίνει, γιατί άλλοι είναι αραιότεροι (μεγάλο πορώδες) και άλλοι πυκνότεροι (μικρό πορώδες), ενώ η ύλη, από την οποία αποτελούνται, είναι η ίδια (ανθρακικό ασβέστιο).

Μεταξύ φαινόμενου βάρους s , πυκνότητας ρ και ειδικού βάρους u ισχύουν οι σχέσεις:

$$\rho = \frac{s}{u} \quad \text{ή} \quad s = \rho u \quad (6)$$

οι οποίες προκύπτουν από τις σχέσεις (2) και (5).

Το φαινόμενο βάρος ενός υλικού πρέπει απαραίτητα να είναι γνωστό στο μηχανικό για τρεις βασικούς λόγους:

α) Γιατί αποτελεί σπουδαίο κριτήριο της μηχανικής αντοχής των πορωδών κυρίως υλικών (λίθων, σκυροδεμάτων, ξύλων). Ένα βαρύ υλικό έχει κατά κανόνα μεγαλύτερη αντοχή από ένα ελαφρό της ίδιας κατηγορίας. Πολλές φορές μάλιστα, όταν δεν απαιτείται ακριβής προσδιορισμός της αντοχής, λαμβάνεται ως κριτήριο αιτής το φαινόμενο βάρος.

β) Γιατί σε κατασκευές κάτω από το νερό, όπως π.χ. σε βυθισμένα τμήματα δεξαμενών και φραγμάτων, η ευστάθεια τους είναι ανάλογη προς το βάρος τους. Όσο δηλαδή μεγαλύτερο βάρος έχουν αυτές, τόσο μεγαλύτερη ευστάθεια παρουσιάζουν. Επειδή δε το βάρος ενός υλικού κάτω από το νερό ελαττώνεται ανάλογα με το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού (άνωση), το οποίο είναι αριθμητικά ίσο προς το φαινόμενο όγκο του υλικού, έπειτα ότι γι' αυτές τις κατασκευές θα πρέπει να επιλεγούν τα υλικά με το μεγαλύτερο φαινόμενο βάρος.

γ) Γιατί το φορτίο, που δέχεται ένα τμήμα έργου από το βάρος των υπερκειμένων υλικών, θα υπολογισθεί από το γινόμενο του φαινόμενου βάρους επί τον φαινόμενο όγκο σύμφωνα με το τύπο (σχέση 5):

$$G = V\varphi \cdot s \quad (7)$$

Ο προδιορισμός του φαινόμενου βάρους s και της πυκνότητας ρ ενός πορώδους υλικού γίνεται με διάφορες μεθόδους. Γενικά με τις εργαστηριακές μεθόδους επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια, αλλά χρειάζεται πολύς χρόνος, ενώ με απλούστερες μεθόδους στο εργοτάξιο επιτυγχάνεται μικρή σχετικά ακρίβεια, αλλά το αποτέλεσμα ικανοποιεί στις περισσότερες περιπτώσεις τις ανάγκες του έργου. Η μέθοδος, που πρέπει να ακολουθήσουμε, εξαρτάται και από το είδος του υλικού που πρέπει να ελέγξουμε.

Στο πίνακα 0.10.1 αναγράφονται τα φαινόμενα βάρη των κυριοτέρων δομικών υλικών και ορισμένων συνθέτων στοιχείων από διάφορα δομικά υλικά. Οι τιμές προέρχονται από τον ελληνικό κανονισμό βαρών και φορτίσεως καθώς και από άλλες πηγές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 0.10.1
Φαινόμενο θάρος δομικών υλικών

Υ λ ι κ ο	Φαινόμενο θάρος kp/m ³	Υ λ ι κ ο	Φαινόμενο θάρος kp/m ³	Φαινόμενο θάρος kp/m ²
I. Φυσικοί λίθοι (μέσος τημέτη)				
1 Ασβεστόλιθος σημαντής	2700			1550
2 Ασβεστόλιθος πορώδης (πουριά, κεσάρια)	2100	2		1900
3 Βασάλτης	3000	3		1450
4 Γνεύσιος	2700			1900
5 Γρανίτης	2800			1700
6 Δελοϊτίτης	2700	4		2000
7 Κροκαλοπαγείς	2200			
8 Μάρμαρο	2700	1		750
9 Οφίτης (πράσινο μάρμαρο)	2000			850
10 Πορόλιθος Κυμάλου, Αιγαίνης				
11 Πορώδεις πλάκες Μάλτας 1 cm				
12 Πλάκες τύπου Μάλτας 1 cm	3000	18		1100
13 Σχιστόλιθος αργυρικός	2700	20		1350
14 Σχιστόλιθος ασβεστολιθικός	2700			1300
15 Σχιστόλιθος μαρμαρυγακός	1600	4		1200
16 Τραχετής (μωλόπετρα)	2400			800
17 Ψαμμίτης (αμμόπετρα)		5		850
		6		1800
				1100
II. Λίθινα προϊόντα				
1 Άμμος ασβεστολιθική				

(Συνεχίζεται)

Συνέχεια πίνακα 0.10.1

Υ λ ι κ δ	Φαινόμενο βάρος		Υ λ ι κ δ	Φαινόμενο βάρος	
	kg/m ³	kg/m ²		kg/m ³	kg/m ²
IV. Κονιφέτα					
1 Ασβεστοκονίαμα	1700		2 Ασβεστοπυριτικοί πλινθοί πλήρεις Οπότηλινθοι διάτρητοι (τούβλα) (6 τρύπες)	1800	
2 Ασβεστοψικονίαμα	1700		3 Ειδικοί ελαφροί πλινθοί	1400	
3 Ασβεστοταχεντοκονίαμα	1900		4 Πυρίμαχοι πλινθοί	1100	
4 Ασβεστοθηραϊκοκονίαμα	1900		5 Κεραμίδια κυρτά μηχανής, βάρος ανά τεμάχιο (kg)	1900	
5 Τσιμεντοκονίαμα	2100		6 Κεραμίδια κυρτά Χειροποίητα, βάρος ανά τεμάχιο σε (kg)	1,98 - 1,58	
6 Γυψοκονίαμα	1200		7 Κεραμίδια κυρτά Χειροποίητα, βάρος ανά τεμάχιο σε (kg)	1,33 - 1,23	
7 Σκυροκονίαμα από ασβεστολιθικά ωλάκια	2200		8 Κεραμίδια επιπεδά γαλλικού τύπου, βάρος ανά τεμάχιο σε (kg)	2,74 - 2,30	
8 Οπλισμένο σκυροκονίαμα από ασβεστολιθικά ωλάκια	2400		9 Πλάκες από Τοιμέντο (ανά 1 cm πάχος)	22,0	
9 Οπλισμένο σκυροκονίαμα από αμμοχαλικό ελαφρούτετρας και όμιο	1400		10 Πλάκες αμιαντοτοιμέντου πάχους 1 cm		
10 Οπλισμένο σκυροκονίαμα από αμμοχαλικό ελαφρότετρας και όμιο	1800		a) επίπεδες b) κυματοειδείς	12	
11 Σκυροκονίαμα από θραύσματα οποπολινθων (τούβλων) και όμιο	1800			15	
12 Σκυροκονίαμα από σκουριά λεβήτων					
V. Τεχνητά προϊόντα					
1 Οπότηλινθοι (τούβλα) πλήρεις	1800				
(Συνεχίζεται)					
1 Ελαπτο (λευκή ξυλεία)			1 Ελαπτο (λευκή ξυλεία)	550	
2 Πιένιο δασικό (σουηδική)			2 Πιένιο δασικό (σουηδική)	550	
3 Πιένιο η λαρικοειδής (λάρτζινο)			3 Πιένιο η λαρικοειδής (λάρτζινο)	650	

Συνέχεια πίνακα 0.10.1

Υ λ ι κ ό	Φαινόμενο βάρος kp/m ³	Υ λ ι κ ό	Φαινόμενο βάρος kp/m ³	Φαινόμενο βάρος kp/m ³
4 Πεύκο αιυρικής (όργυκον-πάιν, πατζ-πάιν)	750	11 Ψευδόρρυφος χυτός	6900	
5 Οξεά	750	12 Σιδηρολαμπρίνα μαύρη σε φύλλα (πάχος 1 mm α) επιπεδή		7,85
6 Δρυς	900			8,2 - 10,8
7 Ξυλόλιθος (πάχος 1 cm)		13 Σιδηρολαμπρίνα γαλβανισμένη σε φύλλα 1 mm α επιπεδή		8,85
8 Πλάκες μονωτικές από φελό ή ροκανίδια (1 cm)	18			9,2 - 11,8
9 Γλάκες από εμποπομένες ίνες ξύλου (1 cm)	3			
10 Φελός (1 cm)	3,5			
11 Ασφαλτόχαρτο	1,3 - 2,3			
VII. Μέταλλα				
1 Αργύριο (αλουμινίο)	2700	1 Υαλός κοινή υαλοπινάκων	2600	
2 Αργυρίου κράματα	2800	2 Υαλός κρυστάλλων	3000	
3 Μόλυβδος	11400	3 Υαλοπινάκες οπλισμένοι (πάχος 5 mm)		13,5
4 Ορείχαλκος	8500	4 Υαλοπινάκες σε σχήμα κεραμιδιού ηλλικού τύπου ανά 1 cm πάχους (πάχος 2,5 cm)		18,5
5 Μπρούντζος (κρατέρωμα)	8500	5 Υαλοπινάκες φωτογραφών		60
6 Χαλκός αφύριτλατος	8900			
7 Χαλκός χυτός	8800	1 Λινολέουμ (πάχος 1 mm)		1,3
8 Χαλκός γενικά	7850	2 Επεριπτής (πάχος 3 mm) α) επιπεδός		2
9 Χυτοσιθηρας	7250			
10 Ψευδόρρυφος ελατός	7200	β) κυματοειδής		3

3ον. Υδροαπορροφητικότητα, υδροπερατότητα, αεροπερατότητα.

Οι ιδιότητες αυτές εμφανίζονται στα πορώδη υλικά και εξαρτώνται από την πυκνότητα ρ των υλικών, καθώς και από τη μορφή και το μέγεθος που έχουν οι πόροι τους.

Σώμα με μεγάλη πυκνότητα, άρα με λίγα κενά, απορροφά κατά κανόνα λίγο νερό και δεν επιτρέπει την διόδο του νερού ή του αέρα μέσω της μάζας του. Μεγάλοι και ευθύγραμμοι πόροι, ανεξάρτητα από την πυκνότητα, διευκολύνουν τη διόδο του νερού και του αέρα, ενώ μικροί και δαιδαλώδεις ή κλειστοί πόροι τη δυσκολεύουν ή την καθιστούν αδύνατη.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κίσσηρη (ελαφρόπετρα), η οποία αν και έχει πολύ μικρή πυκνότητα, εμφανίζει πολύ μικρότερη υδροαπορροφητικότητα σε σύγκριση με πιο συμπαγή υλικά, λόγω της μορφής που έχουν οι πόροι της. Επίσης από πειραματικά δεδομένα προέκυψε ότι λίθοι της ίδιας πυκνότητας παρουσιάζουν διαφορετική υδροαπορροφητικότητα και υδροπερατότητα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφορετική μορφή, που έχουν οι πόροι κάθε υλικού.

α) Η υδροαπορροφητικότητα μετριέται με το βάρος του νερού που απορροφά η μονάδα βάρους του υλικού και εκφράζεται με το λόγο του βάρους του απορροφόμενου νερού προς το βάρος του υλικού επί τοις εκατό.

Ο προσδιορισμός γίνεται ως εξής:

Παίρνομε δείγμα του υλικού, κυβικής μορφής, το ξηραίνομε σε 100°C και στη συνέχεια το ζυγίζομε. Ας πούμε ότι το βάρος του είναι G . Το βιθίζομε κατόπιν μέσα σε νερό, όπου αφήνεται για 100 περίπου ώρες. Μετά το βγάζομε, το σκουπίζομε και το ζυγίζομε πάλι, οπότε ας πούμε ότι ζυγίζει G_1 . Το νερό που απορροφήθηκε έχει βάρος $G_1 - G$ και συνεπώς η υδροαπορροφητικότητα του υλικού θα είναι ίση με:

$$\frac{G_1 - G}{G} \times 100 \quad (8)$$

Παράδειγμα:

Ξηραμένος λίθος ζυγίζει 2,2 kg. Αφού τον βιούτηξομε στο

νερό έστω ότι ζυγίζει 2,53 kg. Η υδροαπορροφητικότητά του θα είναι:

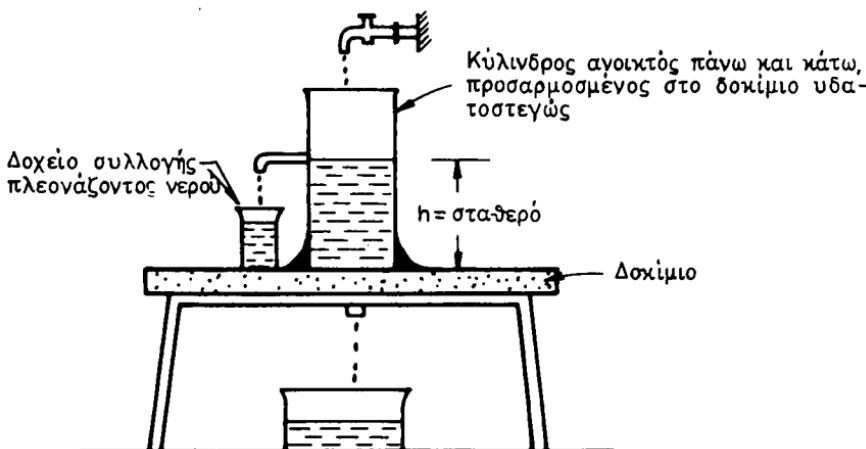
$$\frac{2,53 - 2,2}{2,2} \times 100 = 15\%$$

Συνηθισμένες τιμές της υδροαπορροφητικότητας για τους λίθους είναι οι εξής:

Συμπαγείς πυριγενείς λίθοι 1% του βάρους τους, ασβεστόλιθοι 5%, ψαμμίτες 14% κλπ. Οι τιμές αυτές είναι σχετικές και θα πρέπει, όπου υπάρχει ανάγκη, να γίνεται πιο ακριβής μέτρηση της υδροαπορροφητικότητας του υλικού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

β) Η υδροπερατότητα μετριέται με το βάρος του νερού, που διέρχεται σε χρόνο μιας ώρας κάτω από ορισμένη πίεση (συνήθως 1 at) από τη μονάδα επιφάνειας (1 cm^2) μιας πλάκας πάχους 1 cm του εξεταζόμενου υλικού (σχ. 0.10β).

Οι πιο πάνω ιδιότητες πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά, όταν πρόκειται να κατασκευασθούν έργα, που έχουν οποιαδήποτε επαφή με το νερό ή με υγρά εδάφη. Τα πολύ πορώδη υλικά υφίστανται σημαντικές αλλοιώσεις από το νερό, που βρίσκεται μέσα στους πόρους τους. Ελαττώνεται η μηχανική αντοχή και η



Σχ. 0.106.

Διάταξη για τη μέτρηση της υδροπερατότητας ενός υλικού.

σκληρότητά τους, υφίστανται χημικές επιδράσεις λόγω των αλάτων και των οξέων που είναι διαλυμένα στο νερό, και αυξάνονται οι πιθανότητες καταστροφής τους από τον παγετό.

Όταν η μία επιφάνεια τοίχου έρχεται σε επαφή με το νερό και τα υλικά κατασκευής του είναι υδροπερατά, τότε η άλλη επιφάνεια θα διαβραχεί γρήγορα, με αποτέλεσμα τη γρήγορη καταστροφή επιχρισμάτων, ελαιοβαφών, ξυλίνων στοιχείων κ.ά., που εφάπτονται στην επιφάνεια αυτή.

γ) Η αεροπερατότητα εξετάζεται σε ειδικές περιπτώσεις. Π.χ. σε τεχνικά έργα βιομηχανικών περιοχών, όπου η ατμόσφαιρα είναι βεβαρημένη με χημικούς παράγοντες. Ο προσδιορισμός της απαιτεί εργαστηριακή έρευνα.

4ον. Αντοχή στο παγετό.

Πώς επιδρά ο παγετός στα υλικά που έχουν ήδη εξεταστεί [§ 0.6(3ον)]. Το πορώδες, η υδροαπορροφητικότητα και η μορφή των πόρων επηρεάζουν ουσιαστικά την αντοχή των υλικών στον παγετό.

Σε έργα λοιπόν, που πρόκειται να κατασκευασθούν εκεί όπου εμφανίζεται παγετός, πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη αντοχή σ' αυτόν.

Γενικά, έχει εξακριβωθεί ότι υλικά με πόρους μεγάλους και ευθύγραμμους ή με κενά μονωμένα μεταξύ τους και γεμάτα αέρα αντέχουν στον παγετό περισσότερο από άλλα υλικά με μικρούς και δαιδαλώδεις πόρους. Γι' αυτό σε χώρες με χαμηλές θερμοκρασίες προλαβαίνεται η καταστροφή των οδοστρωμάτων και των πεζοδρομίων με την κατασκευή ειδικών σκυροδεμάτων. Η μάζα τους περιέχει πολλά μη συγκοινωνούντα κενά, και καλούνται **αεροσκυροδέματα**.

Για τον έλεγχο της αντοχής στον παγετό, χρησιμοποιούνται κυβικά δοκίμια από το υλικό που πρόκειται να εξετάσουμε. Τα δοκίμια αυτά ξηραίνονται και βυθίζονται μέσα σε νερό για 24 ή 36 ώρες. Μετά τοποθετούνται σε θερμοκρασία πήξεως του νερού και στη συνέχεια σε θερμοκρασία τήξεως του πάγου που δημιουργήθηκε. Η εργασία αυτή επαναλαμβάνεται 25 ή κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς 40 φορές. Τέλος ξηραίνονται πάλι τα δοκίμια, αφαιρούνται από την επιφάνειά τους τα τεμάχια, που

έχουν χαλαρωθεί, και ζυγίζονται. Το βάρος των τεμαχίων που αφαιρέθηκε διαιρείται διά του αρχικού βάρους των δοκιμών και προκύπτει έτσι η εκατοστιαία απώλεια βάρους, με την οποία μετριέται η αντοχή του εξεταζόμενου υλικού στον παγετό. Μεταξύ δύο υλικών, αυτό που έχει τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους παρουσιάζει και τη μικρότερη αντοχή στο παγετό.

Παράδειγμα:

Έστω 4,4 kg το βάρος των δοκιμών του υλικού που δοκιμάζομε. Μετά τις επαναλαμβανόμενες εκθέσεις του σε θερμοκρασίες πήξεως και τήξεως του νερού και την αφαίρεση των χαλαρών επιφανειακών τεμαχίων, έστω ότι ζυγίζει 4,02 kg. Η εκατοστιαία απώλεια βάρους είναι:

$$\frac{4,40 - 4,02}{4,40} \cdot 100 = 8,6\%$$

5ον. Διαστολή και συστολή.

Όλα τα υλικά υφίστανται διαστολή και συστολή, όταν θερμανθούν ή ψυχθούν [§ 0.6 (1ov)]. Η διαστολή αυτή, καθώς και η συστολή, είναι διαφορετική σε κάθε υλικό. Οι παραπάνω ιδιότητες πρέπει να είναι γνωστές για να πάρομε τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να αποφύγουμε πιθανές καταστροφές ενός έργου. Υπάρχουν δύο κυρίως περιπτώσεις:

α) Όταν το έργο, ή το στοιχείο ενός έργου, έχει πολύ μεγάλο μήκος και συγχρόνως υφίσταται την επιρροή μεταβλητών θερμοκρασιών.

β) Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σύνθετα στοιχεία, δηλαδή στοιχεία από δύο ή περισσότερα διαφορετικά υλικά στενά συνδεμένα μεταξύ τους.

Στην πρώτη περίπτωση η συνολική διαστολή μπορεί να είναι τόσο μεγάλη, ώστε να προκαλέσει ρήγματα στο έργο. Π.χ. ένα επίμηκες κτήριο από οπλισμένο σκυρόδεμα ή μία σιδερένια γέφυρα θα υποστούν φθορές, εάν δεν πάρομε μέτρα προστασίας (αρμοί διαστολής, έδρανα κυλίσεως).

Στη δεύτερη περίπτωση, λόγω της διαφορετικής διαστολής, που υφίστανται τα υλικά, υπάρχει ο κίνδυνος να καταστραφεί το σύνθετο στοιχείο. Π.χ. ξύλινη δοκός ενισχυμένη με μια

σιδερένια λάμα, η οποία είναι στερεά συνδεμένη με αυτή, αποτελούν σύνθετο στοιχείο. Αυτό θα καταστραφεί αναπόφευκτα, εάν η αύξηση της θερμοκρασίας υπερβεί ορισμένα όρια.

Η διαστολή ενός υλικού μετριέται με την αύξηση που θα υποστεί το μήκος του l_o (γραμμική διαστολή) ή ο όγκος του V_o (κυβική διαστολή), όταν ανέβει η θερμοκρασία του κατά Δt .

Για τον υπολογισμό της αυξήσεως του μήκους ή του όγκου χρησιμοποιούνται αντίστοιχα ο συντελεστής γραμμικής διαστολής a , ο οποίος προσδιορίζεται πειραματικά για κάθε υλικό, και ο συντελεστής κυβικής διαστολής γ , που για τα στερεά υλικά είναι:

$$\gamma = 3 a \quad (9)$$

Ο συντελεστής a εξαρτάται από τη φύση του υλικού και από το ύψος των θερμοκρασιών. Σε υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται. Οι μονάδες μετρήσεως του συντελεστή γραμμικής διαστολής είναι:

$$\text{mm/m . grd} \quad \text{ή} \quad \text{cm/cm . grd} = 1/\text{grd} = \text{grd}^{-1}$$

Όπως βλέπομε, ο συντελεστής γραμμικής διαστολής εκφράζει την αύξηση του μήκους σε cm ενός υλικού, το οποίο έχει μήκος 1 cm, όταν η θερμοκρασία του ανέβει κατά 1 grd (ή $1^\circ C$).

Επομένως το τελικό μήκος l_t ενός στοιχείου με μήκος l_o σε θερμοκρασία t_o , του οποίου η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά Δt θα είναι:

$$l_t = l_o (1 + a) \cdot \Delta t \quad (10)$$

Στον πίνακα 0.10.2 δίνονται οι μέσες τιμές του συντελεστή a για ορισμένα δομικά υλικά σε θερμοκρασίες 0 έως $100^\circ C$.

6ον. Θερμική αγωγιμότητα.

Όπως είναι γνωστό, τα δομικά υλικά επιτρέπουν τη διέλευση της θερμότητας μέσω της μάζας τους [§ 0.6 (1ον)]. Η ιδιότητα αυτή λέγεται θερμική αγωγιμότητα.

Ο υπολογισμός της ποσότητας της θερμότητας, που διέρχεται μέσα από ένα σώμα, ή του χρόνου, που χρειάζεται για να διέλθει από το σώμα αυτό ορισμένη ποσότητα θερμότητας, γίνεται με τη βοήθεια ενός σταθερού για κάθε υλικό συντελεστή, ο οποίος καλείται συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και συμβολίζεται με λ .

Ο συντελεστής αυτός εκφράζει το ποσό της θερμότητας Q_λ , η οποία προσβάλλει επιφάνεια 1 cm^2 , σώματος πάχους 1 cm και διέρχεται μέσω του σώματος σε χρόνο 1 sec , όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επιφανειών του σώματος αυτού είναι 1°C (σχ. 0.10γ).

Επομένως η συνολική ποσότητα Q , που διέρχεται μέσω σώματος επιφάνειας S και πάχους d , σε χρόνο T , όταν η θερμοκρασιακή διαφορά των δύο παραλλήλων επιφανειών του είναι Δt , θα προκύψει από τη σχέση:

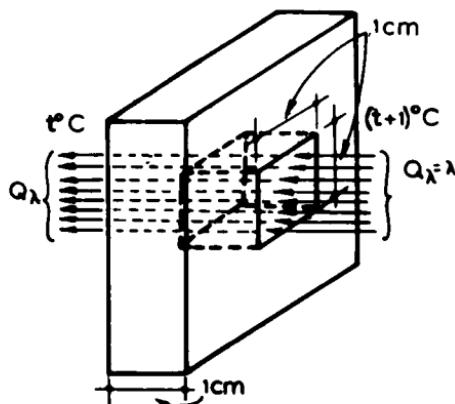
$$Q = \lambda \frac{\Delta t}{d} S \cdot T \quad (11)$$

Ο συντελεστής αγωγιμότητας στο Τεχνικό Μετρικό Σύστημα (Τ.Μ.Σ.) έχει μονάδες:

$$\frac{\text{kcal} \cdot \text{m}}{\text{grd} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}} = \text{kcal} \cdot \text{grd}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

Στο Τεχνικό Αγγλοσαξονικό Σύστημα οι μονάδες είναι:

$$\text{Btu} \cdot {}^\circ\text{F}^{-1} \cdot \text{ft}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$



Σχ. 0.10γ.

Σχηματική παράσταση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ενός σώματος.

Η σχέση μεταξύ των δύο αυτών μονάδων είναι:

$$1 \text{ kcal} \cdot \text{grd}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = 0,671 \text{ Btu} \cdot {}^{\circ}\text{F}^{-1} \cdot \text{ft}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \quad (12)$$

Ο συντελεστής λ εξαρτάται από τη φύση του υλικού, από το πορώδες και από την υγρασία, που έχει το υλικό.

Γενικά τα πορώδη υλικά έχουν μικρό συντελεστή αγωγιμότητας, είναι δηλαδή δυσθερμαγωγά σώματα. Αντίθετα τα συμπαγή σώματα είναι ευθερμαγωγά και έχουν μεγάλο συντελεστή λ.

Όταν υγρανθεί ένα σώμα, αυξάνει ο συντελεστής αγωγιμότητας.

Στον πίνακα 0.10.2 δίνονται (στήλη 5) οι τιμές του συντελεστή λ για ορισμένα δομικά υλικά.

7ον. Θερμική αντοχή.

Θερμική αντοχή λέγεται η αντοχή των υλικών στις υψηλές θερμοκρασίες. Είναι γνωστό ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν δυσμενώς στα υλικά [§ 0.6 (1ον)]. Σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες από το σημείο αναφλέξεώς τους (ξύλο, ορισμένα πλαστικά) ή από το σημείο τήξεώς τους [μέταλλα, πλαστικά, γυαλί (ύαλος) κλπ.] τα υλικά γίνονται άχρηστα, γιατί ή ελαττώνεται σημαντικά η μηχανική τους αντοχή, ή υφίστανται χημικές αλλοιώσεις, ή τέλος καταστρέφονται άλλες ουσιώδεις ιδιότητές τους.

Κάθε υλικό παρουσιάζει διαφορετική θερμική αντοχή. Αυτή εξαρτάται από τη φύση της ύλης του υλικού, από τη φαινομένη πυκνότητά του, από τη δομή του ιστού του, καθώς και από άλλους παράγοντες.

Τα πλέον ανθεκτικά υλικά είναι το γυαλί (η ύαλος) και τα κεραμικά. Ακολουθούν οι λίθοι, τα μέταλλα και τελευταία έρχονται το ξύλο και τα πλαστικά υλικά.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για ορισμένες βιομηχανικές κατασκευές παρουσιάζουν όσα υλικά έχουν ικανοποιητική θερμική αντίσταση σε θερμοκρασίες 1100° - 1200° C. Τα υλικά αυτά καλούνται πυρίμαχα (κεφαλ. 5).

ΠΙΝΑΚΑΣ 0.10.2

Συντελεστές γραμμικής διαστολής και θερμικής αγωγιμότητας

Είδος υλικού		α		λ
		gr d ⁻¹	mm m ⁻¹ grd ⁻¹	kcal m h grd
1	2	3	4	5
1. Φυσικοί λίθοι				
1.	Μάρμαρο, συμπαγείς λίθοι		8,0 · 10 ⁻⁶	0,0080
2.	Πικρώδεις λίθοι			2,900
3.	Πλάκες τύπου Μάλτας			1,400
				0,900
2. Άιθινα προϊόντα				
4.	Άμμος Εηρά			0,280
5.	Κίσσηρη (ελαφρόπετρα)			0,064
6.	Θηραική γη			0,089
7.	Περλίτης			0,034-0,040
3. Κονιάματα				
8.	Ασβεστοκονίαμα Εηρό			0,600
9.	Τσιμεντοκονίαμα Εηρό			0,700
10.	Γυψοκονίαμα Εηρό	8,5 · 10 ⁻⁶		0,250
11.	Αμιαντοσιμέντο (ετερνίτης)			0,250
12.	Κονίαμα τσιμέντου - περλίτη			0,070-0,095
13.	Ασφαλτοκονιάματα			0,600
4. Τεχνητά υλικά				
14.	Σκυρόδεμα B160	10,0 · 10 ⁻⁶	0,0100	1,750
15.	Σκυρόδεμα ελαφρό			0,300-0,600
16.	Τουύβλα πλήρη	7,0 · 10 ⁻⁶	0,0070	0,600
17.	Τουύβλα διάτρητα	7,0 · 10 ⁻⁶	0,0070	0,140-0,400
18.	Πλακίδια πορσελάνης	3,0 · 10 ⁻⁶	0,0030	1,300
19.	Πυρίμαχα από άργυρο σε 1200°C	5,9 · 10 ⁻⁶	0,0059	1,310
20.	Πυρίμαχα πυριτικά	11,0 · 10 ⁻⁶	0,0110	1,730
21.	Πλακίδια από τσιμέντο			0,900
5. Ξύλο - Φελός				
22.	Ξύλο κάθετα προς τις ίνες	34,0 · 10 ⁻⁶	0,0340	0,110-0,200
23.	Ξύλο παράλληλα προς τις ίνες	3,6 · 10 ⁻⁶	0,0036	0,300

(συνεχίζεται)

(Συνέχεια Πίνακα 0.10.2)

Είδος υλικού		α		λ
		grd ⁻¹	mm m ⁻¹ grd ⁻¹	kcal m h grd
1	2	3	4	5
25.	Πριονίδια και ροκανίδια			0,600-0,500
26.	Φελός φυσικός	90,0 · 10 ⁻⁶	0,0900	0,047
27.	Φελός εκτονωμένος			0,035
28.	Φελός χύμα			0,030
29.	Πισσόχαρτο			0,150
6. Μέταλλα				
30.	Αλουμίνιο	23,8 · 10 ⁻⁶	0,0230	191,000
31.	Μαγνήσιο	26,0 · 10 ⁻⁶	0,0260	
32.	Μόλυβδος	29,0 · 10 ⁻⁶	0,0290	31,000
33.	Ορείχαλκος	19,0 · 10 ⁻⁶	0,0190	75,00-100,00
34.	Χαλκός	16,5 · 10 ⁻⁶	0,0165	331,000
35.	Χαλυβας δομικός	12,0 · 10 ⁻⁶	0,0120	40,000
36.	Χαλυβας νικελιούχος	1,5 · 10 ⁻⁶	0,0015	
37.	Χυτοσιδηρος	10,4 · 10 ⁻⁶	0,0104	32,00-54,00
38.	Ψευδάργυρος	36,0 · 10 ⁻⁶	0,0360	95,000
7. Γυαλί (ύαλος)				
39.	Πυριτικό γυαλί	0,55 · 10 ⁻⁶	0,00055	1,200
40.	Υαλοπίνακες	8,5 · 10 ⁻⁶	0,0085	0,750
41.	Μολυβδούχο γυαλί	9,1 · 10 ⁻⁶	0,0091	0,600
42.	Υαλόμαλλο - Υαλοβάμβακας			0,037
8. Πλαστικά				
43.	Κυτταρινικά	135,0 · 10 ⁻⁶	0,1350	0,140-0,290
44.	Ελαστικό θειωμένο	225,0 · 10 ⁻⁶	0,2250	0,120
45.	Ελαστικό αντιτριβής	145,0 · 10 ⁻⁶	0,1450	0,150
46.	Ελαστικό σκληρό (εβονίτης)	63,0 · 10 ⁻⁶	0,0630	0,140
47.	Νεοσπρένιο	220,0 · 10 ⁻⁶	0,2200	0,160
48.	Συλικόνη στερεά	230,0 · 10 ⁻⁶	0,2300	0,300
49.	Φαινόλη χωρίς αδρανή	70,0 · 10 ⁻⁶	0,0700	0,100-0,250
50.	Φαινόλη με μεταλλικά αδρανή	75,0 · 10 ⁻⁶	0,0750	
51.	Φαινόλη ομιάντου	33,0 · 10 ⁻⁶	0,0330	0,300
52.	Εποξικές ρητίνες χωρίς αδρανή	60,0 · 10 ⁻⁶	0,0600	
55.	Εποξικές ρητίνες με αδρανή	20,0-60,0 · 10 ⁻⁶	0,0200-0,0600	
56.	Λινόλεουμ			0,160
57.	Πολυυστερίνη διογκωμένη			0,025

Ο έλεγχος της θερμικής αντοχής ενός υλικού και ο προσδιορισμός του βαθμού εκδηλώσεως της γίνονται με εργαστηριακές μεθόδους.

8ον. Αντοχή στη φωτιά και την πυρκαγιά.

Ορισμένα υλικά χρησιμοποιούνται σε κατασκευές, που πρέπει να εμποδίζουν τη μετάδοση της φωτιάς (του πυρός) και της θερμότητας, όπως π.χ. θάλαμοι εστιών, κλιβανοί, διαχωριστικοί τοίχοι ή οροφές για την προστασία ειδικών χώρων από τον κίνδυνο πυρκαγιάς κλπ. Τα υλικά αυτά πρέπει να έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται στην επίδραση της φωτιάς και στην απότομη πτώση της θερμοκρασίας, όταν πέσει επάνω τους το ψυχρό νερό των πυροσβεστικών αντλιών.

Ο έλεγχος της αντοχής των υλικών στη φωτιά και την πυρκαγιά γίνεται σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς, γιατί ελληνικοί δεν υπάρχουν, ως εξής:

Κατασκευάζεται ένας τοίχος με το υλικό που θέλομε να ελέγξουμε. Η μία του επιφάνεια εκτίθεται στη φωτιά σε χρόνους και θερμοκρασίες καθορισμένες από τον κανονισμό ως εξής:

1000°F	(537,5°C)	στα	5 min
1300°F	(704,0°C)	στα	10 min
1550°F	(843,0°C)	στα	30 min
1700°F	(936,5°C)	στη	1 h
1850°F	(1010,0°C)	στις	2 h
2000°F	(1093,5°C)	στις	4 h
2300°F	(1260,0°C)	στις	8 h

Εδώ τελειώνει το πρώτο στάδιο του ελέγχου, γιατί η μέγιστη θερμοκρασία, που παρατηρήθηκε κατά τις πυρκαγιές, κυμαίνεται μεταξύ 2200°F, (1204°C) και 2300°F (1260°C).

Μετά εκθέτομε τη θερμαινόμενη επιφάνεια του τοίχου σε ρεύμα νερού που εκτοξεύεται από πυροσβεστικό σωλήνα.

Το έλεγχόμενο υλικό θεωρείται κατάλληλο εάν:

α) Ο τοίχος αντιστέκεται κατά το πρώτο στάδιο στην επιρροή της φωτιάς και δεν επιτρέπει την διέλευση θερμότητας, φλογών και θερμών αερίων, ικανών να προκαλέσουν την καύση τεμαχίων βάμβακος, που τοποθετούνται στην άλλη πλευρά.

β) Ο τοίχος αντιστέκεται όπως παραπάνω και κατά το δεύτερο στάδιο, οπότε επενεργούν συγχρόνως η φωτιά και το νερό.

γ) Η αύξηση της θερμοκρασίας στην πλευρά που δεν προσβάλλεται δεν υπερβαίνει τους 250°F (120°C) σε οποιαδήποτε στιγμή του ελέγχου.

9ον. Αντοχή στη διάβρωση.

Κάθε υλικό συμπεριφέρεται διαφορετικά στη διαβρωτική ενέργεια των εξωτερικών παραγόντων (§ 0.7). Αυτό εξαρτάται από:

- Το είδος του παράγοντα, που επιδρά επάνω στο υλικό
- και τη φύση αυτού του ίδιου του υλικού.

Π.χ. το οξυγόνο της ατμόσφαιρας κάτω από ορισμένες συνθήκες υγρασίας και θερμότητας καταστρέφει τον σίδηρο, ενώ δεν προκαλεί φθορά στο ξύλο. Η υγρασία επιδρά δυσμενώς και επάνω στο σίδηρο και επάνω στο ξύλο.

Η διάβρωση ενός υλικού μετριέται: με την απώλεια βάρους ανά μονάδα βάρους του στη μονάδα του χρόνου ή, όταν πρόκειται για φυλλόμορφα υλικά, όπως π.χ. μεταλλικά ή πλαστικά φύλλα, επιχρώσεις κ.ά., με την ελάττωση του πάχους του ανά μονάδα πάχους, πάλι στη μονάδα του χρόνου.

Η αντιδιαβρωτική ικανότητα των υλικών λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στη σύγχρονη τεχνική. Σε μερικές μάλιστα περιπτώσεις αποτελεί το αποκλειστικό σχεδόν κριτήριο για την επιλογή ενός υλικού. Π.χ. στην κατασκευή δεξαμενών διαφόρων υγρών, σε σωληνώσεις μεταφοράς υγρών ή αερίων και γενικά σε τμήματα έργων που υφίστανται σοβαρές διαβρωτικές επιδράσεις, πρώτο και κύριο έργο του μηχανικού είναι να βρει υλικά με μεγάλη αντιδιαβρωτική ικανότητα.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις ΗΠΑ οι απώλειες των κάθε είδους κατασκευών, περιλαμβανομένων και των μηχανών, από τη διάβρωση, ανέρχεται ετησίως σε 6 δισεκατομμύρια δολλάρια.

Οι μέθοδοι ελέγχου της αντοχής ενός υλικού στη διάβρωση, διακρίνονται σε εργαστηριακές, εργοταξιακές και σε μεθόδους υπαίθρου.

Συνήθως ο έλεγχος γίνεται από ειδικευμένους τεχνικούς.

Ένας εντελώς πρόχειρος τρόπος ελέγχου είναι να βουτήξουμε ένα κομμάτι ορισμένου βάρους από το υλικό που θέλομε να ελέγχουμε μέσα σε διάλυμα του διαβρωτικού παράγοντα που εξετάζομε. Μετά παρέλευση ορισμένου χρόνου ανασύρεται το κομμάτι, απαλλάσσεται από τα τμήματα που καταστράφηκαν λόγω της διαβρώσεως και ζυγίζεται πάλι. Η διαφορά του βάρους διαιρούμενη διά του αρχικού βάρους δίνει την απώλεια λόγω διαβρώσεως.

Εάν πρόκειται να ελεγχθεί η αντιδιαβρωτική ικανότητα ενός υλικού στην ατμοσφαιρική ή στην εδαφική διαβρωτική επιφροή των παραγόντων του τόπου, στον οποίο πρόκειται να κατασκευασθεί το έργο, τοποθετούνται δοκίμια του υλικού σε κατάλληλες θέσεις και, μετά παρέλευση αρκετού χρόνου, ζυγίζονται πάλι τα δοκίμια, αφού αφαιρεθούν τα χαλαρά τεμάχια τους. Η απώλεια του βάρους τους προσδιορίζεται όπως προηγουμένως. Η μέθοδος αυτή δίνει καλά αποτελέσματα, αλλά χρειάζεται πολύ χρόνο.

Ακριβέστερος και ταχύτερος ο προσδιορισμός γίνεται στο εργαστήριο.

0.11 Οι μηχανικές ιδιότητες.

Με αυτό τον όρο εννοούμε τη συμπεριφορά των υλικών, όταν υποστούν την επίδραση των εξωτερικών δυνάμεων [§ 0.6 (4ον και 5ον)]. Η συμπεριφορά αυτή εξαρτάται από τον τρόπο που δρουν αυτές οι δυνάμεις και από τη φύση των υλικών.

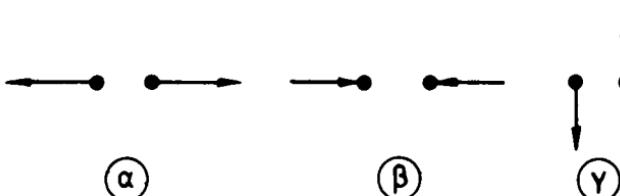
Οι σημαντικότερες από τις ιδιότητες αυτές είναι, η αντοχή σε θραύση, ο τρόπος παραμορφώσεως, η αντοχή σε κρούση και η σκληρότητα.

1ον. Αντοχή σε θραύση.

Η ιδιότητα αυτή αναφέρεται στην ικανότητα των υλικών να αντιστέκονται στις εξωτερικές δυνάμεις και να μην θραύσονται.

Πιο κάτω γίνεται μικρή ανάπτυξη για την αντοχή σε θραύση από στατική φόρτιση.

Όταν σύστημα δυνάμεων, που ισορροπεί, ενεργεί στατικά επάνω σε



Σχ. 0.11α.

Διάφορα είδη εσωτερικών δυνάμεων (τάσεων), που δρουν στα μόρια ενός σώματος, που βρίσκεται κάτω από την επιρροή εξωτερικών ισορροπουσών δυνάμεων. α) Τάσεις που τείνουν να απομακρύνουν τα μόρια (τάσεις εφελκυσμού). β) Τάσεις που τείνουν να πλησιάσουν τα μόρια (τάσεις θλίψεως). γ) Τάσεις που τείνουν να προκαλέσουν ολίσθηση των μορίων (τάσεις διατμήσεως).

ένα στερεό σώμα, τότε το σώμα υφίσταται μεταβολή του σχήματος και των διαστάσεων του. Στη Μηχανική η μεταβολή αυτή καλείται παραμόρφωση.

. Η παραμόρφωση προέρχεται από την ελάττωση ή την αύξηση των αποστάσεων μεταξύ των μορίων του σώματος, η δε μεταβολή των αποστάσεων προκαλείται από δυνάμεις, που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του σώματος και ενεργούν επάνω σε κάθε μόριο. Ανάλογα με τη διεύθυνση και τη φορά τους οι εσωτερικές αυτές δυνάμεις, που οφείλονται στις εξωτερικές δυνάμεις, υποχρεώνουν τα μόρια να πλησιάσουν, να απομακρυνθούν ή να γλιστρήσουν μεταξύ τους (σχ. 0.11α). Οι δυνάμεις αυτές καλούνται τάσεις και το σώμα λέγεται τότε ότι βρίσκεται σε εντατική κατάσταση.

Τα χαρακτηριστικά των τάσεων, δηλαδή η διεύθυνση, η φορά και το μέγεθός τους εξαρτώνται:

- Από τις εξωτερικές δυνάμεις (διεύθυνση, φορά, μέγεθος αυτών).
- Από τον τρόπο, που στηρίζεται το σώμα και
- από τις διαστάσεις και το μέγεθος του σώματος.

Το μέγεθος των τάσεων εκφράζεται με το άθροισμα των δυνάμεων, που δρουν επάνω στα μόρια, τα οποία καταλαμβάνουν επιφάνεια ίση προς 1 mm^2 ή 1 cm^2 ή 1 m^2 . Για τη μέτρηση των τάσεων χρησιμοποιούνται συνήθως οι εξής μονάδες:

kN/cm^2 (Κιλοπόντ ανά τετραγωνικό εκατοστό)

MPa (Μεγαπόντ ή τόννος ανά τετραγωνικό εκατοστό)

MPa/m^2 (Μεγαπόντ ή τόννος ανά τετραγωνικό μέτρο)

Το στερεό σώμα αντιστέκεται στην παραμόρφωση με τις εσωτερικές

δυνάμεις συνοχής ή αλλιώς με τις μοριακές δυνάμεις που συγκρατούν τα μόρια ενωμένα μεταξύ τους.

Οι δυνάμεις αυτές διαφέρουν από υλικό σε υλικό σε μεγάλο βαθμό. Στο χάλυβα π.χ. είναι εξαιρετικά μεγάλες, ενώ στο ξύλο ή στους λίθους είναι πολύ μικρές.

Επίσης για το ίδιο υλικό είναι διαφορετικές. Το μέγεθός τους εξαρτάται από τη διεύθυνση, προς την οποία τείνει να διασπασθεί η συνοχή των μορίων. Διαφορετικές είναι οι δυνάμεις, που συγκρατούν τα μόρια από απομάκρυνση, πρόσεγγιση ή ολίσθηση.

Εάν οι τάσεις που αναπτύσσονται στο σώμα λόγω των εξωτερικών δυνάμεων υπερβούν ορισμένο για κάθε υλικό και για κάθε διεύθυνση μέγεθος, το οποίο είναι το μέγεθος των αντιστοίχων δυνάμεων συνοχής, οι δυνάμεις συνοχής υπερνικώνται και το σώμα στις περισσότερες περιπτώσεις σπάει (θραύεται).

Το μέγεθος των τάσεων, που προκαλούν την καταστροφή, καλείται αντοχή σε θραύση του υλικού. Οι μονάδες μετρήσεως της αντοχής είναι οι ίδιες με τις μονάδες μετρήσεως των τάσεων, εφόσον και αυτή είναι τάση, πολλές φορές δε η αντοχή καλείται και τάση θραύσεως. Η αντοχή του υλικού σε θραύση διακρίνεται σε διάφορα επί μέρους είδη, ανάλογα με τον τρόπο παραμορφώσεώς του. Σπουδαιότερα είδη αντοχής είναι:

Σε θλίψη, σε εφελκυσμό, σε κάμψη, σε διάτμηση και σε στρέψη.

Αυτά τα είδη αντοχής θα εξετασθούν εκτενέστερα πιο κάτω. Στα παραδείγματα, που ακολουθούν, διευκρινίζονται γενικά οι έννοιες περί αντοχής του υλικού.

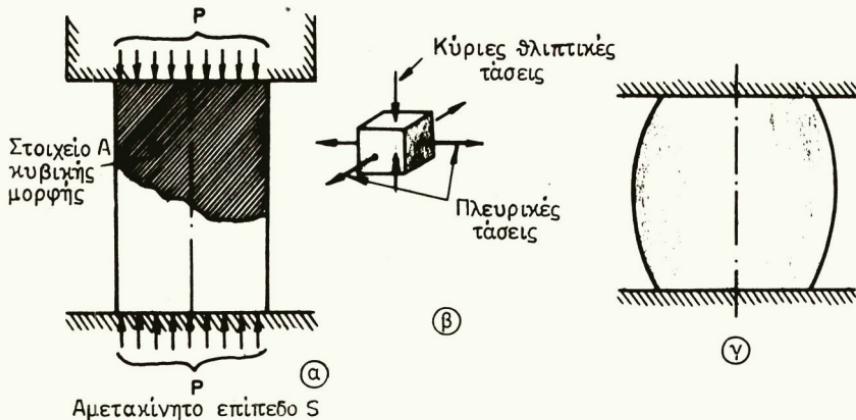
Παράδειγμα 1ο.

Ένα σώμα κυλινδρικής μορφής στηρίζεται σε οριζόντιο αμετακίνητο επίπεδο S και φορτίζεται με κατακόρυφο φορτίο P (σχ. 0.11β).

Το σώμα υφίσταται την επίδραση δύο δυνάμεων P και P', που ισορροπούν και προκαλούν σε αυτό θλίψη. Η παραμόρφωση του σώματος δημιουργείται από ελάττωση των μοριακών αποστάσεων, που είναι παράλληλες προς τον άξονα ενέργειας των δύο εξωτερικών δυνάμεων και από αύξηση των μοριακών αποστάσεων, που είναι κάθετες στον άξονα των δυνάμεων [σχ. 0.11β(β)]. Έτσι επάνω στα μόρια του σώματος ενεργούν τάσεις θλίψεως και τάσεις εφελκυσμού και ολισθήσεως.

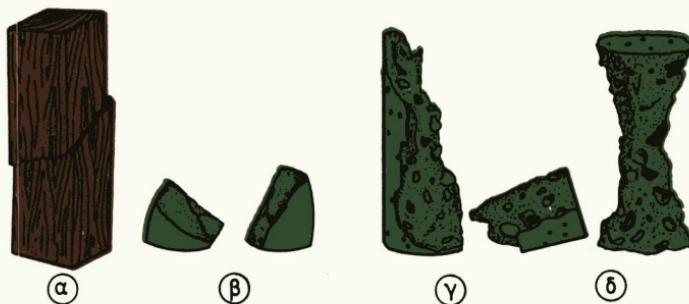
Οι τάσεις θλίψεως συμβολίζονται με σθλ.

Εάν το μέγεθος των τάσεων σθλ. είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος



Σχ. 0.116.

Παραμόρφωση στερεού σώματος που υφίσταται θλίψη κάτω από την ενέργεια δύο εξωτερικών δυνάμεων P και P' . α) Το σώμα βρίσκεται κάτω από την επίδραση δύο θλιπτικών δυνάμεων. β) Οι τάσεις που ενεργούν επάνω σε ένα στοιχείο κυβικής μορφής του σώματος. γ) Το σώμα παραμορφώνεται. Ελαττώνεται το ύψος του και αυξάνεται, κυρίως στο μέσο, η διάμετρός του.



Σχ. 0.11γ.

Θραύση υλικών διαφόρων κατηγοριών που υπέστησαν θλίψη.
α) Ξύλο. β) Χιτοσίδηρος. γ) και δ) Σκυρόδεμα.

Εάν το μέγεθος των τάσεων $\sigma_{θλ}$ είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος των δυνάμεων συνοχής των μορίων, το σώμα θα σπάσει (θραυσθεί) (σχ. 0.11γ).

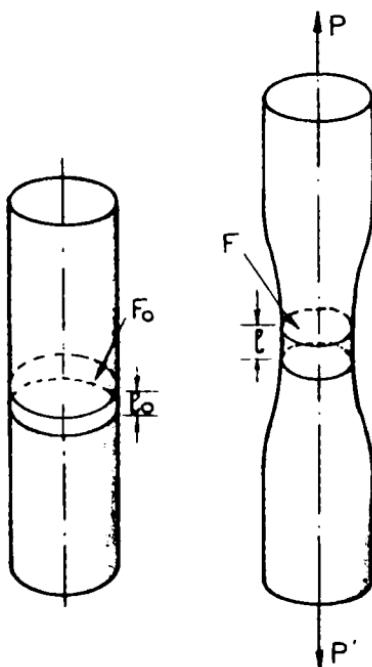
Το μέγεθος των $\sigma_{θλ}$, που προκάλεσε τη θραύση, καλείται αντοχή του υλικού σε θλίψη.

Παράδειγμα 2ο.

Έστω ότι μεταλλική ράβδος υφίσταται την επίδραση δύο εφελκυστικών δυνάμεων P και P' . Οι δυνάμεις αυτές δρουν κατ' αντίθετη φορά από ό,τι στο προηγούμενο παράδειγμα. Το σώμα τώρα υφίσταται εφελκυσμό και παραμορφώνεται όπως στο σχήμα 0.11δ. Επίσης και οι τάσεις που αναπτύσσονται έχουν εδώ αντίθετη φορά από ό,τι στο παράδειγμα 1 και λαούνται τάσεις εφελκυσμού (σ.ελ.).

Και εδώ, εάν οι αναπτυσσόμενες τάσεις $\sigma_{\text{ελ}}$ υπερνικήσουν την αντοχή του σώματος σε εφελκυσμό, αυτό θα καταστραφεί. Τότε η $\sigma_{\text{ελ}}$ καλείται αντοχή του υλικού σε εφελκυσμό.

Υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις φορτίσεως, λόγω των οποίων δημιουργούνται διαφορετικές παραμορφώσεις.



Σχ. 0.11δ.

Παραμόρφωση ράβδου που υπέστη εφελκυσμό από τις εξωτερικές δυνάμεις P και P' . Παρατηρούμε ότι ενώ η αρχική της διατομή είχε επιφάνεια F_0 , μετά την εφαρμογή των δυνάμεων ελαττώθηκε σε F και ότι το ύψος l_0 ενός κυλινδρικού τμήματός της αυξήθηκε σε l .

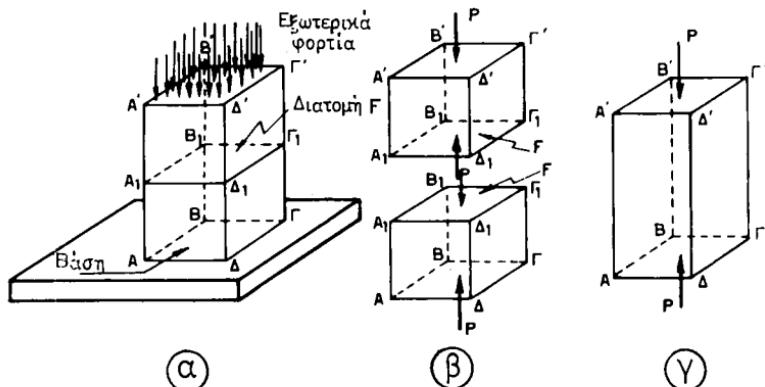
Η αντοχή των υλικών, στις παραπάνω φορτίσεις και παραμορφώσεις δεν είναι κάθε φορά η ίδια.

Π.χ. οι λίθοι παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις θλιπτικές δυνάμεις και μικρή αντοχή στις εφελκυστικές. Το ξύλο παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή, όταν ενεργούν εφελκυστικές δυνάμεις παράλληλα προς τις ίνες του, παρά όταν ενεργούν θλιπτικές δυνάμεις κάθετες στις ίνες του. Ο σίδηρος έχει περίπου την ίδια αντοχή στις εφελκυστικές και τις θλιπτικές δυνάμεις.

Τα σπουδαιότερα είδη αντοχής είναι τα παρακάτω:

α) **Αντοχή σε θλίψη.** Εδώ το σώμα, που έχει γενικά πρισματική ή κυλινδρική μορφή, στηρίζεται (εδράζεται) με ολόκληρη την κάτω επιφάνειά του (βάση) επάνω σε αμετακίνητο υποστήριγμα (έδαφος ή άλλη κατασκευή). Τα εξωτερικά φορτία (βάρος υπερκειμένων υλικών, φορτία πλακών οροφών ή πατωμάτων κλπ.) δρουν κατακόρυφα σε ολόκληρη την άνω επιφάνεια του σώματος (σχ. 0.11ε). Ως άνω επιφάνεια μπορεί να υπολογισθεί και μία ενδιάμεση διατομή F παράλληλη προς τη βάση, οπότε στα εξωτερικά φορτία πρέπει να προστεθεί και το ίδιο βάρος του τμήματος που βρίσκεται πάνω από τη διατομή F . (Το τμήμα $A_1 B_1 \Gamma_1 \Delta_1 A' B' \Gamma' \Delta'$ στο σχήμα 0.11ε).

Τα υπερκειμένα φορτία, τα οποία συμβολίζομε συνήθως με μία δύναμη συγκεντρωμένη στο κέντρο βάρους της εξεταζόμενης επιφάνειας, έστω P [σχ. 0.11ε(β)], μεταβιβάζονται μέσω της



Σχ. 0.11ε.

Κατανομή των τάσεων θλίψεως μέσα σε στερεό σώμα.

μάζας του σώματος στο ακλόνητο υποστήριγμα και από εκεί στο έδαφος. Σύμφωνα όμως προς την αρχή δράσεως και αντιδράσεως, εφόσον επί της επιφάνειας F μεταβιβάζεται δύναμη P, η F αντιδρά με μια άλλη δύναμη ίση προς την προηγούμενη P, αλλά αντίθετης φοράς. Έτσι τελικά το τμήμα A₁ B₁ Γ₁ Δ₁ A' B' Γ' Δ' βρίσκεται μεταξύ δύο δυνάμεων P, εφόσον δεν ληφθεί υπόψη το ίδιο βάρος του τμήματος αυτού.

Κατά τον ίδιο τρόπο και ολόκληρο το σώμα βρίσκεται κάτω από την ενέργεια των δυνάμεων θλίψεως [σχ. 0.11ε (γ)], πάντοτε με την προϋπόθεση ότι παραλείπεται το ίδιο βάρος.

Οι τάσεις, που μεταφέρονται μέσω της μάζας του σώματος, θεωρείται ότι κατανέμονται ομοιόμορφα πάνω σε όλα τα μόριά του προς διάφορες κατευθύνσεις και ότι τείνουν να μεταβάλλουν τις μεταξύ αυτών αποστάσεις, να διασπάσουν δηλαδή τη συνοχή τους.

Το σύνολο των τάσεων θλίψεως είναι ίσο με τις εξωτερικές δυνάμεις, που τις προκάλεσαν. Επειδή δε δεχθήκαμε ότι οι τάσεις κατανέμονται ομοιόμορφα, θα ισχύει η ακόλουθη σχέση για κάθε διατομή F:

$$F \cdot \sigma_{\theta\lambda} = P \quad \text{ή} \quad \sigma_{\theta\lambda} = \frac{P}{F} \quad (13)$$

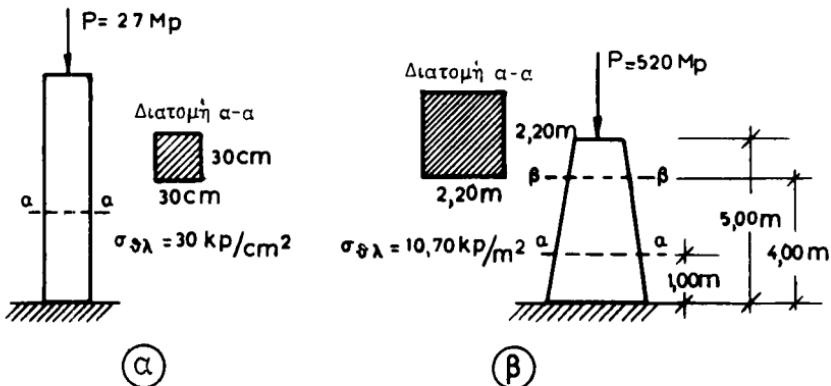
Από τη σχέση (13) είναι εύκολο να προσδιορισθεί η τάση θλίψεως, όταν είναι γνωστές οι εξωτερικές δυνάμεις και οι διαστάσεις της διατομής.

Παράδειγμα:

Στο σχήμα 0.11στ(α) παριστάνεται ένας στύλος ορθογωνικής μορφής με διαστάσεις πλευρών 30 cm x 30 cm και εξωτερικό φορτίο P = 27 Mp, ενώ στο σχήμα δε 0.11στ(β) ένα βάθρο μορφής κόλουρης τετραγωνικής πυραμίδας με διαστάσεις βάσεως 2,50 x 2,50 m², κορυφής 1,00 x 1,00 m² και ύψους 5,00 m. Το φορτίο, που δέχεται είναι 520 Mp. Εάν λάβομε υπόψη μας το ίδιο βάρος των εξεταζόμενων σωμάτων, τότε:

– Στην πρώτη περίπτωση, του στύλου, η τάση θλίψεως που αναπτύσσεται θα είναι σε οποιαδήποτε διατομή α-α κάθετη στη διεύθυνση του φορτίου P:

$$\sigma_{\theta\lambda} = \frac{27}{30 \times 30} \text{ Mp/cm}^2 = 0,03 \text{ Mp/cm}^2 \quad \text{ή} \quad \sigma_{\theta\lambda} = 30 \text{ kp/cm}^2$$



Σχ. 0.11στ.

Παραδείγματα προσδιορισμού θλιππικών τάσεων.

α) Στύλος ορθογωνικής διατομής. β) Βάθρο μεταβλητής διατομής.

– Στη δεύτερη περίπτωση, του βάθρου, η $\sigma_{\theta\lambda}$ είναι διαφορετική σε κάθε διατομή κάθετη στο φορτίο, γιατί μεταβάλλεται η επιφάνεια της διατομής. Έτσι στη διατομή α-α που απέχει 1,00 m από τη βάση θα είναι:

$$\sigma_{\theta\lambda}^{\alpha-\alpha} = \frac{520}{2,20 \times 2,20} \text{ Mp/m}^2 / 107,5 \text{ Mp/m}^2 = 0,01075 \text{ Mp/cm}^2 \quad \text{ή}$$

$$\sigma_{\theta\lambda}^{\alpha-\alpha} = 10,75 \text{ kp/cm}^2$$

στη διατομή β-β που απέχει 4,00 m από τη βάση θα είναι:

$$\sigma_{\theta\lambda}^{\beta-\beta} = \frac{520}{1,30 \times 1,30} \text{ Mp/m}^2 / 307,6 \text{ Mp/m}^2 = 0,03077 \text{ Mp/cm}^2 \quad \text{ή}$$

$$\sigma_{\theta\lambda}^{\beta-\beta} = 30,77 \text{ kp/cm}^2$$

Το μέγεθος των εξωτερικών φορτίων, που απαιτείται για να καταστραφεί ένα υλικό από θλίψη, καλείται φορτίο θραύσεως. Το αντίστοιχο μέγεθος των τάσεων θλίψεως καλείται τάση θραύσεως ή αντοχή του υλικού σε θλίψη.

Κάθε υλικό ανάλογα με τη φύση του εμφανίζει διαφορετική αντοχή σε θλίψη.

Ο προσδιορισμός της ιδιότητας αυτής γίνεται πειραματικά στα εργαστήρια αντοχής υλικών, με τη χρησιμοποίηση ειδικών μηχανών.

Ο έλεγχος της αντοχής σε θλίψη δεν είναι απαραίτητο να

γίνεται σε όλα τα δομικά υλικά. Μόνο όσα ενσωματούμενα σε ένα έργο πρόκειται να υποστούν θλιπτικές δυνάμεις, υφίστανται τον έλεγχο αυτό. Τα πιο συνηθισμένα υλικά της κατηγορίας αυτής είναι οι λίθοι, οι πλίνθοι, τα σκυροδέματα, το ξύλο και ο χυτοσίδηρος.

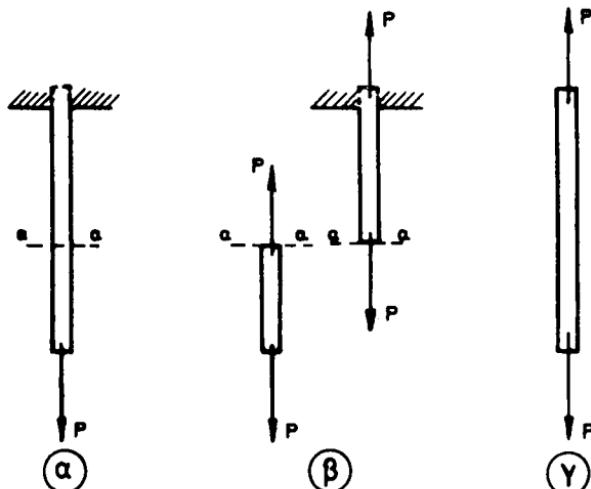
Στον πίνακα 0.11.1 αναφέρεται η αντοχή σε θλίψη ορισμένων δομικών υλικών.

β) *Αντοχή σε εφελκυσμό*. Εάν οι εξωτερικές δυνάμεις (φορτία και αντιδράσεις), που ενεργούν επάνω σε ένα σώμα, τείνουν να επιμηκύνουν το σώμα (σχ. 0.11ζ), λέγομε ότι το σώμα υφίσταται εφελκυσμό.

Στην περίπτωση αυτή ισχύουν όλα όσα αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο περί θλίψεως, με τη διαφορά ότι τόσο οι εξωτερικές δυνάμεις όσο και οι τάσεις εμφανίζονται με αντίθετη φορά.

Έτσι έχομε τάσεις εφελκυσμού ($\sigma_{\varepsilon\lambda}$), για τις οποίες ισχύει η σχέση:

$$\sigma_{\varepsilon\lambda} = \frac{P}{F} \quad (14)$$



Σχ. 0.11ζ.

Προσδιορισμός των τάσεων εφελκυσμού σε ράβδο.

όπου P η εξωτερική δύναμη και F η επιφάνεια της εξεταζόμενης διατομής.

Και εδώ έχομε φορτίο θραύσεως σε εφελκυσμό και τάση θραύσεως ή αντοχή του υλικού σε εφελκυσμό.

Ο προσδιορισμός της αντοχής σε εφελκυσμό γίνεται στα εργαστήρια με τη βοήθεια ειδικών μηχανών.

Κάθε υλικό έχει, όπως και στη θλίψη, δική του αντοχή σε εφελκυσμό. Στον πίνακα 0.11.1 αναφέρεται η αντοχή ορισμένων από αυτά.

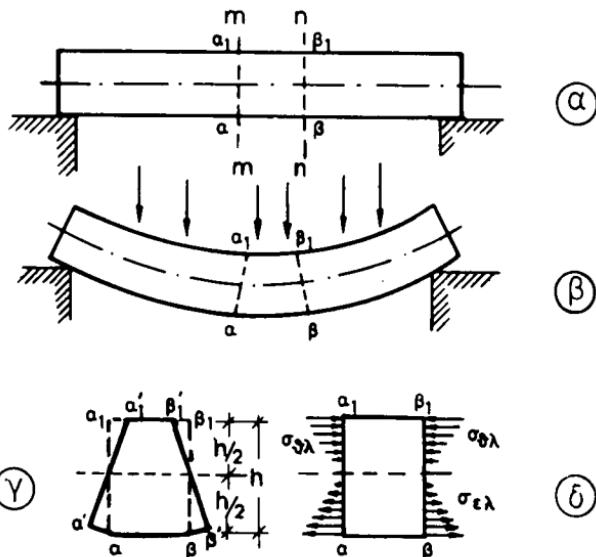
Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι τα υλικά γενικά, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις (χάλυβας), παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή σε θλίψη και διαφορετική σε εφελκυσμό.

Επομένως στα τεχνικά έργα, που υφίστανται επίδραση εφελκυστικών δυνάμεων, πρέπει να χρησιμοποιούνται τα υλικά με τη μεγαλύτερη αντοχή σ' αυτές. Π.χ. οι λίθοι και το σκυρόδεμα έχουν αντοχή σε εφελκυσμό ίση περίπου προς το 1/10 της αντοχής τους σε θλίψη. Επομένως θα ήταν αντιοκονομικό να χρησιμοποιήσουμε τα υλικά αυτά ως τμήματα ενός έργου, στα οποία επιδρούν εφελκυστικές τάσεις.

γ) **Αντοχή σε κάμψη.** Στην περίπτωση αυτή το σώμα έχει συνήθως μορφή ράβδου ή πλάκας και στηρίζεται σε δύο ή περισσότερα ακλόνητα στηρίγματα. Τα εξωτερικά φορτία δρουν κάθετα στον άξονα ή το αξονικό επίπεδο του σώματος [σχ. 0.11η(α)]. Το σώμα παραμορφώνεται όπως στο σχήμα 0.11η(β), υφίσταται δηλαδή κάμψη. Και εδώ τα εξωτερικά φορτία, για να μεταφερθούν στα στηρίγματα, διέρχονται μέσα από τη μάζα του υλικού και δημιουργούν εσωτερικές δυνάμεις διαφόρων κατευθύνσεων και περισσότερο πολύπλοκες από ό,τι στην περίπτωση της θλίψεως ή του εφελκυσμού. Οι εσωτερικές αυτές δυνάμεις καλούνται καμπτικές τάσεις και, όταν το μέγεθός τους υπερβεί ένα όριο, ορισμένο για κάθε υλικό, καταστρέφουν τη συνοχή του υλικού, προκαλούν δηλαδή τη θραύση του. Το όριο αυτό καλείται αντοχή του υλικού σε κάμψη.

Η αντοχή αυτή προσδιορίζεται πειραματικά, όπως και για τις άλλες περιπτώσεις παραμορφώσεως, με ειδικές μηχανές.

Οι κύριες τάσεις που αναπτύσσονται κατά τη κάμψη είναι τριών ειδών:



Σχ. 0.11η.
Κατανομή των τάσεων σε ράβδο που υφίσταται κάμψη.

- Θλιπτικές.
- Εφελκυστικές, και
- διατμητικές.

Πράγματι, από τη μορφή που παίρνει το σώμα κατά την παραμόρφωσή του [σχ. 0.11η(β)], συμπεραίνομε ότι το τμήμα, που βρίσκεται πάνω από τον άξονα, θλίβεται, ενώ το τμήμα, που βρίσκεται κάτω από αυτό, εφελκύεται. Αυτό φαίνεται στο τμήμα $\alpha_1\beta_1\alpha\beta$, που προέκυψε από το σώμα με δύο παράλληλες τομές μπ και πη [σχ. 0.11η(γ)]. Ο ουδέτερος άξονας δεν υπέστει καμμία παραμόρφωση, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν, οι παράλληλες προς αυτόν ίνες υφίστανται μεγαλύτερες επιβραχύσεις (άνω) παρά επιμηκύνσεις (κάτω). Επομένως και οι τάσεις, που προκαλούν τις παραμορφώσεις αυτές, είναι μεγαλύτερες, όσο μακρύτερα βρίσκονται από τον ουδέτερο άξονα. Η κατανομή των τάσεων θλίψεως και εφελκυσμού σε διατομές κάθετες στον άξονα φαίνεται στο σχήμα 0.11η(δ).

Από τα παραπάνω προκύπτει αρχικά, το συμπέρασμα ότι ένα υλικό, που έχει διαφορετική αντοχή θλίψεως και εφελκυσμού,

θα σπάσει (θα θραυσθεί), είτε λόγω θραύσεως των ακραίων ινών, που βρίσκονται πάνω από τον άξονα (περίπτωση όπου $\sigma_{\theta} < \sigma_{\epsilon}$) ή θραύσεως των ακραίων ινών που βρίσκονται κάτω από τον άξονα (περίπτωση $\sigma_{\theta} > \sigma_{\epsilon}$).

Επομένως υλικά που έχουν μεγάλη διαφορά μεταξύ αντοχής θλίψεως και εφελκυσμού (λίθοι, σκυρόδεμα) δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κατασκευές, που πρόκειται να υποστούν κάμψη, όπως π.χ. δοκοί γεφυρών, κτηρίων, πατωμάτων κ.ά.

Αντίθετα στις κατασκευές αυτές πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά με περίπου ίσες αντοχές (ξύλο, οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβας).

δ) Αντοχή σε διάτμηση. Όταν τα μόρια ενός σώματος γλιστρούν (ολισθαίνουν) μεταξύ τους, γιατί ενεργούν τάσεις κάθετες στην ευθεία που τα συνδέει (σχ. 0.11a), το σώμα παραμορφώνεται. Η παραμόρφωση οφείλεται σε μετάθεση των διατομών κατά διεύθυνση κάθετη στον άξονα του σώματος. Τότε λέμε ότι το σώμα υφίσταται διάτμηση και σπάει (θραύσει) όταν οι τάσεις αυτές, που καλούνται διατμητικές, υπερβούν ένα όριο. Το όριο αυτό καλείται αντοχή του σώματος σε διάτμηση.

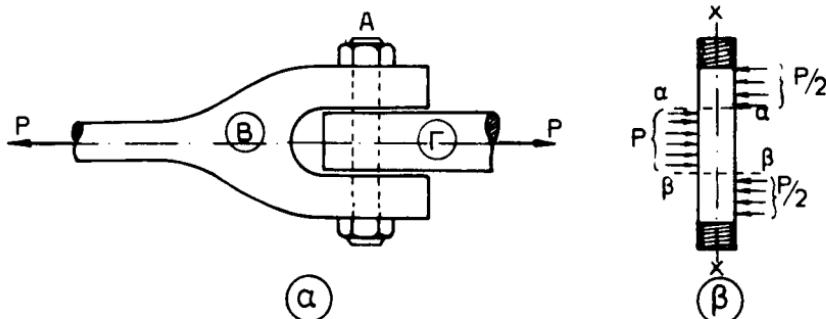
Η περίπτωση αυτή της εντατικής καταστάσεως παρουσιάζεται σε όλες τις περιπτώσεις παραμορφώσεως που αναφέραμε προηγουμένως.

Γίνεται όμως περισσότερο φανερή κατά την παραμόρφωση λόγω κάμψεως. Σε πολλά υλικά αναπτύσσονται κατά την κάμψη τόσο μεγάλες διατμητικές τάσεις, ώστε η θραύση επέρχεται από αυτές και όχι από τις κύριες τάσεις εφελκυσμού και θλίψεως.

Καθαρή διάτμηση παρουσιάζεται στην περίπτωση των καρφωμάτων (ηλώσεων). Στο σχήμα 0.11θ το μπουλόνι (βλήτρο) Α συγκρατεί δύο σώματα, Β και Γ, τα οποία υφίστανται εφελκυσμό από τις δυνάμεις Ρ.

Οι δυνάμεις, που ενεργούν επάνω στο μπουλόνι (βλήτρο), φαίνονται στο σχήμα 0.11θ (β). Ο κίνδυνος να σπάσει αυτό εντοπίζεται στις διατομές α-α ή β-β, που τείνουν να μετακινηθούν κατά διεύθυνση κάθετη στον άξονα x-x του μπουλονιού (βλήτρου).

Έστω ότι το μπουλόνι (βλήτρο) είναι κυλινδρικό με διάμετρο $d = 6$ cm. Η διατομή α-α ή β-β θα είναι κύκλος με επιφάνεια.



Σχ. 0.11θ.
Κατανομή των τάσεων λόγω διατμήσεως.

$$F = 3,14 \cdot \frac{6^2}{4} = 28,26 \text{ cm}^2$$

Εάν η δύναμη είναι $P = 10 \text{ Mp}$, τότε η αναπτυσσόμενη διατμητική τάση τ σε κάθε διατομή θα είναι: -

$$\tau = \frac{P/2}{F} = \frac{5000 \text{ kp}}{28,26 \text{ cm}^2} = 177 \text{ kp/cm}^2$$

Εάν το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το μπουλόνι (βλήτρο), έχει αντοχή σε διάτμηση $\tau_{\theta\rho} = 150 \text{ kp/cm}^2$, θα επέλθει η θραύση του κατά μία από τις διατομές α-α ή β-β.

ε) Άλλα είδη αντοχής. Υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις εντατικής καταστάσεως περισσότερο σύνθετες από τις προηγούμενες, όπως στρέψη ή σύγχρονη κάμψη και εφελκυσμός ή σύγχρονη κάμψη και θλίψη κλπ., απέναντι στις οποίες κάθε υλικό εμφανίζει διαφορετική αντοχή. Αυτές εξετάζονται στο βιβλίο Αντοχή των Υλικών.

2ον. Δυναμική αντοχή.

Όσα είπαμε στην παράγραφο 0.11 ισχύουν, όταν οι δυνάμεις, που εφαρμόζονται επάνω σε σώμα, αποκτούν τη μέγιστη τους τιμή ύστερα από σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυξάνεται δηλαδή το μέτρο τους από το μηδέν έως την τελική του τιμή λίγο-λίγο. Η φόρτιση αυτή καλείται, στατική φόρτιση.

Όταν όμως ενεργήσει στο υλικό μία δυναμική φόρτιση [§ 0.6 (4ov)], τότε η αντοχή του υλικού απέναντι της είναι πάντοτε μικροτέρη από ό,τι όταν ενεργήσει στατική φόρτιση.

Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις δυναμικών φορτίσεων στις δομικές κατασκευές είναι ο σεισμός, οι υπόγειες εκρήξεις υπονομίσκων (σε λατομεία), οι εκρήξεις βομβών σε καιρό πολέμου και οι κραδασμοί που οφείλονται στη λειτουργία μηχανών με κινούμενα μέρη.

Για να γίνει πιο απλός ο υπολογισμός των διαφόρων δομικών στοιχείων, όταν αυτά υφίστανται δυναμική φόρτιση, μετατρέπεται η φόρτιση αυτή σε στατική φόρτιση με πολλαπλασιασμό επί ένα συντελεστή. Ο συντελεστής αυτός είναι πάντοτε μεγαλύτερος από τη μονάδα και καλείται δυναμικός συντελεστής φορτίσεως.

Π.χ. έαν μία περιοχή υφίσταται σεισμικές επιβαρύνσεις, τότε για τον υπολογισμό της αντοχής των στύλων ή ορισμένων δοκών ενός κτηρίου, πολλαπλασιάζονται τα φορτία (ίδιο βάρος, οφέλιμο φορτίο κλπ.) των στοιχείων αυτών επί ένα συντελεστή ίσο με (1+a). Το a εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του σεισμού και του εδάφους θεμελιώσεως.

Τα αυξημένα φορτία θεωρείται ότι δρουν στατικά και λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό η αντοχή των υλικών σε στατική φόρτιση.

3ον. Ελαστικότητα - πλαστικότητα - μέτρο ελαστικότητας.

Όπως είναι γνωστό [§ 0.11 (1ov)], ένα σώμα υφίσταται παραμόρφωση, αλλαγή δηλαδή του σχήματός του και των διαστάσεών του, όταν ενεργήσουν επάνω σ' αυτό εξωτερικές δυνάμεις. Έτσι π.χ η ράβδος που υφίσταται εφελκυσμό επιμηκύνεται κατά τη διεύθυνση των δυνάμεων, ενώ συγχρόνως ελαττώνεται η διατομή της.

Είναι δυνατόν αυτές οι παραμορφώσεις να είναι πρόσκαιρες και το σώμα να επανακτήσει την αρχική του μορφή, όταν παύσουν να ενεργούν οι δυνάμεις που τις προκάλεσαν. Οι παραμορφώσεις αυτού του είδους λέγονται ελαστικές, ελαστικότητα δε είναι η ιδιότητα του σώματος να επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση, όταν παύσουν να ενεργούν σ' αυτό οι εξωτερικές δυνάμεις που προκάλεσαν την παραμόρφωση.

Εάν οι τάσεις που αναπτύσσονται, αυξηθούν πέρα από ένα ορισμένο όριο, οι παραμορφώσεις δεν εξαφανίζονται μετά την απομάκρυνση των δυνάμεων. Οι μόνιμες αυτές παραμορφώσεις

καλούνται πλαστικές και πλαστικότητα είναι η ιδιότητα του σώματος να παραμορφώνεται μόνιμα, χωρίς να σπάει (θραύεται).

Η μετάβαση από την κατάσταση της ελαστικότητας στην κατάσταση της πλαστικότητας λόγω της αυξήσεως των τάσεων δεν γίνεται ομαλά. Παρεμβάλλονται διάφορες άλλες καταστάσεις μερικής ελαστικής ή μερικής πλαστικής παραμορφώσεως, οι οποίες εξαρτώνται από τη φύση του υλικού.

Στα επί μέρους κεφάλαια αναπτύσσεται αναλυτικότερα η συμπεριφορά των διαφόρων υλικών από απόψεως παραμορφώσεως, που υφίστανται, όταν βρίσκονται κάτω από την ενέργεια των εξωτερικών δυνάμεων.

Η ελαστικότητα εκδηλώνεται με διαφορετικό βαθμό στα υλικά. Υπάρχουν υλικά που έχουν μεγάλη περιοχή ελαστικών παραμορφώσεων, όπως π.χ. το καουτσούκ (με πολύ μικρό όμως όριο ελαστικότητας, γιατί παραμορφώνεται με πολύ μικρές δυνάμεις) και άλλα που δεν υφίστανται σχεδόν καθόλου ελαστικές παραμορφώσεις, όπως π.χ. ο πηλός.

Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι στην περιοχή της ελαστικότητας οι παραμορφώσεις είναι ανάλογες προς τις τάσεις. Ο λόγος των τάσεων προς τις παραμορφώσεις είναι μέγεθος σταθερό για κάθε υλικό και για κάθε είδος φορτίσεως και καλείται μέτρο ελαστικότητας.

Π.χ. στην περίπτωση μιας εφελκυόμενης ράβδου με διατομή επιφάνειας F έστω ότι η δύναμη, που προκαλεί εφελκυσμό μέσα στην περιοχή της ελαστικότητας, είναι P . Η αντίστοιχη τάση, δηλαδή η δύναμη που δρα στη μονάδα επιφάνειας (σ) θα είναι $\sigma_{ελ} = \frac{P}{F}$. Έστω ακόμη ότι το μήκος της ράβδου πριν από τη φόρτιση είναι l και l' το μήκος της μετά τη φόρτιση. Επομένως $\Delta l = l' - l$ θα είναι η συνολική επιμήκυνση της ράβδου και $\frac{\Delta l}{l} = \epsilon$ η επιμήκυνση, που αναλογεί στη μονάδα του μήκους (αναγμένη επιμήκυνση). Με αυτά τα δεδομένα ισχύει η σχέση:

$$\frac{\sigma}{\epsilon} = E \quad (15)$$

όπου E είναι μια σταθερή για κάθε υλικό ποσότητα, η οποία καλείται μέτρο ελαστικότητας (ή μέτρο του Young, από το όνομα του πρώτου που το προσδιόρισε).

Η σχέση (15) μπορεί να γραφεί, εάν ληφθούν υπόψη τα προηγούμενα ως εξής:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{P}{F E} \quad \text{ή} \quad \Delta l = \frac{Pl}{FE} \quad (16)$$

Από τη σχέση (15) προκύπτει, ότι οι διαστάσεις του E είναι:

Δύναμη και στο τεχνικό σύστημα μετρήσεως kp/cm². Έχει δη-
Επιφάνεια

λαδή το E τις ίδιες διαστάσεις με την τάση, γιατί η αναγμένη επιμήκυνση είναι αδιάστατη ποσότητα.

Στο E είναι δυνατόν να δοθεί η ερμηνεία ότι είναι η τάση, η οποία μπορεί να διπλασιάσει το μήκος του εφελκυόμενου σώματος, με την προ-
πόθεση φυσικά ότι αυτό είναι απείρως ελαστικό. Αυτό προκύπτει, εάν στη σχέση (15) τεθεί $\varepsilon = 1$, δηλαδή $\frac{\Delta l}{l} = 1$ ή $\Delta l = l$

Το μέτρο ελαστικότητας διαφέρει σε μεγάλο βαθμό στα διάφορα υλικά και αποτελεί χαρακτηριστικό πολύ χρήσιμο για τη μελέτη της συμπεριφοράς τους κατά τις παραμορφώσεις.

Τα μέταλλα γενικά παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Ο χάλυβας έχει πολύ υψηλό όριο ελαστικότητας σε εφελκυσμό και θλίψη και παρουσιάζει μεγάλες ελαστικές παραμορφώσεις. Ο μόλυβδος αντίθετα παρουσιάζει πολύ μικρές ελαστικές παραμορφώσεις και πολύ μεγάλες πλαστικές. Στην περίπτωση μάλιστα της θλίψεως ο μόλυβδος παραμορφώνεται πλαστικά σχεδόν απεριόριστα και δεν παρουσιάζει όριο θραύσεως. Γι' αυτό το λόγο είναι δυνατόν με πίεση να προκύψουν λεπτότατα φύλλα από μόλυβδο.

Ο προσδιορισμός του μέτρου E γίνεται πειραματικά με τη βοήθεια καταλλήλων μηχανών.

Η τιμή του μέτρου ελαστικότητας διαφόρων υλικών δίνεται στον πίνακα 0.11.1.

4ον. Το εύθραυστο (αντοχή σε κρούση).

Η ιδιότητα αυτή εκδηλώνεται, όταν ένα σώμα υποστεί την επίδραση μιας δυνάμεως, που ενεργεί απότομα επάνω σ' αυτό, π.χ. κρούση με ένα σφυρί, ή όταν υποστεί την επίδραση υψηλών τάσεων, που συγκεντρώνονται σε μία μικρή περιοχή του. Η πα-

ΠΙΝΑΚΑΣ 0.11.1

**Μέτρο ελαστικότητας Ε και τάση θραύσεως σ (αντοχή)
διαφόρων υλικών**

(σε kp/cm²)

α/α	Υλικό	Ε	$\sigma_{θρ}$	
			Θλίψη	Ελκυσμός
	1. Φυσικοί λίθοι			
1	Γρανίτες		800-2700	
2	Βασάλτες		1000-5800	
3	Ψαμμόλιθοι		150-2700	
4	Ασβεστόλιθοι		250-1900	
5	Μάρμαρο		400-2800	
	2. Τεχνητοί λίθοι			
6	Σκυρόδεμα B 120-B 225	140 000-210 000	120 - 225	
7	Σκυρόδεμα B 300-B 600	300 000-400 000	300 - 600	
8	Τούβλα συμπαγή		100 - 200	
9	Τούβλα διάτρητα		50 - 100	
	3. Ξύλο	.		
10	Κωνοφόρα II προς τις ίνες	100 000	800	800
11	Κωνοφόρα I προς τις ίνες	3 000	80	-
12	Δρυς II προς τις ίνες	125 000	400	1 000
13	Δρυς I προς τις ίνες	6 000	150	-
14	Οξιά II προς τις ίνες	125 000	350	1 350
15	Οξιά I προς τις ίνες	6 000	120	
	4. Μέταλλα			
16	Ρευστοπαγής χάλυβας St 37	2 100 000	3700-4500	
17	Δομικός χάλυβας St 48	2 100 000	4800-5800	
18	Δομικός χάλυβας St 52	2 100 000	5200-6200	
19	Χιτοσιδηρος	1 000 000		
20	Αλουμινίο	720 000	1200-2400	
21	Ντουραλουμίνιο	720 000	1400-1800	
22	Χαλκός μαλακός	1 150 000	4000-4800	
23	Ορείχαλκος	900 000	2100-2400	
			4000-6000	

ραπάνω ιδιότητα χαρακτηρίζεται από την αντίσταση που προβάλλει το υλικό στη θραύση του από μία τοπική κρούση.

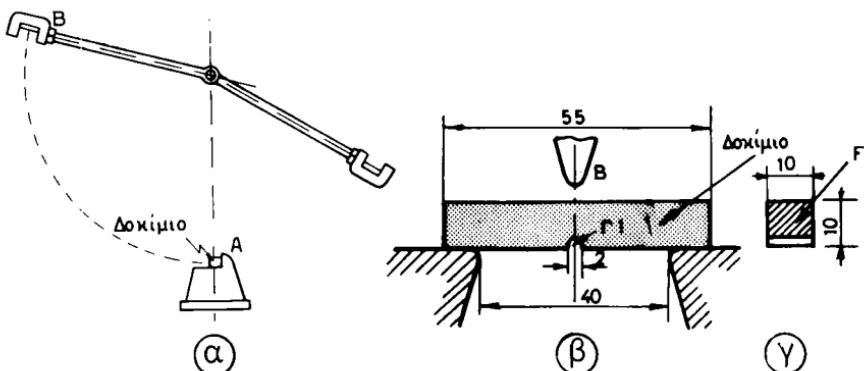
Ο έλεγχος του ευθραύστου των υλικών και ο προσδιορισμός του βαθμού θραύσεως τους γίνεται με τη δοκιμή κρούσεως.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι εκτελέσεως της δοκιμής αυτής. Πιο συνηθισμένη είναι η με το εκκρεμές του Charpy. Για να καταλάβομε ας κοιτάξουμε το σχήμα 0.11ι. Στη θέση Α τοποθετείται το δοκίμιο, το οποίο έχει στη μέση μια εγκοπή [σχ. 0.11ι(γ)]. Η μάζα Β, η οποία βρίσκεται στην άκρη του εκκρεμούς, ανυψώνεται σε ορισμένο ύψος Η₁ και αφήνεται ελεύθερη να πέσει επάνω στο δοκίμιο. Μετά τη θραύση του τελευταίου, η μάζα Β συνεχίζει την κίνησή της και πέρα από τη θέση Α και φθάνει σε ύψος Η₂. Από το βάρος G της μάζας Β, το αρχικό ύψος Η₁, το τελικό ύψος Η₂ και τη διατομή F του δοκιμίου στη θέση εγκοπής, προσδιορίζεται το μέγεθος της αντοχής του υλικού σε θραύση λόγω κρούσεως.

Πραγματικά στο αρχικό ύψος Η₁ η μάζα έχει δυναμική ενέργεια G . Η₁ στην τελική θέση Η₂ η ενέργεια της έγινε G . Η₂. Η διαφορά:

$$G \cdot H_1 - G \cdot H_2 = G (H_1 - H_2)$$

αντιπροσωπεύει την ενέργεια, που απορρόφησε το δοκίμιο κατά τη θραύση του. Εάν η ενέργεια αυτή διαιρεθεί διά της επιφάνειας F της δια-



Σχ. 0.11ι.

Σχηματική παράσταση της συσκευής του Charpy για τον έλεγχο σε κρούση των υλικών. α) Η συσκευή σε λειτουργία. β) Κάτοψη της θέσεως Α, στην οποία τοποθετείται το δοκίμιο. γ) Διατομή F του δοκιμίου στη θέση θραύσεως του.

τομής του δοκιμίου, θα έχομε την ενέργεια K , που απορροφήθηκε από τη μονάδα της επιφάνειας του αντικειμένου. Δηλαδή:

$$K = G \frac{H_1 - H_2}{F} \quad (17)$$

Εάν η G μετριέται σε kp, τα H_1 και H_2 σε cm και η F σε cm^2 , τότε οι διαστάσεις της αντοχής σε κρούση θα είναι kpcm/cm^2 ή kp/cm^2 .

Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να γίνει σύγκριση των διαφόρων υλικών ως προς την αντοχή που παρουσιάζουν στην κρούση.

Πάντως για να προκύψουν αποτελέσματα ακριβή, πρέπει ο έλεγχος να γίνεται κάτω από αυστηρά ορισμένες συνθήκες, που καθορίζουν οι κανονισμοί. Γιατί το εύθραυστο των υλικών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως π.χ.:

- Η ταχύτητα κρούσεως,
- η θερμοκρασία του δοκιμίου, και
- το σχήμα και οι διαστάσεις της εγκοπής του δοκιμίου.

5ον. Αντοχή σε τριβή – Σκληρότητα.

Πολύ σπουδαία ιδιότητα των υλικών, η οποία σε πολλές περιπτώσεις (λίθοι, ξύλα κλπ.) χαρακτηρίζει γενικώς την καλή ή κακή ποιότητά τους.

Δεν πρέπει να συγχέεται με τη μηχανική αντοχή των υλικών, δηλαδή την αντοχή τους σε θλίψη, εφελκυσμό, κάμψη κλπ. Το διαμάντι όπως είναι γνωστό, είναι το πιο σκληρό σώμα. Και όμως η μηχανική αντοχή του είναι πολύ μικρή.

Η σκληρότητα των υλικών, που θα χρησιμοποιηθούν σε τμήματα έργων, τα οποία πρόκειται να υποστούν τριβές (οδοστρώματα, πεζοδρόμια, δάπεδα κατοικιών και εργοστασίων) ή μηχανικές επιδράσεις από τον άνεμο, το νερό κλπ., πρέπει να ελέγχεται σχολαστικά.

Η σύγκριση του βαθμού σκληρότητας των υλικών που επιλέγουμε στην αρχή, σε συνδυασμό και με τις άλλες ιδιότητες, που τυχόν απαιτούνται, θα καταστήσει εύκολη την επιλογή του καταλληλότερου υλικού.

Η σκληρότητα των υλικών καθορίζεται από τη σκληρομετρική κλίμακα του Mohs ή από άλλες κλίμακες.

Η κλίμακα του Mohs έχει 10 βαθμίδες. Σε κάθε βαθμίδα αντιστοιχεί

ένα γνωστό ορυκτό, που χαράζει το προηγούμενό του και χαράζεται από το επόμενο.

Τα ορυκτά αυτά με την αντίστοιχη σκληρότητα δείχνει ο πίνακας 0.11.2.

Απλός τρόπος εξακριβώσεως της σκληρότητας ενός υλικού είναι ο εξής:

Σώματα σκληρότητας 2 χαράζονται από τον όνυχα.

Σώματα σκληρότητας 3 χαράζονται από το γυαλί.

Σώματα σκληρότητας 4 χαράζονται από χαλύβδινο μαχαιρίδιο.

Υπάρχουν όμως και πιο ακριβείς εργαστηριακές μέθοδοι, όπως π.χ. οι γνωστές ως μέθοδοι Brinnel, Vickers, Los Angeles όπου τα δοκίμια τοποθετούνται σε ειδικές μηχανές ή συσκευές ελέγχου για να προσδιοριστεί η σκληρότητα και η αντοχή τους στην τριβή (κεφάλ. 2 και 7).

ΠΙΝΑΚΑΣ 0.11.2

Σκληρομετρική κλίμακα του Mohs

Στεατίτης	σκληρότητα	1
Γύψος	"	2
Ασβεστίτης	"	3
Φθορίτης	"	4
Απατίτης	"	5
Άστριος	"	6
Χαλαζίας	"	7
Τοπάζιο	"	8
Κορούνδιο	"	9
Αδάμας	"	10

0.12 Συντελεστής ασφάλειας. Επιτρεπόμενες τάσεις.

Η αντοχή σε θραύση ενός υλικού, στις διάφορες μορφές καταπονήσεως που υφίσταται, αποτελεί βασικό κριτήριο της ποιότητάς του. Δεν επιτρέπεται όμως να προσδιορίζονται βάσει της αντοχής του υλικού σε θραύση οι διαστάσεις της διατομής του. Οι κυριότεροι λόγοι είναι οι εξής:

α) Ο προσδιορισμός της αντοχής σε θραύση γίνεται πειραματικά επάνω σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα και όχι επάνω σε ολόκληρη την ποσότητα των υλικών.

β) Τα υλικά έχουν διάφορα ελαττώματα, όπως π.χ. οι φλέβες και οι κοιλότητες στους λίθους, τα οποία προκαλούν τοπικές εξασθενήσεις της αντοχής.

γ) Κατά την παρασκευή διαφόρων συνθέτων υλικών, κυρίως κονιαμάτων και σκυροδεμάτων, δεν τηρούνται πολλές φορές με ακρίβεια οι προδιαγραφές και οι κανονισμοί, με συνέπεια να προκύπτουν προιόντα κατώτερης ποιότητας.

δ) Ο υπολογισμός των διατομών γίνεται βάσει παραδοχών, που μπορεί να μην τηρούνται απόλυτα στην πράξη.

ε) Η εκτίμηση των εξωτερικών φορτίων που δέχεται το υλικό δεν είναι πάντοτε ακριβής.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι επιβάλλεται να μην επιβαρύνονται τα υλικά μέχρι την τάση θραύσεως ($\sigma_{θρ}$), αλλά μέχρι μια χαμηλότερη τάση, η οποία ονομάζεται επιτρεπόμενη ή ανεκτή τάση ($\sigma_{επ}$).

Ο λόγος των δύο αυτών τάσεων καλείται συντελεστής ασφάλειας και συμβολίζεται με το γράμμα v . Έτσι έχουμε:

$$v = \frac{\sigma_{θρ}}{\sigma_{επ}} \quad (18)$$

Επειδή ο συντελεστής ασφάλειας εξαρτάται από αστάθμητους παράγοντες, οι κανονισμοί προσδιορίζουν αυτόν ανάλογα με το είδος του υλικού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 0.12.1

Συντελεστές ασφαλείας διαφόρων υλικών

a/a	Υ λ ι κ ό	v
1	Σίδηρος και χάλυβας (λαμβάνεται αντί του $\sigma_{θρ}$ το όριο διαρροής)	2 - 1,5
2	Ξύλο	4,5 - 3,0
3	Σκυρόδεμα	5 - 3
4	Λίθοι για λιθοδομές για έδρανα για βάθρα και θόλους για στύλους	20 - 8 15 - 10 20 - 15 30 - 25

λικού και το είδος της καταπονήσεως που υφίσταται αυτό, όταν ενσωματωθεί στο έργο. Επομένως, εάν γνωρίζουμε την αντοχή ενός υλικού και τον συντελεστή ασφάλειας, μπορούμε να προσδιορίσουμε μέχρι ποιά τάση επιτρέπεται να φορτισθεί κάθε υλικό. Θα ισχύσει δηλαδή η σχέση:

$$\sigma_{\text{στ}} = \frac{\sigma_{\theta\rho}}{v} \quad (19)$$

Οι συντελεστές ασφάλειας διαφόρων υλικών δίνονται στον πίνακα 0.12.1.

0.13 Τεχνικές ή τεχνολογικές ιδιότητες.

Οι ιδιότητες αυτές, (§ 0.9), αναφέρονται στην ικανότητα των υλικών να δέχονται διάφορες μηχανικές κατεργασίες, χωρίς να μεταβάλλονται οι άλλες ιδιότητές τους (χημικές, φυσικές, μηχανικές). Επίσης έχουν σχέση με τη δυνατότητα χειρισμού των διαφόρων υλικών κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Π.χ. ο μαλακός χάλυβας, το αλουμίνιο καθώς και άλλα μεταλλα, μετατρέπονται σε φύλλα και σύρματα με τη βοήθεια ειδικών μηχανών, χωρίς να ελαττωθεί η αντοχή τους ή οι άλλες ιδιότητές τους. Αντίθετα ο χυτοσίδηρος, εάν υποστεί την κατεργασία της μετατροπής αυτής, θα σπάσει (θραυσθεί).

Υπάρχουν λίθοι που λαξεύονται εύκολα και λίθοι που είναι σχεδόν αδύνατη η λαξευσή τους. Επίσης υπάρχουν λίθοι που λειαίνονται και λίθοι που δεν επιδέχονται λείανση.

Τα κονιάματα και τα σκυροδέματα κατεργάζονται δύσκολα, όταν περιέχουν μικρή ποσότητα νερού ή όταν η σχέση μεταξύ άμμου και χαλίκων από τη μία, και ασβέστης ή τσιμέντο από την άλλη δεν είναι σε κανονικές αναλογίες.

Οι σπουδαιότερες τεχνολογικές ιδιότητες των δομικών, υλικών είναι:

1ον. Το εργάσιμο.

Είναι η ιδιότητα, που καθιστά ένα υλικό ικανό να υποστεί εύκολα κατεργασία πριν το χρησιμοποιήσουμε στο έργο.

Αναφέρεται κυρίως για τους λίθους, τα λεπτά και χονδρά

κονιάματα και γενικά για τα υλικά, που βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση, πριν χρησιμοποιηθούν στο έργο.

Οι λίθοι έχουν υψηλό εργάσιμο, εάν γίνεται εύκολα η τρήση, η ξέση, η λάξευση, η λείανση και η στίλβωσή (γυάλισμά) τους.

Τα λεπτά κονιάματα έχουν ικανοποιητικό εργάσιμο, όταν είναι κανονικής συνθέσεως. Τα πολύ λεπτά κονιάματα και τα κονιάματα, που περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα νερού, από ό,τι απαιτείται, κατεργάζονται δύσκολα, έχουν δηλαδή χαμηλό εργάσιμο.

Τα χονδρά κονιάματα, εάν περιέχουν μικρή ποσότητα νερού, η οποία σε μερικές περιπτώσεις επιβάλλεται, κατεργάζονται δύσκολα και δεν αποτυπώνουν εύκολα τις λεπτομέρειες των τύπων, πάνω στις οποίες στρώνονται.

Το εργάσιμο δεν είναι δυνατό να μετρηθεί με τις γνωστές μονάδες μετρήσεως. Μόνο από την πείρα και μερικές ειδικές μεθόδους, είναι δυνατό να γραφούν πίνακες του εργάσιμου ομοειδών υλικών. Οι πίνακες αυτοί έχουν πληροφοριακό χαρακτήρα και παρέχουν συγκριτικά στοιχεία μεταξύ των υλικών της ίδιας κατηγορίας.

2ον. Η ελατότητα, ο ολκιμότητα, το εύχυτο, το συγκολλητό.

Οι ιδιότητες αυτές αναφέρονται αποκλειστικά στα μέταλλα και γι' αυτό εξετάζονται στο σχετικό κεφάλαιο περί μετάλλων (κεφάλ. 7).

0.14 Προδιαγραφές. Πρότυπα. Κανονισμοί.

Στην αγορά υπάρχουν σήμερα χιλιάδες υλικά και διαρκώς προστίθενται νέα. Επομένως ο μελετητής και ο κατασκευαστής συναντά δυσκολίες προκειμένου να επιλέξει τα καταλληλότερα για το έργο που πρόκειται να κατασκευάσει.

Πριν από την επιλογή ενός υλικού πρέπει να δοθεί από το μηχανικό λεπτομερής περιγραφή του (μέγεθος, διαστάσεις, χαρακτηριστικά, ιδιότητες) και να ορισθεί ο έλεγχος των ιδιοτήτων του υλικού με μεθόδους, οι οποίες θα πρέπει να είναι γνωστές από πριν και να έχουν γίνει δεκτές τόσο από τον παραγωγό, όσο και από τον καταναλωτή.

Στο δύσκολο αυτό έργο της επιλογής των υλικών, ο υπεύθυνος βοηθείται πολύ από τις πρότυπες προδιαγραφές και τους κανονισμούς.

1ον. Πρότυπες προδιαγραφές.

Η λεπτομερής περιγραφή του υλικού και οι ιδιότητες που θα πρέπει να ελεγχθούν, οι μέθοδοι ελέγχου των ιδιοτήτων αυτών, ο τρόπος που θα γίνει η παραλαβή και η καταμέτρηση και πολλά άλλα στοιχεία περιέχονται στις λεγόμενες προδιαγραφές.

Οι προδιαγραφές υλικών στην απλούστερη μορφή τους αποτελούν προσπάθεια του μελετητή ή του κατασκευαστή ενός τεχνικού έργου να θέσει υπόψη του παραγωγού του υλικού, τι θέλει.

Μια καλή και εφαρμόσιμη προδιαγραφή πρέπει να περιέχει τις απόλυτα απαραίτητες πληροφορίες και απαιτήσεις διατυπωμένες με σαφήνεια και ακρίβεια. Πρέπει να βασίζεται στην πείρα και στις γνώσεις, που έχουν αποκτηθεί μέχρι τη συνταξή της. Δεν πιρέπει όμως να περιέχει πολλούς και στενούς περιορισμούς, γιατί τότε υπάρχει κίνδυνος να μην μπορεί να εφαρμοσθεί ή να αναγκάσει τον παραγωγό να καταφύγει σε απάτη, για να είναι συνεπής με ένα πολύ περιοριστικό όρο.

Όταν μία προδιαγραφή ενός υλικού γίνει αποδεκτή από μεγάλο αριθμό καταναλωτών-παραγωγών ή από ένα κράτος, τότε καλείται *πρότυπη προδιαγραφή*.

Μία πρότυπη προδιαγραφή δεν είναι υποχρεωτική γιά όλους τους ενδιαφερόμενους. Εάν όμως ένας καταναλωτής ζητήσει ένα υλικό με διαφορετικά χαρακτηριστικά από τα προβλεπόμενα από την προδιαγραφή, υπάρχει κίνδυνος να μην βρει παραγωγό για να το κατασκευάσει, επειδή τόσο τα μηχανήματα, όσο και οι μέθοδοι παραγωγής έχουν προσαρμοσθεί προς την ισχύουσα προδιαγραφή. Επίσης, εάν ένας παραγωγός κατασκευάσει υλικό, το οποίο διαφέρει από το προβλεπόμενο της αντίστοιχης προδιαγραφής, κινδυνεύει να μην βρει αγοραστές, γιατί οι τελευταίοι δυσπιστούν προς ένα υλικό με άγνωστες ιδιότητες.

Όταν η πρότυπη προδιαγραφή υιοθετηθεί από ένα κράτος και γίνει Νόμος, γίνεται υποχρεωτική για όλους όσους συναλλάσσονται με αυτό.

Στην Ελλάδα υπάρχουν πρότυπες προδιαγραφές με ισχύ Νόμου, οι οποίες ή αναφέρονται μόνο σε υλικά, ή αναφέρονται σε διάφορα τεχνικά έργα, περιλαμβάνουν δε και τα υλικά, από τα οποία κατασκευάζονται τα έργα αυτά.

Οι σημαντικότερες πρότυπες προδιαγραφές που εκδόθηκαν από το Υπουργείο Δημοσίων Έργων είναι:

– Εκτέλεση χωματουργικών έργων οδοποιίας και επενδύσεως-φυτεύσεων πρανών.

– Τεχνικά έργα οδοποιίας, όπως π.χ. κατασκευές θεμελίων τεχνικών έργων· κιβώτια ή φράγματα από πασσαλοσανίδες· ξηρολιθοδομές γεφυρών· λιθοδομές γεφυρών και θόλων· υλικά, σύνθεση, παρασκευή και έλεγχος κονιαμάτων κ.ά.

– Οδοστρωσία, δηλαδή κατασκευή υποβάσεων οδοστρωμάτων με αδρανή υλικά σταθεροποιούμενου τύπου.

– Ασφαλτικά έργα (ασφαλτικά διαλύματα, ψυχρές άσφαλτοι, ασφαλτικά γαλακτώματα αντιυδρόφιλου τύπου κ.ά.).

– Αδρανή σκυροδεμάτων.

Για να γίνει πιο αντιληπτό τι περιέχει μια πρότυπη προδιαγραφή, αναγράφονται πιο κάτω τα περιεχόμενα της τελευταίας "περί αδρανών σκυροδεμάτων".

Μέρος 1ο.

1. Αντικείμενο
2. Ονοματολογία των αδρανών
3. Ποιότητα αδρανών
 - 3.1 Κατηγορίες
 - 3.2 Αντοχή και ανθεκτικότητα
 - 3.3 Μορφή κόκκων
 - 3.4 Επιβλαβείς προσμίξεις
 - 3.5 Κοκκομετρική σύνθεση
4. Δειγματοληψία

Μέρος 2ο. Παράρτημα Α' Δειγματοληψία με τη μέθοδο του τεταρτομερισμού.

Παράρτημα Β' Μέθοδος προσδιορισμού φαινομένου βάρους των αδρανών.

B1 Φαινόμενο βάρος άμμου 0-7

B2 Φαινόμενο βάρος σκύρων ή χαλικών κλπ.

B3 Υπολογισμοί

Παράρτημα Γ' Μέθοδος κοκκομετρικής αναλύσεως
των αδρανών

Παράρτημα Δ' Μέθοδος προσδιορισμού της παιπάλης
Παράρτημα Ε' Χρωματογραφική μέθοδος

ανιχνεύσεως επιβλαβών προσμίξεων
στα αδρανή.

2ον. Πρότυπα υλικών και μεθόδων.

Οι πρότυπες προδιαγραφές ικανοποιούν την ανάγκη ενιαίας παρουσιάσεως ενός υλικού και καθορισμού κοινών μεθόδων ελέγχου τόσο από τους καταναλωτές, όσο και από τους παραγωγούς. Είναι όμως αδύνατο να υπάρξουν πρότυπες προδιαγραφές για όλα τα υλικά που κυκλοφορούν, καθώς και για τα νέα, τα οποία μπαίνουν συνεχώς σε κυκλοφορία. Υπάρχει επομένως το πρόβλημα να περιοριστεί ο αριθμός των υλικών και κυρίως να ενοποιηθούν τα ομοειδή υλικά σε ένα ορισμένο τύπο. Στον τύπο αυτό θα συνδυάζονται τόσο τα εξωτερικά χαρακτηριστικά, όσο και οι ιδιότητες κάθε υλικού, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, τον οποίο επιβάλλουν η εμπειρία και η επιστημονική γνώση. Οι τύποι αυτοί των υλικών καλούνται *πρότυπα*.

Η ανάγκη υπάρξεως προτύπων όχι μόνο στα υλικά, αλλά στις μεθόδους ελέγχου τους, καθώς και σε άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου, έχει αναγνωρισθεί από όλα τα προηγμένα κράτη. Αρκεί να αναφερθεί, ότι στις ΗΠΑ. υπάρχουν πάνω από 2000 πρότυπα για υλικά και μεθόδους ελέγχου και ότι κάθε χρόνο προστίθεται σημαντικός αριθμός νέων.

Με τα πρότυπα αποκομίζονται πολλά οφέλη από τους καταναλωτές και τους παραγωγούς. Τα κυριότερα είναι:

– Πλήρης εκμετάλλευση των ιδιοτήτων του υλικού, άρα οικονομικότερη κατασκευή ενός έργου.

– Περιορισμός του αριθμού των τύπων και ποικιλιών ομοειδών υλικών, που παράγονται από διάφορα εργοστάσια. Αυτό διευκολύνει το μελετητή και τον κατασκευαστή ενός έργου στην επιλογή του καταλληλότερου υλικού. Επίσης βοηθιέται ο παραγωγός του υλικού να μειώσει το κόστος του, γιατί απλοποιείται η διαδικασία της κατασκευής και γίνεται οικονομία σε πρώτες ύλες και εργατικά.

– "Υπαρξη ενός οδηγού για την περιγραφή του υλικού στις προδιαγραφές, προκειμένου να γίνει η παραγγελία για την προμήθειά του.

Στην Ελλάδα υπάρχουν ελάχιστα πρότυπα υλικών και μεθόδων ελέγχου. Συνήθως χρησιμοποιούνται, όταν αυτό είναι δυνατόν, αμερικανικά ή γερμανικά πρότυπα.

3ον. Κανονισμοί.

Από το συνδυασμό των προδιαγραφών με τα πρότυπα προκύπτουν οι κανονισμοί. Οι κανονισμοί περιβάλλονται πάντοτε με την ισχύ Νόμου και είναι υποχρεωτική η εφαρμογή τους στα έργα που αναφέρονται.

Περιέχουν γενικώς στοιχεία για τις μεθόδους υπολογισμού του έργου, για τις μεθόδους εκτελέσεως των διαφόρων εργασιών, για την ποιότητα, τον έλεγχο και την προμήθεια των υλικών, για τις Υπηρεσίες, που θα ασκούν τον έλεγχο των κατασκευών, για τις διοικητικές κυρώσεις, που θα υφίστανται οι παραβάτες, καθώς και άλλες μικρότερης σημασίας διατάξεις.

Οι κανονισμοί που ισχύουν στην Ελλάδα είναι οι εξής:

- Κανονισμός βαρών και επιφορτίσεων οικοδομικών κατασκευών
- Κανονισμός για τη μελέτη και εκτέλεση έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Κανονισμός επιφορτίσεως γεφυρών.
- Κανονισμός εσωτερικών υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτηρίων.
- Κανονισμός διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

1.1 Περιγραφή - Προέλευση.

Οι φυσικοί λίθοι είναι στερεά σώματα, διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων, που προέρχονται από το στερεό φλοιό της γης. Το σχήμα τους μπορεί να είναι κανονικό ή τελείως ακανόνιστο. Γενικά επιδιώκεται να έχουν πρισματική μορφή, όπου η μία διάσταση είναι μεγαλύτερη από τις άλλες δύο [σχ. 1.1α(β)], ή πλακοειδή μορφή, όπου οι δύο διαστάσεις είναι σημαντικά μεγαλύτερες από την τρίτη [σχ. 1.1α(γ)].

Οι ακανόνιστοι [σχ. 1.1α(α)] και από τους κανονικούς οι κυβικής [σχ. 1.1α(δ)] ή σφαιρικής μορφής λίθοι θεωρούνται συνήθως ακατάλληλοι για δομική χρήση και χρησιμοποιούνται μόνο για το γέμισμα ορυγμάτων, την κατασκευή επιχωμάτων και σε ορισμένα λιμενικά έργα. Οι διαστάσεις των φυσικών λίθων κυμαίνονται μεταξύ μεγάλων ορίων. Χρησιμοποιούνται πλακοειδείς λίθοι πάχους λίγων εκατοστών και μεγάλοι ογκόλιθοι με διαστάσεις που υπερβαίνουν το μέτρο. Πάντως, για να χαρακτηρισθεί ένα προϊόν του στερεου φλοιού της γης ως φυσικός λίθος, πρέπει μία διάστασή του να είναι μεγαλύτερη από 15 cm, αλλοιώς εμπί-



α



β



γ

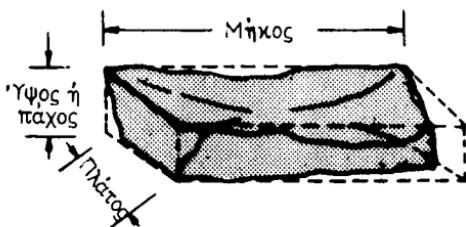


δ

Σχ. 1.1α.

Σχήματα φυσικών λίθων.

α) Ακανόνιστο. β) Πρισματικό. γ) Πλακοειδές. δ) Κυβικό.



Σχ. 1.18.
Χαρακτηρισμός των διαστάσεων ενός λίθου.

πτουν σε άλλες κατηγορίες των δομικών υλικών (κεφ. 2).

Οι τρεις βασικές διαστάσεις ενός λίθου χαρακτηρίζονται ως εξής (σχ. 1.1β):

Η μικρότερη διάσταση καλείται πάχος ή ύψος, η αμέσως μεγαλύτερη σε μέγεθος καλείται πλάτος και η μεγαλύτερη μήκος.

Οι φυσικοί λίθοι λαμβάνονται από τα πετρώματα, που συγκροτούν το επιφανειακό στερεό στρώμα του φλοιού της γης.

Αποτελούν βασικό υλικό για την κατασκευή ορισμένων τεχνικών έργων και χρησιμοποιούνται χωρίς προηγουμένως να υποστούν οποιαδήποτε φυσική ή χημική μετατροπή. Σε μερικές μόνο περιπτώσεις υφίστανται μηχανικές κατεργασίες, για να αποκτήσουν τις επιθυμητές διαστάσεις και το κατάλληλο σχήμα. Διατηρούν επομένως όλα τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των πετρωμάτων, από τα οποία προέρχονται.

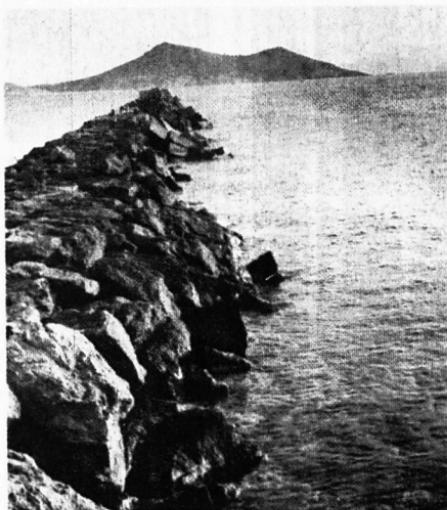
Οι φυσικοί λίθοι από τα αρχαιότατα χρόνια αποτελούσαν το βασικό υλικό των περισσότερων έργων, όπως π.χ. για κτήρια, γέφυρες, κ.ά.

Με την πρόοδο όμως της τεχνολογίας των δομικών υλικών, τη βελτίωση και την παραγωγή νέων τύπων υλικών και κυρίως με την ευρεία χρήση του σιδήρου, των σκυροκονιαμάτων και των τεχνητών λίθων, άρχισαν να παραμερίζονται από τα περισσότερα έργα, και να αντικαθιστώνται από τα νέα αυτά υλικά.

Στην Ελλάδα όμως εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα λόγω κυρίως της χαμηλής τιμής τους και της αφθονίας τους. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι οι κάθε είδους θεμελιώσεις, οι τοίχοι αντιστηρίξεως οδών και σιδηροδρομικών γραμμών (σχ. 1.1γ), τα φράγματα βαρύτητας, ορισμένα λι-



Σχ. 1.1γ.
Τοίχος αντιστηρίζεως από φυσικούς λίθους.



Σχ. 1.1δ.
Φυσικοί ογκόλιθοι που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή κυματοθραύστη.

μενικά έργα (σχ. 1.1δ), κτήρια μνημειακού χαρακτήρα (εκκλησίες) και ιδιωτικές οικοδομές περιορισμένης σημασίας (αγροτικές οικίες, αποθήκες γεωργικών προϊόντων κ.ά.).

Αναντικατάστατοι επίσης, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 2, παρ' όλη την τεχνική πρόδοδο, παραμένουν οι φυσικοί λίθοι, στην παρασκευή των λιθίνων προϊόντων (χαλίκια, σκύρα, άμμος).

Τέλος, ορισμένοι φυσικοί λίθοι, χάρη στη μεγάλη ποικιλία των χρωματισμών και των σχεδίων που παρουσιάζουν, όπως π.χ. τα μάρμαρα, τη σχετικά εύκολη επεξεργασία τους και τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους, αποτελούν το καλύτερο υλικό για τη διακόσμηση και επένδυση τεχνικών έργων.

1.2 Χαρακτηριστικά των φυσικών λίθων.

Στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες με την ίδια γεωλογική διάπλαση, οι φυσικοί λίθοι είναι άφθονοι. Αντίθετα σπανίζουν σε χώρες με εκτεταμένες πεδιάδες και ερήμους, όπου τα συμπαγή πετρώματα βρίσκονται σε μεγάλο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους.

Παρ' όλη όμως την αφθονία ελάχιστος αριθμός αυτών είναι κατάλληλος για δομική χρήση, γιατί, όπως θα δούμε πιο κάτω, είναι απαραίτητο να συγκεντρώνουν αρκετές ιδιότητες.

Οι λίθοι είναι σώματα ανομοιογενή, δηλαδή δεν έχουν σταθερή χημική ή ορυκτολογική σύσταση. Ουτε παρουσιάζει κάθε λίθος ενός είδους αναπτυγμένες στον ίδιο βαθμό τις διάφορες ιδιότητες. Υπάρχουν π.χ. ασβεστόλιθοι της ίδιας περίπου χημικής ή ορυκτολογικής συστάσεως, αλλά με μεγάλες διαφορές στο ειδικό βάρος, την πυκνότητα, το χρώμα και την εμφάνισή τους γενικά.

Επίσης οι λίθοι δεν είναι σώματα συμπαγή, αλλά πορώδη. Δεν είναι δηλαδή όπως τα μέταλλα ή το γυαλί. Αποτελούνται από κόκκους ύλης και κενά. Οι κόκκοι συνήθως είναι συνδεμένοι μεταξύ τους με μια ορυκτή συγκολλητική ύλη, και μπορεί να είναι τόσο μικροί, ώστε να διακρίνονται μόνο με μικροσκόπιο ή να είναι πολύ μεγαλύτεροι και ορατοί με γυμνό μάτι.

Τέλος οι φυσικοί λίθοι, όπως όλα τα υλικά σώματα, υπόκεινται στον παγκόσμιο νόμο της φθοράς. Η διάρκεια του κύκλου της ζωής τους εξαρτάται:

- Από τους εξωτερικούς παράγοντες (§ 0.5).
- Από την ποιότητα του ίδιου του λίθου, δηλαδή από τις ιδιότητές του, και

γ) από τα μέτρα, τα οποία παίρνει ο άνθρωπος για να τους προστατεύσει ή για να αυξήσει ορισμένες ιδιότητές τους.

1.3 Πετρώματα και κατηγορίες αυτών.

Όπως είναι γνωστό (§ 1.1), οι φυσικοί λίθοι λαμβάνονται από τα συμπαγή επιφανειακά πετρώματα του φλοιού της γης.

Επομένως η μελέτη και η διαίρεση των λίθων σε κατηγορίες είναι η ίδια με τη μελέτη και διαίρεση των πετρωμάτων, από τα οποία προέρχονται. Γ' αυτό θα εξετάσουμε τη γένεση και τα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων, για να γίνει περισσότερο κατανοητή η συμπεριφορά των διαφόρων λίθων κατά τη χρησιμοποίησή τους ως υλικών δομής.

Τα πετρώματα διαιρούνται αρχικά ανάλογα με τη γεωλογική τους προέλευση, ανάλογα δηλαδή με τον τρόπο δημιουργίας τους, σε τρεις κατηγορίες:

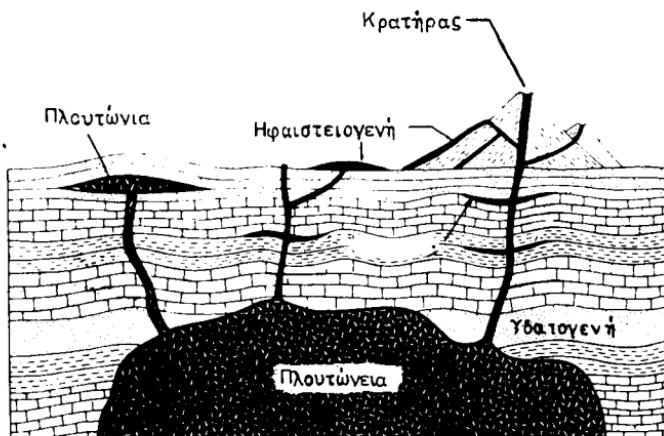
- Πυριγενή πετρώματα,
- υδατογενή ή στρωσιγενή πετρώματα και
- μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

1.4 Πυριγενή πετρώματα.

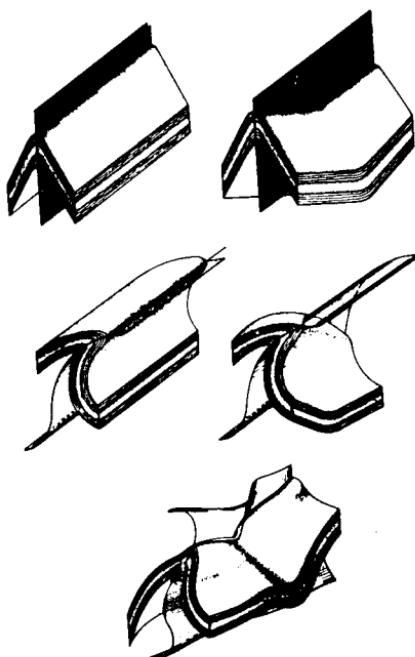
Προήλθαν από την πήξη των λειωμένων υλικών, από τα οποία αποτελείτο η γη στην αρχή της δημιουργίας της. Είναι τα αρχαιότερα πετρώματα της γης και, όπως είναι ευνόητο, εξακολουθούν να σχηματίζονται και σήμερα ακόμη στα βάθη της. Όταν τα λειωμένα υλικά εξέρχονται στην επιφάνεια της γης μέσω των ηφαιστείων, πήζουν και σχηματίζονται τα λεγόμενα ηφαιστειογενή πετρώματα (σχ. 1.4α). Αντίθετα αυτά, τα οποία έπιηξαν στα βάθη του φλοιού καλούνται πλουτώνεια πετρώματα (σχ. 1.4α). Η εμφάνιση σήμερα των πλουτωνείων πετρωμάτων στην επιφάνεια της γης οφείλεται σε μεταγενέστερες διαταραχές του φλοιού της, που έγιναν λόγω σεισμών, καθιζήσεων, αναδιπλώσεων και διαφόρων άλλων αιτίων (σχ. 1.4β και 1.5α).

Τα ηφαιστειογενή και τα πλουτώνεια πετρώματα είναι επί μέρους κατηγορίες των πυριγενών.

Τα πυριγενή πετρώματα είναι κατά κανόνα πολύ σκληρά, έχουν κρυσταλλικό ιστό, δεν παρουσιάζουν στρωσιγενείς επιφά-



Σχ. 1.4α.
Σχηματισμός και θέση των διαφόρων κατηγοριών πετρωμάτων.



Σχ. 1.4β.
Σχηματική παράσταση των διαφόρων τρόπων αναδιπλώσεων του φλοιού της γης.

νειες, και είναι ομοιογενή, δηλαδή ο καταμερισμός των διαφόρων συστατικών, που τα αποτελούν, είναι περίπου ο ίδιος σε όλη τη μάζα τους.

1.5 Υδατογενή ή στρωσιγενή πετρώματα.

Είναι νεότερα από τα πυριγενή και σχηματίσθηκαν με διαφόρους τρόπους.

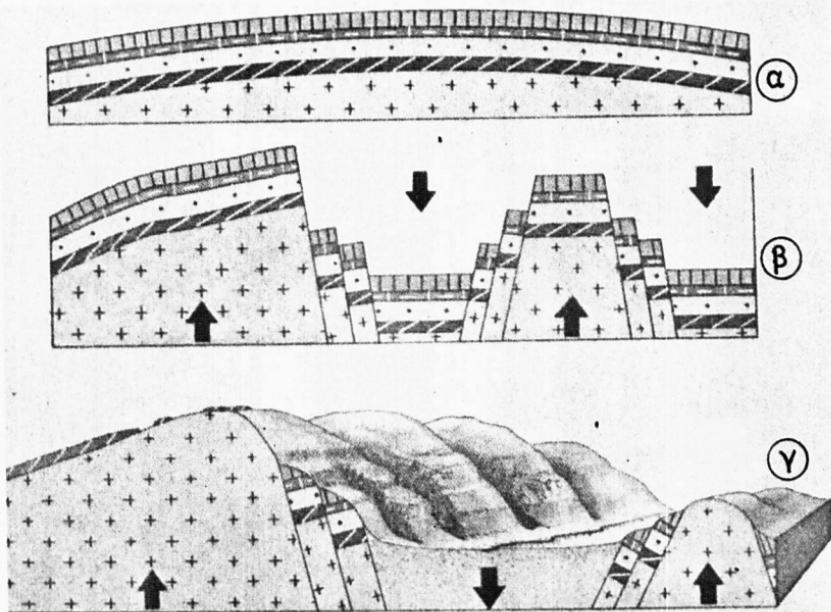
1ον. Με τη μηχανική και διαλυτική δράση του νερού.

Μετά την εμφάνιση των πρώτων πυριγενών πετρωμάτων, η εξωτερική επιφάνεια της γης άρχισε να ψύχεται και, όταν η θερμοκρασία κατέβηκε σε ορισμένους βαθμούς, άρχισαν να πέφτουν καταρρακτώδεις βροχές. Λόγω όμως της υπάρχουσας υψηλής θερμότητας, το νερό εξατμίζοταν αμέσως. Η συνεχής αυτή εναλλαγή είχε ως αποτέλεσμα τη χαλάρωση των επιφανειακών στρωμάτων και τη μετατροπή τους σε κόκκους διαφόρων μεγεθών. Οι κόκκοι παρασύρθηκαν στη συνέχεια από τους χειμάρρους που δημιουργήθηκαν και συσσωρεύθηκαν στα χαμηλά σημεία, στους βυθούς των θαλασσών, λιμνών κ.ά., σχηματίζοντας οριζόντια επάλληλα στρώματα διαφορετικού πάχους [σχ. 1.4α και 1.5α(α)].

Άλλη αιτία της αποσαθρώσεως είναι το νερό της επιφάνειας της γης, το οποίο λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που είχε αρχικά, ενήργησε ως ισχυρό διαλυτικό και διέλυσε ορισμένα από τα συστατικά των πετρωμάτων. Το κορεσμένο αυτό διάλυμα, όταν η θερμοκρασία άρχισε να κατεβαίνει, απέβαλε τις διαλυμένες ουσίες με μορφή ιζήματος και έτσι σχηματίζονταν στους βυθούς νέα στρώματα πετρωμάτων, τα οποία καλούνται *ιζηματογενή*.

Μετά τη δημιουργία των διαφόρων αυτών στρωμάτων, οι κόκκοι τους συγκολλήθηκαν λόγω των μεγάλων πιέσεων, που δέχονταν από τα υπερκείμενα στρώματα, και λόγω της παρουσίας κάποιας ορυκτής κόλλας. Δημιουργήθηκαν έτσι συμπαγέστατα πετρώματα, όπως π.χ. ο ασβεστόλιθος.

Μετά την ψύξη του φλοιού της γης, η δράση του νερού περιορίζεται σχεδόν μόνο στη μηχανική διάβρωση, την οποία προκαλούσαν οι χείμαρροι στα πετρώματα, ανάμεσα από τα οποία περνούσαν (σχ. 1.5β), καθώς και στη δράση του πάγου, που λόγω της διαστολής του προξενούσε θραύση των πετρωμάτων, όταν σχηματίζόταν μέσα στις ρωγμές τους (σχ. 1.5γ). Τα θραύσματα των πετρωμάτων αυτών παρασύρονταν ακολούθως από το



Σχ. 1.5α.

Καθίζησις και ανυψώσεις του φλοιού της γης, λόγω διαφόρων δυνάμεων.
 α) Ο φλοιός πριν από τη διαταράξη του. β) Καθίζηση και ανύψωση τμημάτων του φλοιού. γ) Αποσάθρωση των παλαιών στρωμάτων στα υψηλά σημεία (όρη) και δημιουργία νέων στα χαμηλά (κοιλάδες).



Σχ. 1.56.

Διάβρωση των πετρωμάτων οφειλόμενη στη μηχανική δράση των επιφανειακών νερών.



Σχ. 1.5γ.

Διάβρωση πετρωμάτων οφειλόμενη στην τήξη του νερού που παραμένει μέσα στις ρωγμές. Διακρίνονται τα χαλίκια και οι λίθοι, που προέκυψαν από τα παρακείμενα συμπαγή πετρώματα.

νερό και τα μεν μεγαλύτερα (χαλίκια, κροκάλες κλπ.) κατέληγαν στην αρχή των πεδιάδων, τα δε λεπτότερα (άμμος, λάσπη κλπ.) παρασύρονταν μέχρι το βυθό των θαλασσών και λιμνών.

Τα διάφορα αυτά θραύσματα συγκολλήθηκαν μεταξύ τους και αποτέλεσαν τα νεότερα πετρώματα (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργιλικοί σχιστόλιθοι κλπ.).

2ον. Με τη χημική δράση του νερού.

Το νερό σε πολλές περιπτώσεις προκαλούσε χημικές αλλοιώσεις σε διάφορα πετρώματα. Αυτό συνέβαινε, γιατί μέσα σ' αυτό βρίσκονταν διαλυμένες ουσίες, που μετέτρεπαν τη χημική σύσταση ορισμένων ενώσεων. Προέκυψαν έτσι νέα πετρώματα, όπως η γύψος και άλλα.

3ον. Με τη μηχανική δράση του ανέμου.

Ο άνεμος, επειδή κινείται με μεγάλη ταχύτητα, μεταφέρει τους κόκ-

κους και τους εναποθέτει σε ορισμένα σημεία της επιφάνειας. Αυτοί κατόπιν συγκολλώνται, συμπιέζονται και δημιουργούν πετρώματα.

4ον. Με τη δράση ζώων ή φυτών.

Στα υδατογενή πετρώματα περιλαμβάνονται και αυτά που δημιουργήθηκαν από τη δράση ορισμένων ζώων και φυτών, και μεταφέρθηκαν από το νερό σε νέες θέσεις.

Τα υδατογενή πετρώματα αρχικά αποτελούνταν από οριζόντια, παράλληλα στρώματα, όπως τα είχε αποθέσει το νερό στο βυθό. Αναταραχές όμως μεγάλης εντάσεως που συνέβαιναν στο φλοιό της γης, κατά τους μετέπειτα χρόνους, προκάλεσαν μετατοπίσεις των στρωμάτων αυτών, αναδιπλώσεις αναστροφές και κάθε φύσεως μετακινήσεις (σχ. 1.5δ).

Αποτέλεσμα όλων αυτών των μετακινήσεων υπήρξε η σημερινή εμφάνιση των υδατογενών πετρωμάτων. Τα στρώματα παρουσιάζονται με διάφορες κλίσεις, κατακόρυφα, πτυχωμένα ή ακόμη, παλαιότερα στρώματα βρίσκονται πάνω από νεότερα. Δημιουργήθηκαν όρη από πυθμένες παλαιών θαλασσών και γενικά άλλαξε τελείως η αρχική θέση των πετρωμάτων αυτών. Χαρακτηριστικό αυτών των μεταβολών είναι ότι βρίσκομε σήμερα επάνω σε υψηλά όρη και πολύ μακριά από τη θάλασσα απολιθώματα θαλασσίων οργανισμών.

Το πάχος των στρώσεων διαφέρει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των διαφόρων πετρωμάτων. Υπάρχουν στρώσεις πάχους εκατοντάδων μέτρων και στρώσεις πάχους ελαχίστων εκατοστών. Από τις πρώτες παίρνομε λίθους μεγάλων διαστάσεων και σχετικά ομοιογενείς. Από τις δεύτερες παίρνομε λίθους πλακοειδείς κατάλληλους για ορισμένες χρήσεις, π.χ. για κάλυψη δαπέδων, πεζοδρομίων κ.ά.

Τα υδατογενή πετρώματα γενικά σχίζονται εύκολα στις επιφάνειες επαφής των διαφόρων στρώσεων. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις, κατά τις οποίες η επιφάνεια σχισμού είναι διαφορετική από την επιφάνεια επαφής. Αυτό οφείλεται στην επενέργεια πολύ μεγάλων εξωτερικών δυνάμεων με διεύθυνση όχι κάθετη στην επιφάνεια επαφής. Η επιφάνεια επαφής καθώς και η επιφάνεια σχισμού έχουν μεγάλη σημασία για την εξόρυξη λίθων από



Σχ. 1.5δ.

Σχηματική παράσταση των διαφόρων αναταραχών του φλοιού της γης μετά τη δημιουργία των πρώτων στρωσιγενών πετρωμάτων.

πετρώματα υδατογενή και είναι απαραίτητο να προσδιορίζονται κατά την επιλογή του λατομείου.

Η αντοχή των υδατογενών πετρωμάτων εξαρτάται κατά πρώτο λόγο από τη φύση της συγκολλητικής ύλης, η οποία συγκρατεί τους κόκκους μεταξύ τους και κατά δεύτερο λόγο από την αντοχή αυτών των ίδιων των κόκκων.

Τα πιο χαρακτηριστικά υδατογενή πετρώματα είναι τα θραυσματογενή. Αποτελούνται από κόκκους ή θραύσματα διαφόρων μεγεθών, τα οποία συγκολλήθηκαν μεταξύ τους με μία ορυκτή συγκολλητική ύλη.



Σχ. 1.5ε.
Κροκάλες μέσα σε κοίτη χειμάρρου.

Ανάλογα με το μέγεθος και τη μορφή των θραυσμάτων, καθώς και το είδος της συγκολλητικής ύλης, τα διακρίνομε σε διάφορες κατηγορίες:

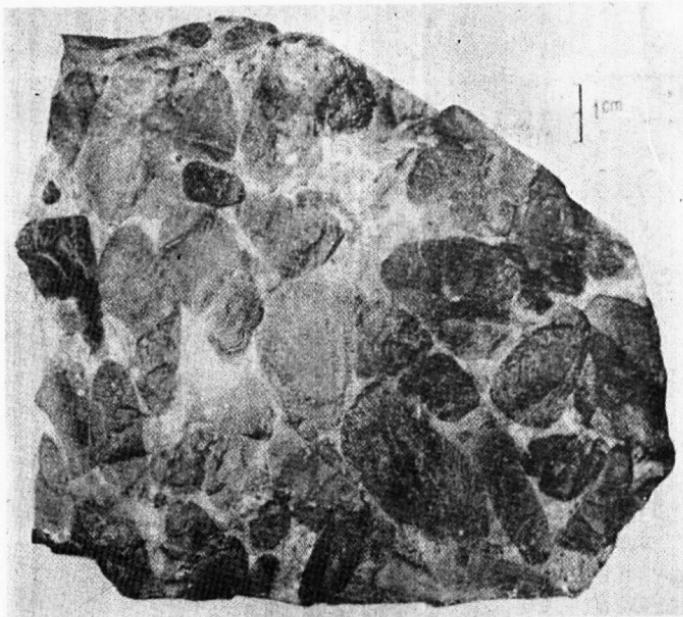
– Όταν τα θραύσματα είναι γωνιώδη, όπως π.χ. τα σκύρα οδοιστρωσίας ή τα σκύρα σκυροδέματος, το θραυσματογενές πέτρωμα καλείται λατυποπαγές.

– Όταν είναι στρογγυλεμένα, όπως οι κροκάλες (βότσαλα) στα παράλια των θαλασσών ή τις κοιλάδες των χειμάρρων (σχ. 1.5ε), τότε το πέτρωμα καλείται κροκαλοπαγές (σχ. 1.5στ).

– Όταν τα θραύσματα είναι πολύ μικρού μεγέθους, όπως η άμμος, τότε το θραυσματογενές πέτρωμα καλείται ψαμμίτης ή αμμόλιθος (σχ. 1.5ζ).

Τα θραύσματα προέρχονται από διάφορα παλαιότερα πετρώματα ή ορυκτά, όπως π.χ. χαλαζία, αστρίους, άλλα πυριγενή πετρώματα, ασβεστόλιθους κλπ., το δε μέγεθός τους διαφέρει από άμμου διαμέτρου λίγων χιλιοστών μέχρι ογκολίθου 1 τρ³.

Η συγκολλητική ύλη μπορεί να είναι πυριτία, οξείδιο του σιδήρου, άρ-



Σχ. 1.5στ.

Κροκαλοπαγές πέτρωμα.

Διακρίνεται η συγκολλητική ύλη, που συγκρατεί τις κροκάλες.

γιλος ή ανθρακικό ασβέστιο και τα θραυσματογενή πετρώματα διακρίνονται ανάλογα με αυτή.

Τα πετρώματα που έχουν πυριτία είναι πολύ σκληρά, αλλά δυσκατέργαστα. Το οξείδιο του σιδήρου είναι πολύ καλή συγκολλητική ύλη και δίνει στο λίθο κοκκινωπό ή καφέ χρώμα. Η άργιλος είναι επίσης καλή συγκολλητική ύλη, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι απορροφάει εύκολα νερό, με αποτέλεσμα να καταστρέφεται ο λίθος. Τέλος το ανθρακικό ασβέστιο καθιστά το λίθο ιδιαίτερα ευπρόσβλητο σε αποσάθρωση, όταν βρίσκεται εκτεθειμένος σε ατμόσφαιρα που περιέχει βιομηχανικά αέρια ή όταν χρησιμοποιείται σε θεμελιώσεις σε έδαφος που περιέχει οξέα.

Η σκληρότητα των πετρωμάτων αυτών εξαρτάται από το είδος των θραυσμάτων και από το είδος της συγκολλητικής ύλης, με την οποία συγκολλήθηκαν τα θραύσματα αυτά.

1.6 Μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

Είναι πυριγενή ή υδατογενή πετρώματα, τα οποία με την ε-



Σχ. 1.5ζ.
Ψαμμιτικό πέτρωμα.

πίδραση διαφόρων εξωτερικών παραγόντων (ισχυρών πιέσεων, υψηλών θερμοκρασιών κλπ.) υπέστησαν σοβαρές χημικές και μηχανικές αλλοιώσεις και παρουσιάζουν σήμερα χαρακτηριστικά κοινά και προς τα πυριγενή και προς τα υδατογενή. Έχουν π.χ. και κρυσταλλικό ιστό, αλλά ορισμένα είναι διατεταγμένα και κατά στρώσεις. Πετρώματα αυτού του είδους είναι το μάρμαρο, ο γνεύσιος κ.ά.

1.7 Διαιρέσεις πετρωμάτων.

Τα πετρώματα μπορούν να διαιρεθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τη μορφή τους:

- Στρωτά.
- Άστρωτα.

Συνήθως τα πυριγενή και τα μεταμορφωσιγενή είναι άστρωτα, δεν παρουσιάζουν δηλαδή διάταξη κατά στρώματα, αλλά αποτελούνται από μεγάλους ομοιογενείς όγκους.

Αντίθετα τα υδατογενή παρουσιάζουν την κατά στρώματα

διάταξη. Η διαιρεση αυτή των πετρωμάτων και κατά συνέπεια και των φυσικών λίθων, ίσως είναι η πιο ενδιαφέρουσα, επειδή πρώτον πολλές από τις κυριότερες ιδιότητες των λίθων σύνδεονται άμεσα με τον τρόπο δημιουργίας τους και δεύτερον γιατί είναι εύκολη η διάκριση των κατηγοριών αυτών και από μη πεπειραμένο τεχνικό.

Εξάλλου, για τα περισσότερα έργα δεν παρουσιάζει τόσο ενδιαφέρον η ακριβής γνώση της προελεύσεως ή της χημικής ή της ορυκτολογικής συστάσεως του λίθου, όσο η διάταξη των κόκκων του, η μηχανική αντοχή και γενικά η δομή του ιστού του.

Επίσης τα πετρώματα διαιρούνται και με άλλους τρόπους σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με το χαρακτηριστικό τους, που θα ληφθεί ως βάση.

Εάν ληφθεί υπόψη η χημική τους σύσταση, διαιρούνται σε:

- Πυριτικά,
- ασβεστολιθικά και
- αργιλικά,

όταν τα κύρια συστατικά τους είναι χημικές ενώσεις του πυριτίου (Si), του ασβεστίου (Ca) ή του αργιλίου (Al) αντίστοιχα.

Εάν ληφθεί υπόψη η ορυκτολογική τους σύσταση διαιρούνται σε:

- Ανομοιογενή και
- ομοιογενή,

όταν αποτελούνται από πολλά ορυκτά (γρανίτης) ή μόνο από ένα ορυκτό (γύψος).

Τέλος, εάν ληφθεί υπόψη η ιστολογική τους σύσταση, δηλαδή η μορφή των κόκκων και η μεταξύ τους θέση διαιρούνται σε:

- Κρυσταλλοπαγή συμπαγή ή κοκκώδη και
- Θραυσματογενή κροκαλοπαγή ή λατυποπαγή ή ψαμμιτικά ή πηλώδη.

1.8 Λίθοι από πυριγενή πετρώματα.

Οι πιο κατάλληλοι λίθοι για δομική χρήση, που προέρχονται από πυριγενή πετρώματα είναι:

1ον. Ο γρανίτης (σχ. 1.8α).

Είναι το χαρακτηριστικότερο από τα πυριγενή και ειδικότε-



Σχ. 1.8α.

Μεγάλοι ογκόλιθοι από γρανίτη που επεξεργάζονται κοντά στο σημείο εξορύξεώς τους.

ρα από τα πλουτώνεια πετρώματα. Προήλθε από την ψύξη και κρυστάλλωση ορισμένων λειωμένων υλικών σε αρκετό βάθος κάτω από την επιφάνεια της γης.

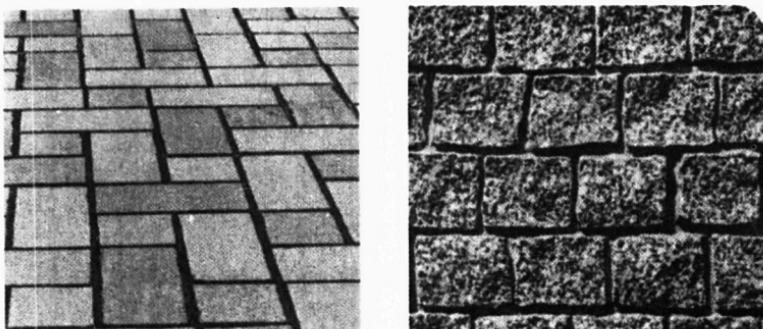
Ο γρανίτης αποτελείται από τρία βασικά ορυκτά: Το χαλαζία (διοξείδιο του πυριτίου), τον άστριο (πυριτικό αργίλιο με κάλιο κλπ.) και το μαρμαρυγία, κοινώς μίκα (ένυδρο πυριτικό αργιλιοκάλιο).

Οι σχετικές αναλογίες των τριών αυτών ορυκτών ποικίλλουν στα διάφορα είδη των γρανιτών. Συνήθως όμως οι άστριοι κατέχουν περισσότερο από το μισό του πετρώματος και ακολουθούν κατά ποσότητα ο χαλαζίας και ο μαρμαρυγίας.

Η κατανομή των ορυκτών αυτών μέσα στη μάζα του γρανίτη είναι ομοιόμορφη και γι' αυτό ο ιστός του παρουσιάζει μεγάλη ομοιογένεια.

Η ποιότητα του γρανίτη εξαρτάται από την αναλογία των βασικών ορυκτών, από τα οποία αποτελείται και από το μέγεθος των κόκκων του. Οι πιο λεπτοκοκκώδεις είναι καλύτερης ποιότητας.

Ο γρανίτης κόβεται εύκολα σε μεγάλα τεμάχια, γιατί παρουσιάζει επιφάνειες σχισμού, που είναι περίπου οριζόντιες. Αυτές οι επιφάνειες προέρχονται από τις μεγάλες εξωτερικές πιέσεις, που υπέστη το πέτρωμα κατά το χρόνο της ψύξεώς του.



Σχ. 1.86.

α) Πλάκες επιστρώσεων και β) κυβόλιθοι επενδύσεως τοίχων από γρανίτη.

Ο γρανίτης είναι πέτρωμα σκληρό, επειδή περιέχει χαλαζία, του οποίου η σκληρότητα είναι 7 στην κλίμακα του Mohs (πίνακας 0.11.2). Έχει μεγάλη μηχανική αντοχή και γενικά πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Αρκεί να αναφέρομε, ότι υπάρχουν αγάλματα και οβελίσκοι από γρανίτη των αρχαίων Αιγυπτίων ηλικίας πάνω από 4000 χρόνια, τα οποία καμιά σχεδόν μεταβολή δεν έχουν πάθει.

Το χρώμα του διαφέρει από το πολύ ανοικτό γκρι έως σχεδόν μαύρο και από κιτρινωπό έως κόκκινο (ερυθρό). Γενικά διακρίνονται με βάση το χρώμα σε γρανίτες γκρι και σε γρανίτες κόκκινους (ερυθρούς).

Οι χρήσεις, για τις οποίες ο γρανίτης είναι κατάλληλος, εξαρτώνται από το μέγεθος των κόκκων του.

Ο χονδροκοκώδης χρησιμοποιείται για παρασκευή σκύρων οδοστρωσίας και ασφαλτικών σκυροδεμάτων (γρανιτάσφαλτος), ο μεσοκοκώδης για κοινούς λίθους οικοδομών και μόνο ο λεπτοκοκκώδης είναι κατάλληλος ως διακοσμητικός λίθος και ως υλικό πλακοστρώσεων (σχ. 1.8β) λόγω της μεγάλης αντοχής του στις εξωτερικές επιδράσεις και της ωραίας επιφάνειας, που αποκτάει μετά τη στίλβωσή του (το γυάλισμα).

Στην Ελλάδα είναι πολύ περιορισμένη η χρήση του γρανίτη, γιατί τα έξοδα εξορύξεως και επεξεργασίας του είναι μεγάλα, ενώ αντίθετα υπάρχουν σε αφθονία άλλοι φθηνότεροι λίθοι, που μπορούν να τον αντικαταστήσουν. Πάντως πριν από τον Β' παγκόσμιο πόλεμο χρησιμοποιήθηκαν κυβόλιθοι από γρανίτη για την κατασκευή των προκυμαιών σε διάφορα λιμάνια, όπως

π.χ. Καβάλας, Πειραιώς, Θεσ/νίκης, καθώς και για την κατασκευή των οδοστρωμάτων διαφόρων οδών των πόλεων αυτών. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και σκύρα από γρανίτη για το ασφαλτικό σκυρόδεμα ορισμένων οδών.

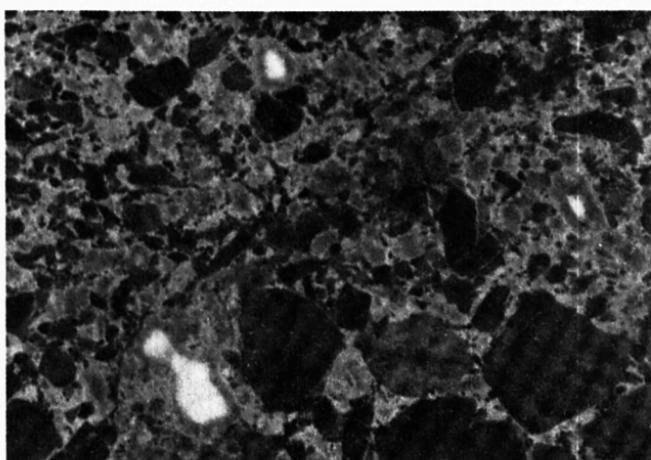
Εμφανίσεις γρανίτη υπάρχουν αρκετές στη χώρα μας και κυρίως στα νησιά του Αιγαίου Δήλο, Τήνο, Πάρο, Νάξο και Μύκονο, στη Χαλκιδική και στην Καβάλα.

2ον. Ο οφίτης ή σερπαντίνης (σχ. 1.8γ).

Το όνομα οφείλεται στη μορφή των διαφόρων φλεβών (νερών), που διασχίζουν τη μάζα του.

Αποτελείται από διάφορα ορυκτά, από τα οποία το κυριότερο είναι το ομώνυμο οφίτης ή σερπαντίνης - ένυδρο βασικό πυριτικό μαγνήσιο ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Τα δευτερεύοντα ορυκτά που περιέχει είναι γρανίτης, ασβεστίτης κ.ά. Στην περίπτωση που περιέχει και ασβεστολιθικά υλικά, ο λίθος καλείται οφίτασβεστίτης.

Ο ιστός του οφίτη είναι συμπαγής και διασχίζεται από οφιοειδείς φλέβες, περιέχει δε σχήματα χαλικιών σε τομή. Το χρώμα των ελληνικών οφιτών, που κυκλοφορούν στο εμπόριο, είναι πράσινο σε διάφορες αποχρώσεις.



Σχ. 1.8γ.
Οφίτης (πράσινο μάρμαρο).

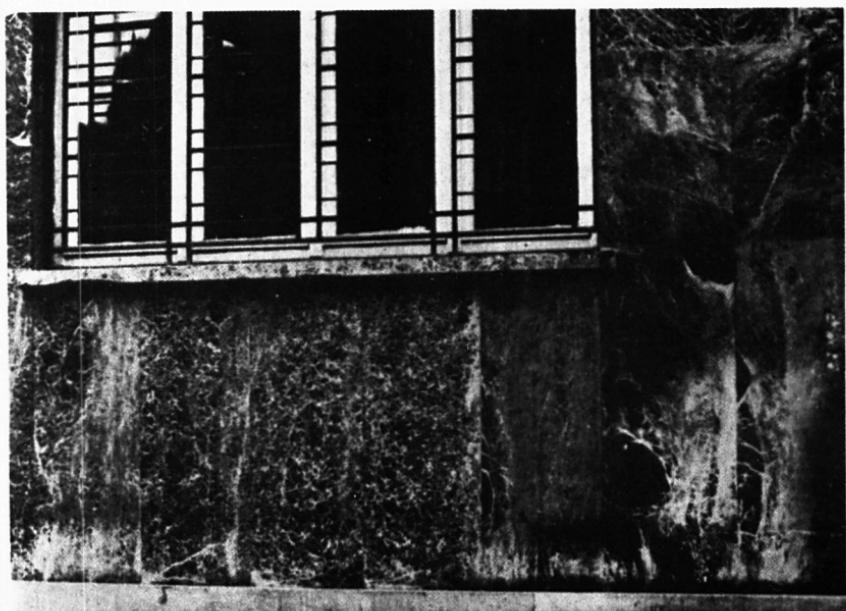
Η σκληρότητα του λίθου, αμέσως μετά την εξαγωγή του από το πέτρωμα, είναι αρκετά χαμηλή (2,5 στην κλίμακα του Mohs). Μετά όμως την πλήρη ξήρανσή του ανέρχεται σε 4 στην κλίμακα αυτή. Η διαφορά αυτή δείχνει ότι η υγρασία του εδάφους επιδρά πολύ στη σκληρότητα του λίθου.

Υφίσταται εύκολη επεξεργασία αμέσως μετά την εξαγωγή του, κόβεται σε μεγάλους συμπαγείς όγκους ή πλάκες και με τη λείανση και στίλβωση αποκτά ωραία εμφάνιση. Γι' αυτό χρησιμοποιείται ως διακοσμητικός λίθος για εξωτερικές ή εσωτερικές επενδύσεις τοίχων, υποστυλωμάτων, εστιών κ.ά. (σχ. 1.8δ).

Ο οφίτης παρουσιάζει πολύ μικρή πρόσφυση με τα κονιάματα και πρέπει να καταβάλλεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την τοποθέτησή του.

Στην Ελλάδα υπάρχουν άφθονοι οφίτες και χρησιμοποιούνται ευρύτατα από αρχαιότατους χρόνους.

Σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία λατομεία οφίτη στην Τήνο και στη Χασάμπαλη κοντά στη Λάρισα. Στο εμπόριο φέρεται με το όνομα "πράσινο μάρμαρο", παρ' ότι δεν έχει σχέση με τα



Σχ. 1.8δ.

Επένδυση τοίχου με πλάκες από οφίτη Τήνου.
(Πράσινο μάρμαρο της Τήνου).

γνωστά μας μάρμαρα, τα οποία είναι ασβεστολιθικής προελεύσεως.

Από το "πράσινο μάρμαρο" της Λάρισας κατασκευάσθηκαν παλαιότερα οι κίονες της Αγίας Σοφίας της Κωνσταντινουπόλεως, διάφορα διακοσμητικά στοιχεία του Αγίου Δημητρίου της Θεσσαλονίκης κατά την ανοικοδόμησή του μετά την πυρκαγιά του 1917, καθώς και οι μονόπετροι στύλοι του Αγίου Διονυσίου των Καθολικών της Αθήνας ύψους 6 μ.

3ον. Ο τραχείτης.

Από τα ηφαιστειογενή ή εκρηξιγενή πετρώματα, όπως είναι ο πορφύρης, ο βασάλτης, ο τραχείτης κ.ά., δεν λαμβάνομε συνήθως κατάλληλους λίθους.

Είναι πολύ σκληρά και συμπαγή και επομένως δυσκατέργαστα και αντιοικονομικά κατά την εξόρυξη πετρώματα. Παρουσιάζουν πολλά επίπεδα σχισμού, πράγμα που δυσκολεύει την απόκτηση λίθων μεγάλου μεγέθους και η εμφάνισή τους δεν είνα ελκυστική. Επίσης μερικά από αυτά τα πετρώματα δεν αντέχουν στην επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών και αποσαθρώνονται πολύ γρήγορα.

Στην Ελλάδα τα πιο διαδεδομένα από τα πετρώματα αυτά είναι ο τραχείτης, ο οποίος χρησιμοποιείτο μέχρι πρότινος για σκύρα οδοστρωσίας και για διακοσμητικούς λίθους. Επίσης λόγω της μεγάλης του σκληρότητας χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή στιλβωτικών και λειαντικών κόνεων ως και οργάνων τριβής, π.χ. μυλόπετρες από τραχείτη της Μήλου.

4ον. Η ελαφρόπετρα (κίσσηρη).

Στα ηφαιστειογενή πετρώματα πρέπει να αναφέρομε την ελαφρόπετρα (κίσσηρη), η οποία προήλθε, πιθανόν, από την απότομη ψύξη και διαφυγή ατμών από τη μάζα του λειωμένου τραχειτικού μάγματος.

Έτσι δημιουργήθηκε ένα φυσικό προϊόν με αφρώδη ιστό, με μικρό φαινόμενο ειδικό βάρος (επιπλέει στο νερό) και με μεγάλη σκληρότητα. Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν την ελαφρόπετρα (κίσσηρη) ιδεώδες και φθηνό υλικό για ορισμένες κατασκευές.

Ενδεικτικά αναφέρομε ότι χρησιμοποιείται για την κατασκευή ελαφρών τούβλων (κισσηρόλιθοι), για την κατασκευή ελαφρών σκυροδεμάτων (κισσηροδέματα), για τη θερμική μόνωση των

ταρατσών, για την παρασκευή λειαντικής σκόνης κ.ά. (σχ. 1.8ε).

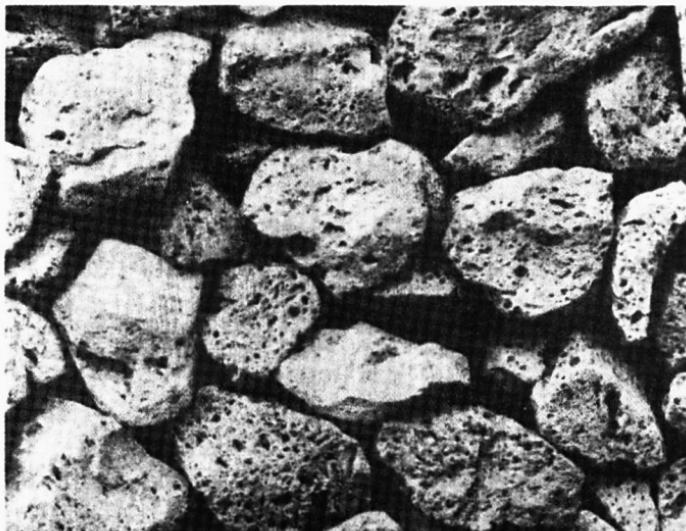
Το χρώμα της είναι υπόλευκο έως ελαφρά φαιό (γκρίζο). Τα κυριότερα λατομεία κισσήρεως βρίσκονται στη Σαντορίνη, τη Μήλο και τα Δωδεκάνησα, όπου μάλιστα μια ολόκληρη μικρή νήσος ονομαζόμενη Γυαλί κοντά στη Νίσυρο αποτελείται σχεδόν από ελαφρόπετρα (κίσσηρη).

1.9 Λίθοι από υδατογενή πετρώματα.

Οι καταλληλότεροι λίθοι λαμβάνονται συνήθως από τα θραυσματογενή πετρώματα (§ 1.5), των οποίων οι κόκκοι έχουν μέγεθος μικρότερο από την άμμο, καθώς και από τα ιζηματογενή [§ 1.5 (1ον)]. Ειδικότερα οι λίθοι αυτοί διακρίνονται με τις πιο κάτω ονομασίες:

1ον Ψαμμίτες.

Από τα τρία είδη των θραυσματογενών πετρωμάτων, οι ψαμμίτες βρίσκονται περισσότερο διαδεδομένοι στην Ελλάδα και



Σχ. 1.8ε.
Σκύρα ελαφρόπετρας (κισσήρεως).

χρησιμοποιούνται πολύ, γιατί παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιόγενεια ιστού.

Οι καλύτεροι ψαμμίτες είναι οι πυριτιακοί, των οποίων οι κόκκοι αποτελούνται κυρίως από χαλαζία και η συγκολλητική ύλη από πυρίτιο. Έχουν μεγάλη σκληρότητα, η οποία σε μερικά είδη πλησιάζει τη σκληρότητα του γρανίτη (ψευδογρανίτες).

Οι λίθοι της κατηγορίας αυτής χαρακτηρίζονται από τους πολύ μικρούς κόκκους και τη μικρή αναλογία σε συγκολλητική ύλη. Όταν σπάσουν (θραυσθούν), παρουσιάζουν επιφάνεια θραύσεως καθαρή, λάμπουσα και επίπεδη. Βρίσκονται συνήθως σε παχιά στρώματα με σαφή τη στρωσιγενή προέλευση.

Οι ψαμμίτες, όταν αφαιρεθούν από το μητρικό πέτρωμα, είναι εμποτισμένοι με την εδαφική υγρασία και είναι πολύ μαλακοί, πράγμα που επιτρέπει την εύκολη επεξεργασία τους. Όταν εκτεθούν στον αέρα και ξηρανθούν, αποκτούν μεγάλη σκληρότητα.

Το νερό είναι εύκολο να περάσει μεταξύ επιφανειών επαφής των στρώσεων του λίθου και γι' αυτό το λόγο, όταν χρησιμοποιούνται σε θεμελιώσεις πρέπει να τοποθετούνται με βάση τη φυσική τους θέση, δηλαδή με την ίδια κατεύθυνση, την οποία είχαν στο λατομείο. Έτσι το νερό δεν διέρχεται εύκολα και οι ψαμμίτες δεν αποσαθρώνονται.

2ον. Σχιστόλιθοι.

Λαμβάνονται από πετρώματα που σχηματίσθηκαν όπως τα προηγούμενα. Η διαφορά με τους ψαμμίτες έγκειται στο μέγεθος των συγκολλημένων θραυσμάτων. Στους σχιστόλιθους δηλαδή τα συγκολλημένα υλικά είναι λεπτότατη σκόνη ή άλευρο (παιπάλη).

Παρουσιάζουν σαφή τη στρωσιγενή δομή και μπορούν εύκολα να σχισθούν σε πολύ λεπτές πλάκες μέχρι πάχους 0,5 cm. Το συνηθισμένο πάχος των πλακών είναι 4 έως 5 cm.

Χρησιμοποιούνται σε πολλά μέρη της Ελλάδας για τη στέγαση των οικιών. Στην Αθήνα χρησιμοποιήθηκαν πολύ για την πλακόστρωση πεζοδρομίων και αυλών (σχ. 1.9a).

Το χρώμα τους είναι συνήθως σκοτεινό σταχτί (τεφρό) και προς το θαλασσί, αλλά εμφανίζονται και με άλλα χρώματα. Είναι αρκετά σκληροί λίθοι με μεγάλο ειδικό βάρος ($s = 2,7-3,5$) και με γυαλιστερή (στιλπνή) επιφάνεια.



Σχ. 1.9α.
Πλακόστρωση αυλής με σχιστολιθικές πλάκες.

Ανάλογα με τη σύσταση των συγκολλημένων υλικών, οι λίθοι αυτοί διακρίνονται σε αργιλικούς, ασβεστομαργαϊκούς ή ασβεστολιθικούς σχιστόλιθους.

3ον. Ασβεστόλιθοι.

Τα πιο διαδεδομένα υδατογενή πετρώματα στην Ελλάδα είναι τα ασβεστολιθικά. Τα περισσότερα ελληνικά όρη π.χ. Υμηττός, Πεντέλη κ.ά. και οροσειρές (Πίνδος κ.ά.), αποτελούνται κατά κανόνα από ασβεστολιθικά πετρώματα (σχ. 1.9β).

Το κύριο συστατικό των ασβεστολιθών σε αναλογία πάνω από 75% είναι το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Τα συνηθέστερα προσμίγματα είναι το ανθρακικό μαγνήσιο (MgCO_3), το οξείδιο του πυριτίου (SiO_2) με μορφή χαλαζιακής άμμου, το οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) με μορφή αργιλου και οξείδια του σιδήρου. Ανάλογα με το πρόσμιγμα, που περιέχεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στη μάζα του ανθρακικού ασβεστίου, οι ασβεστόλιθοι διακρίνονται σε:

- Μαγνησιακούς ασβεστόλιθους, όταν το ανθρακικό μαγνήσιο (MgCO_3) περιέχεται σε ποσοστά 15 έως 40%. Όταν το ανθρακικό μαγνήσιο



Σχ. 1.96.
Λεπτοκοκκώδης ασβεστόλιθος.

και το ανθρακικό ασβέστιο περιέχονται σε ίσες αναλογίες, το πέτρωμα καλείται δολομίτης [§ 1.9 (4ον)].

- Πυριτιακούς ασβεστόλιθους με οξείδιο του πυριτίου (SiO_2) πάνω από 15%.
- Αργιλικούς ασβεστόλιθους με οξείδιο του αργίλιου (Al_2O_3) πάνω από 15%.
- Σιδηρικούς ασβεστόλιθους.

Όταν ο ασβεστόλιθος πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για δομικούς σκοπούς, τα δευτερεύοντα συστατικά του, όταν περέχονται σε μικρές αναλογίες, δεν επηρεάζουν ουσιαστικά τις ιδιότητές του, εκτός από τα οξείδια του σιδήρου, τα οποία αποτελούν ελάττωμα του λίθου. Απεναντίας, όταν οι ασβεστόλιθοι πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή ασβέστη ή τσιμένου, η επιρροή των συστατικών αυτών είναι ουσιώδης.

Άλλα προσμίγματα των ασβεστολίθων είναι μικρά θαλάσσια κοχύλια και κελύφη ή θραύσματά τους (σχ. 1.9γ), ή ακόμη μικροί κόκκοι παλαιού ασβεστόλιθου.



Σχ. 1.9γ.

Ασβεστόλιθος με εγκλείσματα διάφορης προελεύσεως.

Όταν κάθε κόκκος από τις προσμίξεις αυτές καλύπτεται από συγκεντρικά λεπτά στρώματα ανθρακικού ασβεστίου, όπως οι φλούδες του κρεμμυδιού, δημιουργούνται σώματα σφαιρικά ή ελλειψοειδή, τα οποία καλούνται *ωόλιθοι*, και ο λίθος, που προκύπτει από τη σύνδεση των ωολίθων αυτών με κάποια ορυκτή κόλλα, καλείται *ωολιθικός ασβεστόλιθος*. Οι λίθοι αυτοί είναι συμπαγείς, έχουν λαμπερή εμφάνιση αφού τις γυαλίσομε και χρησιμοποιούνται σε μνημειακές κατασκευές.

Όταν τα προσμήγματα αυτά είναι μεγάλα και διασπαρμένα σε μεγάλο αριθμό μέσα στη μάζα του ανθρακικού ασβεστίου, ο ασβεστόλιθος καλείται *κογχίτης*. Στην Ελλάδα εμφανίζονται κογχίτες άριστης ποιότητας στα Δολιανά της Πελοποννήσου.

Η γέννηση των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, εκτός από τους ωολιθικούς, οφείλεται κυρίως στη μετατροπή του προϋπάρχοντος ανθρακικού ασβεστίου σε διαλυτό δισανθρακικό ασβέστιο, με τη βοήθεια νερού, το οποίο περιέχει σε διάλυση διοξείδιο του άνθρακα. Στα πικνά διαλύματα του δισανθρακικού ασβεστίου αναμίχθηκαν τα παραπάνω οξείδια και προσμίγματα μετά δε την εξάτμιση του νερού των διαλυμάτων αυτών και τη διαφυγή του διοξειδίου του άνθρακα, προέκυψαν τα διάφορα ασβεστολιθικά πετρώματα.

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και σήμερα ακόμη σε διάφορες θερμές πηγές, ως π.χ. στην Αιδηψό.

Άλλα ασβεστολιθικά πετρώματα δημιουργήθηκαν από το ανθρακικό ασβέστιο, που υπάρχει στο σκελετό των ζώων και στα κελύφη των θαλασσινών μαλακίων. Είναι οι λεγόμενοι ασβεστόλιθοι οργανογενούς προελεύσεως. Με γυμνό μάτι ή με φακό διακρίνεται εύκολα η φύση των οργανισμών, από τους οποίους προέκυψαν αυτοί.

Πρέπει να έχομε υπόψη μας ότι η μορφή και οι ιδιότητες, που παρουσιάζουν σήμερα οι ασβεστόλιθοι, όπως άλλωστε και όλα τα πετρώματα, είναι αποτέλεσμα βαθμιαίας επιδράσεως διαφόρων εξωτερικών παραγόντων, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, οι χημικές επιδράσεις άλλων σωμάτων, οι ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί κ.ά. Έτσι, σήμερα υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός ποικιλιών, με τις οποίες παρουσιάζονται οι ασβεστόλιθοι. Το γεγονός αυτό προκαλεί δυσκολία προσδιορισμού, στις περισσότερες περιπτώσεις της προελεύσεώς τους.

Για το λόγο αυτό, προκειμένου βέβαια να εξετασθούν από καθαρά δομική άποψη, είναι προτιμότερο να τους διακρίνομε σε δύο κατηγορίες:

- Σε πορώδεις και
- σε συμπαγείς ασβεστολίθους.

a) *Πορώδεις ασβεστόλιθοι*. Στο εμπόριο καλούνται πουριά. Εμφανίζονται με πολλά κενά στη μάζα τους, έχουν δηλαδή μεγάλο πορώδες. Οι πόροι σχηματίσθηκαν από διάφορα μικροσκοπικά φυτά και βρύα, τα οποία βρέθησαν μέσα στη μάζα του ανθρακικού ασβεστίου και μετά τη σήψη τους άφησαν τα κενά αυτά. Οι πορώδεις ασβεστόλιθοι κατεργάζονται εύκολα με το πριόνι ή το σφυρί και κόβονται σε κανονικά σχήματα πρισματικής (αγκωνάρια) ή πλακοειδούς μορφής (πλάκες). Λόγω του πορώ-

δους τους, είναι αεροπερατοί και υδροπερατοί. Γι' αυτό δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται στην κατασκευή θεμελίων ή στοιχείων που βρίσκονται μέσα στο νερό.

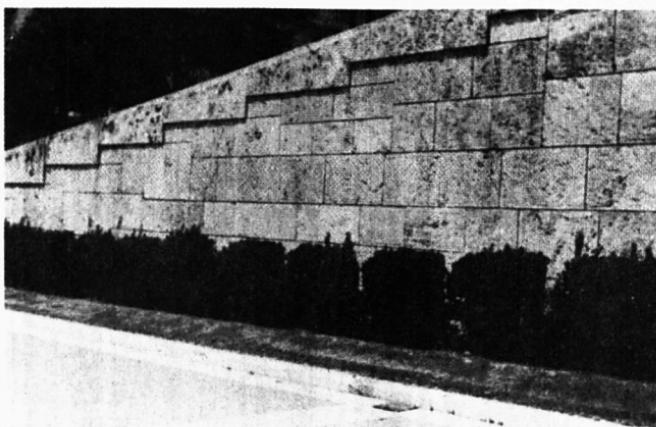
Το χρώμα τους είναι συνήθως υποκίτρινο ή λίγο σταχτίγκρι (τεφρό) και πολλοί γυαλίζονται και παρουσιάζουν καλή διακοσμητική επιφάνεια. Περισσότερο όμως χρησιμοποιούνται ή για την κατασκευή γωνιολίθων (αγκωνάρια) ή ως *αργοί λίθοι* [§ 1.13 (1ov)].

Στην Ελλάδα βρίσκονται σε μεγάλη αφθονία. Οι πιο γνωστοί είναι:

– Οι πωρόλιθοι της Πειραικής. Έχουν πολλά απολιθώματα στη μάζα τους και γι' αυτό μοιάζουν με τους κογχίτες. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή γωνιολίθων με διαστάσεις περίπου: πλάτος 20 έως 25 cm, ύψος 25 έως 30 cm και μήκος 50 έως 60 cm. Επίσης, επειδή μπορούν να εξαχθούν από το λατομείο σε μεγάλους όγκους, γνωστούς ως "κεσάρια", και συγχρόνως έχουν ωραία εμφάνιση, χρησιμοποιούνται για μνημειακές κατασκευές. Το μνημείο του Άγνωστου Στρατιώτη (σχ. 1.9δ), η βάση της Ακαδημίας Αθηνών κ.ά. κατασκευάσθηκαν από πωρόλιθους της Πειραικής Χερσονήσου.

– Οι πωρόλιθοι του Καπανδριτίου: Κιτρινόλευκος λίθος χωρίς απολιθώματα. Μπορεί να γυαλιστεί.

– Οι πωρόλιθοι Χαρβατίου, Σουνίου, Βάρης κλπ. λατομού-



Σχ. 1.9δ.

Επίστρωση των τοίχων στο μνημείο του Άγνωστου Στρατιώτη στην Αθήνα, με πωρόλιθους της Πειραικής Χερσονήσου.



Σχ. 1.9ε.

Πλακόστρωση ταράτσας με πωρόλιθους τύπου Μάλτας.

νται σε πλάκες πάχους άνω των 5 cm και χρησιμοποιούνται για την επένδυση της βάσεως διαφόρων κτηρίων, όπως π.χ. στο Πολυτεχνείο.

– Οι πωρόλιθοι Κεφαλληνίας και Κρήτης. Από αυτούς πρέρχονται οι πλάκες τύπου Μάλτας (σχ. 1.9ε), που χρησιμοποιούνται πολύ για την επικάλυψη στεγών και κυρίως ταρατσών. Είναι ελαφροί και μαλακοί λίθοι και κόβονται εύκολα σε πλάκες πάχους από 2 έως 5 cm. Έχουν πολλούς πόρους και το νερό εισέρχεται εύκολα μέσα στη μάζα τους. Όταν όμως εκτεθούν στην ατμόσφαιρα, οι πόροι της εκτεθειμένης επιφάνειας κλείνουν σε μικρό βάθος και η πλάκα γίνεται στεγανή, σκληρή και ανθεκτική στην επιφανειακή τριβή, ενώ συγχρόνως η μάζα της πλάκας παραμένει πορώδης. Έτσι έχουμε υλικό ελαφρό, στεγανό, δυσθερμαγωγό και κατάλληλο για την κάλυψη των ταρατσών.

Πωρόλιθοι βρίσκονται και σε διάφορες περιοχές της Μακεδονίας (Βέροια, Νάουσα) κ.ά.

β) *Συμπαγείς ασβεστόλιθοι*. Είναι συμπαγέστεροι και σκληρότεροι από τους πορώδεις ασβεστόλιθους και γι' αυτό κατεργάζονται δυσκολότερα. Έχουν ποικίλους χρωματισμούς λόγω της υπάρξεως διαφόρων προσμιγμάτων. Συνήθως είναι υπόλευκοι έως γκρι ανοικτό (υπότεφροι). Πιο συνηθισμένοι χρωματιστοί ασβεστόλιθοι είναι ο τριανταφυλλί (ροδόχρους) ή κόκκινος (ερυθρός) του Κοπανά και της Βάρης, ο ιόχρους (μενεξεδί) της Γλυφάδας κ.ά.

Χρησιμοποιούνται κυρίως ως αργοί λίθοι για τη δόμηση κτηρίων, τεχνικών έργων, λιμάνιών κ.ά. ως και για την παρασκευή χαλικών για την οδοστρωσία, σκύρων και άμμου για τα υδραυλικά και ασφαλτικά σκυροκονιάματα, και άμμου για τα ασβεστοκονιάματα και τσιμεντοκονιάματα. Επίσης χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη παρασκευής ασβέστη και τσιμέντου.

4ον. Δολομίτης.

Ο δολομίτης, όπως είναι γνωστό [§ 1.9 (3ον)], είναι πέτρωμα που αποτελείται κατά 50 από ανθρακικό ασβέστιο και 50% από ανθρακικό μαγνήσιο.

Είναι συμπαγής, όπως ο συμπαγής ασβεστόλιθος, έχει υποστεί μερική ή ολική κρυστάλλωση και μοιάζει με το μάρμαρο. Το χρώμα του είναι συνήθως υπόλευκο έως υποκίτρινο. Έχει μεγαλύτερη σκληρότητα από τον ασβεστόλιθο και μεγαλύτερο ειδικό βάρος.

Χρησιμοποιείται σε διάφορες κατασκευές, γιατί παρουσιάζει ικανοποιητική αντοχή. Στιλβώνεται εύκολα και χρησιμοποιείται πολλές φορές αντί για μάρμαρο.

Στην Ελλάδα βρίσκεται σε αρκετές περιοχές, είναι γνωστός ο δολομίτης του Υμηττού.

Σε ορισμένες ξένες χώρες ολόκληρες οροσειρές αποτελούνται από δολομιτικά πετρώματα, όπως οι δολομιτικές Άλπεις της Ιταλίας-Ελβετίας.

1.10 Λίθοι από μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

Τα μεταμορφωσιγενή πετρώματα (§ 1.6) προήλθαν είτε από πυριγενή, είτα από στρωσιγενή πετρώματα, τα οποία υπέστησαν σε μεταγενέστερους χρόνους ισχυρές εξωτερικές πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να χάσουν ορισμένα από τα αρχικά χαρακτηριστικά τους και να αποκτήσουν νέα. Τα κυριότερα από τα νέα χαρακτηριστικά είναι:

– Η κατά στρώσεις διάταξή τους και η δημιουργία επιφανειών σχισμού, που παρουσιάζονται πάντοτε κάθετα προς τη διεύθυνση των εξωτερικών πιέσεων, που ενήργησαν επάνω σ' αυτά τα πετρώματα. Οι επιφάνειες σχισμού δεν υπήρχαν στα αρχικά πυριγενή πετρώματα.

– Η κρυσταλλική δομή των μορίων των πετρωμάτων, η οποία δεν υπήρχε στα αρχικά στρωσιγενή πετρώματα.

Τα πετρώματα, τα οποία απέκτησαν τα δύο αυτά χαρακτηριστικά, ονομάσθηκαν μεταμορφωσιγενή ή κρυσταλλοσχιστώδη.

Θα εξετάσουμε τους σπουδαιότερους από δομικής απόψεως λίθους, που προέρχονται από μεταμορφωσιγενή πετρώματα:

1ον. Γνεύσιος και μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος.

Ο γνεύσιος έχει την ίδια σύσταση με τους γρανίτες. Διαφέρει μόνο κατά την ιδιότητα, που έχει να σχίζεται εύκολα κατά πλάκες διαφορετικού πάχους. Βρίσκεται συνήθως κοντά σε γρανιτικά πετρώματα και χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα για την κατασκευή πλακών, για κάλυψη στεγών και πιο πολύ για την παρασκευή χαλικιών οδοστρωσίας.

Στην Ελλάδα εμφανίζεται κυρίως στις Κυκλαδες.

Σχίζεται πολύ εύκολα, όπως είπαμε, σε λεπτές ομοιοπαχείς πλάκες μεγάλων διαστάσεων, έχει μεγάλη αντοχή σε πίεση κάθετη προς τις στρώσεις του ($\sigma_{\theta\theta} = 800 \text{ kp/cm}^2$) και αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το χρώμα του είναι συνήθως αργυρόλευκο έως γκρι-μπλε (κυανίζον τεφρόν).

Χρησιμοποιείται σε πολλά μέρη της Ελλάδας για τη στέγαση των οικιών, την κατασκευή κλιμάκων και την επίστρωση δαπέδων και κατασκευή πατωμάτων. Πριν από τον τελευταίο πόλεμο τα πεζοδρόμια της Αθήνας ήταν στρωμένα με πλάκες μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου. Μετά τον πόλεμο όμως η χρήση του περιορίσθηκε σημαντικά λόγω της επικρατήσεως του σκυροδέματος.

Τα σπουδαιότερα λατομεία βρίσκονται στην Τήνο και στο Πήλιο, όπου όλες οι κατοικίες είναι στεγασμένες με πλάκες από αυτό το πέτρωμα (σχ. 1.10a).

2ον. Μάρμαρο.

Προήλθε από ασβεστόλιθους, οι οποίοι υπέστησαν μερική ή ολική κρυστάλλωση λόγω της επενέργειας εξωτερικών παραγόντων. Επομένως χημικά και ορυκτολογικά μοιάζει με τα ασβεστολιθικά πετρώματα. Το κύριο δηλαδή συστατικό του είναι το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) με μικρή αναλογία άλλων οξειδίων. Δεν περιέχει όμως απολιθώματα.



Σχ. 1.10α.

Στέγαση οικιών στο Πήλιο με πλάκες από μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο.

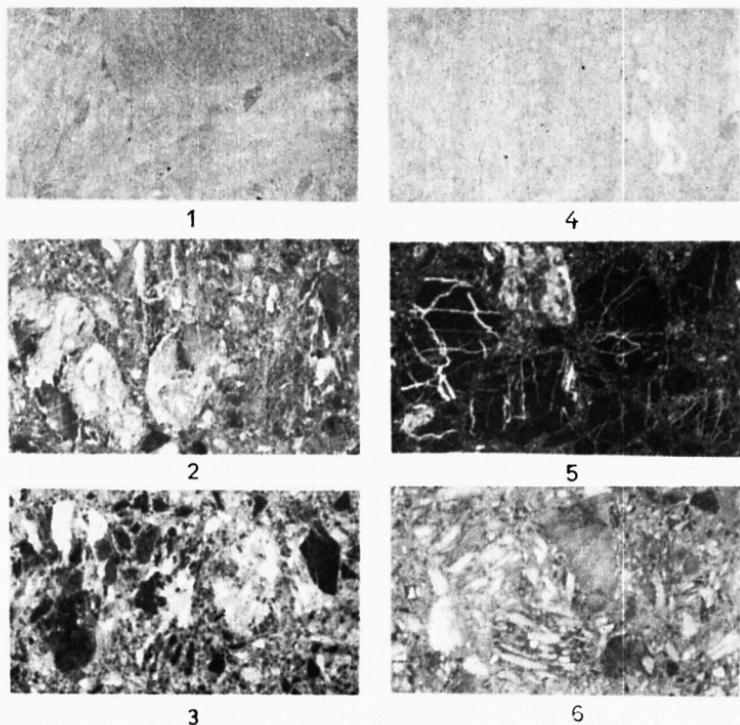
Τη μάζα του διασχίζουν συνήθως φλέβες κάθε είδους χρώματος και σχήματος.

Το μάρμαρο, που πήρε το όνομα αυτό από τη λάμψη που παρουσιάζει, στιλβώνεται πολύ εύκολα, εμφανίζει επιφάνεια πολύ διακοσμητική και θεωρείται ένα από τα πιο πολύτιμα δομικά υλικά.

Λαξεύεται εύκολα και επομένως αποτελεί άριστο υλικό για την κατασκευή έργων τέχνης. Όσο λεπτότεροι είναι οι κόκκοι του και καθαρότερα είναι τα βασικά συστατικά του, τόσο καταλληλότερο θεωρείται για τον σκοπό αυτό. Το χρώμα του περιλαμβάνει όλες τις αποχρώσεις και όλους τους τόνους. Από το κατάλευκο (μάρμαρο Πάρου), έως το κατάμαυρο (μάρμαρο Μάνης) και από το ερυθρό έως το ιώδες.

Αντέχει καλά στους εξωτερικούς παράγοντες (ψύχος, θερμότητα, υγρασία κλπ.) και η διάρκεια της ζωής του είναι μεγάλη. Αυτό διαπιστώνεται από την κατάσταση, στην οποία βρίσκονται σήμερα τα μαρμάρινα έργα των αρχαίων. Καταστρέφεται όμως εύκολα από τη φωτιά, όπως οι κοινοί ασβεστόλιθοι.

Σε όλες σχεδόν τις περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν μάρμα-



Σχ. 1.106.

Διάφοροι τύποι εγχρώμων ελληνικών μαρμάρων. 1) Αράχωβας. 2) Ερέτριας. Ερυθρόχρωμο. 3) Λάρισας. Πράσινο. 4) Δομβραίνης. Κίτρινέρυθρο 5) Δίρφης. 6) Σκύρου.

ρα (σχ. 1.10β). Όλες οι ποικιλίες είναι άριστης ποιότητας και εμφανίσεως, αλλά η εξαγωγή τους γίνεται με πρωτόγονες μεθόδους και γι' αυτό και η τιμή τους είναι υψηλή.

Η παραγωγή μαρμάρου από τα ελληνικά λατομεία τα τελευταία χρόνια δίνεται στον πίνακα 1.10.1.

Τα μάρμαρα διακρίνονται ανάλογα με τον τόπο προελεύσεώς τους και όχι ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, σύσταση, μέγεθος κόκκου). Τα σπουδαιότερα ελληνικά μάρμαρα ανάλογα με το τόπο προελεύσεώς τους είναι:

– Το μάρμαρο της Πάρου. Κατάλευκο μάρμαρο χωρίς στίγματα. Αποτελείται από χημικώς καθαρό ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Έχει μεγάλη διαφάνεια. Πλάκες πάχους λίγων εκατοστών είναι ημιδιαφανείς. Θεωρείται το καλύτερο μάρμαρο του κόσμου

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.10.1

Παραγωγή μαρμάρου (σε m³)

1938:	934	1963:	45.455
.....		1964:	46.850
1960:	20.000	1965:	46.075
1961:	25.000	1966:	40.000
1962:	44.393		

κόσμου και χρησιμοποιήθηκε πολύ κατά την αρχαιότητα (Ερμής του Πραξιτέλη). Σήμερα έχει διακοπεί η εξόρυξή του.

– Το Πεντελικό μάρμαρο, περίφημο και αυτό μάρμαρο γνωστό από την αρχαιότητα.

Είναι λευκό και πολλές φορές διασχίζεται από γκριζωπές (υπότεφρες) ή από θαλασσιές (κυανίζουσες) γραμμές. Δεν αποτελείται, όπως το Πάριο, από καθαρό ανθρακικό ασβέστιο, αλλά περιέχει και μικρή αναλογία διαφόρων οξειδίων, κυρίως του σιδήρου. Στα τελευταία αυτά οξείδια οφείλεται και το χρώμα της σκουριάς, που αποκτά, όταν εκτεθεί στην ατμόσφαιρα για πολύ χρόνο. Αυτό παρατηρείται σε αρχαίους ναούς και αγάλματα, τα οποία είναι κατασκευασμένα από Πεντελικό μάρμαρο. Περιέχει επίσης, αλλά σπάνια, κρυστάλλους χαλαζία (γυαλί), οι οποίοι άμως δυσκολεύουν την επεξεργασία του.

Σήμερα χρησιμοποιείται πολύ, τόσο στην Ελλάδα όσο και στις ξένες χώρες. Τα κυριότερα λατομεία Πεντελικού μαρμάρου βρίσκονται κοντά στο Διόνυσο της Αττικής (σχ. 1.10γ) και υπάρχουν στο εμπόριο ως μάρμαρα Διονύσου (σχ. 1.10δ).

Από Πεντελικό μάρμαρο έχουν κατασκευασθεί πολλά μνημειακά έργα, όπως π.χ. τα παλαιά Ανάκτορα.

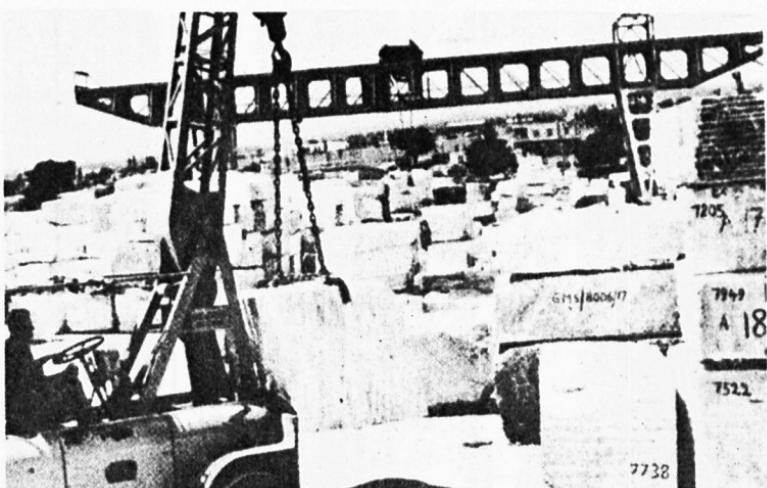
– Το μάρμαρο του Μαραθώνα και της Αγίας Μαρίνας. Συνθισμένο υλικό για εσωτερικές και εξωτερικές επενδύσεις. Η μάζα του είναι σκοτεινή γκρι-μπλε (κυανότεφρη). Περισσότερο σκοτεινή εμφανίζεται στο μάρμαρο του Μαραθώνα. Και τα δύο διασχίζονται από σκοτεινότερες ή ανοικτότερες γραμμές και φλέβες. Δημιουργούνται έτσι σχήματα, που θυμίζουν τον αφρό.

– Το μάρμαρο της Δόμβραινας κοντά στη Θήβα. Το χρώμα του είναι βαθύ κίτρινο έως κίτρινέρυθρο με νερά ανοικτότερου χρώματος. Χρησιμοποιείται σε επενδύσεις τοίχων.



Σχ. 1.10γ.

Λατομείο λευκού μαρμάρου κοντά στον Διόνυσο Πεντέλης.



Σχ. 1.10δ.

Συγκέντρωση μεγάλων τεμαχίων (τάκοι) λευκού μαρμάρου σε εργοστάσιο σχίσεως αυτών σε πλάκες.

– Το μάρμαρο της Ερέτριας, Ευβοίας. Περιέχει πυκνές ερυθρές ή ερυθρόμαυρες (ερυθρόφαιες) κηλίδες και γραμμές. Χρησιμοποιείται στη διακόσμηση παραστάδων θυρών, επένδυση τζα-

κιών κ.ά. Μπορεί να εξαχθεί σε μεγάλους όγκους. Από αυτό κατασκευάσθηκαν οι στύλοι της Αγίας Σοφίας, του Αγίου Μάρκου στη Βενετία κ.ά.

– Το μάρμαρο της Καρύστου, Ευβοίας. Γνωστό από αρχαιοτάτων χρόνων. Το χρώμα του είναι λευκοπράσινο έως γκρι-πράσινο (τεφροπράσινο) με σκοτεινότερες γραμμές και φλέβες ελλειψοειδούς μορφής. Χρησιμοποιείται και αυτό για διακοσμητικές εργασίες.

– Τα μάρμαρα της Μάνης. Πολύ καλής ποιότητας, από τα οποία τα πιο γνωστά είναι το βαθύ κόκκινο (ερυθρό) του Ταίναρου και το μαύρο μάρμαρο Μάνης χωρίς καμιά κηλίδα.

-- Άλλα μάρμαρα είναι το λευκό της Νάξου, με το οποίο κατά την αρχαιότητα κατασκεύαζαν αγάλματα, το λευκό της Τήνου, της Θάσου κ.ά.

Έγχρωμα μάρμαρα εξάγονται επίσης από τα Ιωάννινα, τη Σκύρο, την Αράχωβα, τη Λάρισα κ.ά.

Όπως ήδη αναφέρθηκε [§ 1.8 (2ον)] το πράσινο μάρμαρο της Λάρισας είναι οφιτικής προελεύσεως, αλλά στο εμπόριο κυκλοφορεί ως μάρμαρο.

1.11 Ιδιότητες των φυσικών λίθων.

Όταν πρόκειται να κατασκευασθεί ένα τεχνικό έργο, στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν φυσικοί λίθοι, είναι απαραίτητο πριν από την έναρξη των εργασιών, να γίνει η επιλογή των καταλληλοτέρων φυσικών λίθων. Ποιοι δηλαδή λίθοι έχουν τις ιδιότητες, που τους επιτρέπουν να ανταποκριθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στις ειδικές συνθήκες, κάτω από τις οποίες βρίσκεται το έργο που θα ενσωματωθούν.

Οι ιδιότητες, που πρέπει να έχουν οι λίθοι που χρησιμοποιούνται στη δομική και ο έλεγχος των ιδιοτήτων αυτών, δηλαδή ο προσδιορισμός του βαθμού εκδηλώσεώς τους, εξετάζονται στη συνέχεια.

1ον. Πυκνότητα - Πορώδες.

Όπως είναι ήδη γνωστό (§ 1.2), οι λίθοι δεν είναι τελείως συμπαγή σώματα. Αποτελούνται από μία ποσότητα ύλης και από

ένα όγκο κενών, τα οποία είναι εγκατασπαρμένα μέσα στη μάζα του λίθου. Τα κενά αυτά έχουν διάφορα σχήματά και μεγέθη.

Η πυκνότητα ρ χαρακτηρίζει το ποσοστό του όγκου της ύλης, που περιέχεται σε ένα λίθο, και η αραιότητα ή πορώδες χαρακτηρίζει το ποσοστό του όγκου των κενών, που περιέχονται στον ίδιο λίθο [§ 0.10 (1ov)].

Παρατηρούμε, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα, τόσο συμπαγέστερος και με λιγότερα κενά είναι ο λίθος, ή αντίθετα, όσο μεγαλύτερο είναι το πορώδες, τόσο αραιότερος και με περισσότερα κενά είναι ο λίθος.

Οι ιδιότητες αυτές του λίθου επηρεάζουν ουσιαστικά άλλες ιδιότητες αυτού. Η ποιότητα και η καταλληλότητα, για τις διάφορες χρήσεις που τον προορίζομε, εξαρτώνται βασικά από την πυκνότητα και το πορώδες του. Η ικανότητα του λίθου να απορροφά νερό ή να επιτρέπει τη διέλευση του νερού και του αέρα μέσα από τη μάζα του, η αντοχή του στον παγετό, το φαινόμενο ειδικό βάρος του, η μηχανική του αντοχή εξαρτώνται άμεσα από την πυκνότητά του.

2ov. Ειδικό βάρος.

Αντίστοιχη ιδιότητα προς την πυκνότητα, που πρέπει πάντοτε να εξετάζεται στους λίθους. Διακρίνεται σε φαινόμενο και σε απόλυτο ειδικό βάρος [§ 0.10 (2ov)].

Όπως είναι γνωστό, το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι πάντοτε μικρότερο από το απόλυτο. Επίσης, όπως έχομε αναφέρει [§ 0.10 (2ov)] το φαινόμενο ειδικό βάρος εξαρτάται από το είδος της ύλης, από την οποία αποτελείται ο λίθος, και από την ποσότητα της ύλης που περιέχει, δηλαδή από την πυκνότητά του. Ενώ το απόλυτο ειδικό βάρος εξαρτάται μόνο από το είδος της ύλης.

Ο προσδιορισμός του φαινόμενου ειδικού βάρους σ και της πυκνότητας ρ ενός λίθου γίνεται με διάφορες μεθόδους. Υπάρχουν μέθοδοι που εκτελούνται στο εργαστήριο, όταν ζητάμε μεγάλη ακρίβεια και άλλες, που εκτελούνται στο εργοτάξιο, όταν δεν χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια. Για τις συνηθισμένες ανάγκες στην πράξη χρησιμοποιούνται οι εργοταξιακές μέθοδοι. Μία από αυτές είναι η παρακάτω:

Παίρνομε δείγμα βάρους 50 ρ περίπου και σχήματος όσο το

δυνατόν κανονικού (κύβου ή σφαίρας). Ξηραίνεται σε θερμοκρασία 100°C για να φύγει η υγρασία του και μετά ζυγίζεται.

Έστω ότι έχει βάρος G . Στη συνέχεια καλύπτεται με λεπτό στρώμα λειωμένης παραφίνης, για να φραχθούν οι εξωτερικοί του πόροι, και βαπτίζεται μέσα σε ογκομετρικό δοχείο, που περιέχει νερό θερμοκρασίας 20°C . Ο εκτοπιζόμενος από το δείγμα όγκος νερού V_{φ} παριστάνει τον φαινόμενο όγκο του λίθου. Επομένως, σύμφωνα προς τον ορισμό [§ 0.10 (20ν)], έχουμε:

$$s = \frac{G}{V_{\varphi}} \quad (20)$$

Π.χ. εάν το δείγμα έχει βάρος $G = 48$ p και ο όγκος του εκτοπιζόμενου νερού είναι $V_{\varphi} = 32 \text{ cm}^3$, το φαινόμενο βάρος του υλικού θα είναι:

$$s = \frac{48}{32} \text{ p/cm}^3 = 1,5 \text{ p/cm}^3 \quad \text{ή} \quad s = 1500 \text{ kp/m}^3$$

Οι αμερικανικοί κανονισμοί συνιστούν μία παραπλήσια μέθοδο, που δίνει καλύτερα αποτελέσματα:

Το δείγμα θα πρέπει να έχει βάρος 1 kp και να αποτελείται από τεμάχια σφαιρικού ή κυβικού σχήματος περίπου. Τα τεμάχια αυτά πρέπει να παραμένουν σε κόσκινο με στρογγυλές τρύπες διαμέτρου $1/2"$ ($1,27 \text{ cm}$). Ξηραίνονται στη συνέχεια σε θερμοκρασία μεταξύ 110 έως 120°C , αφήνονται να κρυώσουν και ζυγίζονται με προσέγγιση $0,5$ p. Έστω ότι έχουν βάρος G . Μετά βιθίζονται στο νερό και αφού παραμείνουν επί 24 ώρες μέσα σ' αυτό, εξάγονται και στεγνώνεται η εξωτερική τους επιφάνεια με ύφασμα ή απορροφητικό χαρτί. Τέλος ζυγίζονται πάλι και έστω ότι έχουν βάρος G_1 . Μετά τοποθετούνται μέσα σε συρμάτινο καλάθι, βιθίζονται πάλι μέσα σε νερό και ζυγίζονται ξανά. Η διαφορά μεταξύ του βάρους αυτού και του βάρους, που έχει το καλάθι, όταν είναι κενό και βουτηγμένο στο νερό, δίνει το βάρος G_2 των τεμαχίων μέσα στο νερό.

Το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού και επομένως ο φαινόμενος όγκος των λίθων είναι $G_2 - G_1$, αφού 1 kp νερού έχει όγκο 1 dm^3 ή 1 p νερού εχει όγκο 1 cm^3 . Το φαινόμενο ειδικό βάρος θα προκύψει από τη σχέση:

$$s = \frac{G}{G_1 - G_2} \quad (21)$$

Ο προσδιορισμός της πυκνότητας γίνεται με τον ίδιο τρόπο.

Αφού βρούμε το βάρος G και του φαινόμενου όγκου V_ϕ το δείγμα τρίβεται (λειτριβείται) τόσο, ώστε η σκόνη που προκύπτει να περνάει μέσα από το κόσκινο των 900 τρυπών (βροχίδων) [900 τρύπες (οπές) ανά cm^2], χωρίς να αφήνει υπόλειμμα. Μετά εισάγεται μέσα σε ογκομετρικό δοχείο με νερό θερμοκρασίας 20°C και προσδιορίζεται ο όγκος που καταλαμβάνει η σκόνη. Ο όγκος αυτός είναι ο απόλυτος όγκος V_u . Η πυκνότητα τότε θα είναι:

$$\rho = \frac{V_u}{V_\phi} \quad (22)$$

Ο απόλυτος όγκος μπορεί να προσδιορισθεί και με πρακτικότερο τρόπο: Ο λίθος με φαινόμενο όγκο V_ϕ , τον οποίο προσδιορίζομε κατά το γνωστό τρόπο, ζυγίζεται αφού προηγουμένως ξεραθεί. Έστω G το βάρος του. Έπειτα βυθίζεται στο νερό για 48 ώρες και αφού μετά την εξαγωγή του σκουπισθεί με ύφασμα, ζυγίζεται πάλι. Έστω G_1 το νέο βάρος του. Η διαφορά $a = G_1 - G$ δείχνει το βάρος του νερού, με το οποίο γέμισαν τα κενά. Ο αριθμός αυτός επίσης παριστάνει τον όγκο, που κατέχουν τα κενά. (Εάν το a μετριέται σε p , παριστάνει όγκο σε cm^3 , εάν μετριέται σε $k\rho$, παριστάνει όγκο σε dm^3 κλπ.).

Επομένως ο απόλυτος όγκος του λίθου θα είναι:

$$V_u = V_\phi - a, \quad (23)$$

$$\text{και η πυκνότητα} \quad \rho = \frac{V_u}{V_\phi} = \frac{V_\phi - a}{V_\phi} \quad (24)$$

3ον. Υδροαπορροφητικότητα.

Σε πολλές κατασκευές ο λίθος βρίσκεται μέσα στο νερό ή εφάπτεται με μόνιμα υγρά εδάφη. Στην περίπτωση αυτή το νερό εισχωρεί μέσα στα κενά του λίθου και μεταβάλλει ορισμένες ιδιότητές του.

Ο λίθος γίνεται μαλακότερος και ελαττώνεται η μηχανική του αντοχή. Αυξάνονται οι πιθανότητες να υποστεί ο λίθος χημικές επιδράσεις και να καταστραφεί. Αυτό συμβαίνει, γιατί μέσα στο νερό που εισέρχεται στους πόρους βρίσκονται διαλυμένα άλατα και οξέα, τα οποία εισδύουν με αυτόν τον τρόπο μέσα στη μάζα του λίθου και προκαλούν χημικές αλλοιώσεις και στη συνέχεια βλάβη.

Τέλος το νερό επιδρά δυσμενώς στην αντοχή των λίθων όταν έχει παγετό, όπως θα δούμε παρακάτω.

Η υδροαπορροφητικότητα του λίθου εξαρτάται βασικά από την πυκνότητά του. Όσο δηλαδή πυκνότερος είναι ο λίθος (λίγα κενά), τόσο λιγότερο νερό μπορεί να απορροφήσει. Αυτό δεν είναι απόλυτα ακριβές, γιατί η είσοδος του νερού μέσα στο λίθο δεν εξαρτάται μόνο από τον όγκο των κενών, αλλά και από τη μορφή και το μέγεθός τους. Μεγάλοι πόροι και ευθύγραμμοι επιτρέπουν εύκολα τη δίοδο του νερού, ενώ πολύ μικρότεροι (υποτριχοειδείς) και δαιδαλώδεις πόροι δυσκολεύουν πολύ ή και κάνουν αδύνατη την είσοδο του νερού. Από πειράματα έχει προκύψει, ότι υπάρχουν λίθοι με μεγάλη πυκνότητα (μικρό πορώδες), οι οποίοι απορρόφησαν περισσότερο νερό από άλλους λίθους με μικρότερη πυκνότητα. Χαμηλός βαθμός απορροφήσεως του νερού είναι ενδεικτικό καλής ποιότητας του λίθου.

4ον. Αντοχή στον παγετό.

Το νερό, το οποίο έχει εισέλθει στους πόρους ενός λίθου παγώνει, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατέβει κάτω από το μηδέν. Επειδή όμως το νερό κατά την πήξη του διαστέλλεται, δημιουργούνται τεράστιες δυνάμεις μέσα στη μάζα του λίθου με αποτέλεσμα την καταστροφή της συνοχής των κόκκων και την τελική διάλυσή του.

'Όπως είναι φανερό, το πορώδες του λίθου, η απορροφητικότητά του και η μορφή των πόρων επηρεάζουν ουσιαστικά την αντοχή του λίθου στον παγετό.

Έχει εξακριβωθεί ότι όσο μεγαλύτεροι και πιο ευθύγραμμοι είναι οι πόροι, τόσο μεγαλύτερη αντοχή παρουσιάζει ο λίθος στον παγετό, γιατί το νερό είναι ευκολότερο να βγει έξω από πόρους αυτού του είδους παρά από τους μικρούς και δαιδαλώδεις. Επίσης το παγωμένο νερό διαστέλλεται προς την έξοδο του πόρου. Όταν λοιπόν οι πόροι είναι μεγάλοι και ευθύγραμμοι, η διαστολή γίνεται χωρίς να προκληθούν καταπονήσεις στη μάζα του λίθου.

Για τον έλεγχο της αντοχής των λίθων στον παγετό χρησιμοποιούνται κυβικά δοκίμια του λίθου που εξετάζομε. Τα δοκίμια αυτά ξεραίνονται,

ζυγίζονται και έπειτα βυθίζονται μέσα σε νερό για 24 ή 36 ώρες. Μετά υποβάλλονται σε θερμοκρασία πήξεως του νερού, που βρίσκεται μέσα στους πόρους και αμέσως μετά σε θερμοκρασία τήξεως του πάγου που δημιουργήθηκε. Η πήξη και μετά η τήξη του νερού επαναλαμβάνεται 25 φορές ή 40 φορές σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς. Μετά τη δοκιμή αυτή έχονται πάλι τα δοκίμια, αφαιρούνται από την επιφάνειά τους τα τεμάχια, τα οποία έχουν χαλαρώθει και ζυγίζονται ξανά. Το βάρος που χάθηκε διαιρείται διά του αρχικού βάρους και έτσι δίνεται η εκατοστιαία απώλεια βάρους.

5ον. Αντοχή στην πύρωση και την πυρκαγιά.

Τα αποτελέσματα των υψηλών θερμοκρασιών επάνω στους φυσικούς λίθους είναι πάντοτε δυσμενή. Αυτό οφείλεται στη διαστολή, που υφίστανται οι λίθοι κατά την πύρωση. Όταν η πύρωση είναι πολύ μεγάλη, προκαλεί μείωση της μηχανικής αντοχής των λίθων ή ακόμη και τέλεια αποσάθρωσή τους.

Η αντίσταση των διαφόρων λίθων στην πύρωση είναι ανάλογη με τη χημική και ορυκτολογική τους σύσταση, καθώς και με την πυκνότητα και τη δομή του ιστού τους. Συνήθως οι πυριγενείς λίθοι, που περιέχουν χαλαζία, παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση.

Όταν ένας λίθος δεν υφίσταται μηχανικές ή χημικές αλλοιώσεις σε θερμοκρασία πάνω από 1200°C, ο λίθος αυτός καλείται πυρίμαχος. Για την κατασκευή ορισμένων έργων (εστίες, καμινάδες) είναι απαραίτητη η γνώση της αντιστάσεως, που προβάλλουν οι λίθοι που προορίζονται για τα έργα αυτά.

Γενικά όμως οι λίθοι δεν αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες και γι' αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται εκεί, όπου εάν καταστραφούν, μπορεί να προκαλέσουν πλήρη κατάρρευση του έργου (κλίμακες, υπέρθυρα κλπ).

Η αντίσταση, που προβάλλουν οι λίθοι στην πυρκαγιά, είναι ακόμη μικρότερη, γιατί κατά την κατάσβεση αυτής επέρχεται απότομα πτώση της θερμοκρασίας λόγω του χρησιμοποιημένου ψυχρού νερού. Η ικανότητα των διαφόρων λίθων να ανθίστανται στην εναλλαγή υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας προσδιορίζεται ως εξής:

Βυθίζομε τα δοκίμια, τα οποία έχουν θερμανθεί σε 350°C, σε

νερό θερμοκρασίας 20°C. Σημειώνονται τα παρατηρούμενα ρήγματα και συγκρίνονται μεταξύ τους.

6ον. Αντοχή σε θλίψη.

Οι φυσικοί λίθοι, όταν υποστούν την επιρροή εξωτερικών δυνάμεων, παρουσιάζουν αντίσταση στη μεταβολή του σχήματος και των διαστάσεων τους (παραμόρφωση). Η αντίσταση αυτή είναι διαφορετικού βαθμού για κάθε είδος λίθου και πολλές φορές διαφορετική και για τον ίδιο λίθο, όταν αυτός φορτισθεί με εξωτερικά φορτία κατά τη μία ή την άλλη διεύθυνση.

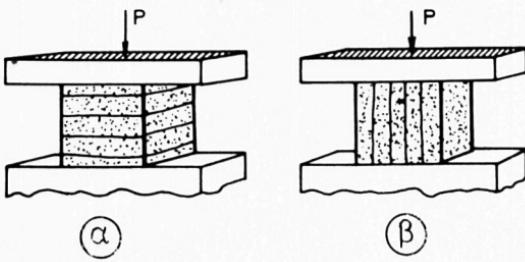
Στις συνηθισμένες κατασκευές οι λίθοι στηρίζονται με ολόκληρη την κάτω επιφάνειά τους επάνω σε ένα αμετακίνητο υποστήριγμα (έδαφος ή άλλη κατασκευή) και δέχονται τα εξωτερικά φορτία (βάρος πάνω από αυτούς τους λίθους, βάρος πλακών οροφών ή πατωμάτων κλπ.) επάνω σε ολόκληρη την επάνω επιφάνειά τους. Υφίστανται δηλαδή, όπως είπαμε [§ 0.11 (1o-a)], θλίψη. Σπάνια χρησιμοποιούνται σε κατασκευές, όπου αναπτύσσεται κάμψη και ποτέ όταν αναπτύσσονται εφελκυστικές δυνάμεις.

Η αντοχή των λίθων σε θλίψη προσδιορίζεται μόνο πειραματικά, γιατί δεν υπάρχει άλλο κριτήριο.

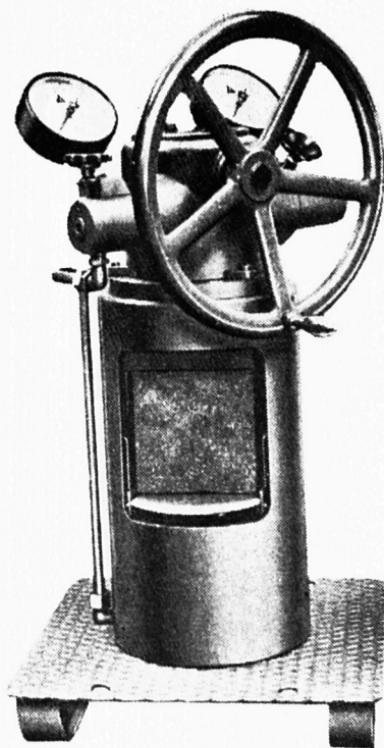
Ο ίδιος λίθος, αν προέρχεται από στρωσιγενή πετρώματα, παρουσιάζει διαφορετική αντοχή σε θλίψη, όταν φορτισθεί με δύναμη κάθετη στις στρώσεις και διαφορετική, πολύ μικρότερη, όταν φορτισθεί παράλληλα προς αυτές (σχ. 1.11a).

Πάντως, κατά κανόνα, όσο πυκνότερος και όσο μεγαλύτερο ειδικό βάρος έχει ο λίθος, τόσο μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη παρουσιάζει.

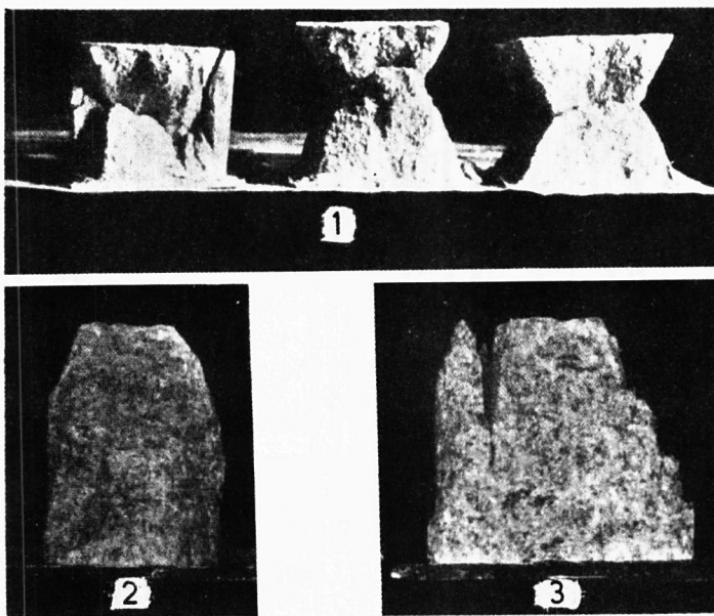
Ο προσδιορισμός της αντοχής σε θλίψη γίνεται, όπως είπαμε, πειραματικά στο εργαστήριο. Τοποθετούνται κυβικά δοκίμια των εξεταζομένων λίθων σε κατάλληλες μηχανές (σχ. 1.11β), με τη βοήθεια των οποίων φορτίζονται από μεγάλες δυνάμεις, μέχρις ότου σπάσουν (σχ. 1.11γ). Μετά διαιρείται το φορτίο, που προκάλεσε τη θραύση (έστω $P_{θρ}$), διά της επιφάνειας (έστω F) πάνω στην οποία ενήργησε και έτσι προσδιορίζεται η τάση θραύσεως $\sigma_{θρ}$:

**Σχ. 1.11α.**

Φόρτιση λίθου για τον έλεγχο της αντοχής του σε θλίψη. α) Φόρτιση κάθετα προς τις στρώσεις. β) Φόρτιση παράλληλα προς τις στρώσεις.

**Σχ. 1.11β.**

Μηχανή θραύσεως λιθίνων δοκιμών για τον έλεγχο της αντοχής τους σε θλίψη.



Σχ. 1.11γ.

Αποτέλεσμα θραύσεως από τη μηχανή του σχήματος 1.11β, κυβικών δοκιμών λίθων. 1) Ψαμμίτης. 2) Γρανίτης. 3) Ασβεστόλιθος.

$$\sigma_{\theta\rho} = \frac{P_{\theta\rho}}{F}$$

Για να υπολογίσουμε όμως το φορτίο, που μπορεί ακίνδυνα να σηκώσει ένας λίθος, όταν είναι γνωστή η αντοχή του σε θλίψη (δηλαδή η τάση θραύσεως), δεν θα λάβομε υπόψη την τάση θραύσεως $\sigma_{\theta\rho}$, αλλά ένα κλάσμα της. Έτσι θα έχουμε πλήρη ασφάλεια και δεν θα κινδυνεύει να καταρρεύσει το έργο, εάν τα φορτία αυξηθούν πέρα από τις προβλέψεις μας. Το κλάσμα αυτό, που καλείται όπως είναι γνωστό (§ 0.12), επιτρεπόμενη τάση ($\sigma_{\varepsilon p}$), κυμαίνεται για τους λίθους μεταξύ 1/10 και 1/30 της τάσεως θραύσεως, ανάλογα με τη σοβαρότητα του έργου στο οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν οι λίθοι.

Σε τοιχοποιίες, όπου χρησιμοποιούνται λίθοι αργοί μαζί με λάσπη (κονιάματα), ως επιτρεπόμενη τάση της τοιχοποιίας θεωρείται η επιτρεπόμενη τάση της λάσπης και όχι των λίθων. Η αντοχή της λάσπης είναι πολύ μικρότερη από την αντοχή του λί-

θου. Γι' αυτό στις κατασκευές με αργούς λίθους μαζί με λάσπη δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούμε λίθους μεγάλης αντοχής, αλλά λίθους, που παρουσιάζουν εκτός από μία σχετική βέβαια αντοχή, και τις άλλες ιδιότητές τους αυξημένες. Επίσης πρέπει να λαμβάνομε σοβαρά υπόψη μας και την τιμή αγοράς τους.

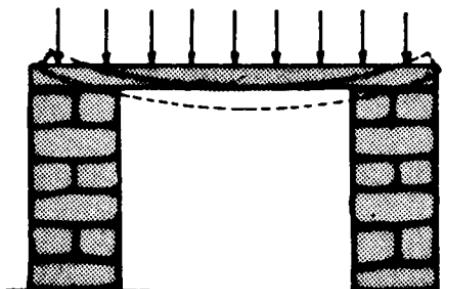
7ον. Αντοχή σε κάμψη.

Υπάρχουν και άλλες μορφές καταπονήσεως των λίθων, σπανιότερες όμως. Όταν π.χ. ο λίθος έχει μορφή πλάκας και στηρίζεται σε ακλόνητα στηρίγματα σε δύο απέναντι πλευρές, και το εξωτερικό φορτίο ενεργεί κάθετα επάνω στην πλάκα (σχ. 1.11δ), τότε η πλάκα δεν υφίσταται πια θλίψη, αλλά κάμπτεται [§ 0.11(1ον γ)]. Και εδώ τα εξωτερικά φορτία για να μεταφερθούν στα στηρίγματα διέρχονται μέσα από τη μάζα του υλικού, δημιουργούν εσωτερικές τάσεις διαφόρων όμως κατευθύνσεων και περισσότερο πολύπλοκες από τις τάσεις λόγω θλίψεως.

Η αντοχή σε κάμψη είναι πολύ μικρότερη από ό,τι είναι η αντοχή του ίδιου λίθου σε θλίψη. Υπολογίζεται συνήθως ίση προς το 1/6 έως 1/10 της αντοχής σε θλίψη. Γι' αυτό το λόγο αποφεύγομε να χρησιμοποιούμε λίθους για την κατασκευή έργων που υπόκεινται σε κάμψη, όπως π.χ. είναι οι πλάκες των πατωμάτων.

8ον. Αντοχή σε κρούση.

Ορισμένοι λίθοι χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οδο-



Σχ. 1.11δ.
Λιθινή πλάκα υφιστάμενη κάμψη.

στρωμάτων, όπου τα κινούμενα οχήματα προκαλούν σ' αυτούς απότομες δυνάμεις. Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται κρουστικές ή δυναμικές και δεν πρέπει να συγχέονται με τις δυνάμεις πιέσεως, που αναφέραμε προηγουμένως, γιατί οι δυνάμεις πιέσεως ενεργούν επάνω στο λίθο και φθάνουν στη μέγιστή τους ένταση λίγο, λίγο, ενώ οι κρουστικές δυνάμεις ενεργούν απότομα. Οι λίθοι που προορίζονται για κατασκευές που δέχονται κρουστικές δυνάμεις, πρέπει απαραίτητα να ελέγχονται ως προς την αντοχή τους στις κρούσεις. Η ιδιότητα αυτή έχει μεγάλη σημασία και ο βαθμός της προσδιορίζεται, με ειδικές εργαστηριακές μηχανές [§ 0.11 (4ον) και σχ. 0.11 ι].

Για τον έλεγχο των λίθων σε κρούση χρησιμοποιείται μία παραπλήσια μέθοδος. Παρασκευάζονται κυλινδρικά δοκίμια από τον εξεταζόμενο λίθο διαμέτρου 2,5 cm και ύψους 25 cm. Το μέτρο της αντοχής του λίθου στην κρούση παριστάνεται από το ύψος σε cm, από τον οποίο πρέπει να πέσει βάρος 2 kp, για να προκαλέσει τη θραύση του δοκιμίου.

Για τις συνηθισμένες χρήσεις οι λίθοι πρέπει να παρουσιάζουν αντοχή σε κρούση ανώτερη από 8 cm (ύψος πτώσεως του βάρους των 2 kp). Εάν το ύψος αυτό υπερβαίνει κατά τη διάρκεια του ελέγχου τα 12 cm, τότε η αντοχή τους θεωρείται υψηλή.

9ον. Αντοχή σε τριβή. Σκληρότητα.

Αυτή δεν πρέπει με κανένα τρόπο να συγχέεται με τη μηχανική αντοχή του λίθου, δηλαδή την αντοχή σε πίεση, κάμψη κλπ. Το διαμάντι (ο αδάμας), όπως γνωρίζομε, είναι το σκληρότερο από τα σώματα. Και όμως η μηχανική του αντοχή είναι μηδαμινή.

Οι λίθοι, που βρίσκονται εκτεθειμένοι στην ατμόσφαιρα όπως συμβαίνει στην περίπτωση μνημειακών κατασκευών, όπου δεν προστατεύονται από κονιάματα, υφίστανται τη μηχανική ενέργεια του ανέμου, του νερού κλπ., όπως αναφέραμε [§ 0.6 (2ον και 3ον)]. Για να αποφύγομε τη γρήγορη καταστροφή τους, πρέπει να χρησιμοποιούμε λίθους, που παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις μηχανικές αυτές επιδράσεις.

Η αντοχή αυτή εξαρτάται από τη σκληρότητά τους, η οποία πάλι εξαρτάται:

- Από τη σκληρότητα των ορυκτών, που αποτελούν το λίθο.
- Από τη συγκολλητική ύλη, που συνδέει τους κόκκους της ύλης μεταξύ τους και
- από τη θέση, που έχουν μεταξύ τους οι κόκκοι.

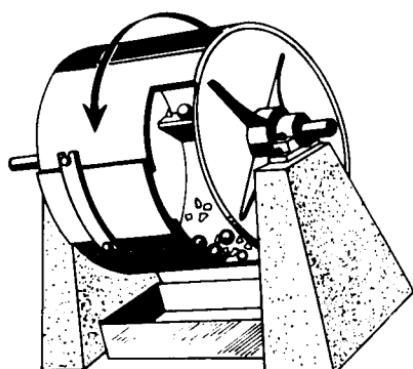
Η σκληρότητα των λίθων καθορίζεται από τη σκληρογραφική κλίμακα του Mohs [§ 0.11 (5ov), πίνακας 0.11.2].

Υπάρχουν όμως και ακριβέστερες εργαστηριακές μέθοδοι, όπου τα λίθινα κομμάτια τοποθετούνται σε ειδικές μηχανές ή συσκευές, που ελέγχουν και προσδιορίζουν τη σκληρότητα του λίθου και την αντοχή του σε τριβή.

Μία από τις μεθόδους αυτές βασίζεται στο γεγονός ότι ορισμένη ποσότητα λίθων κατάλληλου σχήματος, χάνει βάρος λόγω των τριβών, που αναπτύσσονται μεταξύ των λίθων, όταν αυτοί τοποθετηθούν μέσα σε περιστρεφόμενα τύμπανα (σχ. 1.11ε).

Τα δοχεία αυτά περιστρέφονται με ταχύτητα 10.000 στροφών/min και εκτελούν ορισμένο αριθμό στροφών κατά τη δοκιμή. Μετά ζυγίζεται το υλικό, που έχει αποσπασθεί από τους λίθους λόγω της μεταξύ τους τριβής, και το βάρος του διαιρείται διά του αρχικού βάρους των λίθων. Το πηλίκον μετά πολλαπλασιάζεται επί 100. Έτσι βρίσκεται η εκατοστιαία απώλεια του βάρους των λίθων.

Από μία ποσότητα λίθων, π.χ. παίρνομε 50 τεμάχια κυβικής περίπου



Σχ. 1.11ε.

Συσκευή ελέγχου της αντοχής των λίθων σε τριβή. Η δοκιμή αυτή καλείται δοκιμή Los Angeles.

μορφής και συνολικού βάρους 5 kg. Μετά την εκτέλεση της δοκιμής, ζυγίζουμε το υλικό που αποσπάσθηκε και έστω ότι έχει βάρος 250 g. Η εκατοστιαία απώλεια είναι $\frac{250}{5000} \times 100 = 5\%$.

Πολλές φορές χρησιμοποιείται ο γαλλικός συντελεστής τριβής, ο οποίος είναι πηλίκον του αριθμού 40 διά της εκατοστιαίας απώλειας. Στο προηγούμενο παράδειγμα ο γαλλικός συντελεστής τριβής είναι $\frac{40}{5} = 8$.

Όταν ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται μεταξύ 8 και 12, θεωρείται ότι η αντοχή των λίθων σε τριβή είναι ικανοποιητική.

Ο έλεγχος της αντοχής των λίθων στη μηχανική ενέργεια του ανέμου εκτελείται ως εξής: Βομβαρδίζονται οι επιφάνειες των λίθων με χαλαζιακή άμμο από κατάλληλους φυσητήρες, με ορισμένη πίεση και για ορισμένο χρόνο. Οι φθορές, που υπέστη η προσβαλλόμενη επιφάνεια, δίνουν το μέτρο της αντοχής του λίθου στην ενέργεια του ανέμου.

Ο βαθμός της σκληρότητας ενός λίθου και της αντιστάσεώς του στην τριβή χαρακτηρίζει σε μέγιστο ποσοστό και το εργασμό αυτού. Εργάσιμο είναι η ικανότητα που παρουσιάζει ένας λίθος να υφίσταται οποιαδήποτε κατεργασία, όπως είναι η τμήση, η ξέση, η λείανση, η στίλβωση κ.ά.

Γενικά πρέπει να γνωρίζομε ότι οι πολύ σκληροί λίθοι είναι δυσκατέργαστοι, δηλαδή κόβονται, μορφοποιούνται και λειαίνονται πολύ δύσκολα.

Πολλές φορές ορισμένοι λίθοι απορρίπτονται ως ακατάλληλοι για την κατασκευή διαφόρων έργων, λόγω της σκληρότητάς τους, παρ' όλο ότι κατά τα άλλα είναι άριστης ποιότητας.

10ον. Αντοχή στα οξέα.

Όπως γνωρίζομε (§ 0.7), οι λίθοι υφίστανται τη δυσμενή επιρροή των διαφόρων οξέων, που είναι αναμεμιγμένα με τους καπνούς και τις αναθυμιάσεις των εργοστασίων ή που βρίσκονται μέσα στα νερά που χύνονται από τις βιομηχανίες.

Τα διάφορα είδη των λίθων παρουσιάζουν διαφορετική αντίσταση σ' αυτά τα οξέα. Επομένως, όταν πρόκειται να εκτελεσθεί ένα έργο σε περιοχή με ακάθαρτη ατμόσφαιρα ή όταν ένα

έργο θα δέχεται τα "απόνερα" των εργοστασίων, όπως π.χ. η επένδυση με λίθους ενός ανοικτού οχετού, πρέπει οι λίθοι που θα χρησιμοποιηθούν να υποστούν έλεγχο της αντοχής τους στα οξέα.

Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει εύκολα ως εξής:

Βυθίζομε ένα δοκίμιο, από τους λίθους που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, μέσα σε νερό, που περιέχει σε αναλογία 1% τη χημική ουσία, για την οποία εξετάζομε την αντοχή του λίθου. Το δοκίμιο παραμένει για αρκετές ημέρες μέσα σ' αυτό το διάλυμα, που πρέπει να αναταράσσεται συχνά. Μετά βγάζομε το δοκίμιο και εξετάζονται οι φθορές, που υπέστη λόγω της δράσεως του οξέος.

11ον. Χρώμα.

Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται τις περισσότερες φορές από ορισμένα συστατικά, που περιέχουν σε μικρή ποσότητα οι λίθοι. Είναι κυρίως οι διάφορες ενώσεις του σιδήρου και του άνθρακα και κατά δεύτερο λόγο, οι ενώσεις του θείου, νικελίου και χαλκού. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν τις χρωστικές ουσίες των λίθων.

Οι ερυθρές, κίτρινες και καφέ αποχρώσεις οφείλονται στα ελεύθερα οξειδία του σιδήρου ενώ οι θαλασσιές (κυανές), γκρι (τεφρές) ή μαύρες αποχρώσεις οφείλονται στις ανθρακικές ενώσεις.

'Όταν ο λίθος δεν περιέχει σίδηρο, είναι συνήθως λευκός ή περίπου λευκός.

Το χρώμα του λίθου δεν επηρεάζει καμία από τις ιδιότητές του και επομένως δεν είναι ενδεικτικό της ποιότητάς του. Απλώς επιδρά στην εμφάνιση και λαμβάνεται υπόψη μόνο για λίθους, που θα χρησιμοποιηθούν για επενδύσεις, όπως είναι π.χ. τα μάρμαρα.

Το χρώμα επηρεάζεται από τα οξέα της ατμόσφαιρας, καθώς και από το φως. Οι γρανίτες π.χ. φαίνονται περισσότερο σκοτεινοί όταν οι άστριοι που περιέχουν είναι καθαροί και υαλώδεις, οπότε απορροφούν περισσότερο φως παρά όταν οι άστριοι αυτοί είναι θαμποί και αντανακλούν το φως.

Για να εξακριβώσουμε τη σταθερότητα του χρώματος, πράγμα ουσιώδες για την περίπτωση εγχρώμων λίθων που προορίζο-

νται για επενδύσεις, τοποθετούμε δοκίμια μέσα σε αεροστεγών κλεισμένο δοχείο όπου υπάρχουν οι ατμοί νιτρικού, υδροχλωρικού ή άλλου οξέος. Τα δοκίμια παραμένουν για 7 εβδομάδες τουλάχιστον μέσα σ' αυτό το δοχείο και έπειτα, αφού πλυθούν καλά, σημειώνονται οι μεταβολές στο χρώμα.

12ον. Συμπεράσματα.

Όπως προκύπτει από όσα έχομε αναφέρει, οι λίθοι είναι σώματα με πολλές και διάφορες ιδιότητες και με μεγάλες διαφορές ως προς το βαθμό εκδηλώσεως των ιδιοτήτων αυτών ακόμη και σε λίθους του ίδιου είδους.

Ο σκοπός του μηχανικού είναι να επιλέξει κάθε φορά τους καταλληλότερους λίθους, δηλαδή εκείνους που παρουσιάζουν στο μεγαλύτερο βαθμό μόνο τις ιδιότητες, που θα συντελέσουν στο να ανταποκριθεί με τον καλύτερο και οικονομικότερο τρόπο το έργο στον ειδικό σκοπό που επιδιώκομε.

Για να κατασκευάσουμε π.χ. τα θεμέλια ενός ακρόβαθρου ή πτερυγότοιχου μιας γέφυρας, τα οποία θα βρίσκονται μέσα στο νερό, θα πρέπει να ελεγχθούν μόνο η πυκνότητα των λίθων, το ειδικό βάρος, η υδροαπορροφητικότητα, η αντίσταση στις χημικές και μηχανικές επιδράσεις του νερού, η σκληρότητα και η αντοχή στον παγετό, όταν υπάρχει πιθανότητα να ψυχθεί το νερό. Δεν θα μας απασχολήσουν καθόλου η αντοχή των λίθων στη φωτιά και την πυρκαγιά, η αντοχή τους στα οξέα, το χρώμα του κλπ.

Αντίθετα, όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε λίθους για την εξωτερική επένδυση ενός κτηρίου, θα εξετάσουμε το χρώμα και την εμφάνισή τους γενικά, τη σταθερότητα του χρωματισμού τους, την αντίστασή τους σε τριβή και τη σκληρότητά τους, την αντίστασή τους στις χημικές επιδράσεις των οξέων της ατμόσφαιρας κλπ. Οι υπόλοιπες ιδιότητες θα μας απασχολήσουν πολύ λίγο ή καθόλου, ανάλογα με τις τυχόν ειδικές συνθήκες που θα υπάρχουν.

Σε καμιά περίπτωση δεν θα χρησιμοποιούμε λίθους με ιδιότητες περισσότερο αναπτυγμένες από ό,τι απαιτεί το έργο που θα εκτελέσουμε γιατί αυτό αποτελεί άσκοπη σπατάλη.

Εάν πρόκειται να επιλέξουμε μεταξύ δύο λίθων, που παρουσιάζουν εξίσου τις ιδιότητες που απαιτούνται, θα προτιμήσουμε το

φθηνότερο. Επίσης μεταξύ δύο λίθων με διαφορετικό βαθμό εκδηλώσεως ορισμένων ιδιοτήτων, θα προτιμήσουμε πολλές φορές τον κατώτερης ποιότητας, όταν βέβαια ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του έργου και είναι φυσικά φθηνότερος.

Για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των λίθων χρησιμοποιούμε στα συνηθισμένα έργα τις εργοταξιακές μεθόδους, που αναφέραμε παραπάνω. Μόνο για μεγάλης σπουδαιότητας έργα θα καταφύγομε σε εργαστηριακές εξετάσεις, που είναι πιο ακριβές και απαιτούν περισσότερο χρόνο.

1.12 Εξόρυξη και επεξεργασία.

1ον. Επιλογή και προδιαγραφές.

Όταν πρόκειται να κατασκευασθεί ένα τεχνικό έργο, για το οποίο θα χρειασθούν μεγάλες ποσότητες λίθων, ο μηχανικός πρέπει αρχικά να προσδιορίσει τις ιδιότητες, που πρέπει να έχουν οι λίθοι αυτοί, ώστε να εκπληρώσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το σκοπό τους. Ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων γίνεται όπως είναι γνωστό (§ 0.14) με βάση τις προδιαγραφές ή, εάν δεν υπάρχουν, με άλλους τρόπους που βασίζονται κυρίως στην εμπειρία.

Ύστερα ο μηχανικός πρέπει να ψάξει να βρει τους λίθους με τις καθορισμένες ιδιότητες. Γι' αυτό πρέπει να εξετάσει τα λατομεία που υπάρχουν στην περιοχή του έργου, και σε περίπτωση που δεν υπάρχουν να εξετάσει τη δυνατότητα διανοίξεως νέων. Επίσης πρέπει να εξετάσει όμοια ή παραπλήσια παλαιότερα έργα προς το έργο που πρόκειται να κατασκευάσει και τέλος, πρέπει να εξετάσει εργαστηριακά τους υπάρχοντες λίθους, ιδίως όταν προέρχονται από νέο λατομείο.

– Με την εξέταση του λατομείου εξακριβώνεται: η ομοιογένεια του πετρώματος, η διεύθυνση των στρώσεών του, η ύπαρξη πυκνών ή αραιών σχισμών και ρηγμάτων και επομένως το μέγεθος και η μορφή των λίθων, που πρόκειται να εξαχθούν. Επίσης ελέγχεται η αντοχή του πετρώματος στις διαβρωτικές επιδράσεις του νερού, του πάγου, του ήλιου. Τέλος μπορεί να υπολογισθεί κατά προσέγγιση η ποσότητα των καταλλήλων λίθων, που μπορεί να αποδώσει το πέτρωμα, γιατί υπάρχει πιθανότητα οι λίθοι που θα

εξαχθούν να είναι άριστης ποιότητας και σύμφωνοι με τις προδιαγραφές, αλλά η ποσότητά τους να μην καλύπτει τις ανάγκες του έργου. Στην περίπτωση αυτή είναι προτιμότερο να βρεθεί μεγαλύτερο λατομείο που θα καλύψει όλες τις ανάγκες, έστω και εάν οι λίθοι του είναι λίγο κατώτερης ποιότητας. Τέλος, για τον καθορισμό του κόστους των υλικών θα προσδιορισθεί η μέθοδος εξορύξεως των λίθων, ο τρόπος προσβάσεως και μεταφοράς των προϊόντων και η απόσταση του λατομείου από το έργο που κατασκευάζεται.

– Αφού βρεθεί το κατάλληλο λατομείο, είναι απαραίτητο να εξετασθούν τεχνικά έργα, εάν υπάρχουν, κατασκευασμένα από λίθους που προέρχονται από το λατομείο αυτό. Σκοπός αυτής της εξετάσεως είναι να εξακριβωθεί η αντοχή των λίθων στους ατμοσφαιρικούς ή άλλους παράγοντες. Εάν ύστερα από έκθεση πολλών ετών στην ατμόσφαιρα μιας βιομηχανικής π.χ. περιοχής, οι λίθοι δεν παρουσιάζουν σημεία αποσαθρώσεως και δεν έχουν χάσει τη λάμψη και το χρώμα τους, έχομε μια σοβαρή ένδειξη για την καταλληλότητα των λίθων αυτών.

– Τέλος, εάν πρόκειται βέβαια για σοβαρό έργο, απαραίτητη είναι και η εργαστηριακή έρευνα των λιθών, ιδίως όταν πρόκειται να δημιουργηθεί νέο λατομείο, οπότε οι ιδιότητες των λιθών του θα είναι πολύ λίγο γνωστές.

Κατά την εργαστηριακή εξέταση ο λίθος θα πρέπει να υποστεί:

Χημική ανάλυση, για να προσδιορισθούν τα συστατικά του, η ορικτολογική του σύνθεση και οι αναλογίες, κάτω από τις οποίες βρίσκονται στο λίθο τα συστατικά αυτά, ώστε να προσδιορισθούν ορισμένες ιδιότητές του, όπως π.χ. αντοχή στα οξέα.

Μικροσκοπική εξέταση. Σκοπός της εξετάσεως αυτής, που πολλές φορές είναι σπουδαιότερη από τη χημική, είναι ο προσδιορισμός της συνεκτικότητας του ιστού του λίθου και γενικότερα της στερεότητάς του.

Μηχανικό έλεγχο, για τον προσδιορισμό του ειδικού βάρους και της πυκνότητάς του, της αντοχής του σε θλίψη και εφελκυσμό, της σκληρότητάς του, καθώς και των υπολοίπων μηχανικών ιδιοτήτων.

Οι δοκιμές αυτές είναι απαραίτητες, για να αποκτήσουμε σαφή ιδέα του υλικού που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε.

Οι δαπάνες συντηρήσεως και επισκευής έργων κατασκευασμένων με ακατάλληλα υλικά και γενικότερα οι οικονομικές ζη-

μιές είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που απαιτούνται για τον προκαταρκτικό έλεγχο των υλικών.

Ως παράδειγμα αναφέρομε ότι πολλοί δρόμοι έχουν καταστραφεί λόγω χρήσεως κακής ποιότητας χαλικιών, κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα κοντά στη θάλασσα ή μέσα σε βιομηχανικές περιοχές υπέστησαν σοβαρές φθορές λόγω χρήσεως ακαταλήλων σκύρων και άμμου κλπ.

2ον. Εξόρυξη των λίθων.

Η εξόρυξη των λίθων γίνεται σε ορισμένο τόπο που διαλέγομε εκ των προτέρων, και ο οποίος καλείται λατομείο (νταμάρι). Το λατομείο πρέπει να είναι σε κεκλιμένη επιφάνεια του εδάφους και όχι σε οριζόντια, για να διευκολύνεται η εξαγωγή και η μεταφορά των λίθων με την εκμετάλλευση της βαρύτητας.

Η εργασία γίνεται πάντοτε στα επιφανειακά στρώματα των πετρωμάτων. Σπανιότερα γίνεται υπογείως.

Αρχικά αφαιρούνται τα χώματα και οι πέτρες, που καλύπτουν την επιφάνεια του πετρώματος ή, εάν πρόκειται για παλαιό λατομείο, αφαιρούνται τα άχρηστα υπολείμματα λίθων (μπάζα), που βρίσκονται εκεί από παλαιότερη εκμετάλλευση.

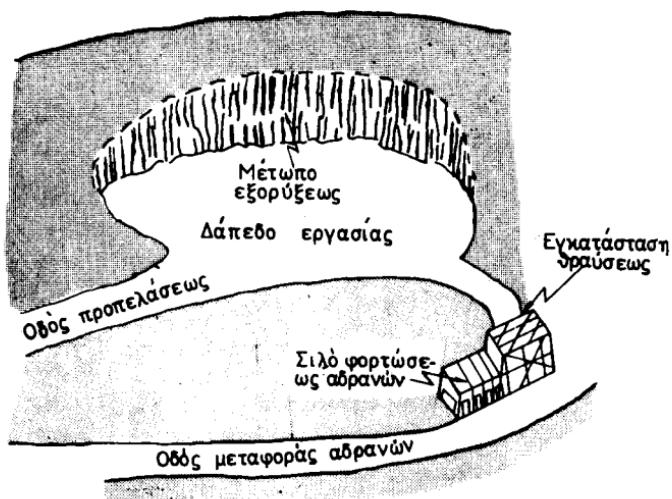
Μετά την αποκάλυψη του πετρώματος αρχίζει η κύρια εργασία της εξορύξεως. Η μέθοδος που θα ακολουθηθεί και ο τρόπος εκμεταλλεύσεως του λατομείου εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι είναι:

- Τα χαρακτηριστικά του πετρώματος. Δηλαδή το πάχος και η διεύθυνση των στρωμάτων, η διεύθυνση των ρηγμάτων και σχισμών, η σκληρότητα και η ομοιογένειά του κλπ.

- Η μορφή και το μέγεθος των λίθων, που θέλομε να αποκτήσουμε.

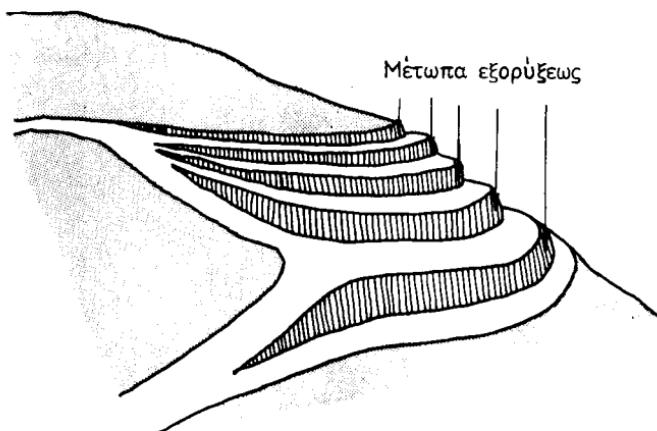
Εάν π.χ. πρόκειται να εξαχθούν αργοί λίθοι για απλές τοιχοποιίες ή για την παραγωγή χαλικιών και σκύρων, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ισχυρές εκρηκτικές ύλες για την ανατίναξη και τεμαχισμό του πετρώματος. Η εκμετάλλευση του λατομείου θα γίνεται σχεδόν κατά κατακόρυφες ζώνες ορισμένου πάχους. Η εξόρυξη θα αρχίσει από το πάνω τμήμα της ζώνης (σχ. 1.12a) και θα προχωρήσει προς τα κάτω.

Αντίθετα, όταν θέλομε να αποκτήσουμε μεγάλους όγκους υλικού, όπως π.χ. στην περίπτωση του μαρμάρου, χρησιμοποιού-



Σχ. 1.12α.

Μέθοδος εκμεταλλεύσεως λατομείου αργών λίθων κατά κατακόρυφες ζώνες.



Σχ. 1.12β.

Μέθοδος εξορύξεως λίθων κατά βαθμίδες.

με ασθενείς εκρηκτικές ύλες ή μηχανικές μεθόδους για την απόσπαση των όγκων αυτών και η εκμετάλλευση του λατομείου θα γίνεται κατά βαθμίδες (σκαλοπάτια) (σχ. 1.12β).

Η όλη εργασία στο λατομείο περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

– Την κυρίως εξόρυξη, η οποία αφορά την απόσπαση των λίθων από το μητρικό πέτρωμα.

– Τον τεμαχισμό των μεγάλων όγκων, που αποσπάσθηκαν, στα μεγέθη που θέλομε και τη διαλογή και τακτοποίηση ανάλογα προς το μέγεθος ή τον προορισμό των λίθων.

– Την προεργασία (χονδρολάξευση) ορισμένων λίθων, που προορίζονται για ειδικές χρήσεις (αγκωνάρια, πλάκες καλύψεως κλπ.) και τέλος,

– τη θραύση και λειοτρίβηση των λίθων, που προορίζονται για την παραγωγή χαλικιών, σκύρων, άμμου, μαρμαρόσκονης και άλλων λιθίνων προϊόντων.

Τα δύο τελευταία στάδια εργασίας δεν είναι απαραίτητο να εκτελούνται σε κάθε λατομείο. Εξαρτάται από το είδος των λίθων που θα εξαχθούν και από τη δυνατότητα παραγωγής λίθινων προϊόντων.

Σε λατομείο π.χ. εγχρώμων μαρμάρων εκτελούνται τα δύο πρώτα στάδια και τα τεμάχια, που είναι ακατάλληλα λόγω μεγέθους ή ποιότητας, απορρίπτονται. Σε λατομείο λευκών μαρμάρων μπορεί να εκτελεσθεί, εκτός από τα δύο πρώτα, και το τελευταίο στάδιο, για την παραγωγή μαρμαροψηφίδων και μαρμαρόσκονης (μαρμαροκόνεως). Τέλος σε λατομείο αργών λίθων και γωνιολίθων μπορούν να εκτελεσθούν και τα τέσσερα στάδια.

Αναλυτικά οι εργασίες κάθε σταδίου έχουν ως εξής:

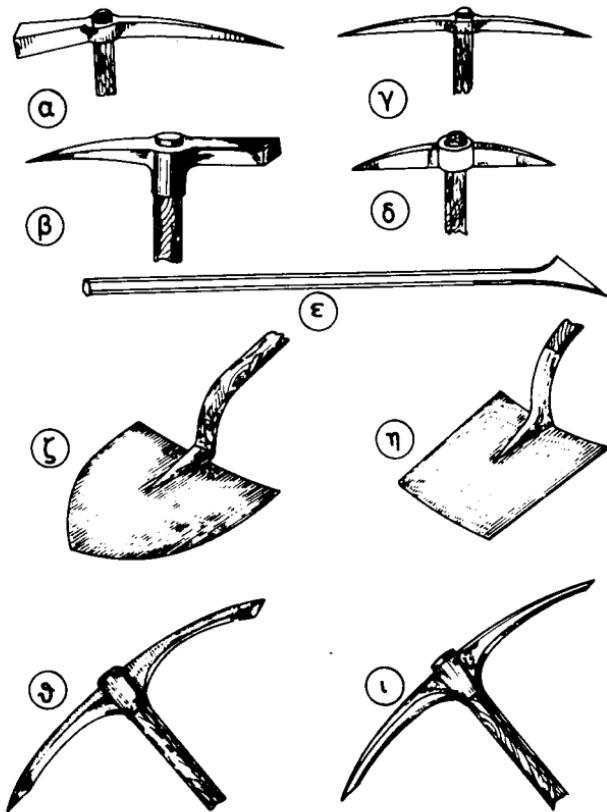
α) *Κυρίως εξόρυξη*: Οι μέθοδοι, που μπορεί να εφαρμοσθούν στο πρώτο στάδιο, είναι οι παρακάτω:

- Εξόρυξη από εργάτες, που χειρίζονται απλά εργαλεία.
- Εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες.
- Εξόρυξη με ειδικά μηχανήματα.

Εξαρτάται από τη φύση του πετρώματος του λατομείου και από το είδος και την ποσότητα των λίθων, που θέλομε να πάρομε, το ποια μέθοδος θα χρησιμοποιηθεί. Θα πρέπει όμως να ζητάμε τη γνώμη ειδικών μηχανικών ή εμπείρων λατόμων για τον καθορισμό της καταλληλότερης μεθόδου.

– Η εξόρυξη από εργάτες, που χρησιμοποιούν διάφορα εργαλεία, γίνεται κυρίως σε λατομεία με εύθραυστα ή ψαθυρά πετρώματα ή σε λατομεία, όπου το πέτρωμα έχει στρωσιγενή δομή με στρώσεις μικρού πάχους.

Οι εργάτες χρησιμοποιούν απλά εργαλεία, όπως είναι η απλή ή διπλή σκαπάνη (κασμάς), το φτυάρι (πτύο), η σφήνα, τα



Σχ. 1.12γ.

Διάφορα εργαλεία λάτόμου. α) και β) Απλά πικούνια. γ) και δ) Διπλά πικούνια. ε) Παραμίνα. ζ) και η) Φτυάρια. θ) και ι) Κασμάδες.

διάφορα είδη σφυριών, οι βαριές (σφύρες), ο λοστός, η παραμίνα (λατομίδα), το αγκίστρι και διάφορα άλλα βοηθητικά εργαλεία (σχ. 1.12γ).

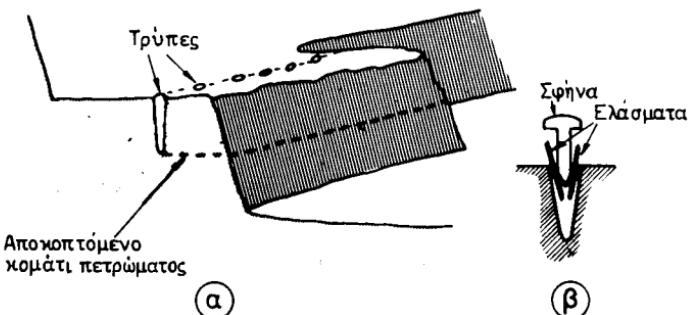
Εάν το πέτρωμα είναι ψαθυρό, σπάει (θραύεται) με τη βοήθεια της βαριάς (σφύρας). Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του τεμαχίου, τόσο βαρύτερη βαριά (σφύρα) χρησιμοποιείται. Εάν το πέτρωμα παρουσιάζει πολλές ρωγμές και στρωσιγενή διάταξη, τοποθετούνται σιδερένιες σφήνες μέσα στις σχισμές ή μεταξύ των στρώσεων, οι σφήνες κτυπιώνται με τη βαριά (σφύρα) και έτσι επιτυγχάνεται η απόσπαση λίθων μεγάλου όγκου, που στη συνέχεια υφίστανται περαιτέρω κατεργασία.

Εάν το πέτρωμα δεν παρουσιάζει σχισμές, και πρέπει να βγάλομε μεγάλα τεμάχια, τότε ανοίγονται τρύπες κατά μήκος της ελεύθερης οριζόντιας επιφάνειας του πετρώματος, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους απόσταση ανάλογη προς τη σκληρότητα του πετρώματος και το μέγεθος, που θέλομε να έχει ο λίθος. Οι τρύπες αυτές ανοίγονται με τη σμίλη (ματικάπι) ή με λιθοτρύπανο (αεροτρύπανο). Σ' αυτές τις τρύπες τοποθετούνται σιδερένιες σφήνες, μεταξύ δύο ελασμάτων [σχ. 1.12δ(β)]. Με ταυτόχρονη κρούση όλων των σφηνών αποκολλάται το πέτρωμα. Στη συνέχεια με τη βοήθεια λοστών και αγκίστρων απομακρύνεται το κομμάτι και μεταφέρεται για κατεργασία. Πολλές φορές αντί για σιδερένιες σφήνες χρησιμοποιούνται σφήνες από ξηρό ξύλο ή κυλινδρικής μορφής πεπιεσμένος ασβέστης (οξείδιο του ασβεστίου). Οι σφήνες αυτές βρέχονται με άφθονο νερό και λόγω της διαστολής, που υφίστανται, αναπτύσσονται ωθήσεις, που προκαλούν την αποκόλληση.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται, όταν θέλομε να αποκτήσουμε μεγάλου όγκου λίθους, όπως π.χ. μάρμαρα. Σήμερα έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί και αντικατασταθεί από τη μέθοδο με μηχανικά μέσα, η οποία είναι ταχύτερη και αποδοτικότερη.

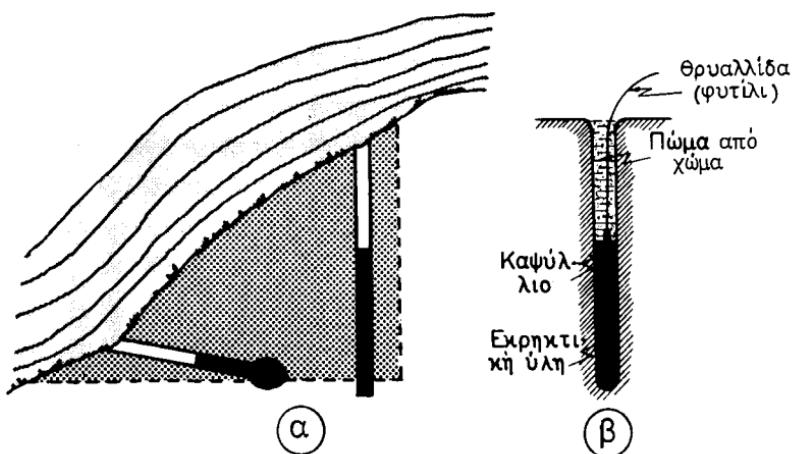
– Η εξόρυξη με εκρηκτικές ύλες είναι η συνηθέστερη μέθοδος και εφαρμόζεται μόνη της ή σε συνδυασμό με τις άλλες μεθόδους σε όλα τα λατομεία, που έχουν πετρώματα σκληρά, συνεκτικά και χωρίς ρωγμές ή στρώματα (όπως π.χ. σε λατομεία ασβεστόλιθου).

Κατά τη μέθοδο αυτή ανοίγονται κατακόρυφες ή κεκλιμέ-



Σχ. 1.12δ.

Απόσπαση μεγάλων τεμαχίων λίθων με τη μέθοδο των σφηνών. α) Διάταξη τρυπών (οπών). β) Λεπτομέρεια τοποθέτησεως της σφήνας στην τρύπα (οπή).



Σχ. 1.12ε.

α) Διάταξη μικρών φουρνέλων (υπονομίσκων) κατά την έναρξη εξορύξεως σε πλαγιά (κλιτύ). β) Λεπτομέρεια φουρνέλου.

νες τρύπες διαμέτρου 3 έως 5 cm. Οι τρύπες αυτές λέγονται διατρήματα ή υπονομίσκοι (κοινώς φουρνέλα) και έχουν βάθος ανάλογο προς τη φύση του πετρώματος, την κλίση του μετώπου εργασίας, και προς το αποτέλεσμα, που επιζητούμε να επιτύχομε (σχ. 1.12ε).

Μέσα σ' αυτές τις τρύπες εισάγεται μια εκρηκτική ύλη, η οποία καταλαμβάνει μικρό τμήμα του βάθους τους (περίπου το 1/3). Το υπόλοιπο γεμίζει με πηλό ή βρεγμένο χώμα και πιέζεται καλά. Τέλος με ένα καψύλλιο και φυτίλι (θρυαλλίδα) γίνεται η έναυση της εκρηκτικής ύλης και το πέτρωμα εκτινάσσεται λόγω της απότομης ωθήσεως, που επιφέρουν στα τοιχώματα της τρύπας τα παραγόμενα από την έκρηξη αέρια.

Η διάνοιξη των φουρνέλων γίνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- Με τα χέρια, χρησιμοποιώντας σιδερένιες ράβδους εξαγωνικής διατομής, μήκους μέχρι 3 m η οποία έχει πλατύ και μυτερό (αιχμηρό) το ένα άκρο (παραμίνα).

- Μηχανικά με τη βοήθεια λιθοτρυπάνων, που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα ή με ηλεκτρική ενέργεια (σχ. 1.12στ).

Το κυρίως διατρητικό εργαλείο (ματικάπι) αποτελείται από μία χαλύβδινη ράβδο διαφόρων μηκών, η οποία φέρει τρύπα σε όλο το μήκος του άξονά της. Το ένα άκρο προσαρμόζεται μέσα



Σχ. 1.12στ.

Εργάτης χειριζόμενος λιθοτρύπανο για να ανοίξει φουρνέλο.

στο εργαλείο που μεταδίδει την περιστροφική κίνηση, ενώ στο άλλο άκρο της βιδώνεται μικρό εξαγωνικό κοπτικό εργαλείο (γαρύφαλλο) από σκληρότατο χάλυβα που στη μέση του έχει τρύπα.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας το τρυπάνι περιστρέφεται, τρίβεται το πέτρωμα με τη βοήθεια του κοπτικού εργαλείου και ανοίγεται η τρύπα. Η σκόνη που δημιουργείται από τη διάνοιξη διώχνεται με πεπιεσμένο αέρα, που περνάει μέσα από την τρύπα που υπάρχει κατά μήκος του εργαλείου.

Εκτός από το περιστρεφόμενο τρυπάνι (ματικάπι) μπορεί να προσαρμοσθεί στο κυρίως εργαλείο και κρουστικό τρυπάνι. Αυτό με την παλινδρομική κίνηση που παίρνει, μπορεί να σπάσει και να κομματιάσει (τεμαχίσει) τους λίθους ή ακόμη και οποιαδήποτε σκληρή επιφάνεια, όπως π.χ. πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος (σχ. 1.12ζ).

Η επιλογή της καταλληλότερης εκρηκτικής ύλης εξαρτάται κυρίως από το σκοπό, για τον οποίο προορίζονται οι λίθοι που θέλομε να εξάγομε και δεύτερον από τη σκληρότητα και συνεκτικότητα του πετρώματος.

Για να εξαχθούν μεγάλοι και χωρίς ραγίσματα λίθοι, όπως π.χ. μάρμαρα, χρησιμοποιείται η μαύρη πυρίτιδα (μαύρο μπαρούτι) με μορφή σκόνης ή φυσιγγίων. Είναι ασθενής εκρηκτική ύλη και



Σχ. 1.12ζ.

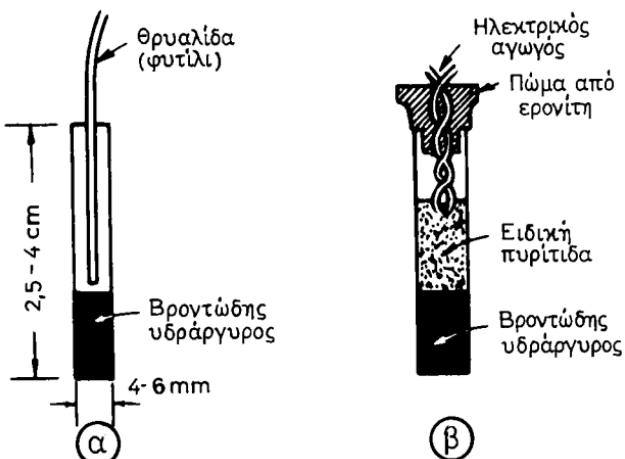
Εργάτης χειριζόμενος κρουστική αερόσφυρα για θραύση σκληρών επιφανειών.

το αποτέλεσμα είναι να ωθεί μάλλον, παρά να εκτινάσσει το πέτρωμα.

Για την εξαγωγή λίθων που προορίζονται για τοιχοδομές ή την παρασκευή σκύρων ή άμμου χρησιμοποιούνται ισχυρότερες εκρηκτικές ύλες, όπως είναι οι διάφορες δυναμίτες, που έχουν ως βάση τη νιτρογλυκερίνη, οι ζελατοδυναμίτες, η βαμβακοπυρίτιδα, η σεδίτιδα κ.ά. Οι δυναμίτες πωλούνται με μορφή φυσιγγών διαμέτρου 2 cm και μήκους από 10 cm έως 20 cm.

Το άναμμα του φουρνέλου γίνεται, όπως είπαμε, με τη βοήθεια του καψουλιού (καψυλλίου) και του φυτιλιού (θρυαλλίδας).

Το καψούλι είναι κυλινδρικός μεταλλικός σωλήνας μήκους



Σχ. 1.12η.

Τύποι καψουλιών (καψυλλίων).

α) Κοινό καψούλι. β) Ηλεκτρικό καψούλι.

2,5 cm έως 4 cm κλειστός στη μία άκρη (σχ. 1.12η). Κατά το ένα τρίτο περιέχει ισχυρότατη εκρηκτική ύλη, το βροντώδη υδράργυρο. Στην ανοικτή άκρη τοποθετείται το φυτίλι (θρυαλλίδα).

Το φυτίλι (η θρυαλλίδα) έχει στο κέντρο του ψύχα από βραδύκαυστη ύλη. Η ταχύτητα καύσεως του φυτιλιού είναι 0,5 m/min και το μήκος του καθορίζεται από το βάθος του φουρνέλου και από το χρόνο, που απαιτείται για να απομακρυνθούν οι εργαζόμενοι από το σημείο που θα γίνει το άναμμα για να μην τους κτυπήσουν οι εκσφενδονιζόμενοι λίθοι.

Πιο ασφαλής πυροδότηση του φουρνέλου γίνεται με ηλεκτρισμό. Χρησιμοποιούνται δηλαδή ειδικά ηλεκτρικά καψούλια [σχ. 1.12η(β)] που συνδέονται μέσω αγωγών μεγάλου μήκους με ειδική συσκευή, που παράγει με κατάλληλο χειρισμό ηλεκτρικό ρεύμα. Με την ηλεκτρική μέθοδο πυροδοτούνται συχρόνως πολλά φουρνέλα.

– Όπως είπαμε, η εξόρυξη επιτυγχάνεται και με ειδικά μηχανικά μέσα. Αυτό γίνεται σε λατομεία με σχετικά μαλακά πετρώματα, από τα οποία επιθυμούμε να αποκτήσομε μεγάλους και κανονικής μορφής όγκους.

Μηχανικά μέσα αυτού του είδους είναι το συρματοπρίονο, ο περιστροφικός δίσκος κ.ά.

Τα μηχανικά μέσα παρουσιάζουν δύο μεγάλα πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους εξορύξεως:

Δεν διαταράσσουν τον ιστό του λίθου, και δεν δημιουργούν πολλά απορρίμματα (σκάρτα).

Γι' αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως σε λίθους με υψηλή σχετικά αξία (μάρμαρα).

3ον. Τεμαχισμός και διαλογή των λίθων.

Μετά την εξόρυξη ακολουθεί το δεύτερο στάδιο της εργασίας στο λατομείο, δηλαδή ο τεμαχισμός των λίθων στα μεγέθη που επιθυμούμε και η διαλογή και μεταφορά τους στη θέση φορτώσεως ή στη θέση περαιτέρω επεξεργασίας τους.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούμε για τον τεμαχισμό είναι συνήθως οι βαριές (σφύρες) ή οι κρουστικές αεροσφύρες (σχ. 1.12ζ). Οι βαρύτερες σφύρες (βαριές) χρησιμοποιούνται για τα μεγάλα τεμάχια, και οι ελαφρότερες για τα μικρότερα. Πολλές φορές, όταν ο όγκος είναι πολύ μεγάλος και το πέτρωμα σκληρό, ο τεμαχισμός γίνεται με μικρά φουρνέλα.

Η διαλογή γίνεται με τα χέρια και σπανιότερα με μηχανικά μέσα.

Εάν πρόκειται για λίθους αργούς [§ 1.13 (1ον)], αυτοί φορτώνονται σε αυτοκίνητα και μεταφέρονται στο εργοτάξιο (σχ. 1.12θ). Εάν όμως πρόκειται για ειδικά τεμάχια (αγκωνάρια, πλά-



Σχ. 1.12θ.

Φόρτωση αργών λίθων με μηχανικά φτυάρια σε λατομείο.

κες ορθομαρμαρώσεως κλπ.), μεταφέρονται σε ειδική θέση του λατομείου, όπου υφίστανται μία πρώτη κατεργασία (χονδρολάξευση). Τέλος τα μικρά ή άχρηστα τεμάχια μεταφέρονται σε άλλη θέση του λατομείου, όπου βρίσκονται τα μηχανήματα που παράγουν την άμμο, τα σκύρα κλπ.

Οι μεταφορές μέσα στο λατομείο γίνονται:

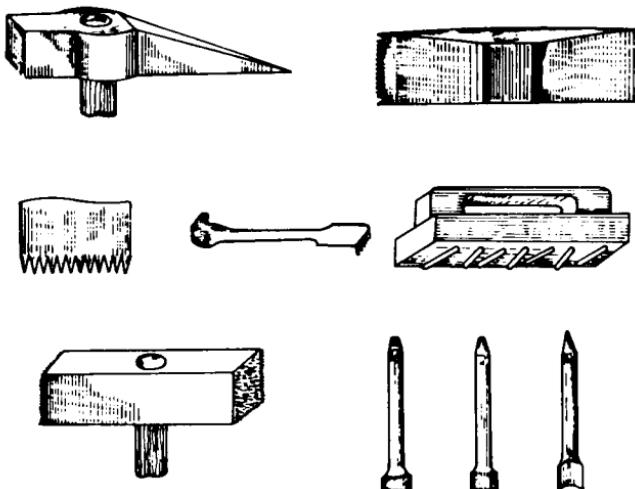
- Με τα χέρια, όταν οι αποστάσεις είναι μικρές.
- Με μικρούς συρμούς (ντεκωβίλ), όταν οι αποστάσεις είναι μεγαλύτερες και το έδαφος πρόσφορο, και
- με αυτοκίνητα σε ειδικές περιπτώσεις.

4ον. Επεξεργασία των λίθων.

a) Χονδρολάξευση. Μετά τη διαλογή ακολουθεί η χονδρολαύξευση των λίθων. Η εργασία αυτή γίνεται με ειδικά εργαλεία, όπως είναι η τύκη (τσουκάνι), η σμίλη (βελόνα), η σφύρα (ματρακάς) κ.ά. (σχ. 1.12ι).

Κατά τη χονδρολάξευση δίνεται στο λίθο, σε γενικές γραμμές, το σχήμα, που πρόκειται τελικά να λάβει, συνήθως πρισματικό ή πλακοειδές.

Οι ανωμαλίες των επιφανειών του λίθου δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 3 έως 5 mm.



Σχ. 1.12ι.

Διάφορα εργαλεία επεξεργασίας λίθων.

Σε ορισμένα είδη λίθων, όπως αυτά που προορίζονται για τα κράσπεδα των πεζοδρομίων, χονδρολαξεύονται μόνο δύο επιφάνειες, σε άλλα τρεις ή τέσσερες επιφάνειες (αγκωνάρια) και σε άλλα και οι έξι επιφάνειες.

Η εργασία αυτή γίνεται στο λατομείο, γιατί ο λίθος είναι μαλακότερος μόλις εξορυχθεί, και συνεπώς η κατεργασία του γίνεται ευκολότερα. Εκτός από αυτό, η ελάττωση του όγκου και του βάρους μετά την απόρριψη των αχρήστων τμημάτων του μειώνουν τα έξοδα μεταφοράς.

β) Λάξευση. Μετά τη χονδρολάξευση γίνεται, εάν απαιτείται, η λάξευση. Με αυτή ο λίθος αποκτά τις τελικές διαστάσεις, που απαιτούν οι προδιαγραφές, καθαρίζονται οι επιφάνειές του από τις μικροανωμαλίες, που αφέθηκαν κατά τη χονδρολάξευση, και γωνιάζονται οι ακμές τους. Η εργασία αυτή δεν γίνεται στο λατομείο, αλλά στο εργοτάξιο ή σε ειδικά εργαστήρια.

1.13 Μορφές και χρήσεις των λίθων.

Οι λίθοι ανάλογα με το σκοπό, για τον οποίο προορίζονται, και ανάλογα με την κατεργασία, που έχουν υποστεί, διακρίνονται σε διάφορα είδη. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

1ον. Αργοί λίθοι.

Οι λίθοι αυτοί χρησιμοποιούνται, χωρίς να υποστούν προηγουμένως καμιά επεξεργασία (σχ. 1.13α). Μόνο κατά το κτίσμα τους ο κτίστης κόβει με το σφυρί τις οξείες γωνίες για την καλύτερη προσαρμογή τους στον τοίχο που κατασκευάζει (σχ. 1.13β).

Το μέγεθος των αργών λίθων για τοιχοδομίες ποικίλλει. Δεν πρέπει όμως να υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο, πέρα από το οποίο θα είναι δύσκολη η μετακίνηση του λίθου από δύο το πολύ εργάτες, ούτε να είναι μία μέση διάστασή του μικρότερη από 15 cm.

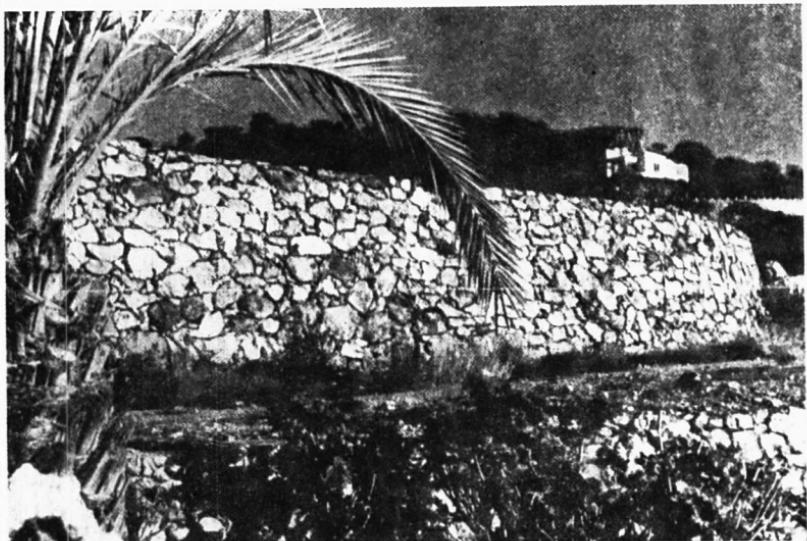
Το σχήμα του πρέπει να είναι προς το πρισματικό. Οι τετράγωνοι ή στρογγυλευμένοι λίθοι είναι γενικά ακατάλληλοι για δόμηση.

Στις Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, που αναφέρονται στις ξηρολιθοδομές και ανωδομές γεφυρών και άλλων τεχνικών έργων, οι αργοί λίθοι περιγράφονται ως εξής:



Σχ. 1.13α.
Αργοί λίθοι.

"Οι λίθοι πρέπει να είναι καθαροί, υγιείς, σκληροί και ανθεκτικοί, γωνιώδεις, απαλλαγμένοι από ρωγμές, σχισμές, πόρους και άλλα φυσικά ελαττώματα που δεν εξασφαλίζουν την αντοχή τους στον αέρα και το νερό και έτσι μπορούν να διαβρωθούν κατά την παραμονή τους σε υγρά εδάφη, κάτω από το νερό ή στον αέρα. Να είναι επίσης απαλλαγμένοι από λείες ή λόγω της επιδράσεως των καιρικών συνθηκών αλλοιωμένες επιφάνειες. Οι λίθοι πρέπει να είναι αρκετά μεγάλοι (ευμεγέθεις). Το πάχος τους να είναι ποικίλο και μεγαλύτερο από 15 cm, η δε αναλογία λίθων διά-



Σχ. 1.136.

Λιθοδομή με αργούς λίθους χωρίς κονίαμα (λάσπη) (ξηρολιθοδομή).

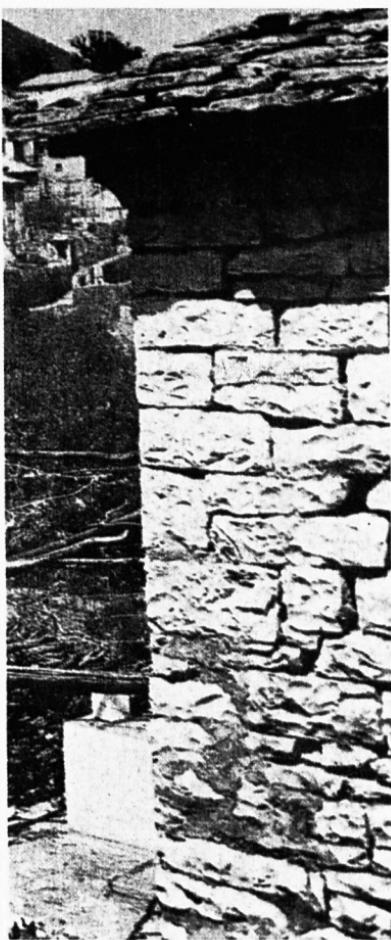
φόρων μεγεθών να είναι τέτοια, ώστε κατά τη δόμηση να προκύπτουν τα ελάχιστα δυνατά κενά".

Στο εμπόριο πωλούνται σε m^3 . Για να υπολογισθεί ο όγκος κυβίζεται το μεταφορικό μέσο, με το οποίο μεταφέρονται. Επίσης πωλούνται και με το βάρος τους σε kg. Στη δεύτερη περίπτωση, εάν είναι γνωστό το φαινόμενο ειδικό βάρος (πίνακας 0.10.1), είναι εύκολος ο προσδιορισμός του φαινόμενου όγκου τους με μία απλή διαίρεση. Προτιμάται πάντοτε η αγορά τους με το δεύτερο τρόπο, γιατί έτσι αποφεύγονται τα αναπόφευκτα λάθη κατά τον κυβισμό.

2ον. Ημίξεστοι ή ημιλάξευτοι λίθοι.

Οι λίθοι αυτοί κατεργάζονται μόνο στις επιφάνειες, που είναι ορατές μετά τη δόμησή τους. Το σχήμα και οι διαστάσεις τους καθορίζονται ανάλογα με τη χρήση τους.

'Ετσι οι γωνιόλιθοι (αγκωνάρια), που χρησιμοποιούνται στις γωνίες των τοίχων ή στις διασταύρωσεις τους είναι πρισματικής μορφής με διαστάσεις 20 x 25 x 60 cm (σχ. 1.13γ).



Σχ. 1.13γ.

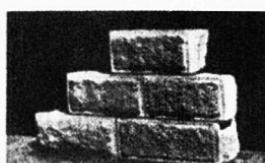
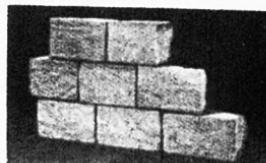
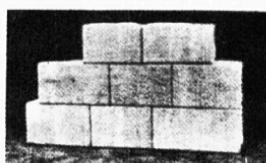
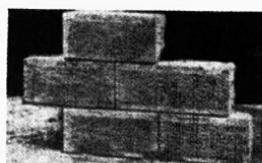
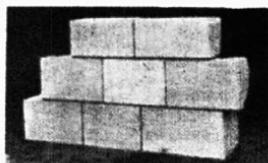
Τοίχος από ημιλαξευτούς λίθους. Η γωνία είναι διαμορφωμένη με αγκωνάρια.

Τα κράσπεδα των πεζοδρομίων είναι και αυτά πρισματικής ή στρογγυλής μορφής, αλλά μεγαλύτερου μήκους.

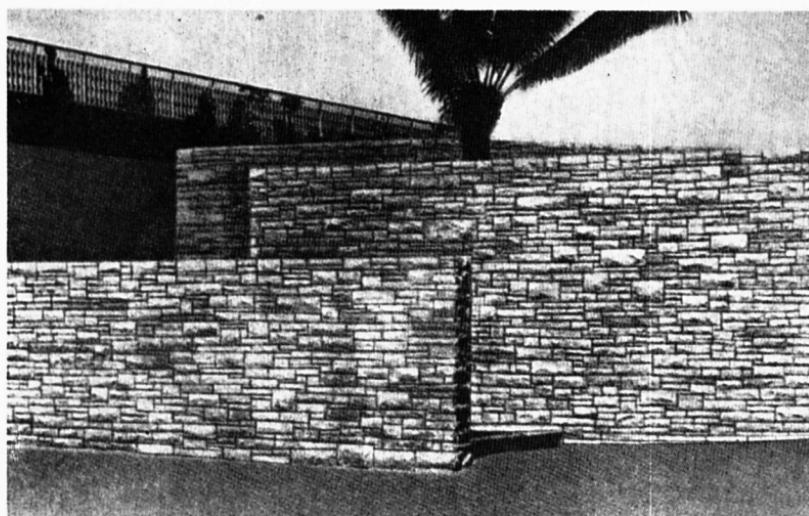
Οι λίθοι, που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση μιας ορατής επιφάνειας τοίχου, είναι περίπου κανονικού σχήματος και με μία μόνο επιφάνεια λαξευμένη. Στην τελευταία περίπτωση οι ελληνικές τεχνικές προδιαγραφές αναφέρουν, μαζί με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να διαμορφώνονται αυτοί.

Ζον. Ξεστοί ή λαξευτοί λίθοι.

Σ' αυτούς είναι λαξευμένες όλες οι επιφάνειες και το σχήμα τους είναι πρισματικό ή κυβικό (σχ. 1.13δ). Χρησιμοποιούνται σε μνημειακές κατασκευές ή σε κτήρια, όπου για αισθητικούς λό-



Σχ. 1.13δ.
Διάφοροι τύποι λαξευτών λίθων.



Σχ. 1.13ε.

Τοίχοι κατασκευασμένοι με λαξευτούς λίθους διαφόρων διαστάσεων.

γους ο τοίχος δεν καλύπτεται με κονία (σχ. 1.13ε). Το μέγεθός τους ποικίλλει ανάλογα με την προέλευση του λίθου και με τη θέση, στην οποία πρόκειται να τοποθετηθεί.

Τόσο οι ημιλαξευτοί, όσο και οι λαξευτοί πωλούνται στο εμπόριο με το κομμάτι (τεμάχιο).

4ον. Κυβόλιθοι.

Οι λίθοι αυτοί προέρχονται από γρανιτικά ή άλλα εξ ίσου σκληρά πετρώματα και παλαιότερα χρησιμοποιούντο για τη στρώση οδών, προκυμαιών κλπ. (καλντερίμι). Η χρήση τους εγκαταλείπεται, γιατί αποδείχθηκε καλύτερη και οικονομικότερη η χρήση άλλων υλικών (τσιμεντοσκυρόδεμα, ασφαλτοσκυρόδεμα).

5ον. Πλάκες.

Πλάκες γενικά καλούνται οι φυσικοί λίθοι, των οποίων οι δύο διαστάσεις, μήκος και πλάτος, είναι πολύ μεγαλύτερες από το πάχος τους (§ 1.1).

Χρησιμοποιούνται για στεγάσεις οικοδομών, για επιστρώ-

σεις οδών, πεζοδρομίων, ταρατσών κ.ά. και για διακοσμητικούς σκοπούς, όπως π.χ. είναι η κάλυψη εσωτερικών ή εξωτερικών τοίχων.

Οι πλάκες στεγάσεως προέρχονται από πετρώματα που σχίζονται εύκολα, όπως είναι ο αργιλικός σχιστόλιθος και ο μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος. Από τον αργιλικό σχιστόλιθο μπορεί να προέλθουν πλάκες πάχους 6 mm.

Οι πλάκες επιστρώσεως οδών, κυρίως για πεζοδρόμια προέρχονται από τα ίδια πετρώματα που αναφέραμε πιο πάνω, αλλά πρέπει να έχουν μεγαλύτερη σκληρότητα. Το πάχος τους δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 5 cm.

Οι πλάκες των κατηγοριών αυτών λαμβάνονται με διαδοχικές σχίσεις του εξορυγμένου όγκου. Αυτές γίνονται με τη βοήθεια σμίλης (καλεμιού), την οποία κτυπάμε παράλληλα προς τις στρώσεις. Όταν οι κομμένες πλάκες έχουν το επιθυμητό πάχος, καθαρίζεται η επιφάνεια βάσεως από τυχόν ανωμαλίες και εξομαλύνεται η επάνω επιφάνεια, μέχρις ότου γίνει τελείως επίπεδη. Τέλος χαράσσονται γραμμές επάνω σ' αυτή την επιφάνεια για την ελάττωση της ολισθηρότητας.

Οι πλάκες επιστρώσεως ταρατσών προέρχονται από πορώδεις ασβεστόλιθους με σχίση και κοπή των μεγάλων όγκων σε ορισμένες διαστάσεις.

Οι πλάκες· για διακοσμητικούς σκοπούς προέρχονται από (μη εύσχιστα) πετρώματα που δεν σχίζονται εύκολα όπως π.χ. μάρμαρα, οφίτες (σχ. 1.13στ).

Η σχίση γίνεται με μηχανικά μέσα, όπως είναι το κοινό οδοντωτό πριόνι, ο οδοντωτός τροχός, η πριονοκορδέλα και κυρίως ο καταρράκτης. Αυτός αποτελείται από σιδερένιο πλαίσιο, επάνω στο οποίο βρίσκονται τεντωμένες παράλληλα προς δύο απέναντι πλευρές του πολλές χαλύβδινες ταινίες. Οι μεταξύ των ταινιών αποστάσεις ρυθμίζονται ανάλογα προς το πάχος των πλακών, που θέλομε να αποκτήσουμε. Το πλαίσιο κινείται παλινδρομικά και οι πλάκες αποχωρίζονται με τη τριβή των ταινιών επάνω στο λίθο και τη βοήθεια άφθονου νερού και χαλαζιακής άμμου ή σμυριδόσκονης για την αύξηση της τριβής.

Οι επιφάνειες των πλακών που προορίζονται για επικαλύψεις τοίχων, κλιμάκων ή για άλλους διακοσμητικούς σκοπούς, μετά το σχίσιμο παρουσιάζουν μικροανωμαλίες και το χρώμα τους



Σχ. 1.13στ.

Διακίνηση μεγάλης πλάκας από λευκό μάρμαρο.

μοιάζει με το χρώμα της σκουριάς. Αυτό συμβαίνει λόγω της οξειδώσεως των ρινισμάτων σιδήρου, που προέρχονται από τις ταινίες του καταρράκτη.

Η εξομάλυνση, ο καθαρισμός και η στίλβωση γίνεται με περαιτέρω επεξεργασία (σχ. 1.13ζ). Η επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει τρία στάδια:

- Την προλείανση (ξεχόνδρισμα),
- τη λείανση (μαλάκωμα) και
- τη στίλβωση (νερόλουτρο).

Η προλείανση γίνεται σε πλάκες οποιασδήποτε προελεύσεως και αποσκοπεί στο καθάρισμα των επιφανειών από τις ανωμαλίες και τη σκουριά. Γίνεται με κατάλληλες μηχανές ή σπανιότερα με τα χέρια με τη βοήθεια άφθονου νερού. Ως λειαντικά μέσα χρησιμοποιούνται: χαλαζιακή άμμος, σμυριδοτροχοί, τεμάχια από ανθρακοκορούνδιο κ.ά.

Μετά το πρώτο αυτό στάδιο οι επιφάνειες των πλακών είναι

τελείως καθαρές και επίπεδες, αλλά παρουσιάζουν αρκετή αδρότητα. Οι πλάκες αυτές χρησιμοποιούνται για δευτερεύουσας σημασίας εργασίες, όπως είναι οι μαρμάρινοι πάγκοι των κουζινών, τα μαρμάρινα κατώφλια των θυρών κ.ά.

Εάν επιζητούμε καλύτερη επιφάνεια, τότε προχωρούμε στο δεύτερο στάδιο, τη λείανση ή μαλάκωμα της επιφάνειας. Αρχικά στοκάρεται η επιφάνεια με ειδικό στόκο (μαστίχα μαρμάρου), για να κλεισθούν οι μικρές τρύπες και οι πόροι. Κατόπιν γίνεται νέα λείανση, αλλά με πολύ λεπτότερα λειαντικά μέσα όπως είναι η λεπτή σκόνη της σμύριδας, τα ρινίσματα του μολύβδου κ.ά. Η τριβή της επιφάνειας γίνεται με εργαλείο, που περιστρέφεται κατάλληλα (σβούρα). Αυτό έχει ειδικό μεταλλικό στυπείο (στούπα) από χαλύβδινα ή μολύβδινα ρινίσματα (σχ. 1.13ζ). Όπως είναι φανερό, με τη λείανση δεν επιζητούμε μόνο τη δημιουργία ωραίων επιφανειών, αλλά συγχρόνως και την καλύτερη προστασία από τις εξωτερικές επιδράσεις.

Τέλος, στην περίπτωση εγχρώμων μαρμάρων προχωρούμε στη στίλβωση (νερόλουστρο) της επιφάνειάς τους. Αυτό για να



Σχ. 1.13ζ.
Λείανση πλάκας με περιστρεφόμενο τροχό.

γίνει λαμπρότερη η επιφάνειά τους και να αναδειχθούν τα χρώματα και τα σχήματα του ιστού τους. Και εδώ η στίλβωση γίνεται με μηχανικά μέσα ή με τα χέρια. Τα στιλβωτικά μέσα είναι διάφορα και η επιλογή τους εξαρτάται από τη σκληρότητα και το χρώμα της πλάκας.

1.14 Προστασία και συντήρηση των λίθων.

Όπως είναι γνωστό, οι λίθοι, που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός έργου, υφίστανται την επιρροή των διαφόρων εξωτερικών παραγόντων, που προκαλούν την αποσύνθεση και το γρήγορο γέρασμά τους, και συνεπώς συντελούν στη φθορά και την καταστροφή του έργου. Γι' αυτό πρέπει, εκτός από προσεκτική επιλογή των καταλληλοτέρων λίθων, να παρθούν και διάφορα προστατευτικά μέτρα για τη διατήρηση αυτών σε όσο το δυνατόν καλύτερη κατάσταση. Τα προστατευτικά αυτά μέτρα λαμβάνονται ή πριν να γίνει η δόμηση των λίθων ή μετά τη δόμησή τους (συντήρηση). Κατά τη διάρκεια της δομήσεως μεγάλη σημασία έχει η ορθή τοποθέτηση των λίθων.

Τα μέτρα, που πρέπει να λαμβάνονται πριν και μετά τη δόμηση, είναι τα εξής:

1ον. Περιορισμένη χρήση εκρηκτικών υλών κατά την εξαγωγή των λίθων.

Η εκτεταμένη χρησιμοποίηση ισχυρών εκρηκτικών υλών στα λατομεία προκαλεί διαταραχή στον ιστό των λίθων. Δημιουργεί τρύπες και σχισμές και γενικά καταστρέφει τη συνοχή των κόκκων που αποτελούν το λίθο. Έτσι το νερό και η υγρασία εισέρχονται ευκολότερα μέσα στη μάζα και προκαλούν τα γνωστά καταστρεπτικά αποτελέσματα.

Αντίθετα η χρήση ελαφροτέρων εκρηκτικών υλών, όπως είναι η μαύρη πυρίτιδα, και η δημιουργία περισσοτέρων αλλά μικροτέρων φουρνέλων (υπονομίσκων), ελαττώνει αισθητά τη φθορά των λίθων.

Ακόμη καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται με τη χρησιμοποίηση σφηνών.

Τέλος η κοπή των λίθων με μηχανικά πριόνια όχι μόνο δεν διαταράσσει τον ιστό του λίθου και δεν δημιουργεί ρωγμές και

σχισμές, αλλά αντίθετα παράγει επιφάνειες περισσότερο στεγανές, που κάνουν το λίθο λιγότερο ευπρόσβλητο από τις εξωτερικές επιδράσεις. Η δημιουργία των επιφανειών αυτού του είδους οφείλεται στο γεγονός ότι η λεπτότατη σκόνη, που παράγεται κατά τον πριονισμό, εισέρχεται μέσα στους πόρους και τους σφραγίζει. Έτσι οι νέες επιφάνειες είναι πιο συμπαγείς.

Ζον. Κατάλληλη επιλογή της θέσεως του πετρώματος, από την οποία θα εξαχθούν οι λίθοι.

Οι λίθοι, που εξάγονται από την εξωτερική επιφάνεια των πετρωμάτων, που βρίσκεται εκτεθειμένη στις καιρικές μεταβολές, είναι λιγότερο ανθεκτικοί στις διάφορες επιφροές, από τους λίθους των βαθυτέρων στρωμάτων. Και αυτό γιατί λόγω της θέσεώς τους έχουν ήδη υποστεί σοβαρές φθορές από τον ήλιο, τη βροχή και τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Έχουν καεί, όπως λέγεται. Πρέπει λοιπόν να αποφεύγεται η χρήση λίθων, που έχουν εξαχθεί από θέσεις αυτού του είδους, και να χρησιμοποιηθούν όσοι εξήχθησαν από βαθύτερα στρώματα.

Ζον. Η ξήρανση των λίθων.

Πριν από τη χρησιμοποίηση του λίθου είναι απαραίτητο να απομακρυνθεί η υγρασία που υπάρχει μέσα σ' αυτόν. Η υγρασία αυτή οφείλεται στη μακροχρόνια παραμονή του λίθου μέσα στο πέτρωμα και καλείται εδαφική υγρασία. Η απομάκρυνση πρέπει να γίνει μόνο με φυσική εξάτμιση και όχι με άλλον τρόπο.

Γι' αυτό οι λίθοι αποθηκεύονται για πολύ χρόνο σε πρόχειρα στεγασμένους χώρους, για να προστατεύονται από τη βροχή και τον ήλιο.

Εάν οι λίθοι δεν ξηρανθούν και χρησιμοποιηθούν αμέσως, το εδαφικό νερό με την επιφροή των θερμοκρασιακών μεταβολών, που παρουσιάζονται κυρίως τους χειμερινούς μήνες μεταξύ ημέρας και νύκτας, θα παγώνει και θα τήκεται για πολλά χρόνια με αποτέλεσμα την αποσάθρωση του λίθου.

Εξάλλου η εδαφική υγρασία κάνει το λίθο μαλακότερο και λιγότερο σκληρό. Το γεγονός αυτό διευκολύνει την κατεργασία του και την κοπή του στις επιθυμητές διαστάσεις, αλλά συγχρόνως ελαττώνει ορισμένες από τις ιδιότητές του (αντοχή σε θλίψη,

σκληρότητα κλπ.). Γι' αυτό το λόγο η κατεργασία του λίθου πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την εξόρυξή του, ενώ η χρησιμοποίηση του μετά από παρέλευση αρκετού χρόνου.

4ον. Η επεξεργασία της ορατής επιφάνειας του λίθου.

Η διάρκεια της ζωής των λίθων εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από τη διαμόρφωση της εξωτερικής επιφάνειάς τους, που είναι εκτεθειμένη στην ατμόσφαιρα.

Οι λίθοι, που καλύπτονται από κονίαμα (σοβάς), όπως συμβαίνει στις κοινές τοιχοποιίες, δεν έχουν ανάγκη από άλλη προστασία, γιατί το κονίαμα αποτελεί ισχυρό προστατευτικό σώμα. Οι άλλοι λίθοι όμως, όπως π.χ. τα μάρμαρα, που χρησιμοποιούνται ακάλυπτα, υφίστανται όλες τις δυσμενείς εξωτερικές επιδράσεις.

'Όσο περισσότερο λεία και χωρίς ανωμαλίες είναι η επιφάνεια των λίθων αυτών, τόσο λιγότερες φθορές υφίστανται. Το νερό της βροχής γλυστράει εύκολα πάνω σ' αυτές, η σκόνη της ατμόσφαιρας δεν προσκολλάται, οι πόροι είναι μικρότεροι και επομένως η είσοδος των οξεών της ατμόσφαιρας είναι δυσκολότερη κλπ.

Η διαμόρφωση της επιφάνειας των λίθων εξετάσθηκε ήδη αναλυτικότερα [§ 1.12 (4ον) και 1.13 (5ον)].

5ον. Η σωστή τοποθέτηση των λίθων κατά τη δόμηση.

Μεγάλη σημασία έχει η σωστή τοποθέτηση των λίθων. Αυτοί που προέρχονται κυρίως από στρωσιγενή πετρώματα πρέπει να κτίζονται με τρόπο, ώστε τα στρώματά τους να βρίσκονται σε οριζόντια θέση και όχι σε κατακόρυφη. Και αυτό, γιατί, όταν βρίσκονται κατακόρυφα και οι αρμοί δεν έχουν γεμίσει καλά με κονίαμα, το νερό εισέρχεται εύκολα μεταξύ των στρωμάτων και επέρχεται το γήρασμα των λίθων αυτών.

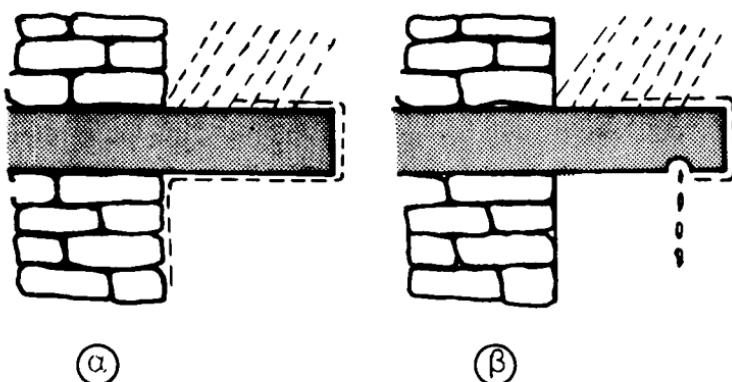
Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι τα τμήματα εκείνα ενός έργου, που υφίστανται μεγαλύτερη φθορά κυρίως από τη βροχή, είναι αυτά που βρίσκονται κάτω από κορωνίδες, διαζώματα, κατώφλια, παράθυρα κλπ. Αυτό συμβαίνει γιατί το νερό κυλάει, πάνω στην κάτω επιφάνεια αυτών των στοιχείων που προεξέχουν, κοι-

νώς "γλύφει την κορνίζα", και στη συνέχεια διαποτίζει τους λίθους που βρίσκονται στην κατακόρυφη όψη του έργου. Αποτελεσματικό μέτρο εναντίον αυτού του κινδύνου είναι η δημιουργία αυλακιού (κοινώς ποταμός) σε όλο το μήκος της εξωτερικής κάτω ακμής των κορωνίδων, διαζωμάτων κλπ. (σχ. 1.14a). Το αυλάκι αυτό εμποδίζει τη ροή του νερού επάνω στην κάτω επιφάνεια και έτσι το αναγκάζει να πέσει με μορφή σταγόνων στο έδαφος.

6ον. Συντήρηση.

Η συντήρηση πραγματοποιείται μετά το κτίσιμο των λίθων και περιλαμβάνει κυρίως τον καθαρισμό τους κατά ορισμένα χρονικά διαστήματα από τις σκόνες και τους καπνούς, που έχουν συγκεντρωθεί κοντά στα θεμέλια, και τη λείανση και στίλβωση των επιφανειών τους ξανά.

Σε χώρες, όπου το κλίμα είναι πολύ ψυχρό και υγρό, οι λίθοι γερνάνε πολύ γρήγορα και για τη συντήρησή τους χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Με αυτές τις μεθόδους δημιουργείται με χημικά μέσα ένα ισχυρό δέρμα επάνω στην εκτεθειμένη επιφάνεια, χωρίς όμως να αλλοιώνεται η σύσταση και το χρώμα των λίθων. Η πιο απλή από αυτές τις μεθόδους είναι η επάλειψη της επιφάνειας με "βρασμένο λινέλαιο", που κλείνει σε ικανοποιητικό βαθμό τους πόρους των λίθων.



Σχ. 1.14α.

Φθορά λίθων κάτω από κορωνίδες λόγω της διαβροχής τους από το νερό της βροχής. α) Κορωνίδα χωρίς αυλάκι. Το νερό διαποτίζει τους λίθους του τοίχου. β) Κορωνίδα με αυλάκι. Το νερό πέφτει στο έδαφος.

Η μέθοδος με "βρασμένο λινέλαιο" χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα, διά να γίνουν αδιάβροχες οι πλάκες από πορώδεις λίθους (πλάκες Μάλτας), που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την επίστρωση ταρατσών.

Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται, εάν οι λίθοι αλειφθούν με υδρύαλο.

Τέλος πρέπει να τονισθεί ότι οι λίθοι, αν και είναι το πιο στερεό και μακρόβιο υλικό, που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος στις κατασκευές του, έχουν άναγκη από επιμελημένη προστασία και κατάλληλη συντήρηση, για να διατηρήσουν αμετάβλητα τα χαρακτηριστικά τους με την πάροδο του χρόνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

2.1 Γενικά.

Με τον όρο λίθινα προϊόντα υποδηλούμε πλήθος βοηθητικών δομικών υλικών, που προέρχονται από τους φυσικούς λίθους με μηχανικό τεμαχισμό αυτών.

Τα πιο συνηθισμένα από τα προϊόντα αυτά είναι η άμμος, το γαρμπίλι (λιθοσύντριψμα), τα χαλίκια ή σκύρα και το αμμοχάλικο.

Τα προϊόντα αυτά χαρακτηρίζονται βοηθητικά, γιατί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους, εκτός από σπάνιες εξαιρέσεις, όπως π.χ. το έρμα των σιδηροδρομικών γραμμών, για την κατασκευή ενός έργου. Πρέπει να αναμιχθούν με ένα πολτό συγκολλητικής ύλης όπως είναι ο ασβέστης, το τσιμέντο, η άσφαλτος κ.ά. Από το μίγμα αυτό προκύπτουν υλικά, όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, κατάλληλα για δόμηση (κτίσιμο). Στην πήξη και τη σκλήρυνση των μιγμάτων αυτών, τα λίθινα προϊόντα δεν συμμετέχουν ενεργά και γι' αυτό καλούνται συνήθως αδρανή υλικά.

Επειδή τα λίθινα προϊόντα παράγονται με μηχανικό τεμαχισμό των λίθων, διατηρούνται σε αυτά όλες οι μηχανικές και φυσικές ιδιότητες των λίθων από τους οποίους προέρχονται. Διαφέρουν από τους λίθους μόνο στο μέγεθος. Το μέγεθος μπορεί να ποικίλλει από την πολύ λεπτή σκόνη (άλευρο ή παιπάλη), έως τα μεγάλα χαλίκια του έρματος των σιδηροδρομικών γραμμών.

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

Αρχικά παρασκεύασε με χώμα και νερό ένα κονίαμα (λάσπη) και έκλεισε με αυτό τα κενά, των πρώτων ξυλίνων κατοικιών του. Έπειτα μορφοποίησε αυτή τη λάσπη (το κονίαμα) σε μικρούς πρισματικούς λίθους, τους οποίους αποξήρανε στον ήλιο. Ήταν δημιουργήθηκαν οι πρώτοι τεχνητοί λίθοι, οι ωμές πλίνθοι (κοινώς πλίθες). Τέλος, ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τη φωτιά (το πυρ) για το ψήσιμο των ωμών πλίθων και κατασκεύασε τους οπτόπλινθους (τούβλα).

Πολύ αργότερα άρχισε να συλλέγει λίθινα προϊόντα, που βρίσκονταν άφθονα στο περιβάλλον του, όπως π.χ. άμμο από τις παραλίες ή τους ποταμούς, χαλίκια από τους χειμάρρους κ.ά. Με αυτά και με τη βοήθεια συγκολλητικών ουσιών που παρασκεύαζε π.χ. ασβέστη, κατασκεύαζε δομικά υλικά καλύτερης ποιότητας.

Σήμερα τα λίθινα προϊόντα χρησιμοποιούνται πολύ στις διάφορες κατασκευές. Η χρήση συγκολλητικών ουσιών υψηλής ποιότητας, όπως είναι το τσιμέντο, και η βελτίωση των μεθόδων παρασκευής και ελέγχου του μίγματος πολτού τσιμέντου και αδρανών, έδωσε τεράστια ώθηση στην κατασκευή τεχνητών λίθων ή ολοσώμων στοιχείων από σκυρόδεμα. Αποτέλεσμα της εξελίξεως αυτής ήταν να αναπτυχθούν πραγματικές βιομηχανίες για την παραγωγή των αδρανών, αφού τα φυσικά αποθέματα δεν επαρκούσαν πια στην αυξημένη ζήτηση.

2.2 Διαίρεση λιθίνων προϊόντων με βάση την προέλευσή τους.

Τα λίθινα προϊόντα μπορούν να διαιρεθούν ανάλογα με την προέλευσή τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Σ' αυτά που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό και
- σ' αυτά που προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό.

Τα πρώτα, που λέγονται και φυσικά αδρανή, προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό των στερεών πετρωμάτων. Λαμβάνονται απευθείας από το περιβάλλον και ειδικά από ορισμένους τόπους, όπου έχουν συγκεντρωθεί λόγω της ενέργειας φυσικών δυνάμεων (νερού, ανέμου). Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα χωρίς καμία επεξεργασία.

'Οσα προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό λέγονται τεχνητά αδρανή και δημιουργούνται με μηχανικό σπάσιμο φυσικών

λίθων σε κόκκους διαφόρων μεγεθών. Οι κόκκοι αναμιγγύονται σε διάφορες αναλογίες, που εξαρτώνται από το είδος του έργου, για το οποίο προορίζονται τα τεχνητά αδρανή.

Η χρησιμοποίηση φυσικών αδρανών περιορίζεται σιγά, σιγά αισθητά. Οι λόγοι της ελαττώσεως αυτής είναι:

– Εξάντληση των εκμεταλλευσίμων αποθεμάτων. Π.χ. στην περιοχή του λεκανοπεδίου των Αθηνών δεν υπάρχουν άξια λόγου αποθέματα άμμου και η μεταφορά από απομακρυσμένα σημεία αυξάνει δυσανάλογα την τιμή τους.

– Απαγόρευση λήψεως από σημεία κοντά σε κατοικημένες περιοχές για να μην καταστραφεί το τοπίο. Στην περιοχή Αθηνών, Θεσσαλονίκης και άλλων πόλεων απαγορεύεται η συλλογή θαλάσσιας άμμου. Επίσης απαγορεύεται η λήψη άμμου ή χαλικιών από σημεία κοντά σε αντιπλημμυρικά έργα ποταμών ή χειμάρρων ή άλλων τεχνικών έργων, για να μην καταστραφούν τα έργα αυτά.

– Ανάγκη βελτιώσεως και τυποποιήσεως των δομικών υλικών που προέρχονται από λίθινα προϊόντα. Η τυποποίηση των φυσικών υλικών είναι σχεδόν αδύνατη και η βελτίωση των ιδιοτήτων τους είναι αντιοικονομική.

– Η τιμή πωλήσεως. Τα σημεία, όπου βρίσκονται τα αποθέματα των φυσικών υλικών, απομακρύνθηκαν από τους τόπους καταναλώσεως. Έτσι αυξήθηκαν σημαντικά οι αποστάσεις μεταφοράς των φυσικών υλικών και, επειδή είναι βαριά και ογκώδη, επιβαρύνεται η τιμή τους από τα έξοδα μεταφοράς. Ενδεικτικά αναφέρομε ότι η τιμή ενός m^3 άμμου λατομείου είναι περίπου ίση προς το 1/3 έως 2/3 της τιμής της θαλάσσιας άμμου όταν πρέπει να παραδοθεί στην περιοχή Αθηνών.

2.3 Κατάταξη.

Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους διακρίνομε τα λίθινα προϊόντα, ανεξάρτητα από την προέλευσή τους, στις εξής βασικές κατηγορίες:

1ον. Άμμος.

Για να χαρακτηρισθεί ένα υλικό ως άμμος, πρέπει οι κόκκοι του να είναι μεγαλύτεροι από 0,25 mm και μικρότεροι από 7 mm. Η άμμος με μέγεθος κόκκων μικρότερο από 0,25 mm ονομάζεται ειδικά παιπάλη ή άλευρο.

2ον. Σκύρα ή χαλίκια.

Το μέγεθος των κόκκων τους κυμαίνεται μεταξύ 7 mm και 70 mm. Χαλίκια συνήθως ονομάζονται όσα προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό, ενώ σκύρα όσα προέρχονται από τεχνητό τεμαχισμό.

Τα υλικά, που ανήκουν σ' αυτές τις κατηγορίες, διακρίνονται στη συνέχεια σε μικρότερες υποδιαιρέσεις ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους. Έτσι άμμος ψιλή, άμμος χονδρή, ρύζι (με κόκκους μεγέθους ρυζιού) σύντριμμα ή γαρμπίλι, σκύρα σκυροδέματος, σκύρα οδοστρωσίας είναι μερικές από τις πιο συνηθισμένες ονομασίες των υποδιαιρέσεων αυτών [κεφάλ. 4, § 4.15 (1ον)].

Το μέγεθος των κόκκων στα λίθινα προιόντα προσδιορίζεται:

- Στα υλικά με μικρούς κόκκους, με τη χρησιμοποίηση ειδικών κοσκίνων με γνωστή διάμετρο τρύπας (βροχίδας). Η διάμετρος της τρύπας (βροχίδας), μέσα από την οποία διέρχονται οι κόκκοι, καθορίζει το μέγεθός τους.
- Στα υλικά που αποτελούνται από μεγαλύτερα τεμάχια, με βάση τη μέτρηση του μήκους της μεγαλύτερης διαστάσεως κάθε τεμαχίου.

Οι κανονισμοί των διαφόρων κρατών έχουν θεσπίσει σειρές προτύπων κοσκίνων και τρόπους μετρήσεως του μεγέθους των κόκκων. Αυτά θα τα αναφέρομε σε επόμενη παράγραφο.

2.4 Συλλογή και παραγωγή.

1ον. Φυσικά αδρανή.

Όπως είπαμε, τα διάφορα είδη των λιθίνων προιόντων, που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό, μπορούν απλά να συλλεχθούν από διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης, όπου έχουν συγκεντρωθεί σε μεγάλες ποσότητες.

Σημεία αυτού του είδους είναι κυρίως οι ομαλές ακτές των θαλασσών, η κοίτη των χειμάρρων (σχ. 2.4α) και των αποξηραμένων ποταμών (σχ. 2.4β), οι έρημοι και οι υπόγειες θέσεις (ορυχεία), όπου έχουν συγκεντρωθεί κατά τους παλαιότερους γεωλογικούς αιώνες κ.ά.



Σχ. 2.4α.

Χαλίκια διαφόρων μεγεθών συγκεντρωμένα μέσα σε κοίτη χειμάρρου.

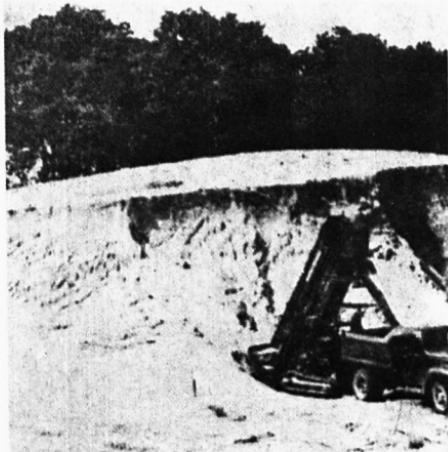


Σχ. 2.4β.

Αποθέματα φυσικής άμμου κοντά στις εκβολές ποταμού.

Η εκμετάλλευση των στρωμάτων των υλικών αυτών είναι πολύ απλή και δεν προϋποθέτει σοβαρές δαπάνες για εγκαταστάσεις και εξοπλισμό. Απαιτείται μόνο η διάνοιξη μιας οδού προσπελάσεως, για να μπορούν τα μεταφορικά μέσα να φθάσουν στο σημείο φορτώσεως, και η χρησιμοποίηση ενός μηχανικού φορτωτή (μηχανικό φτυάρι), εάν η ποσότητα που θα πάρομε δικαιολογεί τη σχετική δαπάνη (σχ. 2.4γ). Για μικρές ποσότητες η φόρτωση μπορεί να γίνει με τα χέρια.

Σε σπάνιες περιπτώσεις, όταν δηλαδή τα υλικά αυτά προο-

**Σχ. 2.4γ.**

Συλλογή αμμοχάλικου από φυσικά αποθέματα. Η φόρτωση σε αυτοκίνητο γίνεται με καδοφόρο φορτωτή.

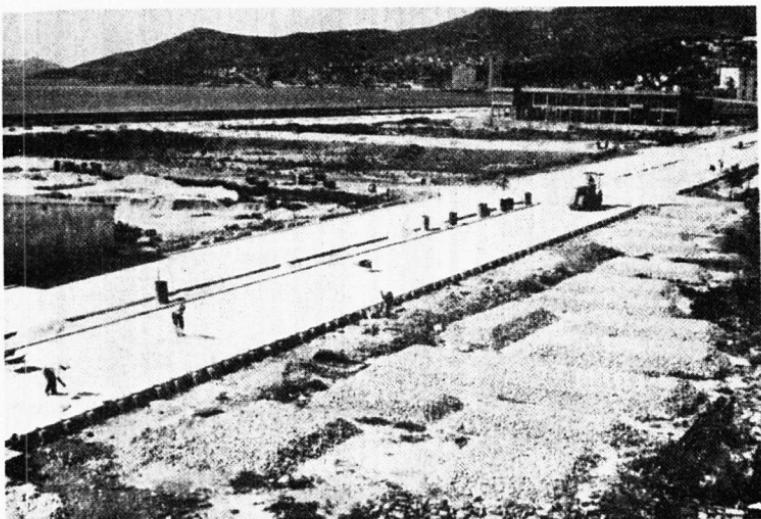
ρίζονται για έργα που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, μπορούν να εγκατασταθούν μηχανικά κόσκινα, για να πάρομε υλικά με ορισμένη κοκκομετρική σύνθεση (§ 2.6). Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν και μηχανές πλύσεως για τον καθαρισμό τους από επιβλαβείς ουσίες (άλατα, πηλός κλπ.).

2ον. Τεχνητά αδρανή.

Ο κυριότερος τρόπος αποκτήσεως των λιθίνων αυτών προϊόντων είναι με τεχνητό τεμαχισμό των λίθων. Ο τεμαχισμός αυτός γίνεται:

- Με τα χέρια και
- με μηχανικά μέσα

α) Ο τεμαχισμός με τα χέρια εφαρμόζεται κυρίως για τα σκύρα οδοστρωσίας και για το έρμα των σιδηροδρομικών γραμμών. Οι λίθοι, που προέρχονται από τα προσωρινά λατομεία, τα οποία δημιουργούνται κατά μήκος της οδού ή από τα προϊόντα των εκβραχισμών της διανοίξεως της οδού, σπάζονται από εργάτες στα μεγέθη που επιθυμούμε με τη βοήθεια σφυριού. Μετά συγκεντρώνονται σε σωρούς κανονικών σχημάτων κατά μήκος της οδού που πρόκειται να στρωθεί και καταμετρούνται (σχ. 2.4δ). Πάντως ο τρόπος αυτός τεμαχισμού περιορίζεται σιγά, σι-



Σχ. 2.4δ.

Συγκέντρωση σκύρων οδοστρωσίας δίπλα στην οδό που πρόκειται να κατασκευασθεί. Τα σκύρα τοποθετούνται σε σωρούς σχήματος κόλουρης πυραμίδας, για να είναι εύκολη η μέτρηση του όγκου τους.

γά, γιατί και η απόδοση είναι μικρή και το κόστος πολύ μεγάλο.

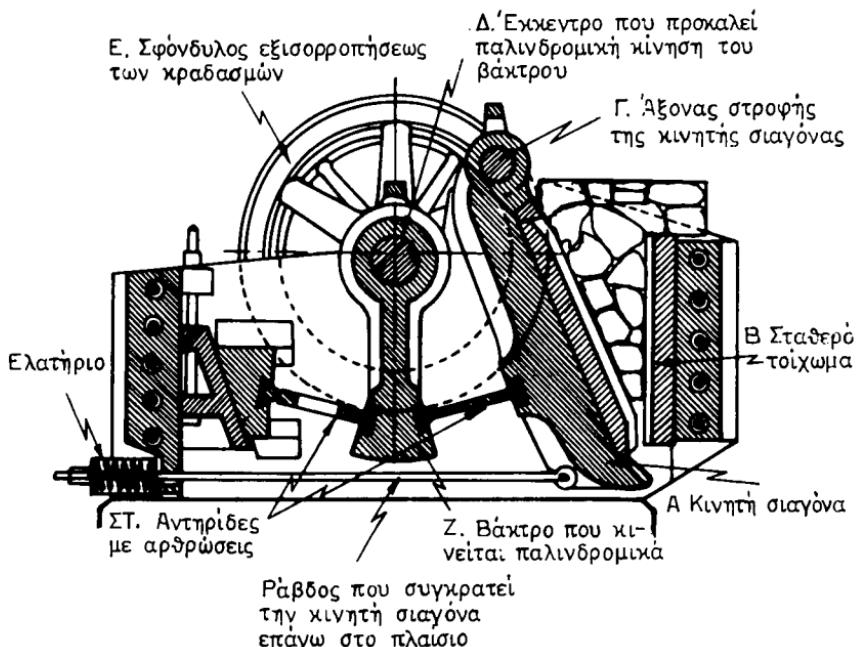
β) Ο τεμαχισμός με μηχανικά μέσα διενεργείται στα λατομεία (κεφ. 1, § 1.12).

Ο μηχανικός εξοπλισμός που απαιτείται αποτελείται από σειρά μηχανημάτων και συσκευών. Στα μηχανήματα ρίχνονται οι μεγάλοι λίθοι, που προέρχονται από την εξόρυξη, και τελικά βγαίνουν χωριστά τα διάφορα είδη των υλικών, δηλαδή η άμμος, το σύντριμμα και τα σκύρα.

Το πρώτο μηχάνημα της σειράς είναι ο θραυστήρας. Υπάρχουν δύο τύποι θραυστήρων. Ο θραυστήρας με σιαγόνες και ο περιστροφικός θραυστήρας.

Θραυστήρας με σιαγόνες. Αποτελείται από τετράγωνο χαλύβδινο κουτί χώρις πυθμένα και σκέπασμα, που λέγεται χοάνη. Οι τρεις πλευρές του κουτιού είναι σταθερές, ενώ η τέταρτη (η σιαγόνα) κινείται παλινδρομικά, πλησιάζει δηλαδή ή απομακρύνεται από την απέναντι της πλευρά με ταχύτητα 200 έως 300 κινήσεων ανά min (σχ. 2.4ε).

Οι λίθοι ρίχνονται με κατάλληλη διάταξη στο θραυστήρα



Σχ. 2.4ε.

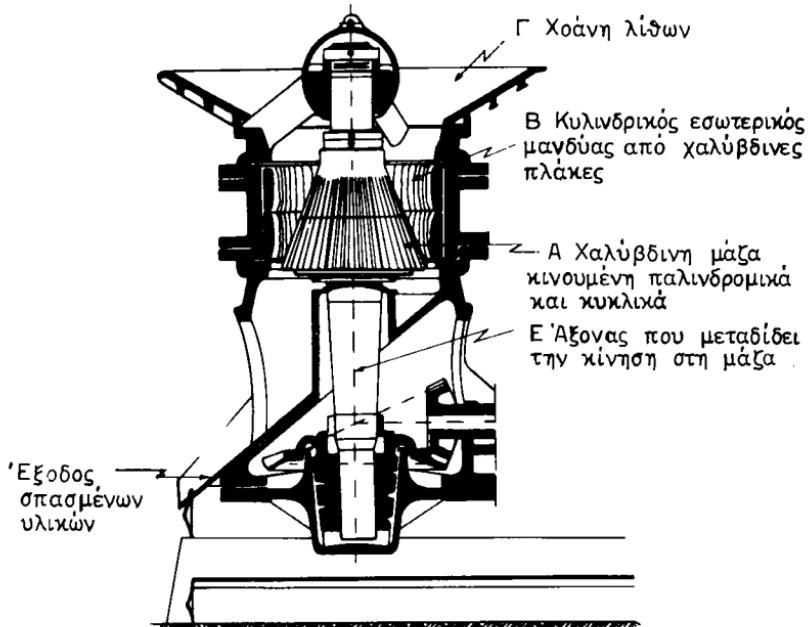
Παλινδρομικός θραυστήρας με σιαγόνες. Η κινητή σιαγόνα Α κινείται γύρω από το σταθερό άξονα Γ με τη βοήθεια του βάκτρου Ζ και των αντηρίδων ΣΤ. Το βάκτρο κινείται παλινδρομικά γύρω από τον άξονα Δ.

και συνθλίβονται μεταξύ της κινούμενης και ακίνητης πλευράς της χοάνης. Η διάταξη τροφοδοτήσεως του θραυστήρα μπορεί να είναι μεταφορική ταινία ή κεκλιμένο επίπεδο ή καδοφόρος ταινία.

Το μέγεθος των θραυσμάτων, που εξέρχονται από το θραυστήρα, εξαρτάται από την ελάχιστη απόσταση στην οποία φθάνει η σιαγόνα από την απέναντι της πλευρά. Συνήθως η απόσταση αυτή ρυθμίζεται έτσι, ώστε τα περισσότερα υλικά που παίρνομε να έχουν μέγεθος γύρω στα 10 cm.

Περιστροφικός θραυστήρας. Ο δεύτερος τύπος θραυστήρας αποτελείται από χαλύβδινη χοάνη, η οποία καταλήγει σε κύλινδρο που εσωτερικά έχει επενδυθεί με μαγγανιούχο χάλυβα μεγάλης σκληρότητας.

Μέσα στον κύλινδρο περιστρέφεται χαλύβδινη μάζα με ισχυρές οδοντώσεις (δόντια) (σχ. 2.4στ).



Σχ. 2.4στ.

Περιστροφικός θραυστήρας με κινούμενη κολουροκωνική μάζα μέσα στον κύλινδρο Β. Η τροφοδότηση του θραυστήρα γίνεται με τη χοάνη Γ, ενώ το σπασμένο υλικό εέρχεται από τη θέση Δ.

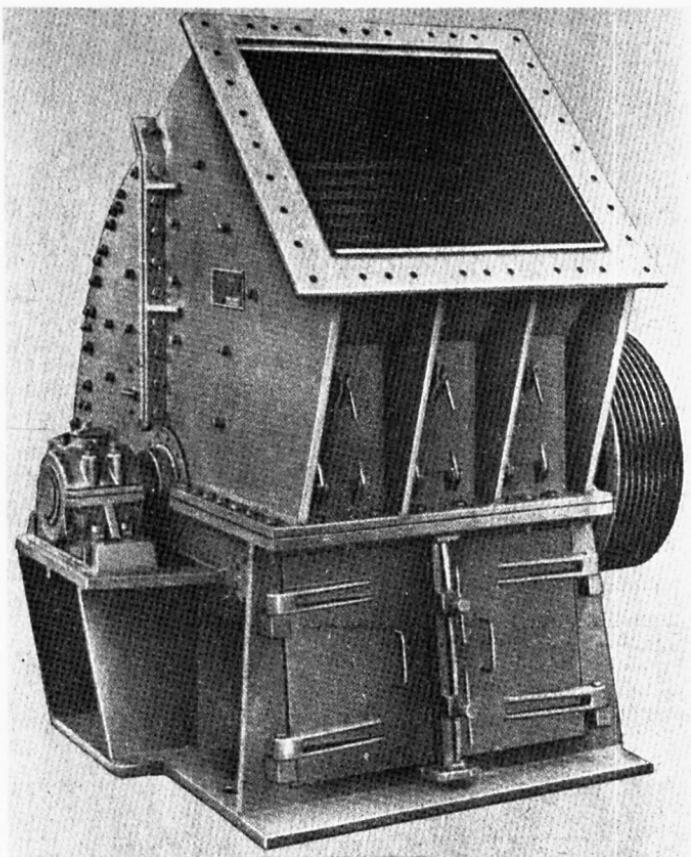
Τα θραύσματα που βγαίνουν έχουν διαστάσεις 1 έως 6 cm.

Εάν απαιτείται τεμαχισμός σε μικρότερα μεγέθη, όπως π.χ. παραγωγή ψηφίδων ή άμμου, ακολουθεί δεύτερο στάδιο επεξεργασίας. Δηλαδή τα θραύσματα αυτά μεταφέρονται σε άλλα μηχανήματα, που καλούνται **τριβεία**.

Χρησιμοποιούνται δύο τύπων τριβεία:

– **Τα τριβεία με βαριές (σφύρες).** Αποτελούνται από ένα μεταλλικό κουτί (σχ. 2.4ζ) ανοικτό σε δύο από τις πλευρές του, μέσα στο οποίο περιστρέφονται κατάλληλα τοποθετημένες χαλύβδινες βαριές (σφύρες) (σχ. 2.4η).

Τα τεμάχια που πρόκειται να σπάσουμε, κτυπιούνται δυνατά με τις βαριές και προσκρούουν επάνω στα τοιχώματα του κουτιού και επάνω σε σχάρα από χαλύβδινες ράβδους, που είναι τοποθετημένες κυκλικά. Έτσι ελαττώνεται σημαντικά το μέγεθος του τεμαχίου.



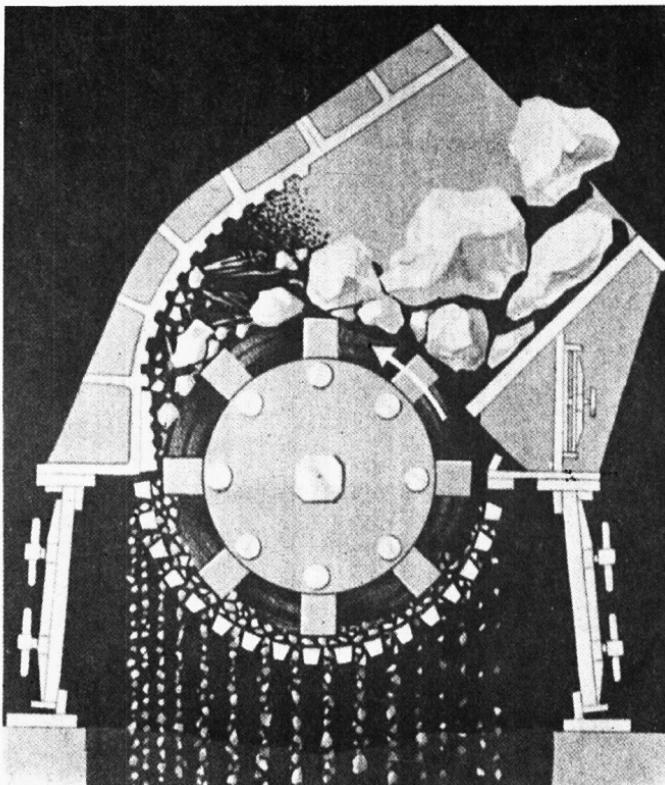
Σχ. 2.4ζ.

Εξωτερική όψη τριβείου με βαριές (σφύρες). Διακρίνεται το στόμιο φορώσεως και ο άξονας περιστροφής. Στο εσωτερικό τμήμα του άξονα είναι τοποθετημένες οι βαριές (σφύρες).

– *Τα τριβεία με κυλίνδρους* (σχ. 2.4θ). Αποτελούνται από δύο κυλίνδρους Α και Β που είναι τοποθετημένοι επάνω σ' ένα βαρύ χυτό πλαίσιο Γ. Ο κύλινδρος Β μπορεί να μετακινηθεί οριζόντια, ώστε να είναι δυνατή η αύξηση ή ελάττωση της αποσάσεως μεταξύ των δύο κυλίνδρων. Το υλικό ρίχνεται μέσα από τη χοάνη Δ και συνθλίβεται μεταξύ των δύο κυλίνδρων.

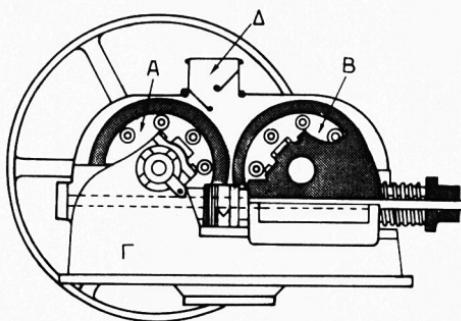
Με τα τριβεία αυτά παράγεται υλικό πολύ μικρών διαστάσεων.

Μετά την έξοδό τους από τους θραυστήρες και τα τριβεία,



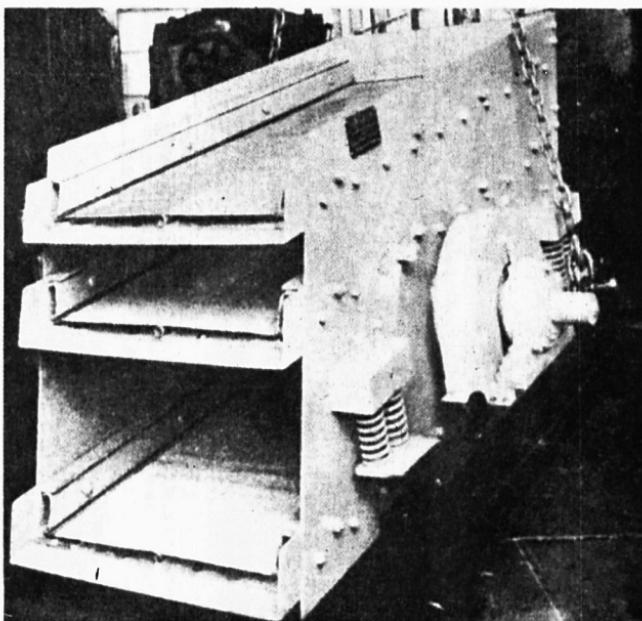
Σχ. 2.4η.

Τομή τριβείου με βαριές (σφύρες). Διακρίνονται οι βαριές (σφύρες) τοποθετημένες περιμετρικά επάνω σε κεντρικό τύμπανο και η κυκλική χαλύβδινη σχάρα κάτω από το τύμπανο.



Σχ. 2.4θ.

Τριβείο με κυλινδρους.



Σχ. 2.4ι.

Επίπεδο δονούμενο κόσκινο με τρία πλέγματα κοσκινίσματος.

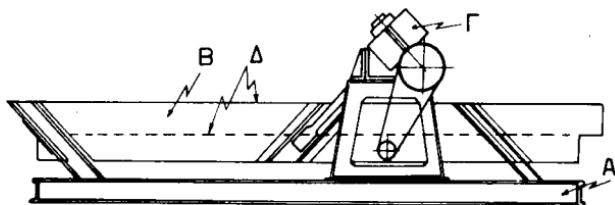
τα σπασμένα τεμάχια κοσκινίζονται και ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους.

Τα κόσκινα που χρησιμοποιούνται διακρίνονται σε:

- Επίπεδα δονούμενα και
- κυλινδρικά περιστρεφόμενα.

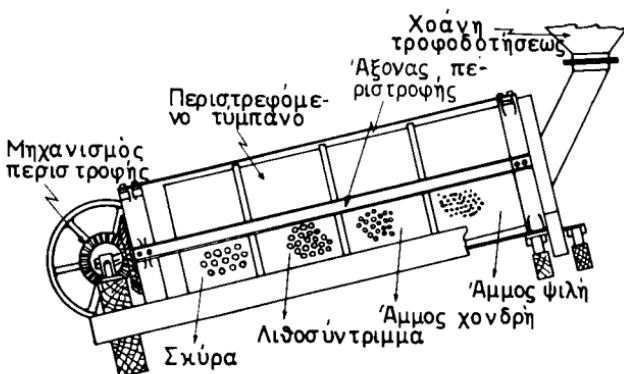
– *To επίπεδο δονούμενο κόσκινο* αποτελείται από οριζόντιο πλαίσιο, που κινείται παλινδρομικά και από δύο ή περισσότερα διάτρητα επίπεδα ελάσματα ή πλέγματα στερεωμένα επάνω στο πλαίσιο (σχ. 2.4ι). Τα επίπεδα ελάσματα έχουν τρύπες (οπές) διαφορετικής διαμέτρου κατά ορισμένες ζώνες. Το υλικό, που τεμαχίσθηκε από τους θραυστήρες, μεταφέρεται στη ζώνη με τις μικρότερες τρύπες και από εκεί λόγω της δονήσεως, διανέμεται σε όλη την επιφάνεια κάθε επιπέδου και κοσκινίζεται (σχ. 2.4ια).

Έτσι από κάθε ζώνη εξέρχονται κατά το κοσκίνισμα κόκκοι μιας ορισμένης διαμέτρου. Κάτω από κάθε ζώνη βρίσκεται η αποθήκη συγκεντρώσεως του κάθε είδους (σιλό). Από αυτή γίνεται η παραλαβή του υλικού.



Σχ. 2.4ια.

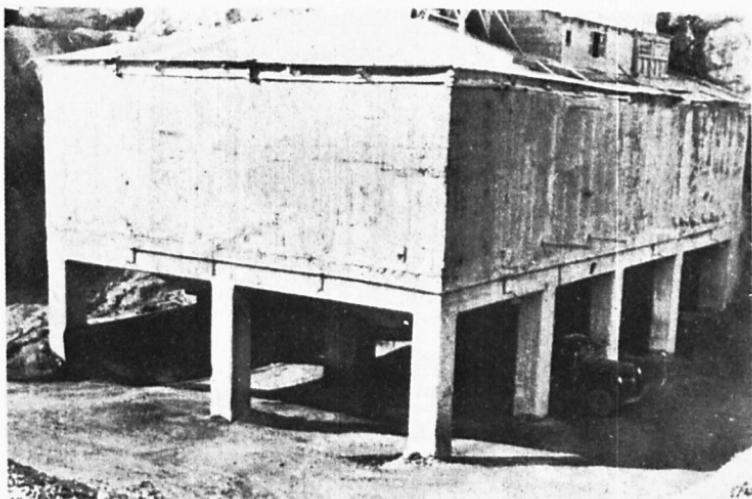
Σχηματική απεικόνιση επιπέδου δονούμενου κόσκινου. Αποτελείται από τη βάση Α, το πλαίσιο Β, στο οποίο στερεώνονται τα επίπεδα κόσκινα Δ, και από το έκκεντρο Γ, το οποίο δίνει την παλινδρομική κίνηση στο πλαίσιο.



Σχ. 2.4ιβ.
Κυλινδρικό περιστρεφόμενο κόσκινο.

—Το κυλινδρικό κόσκινο αποτελείται από ένα κύλινδρο, που διαιρείται σε ζώνες με τρύπες (οπές) διαφορετικής διαμέτρου (σχ. 2.4ιβ). Ο άξονας του κυλίνδρου είναι κεκλιμένος, ώστε η ζώνη με τις τρύπες της μικρότερης διαμέτρου να βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο. Τα υλικά εισέρχονται από το υψηλότερο σημείο και κινούνται προς τα κάτω λόγω της περιστροφής του κυλίνδρου, ενώ συγχρόνως οι κόκκοι εξέρχονται μέσα από τις τρύπες. Κάτω από κάθε ζώνη είναι τοποθετημένο ανάλογα με το είδος το αντίστοιχο σιλό (σχ. 2.4ιγ).

Τα διάφορα είδη των αδρανών, που λαμβάνονται από αυτά τα μηχανήματα, διαφέρουν μεταξύ τους ουσιαστικά. Π.χ. η άμμος, που προέρχεται από τους θραυστήρες (άμμος θραυστήρα), είναι τις περισσότερες φορές χονδροκοκκώδης, σε αντίθεση με



Σχ. 2.4ιγ.

Σιλό αποθηκεύσεως λιθίνων προϊόντων σε ελληνικό λατομείο. Το εικονίζόμενο σιλό διαιρείται εσωτερικά σε ανεξάρτητα διαμερίσματα, στα οποία αποθηκεύονται χωριστά τα διάφορα είδη των αδρανών. Η φόρτωση στα αυτοκίνητα γίνεται από ειδική πόρτα που βρίσκεται στην κάτω επιφάνεια του σιλό.

την προερχόμενη από τα τριβεία (άμμος τριβείου), η οποία περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα λεπτών κόκκων.

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

2.5 Ιδιότητες των λιθίνων προϊόντων και έλεγχός τους.

Αφού παραχθούν, όπως είπαμε, τα λίθινα προϊόντα, απαιτείται έλεγχος των ιδιοτήτων τους. Οι ιδιότητες που πρέπει να ελεγχθούν και ή έκταση του ελέγχου εξαρτώνται από το είδος του έργου, για το οποίο προορίζεται κάθε υλικό.

Ο έλεγχος διακρίνεται σε:

– *Εργοταξιακό*, δηλαδή έλεγχο, που γίνεται στον τόπο που χρησιμοποιούνται τα υλικά. Αυτός εκτελείται με πρόχειρα, τις περισσότερες φορές, μέσα, και σε υλικά που προορίζονται για έργα όχι μεγάλης σπουδαιότητας, και

-- εργαστηριακό, ο οποίος διενεργείται στο εργαστήριο, με αυστηρές επιστημονικές μεθόδους και για έργα, στα οποία τα χαρακτηριστικά και η ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται ασκούν ουσιαστική επίδραση.

Τόσο ο εργοταξιακός όσο και ο εργαστηριακός έλεγχος των λιθίνων προϊόντων, γίνεται σε δύο στάδια: Το πρώτο αναφέρεται στη δειγματοληψία και το δεύτερο στον προσδιορισμό των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών των δειγμάτων.

1ον. Δειγματοληψία.

Για να είμαστε βέβαιοι ότι τα αποτελέσματα του ελέγχου και των δοκιμών εκφράζουν επακριβώς τις ιδιότητες όλης της ποσότητας των λιθίνων υλικών, που εξετάζομε, πρέπει να φροντίσουμε, ώστε τα δείγματα που θα ληφθούν να είναι αντιπροσωπευτικά όλης της ποσότητας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

Εάν τα σκύρα ή η άμμος έχουν αποθηκευθεί σε σωρούς στο εργοτάξιο, πρέπει να ληφθούν δείγματα από όσο το δυνατόν περισσότερους σωρούς.

Επίσης από κάθε σωρό είναι αναγκαίο να ληφθούν δείγματα από την κορυφή, τη μέση και τη βάση του. Και αυτό γιατί, κατά την εκφόρτωση των υλικών, όσα έχουν τους μεγαλύτερους κόκκους κυλούν προς τα κάτω, ενώ τα λεπτά και η παιπάλη παραμένουν στην κορυφή. Επομένως δειγματοληψία μόνο από την κορυφή ή τη βάση δίνει ψεύτικα αποτελέσματα για τη συνολική ποσότητα του σωρού.

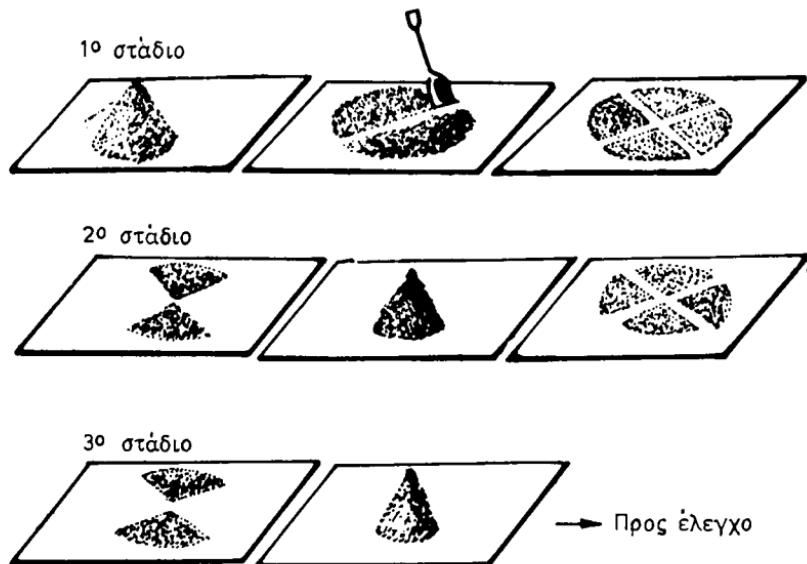
Εάν τα απαιτούμενα υλικά δεν είναι δυνατό να συγκεντρωθούν όλα στο εργοτάξιο, λόγω κυρίως στενότητας χώρου, τότε πρέπει να έχει καθορισθεί από πριν το λατομείο από το οποίο θα γίνει η προμήθεια και να έχουν ελεγχθεί τα υλικά που παράγονται σ' αυτό. Γι' αυτό παίρνουμε καθημερινά και για σειρά ημερών δείγματα από διάφορα σιλό. Προμήθεια υλικών από διαφορετικά λατομεία πρέπει να αποφεύγεται.

Τα δείγματα, που λαμβάνονται από τους διάφορους σωρούς ή τα διάφορα σιλό, πρέπει να αναμιγνύονται καλά, να τοποθετούνται μέσα σε κιβώτια ή σάκους, να σφραγίζονται, να αναγράφεται σ' αυτά η ημερομηνία δειγματοληψίας και μετά να στέλνονται για έλεγχο. Η ποσότητα των δειγμάτων πρέπει να εί-

ναι αρκετά μεγάλη, ώστε να είναι δυνατό να ληφθούν από αυτή με μια συστηματική μέθοδο υποδιαιρέσεων, η επιθυμητή ποσότητα που θα αντιπροσωπεύει ολόκληρη την προμήθεια.

Έτσι η ελληνική Πρότυπη Προδιαγραφή "Αδρανή σκυροδεμάτων" ορίζει ότι η δειγματοληψία θα γίνεται με τη μέθοδο του τεταρτομερισμού (σχ. 2.5α). Σύμφωνα με αυτή παίρνομε ποσότητα υπερτετραπλάσια από αυτήν που απαιτείται για το τελικό δείγμα. Αναμοχλεύεται καλά η ποσότητα αυτή επάνω σε καθαρό και σκληρό υπόστρωμα και απλώνεται σε ισοπαχές στρώμα σχήματος κύκλου. Ο κύκλος αυτός διαιρείται με το μυστρί σε τεταρτοκύκλια (σχ. 2.5α, 1ο στάδιο). Το υλικό δύο κατά κορυφή τεταρτοκυκλίων πετιέται και αναμιγνύεται καλά το υλικό των άλλων δύο. Αυτό διαστρώνεται και πάλι σε ισοπαχές στρώμα σχήματος κύκλου, ο οποίος διαιρείται σε τεταρτοκύκλια (2ο στάδιο). Ως τελικό δείγμα λαμβάνεται το υλικό δύο κατά κορυφή τεταρτοκυκλίων, ενώ τα άλλα δύο πετιούνται.

Η ποσότητα που απαιτείται για κάθε είδος καθορίζεται από την Πρότυπη Προδιαγραφή ως εξής:



Σχ. 2.5α.

Η λήψη δείγματος με τη μέθοδο του τεταρτομερισμού, για τον έλεγχο των ιδιοτήτων των αδρανών.

- α) Για την άμμο 10 kg.
- β) Για το λιθοσύντριψμα 15 kg.
- γ) Για τα σκύρα ή τα χαλίκια 20 kg.
- δ) Για το αμμοχάλικο 20 kg.

Μετά τη δειγματοληψία επακολουθούν ο έλεγχος και οι δοκιμές για τον προσδιορισμό των διαφόρων χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των υλικών. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι σπουδαιότερες δοκιμές.

2.6 Προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως.

Όταν χρησιμοποιούμε άμμο ή χαλίκια για την παρασκευή διαφόρων σύνθετων υλικών, όπως π.χ. κονιαμάτων ή σκυροδεμάτων, ενδιαφέρει όχι το μέγεθος των κόκκων, αλλά το ποσοστό των κόκκων διαφορετικού μεγέθους που αποτελούν την άμμο, τα χαλίκια, κλπ., η κοκκομετρική σύνθεση, όπως λέμε.

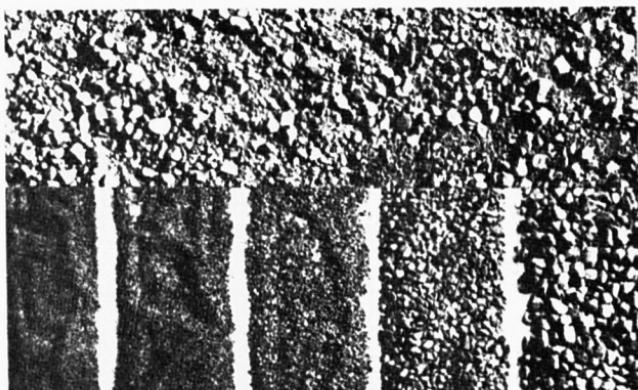
Η ποιότητα των ασβεστοκονιαμάτων, τσιμεντοκονιαμάτων και γενικά των συνθέτων υλικών από λίθινα προϊόντα, εξαρτάται κυρίως από την πυκνότητα της άμμου και των χαλικιών και μετά από την ποιότητα και την αντοχή των κόκκων αυτών. Επιδιώκεται επομένως η μέγιστη δυνατή πυκνότητα της άμμου ή των χαλικιών.

Η κοκκομετρική σύνθεση εκφράζεται σε ποσοστά χονδρής, λεπτής κλπ. άμμου ή σκύρων ή παιπάλης που περιέχονται στη μονάδα του βάρους ενός αδρανούς.

Π.χ. σε ένα kg άμμου, που παράγεται σε ένα λατομείο, μπορεί να περιέχονται 45% του βάρους λεπτή άμμος, 30% μέση άμμος και 25% χονδρή άμμος.

Η μέγιστη πυκνότητα επιτυγχάνεται, όταν τα μεγέθη των κόκκων της άμμου ή των χαλικιών καταλαμβάνουν όλες τις διαβαθμίσεις από τις πολύ λεπτές μέχρι τις πιο χονδρές και με ορισμένη αναλογία ποσότητας για κάθε μέγεθος (σχ. 2.6α και σχ. 2.6β). Με κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση της άμμου ή των χαλικιών πετυχαίνομε τη μέγιστη δυνατή πυκνότητα στο σύνθετο υλικό που παρασκευάζομε.

Ο λόγος, που επιδιώκομε τη μέγιστη δυνατή πυκνότητα των συνθέτων υλικών, είναι ο εξής: Όπως είναι γνωστό, ο όγκος μιας ορισμένης ποσότητας άμμου ή χαλικιών αποτελείται από τον ό-



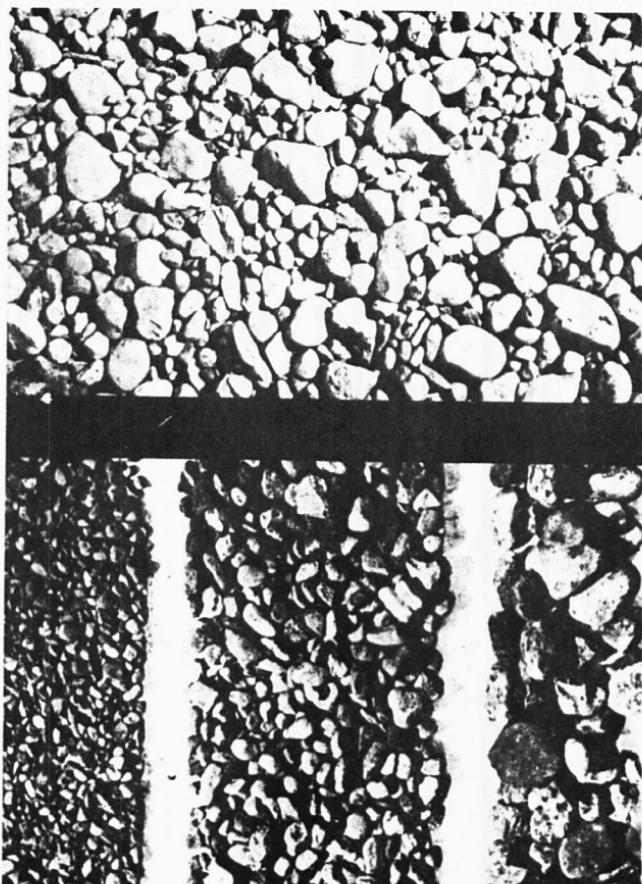
Σχ. 2.6α.

Δείγμα άμμου με καλή κοκκομετρική σύνθεση (στο πάνω μισό της φωτογραφίας). Εάν διαχωρισθούν οι κόκκοι κατά κατηγορίες μεγέθους (κάτω μισό της φωτογραφίας), παρατηρούμε ότι αυτοί καταλαμβάνουν όλες τις διαβαθμίσεις μεγέθους, από τις πολύ μικρές (παιπάλη) μέχρι τις πολύ μεγάλες (διάμετρος κόκκου περίπου 7 mm).

γό και από τον όγκο των κενών που βρίσκονται μεταξύ των κόκκων.

Κατά την παρασκευή ενός σύνθετου υλικού, π.χ. των κονιαμάτων, όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, η συγκολλητική ύλη (ασβέστης, τσιμέντο κλπ.) καταλαμβάνει τα κενά και συνδέει τους κόκκους της άμμου μεταξύ τους. Επειδή όμως η αντοχή της ύλης αυτής είναι μικρότερη από την αντοχή των κόκκων του αδρανούς και η αξία της είναι πολύ μεγαλύτερη από την αξία αυτού, είναι απαραίτητο να ελαττωθεί ο όγκος των κενών αυτών, να αυξηθεί δηλαδή η πυκνότητα της άμμου (σχ. 2.6γ). Αυτό φαίνεται από το εξής παράδειγμα:

Εάν οι κόκκοι ενός σώματος ήταν σφαίρες με ίση διάμετρο τότε είναι εύκολο να αποδειχθεί με βάση τη Γεωμετρία ότι άσχετα από το μέγεθος της διαμέτρου τους, ο όγκος των κενών θα κατελάμβανε το 26% και ο όγκος των κόκκων το 74% του συνολικού (φαινόμενου) όγκου αυτού του σώματος (σχ. 2.6δ). Εάν τώρα τοποθετηθούν σφαίρες με μικρότερη διάμετρο στα μεταξύ των αρχικών σφαιρών κενά είναι φανερό ότι ο όγκος των κενών θα ελαττωθεί και θα αυξηθεί ο όγκος, που καταλαμβάνουν οι κόκκοι.

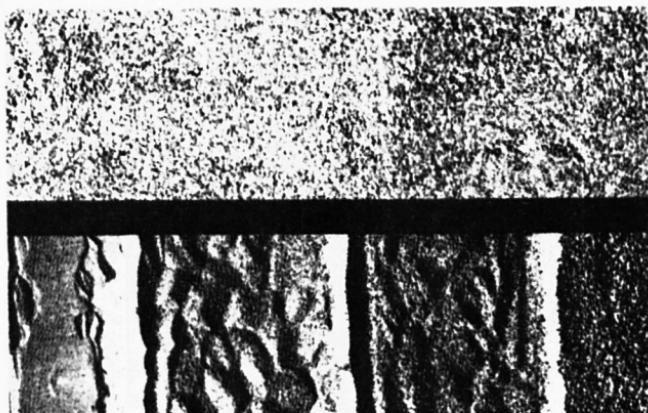


Σχ. 2.68.

Δείγμα χαλικιών αποτελούμενο από κόκκους διαφόρων μεγεθών. Στο πάνω μέρος της φωτογραφίας διακρίνονται οι μικροί κόκκοι, που καταλαμβάνουν τα μεταξύ των μεγάλων κόκκων κενά.

Το ίδιο πράγμα αποδεικνύεται, εάν ζυγισθούν δύο ποσότητες άμμου με ίσο φαινόμενο όγκο, που η μία αποτελείται από κόκκους με την ίδια διάμετρο, και η άλλη από κόκκους με άνισες διαμέτρους. Στην πρώτη περίπτωση το βάρος ενός m^3 μπορεί να φθάσει τα 1600 kg, ενώ στη δεύτερη μπορεί να φθάσει και να υπερβεί τα 1800 kg.

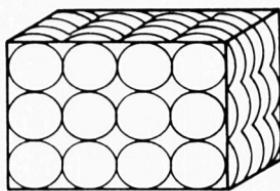
Στην άμμο, που βγαίνει από τους θραυστήρες και τα τριβεία τα κενά καταλαμβάνουν πολύ περισσότερο όγκο από το ποσοστό



Σχ. 2.6γ.

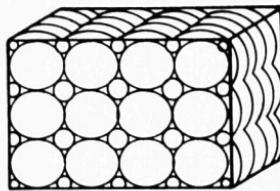
Λεπτόκοκκη άμμος, στην οποία λείπουν κόκκοι διαμέτρου μεγαλύτερης από 2,5 mm. Τα κενά εδώ είναι περισσότερα από τα κενά του δείγματος του σχήματος 2.6α και γι' αυτό απαιτείται περισσότερη συγκολλητική ύλη (ασβέστης, τασμέντο) κατά την παρασκευή ενός κονιάματος.'

'Ογκος ύλης 74%
'Ογκος κενών 26%



α

'Ογκος ύλης >> 74%
'Ογκος κενών << 26%



β

Σχ. 2.6δ.

Σύγκριση του απόλυτου όγκου (όγκος ύλης), που έχουν ισοδιαμετρικές σφαίρες (α) και σφαίρες (β) με διαφορετικές διαμέτρους.

των 26%, επειδή οι κόκκοι δεν είναι σφαίρες, αλλά στερεά με διάφορες μορφές. Ο όγκος των κενών αυτών κυμαίνεται μεταξύ 10% και 50% του φαινόμενου όγκου των αδρανών. Στις συνηθισμένες περιπτώσεις λαμβάνεται όγκος κενών ίσος προς τα 35% έως 40% του φαινόμενου όγκου του υλικού.

Είναι φανερό λοιπόν ότι με κατάλληλη αναλογία κόκκων διαφόρων μεγεθών (κοκκομετρική σύνθεση) μπορούμε να ελαττώσουμε ουσιαστικά τα κενά της άμμου ή των χαλικιών με αποτέλε-

σμα την παρασκευή κονιαμάτων καλύτερης ποιότητας και μικρότερου κόστους.

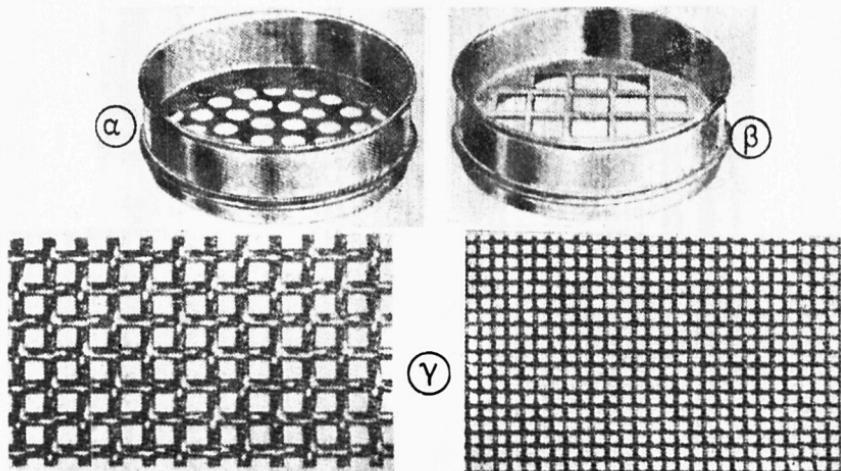
Η κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση της άμμου ή των χαλικιών, που προορίζεται για κάθε είδος κονιάματος, δίνεται από τους κανονισμούς και θα αναπτυχθεί στο κεφάλαιο 4.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως των λιθίνων προϊόντων, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για ένα έργο, ώστε:

– Πρώτο να επιτευχθεί η δημιουργία των λιγότερων όσο είναι δυνατό κενών της άμμου ή των χαλικιών και

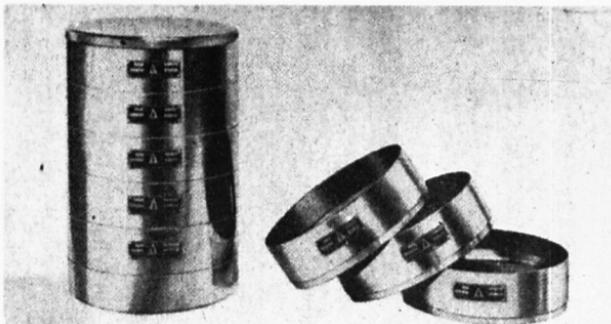
– δεύτερο να καθορισθεί η ακριβής ποσότητα της συγκολλητικής ύλης, που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του σύνθετου υλικού.

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως γίνεται με τη βοήθεια μιας σειράς προτύπων κοσκίνων. Τα κόσκινα αυτά έχουν κυκλικό πλαίσιο από μέταλλο (ορείχαλκο ή κρατέρωμα) διαμέτρου περίπου 20 cm. Η επιφάνεια κοσκινίσματος αποτελείται από έλασμα, που έχει τρύπες (οπές) κυκλικής ή τετραγωνικής μορφής (σχ. 2.6ε) ή από συρμάτινο πλέγμα, το οποίο δημιουργεί τρύπες (οπές) τετραγωνικής μορφής. Τα πρότυπα κόσκινα συνοδεύονται από έναν υποδοχέα με όμοια διάμετρο και



Σχ. 2.6ε.

Εργαστηριακά κόσκινα από έλασμα με κυκλικές τρύπες (α), με τετραγωνικές τρύπες (β) και από πλέγμα με τετραγωνικές τρύπες (γ).



Σχ. 2.6στ.

Σειρά προτύπων κοσκίνων. Αριστερά διακρίνονται τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο, με κάλυμα άνω και υποδοχέα κάτω.

από ένα κάλυμμα (σχ. 2.6στ). Πόσα κόσκινα θα χρησιμοποιηθούν και ποια διάμετρο θα έχουν οι τρύπες (οπές) του καθενός, καθορίζονται από τους κανονισμούς που ισχύουν στα διάφορα κράτη.

Ως πρότυπα ελληνικά κόσκινα, για τον προσδιορισμό της κοκκομετρικής συνθέσεως της άμμου και των χαλικιών, καθορίζονται τα εξής:

- Ένα κόσκινο με τετραγωνικές τρύπες (οπές) με μήκος πλευράς 0,2 mm.
- Κόσκινα με κυκλικές τρύπες (οπές) διαφόρων διαμέτρων (πίνακας 2.6.1).

Από τα κόσκινα του πίνακα χρησιμοποιούνται συνήθως όσα έχουν διάμετρο 3, 7, 10, 15, 30, 50, 100 mm.

Για τα λίθινα προϊόντα, που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία, λαμβάνονται ως πρότυπα τα κόσκινα των αμερικανικών κανονισμών.

Τα κόσκινα τοποθετούνται το ένα κάτω από το άλλο επάνω σε μία συσκευή, που μπορεί να προκαλέσει παλινδρομική κίνηση για να πραγματοποιηθεί το κοσκίνισμα (σχ. 2.6ζ). Πρώτο κόσκινο τοποθετείται αυτό, που έχει τις τρύπες με τη μεγαλύτερη διάμετρο, και τελευταίο αυτό που έχει τις τρύπες με τη μικρότερη διάμετρο. Το δείγμα πρέπει, αφού ξεραθεί σε θερμοκρασία γύρω στους 100° C, να ζυγίζει 500 g περίπου εάν είναι άμμος και γύρω στα 4500 g αν πρόκειται για άμμο και σκύρα μαζί. Για τα συνηθισμένα έργα δεν απαιτείται ιδιαίτερη κοκκομετρική ανάλυση των σκύρων.

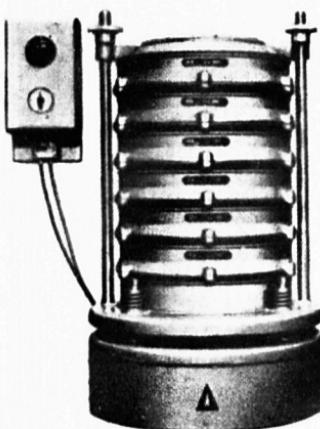
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.1

Εργαστηριακά κόσκινα με κυκλικές τρύπες (οπές)

Διάμετρος οπής	Απόσταση κέντρων τρυπών σε mm	Πάχος ελάσματος σε mm
Ονομαστική διάμετρος σε mm		
1	2	0,75
2	4	1
3	5	1
4	6	1
5	8	1
6	9	1,5
7	10	1,5
8	12	1,5
9	14	1,5
10	15	1,5
12	18	1,5
15	23	1,5
18	27	1,5
20	30	1,5
25	38	1,5
30	45	1,5
40	60	1,5
50	70	2,5
60	80	2,5
70	93	2,5
80	106	2,5
90	120	2,5
100	133	2,5

Μετά το κοσκίνισμα ζυγίζεται το υλικό, που παραμένει σε κάθε κόσκινο, και αυτό ανάγεται σε εκατοσταία αναλογία του αρχικού βάρους του δείγματος ή υπολογίζεται το βάρος του υλικού, που διέρχεται από κάθε κόσκινο το οποίο επίσης ανάγεται στο αρχικό βάρος του δείγματος επί τοις εκατό.

Έστω π.χ. ότι έχομε μια σειρά από κόσκινα: ένα 0,2 mm (τετραγωνικής τρύπας) και 1, 3, 5, 7 και 10 mm (κυκλικής τρύπας)



Σχ. 2.6ζ.

Πρότυπα κόσκινα τοποθετημένα σε δονητική μηχανή, για την πραγματοποίηση καλύτερου κοσκινίσματος.

(πίνακας 2.6.1) (σχ. 2.6η). Ρίχνομε ποσότητα 500 g στεγνής άμμου στο επάνω (No 10) κόσκινο και μετά από ορισμένο χρόνο κοσκινίσματος, τον οποίο καθορίζουν οι κανονισμοί, ζυγίζομε τις ποσότητες που παρέμειναν σε κάθε κόσκινο.

Έστω ότι βρίσκομε τα εξής βάρη:

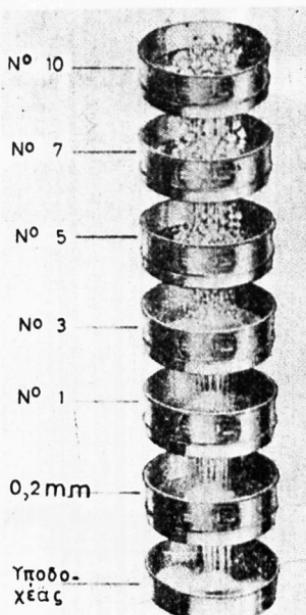
Στο κόσκινο No 10 παρέμειναν 27 g, επομένως πέρασαν 473 g
" " " 7 " 193 " " 280 "
" " " 5 " 87 " " 193 "
" " " 3 " 76 " " 117 "
" " " 1 " 62 " " 55 "
" " " 0,2 " 46 " " 9 "
Σύνολο βάρους 491 g

Ωστε από το κόσκινο 0,2 πμ διήλθαν $500 - 491 = 9$ g υλικού, του οποίου οι κόκκοι ήταν μικρότεροι από τη διάμετρο της τρύπας του κόσκινου αυτού. Δηλαδή:

$$\text{Από το No } 0,2 \text{ πέρασε ποσοστό } \frac{9}{500} \times 100 - 2\%$$

Με τον ίδιο τρόπο βρίσκομε ότι:

$$\text{Από το No } 1 \text{ πέρασε ποσοστό } \frac{55}{500} \times 100 = 11\%$$



Σχ. 2.6η.

Σχηματική θέση σειράς προτύπων κοσκίνων για την κοκκομετρική ανάλυση δείγματος άμμου.

$$\text{Από το No 3 πέρασε ποσοστό } \frac{117}{500} \times 100 = 23\%$$

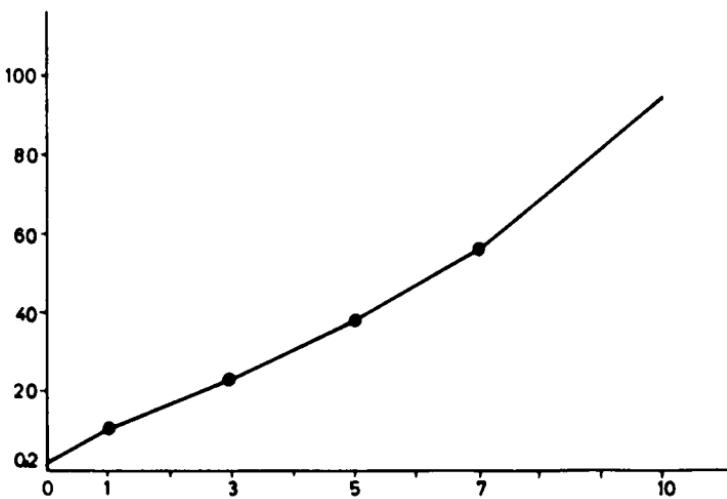
$$\text{Από το No 5 πέρασε ποσοστό } \frac{193}{500} \times 100 = 38\%$$

$$\text{Από το No 7 πέρασε ποσοστό } \frac{280}{500} \times 100 = 56\%$$

$$\text{Από το No 10 πέρασε ποσοστό } \frac{473}{500} \times 100 = 95\%$$

Με βάση τις παραπάνω ενδείξεις χαράσσεται η κοκκομετρική καμπύλη του δείγματος (σχ. 2.6θ).

Οι κανονισμοί, ανάλογα με το είδος των εργασιών για τις οποίες προορίζονται τα λίθινα υλικά, καθορίζουν με ποιες αναλογίες μπορεί να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Καθορίζουν δηλαδή την κοκκομετρική καμπύλη, που πρέπει να ακολουθεί ένα αδρανές υλικό. Στα ειδικά κεφάλαια κονιαμάτων



Σχ. 2.6θ.

Κοκκομετρική καμπύλη δείγματος άμμου που παριστάνει τα διερχόμενα από τα κόσκινα ποσοστά.

και σκυροδεμάτων θα αναφέρομε τις κοκκομετρικές καμπύλες που απαιτούνται από τους κανονισμούς.

Σε άλλες περιπτώσεις, όπως έχομε αναφέρει, προσδιορίζεται η εκατοστιαία αναλογία των υλικών, που παραμένουν σε κάθε κόσκινο. Αθροιζονται μετά οι αριθμοί αυτοί, διαιρούνται δια του 100 και δίνουν έναν αριθμό, ο οποίος καλείται συντελεστής λεπτότητας ή κοκκομετρικός συντελεστής.

Στο προηγούμενο παράδειγμα έχομε τις εξής αναλογίες:

$$\text{Στο No 10 παρέμειναν } \frac{27}{500} \times 100 = 5\%$$

$$\text{Στο No 7 παρέμειναν } \frac{27 + 193}{50} \times 100 = 44\%$$

$$\text{Στο No 5 παρέμειναν } 62\%$$

$$\text{Στο No 3 παρέμειναν } 77\%$$

$$\text{Στο No 1 παρέμειναν } 89\%$$

$$\text{Στο No 0,2 παρέμειναν } 98\%$$

Παρατηρούμε ότι το άθροισμα των αριθμών που εκφράζουν, σε εκατοστιαία αναλογία, τα διερχόμενα και παραμένοντα υλικά, ισούται για κάθε κόσκινο με 100.

Ο συντελεστής λεπτότητας στο πιο πάνω παράδειγμα ισούται με:

$$\frac{5 + 44 + 62 + 77 + 89 + 98}{100} = 3,75$$

2.7 Έλεγχος καθαρότητας των λιθίνων υλικών.

Τα λίθινα υλικά και ιδίως όσα προέρχονται από φυσικές πηγές (από περισυλλογή) περιέχουν πολλές φορές ξένες ουσίες. Οι κυριότερες από αυτές είναι: άργιλος, βόρβορος, άλευρο διαφόρων πετρωμάτων, οργανικές ύλες, άλατα, αλκάλια.

Η άργιλος, ο βόρβορος και το άλευρο όταν περιέχονται σε μικρή αναλογία (1 έως 3% του βάρους) δεν βλάπτουν τα παρασκευαζόμενα κονιάματα, γιατί γεμίζουν τα πολύ μικρά κενά, που σχηματίζονται μεταξύ των κόκκων. Σε μεγαλύτερες όμως ποσότητες έχουν βλαβερά αποτελέσματα, γιατί καλύπτουν τους κόκκους του υγιούς υλικού με ένα παχύ στρώμα και έτσι εμποδίζουν τη συγκόλληση των κόκκων μεταξύ τους, όταν αναμιχθούν με μία συγκολλητική ύλη.

Οι οργανικές ουσίες, τα άλατα και τα αλκάλια όχι μόνο σχηματίζουν στρώμα γύρω από τους κόκκους, αλλά και επιδρούν χημικά στη συγκολλητική ύλη με αποτέλεσμα την γρήγορη καταστροφή του κονιάματος.

α) Ο προσδιορισμός της ποσότητας της αργίλου και των άλλων ανοργάνων ουσιών, που περιέχονται στα λίθινα προϊόντα, γίνεται ως εξής:

Λαμβάνεται μία αρκετά μεγάλη ποσότητα από τα υλικά, που εξετάζομε τα οποία αναμιγνύονται καλά. Η ποσότητα αυτή πρέπει να διατηρηθεί σε λίγο νωπή κατάσταση, για να μη χαθεί η παιπάλη όσο χρόνο εργαζόμαστε. Από το υλικό λαμβάνεται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα, που μετά την ξήρανσή του θα πρέπει να έχει βάρος 500 περίπου g, εάν πρόκειται για λεπτοκοκκώδη υλικά (άμμος) και πάνω από 4000 g για χονδροκοκκώδη (χαλίκια).

Μετά την ξήρανση η ποσότητα ζυγίζεται ακριβώς και έστω G_1 το βάρος της. Τοποθετείται κατόπιν σε ρηχό δοχείο που έχει διάμετρο 25 έως 30 cm και βάθος 8 έως 12 cm και καλύπτεται με καθαρό νερό. Στη συνέχεια το υλικό αναταράσσεται δυνατά για

ένα διάστημα, αφήνεται να κατακαθίσει και χύνεται με προσοχή το νερό, για να μην παρασύρει κόκκους από το υλικό. Ρίχνεται ξανά καθαρό νερό στο δοχείο και επαναλαμβάνεται η ίδια εργασία, μέχρις ότου το νερό που χύνομε δεν περιέχει ξένες ουσίες ορατές με γυμνό μάτι. Τέλος ξηραίνεται ξανά η ποσότητα που απέμεινε μέσα στο δοχείο και έστω G_2 το βάρος της. Η διαφορά των δύο βαρών $G_1 - G_2$ αντιπροσωπεύει το βάρος των ξένων ουσιών, που παρασύρθηκαν από το νερό πλύσεως, και ο λόγος:

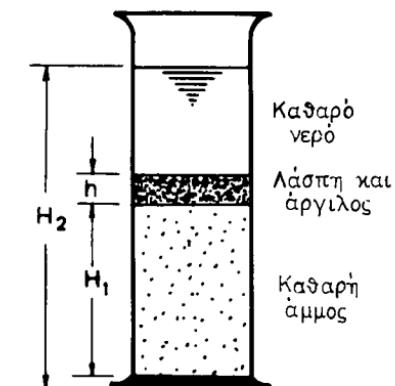
$$A = \frac{G_1 - G_2}{G_1} = 100$$

δείχνει την εκατοστιαία αναλογία των ουσιών αυτών προς το αρχικό βάρος των υλικών.

Η αναλογία άλλων ουσιών που επιτρέπεται να περιέχουν τα αδρανή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3% εάν πρόκειται για άμμο και το 1% εάν πρόκειται για σκύρα και χαλίκια. Τα ποσοστά αυτά πάντως εξαρτώνται από το σκοπό, που πρέπει να εκπληρώσουν τα εξεταζόμενα υλικά. Προσδιορίζονται δε ακριβώς από τους κανονισμούς και τις προαδιαγραφές, που αναφέρονται σε κάθε ένα είδος εργασίας.

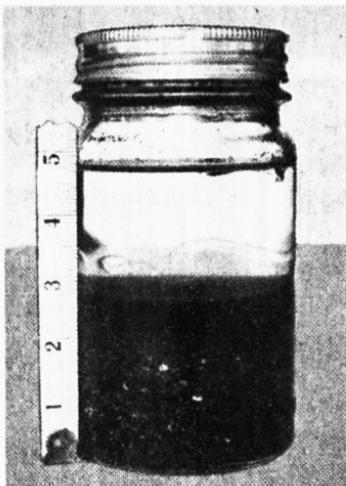
Mία άλλη μέθοδος λιγότερο ακριβής, αλλά που μπορεί να εκτελεσθεί εύκολα στο εργοτάξιο, είναι γνωστή ως έλεγχος του ιζήματος (κατακάθι) και εφαρμόζεται κυρίως για την άμμο. Αυτή γίνεται ως εξής:

Σε μία βαθμολογημένη φιάλη (σχ. 2.7a) ή σε ένα κοινό



Σχ. 2.7a.

Βαθμολογημένη φιάλη που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της καθαρότητας της άμμου.



Σχ. 2.7β.

Κοινό γυάλινο δοχείο για τον έλεγχο της καθαρότητας της άμμου. Το ύψος της άμμου και του ιζήματος (κατακάθι) μετρώνται με κοινό υποδεκάμετρο.

γυάλινο δοχείο (σχ. 2.7β) ρίχνεται η άμμος μέχρι μία ορισμένη στάθμη, έστω H_1 . Κατόπιν ρίχνομε καθαρό νερό μέσα στη φιάλη μέχρι μιαν άλλη στάθμη, έστω H_2 . Το περιεχόμενο αναταράσσεται βίαια και αφήνεται να ηρεμήσει για μιαν ώρα περίπου. Εάν το ποσοστό του ιζήματος (κατακάθι), που θα εμφανισθεί πάνω από την άμμο, υπερβαίνει το 6 έως 7% του αρχικού όγκου, τότε το υλικό θεωρείται ακατάλληλο.

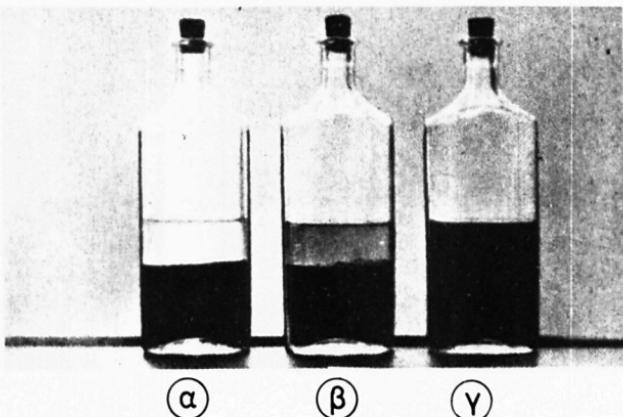
Το ποσοστό αυτό προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\frac{h}{H_1} \times 100 \quad (25)$$

όπου h είναι το ύψος του ιζήματος πάνω από την άμμο.

β) Ο έλεγχος για τις οργανικές ουσίες γίνεται ως εξής: Σε βαθμολογημένη φιάλη ρίχνεται αρχικά ορισμένη ποσότητα της άμμου που εξετάζομε και κατόπιν διάλυμα 3% καυστικής σόδας σε αρκετή ποσότητα, ώστε να διπλασιασθεί περίπου ο όγκος του μίγματος. Το περιεχόμενο αναταράσσεται και αφήνεται για 24 ώρες σε ηρεμία.

Κατόπιν εξετάζεται το χρώμα του διαλύματος, που βρίσκεται πάνω από την άμμο (σχ. 2.7γ). Εάν δεν έχει χρωματισθεί ή εάν



Σχ. 2.7γ.

Έλεγχος χρώματος της άμμου. α) Το διάλυμα είναι άχρωμο. Η άμμος δεν περιέχει οργανικές ουσίες. β) Το διάλυμα είναι ελαφρά χρωματισμένο. Η άμμος περιέχει μικρή ποσότητα οργανικών ουσιών. γ) Το διάλυμα έχει χρωματισθεί βαθιά. Η άμμος είναι ακατάλληλη.

έχει αποκτήσει ελαφρά υποκίτρινο χρώμα, τότε η άμμος δεν περιέχει σχεδόν καθόλου οργανικές ουσίες και επομένως κρίνεται ως κατάλληλη. Εάν όμως έχει χρωματισθεί με βαθύ χρώμα, δηλαδή από κόκκινο (ερυθρό) έως μαύρο (μέλαν), τότε είναι βέβαιο ότι περιέχει οργανικές ουσίες σε αρκετό ποσοστό. Στην περίπτωση αυτή ή θα πρέπει να απορριφθεί το υλικό ή θα πρέπει, εάν συμφέρει περισσότερο, να υποστεί πλύση.

2.8 Έλεγχος μηχανικής αντοχής.

Έλεγχος της αντοχής, των λιθίνων προιόντων σε θλίψη δεν εκτελείται για τα συνηθισμένα έργα (κοινά κονιάματα, σκυροκονιάματα κλπ.). Αυτό, γιατί η αντοχή των υλικών αυτών είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντοχή των διαφόρων συγκολλητικών ουσιών και επομένως δεν έχει καμιά πρακτική σημασία ο προσδιορισμός της.

Σε ορισμένα όμως υψηλής αντοχής σκυροδέματα γίνεται ο έλεγχος της αντοχής της άμμου. Οι μέθοδοι, που εφαρμόζονται σ' αυτή την περίπτωση, θα εξετασθούν στα επόμενα.

2.9 Έλεγχος αντοχής στις καιρικές επιδράσεις και στη φωτιά.

Συνήθως ο έλεγχος αυτός γίνεται στους λίθους, από τους οποίους προέρχονται τα υλικά αυτά [§ 1.11 (5ον)]. Προκειμένου για υλικά, που πρόχθαν από περισυλλογή, επειδή δεν είναι δυνατό να έχομε τους λίθους από τους οποίους προήλθαν, ο έλεγχος γίνεται σ' αυτά με όμοιο τρόπο όπως στους λίθους. Πάντως είναι απαραίτητο να γνωρίζομε τη συμπεριφορά των λιθίνων υλικών στους παραπάνω παράγοντες, γιατί πολλές φορές μεγάλα έργα υπέστησαν σοβαρές ζημιές, ακριβώς γιατί δεν είχε ελεγχθεί η αντοχή των υλικών, που χρησιμοποιήθηκαν.

2.10 Άλλοι έλεγχοι.

Όταν πρόκειται για έργα σοβαρά, εκτός από τις παραπάνω δοκιμές και ελέγχους, είναι απαραίτητο να ελέγξουμε και άλλες ιδιότητες των υλικών.

Το απόλυτο και φαινόμενο ειδικό βάρος και ο όγκος των κενών για τα λεπτοκοκκώδη και χονδροκοκκώδη υλικά προσδιορίζονται σύμφωνα με τα γνωστά (§ 1.11).

Το ποσό της επιφανειακής υγρασίας, που συγκρατούν οι κόκκοι της άμμου, και το ποσό του νερού, που απορροφούν οι κόκκοι των σκύρων και χαλικιών, επηρεάζουν κυρίως τα σκυροδέματα. Οι μέθοδοι προσδιορισμού τους θα εξετασθούν πιο κάτω. Πάντως εδώ αναφέρεται μία εντελώς εμπειρική μέθοδος, που αφορά την άμμο. Πρέπει να γίνεται από έμπειρο τεχνίτη ο οποίος μπορεί να χαρακτηρίσει με τα χέρια του την κατάσταση υγρότητας της άμμου (σχ. 2.10a).

Η αντοχή των λιθίνων υλικών σε τριβές, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή κονιαμάτων επικαλύψεως δαπέδων, μετριέται με όμοιο τρόπο όπως και στους λίθους [§ 1.11 (9ον)].

2.11 Προδιαγραφές. Κανονισμοί.

Τα προιόντα από λίθους αποτελούν, τη βάση για την παραγγή πλήθους άλλων υλικών, διαφόρων χρήσεων. Γι' αυτό οι απαιτήσεις μας, για τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των λιθί-



(α)

(β)

(γ)

Σχ. 2.10α.

Εμπειρική μέθοδος προσδιορισμού της υγρασίας της άμμου. α) Εάν οι κόκκοι πέφτουν χωριστά, η άμμος είναι λίγο νωπή (ύφυγρος). β) Εάν οι κόκκοι πέφτουν ενωμένοι σε σώματα (συσσωματώματα), η άμμος είναι υγρή. γ) Εάν βρέχεται το χέρι, η άμμος είναι πολύ υγρή.

νων προιόντων, εξαρτώνται από τον προορισμό τους. Π.χ. άλλες απαιτήσεις και προδιαγραφές ισχύουν για άμμο, που προορίζεται για κοινό σκυρόδεμα και άλλες για άμμο, που θα χρησιμοποιηθεί για υψηλής αντοχής σκυρόδεμα.

Το ίδιο ισχύει και για τα άλλα είδη των λιθίνων προιόντων.

Οι κανονισμοί, που ισχύουν για κάθε περίπτωση και οι προδιαγραφές που έχουν συνταχθεί, θα εξετασθούν εκεί όπου γίνεται λόγος για τα υλικά, που κατασκευάζονται από τα λίθινα προιόντα.

2.12 Είδη φυσικών αδρανών. Χρήσεις τους.

Όπως είναι γνωστό, φυσικά αδρανή λέγονται όσα υλικά προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό των λίθων (§ 2.2).

Τα κυριότερα είδη της κατηγορίας αυτής είναι:

1ον. Χαλίκια.

Τα φυσικά χαλίκια μεγέθους 7 έως 70 mm χαρακτηρίζονται κυρίως από τις στρογγυλεμένες ακμές τους και τη λεία επιφάνειά τους. Αυτό οφείλεται στον κυλινδρισμό, που υπέστησαν

κατά την κίνησή τους μέσα στους χειμάρρους. Αντίθετα τα τεχνητά έχουν γωνιώδεις ακμές. Προέρχονται από κάθε φύσεως πετρώματα και φυσικά έχουν τις ιδιότητες των πετρωμάτων αυτών.

Χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα για την κατασκευή σκυροδεμάτων. Περισσότερο χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υποδομής των οδών.

Τα πλατιά χαλίκια (λατύπια) είναι ακατάλληλα για σκυροδέματα, επειδή παρουσιάζουν συνάφεια.

3ον. Άμμος.

Η φυσική άμμος αποτελείται από κόκκους γωνιώδεις και στρογγυλεμένους.

Βρίσκεται άφθονη στις παραλίες των θαλασσών (θαλάσσια), στις κοίτες των ποταμών (ποταμίσια), σε εναποθέσεις μέσα στο έδαφος (ορυκτή) και τέλος στις ερήμους.

Ανάλογα με τη σύστασή της διακρίνεται σε χαλαζιακή, εάν περιέχει σε μεγάλες ποσότητες χαλαζία, ασβεστολιθική, αργιλική κ.ο.κ.

– Η χαλαζιακή άμμος, που προέρχεται από θαλάσσια περιοχή, είναι η πιο κατάλληλη για την κατασκευή δομικών υλικών. Είναι σκληρή, γωνιώδης και ανθεκτική στους καιρικούς παράγοντες και καθαρή, χωρίς ξένες προσμίξεις.

– Η ποταμίσια άμμος περιέχει αρκετή ποσότητα αργιλικών υλικών και πρέπει, αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε σκυροδέματα, να πλυθεί για να αποβάλει ένα μέρος των αργιλικών αυτών προσμίξεων. Σε περίπτωση, που θα χρησιμοποιηθεί για κοινά ασβεστοκονιάματα, δεν χρειάζεται πλύσιμο.

– Η ορυκτή άμμος περιέχει επίσης ξένες προσμίξεις. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν σοβαρά κοιτάσματα ορυκτής άμμου, όπως άλλωστε δεν υπάρχει και άμμος ερήμου.

3ον. Αμμοχάλικο.

Σε ορισμένες περιοχές υπάρχουν εναποθέσεις υλικών με κόκκους, που ανήκουν και στα δύο είδη. Είναι δηλαδή μίγμα άμμου-χαλικών.

Το αμμοχάλικο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάτω από ορισμέ-

νες προϋποθέσεις με πολύ καλά αποτελέσματα για την κατασκευή σκυροδεμάτων.

Σε άλλες περιπτώσεις, πάντοτε μετά από εργαστηριακή έρευνα, χρησιμοποιείται στην οδοστρωσία.

Στην Ελλάδα υπάρχουν σε αφθονία διαφόρων ειδών αμμοχάλικα, κοντά στη θάλασσα, στους χειμάρρους, ή ορυκτό αμμοχάλικο και χρησιμοποιούνται πάρα πολύ.

4ον. Χώμα.

Το χώμα είναι το ανώτερο στρώμα του εδάφους. Μπορεί να θεωρηθεί ως μίγμα χαλαζιακής ή ασβεστολιθικής άμμου και λεπτοτέρων συστατικών αργιλικής κυρίως προελεύσεως. Το επιφανειακό στρώμα του χώματος περιέχει μεγάλες ποσότητες οργανικών ουσιών, που προέρχονται κυρίως από τα φυτά. Γι' αυτό είναι ακατάλληλο για την κατασκευή δομικών υλικών και πρέπει να αφαιρείται, από το υγιές υλικό των στρωμάτων που υπάρχουν κάτω από αυτό. Το κατώτερο στρώμα, το υπέδαφος όπως αποκαλείται, χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή των τούβλων (οπτοπλίνθων), όταν βέβαια η κοκκομετρική σύστασή του και η ποιότητα των υλικών, που το αποτελούν, πληρούν τους όρους των κανονισμών. Ποιοι είναι οι όροι αυτοί θα εξετασθεί στα επόμενα (§ 4.7).

2.13 Είδη τεχνητών αδρανών. Χρήσεις τους.

Τα λίθινα αυτά υλικά προέρχονται από τη θραύση (σπάσιμο) με τα χέρια ή με ειδικές μηχανές μεγάλων τεμαχίων λίθων, που εξορύσσονται στα λατομεία (§ 2.2).

Τα υλικά με τεχνητό τεμαχισμό έχουν μεγαλύτερη ποικιλία μεγέθους κόκκων, από αυτά που προέρχονται από φυσικό τεμαχισμό. Επίσης είναι πιο ομοιογενή, γιατί προέρχονται από το ίδιο πέτρωμα, οι ακμές τους είναι γωνιώδεις και οι επιφάνειές τους άγριες, γιατί δεν έχουν υποστεί κυλινδρισμό.

Τα κυριότερα είδη αυτών είναι:

1ον. Σκύρα.

Το μέγεθος της μεγαλύτερης διαστάσεώς τους, πρέπει να βρίσκεται, όπως και στα φυσικά χαλίκια, μεταξύ 7 και 70 mm. Προ-

έρχονται κυρίως από ασβεστολιθικά πετρώματα και σπανίως από πετρώματα άλλου είδους, π.χ. γρανιτικά.

Ανάλογα με τον προορισμό τους επιλέγονται σκύρα με ορισμένες ιδιότητες, τα οποία κατατάσσονται ως εξής:

– **Σκύρα λατομείου.** Προορίζονται κυρίως για τις κατασκευές από σκυρόδεμα. Λεπτομερέστερα θα ασχοληθούμε στο κεφάλαιο περί σκυροδεμάτων [κεφ. 4, § 4.15 (2ον)].

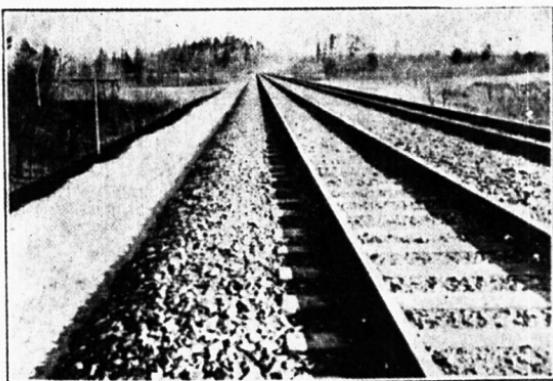
– **Σκύρα οδοστρωσίας.** Τα σκύρα αυτά (σχ. 2.13α) πρέπει να έχουν κυβική μορφή περίπου και οι διαστάσεις τους να κυμαίνονται μεταξύ 40 και 70 mm.

Πρέπει να προέρχονται από σκληρά πετρώματα κυρίως γρανιτικά ή σκληρά ασβεστολιθικά για να μην γίνονται σκόνη (κονιορτοποιούνται) όταν τα συμπιέζει ο οδοστρωτήρας. Επίσης πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις εξωτερικές επιδράσεις και ιδιαίτερα στις θερμοκρασιακές μεταβολές και τον παγετό. Τέλος πρέπει να είναι πολύ συμπαγή, ώστε να μην επιτρέπουν την εύκολη διέλευση του νερού. Από αυτή την ικανότητά τους εξαρτάται κυρίως η ζωή του οδοστρώματος.



Σχ. 2.13α.

Σκύρα οδοστρωσίας στρωμένα πάνω στην οδό και συμπιεζόμενα από μηχανικό κύλινδρο (οδοστρωτήρας).



Σχ. 2.136.

Έρμα σιδηροδρομικών γραμμών που αποτελεί τη βάση στηρίξεως των στρωτήρων, επάνω στους οποίους τοποθετείται η σιδηροτροχιά.

Τα σκύρα αυτά πωλούνται με το m^3 . Παραλαμβάνονται επί τόπου, όπου συσσωρεύονται σε κανονικά σχήματα κάλουρης πυραμίδας κατά μήκος του καταστρώματος της οδού. Εκεί γίνεται και η καταμετρησή τους.

— Έρμα των σιδηροδρομικών γραμμών (σχ. 2.13β). Και τα σκύρα αυτά πρέπει να έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα σκύρα οδοστρωσίας και μάλιστα περισσότερο αυξημένη αντοχή στις καιρικές επιδράσεις, επειδή βρίσκονται τελείως εκτεθειμένα σ' αυτές.

2ον. Ψηφίδες.

Οι διαστάσεις τους κυμαίνονται μεταξύ 5 και 12 mm. Περιέχουν δηλαδή τις κατώτερες διαβαθμίσεις των χαλικιών και τις ανώτερες της άμμου. Στο εμπόριο κυκλοφορούν με την ονομασία σύντριμμα ή γαρμπίλι.

Ανάλογα με τον προορισμό τους λαμβάνονται από διάφορα είδη λίθων.

Έτσι προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στη σύνθεση των σκυροδεμάτων, στην κατασκευή του πρώτου στρώματος των μωσαϊκών δαπέδων κ.ά., λαμβάνονται από ασβεστόλιθους.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την άνω ορατή επιφάνεια των μωσαϊκών ή των αρτιφισιέλ, λαμβάνονται από λευκά ή έγχρωμα μάρμαρα (μαρμαροψηφίδες) και κυκλοφορούν στο

εμπόριο με διάφορες ονομασίες, ανάλογα με το μέγεθος του κόκκου τους, ως ρύζι, μπιζέλι κλπ.

3ον. Άμμος.

Διακρίνεται ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής σε:

- Άμμο θραυστήρα.
- Άμμο τριβείου και
- ειδική άμμο τριβείου.

Επίσης διακρίνεται ανάλογα με το μέγεθος του κόκκου της, που κυμαίνεται, όπως είναι γνωστό, από 0,25 έως 7 mm σε:

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

– Λεπτή άμμο με μέγεθος κάτω από 1 mm. Στη λεπτή άμμο περιέχεται και ένα ποσοστό παιπάλης (αλεύρου), που όμως δεν πρέπει να υπερβαίνει ορισμένα όρια.

Στο εμπόριο η άμμος διακρίνεται σε άμμο λατομείου (ή μπετού) και σε άμμο κτισίματος.

Η πρώτη προέρχεται από τη θραύση (σπάσιμο) των λίθων και παρουσιάζει κοκκομετρική σύσταση ικανοποιητική για τα περισσότερα είδη κονιαμάτων.

Η δεύτερη είναι μίγμα άμμου λατομείου και χώματος. Περιέχει μεγάλη ποσότητα αργίλου, γι' αυτό είναι τελείως ακατάλληλη για τα υδραυλικά κονιάματα, αυτά δηλαδή στα οποία χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη το τσιμέντο. Στα ασβεστοκονιάματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αλλά μόνο σε δευτερεύουσες εργασίες (κτίσιμο προχείρων λιθοδομών κλπ.). Πάντως πρέπει να αποφεύγεται και μόνο η χαμηλή της τιμή δικαιολογεί την έστω περιορισμένη ακόμα χρησιμοποίησή της.

Η διάκριση των δύο αυτών κατηγοριών είναι πολύ εύκολη και δεν απαιτείται εργαστηριακός έλεγχος. Ένας απλός τρόπος είναι να τρίψουμε μικρή ποσότητα άμμου με τα χέρια μας. Εάν αφήσει υπολείμματα στη παλάμη, σημαίνει ότι περιέχει πηλό, ανήκει δηλαδή στη δεύτερη κατηγορία. Ακριβέστερος προσδιορισμός γίνεται εάν ρίψουμε μικρή ποσότητα μέσα σ' ένα δοχείο με νερό. Παρατηρούμε ότι:

- Το νερό θα καθαρίσει τελείως ύστερα από λίγο χρόνο, εάν πρόκειται για άμμο λατομείου.
- Το νερό θα θολώσει πολύ και θα παραμείνει το θόλωμα, εάν πρόκειται για άμμο κτισίματος.

Και τα δύο αυτά είδη πωλούνται ή με τον όγκο τους (μονάδα το m³) ή με το βάρος τους (μονάδα ο τόννος). Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να προσδιορισθεί όπως ήδη γνωρίζομε το φαινόμενο ειδικό βάρος και στη συνέχεια ο όγκος (§ 0.10).

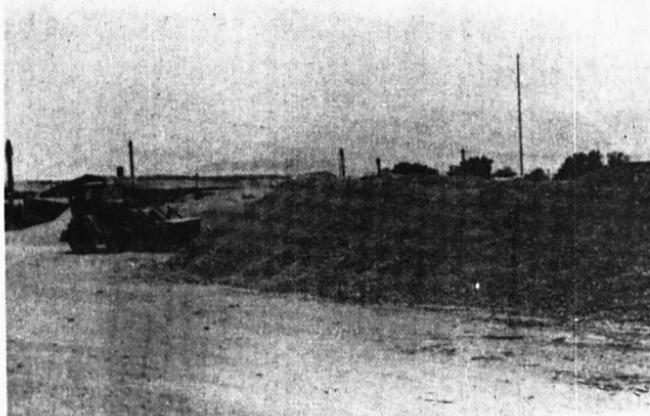
Η χρησιμοποίηση της άμμου στις κατασκευές είναι πολύ μεγάλη. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή τεχνητών λίθων και σκυροδεμάτων και για την παρασκευή κονιαμάτων, που χρησιμοποιούνται στο κτίσιμο των τεχνητών και των φυσικών λίθων.

4ον. Μαρμαρόσκονη.

Προέρχεται από την λειοτρίβηση λευκών κυρίως μαρμάρων. Το μέγεθος των κόκκων της είναι κάτω από 1 mm. Χρησιμοποιείται αντί άμμου για την κατασκευή της τελευταίας στρώσεως των επιχρισμάτων και για την κατασκευή των λευκών μωσαϊκών και των αρτιφισιέλ. Στο εμπόριο πωλείται με το kg και υπάρχει μέσα σε σάκους ή χύμα.

2.14 Ειδικά αδρανή.

Τα υλικά αυτά έχουν κοκκώδη μορφή και βρίσκονται αυτούσια στη φύση ή παρασκευάζονται τεχνητά, αλλά δεν προέρχονται από λίθους. Έχουν παρόμοιες ιδιότητες και χρήσεις με τα λίθινα προϊόντα και γι' αυτό τα εξετάζομε εδώ.



Σχ. 2.14α.
Σκύρα ελαφρόπετρας (κισσήρεως).

1ον. Ελαφρόπετρα (κισσηρη).

Τα σκύρα ελαφρόπετρας (κισσήρεως) προήλθαν από την ηφαιστειακή ενέργεια επάνω σε τραχειτικό πέτρωμα [κεφ. 1, § 1.8 (4ον)]. Τα σκύρα αυτά λαμβάνονται από τα φυσικά αποθέματα ελαφρόπετρας (Σαντορίνη, Γυαλί, Νίσυρος) με κοσκίνισμα. Το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2,5 cm (σχ. 2.14a). Χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή ελαφρών σκυροδεμάτων, ελαφρών τεχνητών λίθων (κισσηρόλιθοι) και ως θερμομονωτικό των δωμάτων.

Οι ποσότητες που παρήχθησαν στην Ελλάδα δίνονται στον πίνακα 2.14.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.14.1

Παραγωγή ελαφρόπετρας (σε τόννους)

1938:	50.300	1973:	757.130
.....		1974:	523.890
1960:	80.000	1975:	525.950
1970:	450.770	1976:	399.750
1971:	419.080	1990:	665.500
1972:	533.630	1991:	536.300

Από τον πίνακα προκύπτει ότι η χρησιμοποίηση των σκύρων ελαφρόπετρας αυξάνεται συνεχώς και μάλιστα με υψηλό ρυθμό.

2ον. Μπεντονίτης.

Το υλικό αυτό είναι άργιλος κολλοειδής πολύ πλαστική. Η κυριότερη ιδιότητά του είναι ότι απορροφάει μεγάλες ποσότητες νερού και διογκώνεται. Με τη διόγκωση αυτή φράσσονται οι πόροι και τα τριχοειδή του υλικού και δεν διεισδύει πια άλλο νερό. Η ιδιότητα αυτή εμφανίζεται σε όλες τις αργίλους, αλλά στον μπεντονίτη εκδηλώνεται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό.

Χρησιμοποιείται πολύ για τη στεγανοποίηση του εδάφους, των θεμελίων διαφόρων τεχνικών έργων, των οδοστρωμάτων και κυρίως σε υδραυλικά έργα. Στα τελευταία με τον μπεντονίτη επιτυγχάνεται στεγανοποίηση του πυθμένα τεχνητών λιμνών, αρδευτικών τάφρων κλπ.

Στην Ελλάδα υπάρχει μπεντονίτης άριστης ποιότητας στη Μήλο.

3ον. Σκουριές υψηλαμίνων.

Λαμβάνονται κατά την παραγωγή χυτοσιδήρου στις υψηλαμίνους. Κύρια συστατικά τους είναι: πυριτία (SiO_2), οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3), οξείδιο του ασβεστίου (CaO) και άλλα οξείδια σε μικρότερες ποσότητες.

Το υλικό αυτό διέρχεται από θραυστήρες και κόσκινα και χρησιμοποιείται με μορφή άμμου και σκύρων για την παρασκευή σκυροδεμάτων με τσιμέντο Portland.

4ον. Κουρασάνι.

Γνωστό υλικό από τους αρχαίους χρόνους. Προέρχεται από το θρυμματισμό υλικών ψημένης αργιλου (τούβλων, κεράμων). Το πολύ λεπτό υλικό, με διάμετρο κόκκου 1 πμ, χρησιμοποιείται για την παρασκευή λεπτοκονιαμάτων με υδρασβέστη. Το κονίαμα αυτό έχει σημαντική υδραυλικότητα. Το χονδρό υλικό (σκύρα κουρασανίου) χρησιμοποιείται για την κατασκευή σκυροδεμάτων με συγκολλητική ύλη το τσιμέντο.

5ον. Περλίτης.

Είναι συμπαγές ηφαιστειογενές πέτρωμα. Στην Ελλάδα υπάρχει στη Μήλο, Κω, Γυαλί κ.ά. Με κατάλληλη θερμική επεξεργασία στους 1100°C περίπου, διογκώνεται το πέτρωμα 10 έως 25 φορές και σπάζεται σε κόκκους διαφόρων διαμέτρων (0,1 έως 5 πμ). Οι κόκκοι αυτοί είναι κενοί στο εσωτερικό τους [μοιάζουν με μικρές κύστεις (φούσκες)] (σχ. 2.14β).

Ο διογκωμένος περλίτης είναι αδρανής και δεν προσβάλλει τα μέταλλα. Αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 850°C) και εμποδίζει τη μετάδοση της φωτιάς. Έχει εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες ($\lambda = 0,034$ έως $0,040 \text{ kcal/m.h.grd}$) και δεν προσβάλλεται από την υγρασία.

Χρησιμοποιείται ή αυτούσιος για μόνωση τοίχων, ταρατσών κλπ., ή για την παρασκευή μονωτικών λεπτοκονιαμάτων (περλιτικά επιχρίσματα) και μονωτικά χονδροκονιάματα (περλιτομπετόν).



Σχ. 2.146.
Κόκκοι διογκωμένου περλίτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ (ΚΟΝΙΕΣ)

3.1 Γενικά.

Νωρίς ο άνθρωπος αναζήτησε νέα υλικά καλύτερης ποιότητας από τα βασικά (λίθους, ξύλα) που να έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες για κατασκευή συνθετοτέρων έργων.

Το πρώτο από τα νέα αυτά υλικά, που εύκολα παίρνομε από τη φύση, είναι το αργιλικό χώμα [(κεφ. 2, § 2.1 και 2.12 (4ov)].

Όταν αναμιχθεί με νερό δημιουργείται μία εύπλαστη μάζα, που στερεοποιείται, όταν εκτεθεί στον ήλιο, οπότε και εξατμίζεται το νερό που περιέχει. Η στερεοποίηση αυτή της μάζας οφείλεται στην ύπαρξη συγκολλητικής ουσίας, που ονομάζεται *πηλοκονία*. Η ουσία αυτή συνδέει μεταξύ τους τους κόκκους της άμμου, που αποτελούν μέρος του χώματος. Η πηλοκονία έχει ασθενείς συγκολλητικές ιδιότητες, τις οποίες χάνει, όταν βραχεί ξανά, πράγμα που έχει μεγάλη σημασία όπως θα δούμε παρακάτω.

Με την πάροδο του χρόνου ανακαλύφθηκαν ισχυρότερες συνδετικές ύλες, όπως π.χ. ο ασβέστης, τα ασφαλτικά υλικά, το τσιμέντο. Αυτές οι ύλες διατηρούν τη συγκολλητική τους ίδιότητα κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες.

Οι πιο πάνω συνδετικές ύλες και τα λίθινα προϊόντα, που εξετάσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρέχουν σήμερα τη δυνατότητα να κατασκευάζομε μεγάλο αριθμό υλικών κτισμάτος (δομής).

Ονομάζομε *συνδετική ύλη ή κονία* κάθε υλικό, που με κατάλληλη προεργασία, μπορεί να γίνει πλαστικό και να εκδηλώνει συγκολλητικές ιδιότητες, καθώς στερεοποιείται βαθμιαία, έως ότου σχηματίσει σκληρή και συμπαγή μάζα.

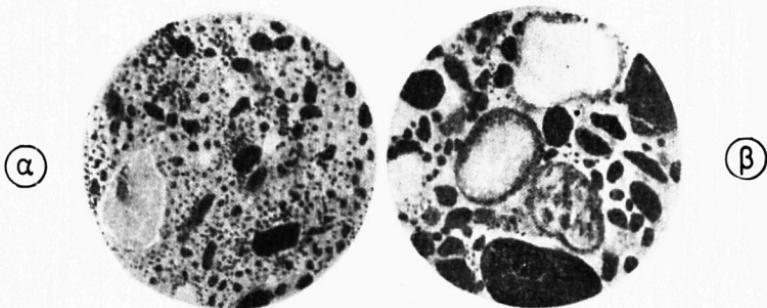
Οι περισσότερες συνδετικές ύλες γίνονται πλαστικές και εμφανίζουν συγκολλητικές ιδιότητες, όταν αναμιχθούν με νερό (ύδωρ). Στερεοποιούνται είτε λόγω εξατμίσεως του νερού, όπως π.χ. η πηλοκονία, είτε λόγω χημικών αντιδράσεων, όπως π.χ. ο ασβέστης και το τσιμέντο.

Ξηρές, δηλαδή χωρίς προσθήκη νερού, οι πιο πάνω κονίες δεν παρουσιάζουν συνδετικές ιδιότητες.

Αντίθετα άλλες κονίες, όπως π.χ. οι ασφαλτικές, γίνονται πλαστικές όταν θερμανθούν και σκληραίνουν όταν ψυχθούν. Άλλες, όπως οι συνθετικές κονίες, βρίσκονται σε υγρή κατάσταση και στερεοποιούνται λόγω χημικών αντιδράσεων.

Τα μόρια των κονιών δεν συνδέονται μόνο μεταξύ τους, αλλά μπορούν να συνδεθούν και με κόκκους άλλων υλικών, όπως είναι οι κόκκοι των λιθίνων προϊόντων. Με τη σύνδεση και στερεοποίηση της κονίας με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται σώματα στερεά, κατάλληλα για τις κατασκευές. Οι κόκκοι των λιθίνων προϊόντων δεν συμμετέχουν ενεργά στη διεργασία αυτή της συγκολλήσεως και γι' αυτό τα λιθίνα προϊόντα καλούνται αδρανείς ύλες ή αδρανή υλικά, όπως ήδη αναφέραμε (§ 2.1).

Εάν αναμίξομε μία κονία (π.χ. ασβέστη ή τσιμέντο) με νερό και αδρανείς ύλες (άμμο ή σκύρα), παίρνομε ένα πλαστικό μίγμα, που ονομάζεται *κονίαμα* (λάσπη) ή *σκυρόδεμα* (μπετόν). Κατά τη σκλήρυνση της κονίας οι κόκκοι των αδρανών συνδέονται μεταξύ τους και έτσι σχηματίζεται ένα στερεό σώμα (σχ. 3.1a). Οι διάφορες ιδιότητες του στερεού αυτού εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το είδος της κονίας, που χρησιμοποιήθηκε.



Σχ. 3.1a.

Σκληρή μάζα αδρανών και κονίας. Διακρίνονται οι κόκκοι των αδρανών και η κονία που τους περιβάλλει. α) Μίγμα άμμου και κονίας. β) Μίγμα άμμου, σκύρων και κονίας.

3.2 Πολτός. Ξήρανση, πήξη και σκλήρυνση κονίας.

Τὸ μίγμα κονίας-νερού καλείται πολτός.

Το ποσό του νερού, με το οποίο πρέπει να αναμιχθούν οι κονίες, εξαρτάται από το είδος της κονίας, από τις συνθήκες που επικρατούν κατά την επεξεργασία (υγρασία και θερμότητα περιβάλλοντος) και από τις ιδιότητες, που θέλομε να έχει ο πολτός.

Ο πολτός, που προέρχεται από την ανάμιξη των απαραιτήτων ποσοτήτων νερού και κονίας, αποκτά τη μέγιστη δυνατή πλαστικότητα και καλείται κανονικός πολτός.

Όταν ο πολτός στερεοποιείται με απλή εξάτμιση του νερού έχουμε ξήρανση της κονίας. Κονία, η οποία στερεοποιείται μόνο με ξήρανση, εκδηλώνει ξανά πλαστικές ιδιότητες, όταν διαποτισθεί πάλι με νερό.

Όταν όμως η στερεοποίηση του πολτού προέρχεται από χημικές αλλοιώσεις, έχουμε πήξη της κονίας.

Διακρίνομε αρχική και τελική πήξη.

Αρχική πήξη καλείται η κατάσταση εκείνη του πολτού, κατά την οποία δεν είναι πια δυνατό να μεταβληθεί το σχήμα που έχει πάρει αυτός, χωρίς να καταστραφεί η συνοχή των μορίων της συγκολλητικής ύλης.

Τελική πήξη καλείται η κατάσταση, κατά την οποία ο πολτός σκληραίνει τόσο, ώστε να έχει φθάσει σ' ένα βαθμό μηχανικής αντοχής η οποία καθορίζεται από τους κανονισμούς για κάθε είδος κονίας.

Σε πολλά είδη κονιών ο βαθμός της μηχανικής αντοχής αυξάνει με την πάροδο του χρόνου (περίπτωση τσιμέντου), οπότε έχουμε τη σκλήρυνση της κονίας.

3.3 Κατηγορίες κονιών.

Οι κονίες διακρίνονται σε κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευση και τον τρόπο πήξεώς τους.

1ον. Ανάλογα με την προέλευση.

– **Φυσικές κονίες.** Αυτές βρίσκονται ελεύθερες στη φύση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως, χωρίς καμιά κατεργασία. Παράδειγμα η πηλοκονία, η ποζουλάνη (θηραϊκή γη) κλπ.

– **Τεχνητές κονίες.** Για την παρασκευή τους είναι απαραίτητη η επέμβαση του ανθρώπου, ο οποίος με κατάλληλες χημικές ή φυσικές μεθόδους απομονώνει αυτές από άλλα υλικά ή τις παρασκευάζει συνθετικά. Κονίες αυτού του είδους είναι ο ασβέστης, το τσιμέντο, τα διάφορα ασφαλτικά υλικά κ.ά.

2ον. Ανάλογα με τον τρόπο πήξεως.

– **Αερικές.** Ξηραίνονται ή πήζουν μόνο όταν έρθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Π.χ. η πηλοκονία, ο ασβέστης κλπ.

– **Υδραυλικές.** Μπορούν να σκληρύνουν μέσα στο νερό, όπως π.χ. το τσιμέντο, οι ασφαλτοκονίες.

Η ιδιότητα, που έχουν οι κονίες αυτές να πήζουν μέσα στο νερό, καλείται *υδραυλικότητα* και οφείλεται στην ειδική χημική σύστασή τους.

Οι υδραυλικές κονίες αφού αναμιχθούν με νερό και σχηματίσουν πολτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως αερικές. Μπορούν δηλαδή να σκληρύνουν και στον ατμοσφαιρικό αέρα.

3.4 Είδη κονιών.

Παρακάτω θα εξετάσουμε μερικές από τις πιο διαδεδομένες συνδετικές ύλες. Στην εξέταση αυτή θα πούμε λίγα λόγια για την προέλευση και την παρασκευή τους, τις ιδιότητες και μεθόδους ελέγχου τους, καθώς και τις κυριότερες χρήσεις τους.

3.5 Πηλοκονία.

Η πηλοκονία είναι ως προς την προέλευση φυσική κονία, αν και δεν βρίσκεται ελεύθερη στη φύση. Είναι πάντοτε αναμιγμένη με άλλες αδρανείς ύλες διαφορετικής συστάσεως και κυρίως με άμμο.

Το μίγμα αυτό της πηλοκονίας και των αδρανών υλών αποτελεί τους γνωστούς πηλούς ή αργίλους (σχ. 3.5α), που χρησιμοποιούνται πολύ για την κατασκευή των οπτοπλίνθων (τούβλων).

Η πηλοκονία δεν έχει ορισμένη φυσική (ορυκτολογική) ή χη-



Σχ. 3.5α.

Αργιλικό έδαφος με μεγάλη περιεκτικότητα σε πηλοκονία. Οι ρωγμές οφείλονται στην ξήρανση της πηλοκονίας και στη λόγω αυτού έντονη συστολή της αργίλου.

μική σύσταση. Βασικά όμως συστατικά της είναι διάφορες ένυδρες ενώσεις του πυριτίου και του αργιλίου.

Ανήκει στην κατηγορία των αερικών κονιών. Για να σταθεροποιηθεί πρέπει να εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα, οπότε εξατμίζεται το νερό που περιέχεται σ' αυτή. Η πηλοκονία ξηραίνεται και συγκολλώνται τα μόρια των αδρανών υλικών με τους κόκκους της κονίας και μεταξύ τους.

Επάνω σ' αυτή την ιδιότητα βασίζεται η κατασκευή των ωμοπλίνθων. Εάν όμως μετά την ξήρανση διαποτισθεί πάλι με νερό επανέρχεται η κονία στην πλαστική της κατάσταση και διαλύεται το στερεό που δημιουργήθηκε.

Για να αποφύγομε αυτό το ενδεχόμενο, γίνεται (όπτηση) ψήσιμο της ωμοπλίνθου. Κατά το ψήσιμο η πηλοκονία χάνει το χημικά αναμιγμένο με αυτή νερό και μετατρέπεται πλέον σε σταθερή ένωση, η οποία δεν επηρεάζεται από το νερό.

Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η κατασκευή των τούβλων

των κεράμων, των πηλοσωλήνων κλπ. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται από τους αρχαιότατους χρόνους πάρα πολύ. Ο τρόπος κατασκευής τους θα αναπτυχθεί στο Κεφάλαιο 4.

3.6 Γύψος.

1ον. Προέλευση.

Ο γύψος είναι λεπτή σκόνη καὶ έχει χρώμα λευκό ἢ υπόλευκο. Χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη στην οικοδομική σε δευτερεύουσες κυρίως εργασίες.

Στην Ελλάδα παράγεται αρκετή ποσότητα, η οποία καλύπτει τις εγχώριες ανάγκες. Κατά τα τελευταία χρόνια έχουν παραχθεί οι εξής ποσότητες (πίνακας 3.6.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6.1

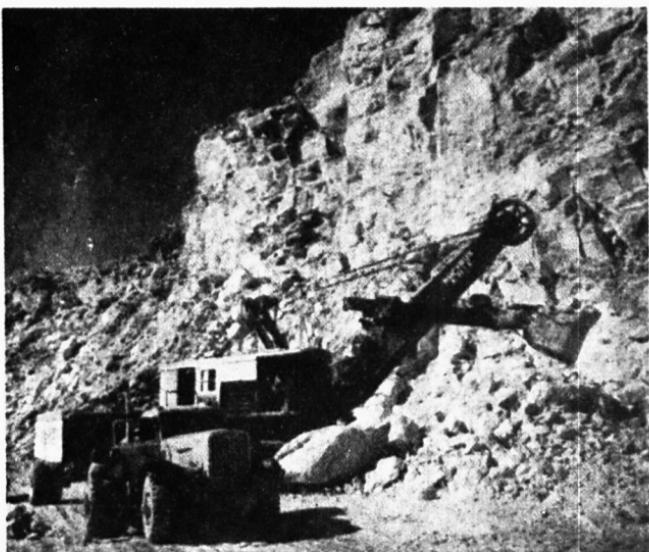
Παραγόμενος γύψος σε μορφή σκόνης (σε τόννους)

1962	93.003	1984	37.994
1963	113.709	1985	35.778
1964	126.196	1986	34.592
1965	120.927		
1966	156.005		

Ως πρώτη ύλη για την παρασκευή του γύψου χρησιμοποιείται το ορυκτό φυσικός γύψος, το οποίο βασικά αποτελείται από ένυδρο θειικό ασβέστιο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (σχ. 3.6a). Το ορυκτό αυτό περιέχει και άλλες προσμίξεις, που επιδρούν δυσμενώς στις ιδιότητες της κονίας.

Το ποσοστό των ξένων αυτών προσμίξεων δεν πρέπει να υπερβαίνει ορισμένα όρια, τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 25 και 30%.

Όταν θερμάνομε το ορυκτό αποβάλλεται, ανάλογα με το ύψος της θερμοκρασίας, ένα μέρος ἢ το σύνολο του χημικά ενωμένου νερού. Το προϊόν που προκύπτει καλείται καμμένος (κεκαυμένος) γύψος και έχει την ιδιότητα να μετατρέπεται πάλι σε στερεό ένυδρο θειικό ασβέστιο, όταν ξαναπάρει την ποσότητα του νερού που έχασε κατά τη θέρμανσή του.



Σχ. 3.6α.
Εξόρυξη ορυκτού γύψου με μηχανικά μέσα.

Έτσι ο καμμένος γύψος, όταν αναμιχθεί με νερό, πετρώνει και μπορεί να συγκολλήσει μεταξύ τους τους κόκκους ή τα τεμάχια διαφόρων αδρανών υλικών, που έχουν αναμιχθεί με αυτόν.

2ον. Είδη.

Ανάλογα με το βαθμό θερμάνσεως του φυσικού γύψου παρασκευάζονται τρία εντελώς διαφορετικά είδη καμμένου γύψου.

– Όταν η θερμοκρασία ψησίματος (οπτήσεως) βρίσκεται μεταξύ 110° C και 180° C περίπου, ο φυσικός γύψος χάνει τα $3/4$ του κρυσταλλικού νερού και μετατρέπεται σε προιόν, που μετά την άλεσή του σε λεπτότατη σκόνη μπορεί να σκληρύνει πολύ γρήγορα, εάν αναμιχθεί με νερό. Αυτή καλείται πλαστικός γύψος, και χρησιμοποιείται πολύ σε διάφορες εφαρμογές.

– Όταν ο φυσικός γύψος θερμανθεί σε θερμοκρασία πάνω από 180° C και μέχρι τους 500° C, χάνει όλο το νερό που περιέχει. Συγχρόνως όμως παύει πια να έχει την ικανότητα να σκληραίνει, όταν προσλάβει ξανά νερό. Ο γύψος αυτός είναι αδρανής και δεν χρησιμοποιείται ως κονία.

– Τέλος με θέρμανση πάνω από 500° C αποκτά ξανά την ικανότητα της σκληρύνσεως και γύρω στους 1000° C ερυθροπυρώνεται. Το προιόν, που παίρνομε στην περίπτωση αυτή, καλείται τραχύς ή άνυδρος γύψος και μπορεί να σκληρύνει, όταν αναμιχθεί με νερό. Ο ρυθμός σκληρύνσεως του τραχύ γύψου είναι πολύ βραδύτερος από ό,τι του πλαστικού γύψου.

3ον. Παρασκευή.

Η παρασκευή του γύψου γίνεται με διάφορες μεθόδους. Παλαιότερα έσπαζαν τον ορυκτό γύψο σε μικρά τεμάχια, τα οποία τοποθετούσαν μέσα σε κλίβανους παρόμοιους με τους "χωριάτικους φούρνους". Οι κλίβανοι αυτοί θερμαίνονταν προγουμένως με έγκλιτα μέχρι τη θερμοκρασία των 160° C περίπου, και, αφού καθαρίζονταν από τα υπολείμματα της καύσεως, τους γέμιζαν με το φυσικό γύψο. Με τη μέθοδο αυτή παίρναμε μικρές ποσότητες πλαστικού γύψου, άριστης όμως ποιότητας.

Άλλη μέθοδος, περισσότερο διαδεδομένη, ήταν με χρησιμοποίηση θολωτών καμινιών. Στο δάπεδο των καμινιών αυτών κτίζονται αρχικά τα μεγάλα τεμάχια του φυσικού γύψου, έτσι ώστε να σχηματίζουν 6 έως 7 παράλληλες μικρές στοές τόσο μακριές όσο το πλάτος του καμινιού. Μέσα στις στοές αυτές τοποθετείται η καύσιμη ύλη. Στη συνέχεια τοποθετούνται τα μικρότερα τεμάχια του γύψου κατά μεγέθη, έως ότου γεμίσει το καμίνι.

Η θέρμανση διαρκεί 10 έως 12 ώρες και η θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβεί τους 180° C. Μετά την παρέλευση του απαιτούμενου χρόνου σβήνεται η φωτιά και αφήνεται να ψυχθεί ο σωρός. Στη συνέχεια τα τεμάχια του γύψου αλέθονται και προκύπτει λευκή σκόνη η οποία συσκευάζεται σε χάρτινους σάκους των 50 kg για να διατεθεί στο εμπόριο.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει το σοβαρό μειονέκτημα, ότι ο σωρός του φυσικού γύψου θερμαίνεται ανομοιόμορφα, με αποτέλεσμα ο γύψος που παράγεται να είναι κατώτερης ποιότητας.

Στις νεότερες μεθόδους παρασκευής του γύψου χρησιμοποιούνται σιδερένια περιστρεφόμενα καμίνια κατακόρυφα ή οριζόντια, μέσα στα οποία ρίχνεται ο ορυκτός γύψος, αφού προηγουμένως τον σπάσουμε σε μικρά τεμάχια. Η ανύψωση της θερμο-

κρασίας μέχρι το βαθμό που επιθυμούμε γίνεται θερμαίνοντας τα τοιχώματα του καμινιού απ' έξω. Έτσι οι φλόγες δεν έρχονται σε επαφή με το υλικό, και με την περιστροφή του καμινιού η θερμότητα κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του υλικού.

Με τη μέθοδο αυτή παράγεται πλαστικός ή τραχύς γύψος πολύ καλής ποιότητας.

4ον. Ιδιότητες του γύψου.

α) Πήξη. Η πήξη του γύψου επέρχεται μετά την ανάμιξή της με νερό, οπότε σχηματίζεται πάλι η ένωση του ένυδρου θειικού ασβεστίου και η κονία πετρώνει.

Κατά την πήξη του πλαστικού γύψου, η θερμοκρασία του πολτού αυξάνεται αισθητά, ενώ συγχρόνως παρουσιάζεται διόγκωση της μάζας του. Η διόγκωση μετά από 24 ώρες φθάνει το 1% του αρχικού όγκου.

Στον τραχύ γύψο δεν παρουσιάζονται τα φαινόμενα της αυξήσεως της θερμοκρασίας και της διογκώσεως.

Η ταχύτητα της πήξεως εξαρτάται από την ποιότητα και γενικά από την καθαρότητα του γύψου. Οι ξένες προσミξεις γενικά επιβραδύνουν την πήξη και σκλήρυνση του γύψου. Για τις συνηθισμένες ποιότητες πλαστικού γύψου ο χρόνος πήξεως κυμαίνεται από 5 έως 30 min, αφότου γίνει η ανάμιξη με το νερό. Η πλήρης σκλήρυνση επέρχεται αφού περάσουν 24 ώρες περίπου.

β) Μόνωση στη θερμότητα και τον ήχο. Επειδή η μάζα του γύψου είναι πορώδης και μέσα στους πόρους υπάρχει αέρας, δεν διέρχονται εύκολα οι ήχοι και η θερμότητα μέσα από τα γύψινα υλικά. Τα γύψινα κονιάματα έχουν τριπλάσια μονωτική ικανότητα απ' ότι τα άλλα κονιάματα [§ 4.8 (6ον)].

γ) Αντοχή σε πύρωση. Ο γύψος αντέχει περισσότερο από τα άλλα υλικά στις υψηλές θερμοκρασίες, γιατί:

– Απορροφά μεγάλες ποσότητες θερμότητας, χωρίς να αυξάνει η θερμοκρασία της αισθητά, και

– δεν διαστέλλεται κατά την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως συμβαίνει με τα άλλα υλικά. Γι' αυτό είναι πολύ καλό υλικό για την προστασία χώρων που διατρέχουν κίνδυνο πυρκαγιάς (σχ. 4.3γ).

δ) Μηχανική αντοχή. Η μηχανική αντοχή του πλαστικού γύψου είναι μικρή και εξαρτάται από το ποσό και το είδος των ξέ-

νων προσμίξεων. Η αντοχή του σε θλίψη κυμαίνεται μεταξύ:
 $\sigma_{\text{θλ}} = 60 \text{ kp/cm}^2$ και 100 kp/cm^2
 και σε εφελκυσμό μεταξύ
 $\sigma_{\text{εφ}} = 4 \text{ kp/cm}^2$ και 30 kp/cm^2

Ο τραχύς γύψος έχει τετραπλάσια περίπου αντοχή.

ε) **Σκληρότητα.** Αντοχή σε τριβή. Η επιφανειακή σκληρότητα του γύψου είναι πολύ μικρή. Χαράσσεται από το νύχι [§ 0.11 (5ov)]. Υπάρχουν όμως διάφορες μέθοδοι, με τις οποίες επιτυγχάνεται αύξηση της σκληρότητας.

Ο τραχύς γύψος έχει μεγαλύτερη σκληρότητα, γιατί κατά το ψήσιμό (την όπτηση) του στους 1000°C διασπάται ένα μέρος του θειικού ασβεστίου (CaSO_4) και απελευθερώνεται οξείδιο του ασβεστίου (CaO). Μετά την ανάμιξη με το νερό ο γύψος μετατρέπεται, όπως γνωρίζομε, σε ένυδρο θειικό ασβέστιο, ενώ το οξείδιο του ασβεστίου, αφού προσλάβει διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) από την ατμόσφαιρα, μετατρέπεται σε ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Αυτό είναι υλικό πολύ μεγάλης αντοχής και σκληρότητας. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι:



στ) **Διαλυτότητα.** Ο γύψος είναι διαλυτός στο νερό μετά τη σκλήρυνσή του, και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό. Το γεγονός αυτό αποτελεί το βασικό του μειονέκτημα απέναντι στις άλλες κονίες. Γι' αυτό δεν συνιστάται η χρησιμοποίησή του σε εξωτερικές εργασίες. Απαιτείται μάλιστα ιδιαίτερη μόνωση για την υγρασία και στις εσωτερικές εργασίες. Ένας απλός τρόπος προστασίας είναι η λαδομπογιά (ελαιοβαφή) όλων των στοιχείων, που έχουν κατασκευασθεί από γύψο.

5ον. Χρήσεις του γύψου.

Χρησιμοποιείται πολύ από την αρχαιότητα. Κυριότερες χρήσεις σήμερα:

- Εσωτερική επικάλυψη ή επίχριση τοίχων και οροφών.
- Σύνδεση άλλων υλικών.
- Κατασκευή των διαφόρων διακοσμητικών στοιχείων όπως, διαζώματα, κορνίζες κλπ..

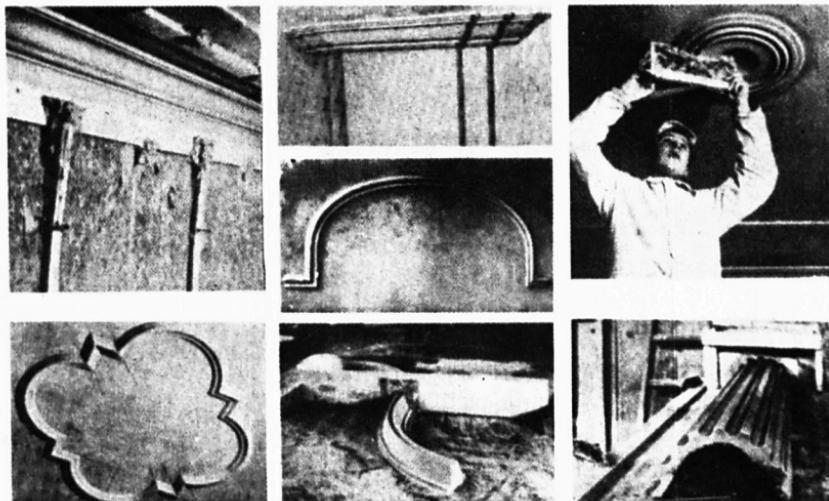
Οι επικαλύψεις γίνονται με μίγμα γύψου και άμμου σε ανα-

αναλογία βάρους 70% άμμου, 20% γύψου και 10% άλλων υλικών επιβραδυντικών της πήξεως και ενισχυτικών της πλαστικότητας και συνοχής του υλικού. Το γυψοκονίαμα αυτό δίνει καλύτερες επιφάνειες από τα άλλα κονιάματα, αλλά επειδή ο γύψος είναι ακριβός δεν χρησιμοποιείται πολύ.

Το κόστος του επιχρίσματος ελαττώνεται εάν χρησιμοποιήσουμε γυψασβεστοκονία, δηλαδή μίγμα πλαστικού γύψου και υδρασβέστη σε αναλογία:

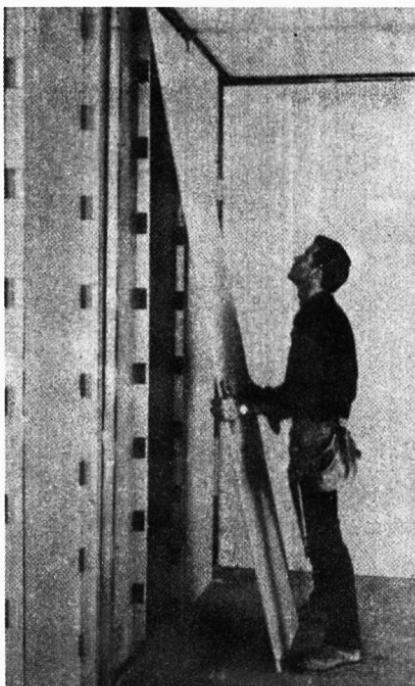
1 μέρος βάρους γύψου και 2 έως 3 μέρη βάρους υδρασβέστη επιχρίσεων [§ 3.8 (6ον)].

Επειδή ο γύψος έχει την ιδιότητα να διογκώνεται, χρησιμοποιείται για την κατασκευή διαφόρων εσωτερικών διακοσμητικών στοιχείων των κατοικιών, όπως π.χ. διαζώματα τοίχων με διάφορα πλάτη και σχήματα, λούκια οροφών, ροζέτες κ.ά. (σχ. 3.6β). Αυτά τα στοιχεία κατασκευάζονται με τη βοήθεια καλουπιών (τύπων) και ο γύψος, επειδή διογκώνεται, καταλαμβάνει και τις μικρότερες λεπτομέρειες των καλουπιών αυτών. Για την αύξηση της αντοχής αναμιγνύονται με τον πολτό του γύψου διάφορες ινώδεις ύλες, όπως π.χ πριονίσματα ξύλων, τρίχες και άλλα παρόμοια υλικά.



Σχ. 3.6β.

Διάφορα διακοσμητικά στοιχεία από γύψο που χρησιμοποιούνται στη δομική.



Σχ. 3.6γ.

Φύλλα από γύψο (γυψοσανίδες) που χρησιμοποιούνται σε κατασκευή εσωτερικών διαχωρισμάτων.

Επίσης ο γύψος χρησιμοποιείται για την κατασκευή γυψοσανίδων, οι οποίες είναι φύλλα ή πλάκες πάχους από 6 έως 12 mm (σχ. 3.6γ). Οι γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή ψευδοροφών ή την κάλυψη κατακορύφων ή οριζοντίων εσωτερικών κοιλοτήτων. Κατασκευάζονται και αυτές με ανάμιξη του πολτού του πλαστικού γύψου μαζί με φυτικές ίνες (τζίβες) ή πριονίδια ξύλου ή ίνες αμιάντου για να αυξηθεί κυρίως η μηχανική αντοχή τους. Οι γυψοσανίδες είναι υλικά ηχομονωτικά, αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες και επιδέχονται πριόνισμα και καρφώματα (ηλώσεις).

Τα καρφιά που χρησιμοποιούμε πρέπει να είναι επιψευδαργυρωμένα και όχι κοινά σιδερένια, γιατί ο γύψος προσβάλλει τον σίδηρο και τον οξειδώνει. Λόγω της οξειδώσεως, πρέπει γενικά να αποφεύγεται η στερέωση σιδερένιων αντικειμένων, όπως σιδηροσωλήνων, στηριγμάτων κουφωμάτων κλπ. με γύψο. Πολλές φορές έχουν παρουσιασθεί καταστροφές σωλήνων και βραχυκυ-

κλώματα σε σιδερένιους σωλήνες, από τους οποίους διέρχονται αγωγοί ηλεκτρικού ρεύματος, μετά από αρκετά χρόνια, γιατί στερεώθηκαν στους τοίχους με γύψο.

3.7 Ποζουλάνες. Θηραϊκή γη.

Οι ποζουλάνες είναι φυσικές κονίες, που προήλθαν από τη δράση των ηφαιστείων. Περιέχουν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό οξείδιο του πυριτίου, και σε μικρότερη αναλογία οξείδια του αργιλίου, του σιδήρου, του ασβεστίου κ.ά.

Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, που δημιουργούνται κατά τις ηφαιστειακές δράσεις, τα οξείδια αυτά υπέστησαν φυσικό ψήσιμο (όπτηση) και μετατράπηκαν σε δραστικές κονίες. Ξετινάχθηκαν στη συνέχεια μέσω των κρατήρων με μορφή σκόνης (στάχτη ηφαιστείων) και κάλυψαν μεγάλες εκτάσεις με παχιά στρώματα. Ανευρίσκονται επομένως κοντά σε ενεργά ή νεκρά ηφαίστεια.

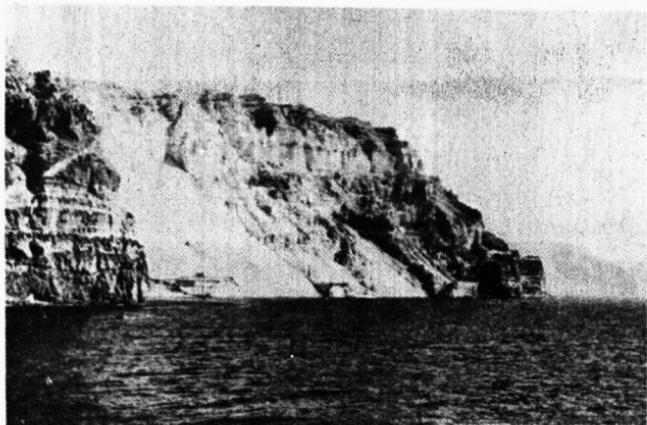
Οι ποζουλάνες εκδηλώνουν υδραυλικές ιδιότητες, μπορούν δηλαδή να σκληρυνθούν μαζί με νερό (ύδωρ), μόνον όταν αναμιχθούν με υδρασβέστη ή υδραυλικές κονίες. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό με τον υδρασβέστη για την παρασκευή υδραυλικών ασβεστοκονιαμάτων. Τα ασβεστοκονιάματα αυτά παρουσιάζουν, εκτός από μεγαλύτερη μηχανική αντοχή συγκριτικά με τα κοινά ασβεστοκονιάματα, και μεγαλύτερη στεγανότητα.

Στην Ελλάδα υπάρχουν αυτές οι κονίες στο νησί Θήρα και κυκλοφορούν στο εμπόριο με την ονομασία θηραϊκή γη. Η θηραϊκή γη καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του νησιού με στρώματα συνολικού πάχους 25 έως 30 m εναλλασσόμενα με στρώματα ελαφρόπετρας (κιοσήρεως) (σχ. 3.7a).

Μετά την εξόρυξη της ξηραίνεται για να φύγει η εδαφική υγρασία και στη συνέχεια λειοτρίβεται σε ειδικές εγκαταστάσεις, ώστε ότου αποκτήσει τη λεπτότητα σκόνης. Στο εμπόριο κυκλοφορεί σε σάκους των 50 kg.

Η θηραϊκή γη χρησιμοποιείται:

- Για την παρασκευή υδραυλικών ασβεστοκονιαμάτων.
- Για την παρασκευή τσιμεντοκονιαμάτων, όπου ένα μέρος της άμμου αντικαθίσταται με θηραϊκή γη για να αυξηθούν οι στε-



Σχ. 3.7α.

Ορυχείο θηραικής γης στην Σαντορίνη. Η εξόρυξη γίνεται στα ανώτερα στρώματα και από εκεί λόγω της βαρύτητας συγκεντρώνεται το προϊόν σε ανοικτές αποθήκες κοντά στη θάλασσα. Από τις αποθήκες, με ειδικές εγκαταστάσεις, φορτώνεται στα πλοία.

γανωτικές ιδιότητες του κονιάματος. Τα τσιμεντοκόνιάματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατασκευή λιμενικών έργων.

– Τέλος, αναμιγνύεται σε ποσοστό 10% με τσιμέντο πόρτλαντ για την παρασκευή των ελληνικού τύπου τσιμέντων.

Στον πίνακα 3.7.1 δείχνεται η θηραική γη που έχει εξαχθεί τα τελευταία χρόνια.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3 . 7 . 1

Εξαγωγή θηραικής γης (σε τόννους)

1938:	149.729	1984:	3.345
1966:	461.375	1985:	2.500
.....			
1983:	3.556		

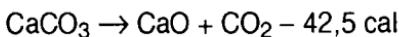
3.8 Ασθέστης.

1ον. Προέλευση.

Είναι από τις πιο σημαντικές αερικές κονίες, που χρησιμο-

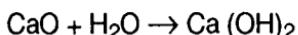
ποιούνται στις κατασκευές. Έχει πλήθος εφαρμογών με άριστα αποτελέσματα. Χρησιμοποιείται από αρχαιότατους χρόνους.

Εάν οι κοινοί ασβεστόλιθοι [κεφ. 1, § 1.9 (3ον)] πυρωθούν μεταξύ 800° C και 1100° C, το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3), που περιέχουν, θα διασπασθεί στο αέριο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και στο στερεό οξείδιο του ασβεστίου (CaO) ή ενεργό ασβέστιο. Η χημική εξίσωση της αντιδράσεως είναι:



Το οξείδιο του ασβεστίου καλείται **άσβεστος** ή **κεκαυμένη άσβεστος** (κοινώς ασβέστης). Έχει τη μορφή και το μέγεθος των λίθων από τους οποίους προήλθε και το χρώμα του είναι λευκό.

Εάν κατόπιν το οξείδιο του ασβεστίου αναμιχθεί με νερό, τότε πραγματοποιείται το λεγόμενο σβήσιμο του ασβέστη και προκύπτει το υδροξείδιο του ασβεστίου [Ca(OH)_2] σύμφωνα με την αντιδραση:



Το τελευταίο αυτό υλικό, που συνήθως χρησιμοποιείται με τη μορφή πολτού και σπανιότερα με τη μορφή σκόνης, είναι η κονία και καλείται **σβησμένος ασβέστης** (εσβεσμένη άσβεστος) ή **υδρασβέστης**.

Ο υδρασβέστης μαζί με τους πηλούς είναι από τις παλαιότερες συγκολλητικές ύλες, που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για την παρασκευή κονιαμάτων. Μόνο κατά τα τελευταία χρόνια σε ορισμένες εργασίες αντικαταστάθηκε από το τσιμέντο.

3ον. Παρασκευή.

Ως πρώτη ύλη για την παρασκευή του ασβέστη χρησιμοποιούνται οι άφθονοι σε όλο τον κόσμο κοινοί ασβεστόλιθοι, οι δολομίτες, τα μάρμαρα, και γενικά όλα τα πετρώματα, που περιέχουν σε μεγάλη αναλογία ανθρακικό ασβέστιο.

Όλες οι υπόλοιπες προσμίξεις, που περιέχονται στους ασβεστόλιθους, όπως τα οξειδία του μαγνησίου, του πυριτίου, του σιδήρου κλπ., μετά την πύρωση του ανθρακικού ασβεστίου παραμένουν αναμιγμένα μαζί με τον ασβέστη. Οι προσμίξεις αυτές ελαττώνουν την ποιότητά του. Πρέπει επομένως, να διαλέ-

γομε εκείνους τους ασβεστόλιθους που περιέχουν τη μεγαλύτερη αναλογία σε ανθρακικό ασβέστιο και τις λιγότερες προσμίξεις.

Το πρώτο στάδιο της παρασκευής της κονίας είναι η πύρωση των ασβεστόλιθων.

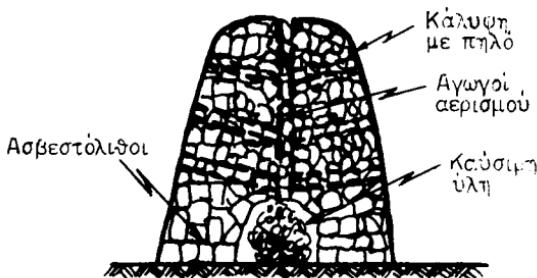
Η πύρωση γίνεται σε ειδικά καμίνια. Παλαιότερα χρησιμοποιούσαν σωροκαμίνια που κατασκευάζονταν από τους ίδιους τους ασβεστόλιθους που έπρεπε να ψηθούν (σχ. 3.8a). Αρχικά έκτιζαν από τους πιο ογκώδεις λίθους μια θολωτή πυρεστία, γύρω και πάνω από την οποία τοποθετούσαν τους υπόλοιπους λίθους κατά σειρά μεγέθους. Κατά διαστήματα δημιουργούσαν οριζόντιους και κατακόρυφους οχετούς για τη δίοδο των αερίων. Αφού τελείωναν το κτίσιμο, εκάλυπταν εξωτερικά το σωρό με στρώμα πηλού για να μη φεύγει η θερμότητα από τα μεταξύ των λίθων κενά.

Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιούσαν ξύλα και θάμνους από τις γύρω περιοχές, τα οποία τοποθετούσαν κατά στρώματα μεταξύ των λίθων.

Η πύρωση διαρκούσε περίπου 4 έως 6 μέρες. Μετά, αφού κρύωνε ο σωρός, τον διάλυαν και έπαιρναν τον ασβέστη, στον οποίο είχαν μετατραπεί οι ασβεστόλιθοι. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ακόμα, αλλά πολύ λίγο.

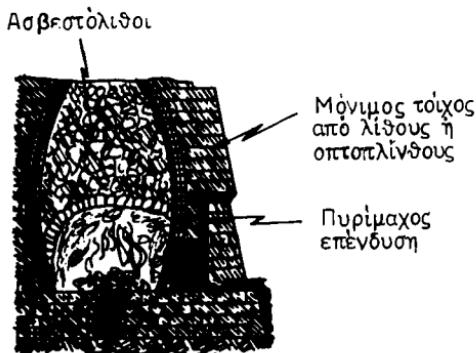
Σήμερα για παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων χρησιμοποιούνται:

- Καμίνια με διακοπτόμενη λειτουργία.
- Καμίνια με συνεχή λειτουργία.



Σχ. 3.8a.

Σωροκαμίνι παρασκευής ασβέστη. Χρησιμοποιείται για παρασκευή μικρών ποσοτήτων και μόνο όπου είναι δύσκολη η μεταφορά υδρασβέστη (ορεινές περιοχές).



Σχ. 3.86.

Καμίνι παρασκευής ασβέστη, διακοπτόμενης λειτουργίας.

α) Τα καμίνια διακοπτόμενης λειτουργίας είναι μόνιμα κτίσματα με εξωτερικούς τοίχους από πέτρες ή τούβλα και με εσωτερική επένδυση από πυρίμαχα τούβλα (σχ. 3.8β). Η εσωτερική τους διάμετρος είναι 2 έως 3 m και το ύψος τους 5 έως 7 m. Το άνω μέρος παραμένει ανοικτό και χρησιμοποιείται για το γέμισμα του καμινιού με τους ασβεστόλιθους, καθώς και για τη διαφυγή των καυσαερίων. Στα πλάγια υπάρχει θυρίδα μέσα από την οποία ρίχνεται στο εσωτερικό η καύσιμη ύλη, συνήθως λιθάνθρακας ή λιγνίτης.

Τέλος σε ορισμένα καμίνια υπάρχει στο δάπεδο τρύπα (οπή) με σιδερένια κινητή σχάρα, με την οποία γίνεται το ξεφόρτωμα του ασβέστη μετά την ψύξη.

Το φόρτωμα γίνεται από πάνω, αφού προηγουμένως κατασκευασθεί στο δάπεδο μια θολωτή πυρεστία, την οποία κτίζουν με ασβεστόλιθους μεγάλου μεγέθους.

Σοβαρό μειονέκτημα αυτού του τύπου του καμινιού είναι ότι οι ασβεστόλιθοι των κατωτέρων στρωμάτων θερμαίνονται πιο πολύ από τους ασβεστόλιθους των ανωτέρων, επειδή βρίσκονται κοντά στις φλόγες της καύσιμης ύλης. Συνεπώς η πύρωση του σωρού γίνεται ανομοιόμορφα και η ποιότητα του ασβέστη είναι χαμηλή.

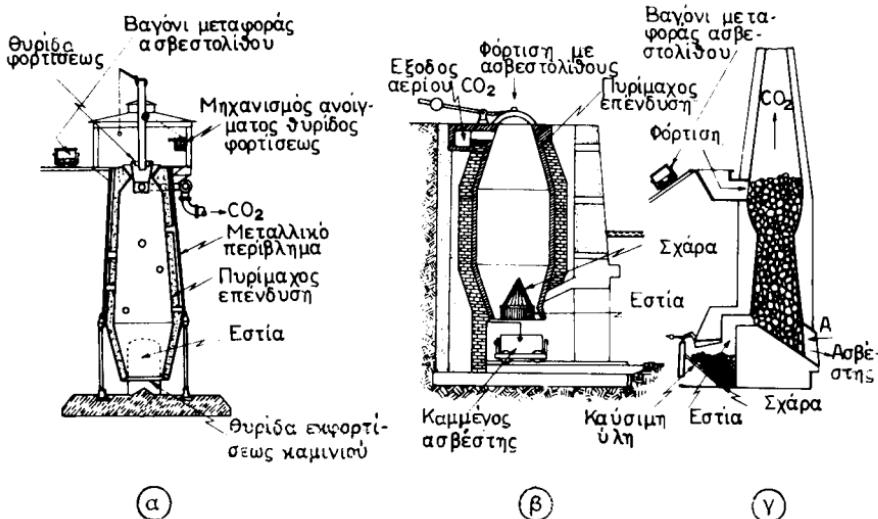
β) Τα καμίνια συνεχούς λειτουργίας είναι συνήθως πιο σύνθετα συγκροτήματα και χρησιμοποιούνται, όταν η παραγωγή ασβέστη πρέπει να είναι μεγάλη. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι: Κατακόρυφα και οριζόντια.

Τα κατακόρυφα καμίνια έχουν συνήθως σχήμα δύο κωλούρων κώνων ενωμένων στις βάσεις με τη μεγαλύτερη διάμετρο (σχ. 3.8γ). Μέγιστη διάμετρος 3 m και ύψος 8 έως 12 m. Κατασκευάζονται από τοιχοποιία ή από οπλισμένο σκυρόδεμα ή από σιδερένιες λαμαρίνες ενισχυμένες με σιδερένια ελάσματα. Εσωτερικά έχουν ισχυρή θερμική και πυρίμαχη μόνωση.

Τα χαρακτηριστικά τους σημεία είναι: η χοάνη φορτίσεως στο άνω τμήμα, οι τρύπες (σε ορισμένο ύψος), μέσα από τις οποίες εισέρχονται οι φλόγες της καύσιμης ύλης μέσα στο καμίνι και ο θάλαμος ψύξεως, στον οποίο καταλήγει ο ασβέστης μετά την πύρωση, για να κρύωσει. Η τροφοδότηση του καμινιού γίνεται με κεκλιμένη μεταφορική ταινία, η οποία μεταφέρει τους ασβεστόλιθους στη χοάνη φορτίσεως που βρίσκεται στο άνω τμήμα ή σε πλάγια θέση του καμινιού.

3ον. Μεταφορά. Εμπόριο.

Μετά την πύρωση και την ψύξη ο ασβέστης διατίθεται στο εμπόριο σε τεμάχια, όπως αυτά βγήκαν από το καμίνι, χωρίς



Σχ. 3.8γ.

Τρεις τύποι κατακορύφων ασβεστουργικών καμινιών συνεχούς λειτουργίας. Διαφέρουν κυρίως ως προς τον τρόπο φορτίσεως [από πάνω σε α) και β), πλάγια σε γ)] και ως προς την χρησιμοποιούμενη καύσιμη ύλη,[υγρά καύσιμα ή σκόνη καυσίμων σε α) και β), στερεά καύσιμα σε γ)].

άλλη κατεργασία. Μετριέται σε kg, ενώ παλαιότερα τον μετρούσαν σε στατήρες (καντάρια).

Επειδή ο καμμένος ασβέστης έχει δυνατή τάση να ενώνεται με το νερό [§ 3.8 (5ον)] πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερες προφυλάξεις για την εναποθήκευσή του. Οι αποθήκες του ασβέστη πρέπει να είναι ξηροί και καλά στεγασμένοι χώροι.

Μπορεί να απορροφήσει εύκολα την ατμοσφαιρική υγρασία και να μετατραπεί σε σκόνη άχροστη για οποιαδήποτε εργασία. Γι' αυτό και για να αποφύγουμε οποιαδήποτε καταστροφή είναι προτιμότερο αμέσως μετά την παραλαβή του στο εργοτάξιο να γίνεται το σβήσιμό του (η σβέση) και έτσι να παρασκευάζεται υδρασβέστης.

4ον. Είδη καμμένου ασβέστη και ιδιότητές τους.

Η σύσταση και οι ιδιότητες του καμμένου ασβέστη εξαρτώνται, όπως είπαμε προηγουμένως, από την ορυκτολογική σύσταση των ασβεστολίθων και από τη θερμοκρασία και την κανονικότητα της πυρώσεως. Έτσι διακρίνομε:

- Ασβεστικό ή ασβεστολιθικό ασβέστη, όταν το ενεργό οξείδιο του ασβεστίου περιέχεται σε αναλογία ανώτερη από το 85%.
- Μαγνησιακό ασβέστη, όταν περιέχει 80 έως 90% οξείδιο του ασβεστίου και μαγνησίου. Στο ποσοστό αυτό το οξείδιο του μαγνησίου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 20 έως 10%.
- Δολομιτικό ασβέστη, όταν περιέχει ποσοστό οξειδίου του μαγνησίου ανώτερο από το 20%.
- Υδραυλικό ασβέστη, όταν οι ασβεστόλιθοι περιέχουν μικρό ποσοστό (10 έως 20%) αργίλου. Ο υδραυλικός ασβέστης διαφέρει από τους προηγούμενους, γιατί έχει την ιδιότητα να πετρώνει και μέσα στο νερό. Ασβέστης αυτού του είδους δεν παρασκευάζεται σήμερα, γιατί στη θέση του χρησιμοποιείται το τσιμέντο, που έχει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό αναπτυγμένη την ιδιότητα της πήξεως μέσα στο νερό.

Η καλύτερη ποιότητα ασβέστη είναι η ασβεστολιθική, γιατί περιέχει σε μεγαλύτερη αναλογία το οξείδιο του ασβεστίου, που

μόνο αυτό μετατρέπεται μετά το σβήσιμό του στη συγκολλητική ύλη, δηλαδή τον υδρασβέστη.

5ον. Σβήσιμο καμμένου ασβέστη.

Το δεύτερο στάδιο παρασκευής της κονίας είναι το σβήσιμο του ασβέστη. Το σβήσιμο γίνεται με την προσθήκη νερού στο οξείδιο του ασβεστίου (τον ασβέστη). Τότε παρατηρείται το εξής φαινόμενο:

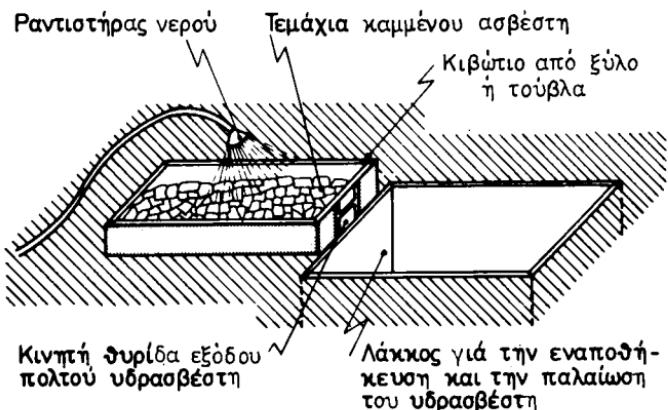
Τα τεμάχια του ασβέστη διογκώνονται μέχρι διπλασιασμού ή και τριπλασιασμού ακόμη του όγκου τους, όταν πρόκειται για ασβέστη με υψηλή περιεκτικότητα σε οξείδιο του ασβεστίου, στη συνέχεια σπάνε και τελικά μετατρέπονται σε σκόνη.

Κατά το σβήσιμο δημιουργείται υψηλή θερμότητα και από τη μάζα του ασβέστη βγαίνει ατμός σφυρίζοντας. Έτσι παράγεται νέο υλικό το *υδροξείδιο του ασβεστίου* δηλαδή ο υδρασβέστης, με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά από το αρχικό *οξείδιο του ασβεστίου*. Η θερμότητα που αναπτύσσεται είναι τόσο μεγάλη ώστε η θερμοκρασία μπορεί να φθάσει τους 200°C . Αυτή είναι πολύ υψηλότερη από τη θερμοκρασία βρασμού του νερού και το νερό που περισσεύει βράζει και εξατμίζεται. Συνεπώς είναι δυνατό να προκληθούν εγκαύματα σοβαρότατα στους εργάτες που ασχολούνται με το σβήσιμο, εάν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προφυλάξεως.

Όταν το προστιθέμενο νερό είναι το απολύτως απαραίτητο για την εκτέλεση της χημικής αντιδράσεως (32% του βάρους του οξειδίου του ασβεστίου), τότε ο υδρασβέστης παίρνει τη μορφή λευκής σκόνης και κυκλοφορεί στο εμπόριο μέσα σε χάρτινους σακους καλά σφραγισμένους και υδατοστεγανούς. Έτσι αποκλείεται η επαφή της σκόνης του υδρασβέστη με την υγρασία και τον ατμοσφαιρικό αέρα.

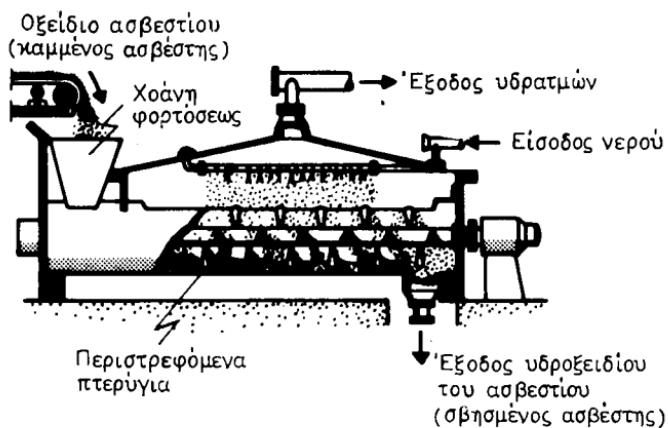
Επειδή όμως κατά κανόνα ο υδρασβέστης χρησιμοποιείται με μορφή πολτού, το προστιθέμενο νερό είναι πολύ περισσότερο.

Το σβήσιμο του ασβέστη γίνεται μέσα σε ξύλινο ορθογωνικό κιβώτιο (καρούτα) (σχ. 3.8δ) ή μέσα σε ρηχή δεξαμενή από τούβλα εάν πρόκειται για μονιμότερη εγκατάσταση. Τέλος εάν θέλομε μικρές ποσότητες το σβήσιμο γίνεται σε ξύλινο δάπεδο



Σχ. 3.8δ.

Εγκατάσταση σβησίματος ασβέστη στο εργοτάξιο και λάκκος για την αποθήκευση και παλαιώση του υδρασβέστη.



Σχ. 3.8ε.

Μόνιμη εγκατάσταση σβησίματος ασβέστη συνεχούς λειτουργίας με μεγάλη παραγωγή.

που περιορίζεται περιμετρικά με μικρό ανάχωμα από άμμο. Στα εργοστάσια παραγωγής ασβέστη υπάρχει μονιμότερη εγκατάσταση για το σβήσιμό του (σχ. 3.8ε).

Η διαδικασία του σβησίματος στο εργοτάξιο πρέπει να ακολουθεί την εξής πορεία:

Τοποθετούνται πρώτα τα τεμάχια του ασβέστη επάνω σε όλο το δάπεδο του κιβωτίου, ώστε να αποφευχθεί η συσσώρευσή

τους σε ορισμένα σημεία. Στη συνέχεια ρίχνεται το νερό με τη βοήθεια ραντιστήρα. Το νερό πρέπει να είναι τόσο, ώστε να υπερκαλύπτει τα τεμάχια του ασβέστη κατά τη στιγμή της μέγιστης διογκώσεώς του. Συγχρόνως πρέπει να ανακατεύεται δυνατά με ξύλινο φτυάρι από πεπειραμένο εργάτη, ώστε όλη η μάζα του ασβέστη να έρθει σε επαφή με το νερό και να ολοκληρωθεί το σβήσιμο.

Μετά το σβήσιμο ρίχνεται ο πολτός μέσα σ' ένα διπλανό λάκκο, όπου παραμένει έως ότου χρησιμόποιηθεί.

Εάν χρησιμοποιηθεί νερό λιγότερο από το απαιτούμενο ή εάν η ανάμιξη δεν είναι ικανοποιητική, τότε ένα μέρος του ασβέστη υπερθερμαίνεται (καίγεται) και δεν σβήνεται, αλλά τρέπεται σε σβώλους και τρίμματα αδρανούς υδρασβέστη, με αποτέλεσμα ο πολτός που θα προκύψει να είναι κατώτερης ποιότητας.

Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και όταν το νερό είναι πολύ περισσότερο από το απαιτούμενο ή όταν είναι πολύ χαμηλής θερμοκρασίας. Όταν κάνει πολύ κρύο πρέπει να αποφεύγεται το σβήσιμο, κατεβαίνει η θερμοκρασία της αντιδράσεως απότομα, το σβήσιμο διακόπτεται και ο υδρασβέστης γίνεται κοκκώδης.

Από τα παραπάνω καταλήγομε στα εξής μέτρα, που πρέπει να λαμβάνονται κατά το σβήσιμο, που αποτελεί τη σπουδαιότερη εργασία για την παραγωγή υδρασβέστη καλής ποιότητας:

α) Προσδιορισμός της ποσότητας του νερού που απαιτείται για το σβήσιμο.

Όσο πλουσιότερος σε οξείδιο του ασβεστίου είναι ο καμμένος ασβέστης, τόσο περισσότερο νερό απαιτείται για το σβήσιμό του.

Ο προσδιορισμός της ποσότητας αυτής γίνεται εύκολα στο εργοτάξιο. Μέσα σε δοχείο ρίχνονται 2 έως 3 τεμάχια ασβέστη και καλύπτονται με νερό. Μετράμε το χρόνο ενάρξεως της αντιδράσεως και εξετάζομε τον πολτό. Εάν η ποσότητα του νερού που ρίξαμε στο δοχείο είναι αυτή που πρέπει, τότε ο πολτός πρέπει να είναι πλαστικός και λιπαρός σαν "γιαούρτι" χωρίς σβώλους και τρίμματα.

β) Δυνατό ανακάτεμα κατά τη διάρκεια του σβήσιματος.

γ) Αποφυγή χρησιμοποιήσεως πολύ ψυχρού νερού.

δ) Χρησιμοποίηση μαλακού και χωρίς άλατα νερού. Απαγορεύεται η χρήση θαλασσινού νερού.

ε) Απομάκρυνση των τεμαχίων που δεν σβήστηκαν και των άλλων προσμιγμάτων, τα οποία ήταν τυχόν αναμιγμένα με τον καμμένο ασβέστη.

στ) Παραμονή του πολτού του υδρασβέστη, του λάχιστον για 15 μέρες πριν από τη χρησιμοποίησή του, μέσα στους ειδικούς λάκκους και ράντισμά του με άφθονο νερό, ώστε να σβήσουν τελείως τα μικρότατα τεμάχια που κατά τύχη έμειναν άσβηστα.

Ο πολτός του σβήσμένου ασβέστη (υδρασβέστης) μπορεί να διατηρηθεί για πολύ χρόνο, αρκεί να προφυλαχθεί από την επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος, όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο, προκαλεί τη σκλήρυνσή του. Γι' αυτό πρέπει να καλυφθεί ο λάκκος, στον οποίο βρίσκεται ο πολτός, με ένα στρώμα χώματος ή καλύτερα άμμου, πάχους 30 cm περίπου. Το στρώμα πρέπει να διατηρείται μόνιμα υγρό.

δον. Κατηγορίες υδρασβέστη.

Ο υδρασβέστης διακρίνεται ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε υδροξείδιο του ασβεστίου κολλοειδούς μορφής, σε:

- Παχύ και
- ισχνό (αδύνατο)

Ο παχύς υδρασβέστης προέρχεται από ασβεστικό ασβέστη [§ 3.8 (4ον)] πλούσιο σε οξείδιο του ασβεστίου, μετά από προσεκτικό σβήσιμό του. Ο όγκος του είναι συνήθως υπερδιπλάσιος από τον όγκο του καμμένου ασβέστη. Ο πολτός αυτού του υδρασβέστη είναι πολύ πλαστικός και λιπαρός και δεν περιέχει στερεούς κόκκους. Μπορεί να αναμιχθεί με μεγάλη ποσότητα άμμου για την παρασκευή καλού ασβεστοκονιάματος.

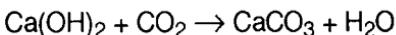
Ο αδύνατος υδρασβέστης προέρχεται από δολομιτικό ασβέστη [§ 3.8 (4ον)] ή από κακό σβήσιμο ασβεστικό ασβέστη. Ο όγκος του είναι μικρότερος από το διπλάσιο όγκο του ασβέστη από τον οποίο προήλθε. Είναι άγριος στην αφή και λιγότερο πλαστικός από τον παχύ. Για να παρασκευάσουμε το ασβεστοκονίαμα απαιτείται μεγάλη ποσότητα αδύνατου υδρασβέστη, για να προκύψει καλό κονίαμα.

Επομένως τα κονιάματα που γίνονται με αδύνατο υδρασβέστη στοιχίζουν περισσότερο από εκείνα στα οποία χρησιμοποιείται παχύς.

7ον. Ιδιότητες του υδρασβέστη.

Η κύρια ιδιότητα του υδρασβέστη, που ενδιαφέρει τον κατασκευαστή, είναι η πήξη.

Το υδροξείδιο του ασβεστίου $[Ca(OH)_2]$ ή αλλοιώς υδρασβέστης έχει την ιδιότητα να απορροφά εύκολα διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οποίο βρίσκεται ελεύθερο στον ατμοσφαιρικό αέρα, και να μεταπίπτει πάλι στην αρχική ένωση από την οποία προέκυψε ο καμμένος ασβέστης, δηλαδή σε στερεό ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$). Συγχρόνως εμφανίζεται νερό. Η χημική αυτή αντίδραση παριστάνεται ως εξής:



Σ' αυτή την ιδιότητα βασίζεται η ικανότητα της κονίας αυτής να πήξει και επομένως να συγκρατεί τους κόκκους της άμμου στερεά συνδεμένους μεταξύ τους ή να συγκολλάει τους λίθους και τα τούβλα μεταξύ τους, όταν παρεμβληθεί ασβεστοκονίαμα. Το ασβεστοκονίαμα αυτό, όταν σκληρύνει, δεν είναι παρά ασβεστόλιθος, που περιέχει στη μάζα του άμμο.

Ο υδρασβέστης είναι κατ' εξοχήν κονία αερική, γιατί, όπως αναφέραμε, μόνο με την επαφή της με τον αέρα μπορεί να σκληρυνθεί. Επειδή δε συγχρόνως αποδίδει νερό πρέπει, για να ολοκληρωθεί η σκλήρυνση, να απομακρυνθεί το νερό αυτό. Όστε οι δύο παράγοντες, που πρέπει να συνυπάρχουν για να στερεοποιηθεί η κονία είναι:

- Επαφή όλης της μάζας του υδρασβέστη με τον αέρα και
- διατήρηση του περιβάλλοντος σε όσο το δυνατό ξηρότερη κατάσταση, για να γίνεται εύκολα η εξάτμιση του νερού.

Παρατηρήθηκε ότι σε χονδρούς τοίχους παλαιών κτηρίων, που βρίσκονται σε υγρά υπόγεια ή θεμέλια δεν είχε ακόμη ολοκληρωθεί η σκλήρυνση του κονιάματος στο εσωτερικό τους αν και είχαν περάσει πολλά χρόνια από την κατασκευή τους.

Επίσης παρατηρείται ότι κατά τους χειμερινούς υγρούς μήνες τα ασβεστοκονίαματα σκληραίνουν πολύ αργότερα παρά τους θερινούς θερμούς μήνες, οπότε η εξάτμιση είναι πολύ εντονότερη.

'Οσον αφορά τις υπόλοιπες ιδιότητες του υδρασβέστη, θα πούμε λίγα λόγια στο κεφάλαιο περί κονιαμάτων, επειδή ο υδρασβέστης σπανίως χρησιμοποιείται αυτούσιος.

8ον. Είδη και χρήσεις υδρασβέστη.

Ο υδρασβέστης χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη, κυρίως για την παρασκευή διαφόρων ασβεστοκονιαμάτων.

Οι αναλογίες άμμου και υδρασβέστη στα κονιάματα αυτά ποικίλλουν ανάλογα με την ποιότητα του υδρασβέστη (παχύς ή αδύνατος), την κοκκομετρική σύσταση της άμμου (χονδρόκοκκη, λεπτόκοκκη, μέση) και το σκοπό για τον οποίο προορίζονται τα κονιάματα (κονιάματα για τη δόμηση θεμελίων ή ανωδομών, για την κατασκευή εσωτερικών ή εξωτερικών επιχρισμάτων κλπ.). Επίσης χρησιμοποιείται και σε πιο σύνθετα κονιάματα, όπως είναι τα γυψασβεστοκονιάματα (μίγμα γύψου, ασβέστη και άμμου), τα θηραϊκοκονιάματα, τα ασβεστοτισμεντοκονιάματα κλπ.

Διάφορες αναλογίες δίνονται στο κεφάλαιο περί κονιαμάτων.

Επίσης χρησιμοποιείται και στα τσιμεντοκονιάματα, γιατί βελτιώνει μερικές ιδιότητές τους.

Αν και η αντοχή του υδρασβέστη μετά τη σκλήρυνσή του είναι σημαντικά μικρότερη από ό,τι του τσιμέντου, όμως έχει αποδειχθεί ότι μικρή ποσότητα υδρασβέστη (μέχρι 10%), όταν προστεθεί σε καθαρό τσιμεντοκονίαμα, όχι μόνο δεν ελαττώνει την αντοχή του, αλλά αντίθετα αυξάνει ορισμένες ιδιότητές του. Έτσι:

– Το καθιστά περισσότερο εργάσιμο, δηλαδή περισσότερο μαλακό και ευκατέργαστο κατά τη χρησιμοποίησή του στις οικοδομικές εργασίες.

– Διατηρεί για αρκετό χρόνο σχετική υγρασία, που είναι απαραίτητη για την κανονική πήξη του τσιμέντου και την αποφυγή ραγισμάτων στο τσιμεντοκονίαμα.

– Αυξάνει την ικανότητα προσφύσεως του τσιμεντοκονιάματος επάνω στους λίθους και τα τούβλα, γιατί συγκρατεί την υγρασία του κονιάματος και έτσι διευκολύνει την απορροφητική ενέργεια των υλικών αυτών.

Άλλη χρήση του υδρασβέστη γίνεται στα υδροχρώματα. Χρησιμοποιείται αραιό γάλα υδρασβέστη, δηλαδή διάλυμα υδρασβέστη μέσα σε νερό, στο οποίο ρίχνομε το χρώμα που θέλομε. Και εδώ ο ασβέστης ενεργεί ως συγκολλητική ουσία, συνδέει δηλαδή τα μόρια του χρώματος με τις επιφάνειες που θέλομε να καλύψουμε.

Τέλος, τόσο ο καμμένος όσο και ο σβησμένος ασβέστης χρησιμοποιούνται πολύ σε διάφορες χημικές βιομηχανίες ως βιοηθητική ύλη.

3.9 Τσιμέντο.

1ον. Ορισμοί - Ιστορικό.

Με τον όρο τσιμέντο προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών [§ 3.3 (2ον)], συγκολλητικών δηλαδή υλών, που έχουν την ιδιότητα να σκληραίνουν και μέσα στο νερό. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των τσιμέντων είναι ότι πρέρχονται από την καύση μίγματος ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων. Για κάθε είδος τσιμέντου χρησιμοποιούνται τα πετρώματα αυτά με διαφορετικές αναλογίες.

Η πρώτη παρασκευή τσιμέντου έγινε το 1756 από τον Άγγλο μηχανικό John Smeaton, ο οποίος ανακάλυψε ότι με το ψήσιμο ενός πετρώματος (αργιλικού ασβεστολίθου) μπορούσε να παρασκευασθεί υδραυλική κονία. Στην ανακάλυψη αυτή οδηγήθηκε από την ανάγκη να βρει κατάλληλη κονία, που να σκληραίνει μέσα στο νερό, για να τη χρησιμοποιήσει για την κατασκευή ενός φάρου.

Το 1796 ο James Parker, Άγγλος και αυτός, παρουσίασε μία σύνθεση για την παρασκευή υδραυλικής κονίας από ορισμένα πετρώματα, που περιείχαν οξείδια του ασβεστίου, του πυριτίου και του αργιλίου. Για το ψήσιμο χρησιμοποίησε ένα συνηθισμένο ασβεστουργικό καμίνι. Τα ψημένα τεμάχια τρίβονταν σε σκόνη, η οποία ονομάσθηκε ρωμαϊκή κονία, γιατί έμοιζε με την κονία που παρασκεύαζαν οι Ρωμαίοι από ηφαιστειακή γη (ποζουλάνες).

Μετά από τους πρώτους αυτούς κατασκευαστές, ιδρύθηκαν βιομηχανίες παρασκευής τσιμέντου στην Αγγλία, Αμερική και άλλες χώρες, οι οποίες χρησιμοποιούσαν ως πρώτη ύλη, πάντοτε, ορισμένο πέτρωμα με κατάλληλες αναλογίες των οξειδίων ασβεστίου, αργιλίου και πυριτίου. Τα τσιμέντα που παρασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο είναι γνωστά ως φυσικά τσιμέντα και σήμερα ελάχιστες χώρες τα παράγουν.

Ο πρώτος, που σκέφθηκε να μη χρησιμοποιήσει αυτούσιο το πέτρωμα, αλλά να κατασκευάσει μίγμα από διάφορα πετρώματα, ώστε να επιτύχει τις καλύτερες αναλογίες των οξειδίων και

να προκύψει ανώτερη ποιότητα τσιμέντου, ήταν ο Άγγλος κτίστης Joseph Aspdin το 1824. Για την καύση του μίγματος αυτού χρησιμοποίησε ειδικό καμίνι. Την κονία, που προήλθε από την άλεση του ψημένου αυτού υλικού, το οποίο καλείται εκβολάδα ή διεθνώς *Clinker*, την ονόμασε *τσιμέντο Portland*. Η ονομασία οφείλεται στο ότι η κονία μετά την πήξη της έμοιαζε με τους λίθους, που εξορύσσονται σε ένα αγγλικό νησί ονομαζόμενο *Portland*. Σήμερα ονομάζεται επίσης τεχνητό *τσιμέντο* ή απλά *τσιμέντο*.

Το *τσιμέντο Portland* επιβλήθηκε πολύ γρήγορα και προκάλεσε πραγματική επανάσταση στην οικοδομική, ιδίως μετά την εφαρμογή των οπλισμένων *τσιμεντοδεμάτων*. Σήμερα μεγάλες βιομηχανίες ασχολούνται με την παρασκευή *τσιμέντου Portland*.

Μόνο στην Ελλάδα λειτουργούν 5 μεγάλα συγκροτήματα εργοστασίων (σχ. 3.9a). Ο πίνακας 3.9.1 δείχνει την ετήσια παραγωγή κατά τα τελευταία χρόνια.

Κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς, *τσιμέντο Portland*



Σχ. 3.9a.

Ελληνικό εργοστάσιο παραγωγής *τσιμέντων*. Διακρίνονται τρία περιστροφικά καμίνια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9.1

Ετήσια παραγωγή τσιμέντων στην Ελλάδα (σε τόννους)

Ειδη τσιμέντων	1962	1966	1987	1988	1989
1. Κοινό (ελλ. τύπου)	1 816 595	3 385 051	5 146 069	4 770 270	5 199 501
2. Λευκό	17 060	20 318	121 140	—	—
3. Ημίλευκο	18 876	52 448	—	—	—
4. Καθαρό (Portland)	—	48 970	2 937 157	4 757 995	3 862 257
5. Υψηλής αντοχής	31 499	35 057	2 991 164	1 544 524	1 653 337
6. Τοιχοποιίας	36 930	52 483	25 019	27 499	6 452
Σ ύ ν ο λ ο	1 920 969	35 964 327	11 220 549	11 100 288	10 721 547

καλείται το προϊόν, που λαμβάνεται από την κονιοποίηση εκβολάδων ορισμένης συστάσεως. Αυτές οι εκβολάδες πρέπει απαραίτητα να προέρχονται από το ψήσιμο ενός μίγματος αργιλούχων και ασβεστούχων υλικών, που παρασκευάζεται από ορισμένες αναλογίες. Αφού ψηθεί το μίγμα αυτό, δεν επιτρέπεται προσθήκη καμιάς άλλης ουσίας εκτός από νερό ή καμμένο γύψο.

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

Οι ελληνικοί κανονισμοί επιτρέπουν να αναμιγνύεται μαζί με το τσιμέντο θηραική γη σε ποσοστό όχι ανώτερο από 10%. Τα τσιμέντα αυτά καλούνται τσιμέντα Portland ελληνικού τύπου.

Τα βασικά συστατικά του τσιμέντου Portland δίνονται από τον πίνακα 3.9.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9.2

Εκατοστιαία σύνθεση τσιμέντου Portland

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

2ον. Πρώτες ύλες και στάδια κατασκευής του τσιμέντου.

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

Όλη η εργασία της παρασκευής του τεχνητού τσιμέντου μπορεί να χωρισθεί σε τέσσερα στάδια (σχ. 3.9β):

- α) Την προπαρασκευή και ανάμιξη των πρώτων υλών.
- β) Το ψήσιμο (την οπίτηση) του μίγματος.
- γ) Την προσθήκη των προβλεπομένων συμπληρωματικών ουσιών και λειοτρίβηση των εκβολάδων και
- δ) την εναποθήκευση του τσιμέντου.

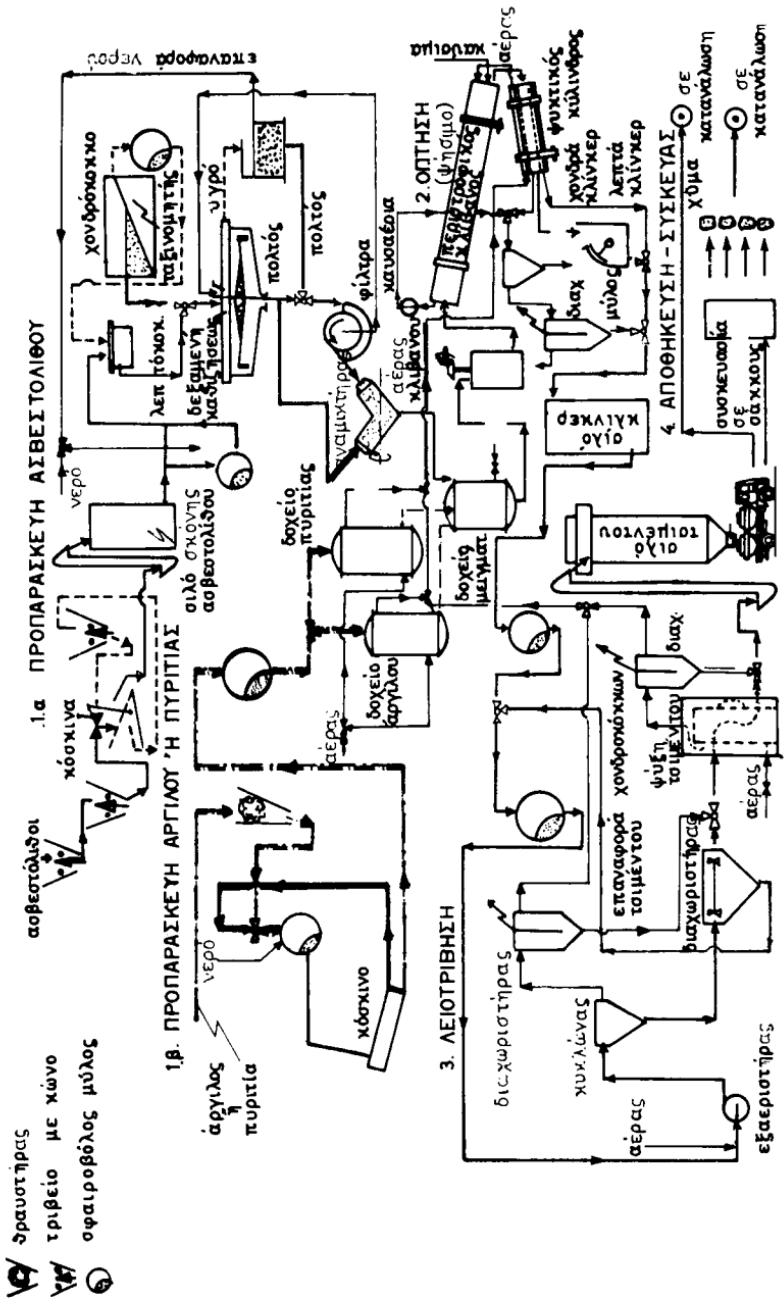
3ον. Προπαρασκευή και ανάμιξη των πρώτων υλών.

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

Κατόπιν οι ασβεστόλιθοι μεταφέρονται σε θραυστήρες και θραύονται (σπάνε) σε τεμάχια των 2 έως 5 cm. Τα τεμάχια ξηραίνονται σε περιστρεφόμενο κύλινδρο ξηράνσεως, ο οποίος τροφοδοτείται με θερμό αέρα 500° C. Ο αέρας θερμαίνεται κατά κανόνα με τα θερμά αέρια του καμινιού. Τέλος οι ασβεστόλιθοι εναποθηκεύονται σε ειδικά σιλό.

Συγχρόνως η άργιλος λειοτρίβεται σε ένσφαιρους τριβείς, ξηραίνεται όπως ο ασβεστόλιθος και εναποθηκεύεται και αυτή σε άλλα σιλό.

Από τα σιλό εναποθηκεύσεως μεταφέρονται τα τεμάχια του ασβεστολίθου και το άλευρο (πολύ λεπτή σκόνη) της αργίλου σε ζυγαριές, λαμβάνονται οι προκαθορισμένες ποσότητες και στη συνέχεια ρίχνονται στον αναμικτήρα. Ο αναμικτήρας είναι σφαιροφόρος περιστρεφόμενος μύλος, στον οποίο γίνεται συγχρόνως η κονιοποίηση των τεμαχίων του ασβεστολίθου και η ανάμιξή του με την άργιλο. Το άλευρο, που εξέρχεται από αυτόν, πρέπει να διέρχεται σε ποσοστό 95% από κόσκινο με 4900 τρύπες (βροχιδες) ανά cm².



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

Η υπόλοιπη προετοιμασία των πρώτων υλών εξαρτάται από τη μέθοδο ψησίματος αυτών.

Χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι ψησίματος (οπτήσεως) του μίγματος:

- Η ξηρή,
- Η υγρή και
- η νωπή (ύφυγρη)

Κατά την ξηρή μέθοδο, που είναι και η πιο διαδεδομένη, το άλευρο φέρεται στο καμίνι ψησίματος (οπτήσεως) ως σκόνη, όπως εξέρχεται από τον αναμικτήρα.

Κατά την υγρή μέθοδο γίνεται η λειοτρίβηση των πρώτων ύλων, αλλά όχι σε τόσο βαθμό όσο κατά την προηγούμενη μέθοδο και η ανάμιξη γίνεται μέσα σε δεξαμενές νερού. Το μίγμα με περιεκτικότητα 60 έως 70% νερού φέρεται στο ειδικό καμίνι ψησίματος (οπτήσεως).

Η ξηρή μέθοδος πλεονεκτεί από την υγρή κατά το ότι απαιτείται μικρότερη ποσότητα καυσίμων για το ψήσιμο του μίγματος, ενώ η υγρή πλεονεκτεί από την ξηρή κατά το ότι γίνεται πιο ομοιογενές το μίγμα και απαιτείται μικρότερη δαπάνη κατά τη λειοτρίβηση.

Τέλος κατά τη νωπή (ύφυγρη) μέθοδο οι πρώτες ύλες φέρονται στο καμίνι με μορφή στεγνού πολτού.

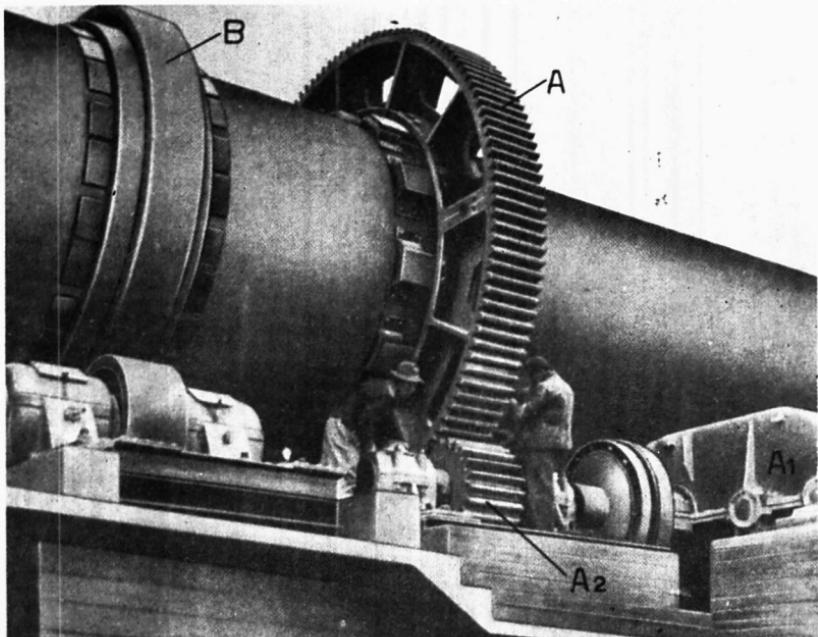
Για την παραγωγή ενός τόννου τσιμέντου απαιτούνται συνήθως 1,40 t, έως 1,60 t πρώτων υλών.

4ον. Ψήσιμο (όπτηση).

Το ψήσιμο του μίγματος των πρώτων υλών γίνεται μέσα σε καμίνι, του οποίου το κύριο τμήμα είναι ένας κύλινδρος που στρέφεται αργά γύρω από τον άξονά του με ταχύτητα 4 έως 8 στροφών/1 min. Ο άξονας του κυλίνδρου έχει ελαφρά κλίση προς τον ορίζοντα (περίπου 1 : 20) έτσι, ώστε τα υλικά που βρίσκονται μέσα στον κύλινδρο να μπορούν να κινούνται κατά την περιστροφή του από το άνω άκρο προς το κάτω. Ο κύλινδρος κατα-

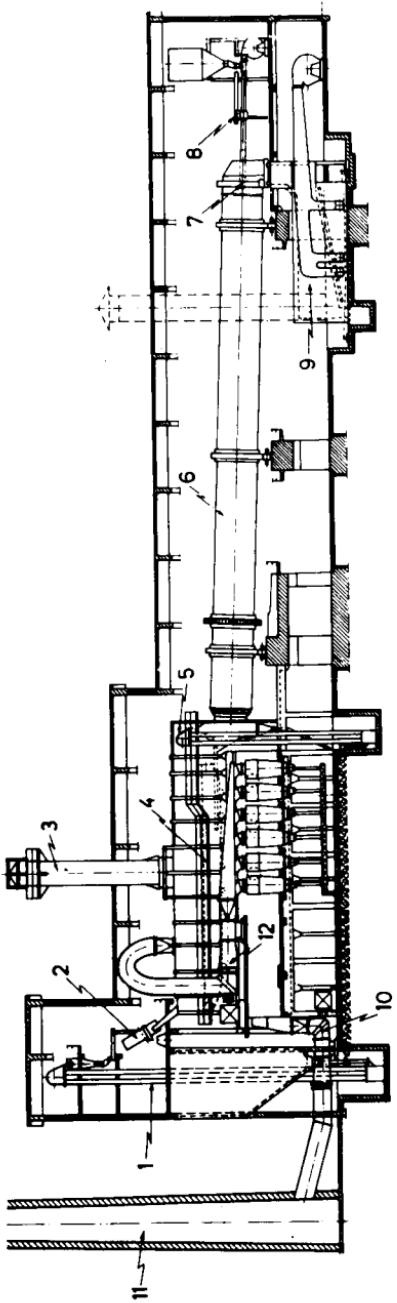
σκευάζεται από χονδρή λαμαρίνα με ενισχυτικά στεφάνια και εσωτερικά έχει ισχυρή επένδυση από πυρίμαχα τούβλα (σχ. 3.9γ). Στα νεότερα εργοστάσια το μήκος του φθάνει τα 120 m και η διάμετρός του είναι 2 έως 3 m. Εκτός από το βασικό κύλινδρο, το καμίνι έχει τη χοάνη φορτίσεως, την εστία στην οποία υπάρχουν τα ακροφύσια (μπεκ) της καύσιμης ύλης, την καπνοδόχο και διάφορα άλλα εξαρτήματα και μηχανισμούς απαραίτητα για τη λειτουργία του (σχ. 3.9δ).

Το άλευρο των πρώτων υλών εισέρχεται μέσω της χοάνης φορτίσεως στο υψηλότερο άκρο του κυλίνδρου και αρχίζει να κινείται αργά προς το κατώτερο άκρο λόγω της περιστροφής. Στο κατώτερο άκρο υπάρχουν τα ακροφύσια, μέσω των οποίων οι



Σχ. 3.9γ.

Τμήμα περιστρεφόμενου καμινιού, δυναμικότητας 300t/24h τσιμέντου. Ο οδοντωτός δακτύλιος Α χρησιμεύει για την περιστροφή του καμινιού και κινείται από τη μηχανή Α₁ με τη βοήθεια άξονα και οδοντωτού τροχού Α₂. Ο δακτύλιος Β χρησιμεύει για τη σύνδεση των τεμαχίων από τα οποία αποτελείται το καμίνι, καθώς και για τη στήριξή του επάνω στη βάση στηρίξεως. Το μέγεθος του καμινιού μπορούμε να αντιληφθούμε με τη σύγκρισή του με τους εργάτες που βρίσκονται κοντά στον οδοντωτό δακτύλιο



Σχ. 3.9δ.

Σχηματική παράσταση των κυριοτέρων τυπικάτων καυνιού παρασκευής τσιμέντου.

- 1) Αναβατόριο πρώτων υλών. 2) Χούνη φορτίσεως. 3) Βοηθητική καπνοδόχος. 4) Κινητή σχάρα τροφοδοτίσεως του καυνιού. 5) Θάλαμος θερμαινόμενος κλίβανος. 6) Περιστρεφόμενος από τα καυσάρια. 7) Ακροφύσια από τα οποία εξέρχεται η καυσίμων. 8) Τροφοδοσία καυσίμων. 9) Κύλινδρος υγρέζωσης των εκβολάδων. 10) Αναρροφητήρας ψυχρών αερίων. 11) Καπνοδόχος. 12) Αναρροφητήρας.

φλόγες της καύσιμης ύλης, με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, εξακοντίζονται σε αρκετό βάθος μέσα στο καμίνι. Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιείται σκόνη λιθάνθρακα ή πετρέλαιο. Στο σημείο συγκεντρώσεως των φλογών δημιουργείται η μεγαλύτερη θερμοκρασία, η οποία φθάνει τους 1500° C.

Στο μέσο περίπου του κυλίνδρου η θερμοκρασία πέφτει στους 1000° C ενώ στο άνω άκρο στους 600° C. Έτσι μπορούμε να χωρίσουμε τον κύλινδρο σε τρεις θερμοκρασιακές ζώνες:

– Στη ζώνη των 600° C ή ζώνη ξηράνσεως, όπου το υλικό ξηραίνεται τελείως.

– Στη ζώνη των 1000° C ή ασβεστοποιήσεως, όπου γίνεται η γνωστή αντίδραση διασπάσεως του ανθρακικού ασβεστίου σε οξείδιο του ασβεστίου και διοξείδιο του άνθρακα και

– στη ζώνη των 1500° C ή ζώνη αρχόμενης τήξεως, όπου συντελούνται οι χημικές αντιδράσεις, που μετατρέπουν τις αρχικές ύλες σε εκβολάδες (clinker).

Στη ζώνη αυτή λόγω της τήξεως του υλικού συγκολλώνται οι κόκκοι σε μικρά τεμάχια μεγέθους "μπιζελιού" έως "καρυδιού". Τα τεμάχια αυτά, που καλούνται εκβολάδες ή Clinker, έχουν λάμψη γυαλιού, χρώμα πρασινόμαυρο και μεγάλη σκληρότητα.

Οι εκβολάδες εξακολουθούν να κινούνται προς το κατώτερο άκρο του καμινιού, από το οποίο μέσω ειδικής τρύπας πέφτουν σε μικρό περιστρεφόμενο κύλινδρο ψύξεως. Η ψύξη επιτυγχάνεται με εμφύσηση ψυχρού αέρα που έχει αντίθετη διεύθυνση προς την κίνηση περιστροφής. Ο ψυχρός αέρας εκτός από ψύξη προκαλεί και χαλάρωση του ιστού των εκβολάδων και διευκολύνει τη λειοτρίβησή τους.

5ον. Λειοτρίβηση.

Κατά το τρίτο στάδιο οι εκβολάδες, μετά την εξαγωγή τους από τον κύλινδρο ψύξεως, διαβρέχονται με νερό για να σβήσουν εάν υπάρχουν ίχνη καμμένου ασβέστη και μεταφέρονται σε χώρους, όπου παραμένουν τουλάχιστον για μία εβδομάδα. Μετά λειοτρίβονται μέσα σε σφαιροβόλους μύλους, αφού προηγουμένως προστεθεί μικρή ποσότητα φυσικού ή καμμένου γύψου σε αναλογία 2 έως 3%. Η προσθήκη του γύψου είναι απαραίτητη, γιατί το τσιμέντο, που προκύπτει από την άλεση αμιγών εκβολάδων, πήζει (χωρίζεται δηλαδή) πολύ γρήγορα μετά την ανάμιξή



Σχ. 3.9ε.
Συσκευασία τσιμέντου σε σάκους των 50 kg.

του με νερό και έτσι είναι δύσκολη η χρήση του. Στην Ελλάδα εκτός από γύψο προσθέτομε και θηραική γη σε αναλογία 8 έως 10%. Η μικρή αυτή προσθήκη δεν ελαττώνει ουσιωδώς την αντοχή του, ούτε τις υδραυλικές του ικανότητες, ενώ κατεβάζει το κόστος του.

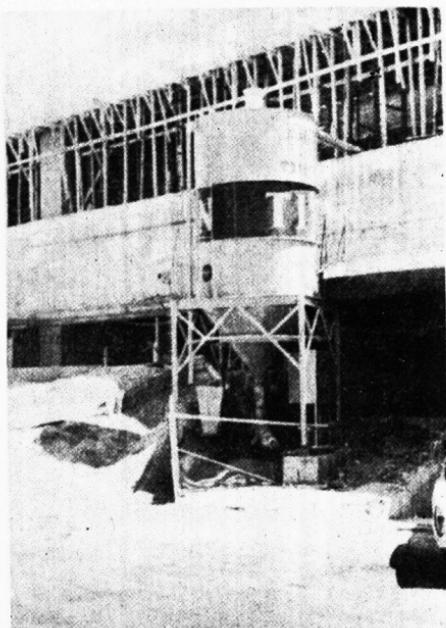
6ον. Αποθήκευση - Συσκευασία.

Μετά τη λειοτρίβηση η σκόνη του τσιμέντου μεταφέρεται σε ειδικά σιλό για εναποθήκευση. Στο εμπόριο κυκλοφορεί συσκευασμένο σε χάρτινους σάκους των 50 kg (σχ. 3.9ε). Επίσης διατίθεται χύμα, εναποθηκευόμενο στο εργοτάξιο μέσα σε κάταλληλα κυλινδρικά δοχεία (σιλό) από λαμαρίνα (σχ. 3.9στ).

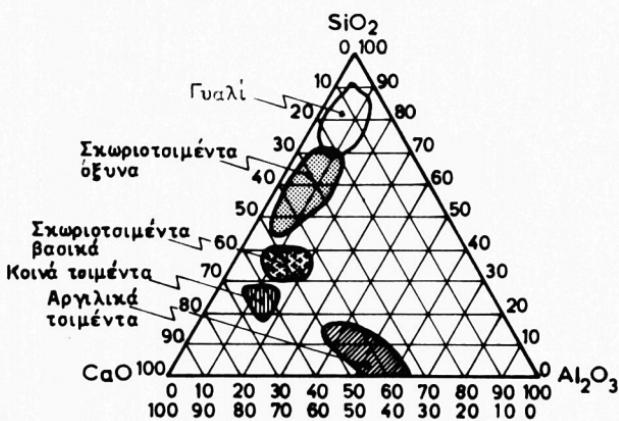
7ον. Είδη τεχνητών τσιμέντων.

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

Η μέθοδος παρασκευής τους είναι η ίδια με τη μέθοδο των κοινών τσιμέντων. Τα βασικά όμως συστατικά τους βρίσκονται σε διαφορετικές αναλογίες ή έχουν προστεθεί ειδικές ουσίες για να



Σχ. 3.9στ.
Σιλό εναποθηκεύσεως τσιμέντου στο εργοτάξιο.



Σχ. 3.9ζ.

Διάγραμμα αναλογιών των τριών βασικών συστατικών του τσιμέντου (CaO , Al_2O_3 , SiO_2) που δείχνει τα ποσοστά συμμετοχής κάθε συστατικού στα διάφορα είδη τσιμέντου.

αυξηθεί μια ορισμένη ιδιότητα ή να ελαττωθεί το κόστος (σχ. 3.9ζ.).

Γενικά τα τσιμέντα που παράγονται σήμερα είναι:

– *Κοινό τσιμέντο Portland.* Είναι αυτό που εξετάσαμε προηγουμένως. Η εκατοστιαία σύνθεσή του δίνεται στον πίνακα 3.9.2.

– *Τσιμέντα Portland υψηλής αντοχής.* Έχουν τις ίδιες αναλογίες με το κοινό τσιμέντο, εκτός από οξείδιο του ασβεστίου, που εμφανίζεται λίγο αυξημένο. Το ψήσιμο όμως των πρώτων υλών γίνεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία και η άλεση των εκβολάδων γίνεται όσο το δυνατόν λεπτότερη. Το τσιμέντο αυτό έχει μεγαλύτερη αντοχή από το κοινό τσιμέντο και σκληραίνει πιο γρήγορα.

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

Βασικές πρώτες ύλες είναι ο ασβεστόλιθος και ο βωξίτης. Παρασκευάζονται όπως τα κοινά τσιμέντα.

Σκληραίνουν πιο γρήγορα, εκλύουν μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την πήξη τους και υφίστανται μεγαλύτερες μεταβολές του όγκου τους. Γι' αυτό είναι κατάλληλα μόνο για ψυχρά κλίματα.

Ο Ελληνικός κανονισμός "οπλισμένου σκυροδέματος" αναφέρει (άρθρ. 13) ότι επιτρέπεται η χρήση των τσιμέντων αυτών, μόνο εφόσον είναι κανονικής πήξεως, εμφανίζουν σταθερότητα όγκου και η αντοχή τους είναι μεγαλύτερη από των τσιμέντων υψηλής αντοχής. Όταν ο καιρός είναι θερμός πρέπει να προσέχουμε ιδιαίτερα ώστε να απομακρύνεται γρήγορα η θερμότητα που παράγεται.

– *Λευκά και ημιλευκά τσιμέντα Portland.* Με ελάττωση του ποσοστού του οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3) σε 1% και με ψήσιμο σε υψηλότερη θερμοκρασία, λαμβάνονται λευκά ή ημιλευκά τσιμέντα. Χρησιμοποιούνται στην οικοδομική κυρίως, όπου απαιτείται καλύτερη εμφάνιση διαφόρων στοιχείων όπως μωσαϊκά δάπεδα, επιχρίσματα αρτιφισιέλ, αρμολογήματα λευκών επιφανειών κλπ.

– *Σιδερένια τσιμέντα.* Αποτελούνται από 70% κοινό τσιμέντο και 30% άλευρο μεταλλουργικών σκουριών (σκουριές υψηλαμίνων). Παράγεται σε χώρες με αυξημένη μεταλλουργία και είναι φθηνότερο από το τσιμέντο Portland. Αντέχει στις χημικές επιδράσεις περισσότερο από το κοινό τσιμέντο.

– Ποζουλανικά τσιμέντα. Με ανάμιξη κοινού τσιμέντου με ποζουλάνες σε διάφορες αναλογίες λαμβάνονται τα ποζουλανικά τσιμέντα. Είναι φθηνότερα από τα κοινά τσιμέντα και μοιάζουν με τα αργιλικά. Στην Ελλάδα παράγονται τσιμέντα αυτού του είδους με προσθήκη 8 έως 10% θηραικής γης στο κοινό τσιμέντο και καλούνται "τσιμέντα ελληνικού τύπου". Χρησιμοποιούνται για εσωτερική κατανάλωση.

– Τσιμέντο τοιχοποιίας. Παρασκευάζεται εάν αλέσομε μαζί clinker και μια αδρανή ύλη (ασβεστόλιθο, πυριτική άμμο κλπ.) σε αναλογία 50 έως 70% clinker και 50% έως 30% αδρανούς ύλης. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή κονιαμάτων δομήσεως και επιχρισμάτων.

Οι ελληνικές βιομηχανίες παράγουν από τα παραπάνω είδη:

- Κοινά τσιμέντα Portland κυρίως για εξαγωγή.
- Τσιμέντα ελληνικού τύπου.
- Λευκά τσιμέντα.
- Ημίλευκα τσιμέντα.
- Τσιμέντα υψηλής αντοχής.
- Τσιμέντα τοιχοποιίας.

8ον. Ιδιότητες του τσιμέντου.

α) *Χρώμα.* Το χρώμα του κοινού τσιμέντου είναι γκριζωπό (υπότεφρο) έως πρασινόγκριζο και οφείλεται κυρίως στα οξείδια του σιδήρου. Μικρή περιεκτικότητα στα οξείδια αυτά του δίνει λευκό χρώμα. Το χρώμα δεν αποτελεί ενδεικτικό της ποιότητας του τσιμέντου σε καμία περίπτωση.

β) *Ειδικό βάρος.* Το απόλυτο ειδικό βάρος του κυμαίνεται μεταξύ 3.1 και 3.2 p/cm³. Τα σιδερένια τσιμέντα έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος εξαρτάται από το βαθμό συμπιέσεως, που έχει υποστεί το τσιμέντο. Σε χαλαρή κατάσταση έχει φαινόμενο ειδικό βάρος περίπου 1100 έως 1200 kp/m³. Με σχετική συμπίεση, όπως είναι αυτή που υφίσταται όταν βρίσκεται μέσα σε σάκο ή μέσα σε ξύλινο κιβώτιο, έχει 1400 έως 1600 kp/m³. Όταν πρόκειται να υπολογισθεί ο όγκος μιας ποσότητας τσιμέντου, πράγμα που είναι απαραίτητο για να συνθέσομε ένα

κονίαμα κατ' όγκο, υπολογίζομε ως ειδικό φαινόμενο βάρος για τα ελληνικού τύπου τσιμέντα το 1500. Διαιρούμε δηλαδή το βάρος της ποσότητας αυτής εκπεφρασμένο σε κρ διά του 1,50 και βρίσκομε τον όγκο σε dm^3 (κυβικές παλάμες) ή διαιρούμε διά του 1500 και βρίσκομε τον όγκο σε m^3 (κυβικά μέτρα).

γ) *Υδραυλικότητα.* Όπως είναι γνωστό [§ 3.9 (1ov)] ο πολτός του τσιμέντου (τσιμέντο και νερό) έχει την ιδιότητα να πήζει και όταν βρίσκεται μέσα σε νερό. Η ιδιότητα αυτή καλείται *υδραυλικότητα*.

Ο βαθμός εκδηλώσεως της ιδιότητας αυτής του τσιμέντου εξαρτάται από την κανονικότητα του ψησίματος, από τη λεπτότητα της αλέσεως και κυρίως από τη χημική σύστασή του. Εάν από τη λειοτρίβηση των εκβολάδων προκύψει χονδρόκοκκο τσιμέντο, τότε δεν επέρχεται πήξη μέσα στο νερό ή, εάν επέλθει, το στερεό σώμα που προκύπτει καταστρέφεται εύκολα. Το ίδιο συμβαίνει και εάν οι αναλογίες των διαφόρων συστατικών του τσιμέντου δεν βρίσκονται μέσα στα καθορισμένα όρια.

Έχει αποδειχθεί ότι ο λόγος Y των κύριων συστατικών:

$$Y = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (26)$$

ο οποίος καλείται *δείκτης υδραυλικότητας* του τσιμέντου πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση:

$$1,70 \leq Y \leq 2,20$$

Εάν ο δείκτης υδραυλικότητας Y είναι μικρότερος από 1,70 ή μεγαλύτερος από 2,20 το τσιμέντο θεωρείται ακατάληλο. Τσιμέντο με δείκτη υδραυλικότητας $Y > 2,20$ σημαίνει περίσσεια CaO και έχει την τάση να διογκώνεται. Με $Y < 1,70$ σημαίνει μικρότερη περιεκτικότητα σε CaO και το τσιμέντο έχει την τάση να αποσαθρώνεται (να τρίβεται).

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

Δεν αρχίζει αμέσως μετά την ανάμιξη του τσιμέντου με το νερό, αλλά αφού περάσει ορισμένο χρονικό διάστημα, που καλείται *χρόνος αρχικής πήξεως*.

Ο χρόνος αρχικής πήξεως και η ταχύτητα με την οποία συντελείται αυτή εξαρτώνται:

- Από τη λεπτότητα αλέσεως.
- Από την παλαιότητα και
- από τη χημική σύσταση (δείκτης υδραυλικότητας) και την περιεκτικότητα σε ένεργες προσμίξεις (γύψος, θηραϊκή γη κλπ.).

Εάν πρόκειται για τσιμέντα της ίδιας ποιότητας, στα οποία δηλαδή οι τρεις πιο πάνω παράγοντες είναι ίδιοι, η έναρξη πήξεως και η ταχύτητα εξαρτώνται:

- Από την ποσότητα του νερού αναμίξεως.
- Από τη θερμοκρασία του μίγματος και του περιβάλλοντος.
- Από την υγρομετρική κατάσταση της ατμόσφαιρας και
- από τη δραστηριότητα, με την οποία θα γίνει η ανάμιξη του τσιμέντου και του νερού.

Εάν χρησιμοποιηθεί νερό περισσότερο από το κανονικό, η πήξη επιβραδύνεται και το προϊόν έχει μικρότερη αντοχή.

Όταν το περιβάλλον είναι πιο θερμό η πήξη του μίγματος επιταχύνεται, ενώ αντίθετα επιβραδύνεται περισσότερο σε υγρή παρά σε ξηρή ατμόσφαιρα.

Τέλος, όσο περισσότερο χρόνο διαρκεί η ανάμιξη, τόσο περισσότερο επιβραδύνεται η πήξη.

Στο κοινό τσιμέντο Portland η πήξη αρχίζει μία ώρα έως τρεις ώρες από τη στιγμή της αναμίξεως με το νερό.

Ο προσδιορισμός της καταστάσεως και του χρόνου αρχικής πήξεως γίνεται με ειδική συσκευή, όπως θα δούμε πιο κάτω [§ 3.9 (9ov)].

Κατά τη διάρκεια του χρόνου αρχικής πήξεως ο πολτός είναι δυνατό να υποστεί νέα ανάμιξη, μεταφορά και γενικά οποιονδήποτε χειρισμό, χωρίς βλάβη του τελικού προϊόντος.

Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι, όταν το τσιμέντο αναμιχθεί με αδρανή υλικά (άμμο και σκύρα) και με περισσότερο νερό από όσο απαιτείται για την πήξη, όπως γίνεται κατά την παρασκευή των τσιμεντοκονιαμάτων και τσιμεντοδεμάτων, ο χρόνος αρχικής πήξεως του μίγματος αυτού διπλασιάζεται ή τετραπλασιάζεται ως προς τον αντίστοιχο χρόνο του πολτού του τσιμέντου. Επομένως τσιμέντο με χρόνο αρχικής πήξεως 1 ώρα, θα χρειασθεί 2 έως 4 ώρες για να αρχίσει η πήξη του, όταν βρίσκεται αναμιγμένο με αδρανή και περισσότερο νερό. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για να εκτελέσουμε διάφορους χειρισμούς και να στρώσ-

με το μίγμα.

Μετά την έναρξη της πήξεως, αυτή συνεχίζεται αργά, έως ότου ο πολτός στερεοποιηθεί τελείως και φθάσει στην κατάσταση τελικής πήξεως. Κατά τη διάρκεια της πήξεως ο πολτός πρέπει να παραμένει σε πλήρη ηρεμία. Απαγορεύεται οποιοσδήποτε χειρισμός και διατάραξή του.

Η κατάσταση της τελικής πήξεως και ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της καταστάσεως αρχικής πήξεως και τελικής προσδιορίζονται πειραματικά [§ 3.9 (9ov)].

Ο χρόνος τελικής πήξεως για τα κοινά τσιμέντα Portland κυμαίνεται μεταξύ 6 και 10 ωρών.

Μετά την τελική πήξη το τσιμέντο εξακολουθεί να σκληράνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, συγχρόνως αυξάνεται η αντοχή του. Η σκλήρυνση διαρκεί μήνες και χρόνια ακόμη. Κατά τις πρώτες ημέρες σκληράνει πολύ γρήγορα, αλλά κατά τους επόμενους μήνες η σκλήρυνση επιβραδύνεται συνεχώς. Κατά τη διάρκεια της σκληρύνσεως και κυρίως κατά τις πρώτες ημέρες είναι απαραίτητο να διατηρείται το σώμα σε υγρό περιβάλλον για να διευκολύνονται οι διάφορες χημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται στη μάζα του υλικού. Γ' αυτό πρέπει ο στερεοποιημένος πολτός να διαβρέχεται συνεχώς για διάστημα τουλάχιστον 5 ημερών πριν από τη τελική πήξη.

Κατά τη διάρκεια της πήξεως και της σκληρύνσεως, λόγω των χημικών αντιδράσεων, παράγεται θερμότητα στη μάζα του υλικού, που μεταδίδεται στην ατμόσφαιρα. Εάν η μετάδοση αυτή εμποδισθεί είτε λόγω υπερβολικής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (καλοκαίρι) είτε λόγω μεγάλου πάχους του έργου (π.χ. φράγμα από σκυρόδεμα), τότε προκαλούνται εσωτερικές τάσεις και υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του έργου. Για τον περιορισμό του κινδύνου αυτού παίρνομε διάφορα μέτρα, όπως είναι η χρησιμοποίηση τσιμέντου βραδείας πήξεως, η δημιουργία δικτύου σωληνώσεων στη μάζα του έργου, μέσα στις οποίες κυκλοφορεί ψυχρό νερό (ύδωρ) κ.ά.

Επίσης κατά τη διάρκεια της πήξεως ο πολτός συστέλλεται και παρουσιάζονται ραγάδες στην επιφάνεια του σώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συστολή, τόσο βαθύτερες είναι οι ραγάδες. Ένας από τους βασικούς λόγους που δεν χρησιμοποιείται το τσιμέντο αυτούσιο, αλλά πάντοτε αναμιγμένο με άμμο, είναι α-

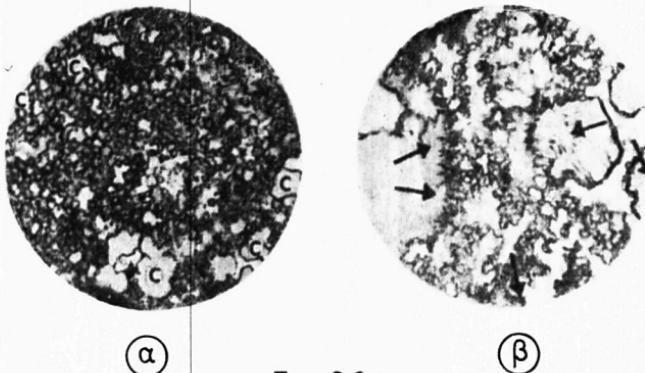
κριβώς τα ραγίσματα που υφίσταται κατά τη συστολή.

Το φαινόμενο της συστολής δεν παρουσιάζεται, όταν η πήξη πραγματοποιείται μέσα σε νερό. Επομένως για να αποφεύγονται τα ραγίσματα στις κατασκευές από τσιμεντοκονίαμα, αρκεί να διατηρείται η εκτεθειμένη επιφάνειά τους υγρή είτε με συνεχή διαβροχή, είτε με κάλυψη της με υγρά υφάσματα.

ε) *Μηχανική αντοχή*. Το τσιμέντο μετά τη σκλήρυνσή του παρουσιάζει αρκετή αντοχή σε θλίψη, ενώ η αντοχή του σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρή. Συνήθως η αντοχή σε θλίψη είναι δωδεκαπλάσια από την αντοχή σε εφελκυσμό.

στ) *Στεγανότητα*. Εάν εξετασθεί μικροσκοπικά η μάζα του σκληρού τσιμέντου, διαπιστώνεται ότι αποτελείται από μίγμα κρυστάλλων και κολλοειδούς ύλης (σχ. 3.9η). Οι κρύσταλλοι, στους οποίους κυρίως οφείλεται η μηχανική αντοχή του τσιμέντου, περιβάλλονται από την κολλοειδή ύλη. Αυτή με τις συγκολλητικές ιδιότητες που έχει συγκρατεί τους κρυστάλλους συνδεμένους, ενώ συγχρόνως καθιστά στεγανό το σώμα. Εάν είχαμε αυτή την εικόνα σε όλη τη μάζα θα επρόκειτο για ιδεώδες καλό τσιμέντο. Συνήθως όμως εμφανίζονται περιοχές, όπου δεν έχουν δημιουργηθεί κρύσταλλοι ή περιοχές χωρίς κολλοειδή ύλη ή τέλος περιοχές, όπου η κολλοειδής ύλη έχει ξεκολλήσει από τους κρυστάλλους.

Στις ελαττωματικές αυτές περιοχές οφείλεται η χαμηλή



Σχ. 3.9η.

Φωτογραφίες σκληρού πια τσιμέντου με ποσοστό νερού 35% του βάρους του. α) Μεγέθυνση 300 φορές. Διακρίνονται οι κρύσταλλοι και η κολλοειδής ύλη που τους περιβάλλει. Στις περιοχές C δεν δημιουργήθηκαν κρύσταλλοι (ελάττωμα). β) Μεγέθυνση 850 φορές μιας ελαττωματικής περιοχής C.

αντοχή και η έλλειψη στεγανότητας, που παρουσιάζονται στις κατασκευές από τοιμέντο.

Οι αιτίες, που δημιουργούν αυτές τις ανωμαλίες, είναι:

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

Οι πιο συχνές αιτίες είναι οι δύο τελευταίες.

Η έλλειψη επίσης στεγανότητας μπορεί να προκληθεί και από τα ρήγματα, που οφείλονται στις θερμοκρασιακές μεταβολές και στη συστολή από πήξη.

9ον. Έλεγχοι και προδιαγραφές του τοιμέντου.

Το τοιμέντο, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή τοιμεντοκονιαμάτων ή σκυροδεμάτων, πρέπει πριν από κάθε άλλη εργασία να υποστεί ορισμένες δοκιμασίες, για να εξακριβωθεί σε ποιο βαθμό κατέχει τις αναφερθείσες ιδιότητες και συνεπώς εάν είναι κατάλληλο για το σκοπό που προορίζεται.

Η προπαρασκευή των δοκιμών, το είδος των δοκιμασών, οι μέθοδοι που θα εφαρμοσθούν για τις δοκιμασίες αυτές και τέλος ο βαθμός ικανότητας, που πρέπει να έχει το τοιμέντο, προσδιορίζονται με κάθε δυνατή λεπτομέρεια από ειδικές διατάξεις, που είναι γνωστές με το όνομα "Κανονισμοί".

Στην Ελλάδα παλαιότερα ίσχυαν οι γερμανικοί Κανονισμοί. Από το 1954 όμως για τον έλεγχο του τοιμέντου εφαρμόζονται οι διατάξεις, που περιέχονται στο Δ' μέρος του ελληνικού "Κανονισμού για τη μελέτη και εκτέλεση οικοδομικών έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα".

Οι μέθοδοι και άλλα στοιχεία, που περιγράφονται παρακάτω, βασίζονται στον ελληνικό Κανονισμό, και ισχύουν για τα τοιμέντα Portland και ελληνικού τύπου.

a) *Γενικά-δειγματοληψία.* Το τοιμέντο ελέγχεται από χημική, φυσική και μηχανική άποψη.

Κατά κανόνα οι έλεγχοι αυτοί γίνονται σε ειδικά εργαστήρια, επειδή απαιτούνται ειδικές συσκευές και μηχανήματα, και επειδή πρέπει να υπάρχουν σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ. και να λαμβάνονται ιδιαίτερες προφυλάξεις για την

παρασκευή και φύλαξη των δοκιμών.

Ο ελληνικός Κανονισμός προβλέπει πρόχειρο εργοταξιακό έλεγχο μόνο για την πήξη και την ογκοσταθερότητα του τσιμέντου (άρθρο 68).

Τα δείγματα που λαμβάνονται από μία ποσότητα τσιμέντου, η οποία πρόκειται να υποστεί έλεγχο, πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά όλης της ποσότητας. Εάν το τσιμέντο είναι συσκευασμένο σε σάκους, λαμβάνονται τα δείγματα από το εσωτερικό περισσοτέρων του ενός σάκων. Εάν βρίσκεται αποθηκευμένο χύμα σε σιλό, η δειγματοληψία γίνεται από διάφορες θέσεις και στρώματα με τη βοήθεια κατάλληλου σωλήνα που μοιάζει με το δειγματολήπτη των σιτηρών. Τα διάφορα δείγματα, που λαμβάνονται με αυτόν τον τρόπο αναμιγνύονται και από το μίγμα αυτό λαμβάνεται μία ποσότητα περίπου 10 kg. Η ποσότητα αυτή συσκευάζεται σε σάκο, όπου αναγράφονται ευδιάκριτα η ημερομηνία της δειγματοληψίας, η πηγή του δείγματος, η συνολική ποσότητα σε σάκους ή χιλιόγραμμα, που αντιπροσωπεύει το δείγμα, και το είδος της εργασίας για την οποία προορίζεται αυτό το τσιμέντο. Ύστερα το δείγμα αυτό πρέπει να αποστέλεται αμέσως και χωρίς καθυστέρηση στο εργαστήριο.

β) Έλεγχος χημικών χαρακτηριστικών του τσιμέντου. Ο έλεγχος αυτός εκτελείται σε ειδικά εργαστήρια και αποσκοπεί στον προσδιορισμό της χημικής συστάσεως του τσιμέντου (ποσοστιαία αναλογία των οξειδίων πυριτίου, σιδήρου, αργιλίου, ασβεστίου και μαγνησίας), τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας τριοξειδίου του θείου και σιδήρου, τον προσδιορισμό της απώλειας όταν πυρωθεί κλπ. Ο ελληνικός Κανονισμός στο άρθρο 69 περιγράφει λεπτομερώς τις μεθόδους, που χρησιμοποιούνται, καθώς και τα αποτελέσματα, που πρέπει να προκύψουν, για να θεωρηθεί το έλεγχόμενο τσιμέντο κατάλληλο για χρήση. Ο έλεγχος αυτός διενεργείται σπάνια και μόνο όταν από τους άλλους ελέγχους προκύψουν αποτελέσματα που να τον δικαιολογούν.

γ) Έλεγχος φυσικών χαρακτηριστικών. Ο έλεγχος αυτός γίνεται τόσο στο εργαστήριο, όσο και στο εργοτάξιο. Εκτελείται για να εξακριβωθούν:

- Η λεπτότητα αλέσεως.
- Ο χρόνος αρχικής και τελικής πήξεως και

– η ογκοσταθερότητα του τσιμέντου.

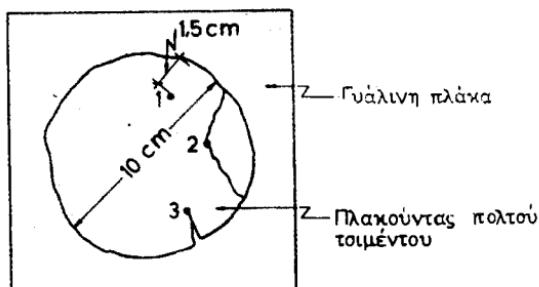
A. Η λεπτότητα αλέσεως προσδιορίζεται με τη βοήθεια δύο κόσκινων με τετράγωνα ξύλινα πλαίσια πλευράς 22 cm και βάθους 9 cm. Το πρώτο κόσκινο υπ' αρ. 5 [25 τρύπες (βροχίδες) ανά cm^2] χρησιμοποιείται για την απόμακρυνση τυχόν ξένων υλικών (αχύρων, ροκανιδίων, σπάγγων κλπ) καθώς και βώλων τσιμέντου, που δεν είναι δυνατό να θρυμματισθούν με το χέρι. Το δεύτερο κόσκινο υπ' αριθ. 70 (4900 τρύπες ανά cm^2) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ποσότητας, που θα διέλθει μέσα από αυτό το κόσκινο.

Η ποσότητα του δείγματος ανέρχεται σε 100 g και ξηραίνεται σε 105° C πρίν από το κοσκίνισμα. Το κοσκίνισμα γίνεται με το χέρι και διαρκεί 25' (λεπτά).

Κατά το ελληνικό Κανονισμό το τσιμέντο θεωρείται κατάλληλο, όταν το υπόλειμμα μέσα στο δεύτερο κόσκινο δεν υπερβαίνει το 20% της αρχικής ποσότητας, δηλαδή δεν υπερβαίνει τα 20 g.

B. Ο προσδιορισμός του χρόνου ενάρξεως και λήξεως της πήξεως γίνεται με δύο μεθόδους:

Κατά την πρώτη μέθοδο, η οποία χαρακτηρίζεται ως πρόχειρη και μπορεί να εκτελεσθεί στο εργοτάξιο, αναμιγνύονται 200 g τσιμέντου με 50 g νερού. Ο πολτός που παρασκευάζεται είναι πυκνός και διαχωρίζεται σε δύο ίσα μέρη. Κάθε ένα από αυτά τοποθετείται επάνω σε γυάλινη πλάκα, η οποία έχει αλειφθεί προηγουμένως ελαφρά με ελαιόλαδο (σχ. 3.9θ). Το δοκίμιο της μιας πλάκας θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της πήξεως,



Σχ. 3.9θ.

Εργοταξιακός έλεγχος για τον προσδιορισμό του χρόνου ενάρξεως της πήξεως.

ενώ το δοκίμιο της άλλης θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της ογκοσταθερότητας.

Στη συνέχεια κουνάμε τη γυάλινη πλάκα επάνω στο τραπέζι, ώστε ο πολτός να πάρει σχήμα πλακούντα με διάμετρο περίπου 10 cm και τη σκεπάζομε με ένα κάλυμμα για να αποφύγομε τη γρήγορη εξάτμιση και επομένως και τα ρήγματα του δοκιμίου. Για να ελεγχθεί η πρόοδος της πήξεως, βυθίζεται κατακόρυφα η αιχμή ενός "μολυβιού" μέσα στον πλακούντα και σε απόσταση 1,5 cm από την περιφέρειά του. Εάν σχηματισθεί ρωγμή κάθετη στην περιφέρεια, θεωρείται ότι η πήξη έχει αρχίσει.

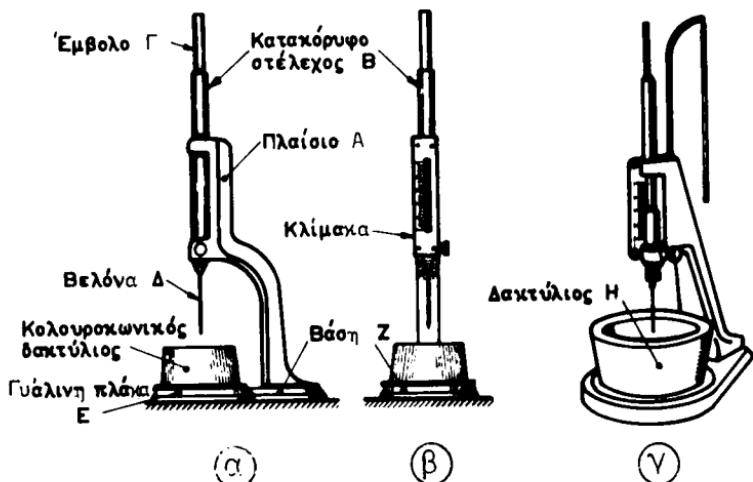
Στο σχήμα 3.9θ φαίνονται τρεις θέσεις, στις οποίες έγινε διαδοχικά το μπήξιμο του μολυβιού. Στη θέση 1 καμία ένδειξη ενάρξεως της πήξεως φαίνεται, καθώς και στη θέση 2, γιατί δεν υπάρχει ρωγμή κάθετη στην περιφέρεια. Τέλος στη θέση 3 δημιουργήθηκε η ρωγμή που περιμέναμε και επομένως άρχισε η πήξη. Ο χρόνος, που πέρασε από τη στιγμή της παρασκευής του πλακούντα μέχρι τη στιγμή της διαπιστώσεως της δημιουργίας της κάθετης στην περιφέρεια ρωγμής, είναι ο χρόνος αρχικής πήξεως.

Η τελική πήξη συντελείται, όταν το νύχι αφήνει στον πλακούντα ένα ανεπαίσθητο ίχνος.

Η δεύτερη μέθοδος είναι περισσότερο ακριβής και εκτελείται μόνο στο εργαστήριο. Κατ' αρχήν χρησιμοποιείται ειδική συσκευή που καλείται συσκευή Vicat, από το όνομα του κατασκευαστή της.

Η συσκευή Vicat αποτελείται από πλαίσιο Α μαζί με βάση Ζ (σχ. 3.9ι), το οποίο συγκρατεί κατακόρυφο στέλεχος Β. Αυτό γλιστράει ελεύθερα κάτω από την ενέργεια του βάρους του. Στο κάτω άκρο του στελέχους μπορεί να προσαρμοσθεί κυλινδρικό έμβολο Γ με διάμετρο 10 mm ή βελόνα Δ με διατομή 1 mm². Το στέλεχος Β μαζί με το έμβολο Γ ζυγίζουν 300 g. Εάν αντί του εμβόλου Γ προσαρμοσθεί η βελόνα Δ, τότε τοποθετείται πρόσθετο βάρος επάνω στο στέλεχος, ώστε πάλι το κινούμενο σύστημα να έχει βάρος ίσο με 300 g.

Σε άλλου τύπου συσκευές το κινούμενο στέλεχος έχει στο ένα άκρο του το έμβολο και στο άλλο τη βελόνα (όπως στο σχήμα 3.9ι). Στο πλαίσιο Α είναι προσαρμοσμένη κλίμακα, ενώ στο στέλεχος υπάρχει δείκτης. Όταν το έμβολο ή η βελόνα αγγί-



Σχ. 3.9ι.

Εργαστηριακός έλεγχος χρόνου αρχικής και τελικής πήξεως τσιμέντου με τη συσκευή του Vicat. α) Πλάγια όψη. β) Εμπρός όψη. γ) Προοπτικό.

Ζουν τη γυάλινη πλάκα Ε της βάσεως, τότε ο δείκτης βρίσκεται στο 0 της κλίμακας και όταν ανυψωθούν, ο δείκτης δείχνει την απόστασή τους από τη βάση.

Ο πολτός του τσιμέντου τοποθετείται μέσα σε κολουροκωνικό δακτύλιο Z από σκληρό ελαστικό, με διάμετρο 65 mm επάνω, 75 mm κάτω και ύψος 40 mm. Ο δακτύλιος γεμάτος με πολτό τοποθετείται αρχικά επάνω σε γυάλινη πλάκα και μεταφέρεται στη βάση της συσκευής.

Πριν ελέγχουμε την πήξη, είναι απαραίτητο να προσδιορισθεί ακριβώς η αναγκαία ποσότητα νερού, που απαιτείται για την πήξη του τσιμέντου, επειδή όπως γνωρίζομε, [§ 3.9 (8ον-δ)], ποσότητα νερού μικρότερη ή μεγαλύτερη από τη κανονική επηρεάζει αμέσως τη πορεία και το χρόνο πήξεως.

Η κανονικότητα του πολτού ελέγχεται δοκιμαστικά με τη συσκευή Vicat ως εξής: Αναμιγνύονται 300 g τσιμέντου με νερό επί 3'. Με τον πολτό αυτό γεμίζει ο δακτύλιος, που τοποθετείται στη βάση της συσκευής Vicat, η οποία έχει το έμβολο Γ. Φέρομε σε επαφή το έμβολο με την άνω επιφάνεια του πολτού και το αφήνομε ελεύθερο να εισδύσει μέσα σ' αυτόν. Εάν σταματήσει σε ύψος 5 έως 7 mm από τον πυθμένα, θεωρείται ότι η δόση του

νερού είναι κανονική. Εάν εισδύσει περισσότερο ή λιγότερο επαναλαμβάνεται η δοκιμή με άλλη ποσότητα νερού, μέχρι να επιτευχθεί το ζητούμενο αποτέλεσμα.

Μετά τον προσδιορισμό της κανονικής ποσότητας νερού, γίνεται ο έλεγχος πήξεως.

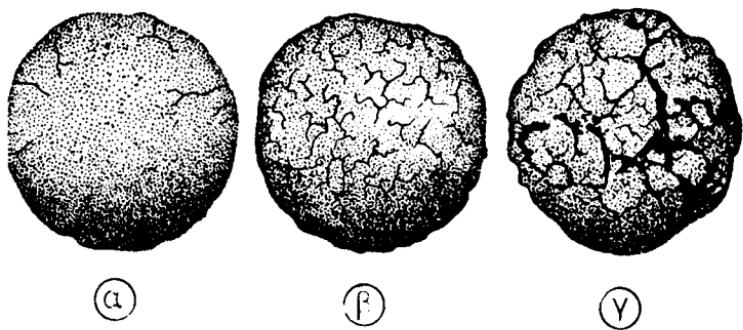
Γεμίζει ο δακτύλιος με τον κανονικό πολτό και τοποθετείται κάτω από τη συσκευή, η οποία έχει τώρα τη βελόνα Δ. Όλο το σύστημα τοποθετείται μέσα σε υγρό θάλαμο ή κλειστό δοχείο, για να αποφευχθεί η εξάτμιση, και παραμένει ήρεμο για διάστημα 50 έως 55 min. Μετά φέρεται η βελόνα σε επαφή με την άνω επιφάνεια του πολτού. Η στιγμή κατά την οποία η βελόνα σταματήσει σε ύψος 3 mm έως 5 mm επάνω από τον πυθμένα, θεωρείται κατά τον κανονισμό ώς έναρξη πήξεως. Για τον καθορισμό του τέλους της πήξεως, αναστρέφεται το δοκίμιο περίπου μετά από 12 ώρες και αφήνεται η βελόνα να εισδύσει στη νέα επιφάνεια. Ως τέλος της πήξεως θεωρείται η στιγμή, κατά την οποία η βελόνα δεν εισχωρεί μέσα στο δοκίμιο περισσότερο από 1 mm.

Κατά τον ελληνικό Κανονισμό, το τσιμέντο θεωρείται κατάλληλο, εφόσον η πήξη αρχίζει τουλάχιστον μετά μία ώρα και τελειώνει το πολύ μετά 12 ώρες από την παρασκευή του κανονικού πολτού.

Γ. Η σταθερότητα του όγκου ελέγχεται επίσης με δύο μεθόδους:

Η μία, που καλείται δοκιμή βρασμού, δίνει κατά προσέγγιση αποτελέσματα και μπορεί να εκτελεσθεί στο εργοτάξιο. Η δεύτερη είναι πιο ακριβής και εκτελείται στο εργαστήριο.

Κατά τη δοκιμή του βρασμού λαμβάνεται το ένα από τα δύο δοκίμια, που περιγράψαμε στην πρόχειρη μέθοδο προσδιορισμού της ενάρξεως της πήξεως, και τοποθετείται αμέσως μέσα σε κλειστό δοχείο κορεσμένο από υγρασία. Στο δοχείο παραμένει για 24 ώρες. Μετά απομακρύνεται ο πλακούντας από τη γυάλινη πλάκα, τοποθετείται μέσα σε δοχείο γεμάτο ψυχρό νερό με την επίπεδη επιφάνεια προς τα πάνω και υφίσταται βρασμό επί 15'. Εξετάζεται στη συνέχεια με προσοχή και, εάν το τσιμέντο είναι καλής ποιότητας, η επιφάνεια του πλακούντα παραμένει συνεχής με πολύ μικρές ραγάδες, οι ακμές του είναι οξείες και γενικά δεν εμφανίζει παραμορφώσεις [σχ. 3.9ια(α)]. Αντίθετα ακα-



Σχ. 3.9ια.

Έλεγχος ογκοσταθερότητας με τη μέθοδο του βρασμού.
α) Τσιμέντο καλής ποιότητας. β) και γ) Τσιμέντο ακατάλληλο για χρήση.

τάλληλο τσιμέντο παρουσιάζει έντονες ρωγμές και παραμορφώσεις [σχ. 3.9ια(β) και (γ)].

Η δεύτερη μέθοδος εκτελείται στο εργαστήριο. Χρησιμοποιούνται πλακούντες, που παρασκευάσθηκαν και διατηρήθηκαν με τον τρόπο που αναφέραμε προηγουμένως. Αφού μείνουν για 24 ώρες στο κλειστό δοχείο, οι πλακούντες τοποθετούνται μέσα σε νερό και παρακολουθούνται επί 27 ακόμη ημέρες. Εάν το τσιμέντο έχει την απαιτούμενη σταθερότητα όγκου, δεν πρέπει να παρουσιάσθούν ρωγμές στην περίμετρο ή κυρτώσεις στην επιφάνεια ή ρωγμές με μορφή πλέγματος.

δ) Έλεγχος μηχανικών ιδιοτήτων. Η τρίτη ομάδα δοκιμών αναφέρεται στον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του τσιμέντου. Δηλαδή στον προσδιορισμό:

- Της αντοχής του σε θλίψη και
- της αντοχής του σε εφελκυσμό.

Οι δοκιμές αυτές εκτελούνται μόνο στο εργαστήριο.

– Αντοχή σε θλίψη. Για την παρασκευή των δοκιμών που προορίζονται για τον έλεγχο της αντοχής σε θλίψη χρησιμοποιείται κονίαμα αναλογίας 1:3, δηλαδή 1 μέρος βάρος τσιμέντου και 3 μέρη βάρος κανονικής άμμου.

Κανονική άμμος καλείται η άμμος, που έχει ορισμένη κοκκομετρική σύνθεση και προέρχεται από ορισμένο πέτρωμα. Υπάρχουν πολλοί τύποι κανονικής άμμου. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται κανονική άμμος Αγγλίας, η οποία είναι πυριτικής προελεύσεως.

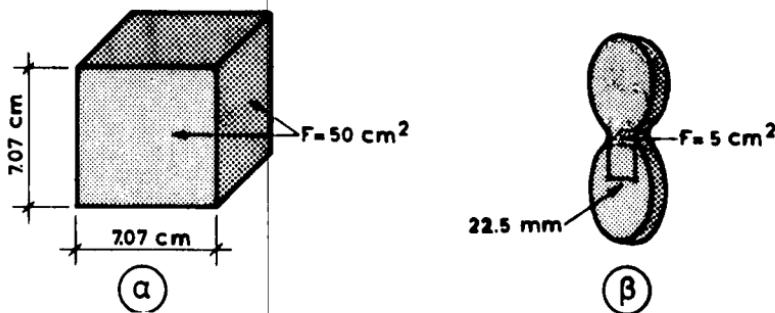
Η ποσότητα του νερού αναμίξεως προσδιορίζεται εάν κοπανίσομε το κονίαμα μέσα σε καλούπια (τύπο). Όταν εμφανισθεί νερό στην επάνω επιφάνεια μετά από ορισμένο αριθμό κρούσεων, θεωρείται κανονικός ο πολτός.

Τα δοκίμια παρασκευάζονται ως εξής: Λαμβάνονται 500 g τσιμέντου και 1500 g κανονικής άμμου και αναμιγνύονται αρχικά ξηρά με το χέρι. Μετά ρίχνεται κατάλληλη ποσότητα νερού, γίνεται ανάμιξη για 1 min και ύστερα το μίγμα κατεργάζεται σε ειδικό αναμικτικό μηχάνημα.

Από αυτό το κονίαμα λαμβάνεται ποσότητα 860 g και τίθεται μέσα σε ειδικά σιδερένια καλούπια, όπου υφίσταται ορισμένο αριθμό κρούσεων. Τα δοκίμια που βγαίνουν από τα καλούπια έχουν κυβική μορφή και η επιφάνεια κάθε έδρας είναι ίση με 50 cm^2 [σχ. 3.9ιβ(α)]. Για κάθε δοκιμή αντοχής απαιτούνται 6 δοκίμια.

Τα δοκίμια μαζί με τα καλούπια τοποθετούνται μέσα σε κλειστά δοχεία κορεσμένα από υγρασία και μετά από 20 ώρες αφαιρούνται τα καλούπια. Μετά από 24 ώρες από την ώρα παρασκευής τους τοποθετούνται στο νερό και παραμένουν μέχρι την ημέρα του ελέγχου.

Σύμφωνα με τον κανονισμό ο έλεγχος της αντοχής γίνεται 7 ημέρες και 28 ημέρες μετά την παρασκευή του δοκιμίου και προβλέπει δύο τρόπους διατηρήσεως των δοκιμών. Κατά τον πρώτο διατηρούνται τα δοκίμια συνεχώς μέσα στο νερό και τις 28 ημέρες, ενώ κατά το δεύτερο τρόπο (μικτή διατήρηση) διατη-



Σχ. 3.9ιβ.

Δοκίμια τσιμέντου για τον έλεγχο της μηχανικής αντοχής του. α) Κυβικό δοκίμιο για τον έλεγχο αντοχής σε θλίψη. β) Δοκίμιο σχήματος οκτώ για τον έλεγχο αντοχής σε εφελκυσμό.

ρούνται μέσα σε νερό τις πρώτες 7 ημέρες και στον αέρα τις υπόλοιπες 21 ημέρες.

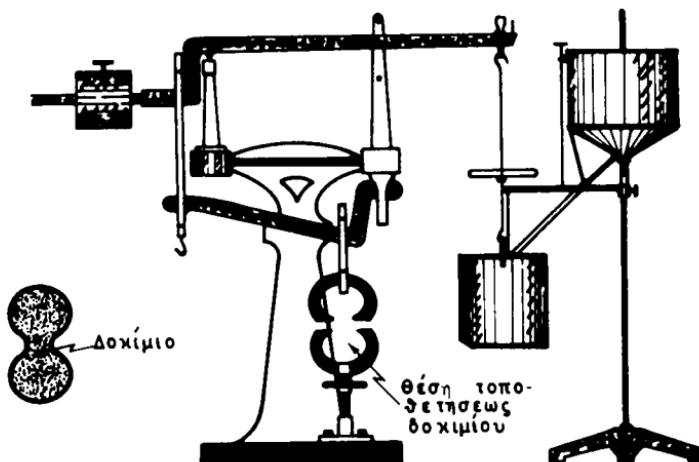
Εάν ληφθεί υπόψη ότι για κάθε δοκιμή απαιτούνται 6 δοκίμια και ότι για κάθε τρόπο διατηρήσεως απαιτείται έλεγχος δοκιμών ηλικίας 7 ημερών και 28 ημερών, τότε προκύπτει το συμπέρασμα ότι για τον πλήρη έλεγχο της αντοχής σε θλίψη απαιτούνται $6 \times 2 \times 2 = 24$ δοκίμια.

Ο προσδιορισμός της αντοχής σε θλίψη επιτυγχάνεται με ειδική μηχανή, η οποία πιέζει με συνεχώς αυξανόμενο φορτίο το δοκίμιο. Εάν το φορτίο, που επέφερε την θραύση, διαιρεθεί δια της επιφανείας της έδρας του δοκιμίου (50 cm^2) προκύπτει η αντοχή του τσιμέντου σε θλίψη.

— **Αντοχή σε εφελκυσμό.** Τα δοκίμια, που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της αντοχής σε εφελκυσμό, έχουν σχήμα οκτώ (8) [σχ. 3.9ιβ(β)], του οποίου η διατομή θραύσεως έχει επιφάνεια 5 cm^2 . Παρασκευάζονται και διατηρούνται ακριβώς όπως τα δοκίμια της θλίψεως, και για τον προσδιορισμό της αντοχής τους τοποθετούνται σε ειδική εφελκυστική μηχανή (σχ. 3.9ιγ).

Για τα τσιμέντα υψηλής αντοχής, επειδή η πήξη και η σκλήρυνση προχωρούν πιο γρήγορα από τα κοινά τσιμέντα, τα πρώτα δοκίμια ελέγχονται σε ηλικία 3 ημερών αντί 7 ημερών.

Ο ελληνικός Κανονισμός προβλέπει για την ελάχιστη



Σχ. 3.9ιγ.

Μηχανή ελέγχου σε εφελκυσμό, δοκιμών τσιμέντου σχήματος οκτώ.

αντοχή του κοινού τσιμέντου και του τσιμέντου υψηλής αντοχής στις διάφορες ηλικίες του δοκιμίου και τους διαφόρους τρόπους διατηρήσεώς τους τις τιμές του πίνακα 3.9.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9.3

Αντοχές κοινού και υψηλής αντοχής τσιμέντου

Είδος τσιμέντου	Δοκιμή σε	Αντοχή δοκιμίου (kp/cm^2)			
		Διατήρηση μέσα στο νερό			Μικτή διατήρηση
		Ηλικία 3 ημερών	Ηλικία 7 ημερών	Ηλικία 28 ημερών	
Κοινό τσιμέντο	θλίψη		180	275	350
	εφελκυσμό		18	25	30
Τσιμέντο υψηλής αντοχής	θλίψη	250		400	500
	εφελκυσμό	25		30	40

10ον. Χρήσεις του τσιμέντου.

Το τσιμέντο χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή κονιαμάτων και σκυροδεμάτων.

Όταν αναμιχθεί με άμμο σε διάφορες αναλογίες και με νερό παρασκευάζονται τα τσιμεντοκονιάματα, ενώ όταν αναμιχθεί με άμμο, σκύρα και νερό παρασκευάζονται τα τσιμεντοσκυροδέματα.

Επίσης χρησιμοποιείται για την ενίσχυση άλλων πιο ασθενών κονιαμάτων, όπως είναι τα ασβεστοκονιάματα και τα γυψοκονιάματα.

Με βάση τα τσιμεντοκονιάματα και τα τσιμεντοσκυροδέματα κατασκευάζεται πλήθος άλλων υλικών, τα οποία τείνουν να αντικαταστήσουν τους φυσικούς λίθους και τα αργιλικά προϊόντα (τούβλα κλπ.). Αυτό γίνεται γιατί παρουσιάζουν καλύτερες ιδιότητες για δομικές χρήσεις και χαμηλότερη τιμή. Υλικά αυτού του είδους είναι: τσιμεντόπλινθοι (τσιμεντότουβλα) διαφόρων σχημάτων και μεγεθών, τσιμεντόλιθοι, κισσηρόλιθοι, τσιμεντοσωλήνες, τσιμεντόφυλλα και άλλα παρόμοια υλικά.

Εκεί όμως που το τσιμέντο έφερε πραγματική επανάσταση

στα δομικά υλικά, ήταν η κατασκευή του οπλισμένου σκυροδέματος. Η ισχυρή πρόσφυση του τσιμέντου με τον χάλυβα, η προστασία στην οξειδωση, που παρέχει σ' αυτόν, η σύγχρονη αντοχή σε θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις του οπλισμένου σκυροδέματος, το χαμηλό κόστος κ.ά., το έκαναν το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα υλικό. Το οπλισμένο σκυρόδεμα αντικατέστησε το ξύλο στις φέρουσες κατασκευές σχεδόν εξ ολοκλήρου και το χάλυβα εν μέρει.

Πολτός τσιμέντου που δεν έχει αναμιχθεί με άμμο χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα, και κυρίως για τη στεγανοποίηση ορισμένων κατασκευών. Με πολτό πυκνό καλύπτονται αρμοί πλακοστρώτων δαπέδων ή ταρατσών και λιθοδομών. Με αραιό πολτό (αριάνι) γίνεται επάλειψη ταρατσών ή άλλων επικρανειών.

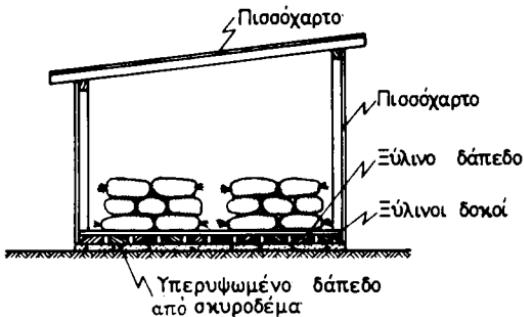
11ον. Αποθήκευση και προφύλαξη του τσιμέντου.

Επειδή, όπως προηγουμένως αναφέραμε, το τσιμέντο έχει την ιδιότητα να πήζει, όταν αναμιχθεί με νερό, πρέπει να λαμβάνονται σχολαστικά μέτρα, ώστε να αποκλεισθεί κάθε επαφή του με νερό, μέχρις ότου χρησιμοποιηθεί.

Εκτός από το νερό και η υγρασία επιπρεάζει το τσιμέντο. Γι' αυτό δεν πρέπει να μένει για πολύ χρόνο αποθηκευμένο γιατί απορροφάει μέρος της ατμοσφαιρικής υγρασίας και σχηματίζει σβώλους (θρομβώνεται). Όταν ο χρόνος της αποθηκεύσεως δεν είναι μεγάλος, οι σβώλοι αυτοί (θρόμβοι) είναι μαλακοί, τριβονται εύκολα με τα δάχτυλα και δεν είναι επιβλαβείς, γιατί κατά την ανάμιξη του κονιάματος κονιοποιούνται. Με την πάροδο όμως του χρόνου οι σβώλοι (θρόμβοι) σκληραίνουν και απαιτείται μεγάλη δύναμη για να κονιοποιηθούν. Τσιμέντο που περιέχει σκληρούς σβώλους πρέπει να απορρίπτεται ως ακατάλληλο. Η θρόμβωση του τσιμέντου κάτω από συνηθισμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες υγρασίας πραγματοποιείται μεταξύ ενός και τριών μηνών από την εξαγωγή του από το εργοστάσιο.

Επίσης δεν πρέπει να εκτίθεται σε υπερβολική θερμοκρασία, γιατί το θερμό τσιμέντο πήζει πολύ γρήγορα.

Γι' αυτούς τους λόγους το τσιμέντο πρέπει να αποθηκεύεται σε κλειστές αποθήκες, τελείως προφυλαγμένες από τη βροχή ή επιφανειακά νερά και από τις ηλιακές ακτίνες. Το δάπεδο των α-



Σχ. 3.9ιδ.

Αποθήκευση τσιμέντου στο εργοτάξιο, μέσα σε κλειστές και καλά μονωμένες αποθήκες, από την ατμοσφαιρική υγρασία.

πιθηκών πρέπει να είναι ξύλινο και τοποθετημένο σε ύψος τουλάχιστον 8 cm από το έδαφος. Για καλύτερη μόνωση συνιστάται η κάλυψή του με πισσόχαρτο (σχ. 3.9ιδ). Οι σάκοι πρέπει να τοποθετούνται σε γραμμές πλάτους δύο σάκων, ώστε να δημιουργούνται διάδρομοι κυκλοφορίας του αέρα για την απομάκρυνση της υγρασίας. Τέλος όλοι οι σάκοι κάθε νέας ποσότητας, που εισέρχεται στην αποθήκη, θα πρέπει να τοποθετούνται στον ίδιο χώρο και να μη διασπείρονται σε διάφορα σημεία της αποθήκης. Ετσι θα είναι εύκολος ο προσδιορισμός του χρόνου εναποθηκεύσεως τους και η τυχόν αντικατάσταση της νέας ποσότητας σε περίπτωση που θα προκύψει από τον έλεγχο ότι δεν είναι καλής ποιότητας.

Άλλος τρόπος αποθηκεύσεως, είναι η τοποθέτηση του τσιμέντου χύμα μέσα σε κατάλληλα σιλό, τα οποία δίνει το εργοστάσιο (σχ. 3.9στ).

3.10 Άσφαλτοι και πίσσες.

1ον. Προέλευση.

Μία άλλη κατηγορία συνδετικών υλών, που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα είναι οι άσφαλτοι και οι πίσσες.

Οι άσφαλτοι αποτελούνται από μίγμα ορισμένων χημικών ενώσεων, που καλούνται υδρογονάθρακες, και από διάφορες άλλες οργανικές ή ανόργανες ουσίες.

Το μίγμα των υδρογονανθράκων καλείται διεθνώς bitumen

(στην ελληνική ορολογία *ασφάλτιο*) και αποτελεί τη συγκολλητική ύλη. Οι άλλες ουσίες αποτελούν αδρανείς προσμίξεις και προέρχονται από ασβεστολιθικά ή ψαμμιτικά πετρώματα ή από οργανικές ενώσεις διαφορετικές από τους υδρογονάθρακες.

Η περιεκτικότητα σε bitumen των ασφάλτων ποικίλλει στα διάφορα είδη τους και είναι ενδεικτική της ποιότητάς τους. Σε ορισμένα είδη μόλις φθάνει το ποσοστό 5%, ενώ σε άλλα υπερβαίνει το 95%.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος προσδιορισμού του ποσοστού αυτού βασίζεται στην ιδιότητα που έχει το bitumen να διαλύεται στο διθειούχο άνθρακα. Το αδιάλυτο υπόλειμμα αντιπροσωπεύει τις αδρανείς προσμίξεις.

Οι άσφαλτοι στις συνηθισμένες θερμοκρασίες, είναι σώματα στερεά ή ημίρρευστα, το χρώμα τους είναι γκρι (φαιό) έως μαύρο, ανάλογα με τη περιεκτικότητά τους σε bitumen.

Ανάλογα με τις ασφάλτους υλικά είναι οι πίσσες.

Προέρχονται βασικά από την ξηρή απόσταξη λιθανθράκων, λιγνιτών, ξύλων.

Είναι υλικό ρευστό, με λαδερή υφή, χαρακτηριστική οσμή και χρώμα μαύρο. Περιέχει και αυτή σε μεγάλη αναλογία υδρογονάθρακες, με ελαφρότερο όμως μόριο από τους υδρογονάνθρακες των ασφάλτων. Γ' αυτό το λόγο οι πίσσες είναι πιστικότερες από τις ασφάλτους και επομένως υστερούν από αυτές σε διάρκεια, ελαστικότητα και σε άλλες ιδιότητες.

2ον. Είδη ασφάλτων και πισσών.

Οι άσφαλτοι ανάλογα με την προέλευσή τους διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: στις φυσικές και στις τεχνητές ασφάλτους.

α) *Οι φυσικές άσφαλτοι.* Αυτές είναι προϊόντα φυσικής οξειδώσεως των πετρελαίων. Κατά την πρώτη φάση της οξειδώσεως τα πετρέλαια βρίσκονταν σε ρευστή κατάσταση και διαπότιζαν τα στρωσιγενή πορώδη πετρώματα (ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες), με τα οποία έρχονταν σε επαφή.

Έτσι προέκυψαν τα ασφαλτικά πετρώματα ή ασφαλτόλιθοι, δηλαδή λίθοι των οποίων τα κενά έχουν γεμίσει με άσφαλτο.

Εάν όμως τα πετρέλαια βρίσκονταν μεταξύ αδιαπέραστων στρωμάτων, αργιλικής κυρίως προελεύσεως, τότε υφίσταντο μεγαλύτερη οξειδωση ή άλλες χημικές αλλοιώσεις και καθίσταντο

ημίρρευστες ή στερεές ουσίες. Οι ουσίες αυτές είναι οι κυρίως φυσικές άσφαλτοι. Με τη μορφή αυτή ανευρίσκονται σήμερα μέσα σε κοιλότητες ή φλέβες του εδάφους ή στην επιφάνεια διαφόρων λιμνών.

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε bitumen και το είδος της αδρανούς μάζας, οι φυσικές άσφαλτοι διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:

— *Ασφαλτόλιθοι*. Είναι πετρώματα στρωσιγενή, πορώδη, διαποτισμένα με άσφαλτο σε αναλογία 5 έως 20%. Τα πιο συνηθισμένα ασφαλτικά πετρώματα είναι τα ασβεστολιθικά (σχ. 3.10α).

Εάν η περιεκτικότητα σε άσφαλτο είναι ανώτερη από 12%, τότε οι ασφαλτόλιθοι χρησιμοποιούνται αμέσως στην οδοστρωσία, γιατί έχουν τη χαρακτηριστική ιδιότητα να μετατρέπονται σε σκόνη, όταν θερμανθούν σε θερμοκρασία πάνω από 100° C. Η σκόνη αυτή με πίεση κάτω από θερμοκρασία ανώτερη από 50° C



Σχ. 3.10α.

Ασβεστολιθικοί ασφαλτόλιθοι μεταφερόμενοι με κινητή ταινία από το λατομείο στα μηχανήματα επεξεργασίας τους.

αποκτάει την αρχική συνοχή και μετά την ψύξη σκληραίνει μέχρι το βαθμό σκληρότητας του ασφαλτόλιθου.

Το υλικό αυτό καλείται φυσική πιεστή άσφαλτος.

Εάν η περιεκτικότητα σε άσφαλτο είναι κάτω από 12%, οι ασφαλτόλιθοι ή αλέθονται και μετατρέπονται σε ασφαλτάλευρο ή υπόκεινται σε ειδική επεξεργασία, κατά την οποία αφαιρείται η περιεχόμενη σ' αυτούς άσφαλτος. Το ασφαλτάλευρο κυκλοφορεί σε σάκους και χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ασφαλτικής μαστίχας ή ασφαλτικού στόκου.

Στην Ελλάδα υπάρχουν αρκετές εμφανίσεις ασφαλτολίθων κυρίως στα δυτικά παράλιά της. Χρησιμοποιούνται όμως σε πολύ περιορισμένη κλίμακα.

- **Ασφαλτόπισσες.** Έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε bitumen. Σε ορισμένα είδη το ποσοστό αυτού φθάνει μέχρι 70%. Τα αδρανή συστατικά αποτελούνται κυρίως από πηλό, άμμο ή οργανικές ενώσεις αδιάλυτες στο διθειούχο άνθρακα. Βρίσκονται σε ημίρρευστη έως στερεή κατάσταση. Πριν χρησιμοποιηθούν καθαρίζονται, για να ανεβεί το ποσοστό του bitumen και για να απομακρυνθούν ορισμένες επιβλαβείς ουσίες.

Διακρίνονται στο εμπόριο ανάλογα με τον τόπο προελεύσεώς τους. Έτσι έχομε:

Άσφαλτο Σελενίτσας. Βρίσκεται στις ακτές της Β. Ηπείρου κοντά στην Αυλώνα, είναι υλικό ημίσκληρο και πλουσιότατο σε bitumen. Μετά τον καθαρισμό το ποσοστό αυτού φθάνει μέχρι 90%.

Άσφαλτο Τρινιντάντ (Trinidad). Στο νησί Τρινιτάντ της Κεντρικής Αμερικής βρίσκονται πλούσια αποθέματα ασφάλτου. Το μεγαλύτερο από αυτά τα αποθέματα που θεωρείται το πλουσιότερο του κόσμου, βρίσκεται στην επιφάνεια μιας ασφαλτολίμνης (σχ. 3.10β). Η άσφαλτος αναβλύζει μαλακή από τον πυθμένα της λίμνης και σκληραίνει όταν φθάσει στην επιφάνεια του νερού. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο αναβλύζουν γύρω στο ένα εκατομμύριο τόννοι ασφάλτου. Η περιεκτικότητά της σε bitumen είναι περίπου 64%, που μετά τον καθαρισμό ανέρχεται σε 95%.

Άσφαλτο Βερμούδων (Bermuda). Και αυτή η άσφαλτος λαμβάνεται από την ομώνυμη ασφαλτολίμνη της Βενεζουέλας. Έχει περίπου την ίδια σύσταση με την άσφαλτο Trinidad.

Οι παραπάνω άσφαλτοι χρησιμοποιούνται κατά κανόνα για



Σχ. 3.106.

Άσφαλτος επιπλέουσα στην επιφάνεια της λίμνης Τρίνινταντ.

την παρασκευή διαφόρων ασφαλτοσκυροδεμάτων καταλλήλων για την οδοστρωσία.

– *Ασφαλτίτες.* Οι άσφαλτοι, που ανήκουν στην κατηγορία αυτή, βρίσκονται σε στερεά κατάσταση. Οι αδρανείς προσμίξεις είναι ελάχιστες, μόλις φθάνουν το 5%. Η κυριότερη πηγή ασφαλτιτών είναι η Νεκρά Θάλασσα, απ' όπου έπαιρναν από αρχαίοταους χρόνους καθαρή άσφαλτο. Το υλικό αυτό επιπλέει στην επιφάνεια, γιατί το ειδικό βάρος του νερού της λίμνης αυτής είναι 1,21 δηλαδή μεγαλύτερο από ό,τι του ασφαλτίτη, που φθάνει το 1,10.

Λόγω της καθαρότητάς της η άσφαλτος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή χρωμάτων.

β) *Οι τεχνητές άσφαλτοι.* Οι άσφαλτοι της κατηγορίας αυτής προέρχονται από την επεξεργασία των πετρελαίων. Είναι το τελευταίο προϊόν της κλασματικής αποστάξεώς τους.

Είναι σώματα ημιστερεά ή στερεά, χρώματος μαύρου και έ-

χουν λιπαρή λάμψη και αφή. Διαφέρουν από τις φυσικές ασφάλτους μόνο κατά την καθαρότητα, επειδή η περιεκτικότητά τους σε bitumen φθάνει το ποσοστό 99,5%. Οι αδρανείς προσμίξεις είναι σχεδόν ανύπαρκτες.

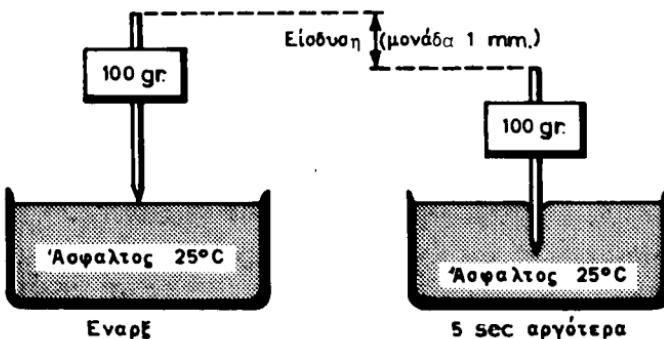
Λόγω της τεράστιας αναπτύξεως της βιομηχανίας επεξεργασίας των πετρελαίων, το μεγαλύτερο μέρος των ασφαλτικών υλικών που χρησιμοποιούμε σήμερα προέρχεται από τις τεχνητές και όχι από τις φυσικές ασφάλτους.

Από τις τεχνητές ασφάλτους παρασκευάζονται τα πιο κάτω είδη ασφαλτικών υλικών:

– Άσφαλτος οδοστρωσίας. Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε πετρέλαιο διατίθεται σε κατάσταση ημιστερεά έως στερεά. Στις συνηθισμένες θερμοκρασίες είναι υλικό θερμοπλαστικό, δηλαδή μαλακώνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ιδιαίτερη σημασία, για να εκτιμηθεί η καταλληλότητά της για ορισμένες χρήσεις, έχουν το σημείο μαλθώσεως (σημείο από το οποίο η άσφαλτος αρχίζει να γίνεται μαλακή) και ο βαθμός εισδύσεως.

Σημείο μαλθώσεως είναι η θερμοκρασία, στην οποία πρότυπη χαλύβδινη σφαίρα διέρχεται μέσα από στρώμα ασφάλτου ορισμένου πάχους.

Ο βαθμός εισδύσεως δηλώνει το βάθος (σε mm), στο οποίο εισδύει μέσα σ' ένα δοκίμιο ασφάλτου, βελόνα προτύπων διαστάσεων που πιέζεται από φορτίο 100 g, επί 5 sec σε θερμοκρασία 25° C (σχ. 3.10γ). Είσδυση 1 mm αντιστοιχεί προς 10 βαθμούς. Ήτσι τύπος ασφάλτου με βαθμό εισδύσεως π.χ. 80/100 σημαίνει ότι στο είδος αυτής της ασφάλτου η βελόνα εισέδυσε



Σχ. 3.10γ.

Προσδιορισμός του βαθμού εισδύσεως στις ασφάλτους.

μετά από επανειλημένους ελέγχους, σε βάθος 8 mm έως 10 mm.

Το σημείο μαλθώσεως και ο βαθμός εισδύσεως αλληλοεξαρτώνται. Όσο μαλακότερη είναι η άσφαλτος, δηλαδή όσο χαμηλότερο το σημείο μαλθώσεως, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός εισδύσεως. Επίσης χαρακτηριστική ιδιότητα, από την οποία εξαρτάται ο τρόπος χρήσεως της ασφάλτου, είναι το σημείο αναφλέξεως.

Οι άσφαλτοι οδοστρωσίας που προορίζονται για διάφορες χρήσεις διακρίνονται, κατά τις ελληνικές Προτύπες Προδιαγραφές, από το βαθμό εισδύσεως.

Στο εμπόριο προσφέρονται οι πιο κάτω επτά τύποι:

Τύπος 20 / 30	Αρχίζει να μαλακώνει στους 55° - 58°C	Σημείο αναφλέξεως	250°C
Τύπος 50 / 60	" " "	" 48° - 58°C	" 230°C
Τύπος 60 / 70	" " "	" 48° - 56°C	" 230°C
Τύπος 80 / 100	" " "	" 44° - 53°C	" 230°C
Τύπος 120 / 150	" " "	" 40° - 48°C	" 230°C
Τύπος 180 / 220	" " "	" 37° - 43°C	" 230°C
Τύπος 220 / 320	" " "	" 34° - 39°C	" 175°C

– **Ασφαλτικά διαλύματα.** Είναι προιόντα μίξεως συνθητισμένων ασφάλτων οδοστρωσίας με διαλύτες (βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο και ακάθαρτο πετρέλαιο). Ο διαλύτης καθιστά το ασφαλτικό διάλυμα εργάσιμο σε χαμηλές θερμοκρασίες. Εξατμίζεται όμως, όταν τα ασφαλτικά διάλυμα εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό νέρα ή σε υψηλότερες θερμοκρασίες και εγκαταλείπει την άσφαλτο ως συνδετική ύλη.

Ανάλογα με την πτητικότητα του διαλύτη, τα ασφαλτικά διαλύματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

Διαλύματα ΤΕ. Ταχείας εξατμίσεως με διαλύτη βενζίνη.

Διαλύματα ΜΕ. Μέσης εξατμίσεως με διαλύτη φωτιστικό πετρέλαιο.

Διαλύματα ΒΕ. Βραδείας εξατμίσεως με διαλύτη ακάθαρτο πετρέλαιο.

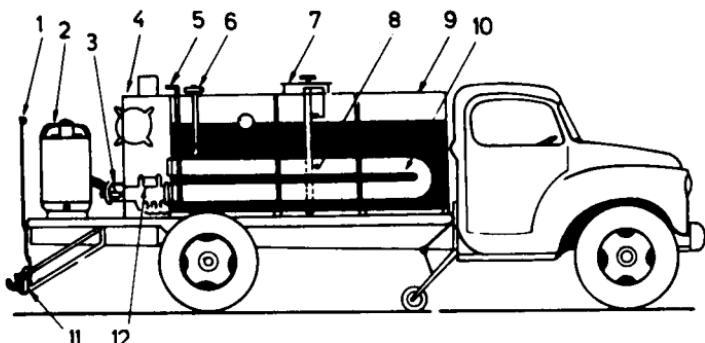
Τα ασφαλτικά διαλύματα μπορούν να παρασκευασθούν στο εργοτάξιο, με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχουν καλές κλιματολογικές συνθήκες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για την τήρηση σταθερής αναλογίας συνθέσεως και την επίτευξη ομοιογενούς μίγματος.

Για την παρασκευή τους χρησιμοποιείται συνήθως άσφαλτος τύπου 80/100 η οποία τήκεται μέσα σε λέβητες σε θερμοκρασία 140° έως 160° C. Στη συνέχεια αναρροφάται αυτή από το διανομέα ασφάλτου (σχ. 3.10δ) σε αναλογία καθορισμένη εκ των προτέρων και ύστερα αναρροφάται και η ανάλογη ποσότητα διαλύτη αναταράζοντας συνεχώς. Η ανάμιξη συνεχίζεται μέχρι να επιτύχομε ομοιογενές μίγμα.

Οι έλεγχοι των ιδιοτήτων των ασφαλτικών διαλυμάτων γίνονται σύμφωνα με την Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή A 202 του Υπουργείου Δημοσίων Έργων.

— **Ασφαλτικά αλκαλικά γαλακτώματα ή ψυχρές άσφαλτοι.** Ανήκουν στην κατηγορία των ρευστών ασφαλτικών υλικών. Αποτελούνται από σωματίδια ασφάλτου μεγέθους 1 έως 10 μ (μικρών), τα οποία αιωρούνται μέσα στο νερό, που αποτελεί το μέσο διασποράς της ασφάλτου. Για να μην κολλήσουν τα σωματίδια της ασφάλτου, οπότε το υλικό θα χωριζόταν σε δύο φάσεις, δηλαδή άσφαλτο και νερό και έτσι θα διασπαζόταν το γαλάκτωμα πριν το χρησιμοποιήσουμε, χρησιμοποιούνται ενδιάμεσα σώματα, τα οποία καλούνται παράγοντες γαλακτώσεως.

Οι παράγοντες γαλακτώσεως είναι συνήθως σαπωνούχες



Σχ. 3.10δ.

Διανομέας ασφάλτου.

Για την παρασκευή των ασφαλτικών διαλυμάτων χρησιμοποιείται η αντλία, που βρίσκεται στο πίσω τμήμα του βυτίου. Για την διανομή της ασφάλτου στο οδόστρωμα χρησιμοποιείται ο διάτρητος σωλήνας ψεκασμού.
 1) Μοχλός μεταβολής στάθμης. 2) Μηχανή αντλίας. 3) Καυστήρας. 4) Θερμαινόμενη αντλία. 5) Βαλβίδα βυτίου. 6) Μετρητής στάθμης. 7) Ανθρωποθυρίδα. 8) Εκχυλιστήρας και αεραγωγός. 9) Σιδερένιο βυτίο. 10) Σωλήνας θερμάνσεως. 11) Διάτρητος σωλήνας ψεκασμού. 12) Αντλία.

ουσίες, που μειώνουν την επιφανειακή τάση σωματιδίων-νερού και εμποδίζουν τη συνένωση των σωματιδίων της ασφάλτου.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα έχουν χρώμα από ανοικτό μέχρι βαθύ καστανό. Όταν διασπασθούν, αποκτούν μαύρο χρώμα και είναι ακατάλληλα για οποιαδήποτε χρήση.

Τα γαλακτώματα διαχέονται επάνω στην επιφάνεια των οδοστρωμάτων ή των αδρανών και αφήνουν επάνω σ' αυτήν ασφαλτικό υμένα. Το νερό απομακρύνεται με την εξάτμιση, την αποστράγγιση και την απορρόφησή του από τα αδρανή.

Η ταχύτητα και ο τρόπος διασπάσεως του γαλακτώματος καθώς και η πρόσφυση του ασφαλτικού υμένα επάνω στα αδρανή υλικά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι σπουδαιότεροι είναι:

Ο τύπος του γαλακτώματος (ταχείας, μέσης ή βραδείας διασπάσεως), η χημική σύσταση, το πορώδες, η υγρασία, η κοκκομετρική σύνθεση και η ηλεκτρική φόρτιση των αδρανών, η υγρασία της ατμόσφαιρας κ.ά.

Ειδικά τα αλκαλικά γαλακτώματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

– 'Όταν η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας είναι υψηλή, γιατί τότε εμποδίζεται η εξάτμιση του νερού, και

– όταν τα αδρανή είναι φορτισμένα με αρνητικό ηλεκτρισμό (περίπτωση πυριτικών πετρωμάτων), γιατί τότε ο ασφαλτικός υμένας δεν προσκολλάται πάνω σ' αυτά, επειδή τα σωματίδια της ασφάλτου έχουν ηλεκτροαρνητικό φορτίο.

– Ασφαλτικά όξινα γαλακτώματα (αντιυδρόφιλου τύπου).

Έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα προηγούμενα αλκαλικά γαλακτώματα και παρασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο. Διαφέρουν όμως κατά το ηλεκτρικό φορτίο των αιωρουμένων σωματιδίων της ασφάλτου. Στα αλκαλικά, το φορτίο αυτό είναι αρνητικό, ενώ στα όξινα θετικό. Έτσι τα όξινα προσφύονται εύκολα επάνω στα ηλεκτροαρνητικά αδρανή. Τα όξινα όμως γαλακτώματα παρουσιάζουν επιπλέον τα πλεονεκτήματα:

- Να προσφύονται και επάνω στα ομώνυμα με αυτά ηλεκτροθετικά φορτισμένα πετρώματα (ασβεστόλιθοι), και
- να διασπώνται εύκολα κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες ατμοσφαιρικής ή εδαφικής υγρασίας.

Η τελευταία αυτή ιδιότητα επιτρέπει τη χρήση των όξινων

ασφαλτικών γαλακτωμάτων και κάτω από ανώμαλες καιρικές συνθήκες και διευρύνει πολύ τα εποχιακά όρια εκτελέσεως ασφαλτικών έργων.

γ) Οι πίσσες. Όπως αναφέραμε στην αρχή, είναι προιόντα της ξηρής αποστάξεως λιθάνθρακα, λιγνίτη, ξύλων, διαφόρων φτωχών σε bitumen ασφάλτων (ασφαλτόλιθοι) κλπ. Στη συνηθισμένη θερμοκρασία βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση.

Η κυριότερη πηγή πίσσας είναι τα εργοστάσια αεριόφωτος (γκαζιού), όπου λαμβάνεται ως υποπροιόν της αποστάξεως των λιθανθράκων.

Η πίσσα αυτή δεν χρησιμοποιείται απευθείας, αλλ' υφίσταται ορισμένες κατεργασίες για να καθαρισθεί από επιβλαβείς ουσίες και να αφαιρεθεί το νερό που υπάρχει σ' αυτή. Τα προιόντα της πίσσας του λιθάνθρακα χρησιμοποιούνται κυρίως για την προστασία ξυλίνων κατασκευών από την υγρασία και από μικροοργανισμούς ή έντομα, όπως π.χ. ηλεκτρικοί ή τηλεφωνικοί στύλοι, στρωτήρες σιδηροδρόμων κ.ά. Επίσης χρησιμοποιούνται και ως αντισκωριακές επιχρίσεις μετάλλων, γιατί προσφύονται ισχυρά με αυτά.

3ον. Ιδιότητες της ασφάλτου.

Οι άσφαλτοι, όπως ήδη είπαμε [§ 3.10 (1ον)], δεν είναι υλικά με ορισμένη φυσική ή χημική σύσταση. Επομένως οι χαρακτηριστικές ιδιότητές τους εκδηλώνονται με διαφορετικό βαθμό. Το χρώμα, το ειδικό βάρος, η φυσική τους κατάσταση (στερεά, ημίρρευστη, υγρή) η σκληρότητά τους κλπ. ποικίλλουν από είδος σε είδος.

Οι ιδιότητες όμως, στις οποίες κυρίως οφείλεται η μεγάλη χρήση των ασφάλτων, δεν μεταβάλλονται ουσιαστικά στα διάφορα είδη. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων οι άσφαλτοι:

- Εκδηλώνουν ισχυρή συγκολλητική ικανότητα, πάνω στην οποία βασίζεται η χρησιμοποίησή τους για την παρασκευή ασφαλτικών κονιαμάτων, σκυροδεμάτων και χρωμάτων.

- Είναι αδιαπέραστες από το νερό, και γι' αυτό είναι κατάλληλες για στεγανωτικές μονώσεις.

- Μαλακώνουν και γίνονται ρευστές με την επίδραση της θερμότητας, χωρίς να αλλοιώνονται. Ξαναβρίσκουν την αρχική τους σκληρότητα, όταν κατέβει η θερμοκρασία. Η ιδιότητα αυτή

τις κάνει εύπλαστες και εύκολα επεξεργάσιμες.

– Είναι ανθεκτικές στις ατμοσφαιρικές επιφροές και γι' αυτό χρησιμοποιούνται πολύ σε κατασκευές που επηρεάζονται από τέτοιες συνθήκες (οδοστρώματα, αεροδρόμια, επιστρώσεις ταρατσών κλπ).

– Παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα και συνοχή, όταν υποστούν εξωτερικές πιέσεις.

Ο βαθμός εκδηλώσεως των ιδιοτήτων αυτών και ο τρόπος προσδιορισμού του καθώς και οι έλεγχοι, στους οποίους πρέπει να υποβληθούν οι άσφαλτοι πριν από τη χρησιμοποίησή τους, καθορίζονται με λεπτομέρεια από τους Κανονισμούς και τις Πρότυπες Προδιαγραφές των διαφόρων κρατών.

Στην Ελλάδα εφαρμόζονται οι Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (Π.Τ.Π.) Έργων Οδοποιίας του Υπουργείου Δημοσίων Έργων για τα κάτωθι ασφαλτικά υλικά:

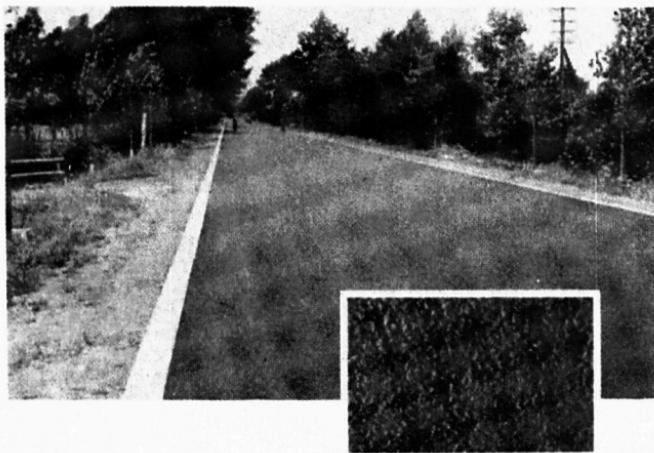
- 1) Άσφαλτος οδοστρωσίας Π.Τ.Π. A 200
- 2) Ασφαλτικά διαλύματα Π.Τ.Π. A 201
- 3) Ασφαλτικά αλκαλικά γαλακτώματα (ψυχρές άσφαλτοι) Π.Τ.Π. 202.
- 4) Ασφαλτικά γαλακτώματα αντιυδρόφιλου τύπου Π.Τ.Π. A 203
- 5) Δειγματοληψίες ασφαλτικών υλικών Π.Τ.Π. A 205.

4ον. Χρήσεις ασφαλτικών υλικών.

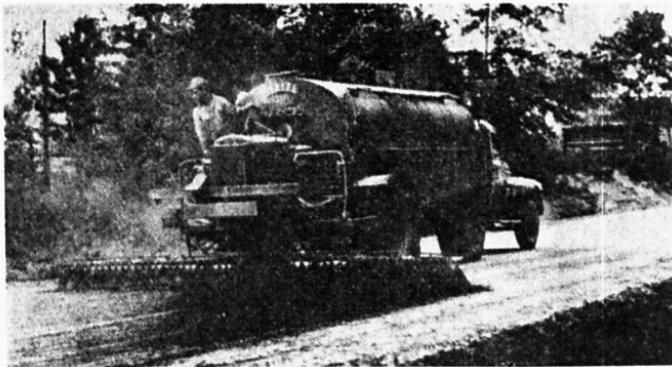
Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην κατασκευή οδοστρωμάτων (σχ. 3.10ε) και διαδρόμων αεροδρομίων και κατά δεύτερο λόγο στην παρασκευή στεγανωτικών υλικών και χρωμάτων. Ειδικότερα τα διάφορα είδη χρησιμοποιούνται ως εξής:

α) Οι άσφαλτοι οδοστρωσίας χρησιμοποιούνται στην κατασκευή χυτής ασφάλτου (τύπος 20/30), στην κατασκευή ασφαλτικών σκυροδεμάτων (τύποι 50/60 και 60/70), στις συγκολλητικές επαλείψεις και τον εμποτισμό σκυρωτών οδοστρωμάτων (τύποι 80/100, 120/150, 180/220), στην παρασκευή ασφαλτικών διαλυμάτων (τύπος 80/100) και στην παρασκευή ασφαλτικών γαλακτωμάτων (τύποι 180/220 και 220/320).

β) Τα ασφαλτικά διαλύματα χρησιμοποιούνται για προεπαλείψεις σε λεπτοκοκκώδεις ή χονδροκοκκώδεις επιφάνειες, για την κατασκευή διαφόρων ασφαλτομιγμάτων πυκνής ή ανοικτής

**Σχ. 3.10ε.**

Οδόστρωμα κατακευασμένο από ασφαλτικό σκυρόδεμα. Μέσα στο λευκό πλαισίο φαίνεται σε μεγέθυνση η υφή της επιφάνειας του οδοστρώματος.

**Σχ. 3.10στ.**

Εμποτισμός σκυρωτού οδοστρώματος με ασφαλτικό διάλυμα με τη βοήθεια διανομέα ασφάλτου.

συνθέσεως και για επιφανειακές επεξεργασίες και εμποτισμούς (σχ. 3.10στ).

γ) Τα ασφαλτικά γαλακτώματα είναι κατάλληλα για συγκολλητικές επαλείψεις, για επιφανειακές επεξεργασίες, για εμποτισμούς σκυρωτών οδοστρωμάτων και για την παρασκευή ασφαλτομιγμάτων με χονδρόκοκκο αδρανές.

3.11 Συνθετικές κονίες.

Είναι ένα από τα επιτεύγματα της χημικής βιομηχανίας. Η χρήση τους προς το παρόν είναι περιορισμένη λόγω κυρίως της υψηλής τιμής τους.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν σε υγρή κατάσταση μέσα σε δοχεία. Εκδηλώνουν τις συγκολλητικές τους ιδιότητες, όταν αναμιχθούν με ένα άλλο υγρό, το οποίο καλείται καταλύτης.

Παρασκευάζονται από διάφορες συνθετικές ρητίνες και κατά κύριο λόγο από σιλικόνες (κεφ. 9).

Οι συγκολλητικές αυτές ύλες θεωρούνται πολύ ανώτερες από τις μέχρι σήμερα γνωστές κονίες (ασβέστης, γύψος, τσιμέντο).

Έχουν μεγαλύτερη συγκολλητική ικανότητα και προσφύονται ισχυρότατα επάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια. Τα κονιάματά τους παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις μηχανικές επιδράσεις και στις τριβές. Είναι στεγανά στο νερό. Δεν επηρεάζονται από τα ελαφρά οξέα, τα λίπη, τα λάδια (έλαια) και άλλες χημικές ουσίες.

Γενικά μπορούν να καταστούν πολύ χρήσιμα υλικά, αν ελαττωθεί το κόστος παραγωγής τους.

Χρησιμοποιούνται για την παρασκευή κονιαμάτων που προορίζονται για ειδικές χρήσεις (§ 4.12).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΛΕΠΤΑ ΚΑΙ ΧΟΝΔΡΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

4.1 Γενικά περί λεπτοκονιάματος.

Το λεπτοκονίαμα ή απλά κονίαμα (λάσπη) είναι μίγμα άμμου, νερού και μιας συγκολλητικής ύλης (κονίας). Τα υλικά αυτά αναμιγνύονται με ορισμένες αναλογίες, που εξαρτώνται από το είδος της κονίας και από το σκοπό για τον οποίο προορίζεται το λεπτοκονίαμα.

Κατά το πρώτο στάδιο της παρασκευής του το κονίαμα βρίσκεται σε πλαστική κατάσταση και μπορεί να πάρει οποιοδήποτε σχήμα ή μορφή και γενικά μπορεί να υποστεί οποιαδήποτε επεξεργασία χωρίς καμιά αλλοίωση. Μετά παρέλευση όμως ορισμένου χρόνου, ο οποίος εξαρτάται κυρίως από το είδος της κονίας που χρησιμοποιήθηκε, το κονίαμα αρχίζει να στερεοποιείται λόγω της πήξεως της κονίας, και τελικά μετατρέπεται σε στερεό σώμα σκληρό και ανθεκτικό. Η άμμος δεν συμμετέχει στη στερεοποίηση αυτή (δεν δρα χημικά) και γι' αυτό καλείται *αδρανές* υλικό.

Κάθε κονίαμα χαρακτηρίζεται από ένα κλάσμα a/b ή $a:b$, όπου ο αριθμητής a δηλώνει τα μέρη του όγκου της κονίας και ο παρανομαστής b τα μέρη του όγκου της άμμου, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του κονιάματος. Π.χ. όταν μιλάμε για ασβεστοκονίαμα αναλογίας 2:3, εννοούμε ότι το κονίαμα αυτό αποτελείται από 2 μέρη όγκου ασβέστη και 3 μέρη όγκου άμμου.

Εάν V ο όγκος ενός νωπού κονιάματος και V_a ο όγκος της άμμου, που χρησιμοποιείται για να προκύψει ο όγκος V , τότε ο λόγος

$$A = \frac{V}{V_a} \quad (27)$$

καλείται απόδοση του κονιάματος.

Η απόδοση εξαρτάται από την κοκκομετρική σύνθεση της άμμου, τη μορφή των κόκκων, την αναλογία κονίας προς άμμο (λόγος α:β) και από το ποσοστό του νερού επεξεργασίας. Επομένως ο υπολογισμός της αποδόσεως με βάση τον τύπο, μόνο ενδεικτικά αποτελέσματα δίνει.

Πιο ακριβής υπολογισμός γίνεται μόνο με πειραματική μέθοδο.

Αριθμητικά παραδείγματα, τόσο για τις αναλογίες όσο και για την απόδοση θα δοθούν στις επόμενες παραγράφους, όπου περιγράφονται τα διάφορα κονιάματα.

Η παρασκευή του λεπτού κονιάματος γίνεται με ανάμιξη του αδρανούς υλικού και του πολτού της κονίας. Έτσι προκύπτει ένα ομοιογενές μίγμα, στο οποίο κάθε κόκκος της άμμου έχει καλυφθεί από τον πολτό και όλα τα μεταξύ των κόκκων κενά έχουν γεμίσει τελείως με κονία.

Κατά την παρασκευή του κονιάματος επιδιώκεται κυρίως η απόκτηση συμπαγούς υλικού με μεγάλη αντοχή και ανθεκτικότητα καθώς και με χαμηλό κόστος.

Εάν ληφθούν υπόψη ότι:

- Τα κενά της άμμου πρέπει να γεμίσουν με την κονία, ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα,

- η αντοχή της άμμου είναι μεγαλύτερη από την αντοχή της σκληρής κονίας, και

- η τιμή της άμμου είναι κατά πολύ μικρότερη από την τιμή της πιο φθηνής κονίας (του ασβέστη), τότε προκύπτουν οι πιο κάτω βασικοί κανόνες παρασκευής οποιουδήποτε κονιάματος:

1. Χρησιμοποίηση άμμου με κοκκομετρική διαβάθμιση τέτοια, ώστε να επιτυγχάνεται ο μικρότερος όγκος κενών. Χονδροκοκκώδης ή λεπτοκοκκώδης άμμος έχει πολλά κενά και συνεπώς απαιτείται μεγάλη ποσότητα κονίας για το γέμισμά τους. Συνέπεια αυτού είναι να αυξάνεται η τιμή του κονιάματος και να ελαττώνεται η αντοχή του.

2. Χρησιμοποίηση ακριβώς της ποσότητας κονίας που απαιτείται για το γέμισμα των κενών της άμμου. Μεγαλύτερη ποσότητα αποτελεί σπατάλη, γιατί όση περισσεύει δεν εκπληρώνει κανένα σκοπό, δηλαδή ούτε γεμίζει τα κενά, ούτε συνδέει τους κόκκους της άμμου. Αντίθετα ελαττώνει την αντοχή του κο-

νιάματος. Μικρότερη ποσότητα δημιουργεί υλικό πορώδες και με κόκκους συνδεμένους όχι καλά.

Το κονίαμα, στο οποίο η ποσότητα της κονίας είναι όση ακριβώς χρειάζεται για το γέμισμα των κενών, καλείται κανονικό. Μεγαλύτερη ποσότητα δημιουργεί το παχύ κονίαμα, ενώ μικρότερη το αδύνατο (ισχνό) κονίαμα.

Το παχύ και το αδύνατο (ισχνό) κονίαμα χρησιμοποιούνται συχνά σε διάφορες κατασκευές, όταν θέλομε να αυξηθεί μία συγκεκριμένη ιδιότητά τους. Έτσι:

- Για στεγανές επιχρίσεις χρησιμοποιείται παχύ τσιμεντοκονίαμα.
- Για το κτίσιμο λίθων σε θεμέλια χρησιμοποιείται αδύνατο (ισχνό) ασβεστοκονίαμα κ.ο.κ.

Όπως είναι φανερό, για να παρασκευασθεί ένα από τα παραπάνω είδη, θα πρέπει τα συστατικά του κονιάματος (κονία, άμμος, νερό) να βρίσκονται σε διαφορετικές αναλογίες, ανάλογα με το είδος.

4.2 Στερεοποίηση κονιάματος.

Η στερεοποίηση του κονιάματος ακολουθεί τα ίδια στάδια με την κονία, η οποία χρησιμοποιείται για την παρασκευή του. Έτσι:

- Τα πηλοκονιάματα στερεοποιούνται λόγω εξατμίσεως του νερού της πηλοκονίας.
- Τα ασβεστοκονιάματα πρέπει να έρθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ώστε ο ασβέστης να προσλάβει το διοξείδιο του άνθρακα και να σκληρύνει.
- Τα τσιμεντοκονιάματα πήζουν και σκληραίνουν ακριβώς κατά τον ίδιο τρόπο με το τσιμέντο και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται τα ίδια μέτρα και προφυλάξεις κατά την πήξη τους [§ 3.9 (8ον-δ)].
- Τα ασφαλτοκονιάματα στερεοποιούνται, όταν κατέβει η θερμοκρασία τους. Όπως και οι κονίες [§ 3.3 (2ον)], τα κονιάματα διακρίνονται σε αερικά, όταν στερεοποιούνται μόνο στον αέρα, και σε υδραυλικά, όταν μπορούν να στερεοποιηθούν και μέσα στο νερό.

4.3 Γενικές χρήσεις.

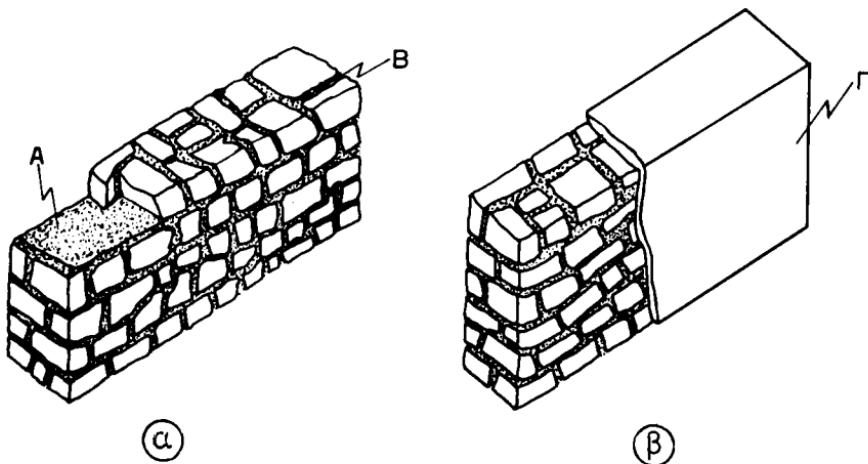
Τα κονιάματα χρησιμοποιούνται με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

1ον. Ως συνδετικά υλικά.

Κατά τη δόμηση (το κτίσιμο) τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους παρεμβάλλονται μεταξύ των οριζοντίων και κατακορύφων αρμών και έτσι γεμίζουν τα κενά μεταξύ των λίθων και των οπτοπλίνθων (τούβλων).

Τα κονιάματα συνδέουν τους φυσικούς ή τεχνητούς λίθους μεταξύ τους και κάνουν την κατασκευή πιο συμπαγή και στέρεη. Επίσης δημιουργούν οριζόντιες επίπεδες επιφάνειες και υποβοηθούν έτσι τη στήριξη των υπερκειμένων λίθων και κατανέμουν καλύτερα τα υπερκείμενα φορτία [σχ. 4.3α(α)].

Όσον αφορά το τελευταίο αυτό πλεονέκτημα, το οποίο παρέχουν τα κονιάματα, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι πριν από τη χρησιμοποίησή τους, οι τοίχοι κατασκευάζονταν από μεγάλους και βαριούς λίθους λαξευμένους τουλάχιστον στις τέσσερις έδρες τους. Έτσι οι λίθοι έρχονται σε πλήρη επαφή μεταξύ τους



Σχ. 4.3α.

Χρήσεις κονιαμάτων. α) Ως συνδετικό υλικό (Β) ως υλικό ισιώματος (απισώσεως) οριζοντίων επιφανειών (Α) τοιχοδομών. β) Ως καλυπτικό υλικό (Γ).

και οι τοίχοι πρόβαλαν αντίσταση στις οριζόντιες ωθήσεις μόνο με το βάρος τους.

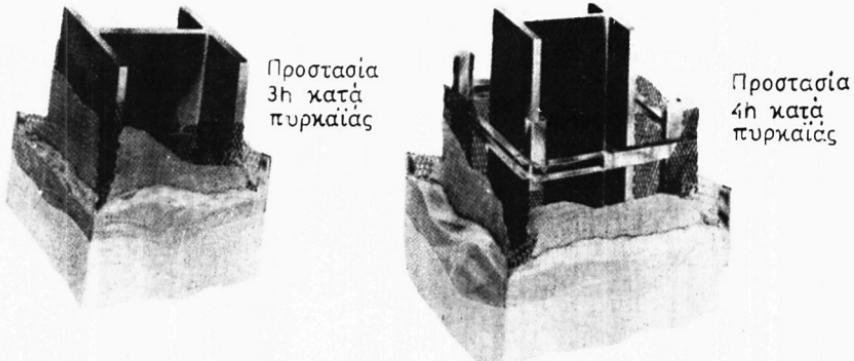
Με τη χρήση όμως του κονιάματος έγινε δυνατή η χρησιμοποίηση αλαξεύτων λίθων (αργών λίθων) ή ελαφρών κανονικού σχήματος τεχνητών λίθων (τούβλων, τσιμεντολίθων κλπ.) και έτσι έχουμε σημαντική οικονομία. Όμως οι τοίχοι με κονιάμα μειονεκτούν σε σύγκριση με τους λαξευτούς, γιατί παρουσιάζουν μικρότερη αντοχή στα κατακόρυφα φορτία, επειδή η αντοχή τους εξαρτάται από την αντοχή του κονιάματος μέσω του οποίου διαβιβάζονται οι δυνάμεις και όχι από την αντοχή των λίθων όπως συμβαίνει με τους λαξευτούς τοίχους. Η αντοχή όμως και του πιο ισχυρού κονιάματος είναι κατά πολύ μικρότερη από την αντοχή ενός κοινού συμπαγούς ασβεστόλιθου.

2ον. Ως καλυπτικά και μονωτικά υλικά.

Για την εξομάλυνση και την καλύτερη εμφάνιση των ορατών επιφανειών τοίχων, στύλων, οροφών, χρησιμοποιείται λεπτό στρώμα κονιάματος πάχους 2,5 έως 3,5 cm [σχ. 4.3α(β) και σχ. 4.3β].



Σχ. 4.36.
Κονιάμα τελικής στρώσεως,
τοποθετούμενο με ξύλινο μιστρί.



Προστασία σιδερένιων στύλων κατά πυρκαγιάς με γυψοκονίαμα, εφαρμοσμένο επάνω σε μεταλλικό πλέγμα. Το πάχος του στρώματος του κονιάματος καθορίζει τη διάρκεια της αντοχής κατά παρατεταμένης πυρκαγιάς.

Εάν οι επιφάνειες αυτές είναι εξωτερικές και υπόκεινται στην επιρροή των ατμοσφαιρικών παραγόντων, τότε το στρώμα αυτό εκτελεί και προστατευτικό έργο.

Το κατάλληλο είδος κονιάματος για κάθε περίπτωση εξαρτάται από τη θέση της επιφάνειας (εξωτερικά ή εσωτερικά επιχρίσματα, οροφοκονιάματα κλπ.) και από την εμφάνιση που επιθυμούμε να δώσομε σ' αυτήν (αρτιφισιέλ, μαρμαροκονιάματα, κοινά λασπώματα κλπ.).

Επίσης ορισμένα είδη ισχυρών κονιαμάτων (τσιμεντοκονιάματα) χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση ειδικών έργων. Έτσι οι εσωτερικές επιφάνειες δεξαμενών νερού ή άλλων υγρών, σηπτικών βόθρων, αγωγών νερού κλπ. επιχρίονται με στρώμα κονιάματος. Οι αρμοί μεταξύ των πλακών, που καλύπτουν διάφορες επιφάνειες, καλύπτονται με κονίαμα για να παρεμποδίσουν τη διέλευση του νερού ή των άλλων υγρών.

Τέλος, όπου απαιτείται, χρησιμοποιούνται ειδικά κονιάματα για ακουστικές ή θερμικές μονώσεις καθώς και για μονώσεις εναντίον της φωτιάς (σχ. 4.3γ).

3ον. Ως πρώτες ύλες για την κατασκευή τεχνητών λίθων.

Ορισμένα κονιάματα, π.χ. τα πηλοκονιάματα και τσιμεντοκονιάματα, χρησιμοποιούνται πολύ για την κατασκευή τεχνητών λίθων, όπως είναι τα τούβλα, διάφοροι τύποι τσιμεντολίθων κλπ.

4.4 Ιδιότητες των κονιαμάτων.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι για να θεωρηθεί ένα κονίαμα κατάλληλο για το σκοπό, για τον οποίο προορίζεται, πρέπει να έχει τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

– Να είναι εργάσιμο ώστε, κατά τους διάφορους χειρισμούς να μη διασπάται η μάζα του. Γι' αυτό πρέπει να γίνεται πολύ καλά η ανάμιξη των υλικών του και να μην παραμένουν σβώλοι μέσα σ' αυτό.

– Να είναι αρκετά πλαστικό, ώστε να επαλείφει καλά όλες τις ανωμαλίες των λίθων και των επιφανειών, αλλά συγχρόνως να έχει αρκετή συνοχή (όχι υδαρές), ώστε να συγκρατείται και να μη φεύγει από τους αρμούς της τοιχοποιίας κατά την τοποθέτηση των υπερκειμένων λίθων επάνω σ' αυτό.

– Η ξήρανσή του ή η πήξη του να επέρχονται μέσα σε κανονικό χρόνο, ώστε να μπορεί να αντέξει τα υπερκείμενα φορτία κατά τη δύρμηση.

– Να παρουσιάζει ογκοσταθερότητα, ώστε να μην προκαλούνται διαστολές ή συστολές και συνεπώς συρρικνώσεις ή ρήγματα (σχ. 4.4a).

– Να παρουσιάζει υψηλή αντοχή σε θλίψη, εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε έργα που απαιτούν αντοχή αυτού του είδους, και τέλος

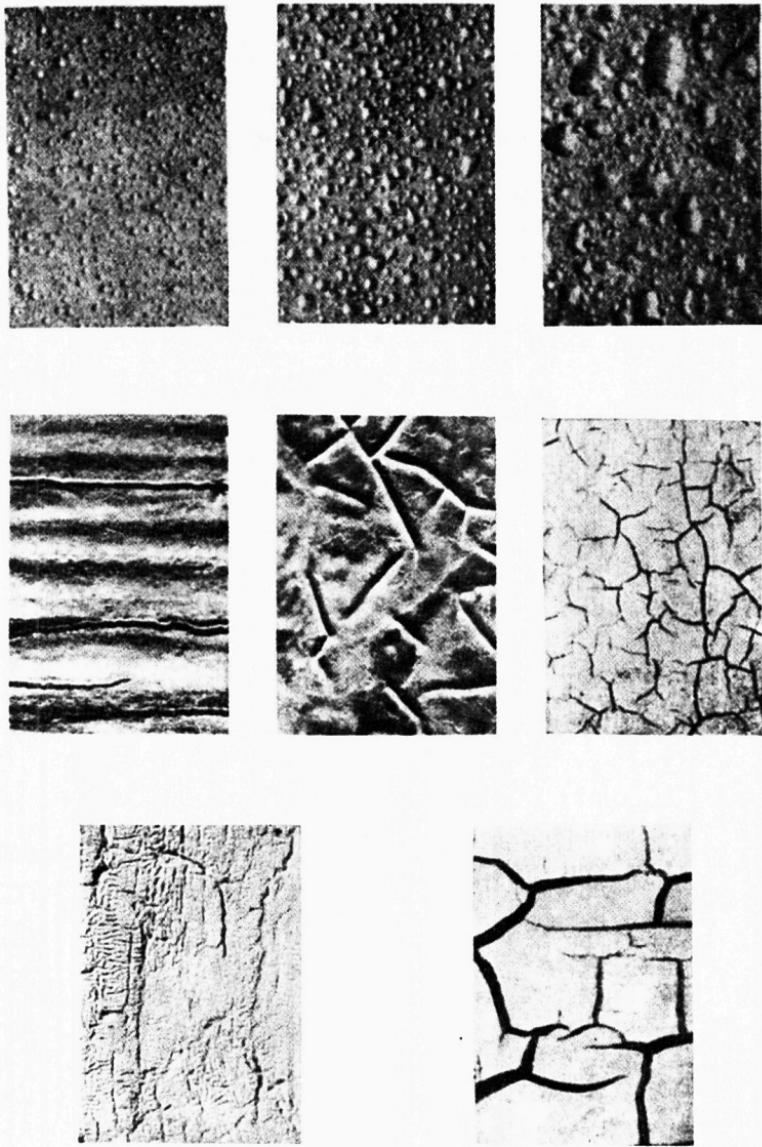
– να μπορεί να σκληραίνει κάτω από το νερό, όταν πρόκειται για έργα κατασκευαζόμενα μέσα σε υγρά εδάφη ή μέσα στο νερό.

4.5 Κατάταξη των κονιαμάτων.

Τα είδη των κονιαμάτων χαρακτηρίζονται από την κονία που χρησιμοποιείται για την παρασκευή τους. Έτσι έχομε:

Πηλοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα, γυψοκονιάματα, τσιμεντοκονιάματα κ.ά.

Σπανιότερα χαρακτηρίζονται από το αδρανές πρόσμιγμά τους ή από τη μηχανική αντοχή τους. Στις περιπτώσεις αυτές συγκολλητική ύλη μπορεί να είναι οποιαδήποτε από τις γνωστές κονίες. Αν τα χαρακτηρίσουμε με βάση το αδρανές πρόσμιγμά τους, έχομε:

**Σχ. 4.4α.**

Διάφορα ελαττώματα καλυπτικών κονιαμάτων που οφείλονται σε κακή σύνθεσή τους ή σε ακαταλληλότητα των πρώτων υλών από τις οποίες κατασκευάσθηκαν.

Αμμοκονιάματα, θηραικοκονιάματα, μαρμαροκονιάματα κλπ.

Αν ληφθεί υπόψη η μηχανική αντοχή τους, διακρίνονται σε τρεις ομάδες:

Ομάδα I: Κονιάματα χαμηλής αντοχής. Σ' αυτήν ανήκουν τα πηλοκονιάματα και τα ασβεστοκονιάματα.

Ομάδα II: Κονιάματα μέτριας αντοχής. Περιλαμβάνουν τα ασβεστοτισμεντοκονιάματα και τα θηραιοκονιάματα.

Ομάδα III: Κονιάματα υψηλής αντοχής. Σ' αυτήν ανήκουν τα τσιμεντοκονιάματα.

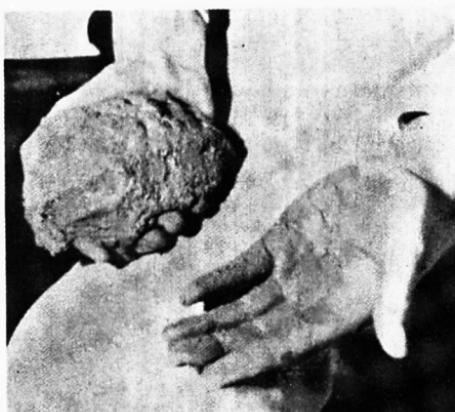
4.6 Ποιοτικός έλεγχος.

Τα κονιάματα πρέπει πριν χρησιμοποιηθούν στα διάφορα έργα, να ελέγχονται ως προς την καταλληλότητά τους. Ειδικά για τα δημόσια έργα ισχύει η Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή 187 "Υλικά, σύνθεση, παρασκευή και έλεγχος κονιαμάτων για έργα οδοποιίας". Σ' αυτή γίνεται πλήρης περιγραφή των πρώτων υλών, του τρόπου συνθέσεως και παρασκευής των κονιαμάτων και των ελέγχων που πρέπει να γίνουν, τόσο για τις πρώτες ύλες όσο και για το έτοιμο κονίαμα. Οι έλεγχοι που αναφέρονται στο κονίαμα εξετάζουν το εργάσιμο, τη συγκράτηση του νερού, την αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό, τις αναλογίες συνθέσεως και τους αφροποιητικούς παράγοντες. Οι τελευταίοι είναι ουσίες, οι οποίες όταν μπουν στο κονίαμα δημιουργούν πολύ μικρές φυσαλίδες μέσα στη μάζα του και το καθιστούν περισσότερο εργάσιμο.

Ένας πρόχειρος τρόπος ελέγχου του εργάσιμου του κονιάματος και της σωστής αναλογίας των υλικών του γίνεται με τα χέρια (σχ. 4.6a). Το κονίαμα πλάθεται και εάν δεν φεύγει μέσα από τα δάκτυλα, αλλά διατηρεί το σχήμα που παίρνει κάθε φορά, και αφήνει ένα λεπτό στρώμα κονίας επάνω στην παλάμη, τότε θεωρείται ότι η παρασκευή του είναι επιτυχής.

4.7 Πηλοκονιάματα.

Τα πηλοκονιάματα είναι μίγμα πηλοκονίας (§ 3.5), άμμου και νερού.



Σχ. 4.6α.

Πρόχειρος έλεγχος καταλληλότητας ενός κονιάματος με τα χέρια.

Βρίσκονται άφθονα στη φύση με διάφορες αναλογίες πηλοκονίας και αδρανούς ύλης. Είναι το πρώτο κονίαμα, που χρησιμοποιήσε ο άνθρωπος.

Διακρίνονται σε αδύνατα (ισχνά) πηλοκονιάματα, όταν η πηλοκονία περιέχεται σε αναλογία 15 έως 20%, και σε παχιά πηλοκονιάματα, όταν η πηλοκονία υπερβαίνει το ποσοστό αυτό.

Ανάλογα με τη χρήση, για την οποία προορίζεται το πηλοκονίαμα, είναι δυνατόν να το κάνουμε πιο παχύ ή πιο αδύνατο, εάν αφαιρέσουμε ή προσθέσουμε άμμο. Αυτό θα εξετάσουμε λεπτομερώς στην παράγραφο για τα τούβλα (§ 5.6).

Για την παρασκευή πηλοκονιάματος αρκεί να καθαρισθεί η πρώτη ύλη που παίρνομε από τη φύση, από τα επιφανειακά χώματα και από τους μικρούς λίθους και να αναμιχθεί με την κανονική ποσότητα νερού για να γίνει εργασίμω και πλαστικό.

Το πηλοκονίαμα ανήκει στην κατηγορία των αερικών κονιαμάτων, γιατί στερεοποιείται μόνο όταν εξατμισθεί το νερό που περιέχει.

Εχει όμως το μεγάλο μειονέκτημα ότι ξαναγίνεται πολτός όταν βραχεί ξανά. Επομένως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικές εργασίες, ούτε σε εργασίες κοντά στο έδαφος. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να πάρομε ιδιαίτερα προφυλακτικά μέτρα, ώστε να αποφευχθεί η επαφή του με το νερό.

Παρέχει ικανοποιητική θερμική μόνωση στις κατασκευές

και διευκολύνει τον αερισμό των τοίχων λόγω της πορώδους συστάσεως του. Προσφύεται αρκετά καλά επάνω στους λίθους και στα ξύλα. Παλαιότερα το χρησιμοποιούσαν κυρίως για την κατασκευή ωμοπλίνθων και για την κάλυψη στεγών και τοίχων από ξύλο ή πλεγμένα κλαδιά. Το καλυπτικό στρώμα του πηλοκονιάματος προστάτευε το ξύλο από τις εξωτερικές επιδράσεις (πυρκαγιά, υγρασία, έντομα) και αποτελούσε ένα πρώτης τάξεως μονωτικό στοιχείο για τις καιρικές μεταβολές (θερμότητα, ψύχος, βροχή, άνεμος κλπ.).

Σήμερα το πηλοκονίαμα χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή των τούβλων και των άλλων κεραμευτικών προϊόντων (κέραμοι, πηλοσωλήνες κλπ.)

Σε περιοχές όμως που δεν έχουν λίθους, το πηλοκονίαμα με μορφή ωμοπλίνθων εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε δευτερεύουσες κατασκευές (βοηθητικοί χώροι, μανδρότοιχοι κλπ.).

4.8 Ασβεστοκονίαμα.

1ον. Γενικά.

Το ασβεστοκονίαμα είναι μίγμα άμμου, σβησμένου ασβέστη (υδρασβέστη) και νερού.

Η άμμος που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι φυσική ή τεχνητή.

Η φυσική άμμος παρέχει ανθεκτικότερο κονίαμα, αλλά λόγω της υψηλής τιμής της χρησιμοποιείται σπάνια.

Η τεχνητή άμμος είναι συνήθως ασβεστολιθικής ή δολομιτικής προελεύσεως και εάν έχει καλή κοκκομετρική σύνθεση, δίνει ισχυρό ασβεστοκονίαμα. Η άμμος πρέπει να είναι καθαρή. Δεν επιτρέπεται να περιέχει διαλυτά άλατα, γιατί αυτά εμφανίζονται αργότερα με μορφή εξανθήματος επάνω στα επιχρίσματα από ασβεστοκονίαμα. Επίσης δεν επιτρέπεται να περιέχει πηλώδη υλικά σε αναλογία μεγαλύτερη από 3%, γιατί το κονίαμα που προκύπτει είναι ασθενές, υφίσταται ραγίσματα και τρίβεται εύκολα μετά τη πήξη του.

Η κοκκομετρική σύνθεση της άμμου πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η κοκκομετρική γραμμή να είναι συνεχής, δηλαδή η άμμος να περιέχει όλα τα μεγέθη των κόκκων σε τόση ποσότητα, ώστε να δημιουργούνται τα λιγότερα κενά.

Η καλούμενη άμμος κτισίματος, που κυκλοφορεί στο εμπόριο και η οποία είναι μίγμα άμμου τριβείου και χώματος, είναι γενικά ακατάλληλη για κονιάματα που προορίζονται για δόμηση (κτίσιμο) τούβλων ή για επιχρίσματα.

Ο ασβέστης χρησιμοποιείται συνήθως με μορφή πολτού υδρασβέστη ή σπανιότερα με μορφή σκόνης υδρασβέστη. Ο υδρασβέστης πρέπει να έχει υποστεί πλήρες σβήσιμο και φύρανση πριν τη χρησιμοποίησή του, ώστε να μην περιέχει άσβηστα κομμάτια καμμένου ασβέστη. Τα κομμάτια αυτά είναι δυνατόν να σβησθούν αργότερα, όταν το κονίαμα θα έχει ενσωματωθεί στο έργο, με συνέπεια να διογκωθεί και να καταστραφεί το κονίαμα, ή να δημιουργηθούν φουσκώματα (φλύκταινες) (σχ. 4.4a). Ειδικά για κονιάματα επιχρισμάτων ο υδρασβέστης πρέπει να χρησιμοποιηθεί αφού περάσουν τουλάχιστον 15 μέρες από το σβήσιμο του καμμένου ασβέστη.

Το νερό που χρησιμοποιούμε πρέπει να είναι καθαρό, χωρίς άλατα ή οργανικές ουσίες. Θαλάσσιο νερό ή πολύ γλυφό δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται.

2ον. Παρασκευή ασβεστοκονιαμάτων.

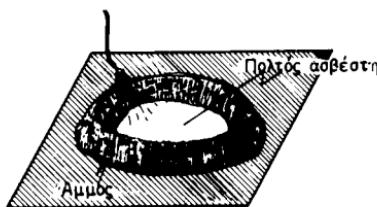
Η ανάμιξη των υλικών πρέπει να γίνει με προσοχή, ώστε να προκύψει ομοιογενής μάζα. Δεν πρέπει να υπάρχουν μικροί σβώλοι υδρασβέστη αδιάλυτοι μέσα στη μάζα, γιατί θα αποτελέσουν εστίες καταστροφής του κονιάματος.

Η ομοιογένεια της μάζας εξακριβώνεται με μία πρόχειρη δοκιμή. Με το μυστρί χαράζομε ένα αυλάκι επάνω στην επιφάνεια του έτοιμου κονιάματος. Εάν δεξιά και αριστερά του αυλακιού αυτού δεν παρουσιασθούν λευκές γραμμές ή λευκά στίγματα, τότε υπάρχει ικανοποιητική ομοιογένεια.

Η ανάμιξη γίνεται με τα χέρια με τη βοήθεια φτυαριού ή σκαπάνης (τσάπας) ή με ειδικούς αναμικτήρες.

Ο πιο σωστός τρόπος αναμίξεως με τα χέρια είναι να διαλύεται κατ' αρχήν ο πολτός του υδρασβέστη με αρκετό νερό και στο γαλάκτωμα αυτό να ρίχνεται άμμος. Με αυτόν τον τρόπο και το "βώλιασμα" του ασβέστη αποφεύγεται και λιγότερος κόπος καταβάλλεται για την ανάμιξη (σχ. 4.8a).

Η χρησιμοποίηση όμως ειδικών αναμικτήρων δίνει κονίαμα πολύ καλύτερης ποιότητας.



Σχ. 4.8α.

Παρασκευή ασβεστοκονιάματος με τα χέρια. Δημιουργείται ένας δακτύλιος από άμμο επάνω σε καθαρό δάπεδο και μέσα σ' αυτόν ρίχνεται ο πολτός του υδρασβέστη, ο οποίος αραιώνεται με άφθονο νερό. Στο γαλάκτωμα που δημιουργείται ρίχνεται η άμμος του δακτυλίου και αναμιγνύεται με φτυάρι ή τσάπα.

Οι αναλογίες του πολτού του υδρασβέστη, της άμμου και του νερού που χρησιμοποιούνται συνήθως, εξαρτώνται από την ποιότητα των υλικών και από το σκοπό για τον οποίο προορίζεται το ασβεστοκονίαμα.

Για τη σύνθεση ενός κανονικού ασβεστοκονιάματος είναι απαραίτητο να γνωρίζομε τον όγκο, που καταλαμβάνουν τα κενά της άμμου, γιατί αυτά πρέπει να γεμίσουν με τον ασβέστη (κεφ. 4, § 4.1). Υπάρχουν ακριβείς μέθοδοι προσδιορισμού του όγκου αυτού οι οποίες χρησιμοποιούνται όμως μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

Για τη συνηθισμένη άμμο λατομείου με σχετικά καλή κοκκομετρική σύνθεση έχει βρεθεί ότι τα κενά κυμαίνονται μεταξύ 37 και 42% του φαινόμενου όγκου της.

Εάν επομένως πάρομε 1 m³ άμμου και 0,40 m³ περίπου υδρασβέστη, προκύπτει περίπου 1 m³ κανονικού ασβεστοκονιάματος, δηλαδή η σχέση μεταξύ ασβέστη και άμμου είναι 0,40:1 ή 1:2,5. Η απόδοση του κονιάματος αυτού θα είναι σύμφωνα με τον τύπο 27 (§ 4.1):

$$A = \frac{1}{1} = 1,00$$

Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως και οι χρήσεις των αντιστοίχων ασβεστοκονιαμάτων έχουν ως εξής:

$$\left. \begin{array}{l} 1:1,5 \\ 1:2 \\ 1:2,5 \end{array} \right\} \text{Παχιά κονιάματα για επιχρίσματα}$$

- | | |
|-------|--|
| 1:2,5 | Κανονικά κονιάματα για κτίσιμο τούβλων |
| 1:3 | (οπτοπλίνθων) |
| 1:3 | Αδύνατα (ισχνά) κονιάματα για κτίσιμο ανωδομών |
| 1:4 | με αργούς λίθους |
| 1:5 | Αδύνατα (ισχνά) κονιάματα για κτίσιμο θεμελίων
με αργούς λίθους |

Από τα παραπάνω βλέπομε ότι τα αδύνατα (ισχνά) κονιάματα αναλογίας πάνω από 1:3 και έως 1:5 χρησιμοποιούνται για οικοδομές μεγάλου πάχους ή για οικοδομές μέσα στο έδαφος, όπου η πήξη του ασβέστη γίνεται δύσκολα επειδή δεν έρχεται σε άμεση επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Αντίθετα στα επιχρισμάτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν παχιά κονιάματα.

Η ποσότητα του νερού, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, είναι πρακτικά περίπου η ίδια για όλες τις αναλογίες ασβεστοκονιαμάτων. Ένα μέρος του νερού αυτού θα χρειασθεί για τη διάλυση του πολτού του υδρασβέστη, και ένα άλλο μέρος για την ύγρανση των κόκκων της άμμου. Η ποσότητα του νερού για τη διαβροχή 1 m^3 άμμου ανέρχεται σε $0,14 \text{ m}^3$ περίπου και για τη διάλυση 1 m^3 υδρασβέστη σε $0,16 \text{ m}^3$.

Ο προσδιορισμός των ποσοτήτων του ασβέστη, της άμμου και του νερού, που απαιτούνται για να παρασκευασθεί 1 m^3 έτοιμου ασβεστοκονιάματος διαφόρων αναλογιών, είναι δυνατόν να γίνει ως εξής:

Έστω ότι θέλουμε να παρασκευάσουμε ασβεστοκονιάματα αναλογίας 1:2,5. Από τον έλεγχο της πυκνότητας της άμμου προέκυψε ότι τα κενά καταλαμβάνουν όγκο ίσο με 0,35 του φαινόμενου όγκου της. Επομένως ο πραγματικός όγκος, που καταλαμβάνουν οι κόκκοι της άμμου σε 1 m^3 άμμου, είναι $0,65 \text{ m}^3$.

Ο πραγματικός όγκος, που καταλαμβάνει ο πολτός του υδρασβέστη, είναι ο ίδιος με το φαινόμενο όγκο του, γιατί λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό δεν έχει κενά. Το ίδιο συμβαίνει και με το νερό.

Μετά από αυτά σκεπτόμαστε ως εξής για την αναλογία 1:2,5.

1 m^3 υδρασβέστη καταλαμβάνει πραγματικό όγκο

1.00 m^3

$2,5 \text{ m}^3$ άμμου καταλαμβάνουν πραγματικό όγκο

$$2,5 \times 0,65 = 1,63 \text{ m}^3$$

Απαιτούμενο νερό για τη διαβροχή των $2,5 \text{ m}^3$ πραγματικού όγκου

$$2,5 \times 0,14 = 0,35 \text{ m}^3$$

Απαιτούμενο νερό για τη διάλυση του 1 m^3 του υδρασβέστη

$$1 \times 0,16 = 0,16 \text{ m}^3$$

Συνολικός όγκος του νωπού κονιάματος

$$\underline{3,14 \text{ m}^3}$$

Ωστε, εάν λάβομε 1 m^3 υδρασβέστη, $2,5 \text{ m}^3$ άμμου και $0,51 \text{ m}^3$ νερού ($0,35 + 0,16$), θα αποκτήσουμε κονίαμα όγκου $3,14 \text{ m}^3$.

Επομένως για να παρασκευάσουμε 1 m^3 κονιάματος θα απαιτηθούν οι εξής ποσότητες:

$$\text{Υδρασβέστης: } \frac{1,00}{3,14} = 0,32 \text{ m}^3$$

$$\text{Άμμος: } \frac{2,5}{3,14} = 0,80 \text{ m}^3$$

$$\text{Νερό: } \frac{0,51}{3,14} = 0,16 \text{ m}^3$$

Η απόδοση Α του κονιάματος αυτού είναι:

$$A = \frac{3,14}{2,50} = 1,25$$

Εάν τα κενά της άμμου κατελάμβαναν τα $0,40$ του φαινόμενου όγκου της, τότε για την ίδια αναλογία υδρασβέστη και άμμου ($1:2.5$) θα ήταν αναγκαίες οι παρακάτω ποσότητες για την παρασκευή 1 m^3 κονιάματος:

$$\text{Υδρασβέστης: } \frac{1,00}{3,01} = 0,33 \text{ m}^3$$

$$\text{Άμμος: } \frac{2,5}{3,01} = 0,83 \text{ m}^3$$

$$\text{Νερό: } \frac{0,51}{3,01} = 0,17 \text{ m}^3$$

Η απόδοση του κονιάματος αυτού είναι:

$$A = \frac{3,01}{2,50} = \frac{1}{0,83} = 1,20$$

Για να αποφεύγονται όμως αυτοί οι υπολογισμοί χρησιμοποιούνται ειδικοί πίνακες με τον τίτλο "Ανάλυση τιμών". Οι πίνακες αυτοί έχουν εκδοθεί ή από Δημόσιες Υπηρεσίες ή από ιδιώτες.

Εκτός από τις ποσότητες οι πίνακες αυτοί αναγράφουν και το χρόνο, που χρειάζονται οι εργάτες για να παρασκευάσουν το κονίαμα.

Εάν οι ποσότητες αυτές, καθώς και οι απαιτούμενοι χρόνοι εργασίας, πολλαπλασιασθούν επί την τιμή της μονάδας τους, τότε προκύπτει η τιμή της μονάδας του κονιάματος.

Π.χ. για την παρασκευή ενός m^3 ασβεστοκονιάματος αναλογίας 1:2,5, οι πίνακες του Υπουργείου Πρόνοιας, οι οποίοι τιτλοφορούνται "Ανάλυση Τιμών Οικοδομικών Έργων" (ΑΤΟΕ), δίνουν την πιο κάτω ανάλυση:

Υλικά.

a)	Υλικά πολτού ασβέστη	m^3	0,36
β)	Άμμος	m^3	0,90
γ)	Νερό	m^3	0,20

Εργασία.

- α) Σβήσιμο ασβέστη και παρασκευή κονιάματος: Εργάτης ώ. 4,90

Εάν η αξία των υλικών επί τόπου των έργων είναι: Για τον πολτό του υδρασβέστη 300 δρχ./ m^3 , για την άμμο 70 δρχ./ m^3 και για το νερό 10 δρχ./ m^3 , ενώ το ωρομίσθιο ενός εργάτη στην περιοχή κατασκευής του έργου είναι 25 δρχ./ω, τότε η δαπάνη για την παρασκευή 1 m^3 ασβεστοκονιάματος αναλογίας 1:2,5 θα ανέλθει στο ποσό των 295,5 δρχ.

3ον. Πήξη και σκλήρυνση ασβεστοκονιάματος.

Η πήξη του ασβεστοκονιάματος αρχίζει αργά, από τα εξωτερικά στρώματα προς τα εσωτερικά και οφείλεται όπως γνωρίζουμε [§ 3.8 (7ον)] στη σκλήρυνση του ασβέστη.

Κατά την πήξη εμφανίζεται [§ 3.8 (7ον)] νερό, που εμποδίζει τη συνέχιση των εργασιών. Πρέπει λοιπόν κάθε είδος έργου, στο οποίο χρησιμοποιείται ασβεστοκονίαμα, να αφήνεται ένα

χρονικό διάστημα για να σκληρύνει το κονίαμα και μετά να συνεχισθεί νέα εργασία πάνω σ' αυτό.

Π.χ. ένας τοίχος από λίθους ή τούβλα, κατά το κτίσιμο του οποίου χρησιμοποιήθηκε ασβεστοκονίαμα, είναι δυνατό να επιχρισθεί μόνο όταν βεβαιωθούμε ότι έχει εντελώς σκληρύνει το κονίαμα και ο τοίχος δεν εμφανίζει εξωτερική υγρασία.

Το ίδιο πρέπει να διαπιστωθεί και για τα επιχρίσματα, πριν αρχίσουμε τον ελαιοχρωματισμό τους.

Η πήξη και η σκλήρυνση του κονιάματος επιταχύνονται, όταν γίνεται καλός αερισμός, γιατί και η υγρασία απομακρύνεται και νέες ποσότητες CO₂ απορροφώνται συνεχώς. Είναι εσφαλμένη η εντύπωση ότι με θέρμανση από σόμπα ή καλοριφέρ μπορεί να επέλθει σκλήρυνση. Απλά ξεραίνεται η εξωτερική επιφάνεια και ύστερα από λίγο, όταν εισέλθει στο εσωτερικό του στρώματος του επιχρίσματος νέο CO₂, παρουσιάζεται πάλι υγρασία.

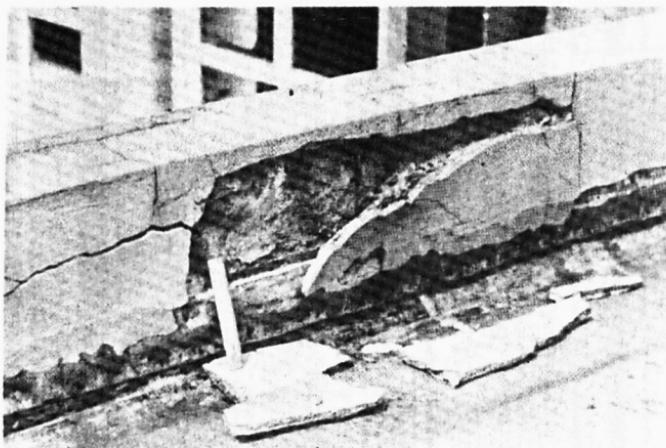
Επίσης η ταχύτητα της πήξεως εξαρτάται και από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Κατά τους χειμερινούς μήνες, όταν η ατμόσφαιρα είναι γεμάτη με υδρατμούς, καθυστερεί πολύ η σκλήρυνση του κονιάματος.

Τεχνητή πήξη μπορεί να γίνει αν χρησιμοποιήσουμε ανοικτές, χωρίς καπναγωγούς, θερμάστρες, στις οποίες καίγεται κωκή ή ξύλα. Ο καπνός των καυσίμων αυτών περιέχει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και έτσι η πήξη των κονιαμάτων γίνεται πιο γρήγορα.

4ον. Ιδιότητες του ασβεστοκονιάματος.

Το φαινόμενο ειδικό βάρος του ασβεστοκονιάματος είναι 1700 και η πυκνότητά του 0,80.

Η μηχανική αντοχή του σε θλίψη είναι πολύ μικρή και δεν υπερβαίνει τα 15 kp/cm². Επομένως περιορίζεται πολύ η αντοχή των τοιχοδομών με ασβεστοκονιάματα, σε σύγκριση προς τους φυσικούς ή τεχνητούς λίθους, οι οποίοι έχουν πολύ μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Οι ελληνικοί κανονισμοί προσδιορίζουν ως ανεκτές (επιτρεπόμενες) τάσεις τοιχοποιιών από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους, τις ανεκτές τάσεις του ασβεστοκονιάματος, δηλαδή μεταξύ 4 kp/cm² και 9 kp/cm².



Σχ. 4.86.

Καταστροφή επιχρίσματος από ασβεστοκονίαμα, λόγω ελλείψεως προστασίας κατά της εισδύσεως νερού μεταξύ κονιάματος και τοίχου.

Η αντοχή του στις εξωτερικές επιφροές είναι μικρότερη από την αντοχή άλλων κονιαμάτων. Γι' αυτό, όταν χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές επιφάνειες, πρέπει να ενισχύονται είτε με τσιμέντο είτε με άλλες ενισχυτικές ουσίες (υδρύαλος κλπ). Είναι συνηθισμένο, κυρίως σε παλαιές οικοδομές, το φαινόμενο καταστραμμένων επιχρισμάτων, λόγω εισδύσεως νερού μεταξύ κονιάματος και τοίχου (σχ. 4.8β).

5ον. Χρήσεις.

Τα ασβεστοκονιάματα χρησιμοποιούνται πολύ στην Ελλάδα, όπου και ο ασβέστης και η άμμος έχουν σχετικά χαμηλή τιμή. Σε άλλες χώρες και κυρίως στην Β. Ευρώπη, η χρήση τους είναι πολύ περιορισμένη και έχουν αντικατασταθεί από τα τσιμεντοκονιάματα.

Τα ασβεστοκονιάματα χρησιμοποιούνται και ως συνδετικά και ως καλυπτικά υλικά.

Ως συνδετικά υλικά χρησιμοποιούνται με διάφορες αναλογίες ασβέστη προς άμμο κατά την κατασκευή τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους.

Ως καλυπτικά υλικά για την κάλυψη των επιφανειών των οικοδομών και την προστασία των τοίχων ή άλλων στοιχείων από τις εξωτερικές επιδράσεις.

6ον. Ειδικά ασβεστοκονιάματα.

Για να βελτιωθούν ορισμένες ιδιότητες των ασβεστοκονιαμάτων, όπως είναι η μηχανική αντοχή τους, η αντοχή σε γήρανση, η καλύτερη εμφάνιση των επιχρισμένων επιφανειών κ.ά., χρησιμοποιούνται διάφορα άλλα υλικά, που όταν αναμιχθούν με τα ασβεστοκονιάματα βελτιώνουν την ποιότητά τους.

Έτσι έχομε:

– **Ασβεστογυψοκονιάματα.** Με ανάμιξη γύψου σε διάφορες αναλογίες και ασβεστοκονιάματος προκύπτει υλικό κατάλληλο για την κάλυψη των εσωτερικών επιφανειών, κυρίως των οροφών (σχ. 4.8γ). Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται λείες επιφάνειες πολύ καλής εμφανίσεως και χωρίς σκασίματα.

Τα υλικά και η εργασία, που απαιτούνται για την παρασκευή 1 m^3 συνηθισμένου ασβεστογυψοκονιάματος, είναι:

Υλικά.

a) Υλικά πολτού ασβέστη	m^3	0,62
β) Υλικά γύψου κοινού	kg	75
γ) Άμμος	m^3	0,38
δ) Νερό	m^3	0,20



Σχ. 4.8γ.

Ασβεστογυψοκονίαμα ως τελικό στρώμα σε οροφή.

Εργασία.

α) Σβήσιμο ασβέστη και παρα-
σκευή κονιάματος: Εργάτης ώ. 8,00

– *Μαρμαροκονιάματα.* Στα κονιάματα αυτά αντί για άμμο χρησιμοποιείται μαρμαρόσκονη [κεφ. 2, § 2.13 (4ov)] ως αδρανές πρόσμιγμα.

Οι ποσότητες για την παρασκευή ενός m^3 μαρμαροκονιάματος είναι οι εξής:

Υλικά.

α) Υλικά πολτού ασβέστη	m^3	0,45
β) Μαρμαρόσκονη λευκή	kg	1500
γ) Νερό	m^3	0,20

Εργασία.

α) Σβήσιμο ασβέστη και παρα-
σκευή κονιάματος: Εργάτης ώ. 6,80

Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του τελευταίου στρώματος των εσωτερικών και εξωτερικών επιχρισμάτων.

Οι επιφάνειες που προκύπτουν είναι πολύ καλής εμφανίσεως και μπορούν να υποστούν λείανση.

– *Θηραικοκονιάματα.* Παρασκευάζονται από αλεύρι θηραικής γης που αντικαθιστά την άμμο εν μέρει ή τελείως. Το μεγάλο πλεονέκτημα των κονιαμάτων αυτών σε σύγκριση με το κοινό ασβεστοκονίαμα είναι ότι εμφανίζουν αρκετή υδραυλικότητα, δηλαδή μπορούν να σκληρύνουν και κάτω από το νερό χωρίς να έρθουν σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα για να απορροφήσουν CO_2 . Το θηραικονίαμα χρησιμοποιείται γι' αυτό το λόγο κατά την κατασκευή τοιχοδομών θεμελίων ή τοιχοδομών σε υγρό περιβάλλον (υπόγεια κλπ.).

4.9 Τσιμεντοκονιάματα.

1ov. Προέλευση.

Το μίγμα άμμου, τσιμέντου και νερού καλείται τσιμεντοκονιάμα (κοινώς τσιμεντόλασπη).

Το τσιμέντο αποτελεί τη δραστική συγκολλητική ουσία, που με μορφή πολτού, γεμίζει τα κενά της άμμου.

Η άμμος αποτελεί την αδρανή ύλη, που συντελεί στην αύξηση και βελτίωση γενικά των μηχανικών ιδιοτήτων του τσιμέντου αλλά συγχρόνως κατεβάζει και το κόστος του κονιάματος.

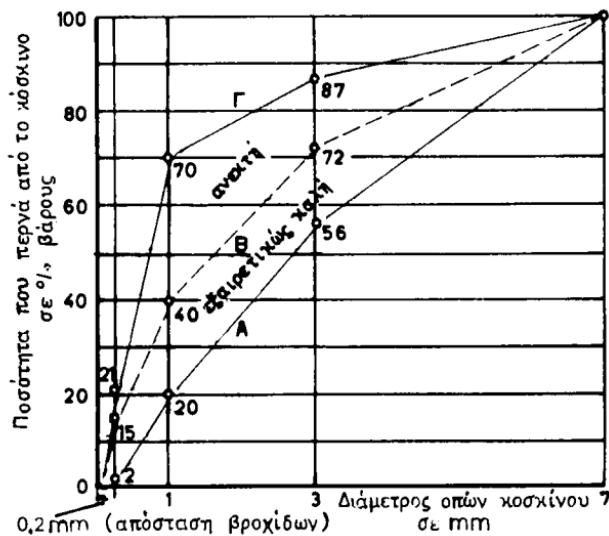
Το τσιμέντο, συγκριτικά προς τις άλλες κονίες (ασβέστη, γύψο κλπ.), παρουσιάζει μεγαλύτερη ικανότητα προσφύσεως και μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Επίσης έχει την υδραυλική ιδιότητα, την ικανότητα δηλαδή να σκληραίνει μέσα στο νερό. Γι' αυτούς τους λόγους το τσιμεντοκονίαμα είναι το κύριο δομικό υλικό της σύγχρονης εποχής. Είτε χρησιμοποιείται αυτούσιο, όπως π.χ. στο κτίσιμο τοίχων από τούβλα και σε επιχρίσματα και στεγανές επικαλύψεις, είτε χρησιμοποιείται ως βοηθητικό υλικό, για την κατασκευή άλλων συνθέτων υλικών, όπως π.χ. το σκυρόδεμα και οι διάφοροι τεχνητοί λίθοι και πάντοτε ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του σκοπού για τον οποίο προορίζεται, με την προϋπόθεση βέβαια ότι θα ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα κατά την παρασκευή του. Συγχρόνως το κόστος παρασκευής του είναι αρκετά χαμηλό, ώστε να δίνει και οικονομικές κατασκευές.

2ον. Πρώτες ύλες του τσιμεντοκονιάματος.

α) Την άμμο, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, πρέπει να τη διαλέξουμε με μεγαλύτερη προσοχή από ότι την άμμο του ασβεστοκονιάματος, επειδή η επιρροή της στις ιδιότητες του τσιμεντοκονιάματος είναι πολύ μεγαλύτερη.

Η ιδεώδης άμμος είναι η χαλαζιακή θαλασσινής προελεύσεως με κόκκους διαφόρων μεγεθών, ώστε να προκύπτουν τα λιγότερα δυνατά κενά. Επειδή όμως η άμμος αυτή έχει υψηλή τιμή, και δεν βρίσκεται σε αφθονία, χρησιμοποιείται μόνο για ειδικές κατασκευές, όπως είναι οι στεγανές επαλείψεις δεξαμενών και ταρατσών, η κάλυψη αρμάν κλπ.

Η άμμος που χρησιμοποιείται συνήθως είναι η τεχνητή των λατομείων [κεφ. 2, § 2.13 (Ζον)] ασβεστολιθικής προελεύσεως. Και αυτή πρέπει να αποτελείται από κόκκους σκληρούς, που δεν τρίβονται εύκολα και κοκκομετρική σύνθεση ανάλογη προς τη σπουδαιότητα του έργου για το οποίο προορίζεται το τσιμεντοκονίαμα. Οι κανονισμοί παρέχουν τα όρια, μέσα στα οποία πρέπει



Σχ. 4.9a.

Οριακές καμπύλες κοκκομετρικής συνθέσεως άμμου τσιμεντοκονιαμάτων σύμφωνα με τον ελληνικό κανονισμό.

να βρίσκονται οι ποσότητες των κόκκων κάθε μεγέθους (σχ. 4.9a). Όταν η κοκκομετρική καμπύλη της άμμου βρίσκεται μεταξύ των καμπυλών Β και Γ του διαγράμματος 4.9a, η άμμος θεωρείται ανεκτή. Όταν αυτή βρίσκεται μεταξύ των καμπυλών Α και Β, η άμμος θεωρείται εξαιρετικά καλή.

Η άμμος δεν πρέπει να περιέχει ξένες προσμίξεις, γιατί βλάπτουν τη συνοχή, τη σκλήσυνση, την αντοχή και γενικά όλες τις ιδιότητες του τσιμεντοκονιάματος. Οι προσμίξεις αυτές είναι:

– Η άργιλος και ο πηλός σε αναλογία μεγαλύτερη από 3%. Ιδιαίτερα επιβλαβείς είναι οι ουσίες αυτές, όταν βρίσκονται προσκολλημένες επάνω στους κόκκους της άμμου.

- Οργανικές ουσίες, που περιέχονται στο χώμα.
- Τεμάχια άνθρακα ή λιγνίτη.
- Διάφορες ενώσεις του θείου.
- Τεμάχια ασβέστη και
- διάφορα διαλυτά άλατα, όπως π.χ. το χλωριούχο νάτριο (το μαγειρικό αλάτι).

Εάν διαπιστωθεί σε μία άμμο, η οποία κατά τα άλλα είναι άριστη, ότι περιέχονται μερικές από τις πιο πάνω προσμίξεις,

πρέπει αυτή να πλυθεί με άφθονο καθαρό νερό, ώστε να απομακρύνθουν οι ουσίες αυτές.

β) Το τσιμέντο πρέπει να εκπληρώνει τους όρους, που θέτουν οι κανονισμοί. Προκειμένου μάλιστα για σοβαρά έργα, πρέπει να εκτελεσθούν οι έλεγχοι που προβλέπονται από τους κανονισμούς.

γ) Το νερό για την επεξεργασία του κονιάματος πρέπει να είναι καθαρό και διαυγές. Ξένες προσμίξεις και κυρίως πηλός, οργανικές ουσίες και διαλυτά άλατα δεν πρέπει να περιέχονται σ' αυτό. Γενικά το πόσιμο νερό είναι πιο κατάλληλο.

Και σ' αυτό το κονίαμα όπως και στο ασβεστοκονίαμα ο ρόλος του νερού είναι διπλός. Ένα μέρος της ποσότητας που απαιτείται καταναλίσκεται για τις χημικές αντιδράσεις, που πραγματοποιούνται κατά την πήξη του τσιμέντου, ενώ το υπόλοιπο μέρος χρησιμεύει για τη διαβροχή των κόκκων της άμμου και την αύξηση της πλαστικότητας και γενικά του εργάσιμου του τσιμεντοκονίαματος.

Το δεύτερο αυτό μέρος καλείται *νερό επεξεργασίας* και καθώς εξατμίζεται καθιστά πορώδες το τσιμεντοκονίαμα. Η ποσότητα του νερού επεξεργασίας ασκεί ουσιαστική επίδραση πάνω στις ιδιότητες του τσιμεντοκονίαματος. Μικρή ποσότητα δημιουργεί κονίαμα στεγνό και δυσκολοκατέργαστο, αλλά αυξημένης μηχανικής αντοχής και στεγανότητας. Αντίθετα, μεγάλη ποσότητα το καθιστά πλαστικό έως υδαρές και εύκολα κατεργάσιμο, αλλά συγχρόνως ελαττώνει την αντοχή και τη στεγανότητά του.

Πρέπει επομένως, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται το τσιμεντοκονίαμα, και ανάλογα με τις ιδιότητες που επιθυμούμε να τονίσουμε, να προσδιορίζεται κάθε φορά η ποσότητα του νερού επεξεργασίας.

Η ποσότητα του νερού που απαιτείται για τη χημική αντίδραση είναι ανάλογη προς την ποσότητα του τσιμέντου, που περιέχει το κονίαμα. Για τα κοινά τσιμέντα Portland απαιτούνται 22 λίτρα νερού για την πήξη 100 kg τσιμέντου ή $0,22 \text{ m}^3$ νερού για την πήξη 1 t τσιμέντου.

3ον. Παρασκευή.

Οι αναλογίες μίξεως τσιμέντου και άμμου εξαρτώνται από

τον προορισμό του τσιμεντοκονιάματος.

Άλλες αναλογίες χρησιμοποιούνται για τσιμεντοκονίαμα που προορίζεται για επιχρίσεις και άλλες για στεγανές επικαλύψεις, άλλες για επιστρώσεις δαπέδων και άλλες για παρασκευή σκυροδεμάτων.

Οι αναλογίες καθορίζονται σε μέρη όγκου τσιμέντου και άμμου και παριστάνονται με ένα κλάσμα, όπως στο ασβεστοκονίαμα. Επειδή όμως υπάρχει κίνδυνος να γίνουν λάθη κατά τη μέτρηση του όγκου του τσιμέντου, ο οποίος, όπως γνωρίζομε [κεφ. 3, § 3.9 (8ον)], μεταβάλλεται ανάλογα με την πίεση που υφίσταται, προσδιορίζεται η σύνθεση του κονιάματος από το βάρος του τσιμέντου, που περιέχεται σε 1 m^3 έτοιμου τσιμεντοκονίαματος.

Έτσι έχομε τσιμεντοκονιάματα αναλογίας 450 kg τσιμέντου, 600 kg τσιμέντου κ.ο.κ. Ο προσδιορισμός των ποσοτήτων, που απαιτούνται για την παρασκευή ενός τσιμεντοκονίαματος γνωστών αναλογιών, γίνεται όπως και στην περίπτωση του ασβεστοκονίαματος [κεφ. 4, § 3.9 (2ον)].

Έστω ότι πρόκειται να παρασκευασθεί τσιμεντοκονίαμα περιεκτικότητας 600 kg τσιμέντου ανά m^3 έτοιμου κονιάματος ή πράγμα που είναι το ίδιο, αναλογίας 1:2 τιμέντου προς άμμο (ειδικό φαινόμενο βάρος τσιμέντου 1200, επομένως τα 600 kg καταλαμβάνουν όγκο $\frac{600}{1,2} = 500 \text{ dm}^3$ ή $0,50 \text{ m}^3$)

Αφού το τσιμέντο είναι σκόνη, θα έχει κενά, τα οποία καταλαμβάνουν όγκο $1 - \frac{1,2}{3,1} = 0,61$ του φαινόμενου όγκου του (3,1 είναι το απόλυτο ειδικό βάρος).

Το βάρος 1 m^3 τσιμέντου είναι $1 \times 1200 = 1200 \text{ kg} = 1,2 \text{ t}$.

Ο όγκος των κενών της άμμου έστω ότι είναι 0,40 του φαινόμενου όγκου της.

Επομένως για τσιμεντοκονίαμα αναλογίας 1:2 προκύπτουν τα εξής:

1 m^3 σκόνης τσιμέντου καταλαμβάνει	
όγκο	$1 \times (1-0,61) = 0,39 \text{ m}^3$
2 m^3 άμμου καταλαμβάνουν όγκο	$2 \times (1-0,40) = 1,20 \text{ m}^3$
Νερό διαβροχής της άμμου	$2 \times 0,14 = 0,28 \text{ m}^3$
Νερό χημικής αντιδράσεως τσιμέντου	$1,2 \times 0,22 = 0,27 \text{ m}^3$
Συνολικός όγκος κονιάματος	$2,14 \text{ m}^3$

Επομένως για 1 m³ έτοιμου κονιάματος θα απαιτηθούν:

$$\text{Τσιμέντο} \quad \frac{1}{2,14} = 0,47 \text{ m}^3 \text{ ή } 560 \text{ kg}$$

$$\text{Άρμος} \quad \frac{1}{2,14} = 0,94 \text{ m}^3 \text{ ή } 1600 \text{ kg}$$

$$\text{Νερό} \quad \frac{0,55}{2,14} = 0,26 \text{ m}^3 \text{ ή } 260 \text{ l (λίτρα)}$$

Η απόδοση του κονιάματος είναι:

$$A = \frac{1}{0,94} = 1,06t$$

Πιο απλά παίρνομε τις ποσότητες από τις αναλύσεις τιμών.

Π.χ. για ένα m³ τσιμεντοκονιάματος αναλογίας 600 kg τσιμέντου απαιτούνται κατά τον A.T.O.E. [§ 4.8 (2ov)].

Υλικά.

a) Τσιμέντο	kg	600
β) Άρμος	m ³	1,00
γ) Νερό	m ³	0,35

Εργασία.

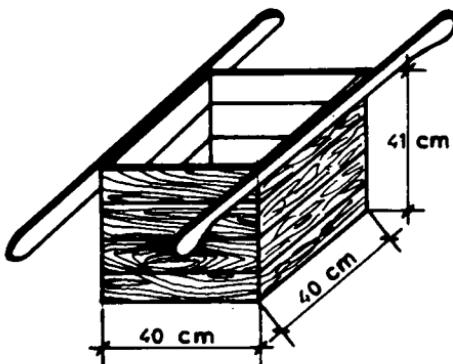
a) Παρασκευή κονιάματος:

$$\text{Εργάτης} \quad \text{ώ.} \quad 3,00$$

Το πιο πάνω τσιμεντοκονίαμα των 600 kg μπορεί να χαρακτηρισθεί και ως τσιμεντοκονίαμα αναλογίας 1:2, γιατί τα 600 kg καταλαμβάνουν όγκο $\frac{600}{1,2} = 0,50 \text{ m}^3$, ενώ η άρμος καταλαμβάνει όγκο 1,00 m³, δηλαδή η σχέση των όγκων τσιμέντου προς άρμο είναι 1:2.

Ο όγκος της άρμου και του τσιμέντου μετρούνται με ξύλινα μετρητικά κιβώτια (σχ. 4.9β). Τα πιο συνηθισμένα κιβώτια έχουν διαστάσεις βάσεως 0,40 x 0,40 m² και ύψος 0,41 m, έχουν δηλαδή όγκο 0,066 m³ περίπου ή 66 dm³ ή 66 λίτρα.

Ο όγκος, που καταλαμβάνουν 50 kg τσιμέντου (1 σάκος) που τοποθετείται μέσα σε μετρητικό κιβώτιο σε χαλαρή κατάσταση, χωρίς δηλαδή εξωτερική πίεση, ισούται προς $\frac{50}{1,2} = 41,3 \text{ lt}$ ή 0,041 m³. (Ως παρονομαστής του κλάσματος είναι 1,2 το φαινόμενο ειδικό βάρος του τσιμέντου).



Σχ. 4.96.
Ξύλινο μετρητικό κιβώτιο άμμου και τσιμέντου.

Επομένως για να παρασκευασθεί μία δόση (χαρμάνι) τσιμέντοκονιάματος των 600 kg τσιμέντου θα πρέπει να αναμιχθούν 2 μετρητικά κιβώτια άμμου και 1,5 σάκος τσιμέντου:

(άμμος $2 \times 0,066 = 0,132 \text{ m}^3$, τσιμέντο $1,5 \times 0,0413 = 0,62 \text{ m}^3$).

Οι πιο συνηθισμένες αναλογίες συνθέσεως των τσιμεντοκονιάματων είναι:

- Για κονιάματα δομής θεμελίων από λίθους σε υγρό περιβάλλον } 1:3 έως 1:4 ή 500 έως 400 kg τσιμέντου ανά m^3 κονιάματος
- Για κονιάματα στεγανών επιχρισμάτων } 1:1.5 έως 1:2.5 ή 1100 έως 600 kg τσιμέντου ανά m^3 κονιάματος
- Για κονιάματα εξωτερικών επιχρισμάτων } 1:2 έως 1:3 ή 750 έως 500 kg ανά m^3 κονιάματος
- Για κονιάματα επιστρώσεων } 1:1.5 έως 1:2.5.

Η ανάμιξη των υλικών πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιογενής. Το κονίαμα δεν πρέπει να περιέχει συμπαγή τεμάχια ή σβώλους, αλλά η μάζα του να είναι ομοιόμορφη και ομοιόχρωμη.

Η ανάμιξη γίνεται ή με τα χέρια από πεπειραμένους εργάτες ή με κατάλληλους αναμικτήρες κονιάματος.

Στην ανάμιξη με τα χέρια η άμμος πρέπει να απλώνεται πάνω σε καθαρό δάπεδο από λαμαρίνα ή ξύλο ή καλύτερα μέσα

σε σκάφη βάθους 25 έως 20 cm και πάνω της να ρίχνεται το τσιμέντο σε όλη την επιφάνειά της ομοιόμορφα. Μετά τα ανακατεύομε χωρίς νερό και αφού το μίγμα γίνει ομοιογενές, τότε το διαβρέχομε με ποτιστήρι, ενώ συγχρόνως το ανακατεύομε καλά.

Όταν χρησιμοποιείται αναμικτήρας, ρίχνεται πρώτα η άμμος μέσα σ' αυτό και μετά το τσιμέντο και το νερό.

Το έτοιμο κονίαμα πρέπει να χρησιμοποιηθεί την πρώτη μόλις ώρα από τη παρασκευή του, γιατί μετά αρχίζει η πήξη του τσιμέντου. Πρέπει επομένως κάθε φορά να παρασκευάζεται ποσότητα κονιάματος τόση όση μπορεί να καταναλωθεί μέσα σε μια ώρα.

Εάν μείνει αχρησιμοποίητο κονίαμα στο τέλος της ημερήσιας εργασίας, απαγορεύεται να χρησιμοποιηθεί την επόμενη ημέρα, έστω και εάν αναμιχθεί με νέο τσιμέντο.

4ον. Ιδιότητες του τσιμεντοκονιάματος.

α) Η πήξη και η σκλήρυνση των τσιμεντοκονιαμάτων ακολουθούν τη διαδικασία, που περιγράψαμε στα περί τσιμέντου [§ 3.9 (8ον)]. Πρέπει επομένως να λαμβάνονται τα μέτρα και οι προφυλάξεις, που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο αυτό για να επιτύχει όλη η διαδικασία της πήξεως και της σκληρύνσεως του τσιμεντοκονιάματος.

Τονίζονται ιδιαίτερα τα εξής:

– Πρέπει να αποφεύγεται κατά τις ψυχρές και παγερές ημέρες η εκτέλεση εργασιών επιχρίσεως ή καλύψεως εξωτερικών επιφανειών με τσιμεντοκονίαμα. Σε θερμοκρασίες κάτω από 5° C απαγορεύεται τόσο η παρασκευή τσιμεντοκονιαμάτων όσο και η χρήση τους.

Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και κατά τις πολύ θερμές και ξηρές ημέρες.

– Επίσης, για να αποφευχθούν ραγίσματα ή και θρυμματισμός του κονιάματος πρέπει, κατά τις πρώτες ημέρες, να διατηρείται υγρό με τακτική διαβροχή με νερό ή εάν πρόκειται για οριζόντιες επιφάνειες να καλύπτονται με υγρή άμμο ή με υγρό ύφασμα. Το τελευταίο μέτρο είναι απαραίτητο και πρέπει να εφαρμόζεται με σχολαστικότητα.

β) Η μηχανική αντοχή και η στεγανότητα του τσιμεντοκο-

νιάματος εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, κυριότεροι των οποίων είναι:

– Η σχέση τσιμέντου προς άμμο. Μεγαλύτερη αναλογία τσιμέντου προς άμμο δίνει ανθεκτικότερα και στεγανότερα κονιάματα.

– Η προέλευση και η κοκκομετρική σύνθεση της άμμου. Χαλαζιακή άμμος δίνει ισχυρότερα κονιάματα από ασβεστολιθική. Επίσης όσο η καμπύλη της κοκκομετρικής συνθέσεως πλησιάζει προς την καθορισμένη ως πολύ καλή από τους κανονισμούς, τόσο μεγαλύτερης αντοχής και στεγανότητας κονίαμα προκύπτει.

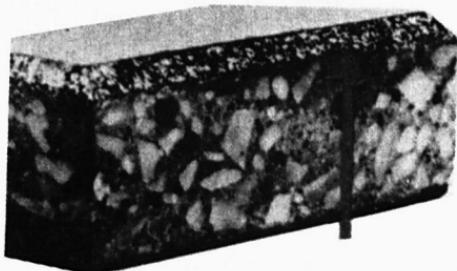
– Η ποσότητα του νερού επεξεργασίας. Το πολύ νερό ελαττώνει την αντοχή και τη στεγανότητα του κονιάματος.

– Η διατήρηση του κονιάματος σε υγρό περιβάλλον όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο μετά το τέλος της πήξεως.

Η στεγανότητα των επιχρίσεων από τσιμεντοκονίαμα είναι δυνατόν να αυξηθεί, εάν προστεθούν στο κονίαμα ορισμένες ουσίες, που κυκλοφορούν στο εμπόριο με μορφή σκόνης ή υγρού. Οι ουσίες αυτές είναι συνήθως λεπτότατο άλευρο διαφόρων πετρωμάτων ή άλλων υλικών (ασφαλτόλιθοι, θηραϊκή γη, σκουριά υψηλαρίων κλπ.) ή διαλύματα ασφάλτου ή συνθετικά μονωτικά. Επίσης η στεγανότητα τονώνεται, εάν η επιφάνεια του επιχρισματος λειανθεί με μυστρί κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

γ) Η αντοχή σε τριβή των τσιμεντοκονιαμάτων είναι αρκετά μεγάλη και εξαρτάται κυρίως από τη σκληρότητα της αδρανούς ύλης. Η χαλαζιακή άμμος δίνει ανθεκτικότερα κονιάματα από την ασβεστολιθική. Σε περίπτωση, που απαιτείται μεγάλη αντοχή σε τριβή, όπως π.χ. στα δάπεδα ορισμένων εργοστασίων, γίνεται ειδική επεξεργασία της επιφάνειας επιστρώσεως με χημικές ουσίες ή με ρινίσματα σιδήρου (σχ. 4.9γ).

δ) Τα τσιμεντοκονιάματα και κυρίως τα παχιά (μεγάλη αναλογία τσιμέντου) αντιστέκονται στην επίδραση αραιών διαλυμάτων διαφόρων χημικών ουσιών (οξέων, αλάτων κλπ.), καθώς και στην επίδραση του θαλασσινού νερού. Τα πυκνά όμως διαλύματα καταστρέφουν το τσιμεντοκονίαμα και πρέπει να λαμβάνονται ειδικές προφυλάξεις κατά την επίχριση δεξαμενών, στις οποίες πρόκειται να εναποθηκευθούν διαλύματα αυτού του είδους.

**Σχ. 4.9γ.**

Τελική επίστρωση δαπέδου από σκυρόδεμα με τσιμεντοκονίαμα αναμιγ-
μένο με ρινίσματα σιδήρου για την αύξηση της αντοχής του σε τριβή.

5ον. Χρήσεις των τσιμεντοκονιαμάτων.

Χρησιμοποιούνται:

– Ως συνδετικά υλικά κατά το κτίσιμο τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους.

– Για τη στερέωση μεταλλικών εξαρτημάτων και συνδέσμων επάνω στους τοίχους (στηρίγματα κουφωμάτων, σωλήνων κλπ).

– Ως καλυπτικά υλικά και για το αρμολόγημα στις ξεστές τοιχοποιίες, για επιχρίσματα τοίχων και οροφών, για κατασκευή αρχιτεκτονικών προεξοχών, επιστρώσεις δαπέδων, στεγανές επι-καλύψεις δεξαμενών, βόθρων κλπ.

– Ως πρώτη ύλη για την κατασκευή διαφόρων τεχνητών υλι-κών, όπως είναι οι τσιμεντόλιθοι, οι κισσηρόλιθοι, οι τσιμεντο-σωλήνες κλπ.

Γενικά η χρήση των διαφόρων τσιμεντοκονιαμάτων είναι πολύ διαδεδομένη, γιατί, όπως ήδη είπαμε [§ 4.9 (1ον) και (4ον)] συνδυάζουν πολλές ιδιότητες με σχετικά χαμηλό κόστος.

4.10 Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα.

Το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα συνδυάζει τις ιδιότητες και το μικρότερο κόστος του ασβεστοκονιάματος, προς τις δύο βασικές ιδιότητες του τσιμεντοκονιάματος. Δηλαδή την αυξημένη μηχα-νική αντοχή του και την ικανότητα να σκληραίνει γρήγορα και μέσα στο νερό.

Βασικά πρόκειται για ασβεστοκονίαμα με τις γνωστές ανα-λογίες [κεφ. 4, § 4.8 (2ον)], όπου ένα μέρος του πολτού του α-

σβέστη έχει αντικατασταθεί με μία ποσότητα τσιμέντου. Η ποσότητα αυτή του τσιμέντου εξαρτάται από το σκοπό, για τον οποίο προορίζεται το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα. Οι συνηθισμένες αναλογίες τσιμέντου, πολτού ασβέστη, άμμου και νερού σε μέρη όγκου είναι:

1 μ.ό. τσιμέντου προς	1 μ.ό. ασβέστη προς	6 μ.ό. άμμου	(1:1:6)
1 "	"	"	(1:1:7)
1 "	"	"	(1:2:6)
1 "	"	"	(1:2:8)

Σύμφωνα με τους πίνακες αναλύσεως τιμών του ΑΤΟΕ, για να παρασκευασθεί 1 m³ ασβεστοτσιμεντοκονιάματος αναλογίας 1:2:6 απαιτούνται:

Υλικά.

a) Τσιμέντο	kg 150
β) Πολτός ασβέστη	m ³ 0,25
γ) Άμμος	m ³ 0,96
δ) Νερό	m ³ 0,20

Εργασία.

- a) Σβήσιμο ασβέστη και παρασκευή κονιάματος: Εργάτης ω. 4,50.

Γενικά έχει παρατηρηθεί ότι μικρή ποσότητα ασβέστη, μέχρι 10% της ποσότητας του τσιμέντου, εάν προστεθεί στα τσιμεντοκονιάματα, όχι μόνο δεν ελαττώνει τη μηχανική αντοχή και την υδραυλικότητά του, αλλά αντίθετα στα αδύνατα (ισχνά) αυξάνει τις ιδιότητες αυτές, ενώ συγχρόνως τα κάνει περισσότερο εργάσιμα.

Τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα, είναι καλύτερα από τα ασβεστοκονιάματα και τα αδύνατα (ισχνά) τσιμεντοκονιάματα γιατί:

- Είναι περισσότερο εύπλαστα (εργάσιμα) από τα αδύνατα (ισχνά) τσιμεντοκονιάματα και εμφανίζουν μεγαλύτερη καλυπτική ικανότητα.
- Προσφύονται καλύτερα επάνω στους λίθους και σκληραίνουν πιο γρήγορα από τα κοινά ασβεστοκονιάματα ακόμη και σε υγρό περιβάλλον.
- Η αντοχή τους είναι μεγαλύτερη από την αντοχή των ασβε-

στοκονιαμάτων και μικρότερη από των τσιμεντοκονιαμάτων. Κατά τους ελληνικούς κανονισμούς τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα μέτριας αντοχής μπορούν να αντέξουν θλιπτικές τάσεις 8 έως 14 kp/cm² και τα ισχυρής αντοχής 10 έως 18 kp/cm².

– Δεν πήζουν μέσα στο νερό, αλλά μετά τη σκλήρυνσή τους στον αέρα αντέχουν στην επιφροή του νερού. Το θαλασσινό νερό όμως και γενικά τα αλατούχα νερά καταστρέφουν το ασβεστοτσιμεντοκονίαμα.

– Το κόστος του είναι μικρότερο από το κόστος των τσιμεντοκονιαμάτων και μπορούμε, αυξάνοντας ή ελαττώνοντας την ποσότητα του τσιμέντου, να παρασκευάσουμε κονίαμα που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του έργου, για το οποίο το προορίζουμε, με τη χαμηλότερη δυνατή δαπάνη.

Τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα χρησιμοποιούνται πολύ στο κτίσμα τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους και κυρίως στα χαμηλά τμήματα αυτών που βρίσκονται μέσα ή κοντά στο έδαφος ή σε υγρούς γενικά χώρους.

Επίσης χρησιμοποιούνται πολύ σε εξωτερικά επιχρίσματα.

4.11 Ασφαλτοκονιάματα.

Τα ασφαλτοκονιάματα είναι μίγματα ασφάλτου και άμμου.

Η άσφαλτος γεμίζει τα κενά που έχει η άμμος και συνδέει τους κόκκους της μεταξύ τους, ώστε να δημιουργηθεί μετά τη σκλήρυνση συμπαγές σώμα.

Αποτελεί δηλαδή τη συγκολλητική ύλη των κονιαμάτων αυτών όπως ο ασβέστης και το τσιμέντο αποτελούν τη συγκολλητική ύλη των προηγουμένων κονιαμάτων.

Η ικανότητα προσφύσεως της ασφάλτου πάνω στους κόκκους της άμμου και επομένως η ισχυρή συγκόλλησή τους εξαρτάται από το είδος των λίθων, από τους οποίους προέρχεται η άμμος.

Η ασβεστολιθική τεχνητή άμμος με καλή κοκκομετρική σύνθεση θεωρείται άριστο υλικό παρασκευής ασφαλτοκονιαμάτων.

Η ποσότητα της χρησιμοποιούμενης ασφάλτου πρέπει να είναι ακριβώς τόση, όση απαιτείται για να γεμίσουν τα κενά της άμμου.

Επειδή η άσφαλτος είναι αρκετά ακριβή και η αντοχή, το ση-

μείο μαλθώσεως και οι υπόλοιπες ιδιότητες του ασφαλτοκονιάματος εξαρτώνται από την αναλογία άμμου προς άσφαλτο, πρέπει η χρησιμοποιούμενη άμμος να έχει όσο το δυνατόν λιγότερα κενά. Η κοκκομετρική της σύνθεση καθορίζεται από τους ισχύοντες κανονισμούς.

Η χρησιμοποιούμενη άσφαλτος είναι φυσική ή τεχνητή. Επίσης χρησιμοποιείται πίσσα αντί για άσφαλτο.

Η παρασκευή του ασφαλτοκονιάματος γίνεται ανεβάζοντας τη θερμοκρασία της ασφάλτου και ανακατεύοντάς την, καθώς είναι ζεστή, με την άμμο, αντίθετα δηλαδή προς τα ήδη γνωστά κονιάματα όπου η παρασκευή τους επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του νερού. Η πήξη και σκλήρυνσή του επέρχονται με ελάττωση της θερμοκρασίας και σύγχρονη άσκηση πιέσεως.

Τα ασφαλτοκονιάματα είναι δυνατόν να είναι φυσικά, όπως αυτά που παίρνομε από ασφαλτολίθους [κεφάλ. 3, § 3.10 (2ον-α)] ή τεχνητά [κεφ. 3, § 3.10 (2ον-β)]. Τα κυριότερα είδη ασφαλτοκονιαμάτων είναι:

1ον. Η ασφαλτική μαστίχα.

Παρασκευάζεται με ανάμιξη ασφαλτάλευρου [κεφ. 3, § 3.10 (2ον-α)] και καθαρής ασφάλτου (*bütumen*) ή άμμου και καθαρής ασφάλτου. Και στις δύο περιπτώσεις η επεξεργασία γίνεται ως εξής:

Η άσφαλτος τοποθετείται μέσα σε αναμικτήρες, και θερμαίνεται σε θερμοκρασία περίπου 150° C, στην οποία τήκεται. Μετά ρίχνεται το ασφαλτάλευρο ή η άμμος στις προκαθορισμένες ποσότητες, και γίνεται πλήρης ανάμιξη, έως ότου το μίγμα αποκτήσει πλήρη ομοιογένεια. Το κατ' αυτόν τον τρόπο παρασκευασμένο υλικό χύνεται σε σιδερένια καλούπια όπου ψύχεται, στερεοποιείται και αποκτά τη μορφή πλακούντα (κοινώς ψωμί) βάρους 25 kg περίπου.

Η ασφαλτική μαστίχα χρησιμοποιείται για την κατασκευή επιφανειακών στρώσεων δαπέδων, κυρίως σε εσωτερικούς χώρους.

2ον. Χυτή άσφαλτος.

Η χυτή άσφαλτος είναι μίγμα ασφαλτομαστίχας, ενός ασφαλτελαίου και άμμου με σύντριψμα.

Η ανάμιξη γίνεται σε περιστρεφόμενο αναμικτήρα ή σε σιδερένιο δοχείο, όπου το ανακάτεμα γίνεται με τα χέρια με τη βοήθεια σιδερένιου λοστού.

Αρχικά ρίχνεται στο δοχείο η ασφαλτομαστίχα, σε τεμάχια, μαζί με το ασφαλτέλαιο και τα υλικά αυτά θερμαίνονται μέχρι τη θερμοκρασία των 180° C. Στη συνέχεια ρίχνεται το αδρανές υλικό (άμμος και σύντριψμα) κατά προτίμηση θερμό. Η ανάμιξη συνεχίζεται, έως ότου γίνει ομοιογενές το μίγμα και αποκτήσει την κατάλληλη ρευστότητα. Ο πολτός της χυτής ασφάλτου απλώνεται επάνω στην επιφάνεια που πρόκειται να επιστρώθει σε πάχος 2 έως 3 cm. Μετά την ψύξη του είναι αμέσως βατός. Το στρώμα αυτό της χυτής ασφάλτου είναι πρακτικά αδιαπέρατο από το νερό, είναι ανθεκτικό στην τριβή και γενικά αποτελεί άριστο δάπεδο εσωτερικών χώρων βιομηχανικών κατασκευών.

3ον. Πιεστή άσφαλτος.

Η πιεστή άσφαλτος διακρίνεται σε φυσική και σε τεχνητή.

α) Η φυσική κατασκευάζεται από ασφαλτόλιθους με περιεκτικότητα σε ασφάλτιο (bitumen) μεταξύ 8 έως 15%. Εάν η περιεκτικότητά τους είναι μικρότερη από 8%, τότε πρέπει να γίνει εμπλουτισμός των ασφαλτολίθων με ασφάλτιο. Εάν είναι μεγαλύτερη, οι από πιεστή άσφαλτο επιστρώσεις μαλακώνουν το καλοκαίρι καθώς έτσι δημιουργούνται κυματισμοί στην επιφάνειά τους.

Η παρασκευή της πιεστής ασφάλτου βασίζεται στην ιδιότητα των ασφαλτολίθων να αποσυντίθενται σε σκόνη, όταν θερμανθούν στους 100° C και στην ικανότητα αυτής της σκόνης να σκληραίνει, όταν υποστεί πίεση και σύγχρονη αύξηση της θερμοκρασίας.

β) Η τεχνητή πιεστή άσφαλτος παρασκευάζεται με ανάμιξη εν θερμώ ασφαλτικού υλικού και άμμου κατάλληλης κοκκομετρίκης συνθέσεως ή με ανάμιξη ασφάλτου και φτωχών σε ασφάλτιο ασφαλτολίθων.

Η κατασκευή της επιστρώσεως γίνεται ανεξάρτητα από το εάν χρησιμοποιείται φυσική ή τεχνητή πιεστή άσφαλτος ως εξής:

Το υλικό θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεταξύ 100° C και 150° C και κατόπιν στρώνεται επάνω στην προετοιμασμένη επι-

φάνεια σε πάχος 7 cm περίπου. Στη συνέχεια πιέζεται με θερμούς κοπάνους ή κυλίνδρους που θερμαίνονται εσωτερικά. Το τελικό πάχος του στρώματος μετά τη συμπίεση ελαττώνεται σε 5 cm.

Η διαφορά της χυτής ασφάλτου από την πιεστή έγκειται στο ότι η μεν χυτή άσφαλτος λιώνει με την επίδραση της θερμότητας και σκληραίνει όταν ψυχθεί, ενώ η πιεστή απλά μαλακώνει εάν αυξηθεί η θερμότητα και μετατρέπεται σε μαλακή κολλώδη ύλη.

4.12 Ειδικά κονιάματα.

Ονομάζονται έτσι τα κονιάματα, που παρασκευάζονται με ειδικές μεθόδους και με υλικά ορισμένων ιδιοτήτων, ώστε να μπορεί να αυξηθεί ο βαθμός εκδηλώσεως μιας συγκεκριμένης κάθε φορά ιδιότητας.

Παρασκευάζονται έτσι:

- Κονιάματα με μεγάλη αντοχή στη φωτιά.
- Θερμομονωτικά κονιάματα.
- Ηχοαπορροφητικά ή ηχομονωτικά κονιάματα.
- Στεγανά κονιάματα.
- Ελαφρά (μικρό ειδικό βάρος) ή βαριά (μεγάλο ειδικό βάρος) κονιάματα.
- Κονιάματα που αντέχουν σε ισχυρές τριβές κ.ά.

Η αύξηση του βαθμού μιας ή περισσότερων ιδιοτήτων προκαλεί ελάττωση του βαθμού εκδηλώσεως των άλλων ιδιοτήτων των κονιαμάτων. Επομένως τα ειδικά κονιάματα πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγάλη προσοχή και μόνο μετά από προσεκτική μελέτη των συνεπειών, που είναι δυνατόν να έχει η ελάττωση αυτή των άλλων ιδιοτήτων.

Κατά την παρασκευή τους πρέπει να φροντίζομε και να προσέχουμε περισσότερο, από ό,τι όταν παρασκευάζομε τα κοινά κονιάματα. Τα χρησιμοποιούμενα υλικά πρέπει να ελέγχονται σχολαστικά, ώστε το κονίαμα που προκύπτει να έχει στον υψηλότερο δυνατό βαθμό την ιδιότητα ή τις ιδιότητες που θέλομε να προβάλλουμε.

Το κόστος τους είναι μεγαλύτερο από το κόστος των κοινών κονιαμάτων, επειδή παρασκευάζονται με ιδιαίτερο τρόπο και για την παρασκευή τους χρησιμοποιούνται ακριβότερα υλικά.

Πρέπει λοιπόν τα κονιάματα αυτά να χρησιμοποιούνται με φειδώ και από πεπειφαμένους τεχνίτες.

Πιο κάτω αναπτύσσονται λεπτομερώς μερικά από τα πιο συνηθισμένα ειδικά κονιάματα.

1ον. Πυρίμαχα κονιάματα.

Γενικά τα κονιάματα που περιέχουν τσιμέντο αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 1000° C).

Αν όμως πρόκειται για κτίσιμο πυριμάχων πλίνθων (πυρότουβλα) σε εστίες κλιβάνων και σε καπναγωγούς ή για την επένδυση μεταλλουργικών καμίνων ή για την επίχριση στοιχείων, τα οποία είναι πιθανόν να υποστούν την επίδραση φλογών, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κονίαμα με αυξημένη αντοχή στη φωτιά.

Το κονίαμα αυτό παρασκευάζεται από πηλοκονία, που περιέχει σε μεγάλη αναλογία οξείδια του αργιλίου και πυριτίου και κυκλοφορεί στο εμπόριο με την ονομασία χώμα της φωτιάς. Το χώμα αυτό αναμιγνύεται με νερό ή, σε σοβαρότερες περιπτώσεις, με διάλυμα υδρυάλου για να αυξηθεί η αντοχή του στη φωτιά.

Ένα άλλο πυρίμαχο κονίαμα που χρησιμοποιείται για την προστασία ξυλίνων ή σιδερένιων στοιχείων από τη φωτιά, είναι το αμιαντοτσιμέντο.

Παρασκευάζεται με ανάμιξη τσιμέντου, λεπτής σκόνης αμιάντου και νερού σε διάφορες αναλογίες.

Το αμιαντοτσιμέντο παρέχει πλήρη ασφάλεια έναντι της πυρκαγιάς, αλλά γενικά η αντοχή του στη φωτιά είναι μικρότερη από την αντοχή του "χώματος της φωτιάς".

Συνήθως χρησιμοποιείται για την εσωτερική επίχριση καπναγωγών σωλήνων και καπνοδόχων.

2ον. Θερμομονωτικά και ηχομονωτικά κονιάματα.

Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι το μεγάλο πορώδες, γιατί μόνο με τη δημιουργία μικρών κενών μέσα στη μάζα τους εμποδίζεται η μετάδοση της θερμότητας και του ήχου.

Χρησιμοποιούνται μόνο εκεί, όπου απαιτείται θερμική ή ηχητική μόνωση.

Τα κονιάματα αυτά διακρίνονται σε διάφορα είδη ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους. Έτσι έχομε:

α) *Το πορώδες κονίαμα.* Προέρχεται από την ανάμιξη ίσων όγκων ενός τύπου ασβεστοκονιάματος αναλογίας 1:6 έως 1:8 και ενός τσιμεντοκονιάματος αναλογίας 1:8. Λόγω της παρουσίας υδρασβέστη και μεγάλης ποσότητας άμμου είναι πολύ πορώδες.

β) *Το αεροκονίαμα.* Μοιάζει με στερεό σπόγγο λόγω των μικρών φυσαλίδων, που περιέχει στη μάζα του. Παρασκευάζεται με διάφορους τρόπους, από τους οποίους οι σπουδαιότεροι είναι:

– Με τη χρησιμοποίηση σκόνης αργιλίου (αλουμινίου) ή άλλων μετάλλων (αλκαλίων), η οποία αναμιγνύεται με το τσιμέντο ή την άμμο, προκαλείται αποσύνθεση του νερού επεξεργασίας και οι φυσαλίδες του υδρογόνου που ελευθερώνεται δημιουργούν κυψέλες μέσα στη μάζα του στερεοποιούμενου κονιάματος. Το ειδικό του βάρος μπορεί να κατέβει στα 320 kp/m³. Ελαττώνεται όμως σε μεγάλο βαθμό η αντοχή του σε θλίψη. Οι μονωτικές του ιδιότητες είναι εξαιρετικά υψηλές.

– Με την προσθήκη λιπαρής ουσίας ή σαπουνιού στο συνηθισμένο τσιμεντοκονίαμα, επιτυγχάνεται επίσης η δημιουργία κυψελών. Τα υλικά αναμιγνύονται καλά σε μηχανικούς αναμικτήρες, ενώ το ειδικό βάρος του κονιάματος αυτού κατέρχεται σε 1300 έως 1600 kp/m³.

Τα αεροκονιάματα εκτός από τις μονωτικές ιδιότητες και την ελαφρότητά τους, παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στον παγετό.

Η εναλλασσόμενη πήξη και τήξη του νερού μέσα στους πόρους ενός κοινού τσιμεντοκονιάματος, προκαλεί διαστολή και συστολή με συνέπεια την επιφανειακή απολέπιση του κονιάματος [§ 0.6 (3ον)].

Η απολέπιση προχωρεί διαρκώς βαθύτερα, και τελικά επιφέρει την πλήρη αποσάθρωση του κονιάματος. Αντίθετα στα αεροκονιάματα δεν παρατηρείται η καταστροφή αυτή, γιατί η συστολή και διαστολή αναλαμβάνονται από το αέριο, που περικλείεται μέσα στις κυψέλες, ενώ η στερεά μάζα παραμένει σχεδόν ανενόχλητη. Γι' αυτό το λόγο τα αεροκονιάματα χρησιμοποιούνται πολύ σε χώρες, όπου ο παγετός είναι συνηθισμένο φαινόμενο.

γ) Περλιτικό κονίαμα. Χρησιμοποιούνται αντί για άμμο, οι μικροί κόκκοι του διογκωμένου περλίτη [§ 2.14 (5ον)], οι οποίοι χάρη στα κλειστά κενά που περικλείουν, προσδίνουν στο κονίαμα μεγάλη ελαφρότητα και εξαιρετικές μονωτικές ιδιότητες στη θερμότητα και τον ήχο.

3ον. Στεγανά κονιάματα.

Τα κοινά τσιμεντοκονιάματα παρέχουν επαρκή στεγανότητα, εφόσον η αναλογία του τσιμέντου είναι αρκετά μεγάλη, η ανάμιξη των υλικών πλήρης και η εκτέλεση της εργασίας της στεγανοποίησεως επιμελημένη και σύμφωνη με τους κανόνες της τέχνης.

Όπου όμως απαιτείται μεγαλύτερη στεγανότητα ή υπάρχει κίνδυνος κακής εκτελέσεως της εργασίας, χρησιμοποιούνται ειδικά στεγανά κονιάματα.

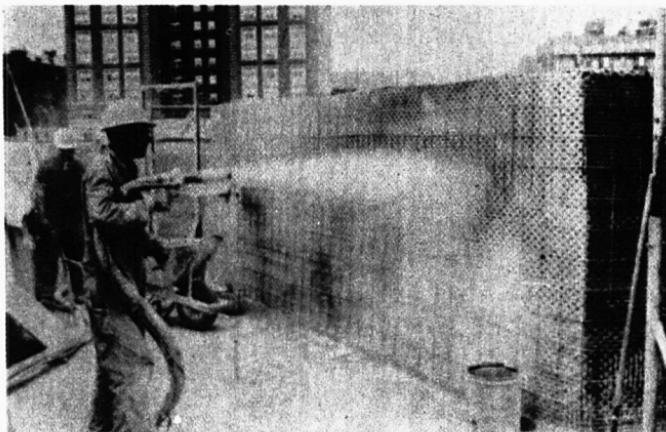
Μία κατηγορία των κονιαμάτων αυτών παρασκευάζεται με προσθήκη στο κοινό τσιμεντοκονίαμα μικρής ποσότητας αλεύρου διαφόρων πετρωμάτων ή σκουριάς υψηλαμίου. Με αυτό τον τρόποι επιτυγχάνεται ελάττωση των κενών της άμμου και επομένως ελάττωση του πορώδους. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται άλευρο θηραικής γης (πορσελάνη), το οποίο εκτός από τη στεγανότητα αυξάνει και την αντοχή του κονιάματος.

Μία άλλη κατηγορία παρασκευάζεται με πρόσθήκη ειδικών ουσιών με μορφή υγρού ή σκόνης, οι οποίες κυκλοφορούν στο εμπόριο με διάφορες ονομασίες. Οι ουσίες αυτές προέρχονται κυρίως από ασφαλτικά υλικά. Όταν οι ουσίες αυτές είναι σε μορφή στερεά (άλευρο), αναμιγνύονται με το τσιμέντο, ενώ όταν είναι σε υγρή μορφή, αναμιγνύονται με το νερό επεξεργασίας. Οι πρόσθετες αυτές ουσίες ελαττώνουν κατά κανόνα την αντοχή του κονιάματος.

Μεγάλη στεγανότητα όχι μόνο στο νερό αλλά και σε δραστικά χημικά υγρά (οξέα, βάσεις κλπ.) επιτυγχάνεται με κονιάματα, στα οποία χρησιμοποιείται ως συνδετική ύλη μία συνθετική κονία (κεφ. 3, § 3.11).

4ον. Υδαρή κονιάματα.

Εάν ένα συνηθισμένο τσιμεντοκονίαμα αραιωθεί με νερό, δη-



Σχ. 4.12α.

Επικάλυψη μεταλλικής επιφάνειας με υδαρές τσιμεντοκονίαμα με τη βοήθεια ειδικής μηχανής εκτοξεύσεως.

μιουργείται αραιός πολτός (αριάνι), που χρησιμοποιείται για ειδικούς σκοπούς. Η αναλογία του τσιμεντοκονιάματος αυτού είναι συνήθως 1:4 (1 μέρος τσιμέντου προς 4 άμμου), ενώ η ποσότητα του νερού καθορίζεται από την αραίωση που απαιτείται.

Το υδαρές αυτό κονίαμα χρησιμοποιείται κυρίως για την ενίσχυση χαλαρών λιθοδομών ή σκυροστρώσεων, για την κάλυψη αρμών πλακοστρώτων επιφανειών, για την επένδυση σηράγγων και άλλων παρόμοιας φύσεως έργων, για το γέμισμα των σωλήνων διελεύσεως των καλωδίων προεντάσεως σε προεντεταμένα σκυροδέματα κλπ. Σε ορισμένα έργα το υδαρές κονίαμα χρησιμοποιείται ως τελική προστατευτική επικάλυψη, η οποία γίνεται με ειδική συσκευή, που εκτοξεύει το κονίαμα σαν βροχή επάνω στην επιφάνεια που θέλομε να καλύψουμε (σχ. 4.12α).

4.13 Γενικά περί χονδροκονιάματος.

Το χονδροκονίαμα είναι μίγμα άμμου, χαλικιών οποιασδήποτε προελεύσεως, μιας συγκολλητικής ύλης (κονίας) και νερού ή διαφορετικά είναι μίγμα ενός λεπτοκονιάματος και χονδρών αδρανών υλικών [σκύρων, χαλικιών ή κισσήρεως (ελαφρόπετρας)]. Ο όρος χονδροκονίαμα χρησιμοποιείται σε αντίθεση προς το λε

πτοκονίαμα, ονομασία η οποία αναφέρεται στο απλό κονίαμα. Συνήθως όμως τα χονδροκονιάματα καλούνται *σκυροδέματα*, γιατί τα σκύρα αποτελούν κατά κανόνα το χονδρό αδρανές.

Στο χονδροκονίαμα, το κονίαμα γεμίζει τα κενά, που δημιουργούνται μεταξύ των χονδρών αδρανών και συνδέει (ενεργεί ως συγκολλητική ύλη) τα αδρανή αυτά μεταξύ τους, ώστε μετά τη σκλήρυνση του κονιάματος να προκύψει ένα στερεό και συμπαγές σώμα. Δηλαδή στο χονδροκονίαμα, το κονίαμα εκτελεί το ίδιο έργο, που εκτελεί η κονία στο κονίαμα (§ 4.1).

Οι ιδιότητες και τα λοιπά χαρακτηριστικά των χονδροκονιάματων εξαρτώνται από το είδος των χονδρών αδρανών που χρησιμοποιούνται και κυρίως από το κονίαμα που χρησιμοποιείται.

Με βάση το κονίαμα αυτό διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως π.χ. σε τσιμεντοσκυροδέματα, ασφαλτοσκυροδέματα κλπ.

Πολλές φορές τα χονδροκονιάματα χαρακτηρίζονται από τα αδρανή τους, όπως συμβαίνει στα κισσηροδέματα, όπου χονδρό αδρανές είναι η ελαφρόπετρα (κίσσηρη) ή στα σκυροδέματα και χαλικοδέματα, όπου ως αδρανές χρησιμοποιούνται τα σκύρα και τα χαλίκια αντίστοιχα. Πάντως ο δεύτερος τρόπος διακρίσεώς τους αναφέρεται περισσότερο σε ειδικά σκυροδέματα, όπως θα δούμε πιο κάτω.

Στην πράξη με τον όρο σκυρόδεμα ή μπετόν χαρακτηρίζομε το τσιμεντοσκυρόδεμα, γιατί η χρησιμοποιούμενη κονία είναι το τσιμέντο και τα χονδρά αδρανή είναι τα σκύρα. Τα υπόλοιπα χονδροκονιάματα αναφέρονται με την ειδική ονομασία τους.

4.14 Γενικά χαρακτηριστικά των χονδροκονιάματων.

Ανεξάρτητα από την κονία ή τα αδρανή που χρησιμοποιούνται, τα χονδροκονιάματα έχουν μερικά γενικά χαρακτηριστικά, τα οποία, σε συνδυασμό με τις ειδικές ιδιότητες που έχει κάθε κατηγορία χονδροκονιάματος, τα κατέστησαν υλικά δομής εξαιρετικής σπουδαιότητας και χρησιμότητας.

Μπορούν να αντικαταστήσουν τελείως τους φυσικούς λίθους και το ξύλο, εκτός από τις περιπτώσεις όπου η αισθητική

των ορατών τμημάτων ενός έργου απαιτεί ειδικά υλικά (λαξευτοί λίθοι, μάρμαρα, ξύλινες επενδύσεις ή πατώματα κλπ). Τελευταία όμως έχουν σημειωθεί σημαντικές πρόοδοι και προς αυτήν την κατεύθυνση (τεχνητά μάρμαρα κλπ.).

Αντικαθιστούν στις περισσότερες περιπτώσεις το χάλυβα, όπως στην κατασκευή πλακών καλύψεως μεγάλων αιθουσών, στη γεφυροποιία, σε μεγάλες δεξαμενές κ.ά.

Τα γενικά χαρακτηριστικά, χάρη στα οποία το χονδροκονίαμα χρησιμοποιείται τόσο πολύ, είναι:

- Το εύπλαστο και η ικανότητά του να παίρνει οποιοδήποτε σχήμα με τη βοήθεια ξυλίνων ή μεταλλικών καλουπιών (τύπων).

- Η ευκολία παρασκευής του στον τόπο του έργου (εργοτάξιο) και επομένως η ευελιξία που παρέχει κατά τη χρησιμοποίησή του. Η παρασκευή και μορφοποίησή του στο εργοστάσιο δίνει καλύτερης ποιότητας υλικό, αλλά περιορίζει την ποικιλία στις εφαρμογές του.

- Η ικανότητά του να συνεργάζεται με άλλα υλικά (π.χ. με το χάλυβα και το γυαλί), με τη βοήθεια των οποίων αποκτώνται εξαιρετικής σπουδαιότητας σύνθετα υλικά.

- Το χαμηλό σχετικά κόστος του, το οποίο δίνει φθηνές κατασκευές.

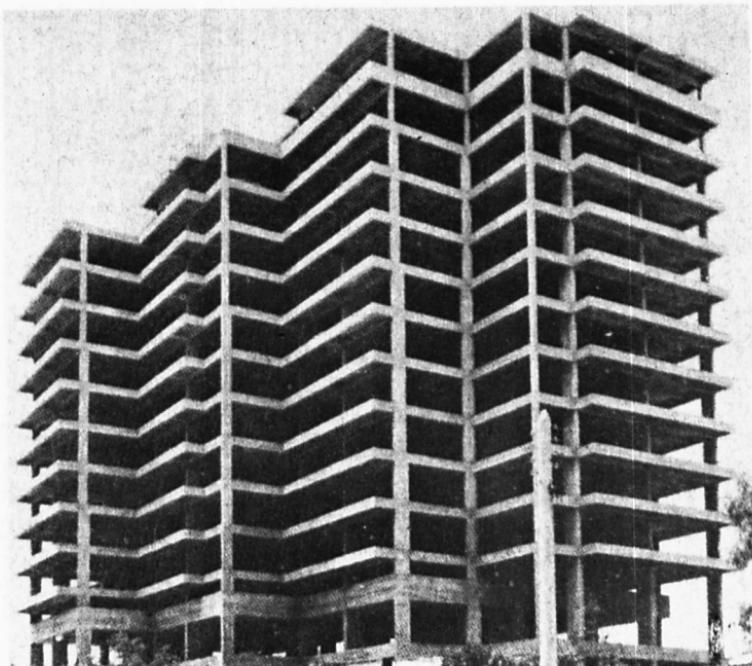
Πιο κάτω θα εξετάσουμε μερικές κατηγορίες σκυροδεμάτων, από τις οποίες οι σπουδαιότερες είναι τα τσιμεντοσκυροδέματα, τα ειδικά τσιμεντοσκυροδέματα και τα ασφαλτοσκυροδέματα.

4.15 Τσιμεντοσκυρόδεμα (κοινώς μπετόν).

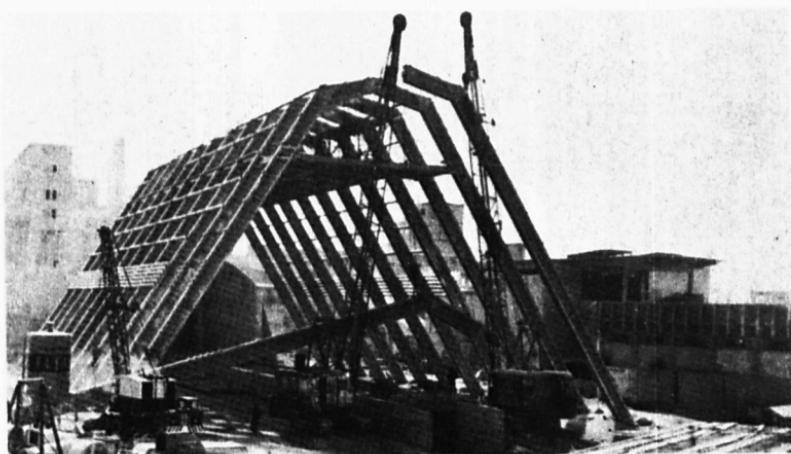
1ον. Ορισμοί και σύσταση.

Είναι το σπουδαιότερο χονδροκονίαμα και χρησιμοποιείται πολύ σε όλες γενικά τις κατασκευές.

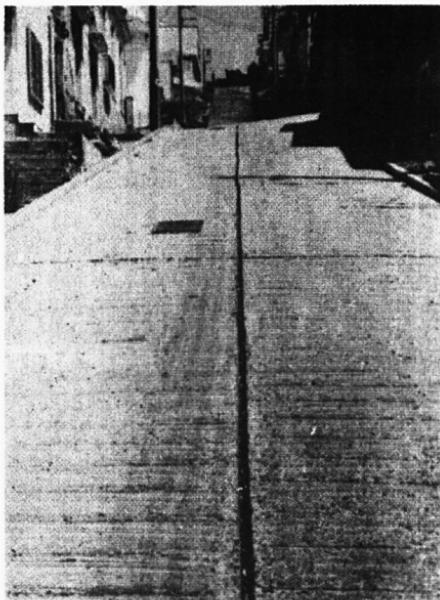
Απλοί διαχωριστικοί τοίχοι, πλάκες μικρών και μεγάλων ανοιγμάτων, γέφυρες, φράγματα, λιμάνια, οδοστρώματα οδών, δεξαμενές, ακόμη και πλοία, τεχνητοί λίθοι, κεραμίδια, σωλήνες και πλήθος άλλων στοιχείων μπορούν να κατασκευασθούν από απλό σκυρόδεμα ή σκυρόδεμα ενισχυμένο με άλλα υλικά, όπως π.χ. το χάλυβα (σχ. 4.15α, 4.15β, 4.15γ, 4.15δ).



Σχ. 4.15α.
Σκελετός κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα στην Αθήνα.

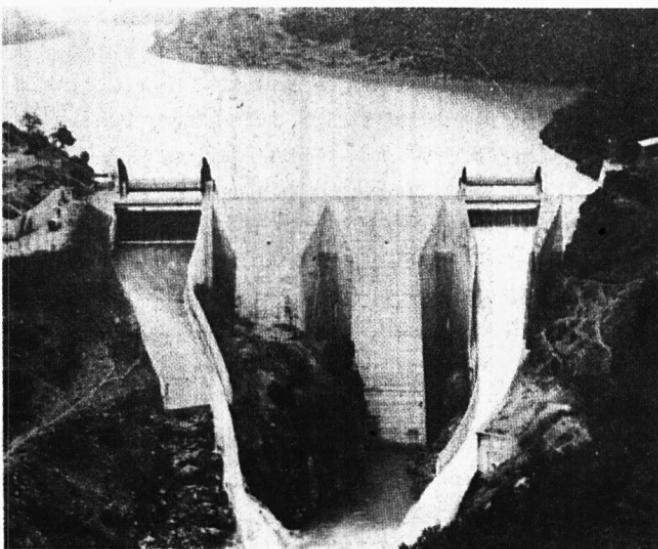


Σχ. 4.15β.
Προκατασκευασμένα πλαίσια από σκυρόδεμα, τοποθετούμενα στη θέση τους με τη βοήθεια γερανών.



Σχ. 4.15γ.

Οδόστρωμα από σκυρόδεμα σε οδό με μεγάλη κλίση. Διακρίνονται ο αξονικός και οι εγκάρσιοι αρμοί διαστολής και οι χαραγές στην επιφάνειά του, για να ελαττωθεί η ολισθηρότητά του.



Σχ. 4.15δ.

Φράγμα από σκυρόδεμα στον Λάδωνα.

Το τσιμεντοσκυρόδεμα είναι σχετικά νέο υλικό, γιατί αναπτύχθηκε από τότε που χρησιμοποιήθηκαν οι υδραυλικές κονίες και ειδικά το τσιμέντο.

Οι πρώτες εφαρμογές του σε μεγάλη κλίμακα έγιναν στις αρχές του αιώνα μας. Οι αρχαίοι και ιδίως οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν σκυροδέματα κατασκευασμένα με αμμοχάλικο ποταμών και θάλασσας και με υδραυλικό ασβέστη ή φυσικές ηφαιστειακές γιαίες (ποζουλάνες) ως συνδετική ύλη. Πολλές κατασκευές από αυτό το υλικό, όπως υδραγωγεία και γέφυρες, σώζονται σε καλή κατάσταση μέχρι σήμερα.

2ον. Πρώτες ύλες.

Το σκυρόδεμα, όπως ήδη είπαμε, είναι μίγμα τσιμέντου, νερού και αδρανών υλικών, που οι κόκκοι τους καλύπτουν όλες τις διαβαθμίσεις από παιπάλη και λεπτή άμμο μέχρι χαλίκια (κεφ. 2, § 2.13).

Επειδή η σπουδαιότερη ιδιότητα του σκυροδέματος, η αντοχή, εξαρτάται κυρίως από τη συγκολλητική ικανότητα του τσιμέντου και από την αντοχή και την κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών, είναι απαραίτητο να διαλέγομε τα υλικά αυτά με πολύ προσοχή και αυστηρό έλεγχο. Αναλυτικά οι χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες είναι οι εξής:

α) *Τσιμέντο.* Κατά τους ελληνικούς κανονισμούς επιτρέπεται η χρήση μόνο τσιμέντου Portland ή Portland ελληνικού τύπου, καθώς και αργιλικού τσιμέντου, εφόσον είναι κανονικής πήξεως και η αντοχή του είναι μεγαλύτερη από την αντοχή του τσιμέντου υψηλής αντοχής. Για τα τσιμέντα αυτά ισχύουν τα όσα είπαμε στο κεφάλαιο 3 (§ 3.9).

β) *Αδρανή υλικά.* Τα χρησιμοποιούμενα για την παρασκευή του σκυροδέματος αδρανή υλικά κατατάσσονται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, στις κατηγορίες του πίνακα 4.15.1, σύμφωνα με την ισχύουσα Πρότυπη Προδιαγραφή.

Ως προς την κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών, παρατηρούμε ότι:

Οι κόκκοι της άμμου πρέπει να βρίσκονται μέσα στα όρια που προβλέπουν οι κανονισμοί [κεφ. 4, § 4.9 (2ον)] και η κοκκομετρική τους καμπύλη να βρίσκεται μεταξύ της άνω και κάτω καμπύλης του σχήματος 4.9a.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.15.1

Ονοματολογία και διαστάσεις αδρανών σκυροδεμάτων

α/α	Προέλευση		Ακραία μεγέθη κόκκου		Συμβολισμός	
	Φυσική	Τεχνητή	Πρότυπο κόσκινο από το οποίο			
			συγκρατείται	διέρχεται		
1	Παιπάλη (φίλερ)	Παιπάλη (φίλερ)	0	0,074	Π	
2	Άμμος α. Λεπτόκοκκη β. Μεσόκοκκη γ. Χονδρόκοκκη	Άμμος α. Λεπτόκοκκη 0/1 β. Μεσόκοκκη 0/3 γ. Χονδρόκοκκη 0/7	0 0 0	1 3 7	0/1 0/3 0/7	
3	Λεπτοχάλικες (γαρμπίλι) α. Λεπτοί β. Χονδροί	Λιθοσύντριμμα (γαρμπίλι) α. Λεπτό 5/10 β. Χονδρό 5/15	5 5	10 15	5/10 5/15	
4	Χαλικία α. 7/30 β. 7/50 γ. 7/70	Σκύρα α. 7/30 β. 7/50 γ. 7/70	7 7 7	30 50 70	7/30 7/50 7/70	
5	Αμμοχάλικο α. 0/30 β. 0/50 γ. 0/70		0 0 0	30 50 70	0/30 0/50 0/70	

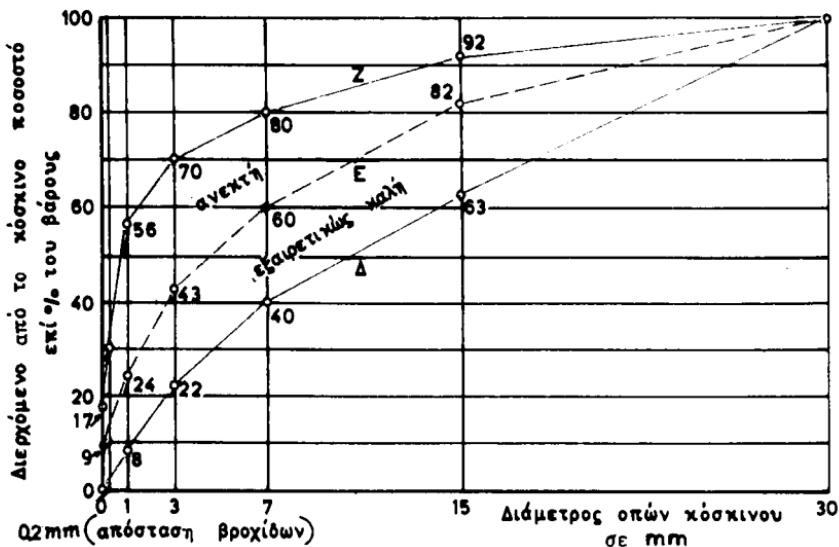
Επίσης το μίγμα άμμου και λεπτοκόκκων σκύρων ή χαλικιών ως σύνολο πρέπει να έχει τέτοια αναλογία κόκκων διαφόρων μεγεθών, ώστε η κοκκομετρική καμπύλη τους να βρίσκεται μεταξύ των ακραίων καμπυλών (Δ και Ε) του σχήματος 4.15ε.

Επομένως πριν από τη χρησιμοποίηση των αδρανών υλικών και για να παρασκευασθεί σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, είναι απαραίτητο αρχικά να γίνει ποιοτικός έλεγχος και ύστερα ανάλυση της κοκκομετρικής συνθέσεως, χωριστά για την άμμο και χωριστά για το μίγμα άμμου και σκύρων.

γ) Το νερό πρέπει να είναι καθαρό, χωρίς οργανικές ουσίες ή άλατα. Ισχύουν όσα γράψαμε στην παράγραφο 4.9 αυτού του κεφαλαίου.

3ον. Αναλογίες μίξεως των πρώτων υλών.

α) Οι αναλογίες μίξεως των αδρανών υλικών με το τσιμέντο



Σχ. 4.15ε.

Οριακές καμπύλες κοκκομετρικής συνθέσεως μίγματος άμμου και σκύρων σύφιμωνα με τον ελληνικό κανονισμό.

και το νερό πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη αντοχή και πυκνότητα που προβλέπονται για κάθε κατηγορία ή ποιότητα σκυροδέματος.

Εξαρτώνται επομένων:

- Από την αντοχή, που θέλομε να έχει το σκυρόδεμα.
- Από την κοκκομετρική σύνθεση της άμμου και των σκύρων.

Αντικειμενικός σκοπός σ' αυτή την περίπτωση είναι το μίγμα της άμμου και των σκύρων να παρουσιάζει τα λιγότερα κενά, ώστε να προκύψει η μέγιστη πυκνότητα και συγχρόνως η μικρότερη δαπάνη.

- Από τον τρόπο κατεργασίας του σκυροδέματος. Άλλες αναλογίες αδρανών και νερού απαιτούνται όταν η εργασία της μίξεως γίνεται με τα χέρια και άλλες όταν γίνεται με μηχανικά μέσα.

- Από τη ρευστότητα, που επιθυμούμε να έχει το σκυρόδεμα.

Διαφορετικές αναλογίες νερού απαιτούνται για τα σκυροδέματα διαφορετικής ρευστότητας.

β) Οι ποσότητες των διαφόρων υλικών για την παρασκευή ενός σκυροδέματος λαμβάνονται συνήθως κατ' άγκο. Είναι πρ-

τιμότερο όμως να λαμβάνονται κατά βάρος, γιατί οι καμπύλες της κοκκομετρικής συνθέσεως των σχημάτων 4.9a και 4.15e χαράσσονται με βάση το ζύγισμα των ποσοτήτων, που παραμένουν ή διέρχονται από κάθε κόσκινο και γιατί υπάρχει μεγάλη αοριστία ως προς τα φαινόμενα ειδικά βάρη των υλικών.

Για το αδύνατο (ισχνό) σκυρόδεμα και για τους τύπους B120 και B160 μπορούν τα διάφορα υλικά να ληφθούν σε μέρη όγκου, αφού όμως καθορισθεί προηγουμένως το φαινόμενο ειδικό βάρος των αδρανών υλικών τουλάχιστον για το B160. Τι ακριβώς είναι οι τύποι σκυροδεμάτων B120 και B160 θα δούμε πιο κάτω, § 4.15 (7ον-γ). Για τα σκυροδέματα αυτά συνήθως τα αδρανή υλικά και το νερό μετρούνται κατ' όγκο, ενώ το τσιμέντο κατά βάρος.

Για τα σκυροδέματα μεγαλύτερης αντοχής πρέπει όλα τα υλικά να μετρούνται με το βάρος τους.

Η μέτρηση του όγκου γίνεται, όπως και στην περίπτωση των κονιαμάτων, με ειδικό ξύλινο μετρητικό κιβώτιο διαστάσεως $0,40 \times 0,40 \times 0,41$ m, του οποίου ο όγκος είναι 66 dm^3 ή $0,066 \text{ m}^3$ [κεφ. 4, § 4.9 (3ον)].

Η μέτρηση του βάρους γίνεται με τις κοινές πλάστιγγες, όπου τα οχήματα που μεταφέρουν υλικά ζυγίζονται κενά (απόβαρα) και φορτωμένα. Η διαφορά των δύο ζυγίσεων είναι το βάρος των υλικών.

Σε σοβαρά έργα, όπου η τροφοδότηση των μηχανών μίξεως είναι συνεχής, η ζύγιση γίνεται με αυτόματες πλάστιγγες.

Από τα πιο πάνω προκύπτει ότι δεν είναι εύκολο να προσδιορισθούν εκ των προτέρων οι αναλογίες μίξεως των διαφόρων υλικών του σκυροδέματος, γιατί για κάθε περίπτωση και ανάλογα με το είδος του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται η ανάλυση της κοκκομετρικής συνθέσεως των αδρανών και ο προσδιορισμός της ποσότητας του τσιμέντου και του νερού.

γ) Για συνηθισμένες όμως κατασκευές, για να αποφύγομε δαπάνες και σπατάλη χρόνου, η ανάλυση καθορίζει τις αναλογίες μίξεως.

Έτσι για τήν παρασκευή ενός m^3 σκυροδέματος δίνονται οι πιο κάτω ποσότητες για διάφορες κατηγορίες:

1. Για αδύνατα (ισχνά) σκυροδέματα:

Άμμος m^3 0,54

Σκύρα	m^3	0,82
Τσιμέντο	kg	200 ή 250
Νερό	m^3	0,25

Εάν τα αδρανή προσκομισθούν αναμιγμένα ως αμμοχάλικο, τότε οι αναλογίες γίνονται:

Αμμοχάλικο	m^3	1,10
Τσιμέντο	kg	200 ή 250
Νερό	m^3	0,25

2. Για σκυρόδεμα B120:

Σκύρα	m^3	0,84
Τσιμέντο	kg	300
Νερό	m^3	0,25

Ο Κανονισμός επιτρέπει την προσκόμιση των αδρανών σε ενιαίο μίγμα, για παρασκευή σκυροδέματος B120, μόνο εάν η κοκκομετρική τους σύνθεση έχει ελεγχθεί στο λατομείο ή το ορυχείο αν πρόκειται για φυσικό αμμοχάλικο. Στην περίπτωση αυτή οι αναλογίες είναι:

Αμμοχάλικο	m^3	1,12
Τσιμέντο	kg	300
Νερό	m^3	0,25

Όμως αν πρόκειται για κατασκευές, που απαιτούν μεγαλύτερης αντοχής σκυροδέματα, ο κανονισμός καθορίζει τα εξής:

3. Για σκυροδέματα B160 και B225 [§ 4.15 (7ον-γ)] τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται σε δύο κατηγορίες χωριστά, δηλαδή κάτω από 7 mm και πάνω από 7 mm. Οι αναλογίες μίξεως τους πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος να βρίσκεται στην περιοχή του σχήματος 4.15ε, η οποία χαρακτηρίζεται ως πολύ καλή.

4. Για σκυρόδεμα B300 [§ 4.15 (7ον-γ)] τα αδρανή υλικά πρέπει να προσκομίζονται σε τρεις χωριστές κατηγορίες, δηλαδή 0 έως 3 mm, 3 έως 7 mm και πάνω από 7 mm. Οι αναλογίες μίξεως των τριών αυτών κατηγοριών πρέπει να καθορίζονται μετά από εργαστηριακό έλεγχο και να είναι τέτοιες, ώστε η καμπύλη της άμμου (μέγεθος κόκκου κάτω από 7 mm), καθώς και η καμπύλη του συνόλου των αδρανών, να βρίσκονται μέσα στις περιοχές των σχημάτων 4.9α και 4.15ε που καθορίζονται ως πολύ καλές.

Η ποσότητα του τσιμέντου για τις κατηγορίες B160, B225 και B300 καθορίζεται γενικά σε 300 kg ανά m^3 έτοιμου σκυροδέ-

ματος. Μπορεί όμως να ελαττωθεί στα 270 kg, εάν κατά τη διάστρωση χρησιμοποιηθούν δονητές, ή μέχρι 240 kg, εάν το κατασκευαζόμενο έργο έχει πολύ μεγάλες διαστάσεις και οι επιβαρύνσεις του είναι πολύ μικρότερες από αυτές που ορίζουν οι κανονισμοί.

Για έργα, τα οποία βρίσκονται κάτω από δυσμενείς επιδράσεις (υγρασία, οξέα, καπνοί κλπ.), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποσότητα μεγαλυτερη από 300 kg.

Ειδικά για σκυρόδεμα, που πρόκειται να διαστρωθεί μέσα σε θαλάσσιο νερό, η αναλογία του τσιμέντου μπορεί να ανέβει στα 450 kg ανά m³ έτοιμου σκυροδέματος.

δ) Η ποσότητα του νερού επεξεργασίας εξαρτάται:

- Από τον τρόπο κατεργασίας και
- από τη ρευστότητα, που θέλομε να έχει το σκυρόδεμα.

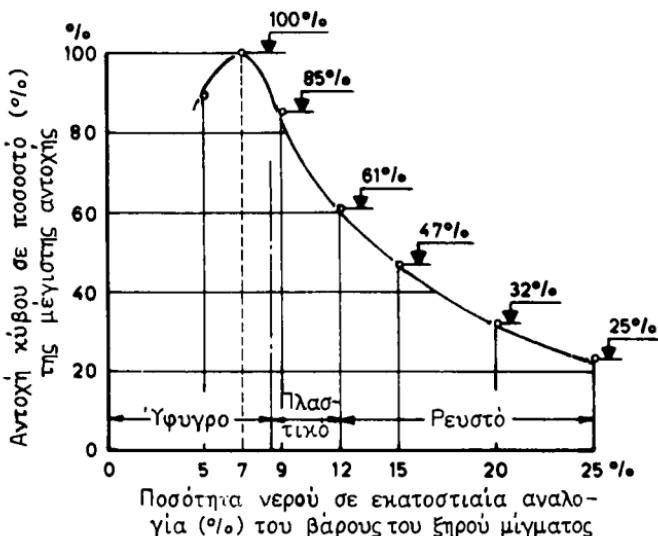
Από την άποψη της ρευστότητας διακρίνομε τρεις κατηγορίες σκυροδέματος:

– **Ύφυγρο ή στεγνό σκυρόδεμα.** Δεν αφήνει στην παλάμη ίχνη κονιάματος, αλλά απλά την υγραίνει. Χρησιμοποιείται όταν οι οπλισμοί είναι αραιοί και χρησιμοποιούνται δονητές.

– **Πλαστικό σκυρόδεμα.** Απαιτεί περισσότερο νερό από το προηγούμενο. Η πλαστικότητά του προσδιορίζεται από το μέτρο εξαπλώσεως, όπως θα δούμε πιο κάτω [§ 4.15 (8ον-β)]. Η κατηγορία αυτή χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τα έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

– **Ρευστό σκυρόδεμα.** Έχει μεγαλύτερο μέτρο εξαπλώσεως από το πλαστικό και χρησιμοποιείται σε ειδικά έργα (σωλήνες μικρού πάχους, γέμισμα αρμών κλπ.).

Πρέπει πάντως να παρατηρηθεί ότι η ποσότητα του νερού επεξεργασίας επηρεάζει ουσιαστικά τις ιδιότητες του σκυροδέματος και κυρίως την αντοχή του (σχ. 4.15στ) και τη στεγανότητά του. Από το διάγραμμα του σχήματος προκύπτει ότι το στεγνό σκυρόδεμα, με ποσοστό νερού 7% επί του βάρους των ξηρών αδρανών, εμφανίζει τη μέγιστη αντοχή, με την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιπες συνθήκες (κοκκομετρική σύνθεση αδρανών, ποσότητα τσιμέντου, μέθοδος αναμίξεως) παραμένουν σταθερές. Γι' αυτό πρέπει να ελέγχεται σχολαστικά η χρήση του νερού, κυρίως σε σκυροδέματα με ανώτερη ποιότητα από την ποιότητα B160 και να χρησιμοποιείται ακριβώς, όσο χρειάζεται για κάθε περίπτωση.



Σχ. 4.15στ.

Επιφροή της ποσότητας του νερού στην αντοχή του σκυροδέματος.

4ον. Ανάμιξη πρώτων υλών.

Η ανάμιξη των υλικών του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται γενικά με μηχανικά μέσα και όχι με τα χέρια. Έτσι επιτυγχάνεται πιο ομοιογενές και καλύτερης ποιότητας υλικό και αυξάνεται σημαντικά η ταχύτητα παρασκευής του και επομένως το έργο εκτελείται πιο γρήγορα και οικονομικότερα.

α) Όταν πρόκειται για αδύνατο (ισχνό) σκυρόδεμα και σκυρόδεμα B120, που προορίζονται για μικρές κατασκευές δευτερεύουσας σημασίας, η ανάμιξη των υλικών μπορεί να γίνει με τα χέρια. Στην περίπτωση αυτή το δάπεδο αναμίξεως πρέπει να είναι από ξύλο ή λαμαρίνα ή από σκυρόδεμα και γενικά να είναι επίπεδο και οριζόντιο. Απαγορεύεται να γίνεται η ανάμιξη σε χωμάτινο δάπεδο. Αρχίζομε την εργασία συσσωρεύοντας την ποσότητα άμμου, χαλικιών (σκύρων) και τσιμέντου που χρειάζεται για κάθε χαρμάνι και τα ανακατεύομε (γύρισμα) τουλάχιστον τρεις φορές εν ξηρώ με τη βοήθεια φτυαριών. Όταν το μίγμα αποκτήσει ομοιογένεια και ομοιοχρωμία, ρίχνεται το απαιτού-

μενο νερό με ποτιστήρι, ενώ συγχρόνως γίνεται νέα ανάμιξη, έως ότου η μάζα γίνει ομοιόμορφη.

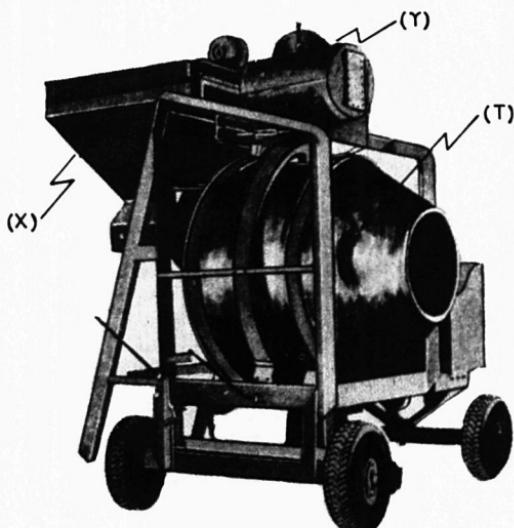
β) Τα μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται καλούνται *αναμικτήρες σκυροδέματος (μπετονιέρες)*.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αναμικτήρων.

– *Αναμικτήρες διακοπτόμενης λειτουργίας* (σχ. 4.15ζ). Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα για την παρασκευή του σκυροδέματος στο εργοτάξιο. Τα βασικά τους εξαρτήματα είναι το τύμπανο μίξεως (Τ), ο κάδος φορτώσεως, που ανυψώνεται συνήθως με βαρούλκο, ή η χοάνη (Χ), που γεμίζει με μεταφορική ταινία, η συσκευή παροχής και μετρήσεως του νερού (Υ) και ο κινητήρας, που κινεί το τύμπανο.

Το τύμπανο μίξεως είναι το κύριο εξάρτημα. Έχει μορφή κυλινδρική ή κολουροκωνική και περιστρέφεται με τη βοήθεια βενζινοκινητήρα ή πετρελαιοκινητήρα γύρω από οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα ανάλογα με τον τύπο του αναμικτήρα.

Η δυναμικότητα του αναμικτήρα προσδιορίζεται από το βάρος του τσιμέντου, που περιέχεται σε ποσότητα σκυροδέματος κανονικής συνθέσεως, με την οποία μπορεί να γεμίσει και να επεξεργασθεί το τύμπανό του. Επίσης η δυναμικότητα του ανα-



Σχ. 4.15ζ.

Αναμικτήρας (μπετονιέρα) σκυροδέματος με χοάνη φορτίσεως του τυμπάνου.

μικτήρα προσδιορίζεται πολλές φορές και από τον όγκο του σκυροδέματος, που επεξεργάζεται το τύμπανό του κάθε φορά.

Έτσι υπάρχουν αναμικτήρες του 1/2 σάκου (25 kg) τσιμέντου, του ενός σάκου (50 kg) κλπ. ή των 100, των 200, των 300 λίτρων κλπ.

Π.χ. ένας αναμικτήρας του ενός σάκου μπορεί να αναμίξει κάθε φορά χαλίκια (σκύρα) όγκου 2 μετρητικών κιβωτίων [κεφ. 4, § 4.9 (3ον)], άμμο όγκου 1 μετρητικού κιβωτίου, 1 σάκο τσιμέντου και την ανάλογη ποσότητα νερού, ώστε να προκύψει ένα κανονικό σκυρόδεμα 300 kg τσιμέντου ανά m^3 σκυροδέματος, ή αναλογία 1 : 2 : 4 κατ' όγκο. Πραγματικά το μετρητικό κιβώτιο έχει, όπως είναι γνωστό, όγκο ίσο με $66 dm^3$ (ή 66 λίτρα), ο όγκος του τσιμέντου είναι $\frac{50}{1,5} = 33$ λίτρα (Το 1,5 είναι το φαινόμενο βάρος του τσιμέντου, όταν είναι συσκευασμένο σε σάκους), επομένως οι ποσότητες των υλικών, που θα μπουν στο τύμπανο, θα είναι:

$$1 \text{ σάκος τσιμέντου με όγκο: } 1 \times 33 = 33 \text{ λίτρα}$$

$$1 \text{ κιβώτιο άμμου με όγκο: } 1 \times 66 = 66 \text{ "}$$

$$2 \text{ κιβώτια σκύρων με όγκο: } 2 \times 66 = 132 \text{ "}$$

δηλαδή ισχύει μεταξύ τους η σχέση 1: 2: 4.

Η απόδοση αναμικτήρα δυναμικότητας 1 σάκου, εάν οι εργάτες και οι τεχνίτες είναι πεπειραμένοι, μπορεί να φθάσει τα $8m^3$ νωπού σκυροδέματος ανά ώρα. Συνηθισμένη απόδοση είναι $6 m^3$ ανά ώρα.

Η εργασία της παρασκευής μιας δόσεως (χαρμάνι) από τον αναμικτήρα γίνεται σε τρεις φάσεις:

- Την τροφοδότηση του τυμπάνου
- Την ανάμιξη των υλικών.
- Την εκκένωση του τυμπάνου.

Η τροφοδότηση γίνεται με τον κάδο ή τη χοάνη φορτίσεως, η οποία γεμίζει με τα υλικά [άμμο, τσιμέντο και χαλίκια (σκύρα)], με τη σειρά που αναφέρονται.

Η μεταφορά των υλικών από τους σωρούς γίνεται με καροτσάμαξα ορισμένης χωρητικότητας, με το μετρητικό κιβώτιο, ή τέλος, αν πρόκειται για μεγάλη δυναμικότητα αναμικτήρα, με ντεκωβίλ ή μεταφορική ταινία, όπου οι αναλογίες υπολογίζονται

κατά βάρος. Γ' αυτό τοποθετείται σε κατάλληλη θέση ειδική ζυγαριά για το ζύγισμα των υλικών.

Η ανάμιξη των υλικών μέσα στο τύμπανο γίνεται αρχικά εν ξηρώ. Μετά διοχετεύεται μέσω του υδρομετρικού δοχείου η απαίτούμενη ποσότητα νερού και συνεχίζεται η ανάμιξη, μέχρις ότου το μίγμα γίνει ομοιογενές και αποκτήσει τη ρευστότητα που προβλέπεται. Ο χρόνος που διαρκεί η ανάμιξη έχει ουσιαστική σημασία για τη γενική ποιότητα του σκυροδέματος. Ο χειριστής του αναμικτήρα πρέπει να είναι πεπειραμένος τεχνίτης, ώστε λαμβάνοντας υπόψη του όλους του παράγοντες, που επηρεάζουν την ανάμιξη (αναλογίες και ποιότητα υλικών, ποσότητα νερού, δύναμη μηχανής κλπ.) να είναι ικανός να προσδιορίζει κάθε φορά τον κατάλληλο χρόνο αναμίξεως. Πάντως ο χρόνος αυτός δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 1 min, ούτε μεγαλύτερος από 2 min.

Η εκκένωση του τυμπάνου γίνεται ανάλογα με τον τύπο του χρησιμοποιούμενου αναμικτήρα ή με περιστροφή του τυμπάνου γύρω από οριζόντιο άξονα, ή μέσω ειδικού κινητού χωνιού, που εισχωρεί μέσα στο τύμπανο.

Μία μόνιμη εγκατάσταση παρασκευής σκυροδέματος φαίνεται στο σχήμα 4.15η.

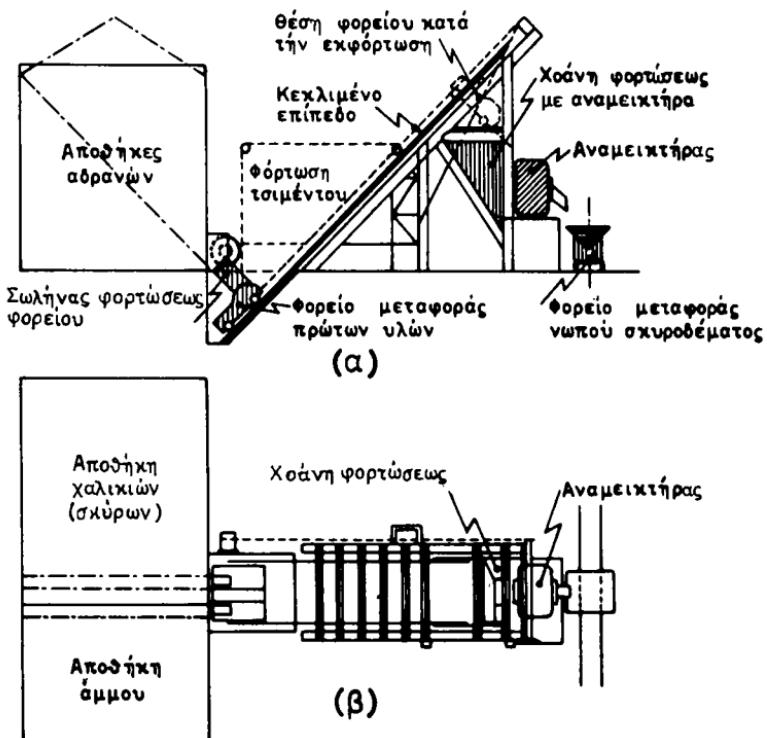
– *Αναμικτήρες συνεχούς λειτουργίας.* Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως στα εργοστάσια παραγωγής νωπού σκυροδέματος ή προκατασκευασμένων στοιχείων από σκυρόδεμα.

Εργοστάσια παραγωγής νωπού σκυροδέματος λειτουργούν τώρα και στην Ελλάδα.

Ο αναμικτήρας συνεχούς λειτουργίας αποτελείται από κεκλιμένο κύλινδρο, στο εσωτερικό του οποίου περιστρέφεται ένας άξονας με πτερύγια. Από το υψηλότερο σημείο του κυλίνδρου ρίχνονται τα υλικά με τις καθορισμένες αναλογίες κατά βάρος και από το χαμηλότερο εξέρχεται το νωπό σκυρόδεμα. Αυτό φορτώνεται σε ειδικά αυτοκίνητα για να μεταφερθεί στον τόπο της διαστρώσεως ή οδηγείται με ντεκωβίλ ή μεταφορική καδοφόρο ταινία στα καλούπια.

5ον. Μεταφορά νωπού σκυροδέματος.

Η μεταφορά του νωπού σκυροδέματος, στις θέσεις όπου θα



Σχ. 4.15η.

Μόνιμη εγκατάσταση παρασκευής νωπού σκυροδέματος.

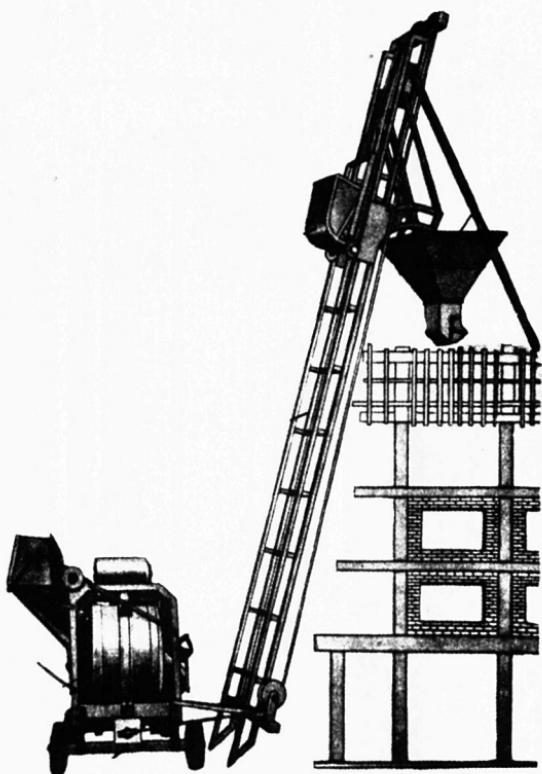
α) Πλάγια όψη. β) Κάτοψη.

διαστρωθεί, γίνεται με διάφορα μέσα ανάλογα με τον όγκο και τη σοβαρότητα του έργου.

Στα συνηθισμένα οικοδομικά έργα η κατακόρυφη μεταφορά, από τον αναμικτήρα μέχρι τη στάθμη όπου θα γίνει η διάστρωση, εκτελείται συνήθως με καδοφόρο ανελκυστήρα (κοινώς αναβατόριο), ο οποίος γεμίζει ένα μικρό σιδερένιο σιλό (σχ. 4.15θ). Από το σιλό αυτό η μεταφορά μέχρι το σημείο διαστρώσεως γίνεται από εργάτες με κοινά δοχεία πετρελαίου ή με καροτσάκια.

Σε σοβαρότερα και μεγάλου ύψους κτήρια η μεταφορά του σκυροδέματος από τον αναμικτήρα γίνεται με κάδους κυλινδρικούς ή ορθογωνικούς, που ανυψώνονται με γερανό (σχ. 4.15ι).

Σε έργα μεγάλου όγκου (φράγματα, γέφυρες) η μεταφορά του σκυροδέματος γίνεται με ντεκωβίλ και αυτοκίνητα ή ακόμη και με άντληση από το σημείο παρασκευής του.

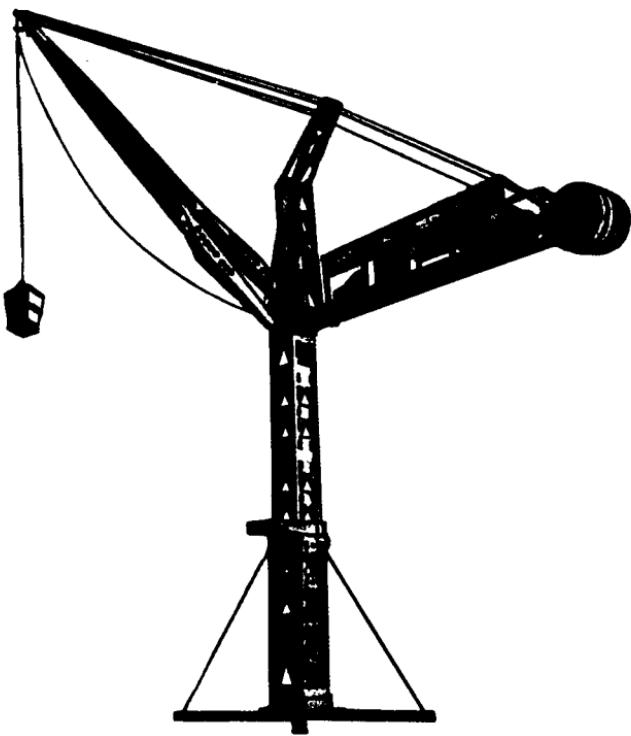


Σχ. 4.15θ.

Σχηματική παράσταση εγκαταστάσεως για την παρασκευή και μεταφορά νωπού σκυροδέματος. Κύρια σημεία: 1) Αναμικτήρας με κάδο φορτώσεως. 2) Σιδηροτροχίες κινήσεως φορείου. 3) Φορείο σε θέση λίγο πριν το ξεφόρτωμα του νωπού σκυροδέματος. 4) Χοάνη (σιλό) παραμονής του νωπού σκυροδέματος πριν τη μεταφορά του στα καλούπια.

Όταν το σκυρόδεμα παρασκευάζεται σε εργοστάσια, η μεταφορά του στο έργο γίνεται με ειδικά αυτοκίνητα (σχ. 4.15ια), τα οποία έχουν μεγάλο αποθηκευτικό τύμπανο, το οποίο περιστρέφεται σε όλη τη διαδρομή του αυτοκινήτου.

Τέλος, για να μεταφερθεί σκυρόδεμα σε θέσεις χαμηλότερες από τη θέση αναμίξεως (διάστρωση σκυροδέματος κάτω από το νερό σε λιμενικά έργα, σε φρέατα, στον πυθμένα θεμελίων κλπ.) χρησιμοποιούνται σωληνωτοί αγωγοί (σχ. 4.15ιβ). Ειδικά για κατασκευές κάτω από το νερό, οι αγωγοί αυτοί τοποθετούνται κατακόρυφα στη θέση διαστρώσεως, γεμίζουν εν μέρει με



Σχ. 4.15ι.

Γερανός μεταφοράς νωπού σκυροδέματος σε μεγάλα ύψη.

νωπό σκυρόδεμα και στη συνέχεια αφού ανυψωθούν λίγο αφήνουν ένα μέρος της ποσότητας να πέσει. Αυτό γίνεται επειδή απαγορεύεται το σκυρόδεμα να πέφτει ελεύθερα από οποιοδήποτε ύψος, γιατί διαχωρίζονται τα υλικά του. Τα βαρύτερα τεμάχια, όπως είναι τα χαλίκια (σκύρα), πέφτουν πιο γρήγορα από τα ελαφρότερα (άμμος και πολτός κονίας).

6ον. Κατεργασία του νωπού σκυροδέματος.

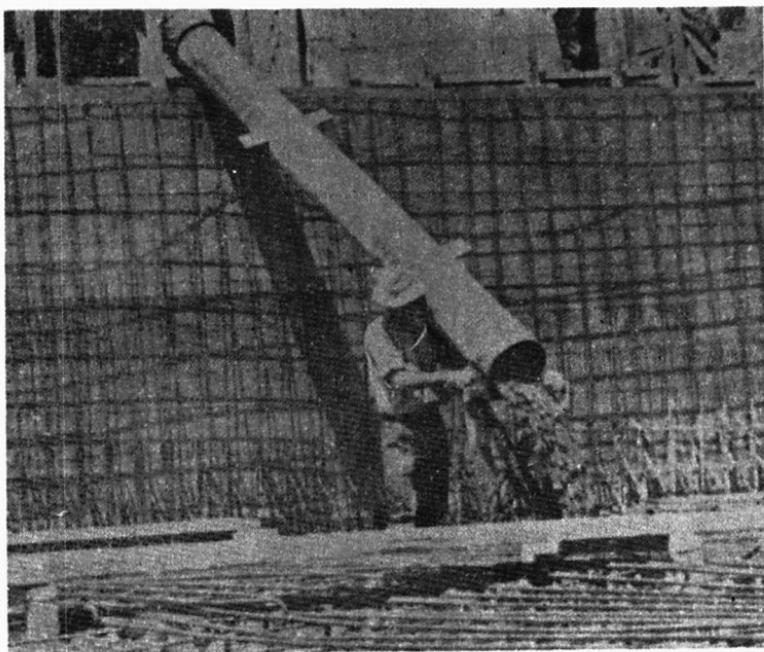
Η κατεργασία του νωπού σκυροδέματος στις θέσεις διαστρώσεως αποτελεί το τελευταίο μέρος της εργασίας κατασκευής των στοιχείων από σκυρόδεμα και σκοπεύει στη συμπύκνωσή του. Περιλαμβάνει τις πιο κάτω εργασίες:

- Τη διάστρωση.
- Το κοπάνισμα (την τύπανση) και
- την προφύλαξή του κατά την περίοδο της πήξεως.



Σχ. 4.15ια.

Ειδικό αυτοκίνητο μεταφοράς νωπού σκυροδέματος από το εργοστάσιο στον τόπο χρησιμοποιήσεώς του.



Σχ. 4.15ιβ.

Σωληνωτός αγωγός μεταφοράς σκυροδέματος σε θέση χαμηλότερη από τη θέση παρασκευής του.

α) Η διάστρωση του σκυροδέματος (σχ. 4.15ιγ), δηλαδή η τοποθέτησή του μέσα στους ξυλότυπους, όπου θα γίνει η πήξη του, πρέπει να γίνει αμέσως μετά το τέλος της αναμίξεως και μάλιστα πριν περάσει μισή ώρα, εάν η ατμόσφαιρα είναι θερμή και ξηρή. Σε περίπτωση υγρής και ψυχρής ατμόσφαιρας η διάστρωση μπορεί να γίνει πριν περάσει μια ώρα. Αυτό πρέπει να γίνεται γιατί [κεφ. 3, § 3.9 (8ον-δ)] η πήξη των κοινών τσιμέντων Portland αρχίζει μέσα σε μια ώρα περίπου από την ανάμιξή τους με το νερό.

Πριν τη διάστρωση πρέπει τα καλούπια (οι τύποι) να καθαρίζονται καλά και εάν πρόκειται για ξύλινα καλούπια να διαβρέχονται με άφθονο νερό ή αν πρόκειται για σιδερένια καλούπια, να αλείφονται με μία λιπαρή ουσία. Εάν η κατασκευή ορισμένων στοιχείων γίνεται επάνω στο δάπεδο με χρησιμοποίηση πλευρικών μόνο καλουπιών, τότε πρέπει να επιστρώνεται το δάπεδο με χονδρό χαρτί ή πισσόχαρτο.

Η διάστρωση πρέπει να γίνεται κατά στρώσεις πάχους μικρότερου από 15 cm αν είναι στεγνό (ύφυγρο) ή πλαστικό σκυρόδεμα. Το πάχος αυτό πρέπει να είναι μικρότερο, όταν το κοπάνισμα γίνεται με τα χέρια και όχι με δονητές.

Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, που επικρατούν κατά το χρόνο της διαστρώσεως, επηρεάζουν ουσιαστικά την ποιότητα και γενικά τις ιδιότητες του σκυροδέματος.



Σχ. 4.15ιγ.

Διάστρωση σκυροδέματος μέσα στα καλούπια μιας πλάκας.

Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 5° C, τότε δεν πρέπει να γίνονται διαστρώσεις. Εάν όμως είναι ανάγκη να γίνει η εργασία σε θερμοκρασία κάτω από 5° C, τότε πρέπει να πάρουμε μέτρα διατηρήσεως της θερμοκρασίας του σκυροδέματος πάνω από το βαθμό αυτό. Τα μέτρα αυτά είναι:

- Θέρμανση των αδρανών υλικών και του νερού, όταν η εξωτερική θερμοκρασία κατέβει μέχρι -3° C.

- Περίφραξη του χώρου εργασίας και θέρμανσή του, καθώς και θέρμανση των αδρανών υλικών και του νερού σε περίπτωση παρατεταμένου παγετού κάτω από -3° C.

- Κάλυψη της επιφάνειας του σκυροδέματος μετά τη διάστρωση με κενούς σάκους ή ροκανίδια.

Τμήματα έργων από σκυρόδεμα, που έχουν υποστεί την επιρροή παρατεταμένου παγετού κατά το χρόνο της διαστρώσεως πρέπει να ξανακατασκευάζονται επειδή έχουν χάσει μεγάλο μέρος της αντοχής και της συνοχής τους, λόγω της διαστολής του νερού, που έγινε πάγος.

Επίσης κατά τη διάρκεια ισχυρού καύσωνα πρέπει να αποφεύγονται οι εργασίες διαστρώσεως, γιατί η γρήγορη και ισχυρή εξάτμιση του νερού εμποδίζει την κανονική πήξη του τσιμέντου.

β) Το κοπάνισμα (η τύπανση) του σκυροδέματος έχει ως σκοπό να το συμπυκνώσει και να εξαλείψει τα κενά ή τις φυσαλίδες, που δημιουργούνται στη μάζα του κατά τη διάστρωση. Αποτελεί τη σπουδαιότερη φάση της κατεργασίας και πρέπει να γίνεται με μεγάλη επιμέλεια και από πεπειραμένους τεχνίτες.

Σε μικρά έργα και για σκυρόδεμα πλαστικό, η συμπύκνωση και το κοπάνισμα μπορούν να γίνουν με εργαλεία χεριού, δηλαδή με ανακάτεμα με τη βοήθεια σιδερένιας ράβδου και συγχρόνως με κοπάνισμα με τη βοήθεια ελαφρών και πλατιών κοπάνων.

Σε σοβαρότερα έργα, όπου επιδιώκομε να παρασκευάσσουμε σκυρόδεμα ανώτερης ποιότητας και μεγαλύτερης αντοχής, χρησιμοποιούνται μηχανικοί δονητές και κόπανοι.

Οι μηχανικοί κόπανοι ενεργούν όπως οι χειροκίνητοι και προκαλούν τη συμπίεση του σκυροδέματος με ελαφρά κτυπήματα.

Οι δονητές λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα ή μικρούς κινητήρες που βρίσκονται μέσα σ' αυτούς. Τα εργαλεία αυτά προ-

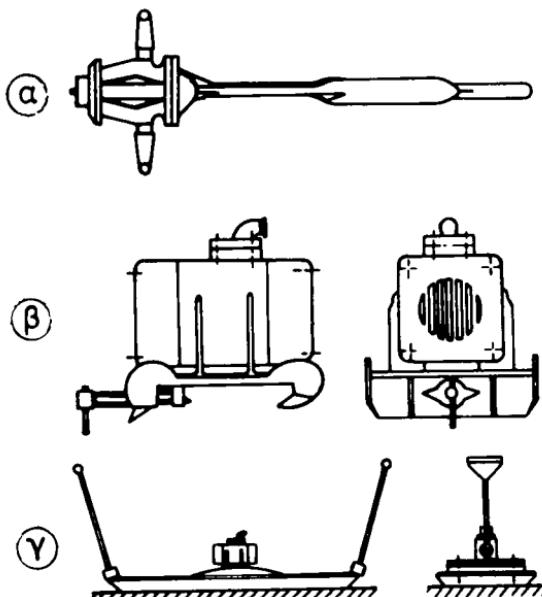
καλούν κραδασμούς (2000 έως 9000 κραδασμούς ανά min, ανάλογα με το τύπο του δονητή) στη μάζα του σκυροδέματος και έτσι το κατακαθίζουν και το συμπυκνώνουν. Οι κραδασμοί φθάνουν μέχρι την απόσταση των 30 cm περίπου από το σημείο που κτυπάει ο δονητής.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι δονητών που χρησιμοποιούνται ανάλογα με το πάχος του στοιχείου που κατασκευάζεται. Διακρίνονται σε:

- Δονητές μάζας.
- Επιφανειακούς δονητές ή δονητικά τραπέζια και
- Εξωτερικούς δονητές.

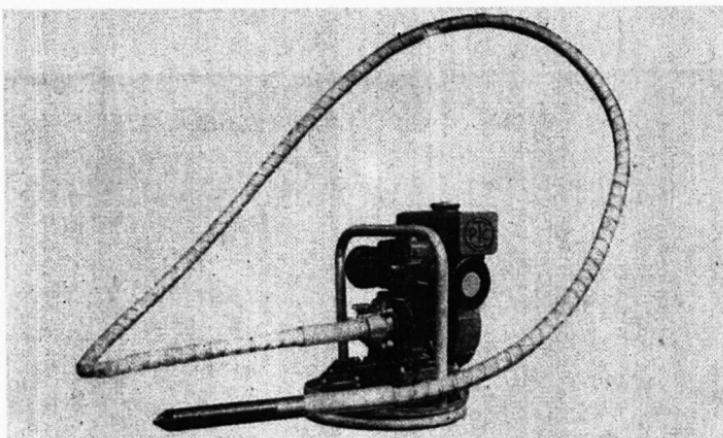
Οι δονητές μάζας έχουν μορφή φιάλης [σχ. 4.15ιδ(α) και σχ. 4.15ιε] και γι' αυτό καλούνται και φιαλοδονητές. Χρησιμοποιούνται για τη συμπύκνωση του σκυροδέματος δοκών, υποστυλωμάτων, τοιχωμάτων (σχ. 4.15ιστ). Ενεργούν μέσα στη μάζα του.

Οι επιφανειακοί δονητές χρησιμοποιούνται για λεπτές



Σχ. 4.15ιδ.

Διάφοροι τύποι δονητών συμπυκνώσεως νωπού σκυροδέματος.
α) Φιαλοδονητής. β) Εξωτερικής χρήσεως δονητής. γ) Επιφανειακός δονητής.



Σχ. 4.15ιε.

Φιαλοδονητής (δονητής μάζας) με τον κινητήρα του. Διακρίνονται το στέλεχος, που εισχώρει μέσα στη μάζα του σκυροδέματος και ο εύκαμπτος σωλήνας, που μεταδίδει τους κραδασμούς από τον κινητήρα.



Σχ. 4.15ιστ.

Δονητής μάζας (φιαλοδονητής) σε χρήση κατά τη διάρκεια διαστρώσεως νωπού σκυροδέματος.

πλάκες. Ενεργούν στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Το σχήμα τους είναι πλακοειδές [σχ. 4.15ιδ(γ)].

Τέλος οι εξωτερικοί δονητές [σχ. 4.15ιδ(β)] χρησιμοποιούνται στην περίπτωση ρευστού σκυροδέματος και έρχονται σε επαφή με την εξωτερική επιφάνεια του ξυλότυπου, ειδικά όταν πρόκειται για στύλους ή τοίχους από χυτό σκυρόδεμα. Οι κραδασμοί μεταδίδονται μέσω του ξυλότυπου στο σκυρόδεμα και προκαλούν τη συμπύκνωσή του.

Η συμπύκνωση θεωρείται ότι έχει συντελεσθεί, όταν στην επάνω ελεύθερη επιφάνεια του σκυροδέματος εμφανισθεί αρκετή ποσότητα πολτού, αν πρόκειται για πλαστικό σκυρόδεμα, ή αρκετή ποσότητα νερού, αν πρόκειται για στεγνό σκυρόδεμα.

Η χρήση των δονητών συνετέλεσε πολύ στην παρασκευή σκυροδεμάτων υψηλής αντοχής, όπως είναι το B225 και B300 και γενικά βοήθησε στο να κατασκευασθούν τα τελευταία χρόνια σοβαρά έργα από σκυρόδεμα.

γ) Μετά τη διάστρωση και το κοπάνισμα, εργασίες, που πρέπει να έχουν τελειώσει μέσα σε μία ώρα από τη παρασκευή του, το σκυρόδεμα πρέπει να παραμείνει σε απόλυτη ηρεμία, μέχρι να πήξει. Ο χρόνος τελικής πήξεως εξαρτάται, όπως είναι γνωστό, από το είδος του τσιμέντου, από τον τρόπο επεξεργασίας του σκυροδέματος, από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες κ.ά. [§ 3.9 (8ον-δ)].

Όσο χρόνο διαρκεί η πήξη, το σκυρόδεμα πρέπει να προφυλάσσεται από το ψύχος και τον παγετό, καθώς επίσης και από τον καύσωνα. Άλλα και σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες πρέπει να διατηρείται υγρό το περιβάλλον του διαβρέχοντας τακτικά την επιφάνειά του ή καλύπτοντάς την με υγρά υφάσματα.

Οι προφυλάξεις αυτές πρέπει να παίρνονται για αρκετό χρόνο μετά το τέλος της πήξεως, ώστε να ολοκληρωθεί η πήξη και να συντελεσθεί η σκλήρυνση όσο το δυνατόν ομαλότερα. Η ύγρανση του σκυροδέματος είναι επίσης απαραίτητη, για να αποφεύγονται ρωγμές που προκαλούνται από τη συστολή, που υφίσταται λόγω της πήξεως.

7ον. Ιδιότητες του σκυροδέματος.

Εξετάζονται οι κυριότερες ιδιότητες του σκυροδέματος:

α) Το βάρος. Το φαινόμενο βάρος του σκυροδέματος εξαρτάται από το είδος των χρησιμοποιούμενων αδρανών υλικών και από την κατεργασία, που υφίσταται αυτό κατά τη διάστρωση.

Τα γρανιτικά χαλίκια (σκύρα) και η χαλαζιακή άμμος δίνουν βαρύτερο σκυρόδεμα από τα αντίστοιχα ασβεστολιθικά.

Η χρησιμοποίηση μηχανικών δονητών κατά την κατεργασία επιφέρει μεγαλύτερη συμπύκνωση (ελάττωση των κενών) και συνεπώς αυξάνει το φαινόμενο βάρος.

Το φαινόμενο βάρος προσδιορίζεται ακριβώς με το άθροισμα των βαρών των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για να παραχθεί η μονάδα όγκου του σκυροδέματος (1 m^3).

Στο παράδειγμα της παραγράφου 4.15(3ον), για το σκυρόδεμα B120, όπου πήραμε 300 kg τσιμέντου, $0,42 \text{ m}^3$ άμμου, $0,84 \text{ m}^3$ χαλικιών (σκύρων) και $0,25 \text{ m}^3$ νερού για να παρασκευάσουμε 1 m^3 σκυροδέματος, το βάρος θα είναι:

$$0,300 + 0,42 \times 1,5 + 0,84 \times 1,6 + 0,25 = 2,52 \text{ t}$$

όπου 1,5 και 1,6 είναι τα φαινόμενα βάρη της άμμου και των σκύρων αντίστοιχα. Επειδή όμως ένα μέρος του νερού θα εξατμισθεί και θα μείνουν κενά στη μάζα, το πραγματικό βάρος είναι λίγο μικρότερο.

Για τα συνηθισμένα σκυροδέματα με ασβεστολιθικά χαλίκια (σκύρα) και άμμο, το βάρος του ενός m^3 λαμβάνεται ίσο με 2200 kg.

Είναι δυνατόν να κατασκευασθούν ελαφρότερα σκυροδέματα με βάρος 500 έως 1800 kg ανά m^3 , εάν χρησιμοποιήθουν σκύρα ελαφρόπετρας ή περλίτη ή εάν δημιουργηθούν κενά στη μάζα τους με τη βοήθεια διαφόρων μεθόδων, όπως θα δούμε πιο κάτω.

Επίσης κατασκευάζονται βαρύτερα σκυροδέματα με βάρος έως 3500 kg/ m^3 εάν χρησιμοποιήσουμε σκύρα από βαριά πετρώματα (γρανίτης, βαρυτίτης) και άχρηστα τεμάχια σιδήρου.

β) Το πορώδες και η στεγανότητα. Το σκυρόδεμα είναι κατ' εξοχήν υλικό πορώδες, δηλαδή περιέχει κενά και τριχοειδείς σωληνίσκους στη μάζα του. Οι λόγοι που δημιουργούνται αυτά είναι οι εξής:

– Τα υλικά που το αποτελούν, δηλαδή η άμμος και τα σκύρα είναι υλικά πορώδη.

– Τα κενά, που σχηματίζονται μεταξύ των κόκκων της άμμου, δεν είναι δυνατόν να γεμίσουν τελείως με τον πολτό του τσιμέντου, καθώς επίσης και τα μεταξύ των σκύρων κενά δεν είναι δυνατόν να γεμίσουν με το τσιμεντοκονίαμα.

– Ένα μέρος του νερού επεξεργασίας, αυτό που δεν χρειάζεται πια για την πήξη του τσιμέντου, εξατμίζεται και στη θέση του παραμένουν κενά, και τέλος,

– όσο καλά και εάν γίνει η διάστρωση και το κοπάνισμα, πάντοτε θα παρουσιάζονται σημεία, με μικρότερη συμπύκνωση.

Όταν η ιδιότητα αυτή του πορώδους εκδηλώνεται σε μεγάλο βαθμό, τότε το σκυρόδεμα θεωρείται γενικά κακής ποιότητας. Εξαιρείται η περίπτωση κατά την οποία, επιδιώκεται η παρασκευή πορώδους σκυροδέματος (ελαφρά σκυροδέματα κλπ) για ειδικές απαιτήσεις.

Το μεγάλο πορώδες υποβιβάζει την ποιότητα του σκυροδέματος, γιατί:

– Ελαττώνει τη μηχανική αντοχή του, λόγω της αραιότητας της μάζας του.

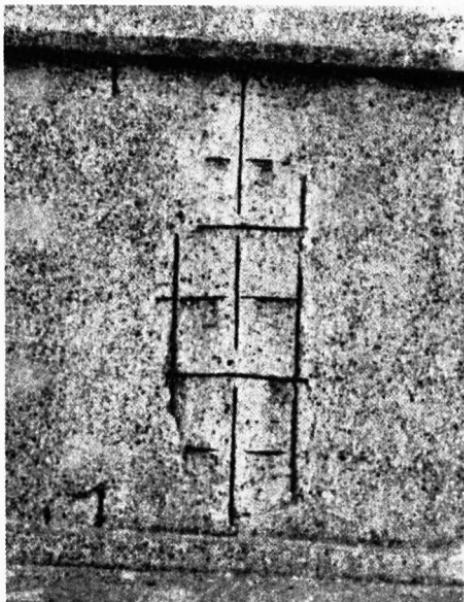
– Αυξάνει την αεροπερατότητά του. Ο αέρας, ο οποίος στις βιομηχανικές κυρίως περιοχές, είναι αναμιγμένος με διάφορα αέρια που βλάπτουν το σίδηρο και το σκυρόδεμα, εισέρχεται εύκολα μέσα στη μάζα και προκαλεί οξειδωση του σιδερένιου οπλισμού και αποσάθρωση του υλικού (σχ. 4.15ιζ).

– Αυξάνει την υδροπερατότητά του. Όπως ο αέρας, έτσι και το νερό εισέρχεται εύκολα στη μάζα και οξειδώνει το σιδερένιο οπλισμό (σχ. 4.15ιη) ή εάν περιέχει διαλυμένες και βλαβερές ουσίες, προκαλεί καταστροφές του σκυροδέματος και του σιδερένιου οπλισμού (σχ. 4.15ιθ). Εκτός όμως του κινδύνου καταστροφής, ελαττώνεται και η στεγανότητα, η οποία σε μερικά έργα είναι απαραίτητη, όπως σε δεξαμενές υγρών, σε πλάκες επικαλύψεως κλπ.

Για να αποφύγομε αυτά τα μειονεκτήματα, πρέπει το σκυρόδεμα να είναι όσο το δυνατόν πυκνότερο, πράγμα που επιτυγχάνεται μόνο όταν εξαφανισθούν ή περιορισθούν οι λόγοι που προκαλούν το μεγάλο πορώδες. Πρέπει δηλαδή:

– Να χρησιμοποιούνται αδρανή υλικά, όσο το δυνατό συμπαγέστερα και σκληρότερα.

– Οι κόκκοι της άμμου και των σκύρων να είναι έτσι διαβαθμι-



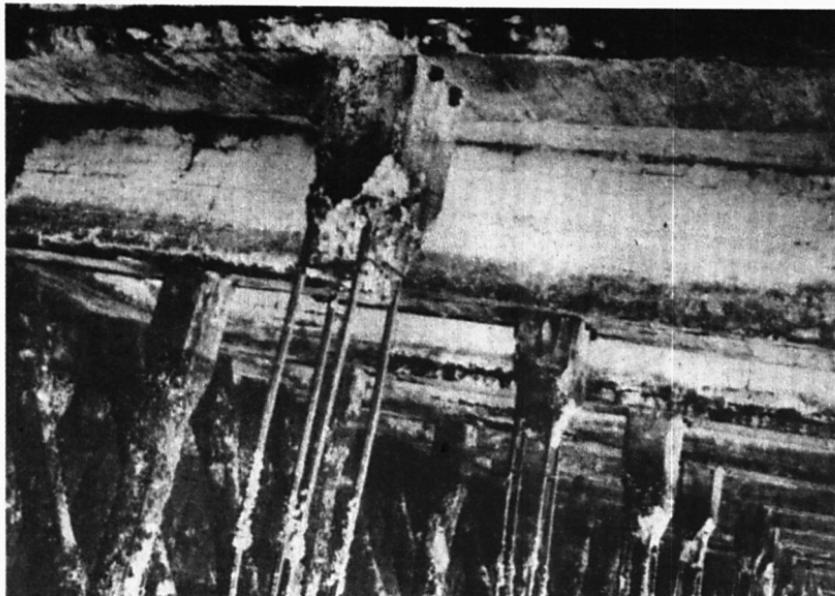
Σχ. 4.15ιζ.

Καταστροφή του σκυροδέματος τοίχου εργοστασίου λόγω οξειδώσεως του σιδερένιου οπλισμού.



Σχ. 4.15ιη.

Απολέπιση πλάκας οροφής από οπλισμένο σκυρόδεμα λόγω της διελεύσεως νερού μέσα από τη μάζα του σκυροδέματος και της οξειδώσεως των σιδερένιων ράβδων. Παρατηρούμε ότι στις περιοχές με μεγάλη υγρασία (σκοτεινά τμήματα στη φωτογραφία) ή καταστροφή είναι πιο έντονη.



Σχ. 4.15ιθ.

Τέλεια καταστροφή στύλων από σκυρόδεμα κατασκευασμένων μέσα στη θάλασσα. Η καταστροφή οφείλεται στην έντονη διαβρωτική ικανότητα του θαλάσσιου νερού και στην κακή ποιότητα του σκυροδέματος. Παρατηρούμε ότι πάνω από τη στάθμη του νερού το σκυρόδεμα είναι άθικτο.

σμένοι, ώστε να ακολουθούν τις γνωστές καμπύλες της ιδεώδους κοκκομετρικής συνθέσεώς τους και η ποσότητα του τσιμέντου να προσδιορίζεται πειραματικά, ώστε ούτε να είναι λιγότερο, ούτε να περισσεύει.

– Το νερό που χρησιμοποιείται να είναι το λιγότερο δυνατόν. Το στεγνό (ύψυγρο) σκυρόδεμα είναι το λιγότερο πορώδες και τέλος,

– η διάστρωση να γίνεται με μεγάλη φροντίδα, και κατά το κοπάνισμα να χρησιμοποιούνται μηχανικοί δονητές.

Ειδικά για να επιτύχομε τέλεια στεγανότητα σε όσα έργα το απαιτούν, εκτός από τα πιο πάνω, πρέπει να παίρνομε και άλλα συμπληρωματικά μέτρα όπως:

– Η χρησιμοποίηση βοηθητικών υλικών, τα οποία με μορφή σκόνης ή υγρού προσθέτονται στο νωπό σκυρόδεμα και κλείνουν τους πόρους του ή

– η τοποθέτηση υδατομονωτικού χαρτιού ή υφάσματος (α-

σφαλτόχαρτο, ασφαλτόπανο) επάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος ή τέλος

– η επάλειψη της επιφάνειας με ισχυρό στεγανό τσιμεντοκονίαμα [κεφ. 4, § 4.9 (5ov)].

Η τελευταία αυτή μέθοδος είναι η πιο συνηθισμένη και δίνει άριστα αποτελέσματα, εάν εκτελεσθεί προσεκτικά.

γ) *Η αντοχή σε θλίψη.* Η αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη είναι η βασικότερη ιδιότητα γιατί ο βαθμός εκδηλώσεώς της αποτελεί το μέτρο ποιότητας του σκυροδέματος.

Σκυρόδεμα με υψηλή αντοχή σε θλίψη σημαίνει σκυρόδεμα με βελτιωμένες τις υπόλοιπες ιδιότητές του. Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί ο προσδιορισμός της αντοχής του σκυροδέματος σε θλίψη, για να εξακριβωθεί η καλή ή κακή ποιότητά του.

Το σκυρόδεμα διακρίνεται σε διάφορες κατηγορίες ή ποιότητες, ανάλογα με την αντοχή σε θραύση που παρουσιάζει ένα κυβικό δοκίμιο ορισμένων διαστάσεων και παρασκευασμένο κάτω από σταθερές πάντοτε συνθήκες, όπως θα δούμε [§ 4.15 (8ov)].

Ο ελληνικός κανονισμός διακρίνει το σκυρόδεμα, που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το χάλυβα (οπλισμένο σκυρόδεμα), σε τέσσερις κανονικές κατηγορίες:

Σκυρόδεμα B120 αντοχής σε θλίψη	W 28 = 120 kp/cm ²
" B160 " " "	W 28 = 160 kp/cm ²
" B225 " " "	W 28 = 225 kp/cm ²
" B300 " " "	W 28 = 300 kp/cm ²

Το B προέρχεται από τη λέξη Beton, ενώ ο αριθμός δίπλα του δηλώνει την αντοχή κυβικού δοκιμίου, 28 ημέρες μετά από την παρασκευή του (το W είναι το αρχικό της γερμανικής λέξως Wurfel που σημαίνει κύβος).

Στις συνηθισμένες κατασκευές χρησιμοποιείται κατά κανόνα το σκυρόδεμα B160, αν είναι δυνατόν να τηρηθούν τα κατάλληλα μέτρα, τόσο ως προς τα υλικά όσο και ως προς την καλή οργάνωση της παρασκευής του και της διαστρώσεώς του στους ξυλότυπους, ώστε να πραγματοποιηθούν οι χαρακτηριστικές ιδιότητες της ποιότητας αυτής.

Το B120 χρησιμοποιείται σε απλές κατασκευές και δεν απαιτείται ιδιαίτερη φροντίδα για τη σύνθεση των αδρανών υλικών και την παρασκευή του.

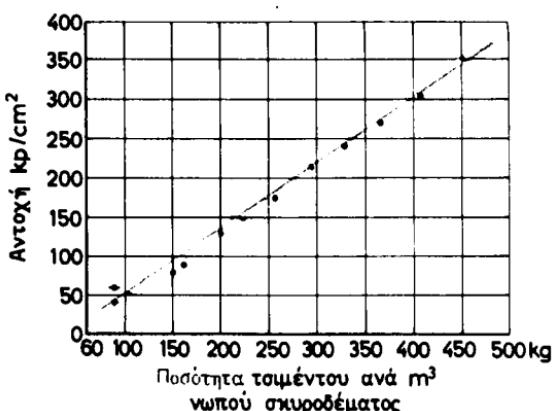
Οι τελευταίες δύο κατηγορίες B225 και B300 εφαρμόζονται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις σοβαρών έργων. Απαιτείται μεγάλη προσοχή κατά την εφαρμογή τους και πρέπει να γίνονται συχνοί και συνεχείς έλεγχοι των ιδιοτήτων τους, κυρίως της αντοχής τους, ώστε κάθε στιγμή να μπορούμε να διαπιστώνομε τυχόν αποκλίσεις από τα προβλεπόμενα όρια.

Οι Γερμανικοί Κανονισμοί προβλέπουν και την κατασκευή ακόμη καλυτέρων ποιοτήτων, όπως το B450 και B600.

Οι παράγοντες, που επηρεάζουν την αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη, είναι πολλοί. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι:

– Το ποσοστό του περιεχόμενου τσιμέντου. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι όσο περισσότερο τσιμέντο (μέχρι ενός ορισμένου ορίου) περιέχεται στη μονάδα όγκου του σκυροδέματος, αν βέβαια οι υπόλοιποι παράγοντες (ποιότητα και κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών, ποσότητα νερού, μέθοδος διαστρώσεως και κοπανίσματος κλπ) παραμένουν σταθεροί, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζει το σκυρόδεμα (σχ. 4.15κ). Φυσικά η αύξηση αυτή της αντοχής δεν είναι απεριόριστη, αλλά σταματά στην αντοχή του λιγότερου ανθεκτικού συστατικού του σκυροδέματος.

– Η ποιότητα και η κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών υλικών. Τα σκληρά και συμπαγή σκύρα, καθώς και η χρήση αδρανών που περιέχουν αναλογικά περισσότερους κόκκους μεγάλων δια-



Σχ. 4.15κ.

Διάγραμμα επιφροής της ποσότητας του τσιμέντου στην αντοχή του σκυροδέματος.

στάσεων, δίνουν ανθεκτικότερα σκυροδέματα. Επίσης η καλή κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, επηρεάζει ουσιαστικά την αντοχή του σκυροδέματος, γιατί το σκυρόδεμα γίνεται πυκνότερο και συμπαγέστερο.

– Η ποσότητα του νερού. Νερό περισσότερο από το αναγκαίο για τη πήξη του τσιμέντου, προκαλεί πάντοτε ελάττωση της αντοχής του σκυροδέματος.

Στο ύψυσμα σκυρόδεμα χρησιμοποιούμε λιγότερο νερό παρά στο πλαστικό και ακόμη λιγότερο παρά στο ρευστό. Γι' αυτό, η αντοχή σε θλίψη ελαττώνεται βαθμιαία από το ύψυσμα προς το ρευστό, αν οι υπόλοιποι παράγοντες μένουν αμετάβλητοι.

Η αναγκαία για την πήξη του σκυροδέματος ποσότητα νερού εξαρτάται από την ποσότητα του τσιμέντου, που περιέχεται σ' αυτό. Γι' αυτό, όταν προσδιορίζομε το συνολικό ποσό του νερού που χρησιμοποιείται σε ένα σκυρόδεμα, δεν αναφερόμαστε στο βάρος ή τον όγκο του σκυροδέματος, αλλά στο λόγο του βάρους G_u ή του όγκου V_u του νερού προς το βάρος G_σ ή τον όγκο V_σ του τσιμέντου που χρησιμοποιήσαμε. Δηλαδή αναφερόμαστε σε ένα αριθμό Ω ίσο προς,

$$\Omega_G = \frac{G_u}{G_\sigma} \quad \text{ή} \quad \Omega_V = \frac{V_u}{V_\sigma} \quad (28)$$

Ο λόγος αυτός καλείται συντελεστής περιεκτικότητας νερού. Έχει αποδειχθεί πειραματικά, ότι όταν αυξάνεται το Ω (αύξηση νερού ή ελάττωση τσιμέντου), ελαττώνεται η αντοχή του σκυροδέματος (σχ. 4.15κα).

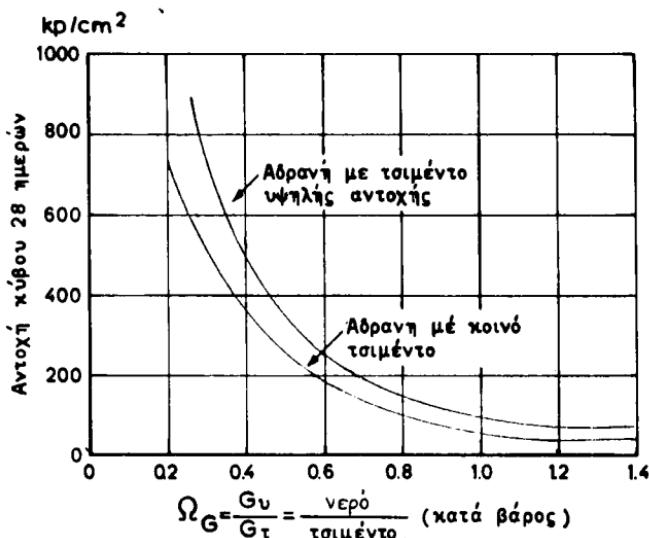
Από πειραματικές έρευνες προέκυψαν τα πιο κάτω αποτελέσματα ως προς την αντοχή, με μεταβολή μόνο του Ω , για σκυρόδεμα με ορισμένη κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών και με ορισμένες συνθήκες επεξεργασίας:

$$\text{Για } \Omega_G = 0,50 \quad \sigma_{\theta p} = 260 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{Για } \Omega_G = 1,00 \quad \sigma_{\theta p} = 65 \text{ kp/cm}^2$$

$$\text{Για } \Omega_G = 1,25 \quad \sigma_{\theta p} = 45 \text{ kp/cm}^2.$$

Από τα πιο πάνω στοιχεία και το σχήμα 4.15 φαίνεται πόσο ουσιαστική είναι η επιρροή του νερού για την αντοχή και επομένως και για την ποιότητα του σκυροδέματος και πόση προσοχή χρειάζεται, ώστε να χρησιμοποιείται πάντοτε το λιγότερο δυνατόν νερό, ανάλογα με την περίπτωση.



Σχ. 4.15κα.

Επιρροή της μεταβολής του συντελεστή περιεκτικότητας σε νερό Ω στην αντοχή του σκυροδέματος.

– Ο τρόπος παρασκευής. Η παρασκευή με μηχανικά μέσα και η χρησιμοποίηση δονητών κατά το κοπάνισμα δίνουν σκυρόδεμα υψηλότερης αντοχής, παρά εάν οι εργασίες αυτές γίνουν με τα χέρια. Οι λόγοι είναι δύο:

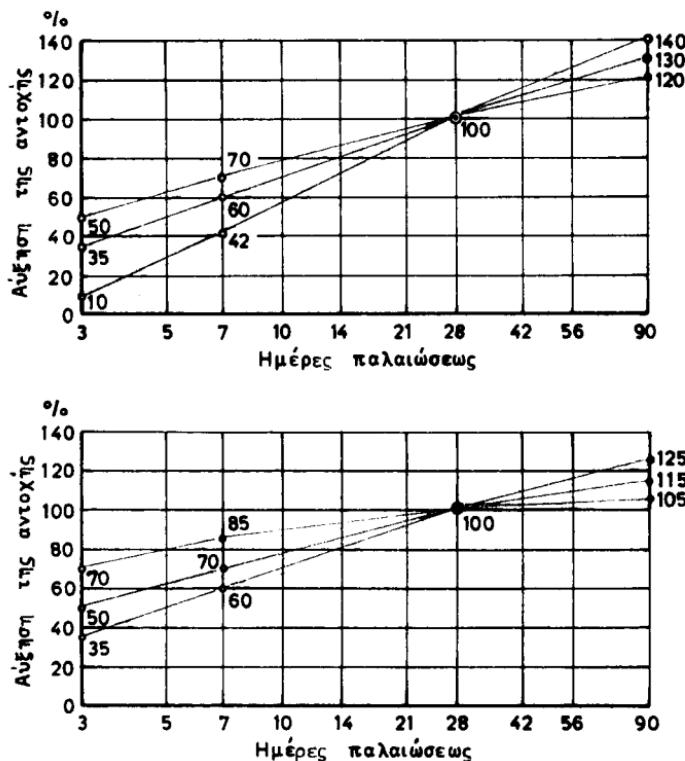
Πρώτο, επιτυγχάνεται καλύτερη ανάμιξη και επομένως πιο ομοιογενές υλικό, και

δεύτερο, απαιτείται λιγότερο νερό για να γίνει το σκυρόδεμα εργάσιμο, επειδή τα μηχανικά μέσα έχουν μεγαλύτερη δύναμη και υπερνικούν τις δυσκολίες, που παρουσιάζει κυρίως το στεγνό (ύφουργο) σκυρόδεμα κατά την ανάμιξη και το κοπάνισμα.

– Η ηλικία. Η αντοχή του σκυροδέματος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Διάφοροι ερευνητές απέδειξαν πειραματικά ότι τους πρώτους μήνες αυξάνει γρήγορα και στη συνέχεια με μικρότερο ρυθμό. Η αύξηση αυτή μπορεί να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η καμπύλη του σχήματος 4.15κβ δείχνει την αύξηση της αντοχής σκυροδέματος σε συνάρτηση με την ηλικία του.

δ) Η αντοχή σε εφελκυσμό και σε κάμψη. Η αντοχή του



Σχ. 4.15κβ.

Επιφροή της ηλικίας στην αντοχή του σκυροδέματος. α) Σκυρόδεμα με κοινό τισμέντο Portland. β) Σκυρόδεμα με τισμέντο υψηλής αντοχής. Οι τρεις καμπύλες παριστάνουν τρεις διαφορετικές ποιότητες σκυροδέματος.

σκυροδέματος σε εφελκυσμό και σε κάμψη είναι πολύ μικρή, όπως συμβαίνει σε όλα τα ψαθυρά και μη ελαστικά υλικά.

Ο παράγοντας, που επιδρά στην αντοχή του εφελκυσμού και της κάμψεως, είναι κυρίως η μορφή των κόκκων των αδρανών υλικών. Τα αδρανή υλικά που έχουν γωνιώδεις κόκκους παρέχουν ισχυρότερα, ως προς τον εφελκυσμό και την κάμψη, σκυροδέματα, από αυτά που έχουν στρογγυλεμένους κόκκους. Ο προσδιορισμός της αντοχής σ' αυτές τις περιπτώσεις δεν γίνεται πειραματικά, αλλά ισούται με το 1/10 έως 1/15 της αντοχής σε θλίψη όταν πρόκειται για τον εφελκυσμό και 1/7 έως 1/10 όταν πρόκειται για την κάμψη.

ε) *Η αντοχή σε τριβή.* Η αντοχή του σκυροδέματος στην

τριβή και επομένως η φθορά, που υφίσταται όταν στην επιφάνειά του σύρονται ή κινούνται διάφορα αντικείμενα, εξετάζεται μόνο εάν πρόκειται για οδοστρώματα, πεζοδρόμια και δάπεδα αποθηκών και εργοστασίων, που κατασκευάζονται από σκυρόδεμα. Η αντοχή αυτή εξαρτάται, όπως έχει αποδειχθεί πειραματικά:

- Από την κοκκομετρική σύνθεση και την προέλευση των αδρανών υλικών.
- Από την περιεκτικότητα σε τσιμέντο του σκυροδέματος.
- Από το συντελεστή Ω , και
- από τη μέθοδο επεξεργασίας.

Οι παράγοντες αυτοί είναι οι ίδιοι με τους παράγοντες περί αντοχής σε θλίψη. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι και εδώ η αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη αποτελεί το κύριο κριτήριο για την εξακρίβωση της αντοχής του στη φθορά από τριβή. Σκυροδέματα δηλαδή υψηλής αντοχής παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε τριβή.

Για την αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος σε ιδιαίτερα επιβαρυμένες περιπτώσεις (δάπεδα εργοστασίων και αποθηκών), προστίθεται στην τελική επίστρωση του δαπέδου σιδηρόσκονη.

στ) *Συμπεριφορά στις θερμοκρασιακές μεταβολές*. Εάν το νωπό σκυρόδεμα υποστεί την επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών πριν αρχίσει η πήξη ή όσο διαρκεί αυτή, η αντοχή του σκυροδέματος μειώνεται αισθητά και είναι δυνατόν να καταστραφεί τελείως, εάν η διάρκεια της επιδράσεως αυτής είναι μεγάλη.

Το ίδιο συμβαίνει και όταν υφίσταται την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών, όπως κατά τις θερμές και ξηρές ημέρες του καλοκαιριού, οπότε λόγω της απότομης εξατμίσεως του νερού δεν συμπληρώνεται η πήξη του.

Μετά το τέλος της πήξεως και της σκληρύνσεώς του, το σκυρόδεμα δεν επηρεάζεται σοβαρά από τις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Υφίσταται μόνο, όπως όλα τα σώματα, συστολή ή διαστολή ανάλογα με την ελάττωση ή αύξηση της αρχικής του θερμοκρασίας.

Λόγω των μεταβολών αυτών πρέπει να προβλέπονται *αρμοί διαστολής* σε κατασκευές από σκυρόδεμα μεγάλου μήκους, όπως είναι τα επιμήκη κτήρια, οι γέφυρες, τα οδοστρώματα, τα πεζο-

δρόμια. Οι αρμοί αυτοί είναι διακοπές της συνέχειας του έργου και πρέπει να εκτείνονται σε όλο το μήκος και το πάχος του σκυροδέματος και να γεμίζονται με ένα στεγανωτικό υλικό, για να αποφεύγεται η διείσδυση νερού (σχ. 4.15κγ).

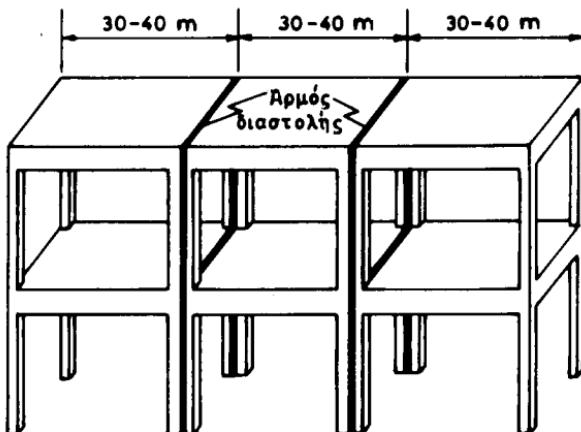
Για παράδειγμα, εάν ένα κτήριο έχει μήκος 100 m, πρέπει να προβλεφθούν δύο αρμοί διαστολής από τη στέγη μέχρι τα θεμέλια, ώστε αυτό να χωρισθεί σε τμήματα μήκους 30 έως 40 m, όπως προβλέπει ο ελληνικός κανονισμός περί κατασκευής έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Έστω ότι χωρίζεται σε τρία τμήματα μήκους 33 m περίπου.

Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής είναι $a = 0,01$ mm ανά μέτρο και βαθμό ($a = 10^{-2}$ mm/m grd). Οι συνηθισμένες θερμοκρασιακές μεταβολές στην Ελλάδα είναι περίπου 15° C μεταξύ ημέρες και νύκτας. Επομένως κάθε τμήμα του κτηρίου θα υποστεί μεταβολή του μήκους του κατά:

$$\Delta l = 10^{-2} \times 15 \times 33 = 5 \text{ mm}$$

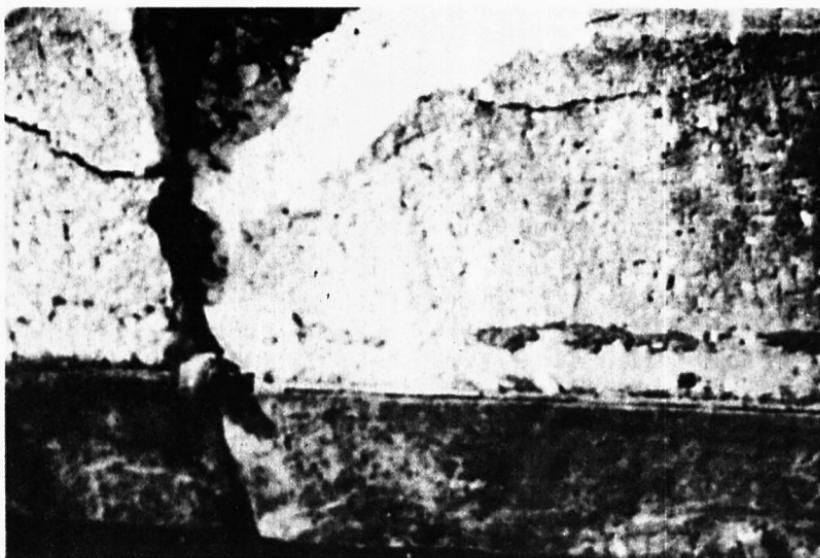
Το πλάτος d του αρμού θα πρέπει επομένως να είναι τουλάχιστον 5 mm. Συνήθως γίνεται μεγαλύτερο, γιατί πρέπει να ληφθεί υπόψη και η συστολή, που υφίσταται το σκυρόδεμα κατά την πήξη του.

Εάν δεν έχει το απαιτούμενο πλάτος, θα καταστραφεί το σκυρόδεμα στις περιοχές δίπλα στον αρμό (σχ. 4.15κδ).



Σχ. 4.15κγ.

Αρμοί διαστολής σε σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα κτηρίου μεγάλου μήκους.



Σχ. 4.15κδ.

Καταστροφή σκυροδέματος κοντά σε αρμό διαστολής λόγω ανεπαρκούς πλάτους του αρμού αυτού.

Στις θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται στις συνηθισμένες πυρκαγιές, το σκυρόδεμα αντέχει ικανοποιητικά και δεν καταστρέφεται εύκολα. Ελαττώνεται όμως σημαντικά η μηχανική αντοχή του και η ελαστικότητά του, ενώ η απότομη ψύξη προκαλεί επιφανειακή απολέπισή του. Γενικά όμως έργα κατασκευασμένα από σκυρόδεμα δεν διατρέχουν κίνδυνο καταστροφής από πυρκαγιές μεσαίας εκτάσεως.

Σε ειδικές περιπτώσεις, που απαιτείται μεγαλύτερη θερμική αντοχή, κατασκευάζεται σκυρόδεμα με αδρανή από πυριγενή πετρώματα, που περιέχουν χαλαζία, ή από σκουριές ή από θραύσματα ψημένης αργίλου και με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τσιμέντο.

Επίσης στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες του παγετού, το σκυρόδεμα δεν υφίσταται σοβαρές βλάβες. Οι διαδοχικές όμως πήξεις και τήξεις του νερού, που βρίσκεται μέσα στους πόρους του, προκαλούν επιφανειακές φθορές. Αυτές προχωρούν σιγά σιγά βαθύτερα, μέχρι να το καταστρέψουν εντελώς, εάν δεν παρ-

θούν οι αναγκαίες προφυλάξεις. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στις ψυχρές χώρες στα σκυροδέματα των πεζοδρομίων και των οδοστρωμάτων. Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι τα ελαφρά σκυροδέματα με κενά στη μάζα τους αντέχουν καλύτερα, από τα συμπαγή σκυροδέματα, στην επιρροή του παγετού.

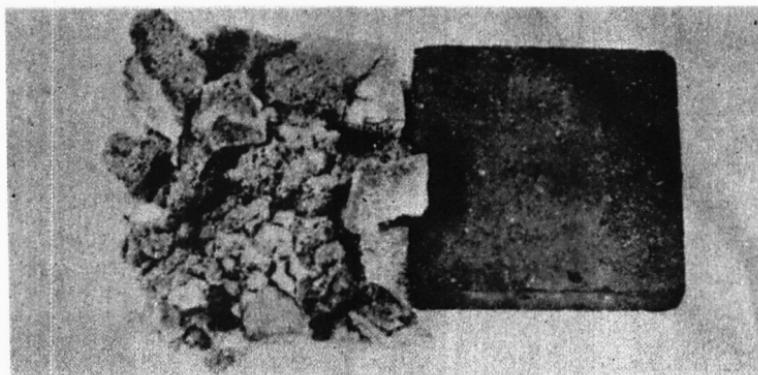
Η θερμική αγωγιμότητα του σκυροδέματος, δηλαδή η ικανότητα μεταδόσεως της θερμότητας μέσα από τη μάζα του είναι σχετικά μεγάλη και εξαρτάται από το είδος των αδρανών και την πυκνότητά του.

Τα ελαφρά σκυροδέματα, επειδή έχουν κενά, παρουσιάζουν μικρότερη θερμική αγωγιμότητα από τα πυκνά. Επίσης μικρότερη είναι η αγωγιμότητα αυτή, όταν χρησιμοποιηθούν σκύρα ελαφρόπετρας (κισσήρεως) αντί κοινά ασβεστολιθικά.

Συγκριτικά προς άλλα υλικά, όπως είναι τα τούβλα και τα κεραμίδια, το σκυρόδεμα παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα, είναι δηλαδή καλύτερος αγωγός της θερμότητας.

Γ' αυτό πλάκες ή στέγες κτηρίων καθώς και τοίχοι κατασκευασμένοι από σκυρόδεμα, πρέπει να καλύπτονται με ειδικά μονωτικά υλικά μικρής θερμοαγωγιμότητας, ώστε να εμποδίζεται η μετάδοση της θερμότητας. Τα μονωτικά αυτά υλικά τα αναφέρομε σε άλλο κεφάλαιο.

ζ) Αντοχή στις χημικές επιδράσεις. Η ιδιότητα αυτή εξετάζεται όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το σκυρόδεμα για την κατασκευή δεξαμενών διαφόρων υγρών (κρασιού, λαδιού, ορυ-



Σχ. 4.15κε.

Αποτέλεσμα της επιδράσεως του ελαιόλαδου σε δοκίμια από σκυρόδεμα. Αριστερά σκυρόδεμα με κοινό τσιμέντο Portland μετά από παραμονή του 27 ημέρες μέσα σε ελαιόλαδο. Δεξιά σκυρόδεμα με ειδικό τσιμέντο μετά από παραμονή του 8 1/2 χρόνια μέσα σε ελαιόλαδο.

κτελαίων), για την κατασκευή έργων, που έρχονται σε επαφή με το θαλάσσιο νερό, και για την κατασκευή βόθρων και σωλήνων υπονόμων.

Τα διαλύματα των οξέων επιδρούν δυσμενώς στο σκυρόδεμα, γιατί σχηματίζουν ενώσεις με το ασβέστιο του τσιμέντου, οι οποίες επειδή είναι τις περισσότερες φορές διαλυτές, απομακρύνονται εύκολα.

Έτσι η επιφάνεια του σκυροδέματος, που έρχεται σε επαφή με υγρά που περιέχουν οξέα (κρασί, λάδι), "τρώγεται" σιγά σιγά και μετά από αρκετό χρόνο, που εξαρτάται από την πυκνότητα του διαλύματος, καταστρέφεται τελείως το σκυρόδεμα (σχ. 4.15κε).

Επίσης ορισμένα άλατα, κυρίως του θείου, προσβάλλουν το τσιμέντο και προκαλούν διόγκωση και ρήγματα στο σκυρόδεμα. Ένα από τα άλατα αυτά είναι το θειικό μαγνήσιο ($MgSO_4$), που βρίσκεται στο θαλάσσιο νερό και προκαλεί φθορές στα λιμενικά έργα (σχ. 4.15κτ).

Τα φυτικά και ζωικά λάδια και τα λίπη φθείρουν το σκυρόδεμα, ενώ τα ορυκτέλαια και τα ασφαλτικά γενικά υλικά δεν το προσβάλλουν.



Σχ. 4.15κστ.

Αποτέλεσμα της επιδράσεως θειικού μαγνήσιου σε δοκίμια σκυροδέματος κατασκευασμένα με ειδικό τσιμέντο (αριστερό δοκίμιο) και με κοινό τσιμέντο (δεξιό δοκίμιο). Διάρκεια παραμονής και των δύο των δοκιμών στο ίδιο διάλυμα 2 χρόνια.

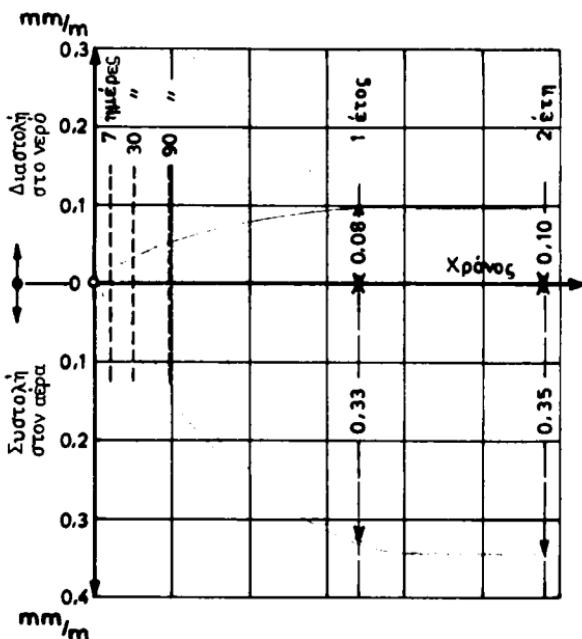
Προστατεύομε το σκυρόδεμα από τις χημικές αυτές επιδράσεις αλείφοντας την επιφάνειά του με ορισμένες ουσίες, που δεν προσβάλλονται από τα οξέα ή τα άλατα, ή χρησιμοποιώντας ειδικά τσιμέντα.

η) *Συστολή και διαστολή λόγω πήξεως.* Το σκυρόδεμα έχει την ιδιότητα να συστέλλεται ή να διαστέλλεται κατά το χρόνο πήξεως και σκληρύνσεώς του. Η συστολή συμβαίνει όταν το σκυρόδεμα σκληραίνει στον αέρα, ενώ αντίθετα, η διαστολή συμβαίνει, όταν σκληραίνει στο νερό.

Η πορεία των μεταβολών αυτών φαίνεται στο σχήμα 4.15κζ.

8ον. Έλεγχος των ιδιοτήτων του σκυροδέματος.

α) *Γενικά.* Οι δοκιμασίες, στις οποίες υποβάλλεται το σκυρόδεμα, γίνονται για να ελεγχθούν οι ιδιότητές του και να διαπιστωθεί, εάν είναι κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό για τον οποίο προορίζεται.



Σχ. 4.15κζ.

Συστολή και διαστολή σκυροδέματος σε συνάρτηση με το χρόνο σκληρύνσεως.

Οι κανονισμοί των διαφόρων κρατών προσδιορίζουν ποιες δοκιμασίες πρέπει να γίνουν και με ποιο τρόπο πρέπει να εκτελεσθούν αυτές.

Οι έλεγχοι που προβλέπονται από τον Ελληνικό Κανονισμό για σκυροδέματα που θα χρησιμοποιηθούν κυρίως σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι οι εξής:

- Δοκιμές της συνθέσεως του σκυροδέματος.
- Έλεγχος της αντοχής σε θλίψη.
- Έλεγχος της προόδου σκληρύνσεως και
- έλεγχος της συνεκτικότητας ή ρευστότητας.

Επίσης σε ειδικές περιπτώσεις ο κανονισμός προβλέπει τον έλεγχο της αντοχής δοκών σε εφελκυσμό λόγω κάμψεως.

β) Δοκίμια και παρασκευή τους. Το σκυρόδεμα, από το οποίο θα παρασκευασθούν τα δοκίμια, πρέπει να έχει την ίδια σύνθεση, συνεκτικότητα και κατεργασία, όπως αυτό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στο έργο. Γι' αυτό η παρασκευή των δοκιμών, προκειμένου για έλεγχο της αντοχής και της προόδου σκληρύνσεως, γίνεται στο εργοτάξιο και κοντά στη θέση, όπου γίνεται η διάστρωση του σκυροδέματος.

Επίσης στο εργοτάξιο γίνεται ο έλεγχος της συνεκτικότητας.

Οι δοκιμές της συνθέσεως γίνονται στο εργαστήριο, στο οποίο στέλνονται τα δείγματα των υλικών, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Η δειγματοληψία πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε το δείγμα να αντιπροσωπεύει κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα υλικά, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Κατά την εκφόρτωση των αυτοκινήτων οι χονδρότεροι κόκκοι κυλούν προς τα πόδια του σωρού, ενώ οι λεπτότεροι παραμένουν στην κορυφή του. Επομένως η ποσότητα πρέπει να παίρνεται από την κορυφή, το μέσο και τα πόδια του σωρού και όχι μόνο από ένα σωρό αλλά από περισσότερους. Το δείγμα κάθε είδους αδρανούς υλικού πρέπει να έχει βάρος τουλάχιστον 50 kg, και να συσκευάζεται μέσα σε σάκους, στους οποίους να αναγράφεται η ημερομηνία δειγματοληψίας, η προέλευση του υλικού (όνομα λατομείου ή τοποθεσίας) και ο σκοπός για τον οποίο προορίζεται το σκυρόδεμα (θεμέλια, στύλοι, πλάκες κλπ).

Εάν για ένα έργο η ποσότητα άμμου και σκύρων είναι πολύ

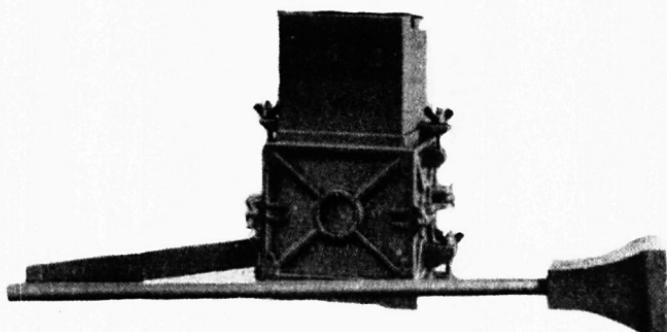
μεγάλη και δεν μπορεί να συγκεντρωθεί όλη στο εργοτάξιο πριν από την έναρξη των εργασιών, τότε ο έλεγχος πρέπει να πραγματοποιείται για κάθε νέα ποσότητα που προσκομίζεται.

Από τα υλικά των δειγμάτων παρασκευάζονται κυβικά δοκίμια, με τις προβλεπόμενες αναλογίες αδρανών και τσιμέντου, με μήκος πλευράς 20 cm, όταν το μέγεθος των κόκκων των αδρανών δεν υπερβαίνει τα 40 mm. Για κόκκους μεγαλύτερους από 40 mm τα δοκίμια έχουν μήκος πλευράς 30 cm και για μικρότερους από 30 mm κόκκους το μήκος της πλευράς του κύβου μπορεί να είναι και 10 cm. Σε μερικές περιπτώσεις κατασκευάζονται κυλινδρικά δοκίμια. Για κάθε δοκιμή πρέπει να παρασκευασθούν τρία δοκίμια της ίδιας συνθέσεως αδρανών, τσιμέντου και νερού προκειμένου να ελεγχθεί η αντοχή σε θλίψη και 4 έως 6 για τον έλεγχο της προόδου σκληρύνσεως.

Για να παρασκευάσομε τα δοκίμια χρησιμοποιούμε σιδερένιες μήτρες (καλούπια) (σχ. 4.15κη), τις οποίες παίρνομε από τα εργαστήρια, που πρόκειται να κάνουν τις δοκιμές.

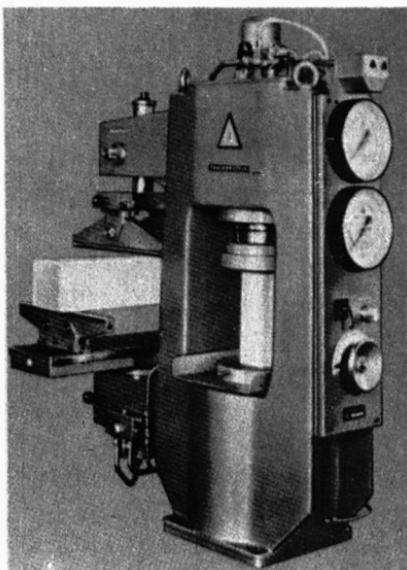
Η διάστρωση του σκυροδέματος και το κοπάνισμά του στις μήτρες πρέπει να γίνεται με ορισμένο τρόπο και με σχολαστικότητα, όπως ακριβώς περιγράφονται στους κανονισμούς.

Μετά την παρασκευή του κάθε δοκίμιο μαρκάρεται με τον αύξοντα αριθμό του και την ημερομηνία παρασκευής του και τοποθετείται σε κλειστό χώρο θερμοκρασίας 12° έως 25° C. Στο χώρο αυτό φυλάσσεται μέχρι τη δοκιμασία του ή την αποστολή του στο εργαστήριο. 24 ώρες μετά την παρασκευή αφαιρούνται



Σχ. 4.15κη.

Μήτρα (καλούπι) με τα αναγκαία εργαλεία, για την παρασκευή δοκιμών από σκυρόδεμα.



Σχ. 4.15κθ.

Μηχανή ελέγχου της αντοχής σε θλίψη δοκιμών από σκυρόδεμα. Το προς έλεγχο δοκίμιο είναι κυλινδρικής μορφής. Η ίδια μηχανή χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της αντοχής σε κάμψη.

οι μήτρες και για 7 ημέρες τα δοκίμια καλύπτονται με υγρά υφάσματα. Εάν τα δοκίμια προορίζονται για έλεγχο της πρόδου σκληρύνσεως, τότε αφού αφαιρέσουμε τις μήτρες τα αφήνομε στο ίδιο περιβάλλον με το σκυρόδεμα του έργου και τα διαβρέχομε συγχρόνως με αυτό.

γ) Δοκιμές για να διαλέξουμε τη σύνθεση. Οι δοκιμές της κοκκομετρικής συνθέσεως των αδρανών υλικών γίνονται στο εργαστήριο με τη βοήθεια προτύπων κοσκίνων (§ 2.6). Χαράσσονται οι καμπύλες της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των υλικών αυτών και συγκρίνονται με τις διαβαθμίσεις του κανονισμού που καθορίζονται ως παραδεκτές.

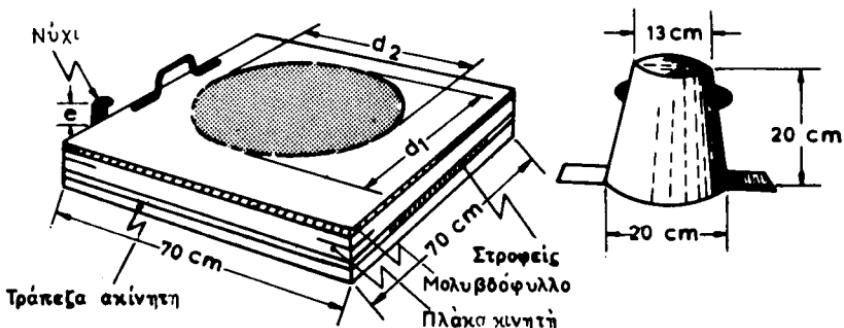
δ) Έλεγχος αντοχής σε θλίψη. Η δοκιμασία της αντοχής σε θλίψη γίνεται στο εργαστήριο, όπου τα δοκίμια υποβάλλονται σε δυνάμεις πιέσεως με τη βοήθεια καταλλήλων μηχανών (σχ. 4.15κθ). Μετριέται η αντοχή τους σε θραύση, δηλαδή η μέγιστη δύναμη, που πρέπει να εφαρμοσθεί σε 1 cm^2 της επιφάνειάς τους για να θραυσθούν (σπάσουν). Η τελική δοκιμασία γίνεται 28 ημέρες μετά την παρασκευή του δοκιμίου. Η τάση θραύσεως χαρα-

κτηρίζεται διεθνώς με το σύμβολο W_{28} και μετριέται σε kp/cm^2 . Η τάση αυτή συγκρίνεται με τις τάσεις αντοχής που προβλέπει ο κανονισμός [§ 4.15 (7ον-γ)] και το σκυρόδεμα κατατάσσεται σε μία από αυτές τις κατηγορίες.

ε) **Έλεγχος συνεκτικότητας.** Ο έλεγχος της συνεκτικότητας ή ρευστότητας του σκυροδέματος γίνεται κατά κανόνα στο εργοτάξιο και κοντά στη θέση διαστρώσεως. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με τη λεγόμενη δοκιμή εξαπλώσεως. Αυτή πραγματοποιείται επάνω σε πλάκα διαστάσεων $70 \times 70 \text{ cm}$ (σχ. 4.15λ), της οποίας η επάνω επιφάνεια καλύπτεται από μολυβδόφυλλο πάχους 2 mm. Η μία πλευρά της πλάκας αυτής αρθρώνεται με στροφείς επάνω σε τραπέζι, που έχει τις ίδιες διαστάσεις με αυτήν. Η πλευρά που είναι απέναντι στην αρθρωμένη έχει λαβή, με τη βοήθεια της οποίας μπορεί να ανυψωθεί η πλάκα καθώς στρέφεται περί τον άξονα των στροφέων. Η ανύψωση της πλευράς που έχει τη λαβή δεν μπορεί να υπερβαίνει τα $e = 4 \text{ cm}$. Μεγαλύτερη ανύψωση εμποδίζεται από κατάλληλη διάταξη (νύχι). Το κέντρο της πλάκας σημειώνεται με ένα σταυρό και από αυτό χαράσσεται κύκλος ακτίνας 20 cm.

Η δοκιμή γίνεται ως εξής:

Επάνω στην πλάκα, η οποία πρέπει να έχει οριζοντιωθεί τελείως, τοποθετείται κολουροκωνικό δοχείο από έλασμα με ανοικτές τις δύο βάσεις και με διαμέτρους, άνω βάσεως 13 cm και κάτω βάσεως 20 cm. Αυτό έχει δύο λαβές κοντά στην επάνω μικρή βάση και δύο αυτιά ως επέκταση της κάτω βάσεως. Το δοχείο



Σχ. 4.15λ.

Πλάκα για δοκιμή εξαπλώσεως και κολουροκωνικό δοχείο για τον έλεγχο της συνεκτικότητας του νωπού σκυροδέματος.

γεμίζεται με το υπό εξέταση σκυρόδεμα σε δύο στρώσεις. Κάθε στρώση κοπανίζεται με ξύλινο κόπανο δέκα φορές.

Μισό λεπτό μετά το γέμισμα, το δοχείο ανασύρεται αργά με τη βοήθεια των λαβών προς τα επάνω, οπότε το σκυρόδεμα εξαπλώνεται στην πλάκα περισσότερο ή λιγότερο ανάλογα με τη συνεκτικότητά του. Μετά ανυψώνεται αργά με τη βοήθεια της λαβής η πλάκα κατά 4 cm και αφήνεται να πέσει ελεύθερα. Αυτό επαναλαμβάνεται δεκαπέντε φορές και η εξάπλωση του σκυροδέματος αυξάνεται. Μετρούνται τέλος οι δύο διάμετροι του πλακούντα, (d_1 και d_2 στο σχήμα 4.14λ), που είναι παράλληλες προς τις πλευρές της πλάκας και το ημιάθροισμά τους αποτελεί το μέτρο εξαπλώσεως. Το μέτρο αυτό χαρακτηρίζει το βαθμό συνεκτικότητας ή ρευστότητας του σκυροδέματος.

Άλλος έλεγχος πιο εμπειρικός γίνεται με μάλαξη στα χέρια μικρής ποσότητας νωπού σκυροδέματος. Εάν διατηρήσει το σχήμα του και απλά βρωμίσει τα χέρια, τότε θεωρείται ότι είναι ικανοποιητική η συνεκτικότητά του.

Ο ελληνικός κανονισμός κατατάσσει τα σκυροδέματα από απόψεως ρευστότητας στις εξής τρεις κατηγορίες με τα αντίστοιχα μέτρα εξαπλώσεως:

- **Στεγνό** (ύφυγρο). Δεν μπορεί να μετρηθεί η συνεκτικότητά του με την παραπάνω δοκιμή.
- **Πλαστικό**. Μέτρο εξαπλώσεως μικρότερο από 50 cm.
- **Ρευστό**. Μέτρο εξαπλώσεως μεταξύ 50 και 60 cm.

9ον. Κατηγορίες και χρήσεις του σκυροδέματος.

Όλες οι κατηγορίες των σκυροδεμάτων έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι χρησιμοποιούν το τσιμέντο ως συνδετική ύλη. Τα διάφορα είδη σκυροδέματος κατατάσσονται ανάλογα με:

- Το ποσό του ενσωματωμένου τσιμέντου.
 - Το είδος των χρησιμοποιουμένων αδρανών υλικών.
 - Τη χρήση ή όχι άλλων ουσιών ή υλικών για την παρασκευή τους.
 - Τον τρόπο παρασκευής και χρησιμοποιήσεώς τους.
- α) Από την άποψη της περιεκτικότητας σε τσιμεντοκονία ή σε τσιμέντο τα σκυροδέματα διακρίνονται σε:
- *Ισχνά* (αδύνατα) (γκρο μπετόν) και σε
 - *κανονικά*.

Τα ισχνά (αδύνατα) σκυροδέματα χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή δαπέδων, την κατασκευή τεχνητών λίθων κλπ. Τα κανονικά χρησιμοποιούνται κατά κανόνα σε συνδυασμό με χάλυβα για την παρασκευή του οπλισμένου σκυροδέματος.

β) Ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες αδρανείς ύλες διακρίνονται σε:

- **Λεπτοσκυροδέματα**, όταν περιέχουν άμμο και λεπτά χαλίκια (σκύρα) (γαρμπίλι, σύντριψμα) με μέγεθος κόκκου μέχρι 1,5 cm.
- **Συνηθισμένα σκυροδέματα** με μέγεθος κόκκου αδρανών μέχρι 3 cm.
- **Χαλικοδέματα** με μέγεθος κόκκου μέχρι 7 cm.
- **Κισσηροδέματα**, όταν χρησιμοποιούνται σκύρα ελαφρόπετρας (κισσήρεως) και όχι ασβεστολιθικά ή άλλης προελεύσεως.

Τα διάφορα αυτά είδη σκυροδεμάτων χρησιμοποιούνται εκεί όπου απαιτούνται οι ιδιαίτερες ιδιότητες, που εκδηλώνει το κάθε ένα.

γ) Εάν περιέχουν ή όχι σιδερένιο οπλισμό διακρίνονται σε:

- **Απλά ή άοπλα σκυροδέματα** και σε
- **οπλισμένα ή σιδηροφόρα σκυροδέματα**.

Η τελευταία αυτή κατηγορία των οπλισμένων σκυροδεμάτων, που προήλθε, όπως θα δούμε (§ 4.17), από την σύμπτωση ορισμένων ιδιοτήτων του χάλυβα και του απλού σκυροδέματος, αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τρόπο εφαρμογής του σκυροδέματος.

δ) Τέλος από την άποψη του τρόπου παρασκευής τους διακρίνονται σε:

- **Συνηθισμένα οπλισμένα σκυροδέματα**.
- **Προεντεταμένα σκυροδέματα**.
- **Αεροσκυροδέματα**.
- **Σκυροδέματα εν κενώ κ.ά.**

Σε κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες περιλαμβάνεται πλήθος ειδών, από τα οποία θα εξετάσομε τα κυριότερα.

4.16 Απλό σκυρόδεμα.

Παρασκευάζεται όπως ήδη γνωρίζομε (§ 4.15) από κοινό τσιμέντο Portland και ασβεστολιθικά αδρανή. Η περιεκτικότητά

του σε τσιμέντο δεν υπερβαίνει συνήθως τα 200 kg/m³, και σπάνια φθάνει τα 250 kg/m³. Γι' αυτό καλείται πολλές φορές και αδύνατο (ισχνό) σκυρόδεμα ή gros béton.

Χρησιμοποιείται για την κατασκευή είτε ολοσώμων στοιχείων στο εργοτάξιο και απευθείας στο κατασκευαζόμενο έργο, είτε μεμονωμένων στοιχείων και τεχνητών λίθων στα εργοστάσια (κεφάλ. 5).

Τα ολόσωμα στοιχεία, που κατασκευάζονται από απλό σκυρόδεμα, είναι μεταξύ των άλλων:

Δάπεδα κατοικιών, εργοστασίων, αποθηκών που στηρίζονται σε στέρεη βάση. Θεμέλια τοίχων και υποστυλωμάτων. Διαχωριστικοί ή φέροντες τοίχοι. Επιστέψεις στηθαίων, μανδροτίχων κλπ. Κραστιεδόρειθρα πεζοδρομίων. Οδοστρώματα. Φράγματα βαρύτητας. Κρηπιδώματα λιμανιών και τεχνητοί ογκόλιθοι διαφόρων λιμενικών έργων. Γενικά από απλό σκυρόδεμα κατασκευάζεται οποιασδήποτε μορφής στοιχείο που, ή δεν δέχεται φορτία, εκτός από το δικό του βάρος, ή τα φορτία που δέχεται προκαλούν μόνο τάσεις θλίψεως μικρής εντάσεως.

Τα μεμονωμένα στοιχεία και οι τεχνητοί λίθοι, που κατασκευάζονται σε εργοστάσια είναι, όπως θα δούμε (κεφάλ. 5), πάρα πολλά και διαρκώς παράγονται νέοι τύποι. Τα χαρακτηριστικότερα είναι:

Οι τσιμεντόλιθοι σε διάφορες διαστάσεις και μορφές, οι τσιμεντοσωλήνες διαφόρων διαμέτρων, οι τσιμεντόπλακες διαφόρων διαστάσεων, κέραμοι, κράσπεδα πεζοδρομίων, μωσαϊκές πλάκες κ.ά.

4.17 Οπλισμένο σκυρόδεμα.

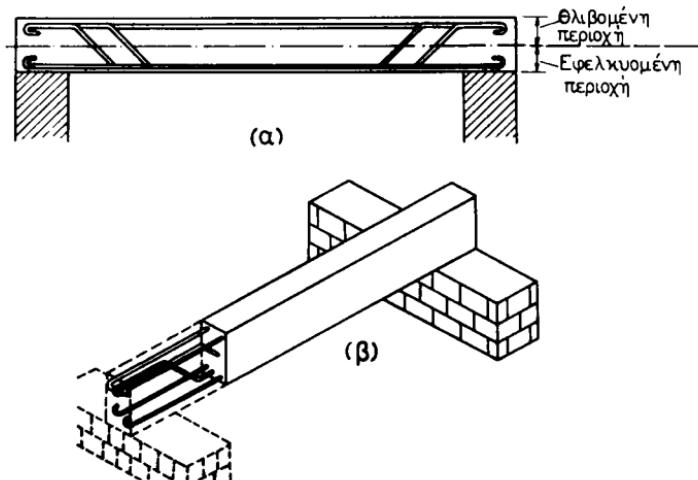
Ένα σοβαρό μειονέκτημα του απλού σκυροδέματος σε σύγκριση με άλλα υλικά, όπως ο σίδηρος και το ξύλο, είναι η μικρή αντοχή, που έχει στις εφελκυστικές δυνάμεις και η μεγάλη διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ της αντοχής του σε θλίψη και της αντοχής του σε εφελκυσμό.

Όπως είναι γνωστό [§ 4.15 (7ον-δ) η αντοχή του σε εφελκυσμό είναι περίπου 1/10 της αντοχής του σε θλίψη. Επομένως για τα στοιχεία των κατασκευών, όπου εμφανίζονται δυνάμεις εφελκυσμού ή δημιουργείται κάμψη δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί απλό σκυρόδεμα.

Στην περίπτωση της κάμψεως, η οποία είναι η πιο συνηθι- σμένη μορφή καταπονήσεως, το στοιχείο (π.χ. μία δοκός) υφί- σταται εφελκυσμό στις κάτω ίνες και θλίψη στις άνω ίνες (Εισαγωγή, § 0.11). Εάν η δοκός είναι σιδερένια ή ξύλινη αντέ- χει, εάν βέβαια το φορτίο είναι ανάλογο προς τις διαστάσεις της διατομής και προς το άνοιγμά της. Εάν όμως είναι από απλό σκυρόδεμα, τότε καταστρέφεται έστω και εάν οι θλιπτικές τά- σεις, που δημιουργούνται στο άνω μέρος του ουδέτερου άξονα, δηλαδή στις άνω ίνες, είναι μικρότερες από την αντοχή του σκυ- ροδέματος, γιατί το κάτω τμήμα δεν θα μπορούσε να αντέξει στον εφελκυσμό.

Το μειονέκτημα αυτό είναι σημαντικό, γιατί τα περισσό- τερα από τα φέροντα στοιχεία μιας κατασκευής υφίστανται κάμψη και συνεπώς περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό η χρησιμο- ποίηση του σκυροδέματος, το οποίο, κατά τα άλλα, είναι ένα πρώτης τάξεως υλικό.

Σκέφθηκαν λοιπόν, ορισμένοι μηχανικοί κατά το τέλος του περασμένου αιώνα, να ενισχύσουν τη ζώνη του σκυροδέματος με ένα υλικό, που να αντέχει σε μεγάλες εφελκυστικές δυνάμεις και να μπορεί να συνεργασθεί με το σκυρόδεμα, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να αποκολληθεί και να καταστραφεί (σχ. 4.17α) από εξωτερικούς λόγους. Υλικά με αυτές τις ιδιότητες είναι ο σίδη-



Σχ. 4.17α.

Παραλαβή των από κάμψη αναπτυσσομένων εφελκυστικών τάσεων από σιδερένιες ράβδους σε δοκό. α) Κατά μήκος τομή. β) Προοπτικό.

ρος και το γυαλί (η ύαλος). Προς το παρόν χρησιμοποιείται ο σίδηρος, γιατί το γυαλί παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες, που ακόμα δεν έχουν υπερνικηθεί.

Η στενή συνεργασία σκυροδέματος-σιδήρου οφείλεται στους εξής βασικούς λόγους:

– Αναπτύσσεται ισχυρή πρόσφυση μεταξύ των δύο υλικών και η αποκόλλησή τους απαιτεί πολύ μεγάλες δυνάμεις.

– Έχουν τον ίδιο περίπου γραμμικό συντελεστή διαστολής. Έτσι κατά τις συστολές ή διαστολές του σύνθετου στοιχείου "σκυρόδεμα-σίδηρος" το ένα υλικό παρακολουθεί το άλλο και δεν αναπτύσσονται δυνάμεις μεταξύ τους.

– Το σκυρόδεμα και ειδικότερα το τσιμέντο, που περιέχεται σ' αυτό, προστατεύει απόλυτα τον σίδηρο από την επιρροή του νερού και έτσι δεν σκουριάζει.

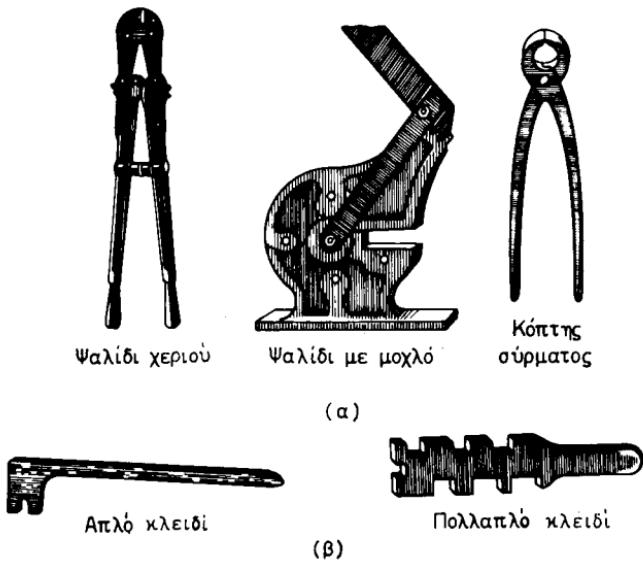
– Ο σίδηρος παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό.

– Το σύνθετο στοιχείο είναι πολύ φθηνότερο από το αντίστοιχο χαλύβδινο ή ξύλινο, που θα είχε την ίδια αντοχή σε κάμψη ή εφελκυσμό.

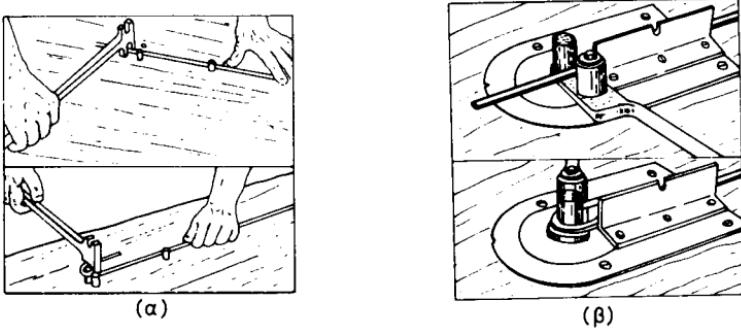
Ο σίδηρος χρησιμοποιείται με μορφή στρογγυλών ράβδων διαφόρων διαμέτρων από 6 έως 30 mm. Οι ράβδοι κόβονται και στη συνέχεια κάμπτονται με ειδικά εργαλεία (σχ. 4.17β) επάνω σε τραπέζι που έχει κατάλληλο εξάρτημα (σχ. 4.17γ) ώστε να πάρουν τη μορφή που ζητάμε.

Η μορφή εξαρτάται από το είδος του στοιχείου (π.χ. δοκοί, πλάκες, στύλοι), στο οποίο πρόκειται να ενσωματωθούν (σχ. 4.17δ). Πριν να τοπιθετηθούν, πρέπει οι ράβδοι να καθαρίζονται καλά από ακαθαρσίες, λίπη και σκουριές, γιατί αλλοιώς η ικανότητα προσφύσεώς τους με το σκυρόδεμα ελαττώνεται. Οι ράβδοι σιδήρου πρέπει να καλύπτονται τελείως από το σκυρόδεμα, ώστε να μην προεξέχουν, γιατί ο κίνδυνος οξειδώσεως και καταστροφής τους και επομένως και η καταστροφή όλου του σώματος είναι άμεσος.

Οι κανονισμοί προβλέπουν ότι η επικάλυψη των ράβδων πρέπει να έχει πάχος 1 έως 2 cm ανάλογα με το υπό κατασκευή στοιχείο. Εάν τα κατασκευαζόμενα στοιχεία είναι εκτεθειμένα στην επιρροή οξέων και σπηλαίων ατμόσφαιρα βιομηχανικών εγκαταστάσεων, τότε η επικάλυψη αυτή πρέπει να είναι πάχους τουλάχιστον 4 cm.

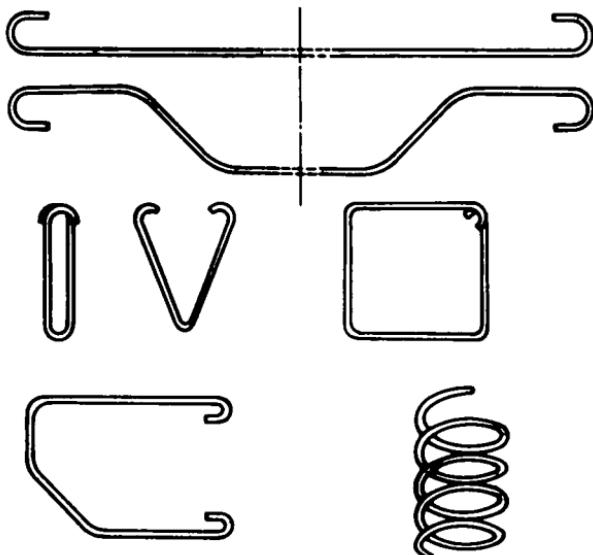


Σχ. 4.176.
Εργαλεία κοπής (α) και κάμψεως (β), σιδερένιων ράβδων οπλισμού σκυροδεμάτων.



Σχ. 4.17γ.
Εξαρτήματα πάγκου κάμψεως σιδερένιων ράβδων για οπλισμένο σκυρόδεμα. α) Για κάμψη ράβδων μικρής διαμέτρου (μέχρι 12 mm). β) Για κάμψη ράβδων διαμέτρου πάνω από 14mm.

Εκτός από μεμονωμένες ράβδους, χρησιμοποιούνται συχνά και πλέγματα από χαλύβδινα σύρματα, τα οποία κατασκευάζονται με ηλεκτροσυγκόλληση των συρμάτων. Τα πλέγματα αυτά, που έχουν διάφορα σχήματα ανάλογα με το εργοστάσιο προλεύσεώς τους, τοποθετούνται σε επίπεδα ή καμπύλα στοιχεία ο-



Σχ. 4.17δ.

Μορφές σιδερένιων ράβδων, που προορίζονται για οπλισμένο σκυρόδεμα.

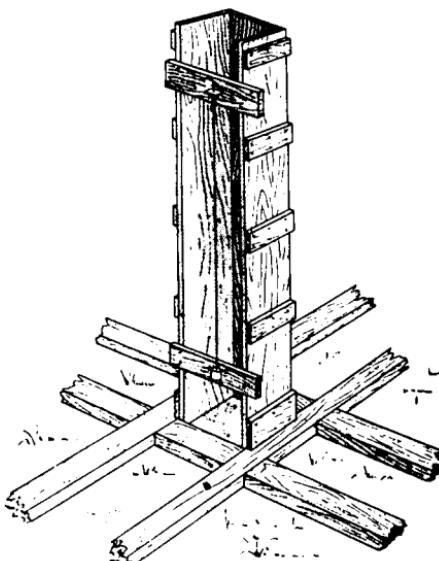
πως είναι οι πλάκες, τα κελύφη, τα τοιχία κλπ. Περισσότερες λεπτομέρειες για το σίδηρο του οπλισμένου σκυροδέματος αναφέρονται στο κεφάλαιο 7.

Τα στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευάζονται στο εργοτάξιο, δηλαδή απευθείας στην τελική θέση την οποία θα καταλάβουν ή στο εργοστάσιο, οπότε καλούνται προκατασκευασμένα στοιχεία. Από το εργοστάσιο μεταφέρονται και τοποθετούνται στην οριστική θέση τους. Στην Ελλάδα, ο πιο συνηθισμένος τρόπος κατασκευής είναι ο πρώτος. Ελάχιστα μόνο στοιχεία, όπως σωλήνες μεγάλων διαμέτρων για υδραγωγεία, στύλοι ηλεκτρικών δικτύων, δοκοί και πλαίσια αιθουσών κατασκευάζονται με το δεύτερο τρόπο.

Η σειρά των εργασιών για την κατασκευή των στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι η εξής:

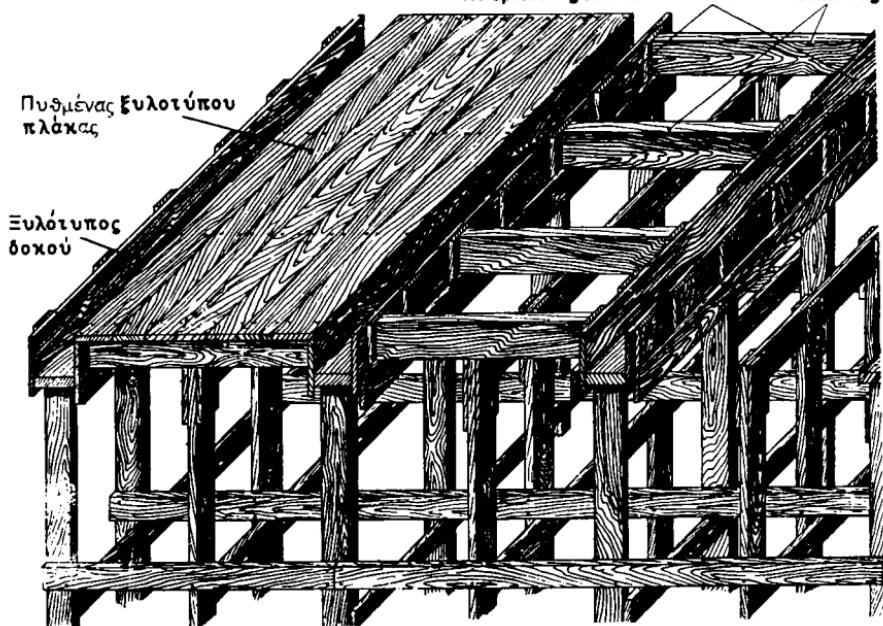
- Αρχικά κατασκευάζονται οι ξυλότυποι (τα καλούπια), συνήθως από ξύλο (σχ. 4.17ε και 4.17στ). Η προσπάθεια να κατασκευασθούν τουλάχιστον τα μεγάλης επιφανείας τμήματα των καλουπιών από λαμαρίνα δεν είχε μεγάλη επιτυχία.

- Τοποθετείται ο οπλισμός στις θέσεις που προβλέπουν τα



Σχ. 4.17ε.
Ξυλότυπος μεμονωμένου υποστυλώματος.

Πλευρικοί ξυλότυποι δοκών Δοκίδες



Σχ. 4.17στ.
Ξυλότυπος πλακών και δοκών.

σχέδια, και λαμβάνονται όλα τα μέτρα, ώστε να μην μετακινηθεί κατά τη διάρκεια της διαστρώσεως του σκυροδέματος.

– Στη συνέχεια διαβρέχεται με άφθονο νερό ο ξυλότυπος (το καλούπι) και γίνεται η διάστρωση και το κοπάνισμα του σκυροδέματος όπως γνωρίζομε.

– Τις επόμενες ημέρες γίνεται τακτική διαβροχή της επιφάνειας, για να ολοκληρωθεί ομαλά η πήξη και σκλήρυνση του σκυροδέματος.

– Αφαιρούνται οι ξυλότυποι με προσοχή χωρίς κρούσεις και κραδασμούς.

Το χρονικό διάστημα, που πρέπει να μεσολαβήσει μεταξύ της διαστρώσεως του σκυροδέματος και της αφαιρέσεως των ξυλοτύπων, εξαρτάται:

Από την ποιότητα του σκυροδέματος, από το είδος και το μέγεθος των φορτίων, που θα επιβαρύνουν το έργο αμέσως μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων, από τις καιρικές συνθήκες, που επικρατούσαν κατά την περίοδο της σκληρύνσεως του σκυροδέματος και από τη θέση, που βρίσκεται ο ξυλότυπος που πρόκειται να αφαιρεθεί.

Οι ελληνικοί κανονισμοί καθορίζουν ότι για ανοίγματα μικρότερα από 10 t και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη σκλήρυνση μεγαλύτερη από 5° C, πρέπει να διατηρούνται οι ξυλότυποι τουλάχιστον όσες ημέρες αναφέρονται στον πίνακα 4.17.1.

Εάν κατά τη διάρκεια της σκληρύνσεως συνέβη παγετός,

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.17.1

Χρόνος αφαιρέσεως ξυλοτύπων (Οι αριθμοί δίνουν το χρόνο σε ημέρες)

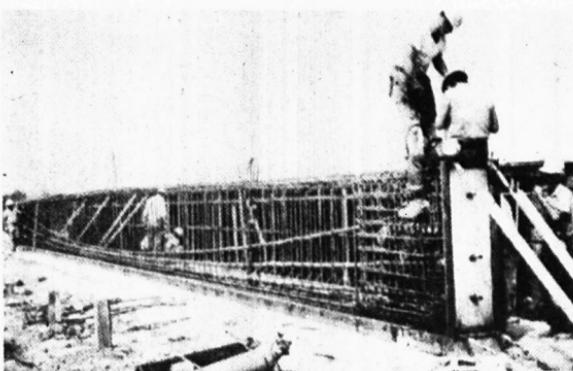
α/α	Θέσεις ξυλοτύπου	Είδος τοιμέντου	
		Κοινό	Υψηλής αντοχής
1	Πλευρικοί ξυλότυποι δοκών και υποστηλωμάτων	3	2
2	Ξυλότυποι πλακών συνηθισμένων ανοιγμάτων	8	5
3	Ξυλότυποι κάτω επιφάνειας δοκών και πλακών μεγάλων ανοιγμάτων	21	10
4	Ικριώματα ασφαλείας πλακών και δοκών	35	18

τα χρονικά όρια πρέπει να παραταθούν τόσο χρόνο, όσο διήρκεσε ο παγετός.

Το οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε όλες τις κατασκευές και τείνει να εκτοπίσει όλα σχεδόν τα μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενα υλικά. Οι φυσικοί λίθοι και το ξύλο έχουν τελείως σχεδόν αντικατασταθεί από αυτό. Τα τελευταία κυρίως χρόνια, που βελτιώθηκαν οι ιδιότητές του, και οι νέοι τρόποι χρησιμοποιήσεώς του (προεντεταμένο σκυρόδεμα, σκυρόδεμα εν κενώ) συναγωνίζεται με επιτυχία τον σίδηρο στα περισσότερα έργα, τόσο από απόψεως δαπάνης, όσο και αντοχής.

4.18 Προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Ένας άλλος τρόπος χρησιμοποιήσεως του σιδερένιου οπλισμού εφαρμόζεται στο προεντεταμένο σκυρόδεμα. Ο σίδηρος δεν τοποθετείται στον ξυλότυπο γυμνός αλλά μέσα σε σωλήνες, ώστε κατά τη διάστρωση να μην έρχεται σε επαφή με το σκυρόδεμα (σχ. 4.18a). Μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος εφαρμόζονται δυνάμεις εφελκυσμού στις σιδερένιες ράβδους και με κατάλληλες διατάξεις συγκρατούνται οι ράβδοι στην κατάσταση της εντάσεως. Με τη μέθοδο αυτή σήμερα μπορούν να κα-



Σχ. 4.18a.

Προετοιμασία για την κατασκευή μεγάλης δοκού από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Ο πλευρικός ξυλότυπος δεν έχει τοποθετηθεί ακόμα και διακρίνονται οι σωλήνες μέσα από τους οποίους θα περάσουν τα καλώδια προεντάσεως. Στην κεφαλή της δοκού έχει τοποθετηθεί μεταλλική πλάκα, από τις τρύπες της οποίας θα περάσουν τα καλώδια και θα υποστούν την πρένταση μετά τη διάστρωση και την πήξη του σκυροδέματος.

τασκευασθούν δοκοί ή πλάκες πολύ μεγάλων ανοιγμάτων, τα οποία ήταν αδύνατον να κατασκευασθούν με το συνηθισμένο οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιότερα. Το προεντεταμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται πολύ στην Ελλάδα κυρίως σε έργα γεφυροποιίας και οικοδομών.

4.19 Σκυρόδεμα εν κενώ.

Εάν μετά τη διάστρωση, αφαιρέσουμε το νερό επεξεργασίας με κατάλληλες αντλητικές συσκευές, τότε επιτυγχάνεται αύξηση της αντοχής του σκυροδέματος και επομένως η αφαίρεση των ξυλοτύπων γίνεται σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από το προβλεπόμενο για το συνηθισμένο οπλισμένο σκυρόδεμα. Το υλικό που παράγεται με αυτόν τον τρόπο λέγεται **σκυρόδεμα εν κενώ**. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται και μεγάλη ταχύτητα στην κατασκευή των στοιχείων, και οικονομία, γιατί ο ίδιος ξυλότυπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί περισσότερες φορές. Στην Ελλάδα εφαρμόσθηκε η μέθοδος αυτή κατά την κατασκευή σωλήνων υδραγωγείων.

4.20 Ειδικά σκυροδέματα.

Για να καλυφθούν ειδικές απαιτήσεις των κατασκευών, παρασκευάσθηκαν τα ειδικά σκυροδέματα. Αυτά έχουν, ανάλογα με την περίπτωση, βελτιωμένες ορισμένες ιδιότητες. Έτσι, με τη χρήση ειδικών τσιμέντων ή ειδικών αδρανών ή άλλων προσμιγμάτων επιτυγχάνεται:

- Αύξηση της αντοχής και ελάττωση του χρόνου πήξεως και σκληρύνσεως.
- Ελάττωση του ειδικού βάρους.
- Αύξηση της θερμικής και ηχητικής μονωτικής ικανότητας.
- Αύξηση της στεγανότητας.
- Αύξηση της αντοχής τους στον παγετό κλπ.

Η βελτίωση όμως μιας ή περισσοτέρων ιδιοτήτων προκαλεί μείωση των άλλων ιδιοτήτων και κυρίως μείωση της μηχανικής αντοχής των σκυροδεμάτων. Γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για ειδικές απαιτήσεις.

Τα ειδικά σκυροδέματα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, από τις οποίες οι σπουδαιότερες είναι:

1ον. Τα αργιλικά σκυροδέματα ή σκυροδέματα υψηλής αντοχής.

Κατά την παρασκευή τους δεν χρησιμοποιείται κοινό τσιμέντο Portland, αλλά αργιλικό τσιμέντο [§ 3.9 (7ον)]. Η παρασκευή του σκυροδέματος αυτού γίνεται με τον τρόπο που γνωρίζομε, αλλά χρειάζεται να παρθούν ιδιαίτερα μέτρα απαγωγής της θερμότητας κατά τη διάρκεια της πήξεως, γιατί τα αργιλικά τσιμέντα εκλύουν μεγάλα ποσά θερμότητας όταν έρθουν σε επαφή με το νερό.

Τα αργιλικά σκυροδέματα σε σύγκριση με τα κοινά, πήζουν και σκληραίνουν πολύ πιο γρήγορα και αποκτούν υψηλή αντοχή σε μικρότερο χρόνο. Έτσι είναι δυνατό να αφαιρεθούν γρηγορότερα οι ξυλότυποι (πίνακας 4.17.1). Επίσης η τελική αντοχή τους σε θλίψη είναι μεγαλύτερη από την αντοχή των κοινών σκυροδεμάτων.

Τα αργιλικά σκυροδέματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατασκευές, που εκτελούνται το χειμώνα ή σε κατασκευές, που θα υποστούν την επιρροή μεγάλων φορτίων σε σύντομο χρόνο.

2ον. Τα ελαφρά σκυροδέματα.

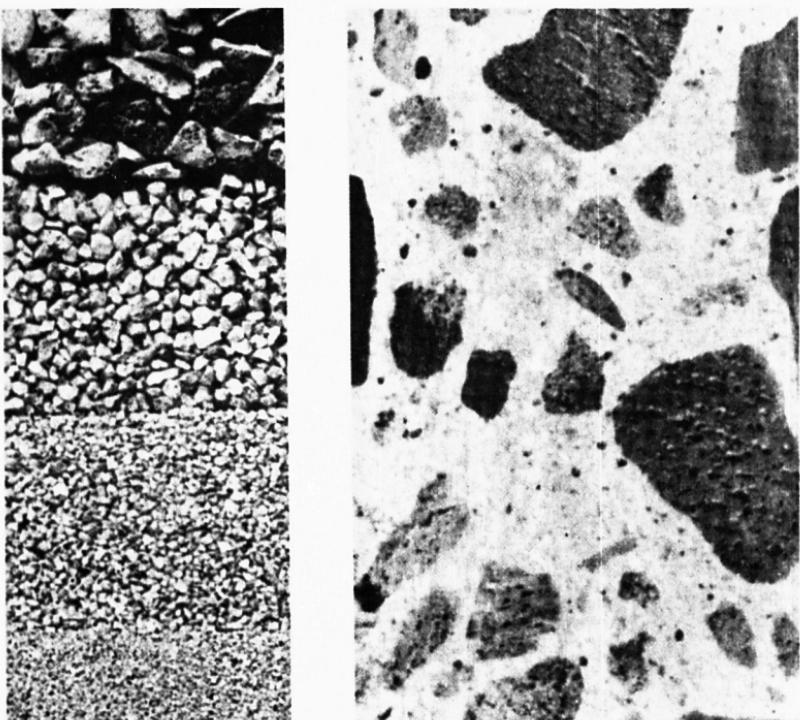
Κατά την παρασκευή τους αντί για τα συνηθισμένα αδρανή υλικά ασβεστολιθικής ή άλλης προελεύσεως χρησιμοποιούνται πορώδη και ελαφρά υλικά, όπως είναι οι σκουριές των υψικαμίνων, η ελαφρόπετρα (κίσσηρη) και ο περλίτης.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται η ελαφρόπετρα (κίσσηρη) και παρασκευάζεται το λεγόμενο *κισσηρόδεμα*, το οποίο είναι μίγμα τσιμέντου, θηραϊκής γης και ελαφρόπετρας (κίσσηρεως) με διάφορες αναλογίες (σχ. 4.20a). Το ειδικό βάρος του κισσηροδέματος μπορεί να κατέβει στα 1200 kp/m³. Χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή μονωτικών πλακών και ελαφρών τεχνητών λίθων, καθώς και για τη μόνωση ταρατσών.

Η χρησιμοποίησή του με σιδερένιο οπλισμό πρέπει να αποφεύγεται, γιατί η ελαφρόπετρα (κίσσηρη) οξειδώνει το σίδηρο επειδή περιέχει θειούχες ενώσεις και συγκρατεί νερό μέσα στους πόρους της.

3ον. Τα αεροσκυροδέματα.

Είναι μίγμα κοινών σκύρων και ενός αεροκονιάματος [§ 4.12

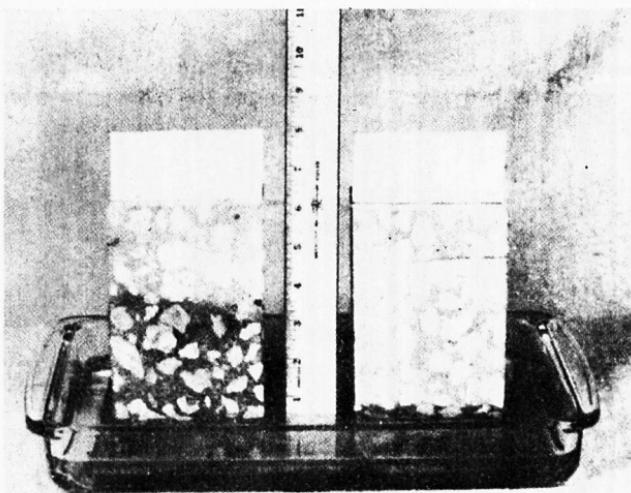


Σχ. 4.20α.

α) Διαβαθμισμένη κατά μέγεθος κόκκου ελαφρόπετρα (κίσσηρη) κατάλληλη για παρασκευή σκυροδέματος. β) Τομή σκληρυμένου κισσηροδέματος.

(20v)]. Η παρασκευή τους γίνεται όπως και των κοινών σκυροδεμάτων με τη διαφορά ότι κατά τη διάρκεια της αναμίξεως, ρίχνονται τα προσμίγματα εκείνα, που θα προκαλέσουν τη δημιουργία των κυψελών και γενικώς των κενών. Έτσι δημιουργίεται σκυρόδεμα με σπογγώδη μάζα, του οποίου το φαινόμενο βάρος μπορεί να κατέβει στα 500 kp/m^3 .

Το αεροσκυρόδεμα παρουσιάζει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες απέναντι στη θερμότητα και τον ήχο, αλλά έχει πολύ χαμηλή αντοχή, καθώς και μικρή υδατοστεγανότητα. Χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό δαπέδων, στεγών κ.ά. Επίσης χρησιμοποιείται στην κατασκευή πεζοδρομίων και προκυμαιών, κυρίως σε ψυχρές χώρες, γιατί παρουσιάζει εξαιρετική αντοχή στις επιφανειακές φθορές, που προκαλεί η πήξη και η τήξη του νερού,



Σχ. 4.206.

Δοκιμή δύο τεμαχίων σκυροδέματος με προσθήκη στο δεξιό ουσίας, που ελαττώνει την υδροαπορροφητικότητα του σκυροδέματος.

που είναι μέσα στους πόρους του, κατά την περίοδο του χειμώνα. Τα αεροσκυροδέματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί με σίδηρο, αρκεί ο σίδηρος να καλυφθεί καλά από στρώμα τσιμεντοκονίας.

4ον. Τα στεγανά σκυροδέματα.

Εάν στο κοινό σκυρόδεμα προστεθούν ορισμένες χημικές ουσίες, που κυκλοφορούν στο εμπόριο με διάφορες ονομασίες (Waterproof, Murexin, κλπ) αυξάνει η στεγανότητα και ελαττώνεται η υδροαπορροφητικότητά του (σχ. 4.20β). Οι ουσίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την αύξηση της στεγανότητας οπλισμένων σκυροδεμάτων.

4.21 Ασφαλτοσκυρόδεμα.

Το ασφαλτοσκυρόδεμα είναι μίγμα ασφαλτικών υλικών, άμμου και σκύρων. Τα ασφαλτικά υλικά, που αποτελούν τη συγκολλητική ύλη, γεμίζουν τα κενά της άμμου και συγκολλούν

τους κόκκους της με τα σκύρα, ακριβώς όπως ενεργεί το τσιμέντο στο τσιμεντοσκυρόδεμα.

Τα χρησιμοποιούμενα ασφαλτικά υλικά είναι φυσικές ή τεχνητές άσφαλτοι και πίσσες των λιθανθράκων [κεφ. 3, § 3.10 (20v)].

Τα υλικά αυτά έχουν ισχυρές συγκολλητικές ιδιότητες, μεγάλη ευστάθεια, δηλαδή αντοχή στο χρόνο και δεν επηρεάζονται από τις καιρικές μεταβολές. Η επιλογή του καταλληλότερου υλικού για κάθε περίπτωση γίνεται πειραματικά και μετά σύγκριση προς άλλα υλικά, που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί.

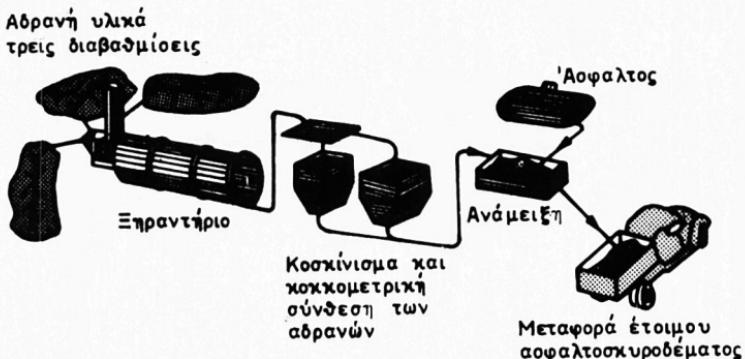
Τα αδρανή υλικά πρέπει να έχουν μεγάλη αντοχή σε τριβή, γιατί τα ασφαλτοσκυροδέματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή οδοστρωμάτων, όπου η μεγαλύτερη καταπόνηση προέρχεται από τις τριβές των κινουμένων οχημάτων. Πρέπει επομένως τα σκύρα να λαμβάνονται από πετρώματα μεγάλης σκληρότητας και να είναι απαλλαγμένα από πηλό και άλλες ξένες ουσίες. Στα οδοστρώματα οδών συνηθισμένης κυκλοφορίας τα σκύρα πρέπει να προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα.

Η αναλογία μίξεως των υλικών του ασφαλτοσκυροδέματος εξαρτάται από το είδος του ασφαλτικού υλικού και την κατηγορία της οδού, επάνω στην οποία θα γίνει το οδόστρωμα. Άλλες αναλογίες θα ληφθούν για ορεινές οδούς, που υφίστανται τον χειμώνα τις επιδράσεις του χιονιού και του πάγου και άλλες για πεδινές.

Επίσης διαφορετικής συνθέσεως θα είναι το ασφαλτοσκυρόδεμα που προορίζεται για οδούς θερμών ή ψυχρών κλιμάτων και για τις οδούς των πόλεων ή της υπαίθρου. Πάντως ο καθορισμός των αναλογιών γίνεται, αφού προηγουμένως υπολογισθούν τα κενά των αδρανών υλικών, ώστε η ασφαλτική κονία να μην είναι περισσότερη ή λιγότερη από ό,τι απαιτείται. Το ποσοστό της είναι συνήθως ίσο προς το 4 έως 10% του βάρους των αδρανών.

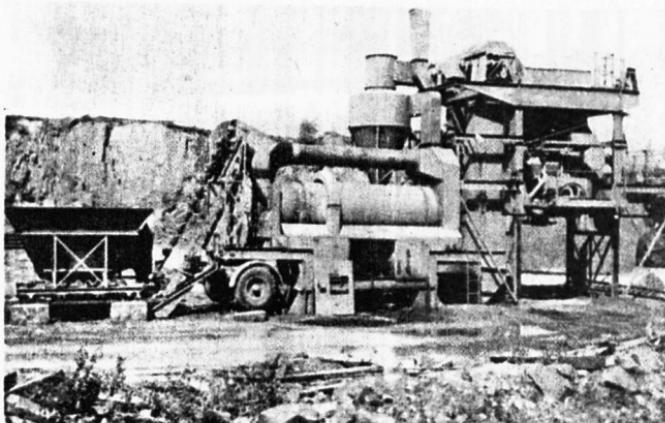
Η παρασκευή του ασφαλτοσκυροδέματος γίνεται αν αναμίξομε τα αδρανή υλικά, αφού προηγουμένως προθερμανθούν και ξηρανθούν στους 100° έως 150° C, με την άσφαλτο μέσα σε ειδικό αναμικτήρα (σχ. 4.21α και σχ. 4.21β).

Η άσφαλτος και η πίσσα επίσης προθερμαίνονται. Αφού τελειώσει η ανάμιξη και το μίγμα γίνεται ομοιογενές, το υλικό μεταφέρεται στη θέση διαστρώσεώς του και με τη βοήθεια ειδικών



Σχ. 4.21a.

Διάγραμμα παρασκευής ασφαλτοσκυροδέματος στο εργοτάξιο.

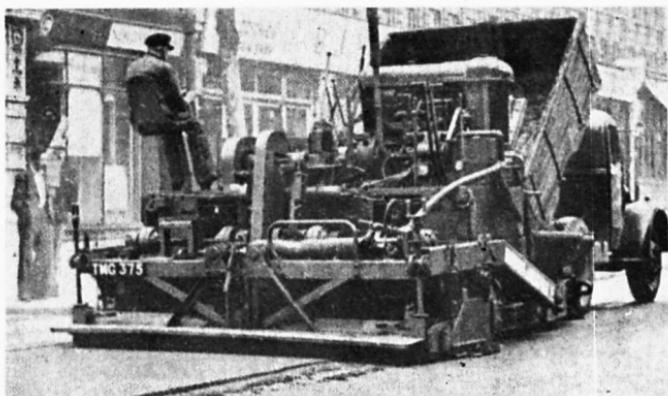


Σχ. 4.21b.

Εγκατάσταση παρασκευής ασφαλτοσκυροδέματος τοποθετημένη κοντά σε λατομείο, από όπου παίρνομε τα αδρανή υλικά.

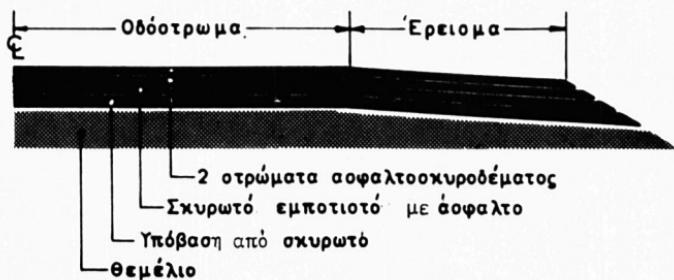
μηχανημάτων (διαστρωτήρες) και κυλίνδρων διαστρώνεται και συμπυκνώνεται, μέχρι να φθάσει στο πάχος που θέλομε (σχ. 4.21γ).

Το ασφαλτοσκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή του πρώτου στρώματος (τάπητος) και της επιφάνειας κυκλοφορίας (τελικός τάπητας) των ασφαλτικών οδοστρωμάτων και των διαδρόμων των αεροδρομίων (σχ. 4.21δ). Επίσης χρησιμο-



Σχ. 4.21γ.

Διάστρωση ασφαλτοσκυροδέματος σε οδόστρωμα.



Σχ. 4.21δ.

Κατά πλάτος τομή ασφαλτικού οδοστρώματος.

ποιείται σε πολλά υδραυλικά έργα για να σφραγισθούν υδροπερατά εδάφη και να συγκρατηθούν τα πρανή τάφρων, αρδευτικών αυλακιών κλπ (σχ. 4.21ε).

Η ποιότητα και το είδος των υλικών, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή ασφαλτοσκυροδέματος, ο έλεγχος των ιδιοτήτων και η κοκκομετρική σύνθεσή τους, ο τρόπος αναμίξεως και παρασκευής και ο τρόπος διαστρώσεως αναφέρονται λεπτομερώς στις Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΤΠ) του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, προκειμένου για κατασκευές οδοστρωμάτων στις ελληνικές οδούς.



Σχ. 4.21ε.

Προστατευτική επένδυση πρανών φράγματος με ασφαλτοσκυρόδεμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΠΟ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

5.1 Γενικά.

Εδώ εξετάζονται τα προϊόντα, που κατασκευάζονται με βασικές πρώτες ύλες μία από τις γνωστές συγκολλητικές ύλες (κεφ. 3) και ένα ή περισσότερα αδρανή υλικά. Στο μίγμα αυτό, αδρανών και κονίας, δίνονται, με τη βοήθεια ειδικών μηχανών, ορισμένα πάντοτε σχήματα και διαστάσεις.

Με άλλα λόγια μπορούμε να πούμε ότι τα προϊόντα που εξετάζονται εδώ κατασκευάζονται από λεπτοκονιάματα ή χονδροκονιάματα, τα οποία με τη βοήθεια μηχανικών μέσων, παίρνουν ορισμένη μορφή κατάλληλη για το σκοπό, για τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Ανάλογα με το σχήμα τους και τον προορισμό τους τα προϊόντα αυτά κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

α) *Τεχνητοί λίθοι.* Έχουν σχήμα πρισματικό ή πλακοειδές και χρησιμοποιούνται εκεί όπου παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ακατέργαστοι ή κατεργασμένοι φυσικοί λίθοι. Τεχνητοί λίθοι είναι μεταξύ των άλλων οι οπτόπλινθοι (τα τούβλα), οι ελαφρόπετρες (οι κισσηρόπλινθοι), οι προκατασκευασμένες δοκοί και πλάκες, οι ταμεντόπλακες και γενικά οι κεραμικές πλάκες και πλακίδια.

β) *Είδη για εγκαταστάσεις και μονώσεις.* Εδώ περιλαμβάνονται τα τεχνητά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις αποχετεύσεως και υδρεύσεως, π.χ. σωλήνες, υδραυλικοί υποδοχείς κ.ά., και αυτά που χρησιμοποιούνται για μονώσεις ή ήγια διακοσμητικούς σκοπούς, όπως π.χ. γύψινες διακοσμήσεις, μονωτικές πλάκες κ.ά.

Τα σχήματα και οι διαστάσεις αυτών των προϊόντων είναι ποικίλλα.

Μερικά από τα τεχνητά αυτά υλικά, όπως π.χ. οι ωμόπλινθοι (πλίθρες ή πλίθες) και οι οπτόπλινθοι (τούβλα), χρησιμοποιούνται ήδη από τους αρχαίους χρόνους. Αποτελούν τους προδρόμους των τεχνητών υλικών που χρησιμοποιούμε σήμερα.

Η πρώτη κονία, που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των υλικών αυτών ήταν η πηλοκονία, η οποία αναμιγμένη με άμμο βρίσκεται πολύ διαδεδομένη στη φύση (κεφ. 3, § 3.1, κεφ. 4, § 4.6). Με απλή μορφοποίηση και ξήρανση του πηλοκονιάματος αυτού, χωρίς άλλη κατεργασία, κατασκευάσθηκαν οι πρώτοι τεχνητοί λίθοι.

Με την πάροδο του χρόνου ανακαλύφθηκαν νέες ισχυρότερες κονίες, όπως π.χ. ο ασβέστης και ο γύψος, και τα τεχνητά υλικά βελτιώθηκαν σημαντικά. Εκείνο όμως που έδωσε τη σημερινή τεράστια ώθηση στην κατασκευή των τεχνητών υλικών ήταν η χρήση του τσιμέντου, σε συνδυασμό με την τελειοποίηση των μηχανών και την εφαρμογή νέων μεθόδων.

Σήμερα η κατασκευή των υλικών αυτών γίνεται από μεγάλες επιχειρήσεις με σοβαρές μηχανικές εγκαταστάσεις, ενώ πριν από μερικά ακόμη χρόνια γινόταν από βιοτεχνίες με περιορισμένη χρήση μηχανών.

Η ανάγκη που ώθησε τον άνθρωπο να χρησιμοποιήσει τα τεχνητά υλικά ήταν αρχικά η έλλειψη φυσικών λίθων, πράγμα που συνέβαινε στις εκτεταμένες πεδιάδες όπου αναπτύχθηκαν οι πρώτοι πολιτισμοί (Αίγυπτος, Μεσοποταμία κλπ.). Άλλα και σε περιοχές με άφθονους φυσικούς λίθους, επειδή υπήρχε δυσκολία στην εξόρυξη και τη μεταφορά τους, χρησιμοποιήθηκαν από την αρχή τεχνητά υλικά, σε περιορισμένη πάντως κλίμακα.

Με τη βελτίωση βέβαια των εργαλείων, των οδών και των μεταφορικών μέσων και την ανακάλυψη της πυρίτιδας, οι φυσικοί λίθοι για μεγάλο χρονικό διάστημα και μέχρι το τέλος του περασμένου αιώνα εξακολουθούσαν να αποτελούν το κύριο οικοδομικό υλικό.

Η ανακάλυψη όμως του τσιμέντου, η χρησιμοποίηση μηχανημάτων, η βελτίωση των μεθόδων παραγωγής και οι μεγαλύτερες απαιτήσεις των τεχνικών έργων, τόσο από την άποψη της ποικιλίας των μορφών, της ποιότητας και της εμφανίσεως, όσο και από την άποψη της ταχύτητας αποπερατώσεώς τους και της οικονομίας, ανέτρεψαν την κατάσταση.

Σήμερα δεν χρησιμόποιούνται πια φυσικοί λίθοι, ως κύρια υλικά δομής εκτός από λίγες εξαιρέσεις. Τα παντός είδους τεχνητά υλικά σε συνδυασμό προς το οπλισμένο σκυρόδεμα και το χάλυβα αποτελούν τα βασικά υλικά κατασκευής.

5.2 Πλεονεκτήματα των τεχνητών υλικών.

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα φυσικά υλικά είναι:

α) Κρατούν σταθερές τις ιδιότητές τους και γενικά τη συμπεριφορά τους απέναντι στις εξωτερικές επιδράσεις. Οι τεχνητοί λίθοι, εφόσον κατασκευάζονται σε εργοστάσιο με όλους τους κανόνες της επιστήμης και υφίστανται ελέγχους που προβλέπονται από τους κανονισμούς, αποκτούν σταθερές ιδιότητες. Επίσης η ποιότητα κάθε είδους τεχνητών λίθων είναι ενιαία και ανεξάρτητη από το χρόνο ή τον τόπο κατασκευής.

Στους φυσικούς λίθους δεν συμβαίνει αυτό. Στο ίδιο είδος φυσικών λίθων ποικίλλει η χημική και ορυκτολογική σύσταση και τα άλλα χαρακτηριστικά τους, με συνέπεια να εκδηλώνουν σε διαφορετικό βαθμό τις διάφορες ιδιότητές τους. Π.χ. υπάρχουν ασβεστόλιθοι της ίδιας περίπου χημικής και ορυκτολογικής συστάσεως, αλλά των οποίων η αντοχή σε θλίψη ή το πορώδες παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές από λίθο σε λίθο, έστω και αν προέρχονται από το ίδιο πέτρωμα.

β) Είναι εύκολο να κατασκευάζομε τεχνητούς λίθους με αυξημένο βαθμό εκδηλώσεως ορισμένων ιδιοτήτων για να καλύψουμε ειδικές απαιτήσεις ενός έργου. Είναι δυνατόν να κατασκευασθούν τεχνητοί λίθοι με αυξημένη μηχανική αντοχή, ή με μεγάλη θερμομονωτική ή ηχομονωτική ικανότητα ή με μεγάλη αντοχή στη φωτιά. Στους φυσικούς λίθους δεν είναι δυνατόν να συμβεί αυτό.

γ) Μπορούμε να αποκτήσουμε υλικά οποιασδήποτε μορφής και διαστάσεων. Επειδή τα τεχνητά υλικά προέρχονται, όπως γνωρίζομε από κονιάματα ή κονιοδέματα, τα οποία πριν από την πήξη τους βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση, είναι δυνατόν, με τη χρήση καταλλήλων καλουπιών (τύπων), να πάρουν διάφορα σχήματα και διαστάσεις.

Έτσι, τα διάφορα στοιχεία ενός έργου (τοίχοι, δάπεδα, επι-

καλύψεις κλπ) μπορούν να κατασκευασθούν με τις ελάχιστες διαστάσεις, που έχουν προκύψει από τον υπολογισμό ή την εμπειρία και συνεπώς να επιτευχθεί και οικονομία άλλα και ταχύτητα. Επίσης είναι δυνατόν να προκύψουν υλικά με ποικίλα σχήματα, όπως π.χ. ευθύγραμμοι ή καμπύλοι σωλήνες, διάφορα διακοσμητικά στοιχεία κ.ά. Για τους φυσικούς λίθους η δυνατότητα αυτή είναι πολύ περιορισμένη και εάν το προσπαθήσομε, επειδή αυτό μπορεί να γίνει μόνο με λάξευσή τους, κοστίζει πολύ ακριβά.

δ) Μπορούμε να τυποποιήσομε τις διαστάσεις και την ποιότητά τους. Η ευκολία ελέγχου των ιδιοτήτων και της ποιότητας των υλικών καθώς και η δυνατότητα κατασκευής τους με διαστάσεις που καθορίζονται από πριν, επιτρέπουν την τυποποίησή τους. Είναι δυνατόν δηλαδή εάν συμφωνήσουν μεταξύ τους οι κατασκευαστές ή εάν παρέμβει το κράτος (μέσα από τους κανονισμούς), να κατασκευάζονται από όλα τα εργοστάσια ή βιοτεχνίες ενός κράτους ή μιας ομάδας κρατών τεχνητά υλικά με τις ίδιες πάντοτε διαστάσεις και με την ίδια ποιότητα σε κάθε είδος. Έτσι, αυτός που χρησιμοποιεί ένα είδος τεχνητού υλικού γνωρίζει ότι, όπου και όποτε το παραγγείλει, οι διαστάσεις, η μορφή και η ποιότητα του είδους αυτού θα είναι οι ίδιες πάντοτε και σύμφωνα με τους κανονισμούς που ισχύουν.

Εξαιτίας των πλεονεκτημάτων αυτών υπερτερούν οι κατασκευές από τεχνητά υλικά, από τις κατασκευές που κατασκευάζονται από φυσικούς λίθους στα εξής:

α) Είναι ελαφρότερες. Έτσι τα νεκρά φορτία που μεταβιβάζονται στα φέροντα στοιχεία και στο έδαφος είναι μικρότερα και επομένως είναι δυνατή η κατασκευή μεγαλυτέρων έργων (περισσότεροι όροφοι στα κτήρια, μεγαλύτερα ανοίγματα δοκών κ.ά.).

β) Προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια από καταρρεύσεις, φωτιά και άλλους κινδύνους. Οι ιδιότητες των τεχνητών υλικών είναι από πριν γνωστές και σταθερές και είναι εύκολος ο έλεγχός τους. Γι' αυτό η περίπτωση να βγει "ελαττωματικό υλικό" είναι δυνατόν να περιορισθεί σημαντικά αρκεί να προσέξουμε κατά την κατασκευή.

γ) Προστατεύουν περισσότερο από τις ατμοσφαιρικές μεταβολές, τον ήχο και το νερό, γιατί μπορούν να χρησιμοποιού-

νται υλικά με αυξημένες τις αντίστοιχες ιδιότητες.

δ) Είναι φθηνότερες, γιατί τα βιομηχανικά υλικά έχουν κατά κανόνα μικρότερη τιμή από τα φυσικά.

ε) Κατασκευάζονται σε πολύ μικρότερο χρόνο.

Το μειονέκτημα των κατασκευών από τεχνητούς λίθους σε σύγκριση με τις κατασκευές από φυσικούς είναι ότι αντέχουν λιγότερο στο χρόνο. Πραγματικά φαίνεται ότι οι κατασκευές από φυσικούς λίθους διατηρούνται περισσότερο χρόνο, από εκείνες που κατασκευάσθηκαν με τα πρώτα τεχνητά υλικά, τα τούβλα.

Τα διάφορα τεχνητά υλικά εξετάζονται με βάση τη συγκολλητική ύλη, που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους, ανεξάρτητα από τη κατηγορία που ανήκουν. Κι' αυτό γιατί οι ιδιότητες και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά των τεχνητών υλικών, εξαρτώνται άμεσα από το είδος της συγκολλητικής ύλης.

5.3 Τεχνητά υλικά από πηλοκονία.

Τα υλικά αυτά κατασκευάζονται από πηλοκονία (κεφ. 4, § 4.7) διαφόρων αναλογιών πηλοκονίας και άμμου. Διαιρούνται βασικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Ωμές πλίνθοι (άνοπτες) (πλίθρες) και
- Ψημένα (οπτά) υλικά, ή αλλοιώς, κεραμικά προϊόντα.

Στη δεύτερη κατηγορία διακρίνομε τα τούβλα, τα κεραμίδια (τις κεράμους), τα πλακίδια από πηλό και πορσελάνη, τους πηλοσωλήνες, τα πήλινα διακοσμητικά στοιχεία, τα πυρίμαχα τούβλα και διάφορα άλλα ειδικής χρήσεως υλικά, όπως είναι π.χ. οι υδραυλικοί υποδοχείς.

5.4 Ωμές (άνοπτες) πλίνθοι.

Η χρήση των υλικών αυτών είναι σήμερα πολύ περιορισμένη και τείνουν να εκλείψουν τελείως επειδή είναι ευπαθή στο νερό. Πάντως χρησιμοποιούνται ακόμη σε δευτερεύουσες βοηθητικές κατασκευές, όπως π.χ. αγροτικές κατοικίες, μικρές αποθήκες, σταύλοι κ.ά.

Για την κατασκευή των ωμών πλίνθων χρησιμοποιούνται αδύνατοι (ισχνοί) πηλοί που περιέχουν πηλοκονία 15 έως 20%, και αφθονούν στη φύση. Αρχικά οι αδύνατοι (ισχνοί) πηλοί αναμιγνύονται κυρίως με άχυρα και τρίχες κατσίκας για να αυξηθεί η συνοχή τους και στη συνέχεια μορφο-



Σχ. 5.4α.

Έκθεση ωμοπλίνθων σε ανοικτό χώρο για να ξεραθούν.

φοποιούνται με τα χέρια, ή με κατάλληλα καλούπια σε πρίσματα διαφόρων διαστάσεων. Ύστερα οι ωμές πλίνθοι στερεοποιούνται όταν εκτεθούν στον αέρα, οπότε εξατμίζεται το νερό που περιέχουν και έτσι ξηραίνονται (σχ. 5.4α). Ο χρόνος εκθέσεως εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Υπερβολική ατμοσφαιρική υγρασία επιβραδύνει την ξήρανση.

Με τις ωμοπλίνθους κατασκευάζονται εξωτερικοί ή εσωτερικοί τοίχοι μικρών οικοδομών, κυρίως σε μέρη όπου οικονομικοί λόγοι το επιβάλλουν, καθώς και διαχωριστικοί τοίχοι των οικοπέδων (μανδρότοιχοι). Οι κατασκευές αυτές μπορούν να διατηρηθούν πολύ χρόνο, εάν πάρομε μέτρα προστασίας τους από την επιρροή του νερού. Συγκεκριμένα πρέπει:

– Οι τοίχοι αυτοί να κτίζονται επάνω σε βάση από υλικά που δεν επηρεάζονται από το νερό (π.χ. λιθοδομή από φυσικούς λίθους), ώστε να μην έρχονται σε επαφή με την εδαφική υγρασία και

– να προστατεύεται η προς τον εξωτερικό χώρο επιφάνειά τους με επίχρισμα (ασβεστοκονίαμα ή τσιμεντοκονίαμα), για να μην υφίστανται φθορά από τα νερά της βροχής.

Έτσι είναι δυνατόν να κατασκευασθούν φθηνές οικοδομές που προσφέρουν υγιεινή διαμονή.

5.5 Κεραμικά προϊόντα.

1ον. Γενικά. Ιστορικό.

Ονομάζομε κεραμικά τα υλικά, τα οποία κατασκευάζονται

με ψήσιμο αργίλου (πηλοκονιάματος), αφού προηγουμένως δοθεί σ' αυτήν η κατάλληλη μορφή. Η ποικιλία και η χρήση των κεραμικών προϊόντων είναι πολύ μεγάλη.

Κατασκευάζονται προϊόντα για οικιακή χρήση και βιομηχανική χρήση, για εργαστηριακούς και διακοσμητικούς σκοπούς, για οικοδομικές εργασίες κ.ά.

Εδώ θα εξετάσουμε μόνο τα κεραμικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται στην οικοδομική και τα οποία είναι:

- Οι οπτόπλινθοι (κοινά τούβλα)
- Τα κεραμίδια.
- Οι κεραμικές πλάκες και τα πλακίδια.
- Οι πηλοσωλήνες και
- τα είδη υγιεινής.

Η τέχνη, που ασχολείται με την κατασκευή όλων των κεραμικών προϊόντων, καλείται **κεραμευτική**. Αυτή άνθησε ιδιαίτερα στον ασυροβαθυλωνιακό και αιγυπτιακό πολιτισμό.

Στην αρχαία Ελλάδα η κεραμευτική αναπτύχθηκε μόνο για την κατασκευή οικιακών σκευών, δοχείων αποθήκευσεως τροφίμων, διακοσμητικών στοιχείων καθώς και καλλιτεχνικών αντικειμένων, όπως π.χ. οι Ταναγραίες. Σε καθαρά δομικές εργασίες τα κεραμικά ελάχιστα χρησιμοποιήθηκαν (κατασκευάζονταν κυρίως κεραμίδια), επειδή υπήρχαν άφθονοι και άριστης ποιότητας φυσικοί λίθοι (ασβεστόλιθοι-μάρμαρα). Το σοβαρότερο τεχνικό έργο, που κατασκευάσθηκε με τούβλα, ήταν το Αδριανείο υδραγωγείο των Αθηνών.

2ον. Παρασκευή κεραμικών υλικών.

Για όλα τα κεραμικά προϊόντα ακολουθείται η εξής παραγωγική διαδικασία:

– Προετοιμάζεται η πρώτη ύλη (το πηλοκονίαμα), αφού καθορισθεί η σχέση κατ' όγκο ή κατά βάρος μεταξύ της πηλοκονίας, της άμμου και του νερού. Η σχέση αυτή εξαρτάται από το είδος που πρόκειται να κατασκευασθεί και από τη μέθοδο που θα ακολουθηθεί.

– Δίνεται το σχήμα, που θα έχει τελικά το υλικό. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια καταλλήλων καλουπιών (τύπων) ή με τα χέρια.

- Εκτίθεται το υλικό στον αέρα ή τοποθετείται σε ειδικούς θαλάμους για να ξεραθεί και τέλος
- μεταφέρεται σε κατάλληλες καμίνους (φούρνους), όπου ψήνεται και στερεοποιείται.

Πιο κάτω αναλύομε τις φάσεις αυτές κατά σειρά:

α) Πρώτη ύλη και προετοιμασία της. Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται διάφοροι πηλοί ή άργιλοι.

Το δραστικό συστατικό, δηλαδή η συγκολλητική ύλη του πηλού, είναι η πηλοκονία, η οποία αποτελείται κυρίως από ένυδρο πυριτικό αργίλιο και από άλλες ουσίες, όπως π.χ. είναι τα οξειδία του σιδήρου, του μαγνησίου, του ασβεστίου. Κάθε μία από τις ουσίες αυτές επιδρά με διαφορετικό τρόπο στις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Επομένως το ποσοστό της πηλοκονίας, που πρέπει να περιέχεται στον πηλό, εξαρτάται από το είδος του προϊόντος που πρόκειται να παραχθεί.

Το δεύτερο συστατικό του πηλού είναι η άμμος, κυρίως χαλαζιακής προελεύσεως.

Οι αναλογίες πηλοκονίας και άμμου καθορίζουν την πλαστικότητα του υλικού και το εργάσιμό του. Με βάση τις αναλογίες αυτές διακρίνονται οι πηλοί σε τρεις κατηγορίες:

- Παχιοί, με μεγάλη περιεκτικότητα σε πηλοκονία.
- Αδύνατοι (ισχνοί), με μικρή περιεκτικότητα σε πηλοκονία.
- Κανονικοί, με την απαιτούμενη πηλοκονία για να γεμίσουν μόνο τα κενά της άμμου.

Κάθε ένα από τα κεραμικά προϊόντα, για να κατασκευασθεί απαιτεί πηλό ορισμένης κατηγορίας, όπως θα δούμε πιο κάτω.

Τέλος, το τρίτο συστατικό είναι το νερό που κάνει το πηλοκονίαμα εύπλαστο. Η ποσότητα νερού εξαρτάται από την κατηγορία, στην οποία ανήκει ο πηλός, καθώς και από τη μέθοδο που θα ακολουθήσουμε για την κατασκευή του προϊόντος.

Η πρώτη λοιπόν ύλη - το πηλοκονίαμα ή πηλός ή άργιλος είναι μίγμα, με διάφορες αναλογίες, των τριών συστατικών που αναφέραμε (πηλοκονία, άμμος και νερό).

Η πρώτη αυτή ύλη λαμβάνεται από ορισμένες κατάλληλες επιφανειακές θέσεις, που έχουμε διαλέξει. Επειδή όμως στις διάφορες θέσεις η χημική σύσταση της πηλοκονίας και οι αναλογίες αυτής και της άμμου δεν είναι σταθερές και ούτε, κατά κανόνα, κατάλληλες για την κατασκευή κάθε προϊόντος, είναι απαραίτητο

να γίνει κάποια προεργασία.

Η προεργασία αυτή συνίσταται κυρίως στην απόκτηση πηλού καταλλήλων αναλογιών.

Δεν μεταβάλλομε τη χημική σύνθεση της πηλοκονίας, πράγμα δύσκολο και δαπανηρό. Πάντως για να καταλήξουμε στον προσδιορισμό της θέσεως, από την οποία θα εξαχθεί η πρώτη ύλη, καλό είναι να γίνεται προηγουμένως χημική ανάλυση του πηλού και εάν προκύψει ότι ορισμένα επιβλαβή συστατικά του, π.χ. το οξειδίο του ασβεστίου, ο γύψος, ο άνθρακας κλπ., υπερβαίνουν τα προβλεπόμενα μέγιστα ποσοστά, τότε πρέπει να εγκαταλείπομε το κοίτασμα αυτό και να αναζητάμε νέο.

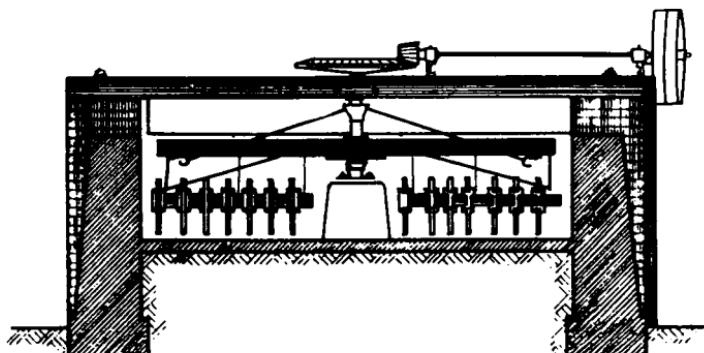
Η απόκτηση πηλού της κατάλληλης συστάσεως γίνεται με τρεις τρόπους:

- Αφαιρούμε άμμο ή προσθέτομε πηλοκονία, εάν ο πηλός είναι αδύνατος (ισχνός) (εμπλοιτισμός του πηλού).
- Προσθέτομε άμμο ή αφαιρούμε πηλοκονία, όταν ο πηλός είναι παχύς (απίσχναση του πηλού) και
- αναμιγνύομε δύο ή περισσότερους διαφορετικής αλλά γνωστής συστάσεως πηλούς, με καθορισμένες αναλογίες.

Ο εμπλοιτισμός γίνεται συνήθως με αφαίρεση της άμμου. Το αργό υλικό ρίχνεται μέσα σε κατάλληλη δεξαμενή, με πτερυγοφόρο αναδευτήρα τοποθετημένο στον άξονά της, στην οποία το νερό ρέει με ορισμένη ταχύτητα. Τα ελαφρά υλικά (φυτικές ίνες, ξυλαράκια κ.ά.) συλλέγονται στην επιφάνεια, ενώ η άμμος και τα μικρά χαλίκια συγκεντρώνονται στον πυθμένα της δεξαμενής. Η πηλοκονία αιωρείται στο μέσον, παρασύρεται από το νερό που κινείται και μαζεύεται μέσα σε λάκκους, όπου μετά την εξάτμισή του παραμένει πηλός πλούσιος σε πηλοκονία (σχ. 5.5a).

Η απίσχναση (το αδυνάτισμα) γίνεται με ανάμιξη του πηλού με άμμο ή άλευρο διαφόρων πετρωμάτων ή ακόμη με πριονίσματα ξύλου ή φλοιών. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η περιεκτικότητα του πηλού σε αδρανή υλικά και έτσι ελαττώνεται το ποσοστό της πηλοκονίας.

Αφού αποκτήσομε υλικό με κατάλληλη σύσταση το μαλάζομε για να αποκτήσει ομοιογένεια και για να κατανεμηθεί κανονικά σε όλη τη μάζα το νερό επεξεργασίας. Η μάλαξη γίνεται μέσα σε ειδικά μηχανήματα, τα κύρια στοιχεία των οποίων είναι κύλινδροι που περιστρέφονται με αντίστροφη φορά ή ατέρμονες



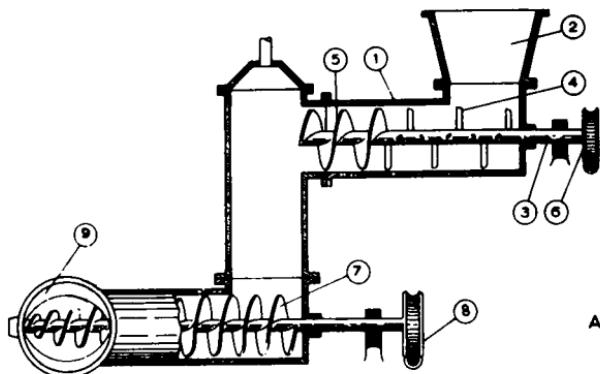
Σχ. 5.5α.

Δεξαμενή αναδεύσεως πηλών για τον εμπλουτισμό τους σε πηλοκονία.

κοχλίες, οι οποίοι μαλάζουν και συγχρόνως προωθούν την πρώτη ύλη προς τα καλούπια (τους τύπους) όπου το υλικό αποκτά την τελική του μορφή (σχ. 5.5β).

β) Μόρφωση. Η τελική μορφή που παίρνουν τα προϊόντα, η απόκτηση δηλαδή του επιθυμητού σχήματος γίνεται με εφαρμογή πιέσεως επάνω στην πρώτη ύλη. Αυτό γίνεται με τα χέρια ή με κατάλληλες μηχανές και με τη βοήθεια καλουπιών ή άλλων συσκευών.

Η ένταση της πιέσεως αυτής εξαρτάται από την περιεκτι-



Σχ. 5.5β.

Μηχανή μαλάξεως πηλοκονιάματος.

- 1) Περίβλημα μηχανής. 2) Χοόανη φορτώσεως. 3) και 6) Άξονας και οδοντωτός τροχός μεταδόσεως κινήσεως. 4) και 5) Πτερύγια ατέρμονα κοχλία. 7) Δεύτερος ατέρμονας κοχλίας μεταβλητής διαμέτρου. 8) Οδοντωτός τροχός μεταδόσεως κινήσεως. 9) Έξοδος πηλοκονιάματος.

κότητα του πηλού σε νερό. Διακρίνομε δύο μεθόδους μορφώσεως:

- Την υγρή και ύψυγρη μέθοδο.
- Την ξηρή μέθοδο.

Κατά την υγρή μέθοδο ο πηλός περιέχει αρκετή ποσότητα νερού, είναι πολύ εύπλαστος και απαιτείται μικρή πίεση, για να αποκτήσει τη μορφή που επιθυμούμε.

Αντίθετα, στην ξηρή μέθοδο το περιεχόμενο νερό είναι ελάχιστο, ο πηλός είναι σχεδόν στεγνός και απαιτείται ισχυρή πίεση, για να διατηρήσουμε τη μορφή του πηλού πριν τον ψήσομε.

Και οι δύο μέθοδοι παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ τους και η εφαρμογή της μιας ή της άλλης εξαρτάται βασικά από την ποιότητα του πηλού και από το είδος του προϊόντος που πρόκειται να κατασκευασθεί.

Οι κύριες διαφορές, που παρουσιάζουν οι δύο αυτές μέθοδοι, είναι:

1. Η εφαρμογή μικρότερης πιέσεως κατά τη μορφοποίηση του προϊόντος με την υγρή μέθοδο. Συνέπεια αυτού είναι η κατανάλωση μικρότερης ενέργειας (μηχανικής ή ανθρώπινης) και η χρησιμοποίηση ελαφρότερου μηχανικού εξοπλισμού.

2. Όταν εφαρμόζεται η ξηρή μέθοδος, το προϊόν παραμένει για λιγότερο χρόνο στα ξηραντήρια πριν το ψήσομε, γιατί περιέχει μικρή ποσότητα νερού. Έτσι συντομεύεται ο χρόνος παραγωγής του προϊόντος και ελαττώνεται το ποσοστό καταστροφής των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούμε στα ξηραντήρια.

3. Τα προϊόντα που παράγονται με την υγρή μέθοδο είναι περισσότερο πορώδη και ελαφρά, γιατί το εξατμιζόμενο κατά τη ξήρανση νερό αφήνει κενά μέσα στη μάζα του υλικού.

4. Οι παραμορφώσεις κατά το ψήσιμο (την όπτηση) και τα ρήγματα είναι πολύ μεγαλύτερα στην περίπτωση εφαρμογής της υγρής μεθόδου, αν δεν πάρομε κατάλληλα μέτρα για να τα αποφύγουμε.

Ο βαθμός ρευστότητας ή ξηρότητας της πρώτης ύλης κατά την εφαρμογή των δύο αυτών μεθόδων εξαρτάται από το είδος του παραγόμενου προϊόντος και από το μηχανικό εξοπλισμό που διαθέτει το εργοστάσιο.

γ) Ξήρανση. Το τρίτο στάδιο της κατασκευής ενός κεραμι-

κού προιόντος είναι η ξήρανση. Σ' αυτό το στάδιο επιδιώκεται η τέλεια απομάκρυνση του νερού επεξεργασίας από τη μάζα του προιόντος. Προιόντα που παράγονται από ξηρό πηλό μεταφέρονται αμέσως στις καμίνους για να ψηθούν.

Η ξήρανση πρέπει να γίνεται με εξαιρετική προσοχή και να λαμβάνονται τα απαιτούμενα προφυλακτικά μέτρα, ώστε να εξαπλώνεται βαθμιαία σε όλη τη μάζα του προιόντος. Απότομη ξήρανση, που μπορεί να προέλθει όταν ο πηλός εκτίθεται σε υψηλή θερμοκρασία (ηλιακές ακτίνες), προκαλεί ρήγματα και παραμορφώσεις του προιόντος πριν το ψήσιμό του. Ελλειπής ξήρανση (επιφανειακή) προκαλεί καταστροφή του προιόντος κατά τη διάρκεια του ψησίματος.

Επομένως η ταχύτητα της ξηράνσεως ρυθμίζεται ανάλογα με το είδος του προιόντος και της μεθόδου που ακολουθείται, έτσι ώστε να προκύπτουν οι λιγότερες δυνατές απώλειες, και να επιτυγχάνεται η ποιότητα που πρέπει.

Διακρίνονται δύο βασικές μέθοδοι ξηράνσεως:

- Φυσική και
- τεχνητή.

Κατά τη φυσική ξήρανση τα προιόντα τοποθετούνται σε υπόστεγα με ανοικτές όλες τις πλευρές, ώστε ο αέρας να κυκλοφορεί ελεύθερα (σχ. 5.5γ). Ο αέρας απομακρύνει το εξατμιζό-



Σχ. 5.5γ.

Ανοικτό υπόστεγο για την τοποθέτηση τούβλων για να ξεραθούν πριν από το ψήσιμό τους.

μενο νερό και επέρχεται η ξήρανση. Περί το τέλος της ξηράνσεως είναι δυνατόν να έκτεθούν ορισμένα προϊόντα στον ήλιο αν αφαιρέσουμε τη κινητή στέγη των υποστέγων ξηράνσεως.

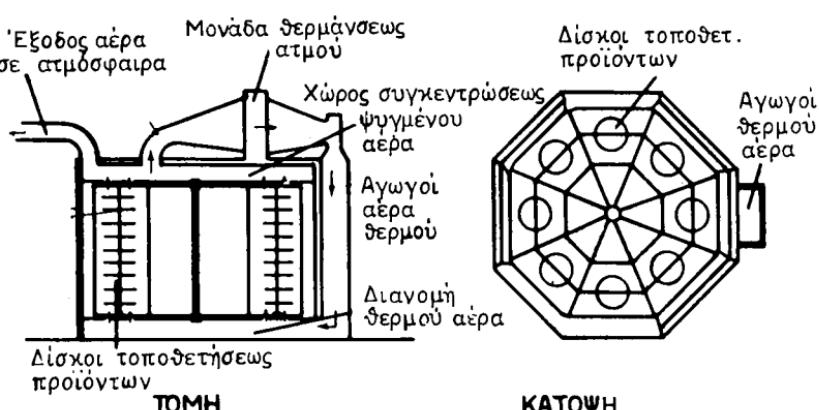
Στα ψυχρότερα και υγρότερα κλίματα, τα προϊόντα εκτίθενται για ξήρανση από την αρχή στον ήλιο.

Η τεχνητή ξήρανση γίνεται με δύο μεθόδους.

– Κατά την πρώτη η ξήρανση γίνεται με τη βοήθεια θερμού αέρα ή ατμού σε ειδικούς θαλάμους, οι οποίοι καλούνται ξηραντήρια. Στις σύγχρονες κεραμευτικές βιομηχανίες χρησιμοποιούνται δύο τύποι ξηραντήριων.

1. Ξηραντήρια με θερμαινόμενα τοιχώματα και πατώματα. Είναι τετραγωνικοί ή πολυγωνικοί χώροι, στους οποίους η θέρμανση γίνεται έμμεσα με τα θερμά αέρια της καμίνου ή με τον ατμό που απελευθερώνεται από την κινητήρια μηχανή ή με τα αέρια, που παράγονται από πυρεστία ειδική για το σκοπό αυτό. Τα ξηραντήρια αυτά κτίζονται κοντά στη κάμινο ψησίματος και η θερμοκρασία στο εσωτερικό τους δεν υπερβαίνει τους 120° C (σχ. 5.5δ).

2. Ξηραντήρια με στοές (τούνελ). Έχουν σχήμα επίμηκες και η θερμότητα μεταφέρεται στο εσωτερικό τους με θερμά αέρια ή θερμό αέρα ή ατμό, που διοχετεύονται μέσω καταλλήλων οχετών κάτω από το δάπεδο. Τα ξηραντήρια αυτά είναι διακοπόμενης ή συνεχούς λειτουργίας.



Σχ. 5.5δ.

Διάγραμμα ξηραντηρίου με θερμό αέρα που κυκλοφορεί μέσω του δαπέδου. Χρησιμοποιείται κυρίως για ξήρανση μεγάλων αντικειμένων (είδη υγιεινής).

Στα πρώτα, το εσωτερικό τους γεμίζει με τα νωπά προϊόντα και ακολουθεί η ξήρανση, η οποία διαρκεί περίπου 3 έως 4 ημέρες. Μετά την ξήρανση αφαιρούνται τα προϊόντα και διοχετεύονται προς την κάμινο ψησίματος, ενώ νέα ποσότητα νωπών προϊόντων τοποθετείται μέσα στο ξηραντήριο.

Στα συνεχούς λειτουργίας η εργασία γίνεται χωρίς διακοπή. Από το ένα άνοιγμα του τούνελ γίνεται η τροφοδότηση και από το άλλο η παραλαβή των ξηραμένων πια προϊόντων. Η κίνηση των προϊόντων μέσα στο ξηραντήριο γίνεται με μεταφορική τανία, κινητά επίπεδα ή μικρά φορεία.

– Κατά τη δεύτερη μέθοδο χρησιμοποιείται η ίδια κάμινος ψησίματος (οπτήσεως). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται για την ξήρανση μέρος της θερμότητας ψησίματος, η οποία έτσι ή αλλοιώς χανότανε. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται σε βιομηχανίες, που χρησιμοποιούν καμίνους συνεχούς λειτουργίας. Αυτό θα το καταλάβομε καλύτερα στην περιγραφή της δακτυλιωτής καμίνου (§ 5.6).

Η φυσική μέθοδος ξηράνσεως παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με την τεχνητή. Τα κυριότερα είναι η ομαλότητα και η ομοιομορφία ξηράνσεως σε όλη τη μάζα του υλικού. Έχει όμως δύο μειονεκτήματα αρκετά σοβαρά:

– Μεγάλο χρόνο ξηράνσεως, και επομένως καθυστερήσεις στην όλη παραγωγή και

– κατάληψη μεγάλου χώρου από τα υπόστεγα ξηράνσεως, ο οποίος είναι πολύ εκτεταμένος σε σύγκριση προς το χώρο που καταλαμβάνουν το κτήριο παραγωγής και η κάμινος. Σε μερικά προϊόντα, τα οποία τοποθετούνται κατά την ξήρανση σε ένα μόνο επίπεδο, όπως π.χ. τα κεραμίδια, απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις για την εγκατάσταση των υποστέγων.

δ) Ψήσιμο (όπτηση). Κατά το στάδιο αυτό επιδιώκεται:

- Να σταθεροποιηθεί το σχήμα του προϊόντος, ώστε να μην μαλακώσει ξανά ο πηλός, σε περίπτωση που το προϊόν θα υγρανθεί και
- να αποκτήσουν τα προϊόντα ορισμένες ιδιότητες, όπως π.χ. μηχανική αντοχή, επιφανειακή σκληρότητα, αντοχή στην πύρωση, στεγανότητα κλπ., ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται.

Για να επιτύχομε το αποτέλεσμα που θέλομε, πρέπει να πρ-

σέξομε πολύ κατά το ψήσιμο (όπτηση), που πρέπει να γίνεται από ειδικευμένους και πεπειραμένους τεχνίτες και σε ειδικές καμίνους ψησίματος (οπτήσεως).

Οι κάμινοι που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι πολλών τύπων. Ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το μέγεθος (δυναμικότητα) του εργοστασίου, από το είδος του προϊόντος, που πρόκειται να παραχθεί και από το είδος του καυσίμου, που χρησιμοποιείται. Κατά την εξέταση των διαφόρων κεραμικών προϊόντων θα περιγραφούν ορισμένοι τύποι καμίνων.

Κατά το ψήσιμο πραγματοποιούνται διάφορες χημικές δράσεις στη μάζα του κεραμικού προϊόντος, που προκαλούνται από τη συνεχώς αυξανόμενη θερμότητα. Λόγω αυτών των δράσεων το προϊόν αποκτά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Σε γενικές γραμμές στις διάφορες θερμοκρασίες συμβαίνουν τα παρακάτω:

– Μέχρι τη θερμοκρασία των 700°C επέρχεται πλήρης αφυδάτωση και απομακρύνεται όχι μόνο το νερό, που τυχόν παρέμεινε μετά την ξήρανση, αλλά και το χημικά ενωμένο νερό (ύδωρ) των ένυδρων ενώσεων του πυριτίου και του αργιλίου, που αποτελούν τα βασικά συστατικά της πηλοκονίας (κεφ. 3, § 3.1). Γι' αυτό η άργιλος χάνει την ιδιότητα να γίνεται πάλι πλαστική, όταν ξαναβραχεί, στερεοποιείται και συγκρατεί στερεά τους κόκκους της άμμου, που βρίσκονται στο μίγμα. Επίσης στη θερμοκρασία αυτή καίγονται οι οργανικές ενώσεις που τυχόν υπάρχουν

– Στη θερμοκρασία των 900°C συμπληρώνεται η οξείδωση διαφόρων ενώσεων του άνθρακα και του θείου και εκλύονται τα διοξείδιά τους. Η οξείδωση πρέπει να συντελεσθεί τελείως πριν ανυψωθεί η θερμοκρασία πάνω από τους 900°C , γιατί τότε λόγω της τήξεως ορισμένων συστατικών, κλείνονται οι πόροι και παραμένουν μέσα στη μάζα τα αέρια, με συνέπεια να δημιουργούνται κενά μέσα σ' αυτή.

– Μετά τη θερμοκρασία των 900°C αρχίζει η εξαλώση του προϊόντος. Αυτή οφείλεται στην τήξη ευτήκτων συστατικών της πηλοκονίας και της άμμου, τα οποία διαποτίζουν όλη την μάζα του υλικού. Η εξαλώση αυξάνει μαζί με τη θερμοκρασία, αλλά στα συνηθισμένα δομικά υλικά το ψήσιμο διακόπτεται στο πρώτο στάδιο της εξαλώσεως, δηλαδή στη θερμοκρασία των 1220° έως 1400°C ανάλογα με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται.

Τα περισσότερο εξυαλωμένα προϊόντα διακρίνονται από τη στιλπνότητα και την υαλώδη όψη, που παρουσιάζει εύθραυστη επιφάνεια, από τη στεγανότητα της μάζας τους και από τη μεγάλη σκληρότητά τους.

Σε μερικές περιπτώσεις άπαιτείται επιφανειακή μόνο εξυάλωση, για να αυξηθεί η στεγανότητα, όπως π.χ. στους πηλοσωλήνες. Αντί της καθολικής εξυαλώσεως, που επιτυχάνεται με την ανύψωση της θερμοκρασίας, γίνεται η καλούμενη εφυάλωση ως εξής: Αλείφονται εξωτερικά τα προϊόντα με εύτηκτα υλικά πριν από το ψήσιμο. Τα υλικά αυτά τίκονται πριν από τη θερμοκρασία εξυαλώσεως και καλύπτουν τα προϊόντα που ψήνονται με ένα στεγανό δέρμα.

ε) **Ψύξη.** Μετά το τέλος του ψησίματος πρέπει τα προϊόντα να ψυχθούν αργά. Αυτό γίνεται με κατάλληλη ρύθμιση της πτώσεως της θερμοκρασίας. Απότομη ψύξη προκαλεί ραγίσματα, σπασίματα (θραύσεις) και γενικά καταστροφή του προϊόντος. Σε ορισμένα είδη τεχνητών λίθων η ψύξη διαρκεί 7 έως 8 ημέρες.

5.6 Οπτόπλινθοι (τούβλα).

1ον. Μορφές τούβλων.

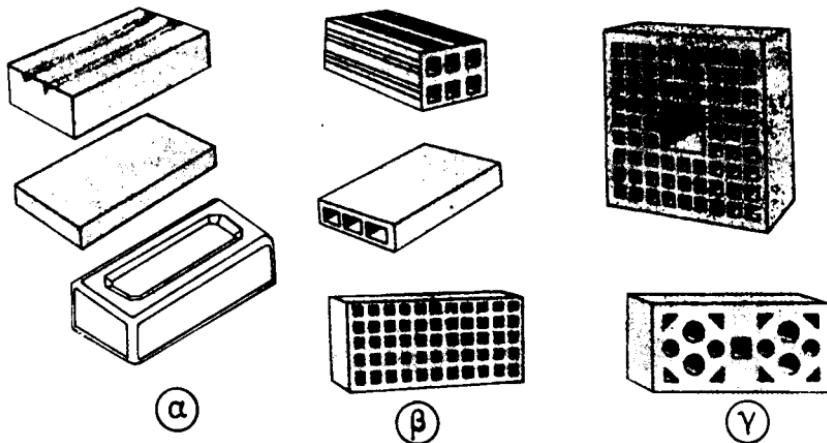
Οι οπτόπλινθοι ή αλλοιώς πλινθία τοιχοδομής (κοινώς τούβλα) είναι τεχνητοί λίθοι από ψημένη άργιλο, σχήματος κυρίως πρισματικού (σχ. 5.6α). Το χρώμα τους εξαρτάται από τη χημική σύσταση της αργίλου και κυρίως από την περιεκτικότητά της σε οξείδια του σιδήρου. Στην Ελλάδα είναι συνήθως κόκκινες και σπανιότερα υποκίτρινες έως υπόλευκες.

Τα τούβλα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Συμπαγή.
- Διάτρητα.
- Ειδικά.

α) Τα συμπαγή έχουν συνήθως διαστάσεις $21 \times 10 \times 4,5$ cm και έχουν στη μία από τις μεγαλύτερες πλευρές τους δύο επιμήκη αυλάκια [σχ. 5.6α(α)] και στην άλλη ένα αυλάκι, για να προσφύονται καλύτερα στο κονίαμα. Παλαιότερα είχαν στη μία μόνο μεγαλύτερη επιφάνεια ένα σκάψιμο βάθους 1,5 cm περίπου.

Παρουσιάζουν σημαντική μηχανική αντοχή και χρησιμοποιούνται όταν κατά τη δόμηση χρησιμοποιείται ισχυρό κονίαμα



Σχ. 5.6α.

Τύποι τούβλων.

- α) Συμπαγή, β) Διάτρητα με οριζόντιες τρύπες (οπές). γ) Διάτρητα με κατακόρυφες τρύπες (οπές).

για την κατασκευή φερόντων στοιχείων (τσιμεντοκονίαμα).

Μπορούν δηλαδή να αντικαταστήσουν σε όλες τους σχέδιον τις χρήσεις τους φυσικούς λίθους.

Η χρησιμοποίηση όμως των συμπαγών τούβλων έχει περιορισθεί πολύ κατά τα τελευταία χρόνια λόγω της αλματώδους εξαπλώσεως των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα.

β) Τα διάτρητα τούβλα, με συνθητισμένες διαστάσεις:

$5,5 \times 9 \times 19$ cm περίπου, είναι ελαφρότερα από τα συμπαγή, ακριβώς επειδή έχουν τρύπες [σχ. 5.6α (β), (γ)].

Οι τρύπες (οπές) των διάτρητων τούβλων βρίσκονται συνήθως κατά μήκος του μεγαλύτερου άξονά τους και είναι 6 (εξάοπα τούβλα) ή και περισσότερες.

Κατασκευάζονται όμως και διπλά τούβλα με περισσότερες οπές ή τούβλα με τις οπές διαταγμένες κάθετα προς τις δύο μεγαλύτερες πλευρές ή αλλοιώς (πίνακας 5.6.1).

Η διατομή των οπών είναι τετραγωνική ή στρογγυλή. Πλεονεκτούν όμως τα τούβλα με στρογγυλές οπές, γιατί αντέχουν περισσότερο σε πίεση που εφαρμόζεται κάθετα προς τον άξονα των οπών.

Τα διάτρητα τούβλα παρουσιάζουν ελαττωμένη μηχανική αντοχή και γι' αυτό δεν χρησιμοποιούνται, εκτός από ειδικούς

τύπους, για την κατασκευή φερόντων στοιχείων. Χρησιμοποιούνται όμως πολύ για διαχωριστικούς λεπτούς τοίχους, όταν τα φέροντα στοιχεία έχουν κατασκευασθεί από οπλισμένο σκυρόδεμα (σκελετός μπετόν-αρμέ).

γ) Τα ειδικά τούβλα έχουν διάφορα σχήματα και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πλακών και ορόφων σε συνδυασμό με οπλισμένο σκυρόδεμα ή για μονώσεις ταρατσών (σχ. 5.6β).

Για την τυποποίηση των τούβλων υπάρχει "Κανονισμός τυποποιήσεως οπτοπλίνθων". Σύμφωνα με αυτόν τα κατασκευαζόμενα και διατίθέμενα στο εμπόριο τούβλα πρέπει να είναι σύμφωνα προς τις προβλεπόμενες κατηγορίες. Δίνομε πίνακα μερικών από τους τύπους τούβλων που προβλέπονται από τον κανονισμό (πίνακας 5.6.1).

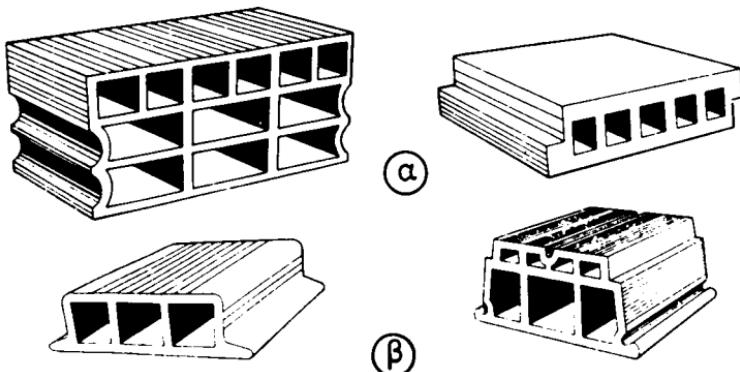
Σχ. Κατασκευή τούβλων.

Από την άποψη της μεθόδου κατασκευής τους τα τούβλα διακρίνονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

- Χειροποίητα.
- Μηχανοποίητα.

Τα συμπαγή τούβλα μπορεί να ανήκουν στη μια ή την άλλη κατηγορία, ενώ τα διάτρητα ανήκουν όλα στη δευτερη κατηγορία.

α) Η μορφοποίηση με τα χέρια απαιτεί πολύ χρόνο και περισσότερη εργασία, από ότι η μορφοποίηση με μηχανικά μέσα.



Σχ. 5.6.

Ειδικά τούβλα.

α) Για πλάκες από οπλισμένο σκυρόδεμα. β) Για μονώσεις ταρατσών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.1

Τύποι τούθλων που προβλέπονται από τον "Κανονισμό τυποποίησεως οπποπλίνθων"

Σημείωση: α) Με τα γράμματα Δ , Φ και Σ χαρακτηρίζεται ο τύπος του τούθλου ως εξής:

Δ = Απλό διατρητό

Φ = Φέρον διατρητό

Σ = Συμπαγή μηχανοποίητα ή χειροποίητα.

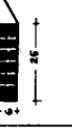
β) Με τους αριθμητικούς δείκτες χαρακτηρίζεται η κατεύθυνση των οπών:

Δείκτες 1, 2, 3: διαμήκεις οπές

Δείκτες 10, 20, 30: εγκάρσιες οπές

γ) Στο βάρος 1 m^2 οπποπλινθοδομής περιλαμβάνεται και το βάρος των εκατέρωθεν επιχρισμάτων

α/α	Τύπος	Μορφή	Συντρεστής θερμικής αγωγωστητάς λ	Βάρος τεμαχίου σε kg	Βάρος 1 m^2 τοίχου			Πάχος 1/2 πλινθου	Πάχος 1 πλινθου
					Δρομική οπποπλινθοδομή ($1/2$ πλινθου)	Αριθμός τεμ./m ²	Βάρος kg/m ²		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Δ_1		0,19	1,14	68	190	135	320	204
2	Δ_2		0,16	1,50	45	190	90	320	136
3	Δ_3		0,21	2,00	55	240	110	425	165
									610

4	Δ_{10}		0,18	1,05	68	190	135	320	204	450
5	Δ_{20}		0,14	1,29	45	190	90	320	136	450
6	Δ_{30}		0,19	1,90	55	240	110	425	165	610
7	Φ_1		0,24	1,40	68	215	135	370	204	530
8	Φ_2		0,23	2,15	45	215	90	370	136	530
9	Φ_3		0,25	2,25	55	260	110	465	165	670
10	Φ_{10}		0,23	1,38	68	215	135	370	204	530
11	Φ_{30}		0,23	2,12	45	215	90	370	136	530

(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια του Πίνακα 5·6·1)

α/α	Τύπος	Μορφή	Συντελεστής θερμικής αγωγημοτητάς λ	Βάρος τημάχιου σε kg	Βάρος 1 m ² τοίχου			Πάχος 1 m ² τοίχου		
					Δρομική οπαπλιθοδοσία (%)	Πάχος 1 πλίνθου	Πάχος 1 πλίνθου	Αριθμός τεμ./m ²	Βάρος kg/m ²	Αριθμός τεμ./m ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	Φ ₂₀		0,26	2,36	55	260	110	465	165	670
13	Σ ₁		0,40	1,26	96	250	190	450	286	650
14	Σ ₂		0,40	2,50	64	300	128	545	192	785
15	Σ ₃		0,40	2,95	55	300	110	545	165	785
16	Σ ₂₀		0,28	2,45	55	270	110	485	165	700
17	Σ ₁₁		0,28	2,45	55	270	110	485	165	700

Χρησιμοποιείται όμως πολύ σε μικρά εργοστάσια ή σε εργοτάξια, τα οποία λειτουργούν για περιορισμένο χρονικό διάστημα ή για συγκεκριμένο έργο. Στην περίπτωση αυτή δεν συμφέρει να αγοράσουμε ακριβές μηχανές.

Για την κατασκευή των χειροποίητων τούβλων χρησιμοποιείται αδύνατος (ισχνός) πηλός, χωρίς προηγούμενη ιδιαίτερη επεξεργασία. Αναμιγνύεται με νερό για να αποκτήσει πλαστικότητα (υγρή μέθοδος) και χύνεται μέσα σε σιδερένια ή ξύλινα καλούπια με κατάλληλο σχήμα. Τα καλούπια αυτά πριν τα γεμίσουμε τα βουτάμε μέσα σε νερό ή τα πασπαλίζουμε εσωτερικά με άμμο. Αυτό το κάνουμε για να μην κολλήσει ο νωπός πηλός στα τοιχώματα.

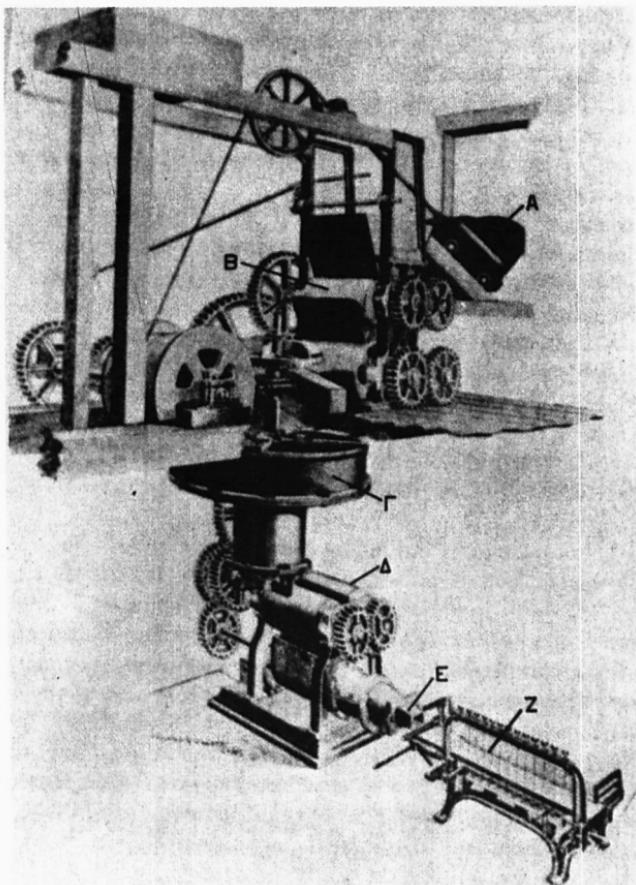
Για να μορφοποιήσουμε τα μηχανοποίητα τούβλα εφαρμόζουμε και την υγρή και την ξηρή μέθοδο μορφοποιήσεως.

Κατά την υγρή μέθοδο ο πηλός μετά την προπαρασκευή και την ανάμιξή του με την απαιτούμενη ποσότητα νερού, η οποία είναι πάντοτε μικρότερη από αυτήν που χρησιμοποιούμε γιατα χειροποίητα τούβλα, μεταταφέρεται σε κατάλληλες μηχανές για τη μάλαξη και τη μορφοποίησή του στα σχήματα που επιθυμούμε.

Στο σχήμα 5.6γ παριστάνονται σχηματικά τα μηχανήματα και η διαδικασία, που ακολουθείται κατά την κατασκευή μηχανοποίητων τούβλων και στο σχήμα 5.6δ παριστάνεται διαγραμματικά ένας συνηθισμένος τύπος του τελευταίου μηχανήματος (του Δ) της σειράς αυτής. Εδώ ο πηλός, έτοιμος πια, μεταφέρεται από το σημείο εναποθηκεύσεως του και ρίχνεται στη χοάνη του αναμικτήρα. Στον πυθμένα της χοάνης βρίσκεται κοίλωμα, από όπου ξεκινάει άξονας, ο οποίος κατά μήκος έχει κεκλιμένες λεπίδες, όπως περίπου στη μηχανή κοπής κρέατος. Ο πηλός με την περιστροφή του άξονα υφίσταται τέλεια μάλαξη, ενώ συγχρόνως ωθείται προς μία διάτρητη πλάκα. Με τη βοήθεια αντλίας η πλαστική μάζα ωθείται προς άλλο θάλαμο με κοχλιοφόρο άξονα, που την πιέζει προς την έξοδο.

Εκεί τοποθετείται η ανάλογη με το σχήμα που επιθυμούμε μήτρα μορφώσεως. Από τη μήτρα εξέρχεται μία συνεχής ράβδος από πηλό, η οποία με κατάλληλη ψαλίδα από σύρματα κόβεται στο μήκος που προβλέπεται να έχει το τούβλο.

Σε άλλο τύπο μηχανής, στην άκρη του ελικοειδούς άξονα τοποθετείται έμβολο που κινείται κατακόρυφα. Το έμβολο όταν κατεβαίνει ωθεί το συσσωρευόμενο πηλό μέσα σε ξύλινο καλούπι που διαιρείται σε πολλά



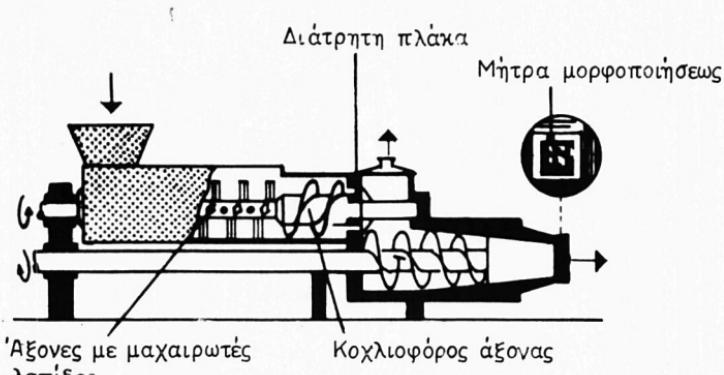
Σχ. 5.6γ.

Διάταξη των μηχανημάτων κατασκευής μηχανοποιήτων τούβλων. Α) Φορείο μεταφοράς πρώτων υλών. Β) Ανάμιξη και μάλαξη. Γ) Χοάνη φορτώσεως έτοιμης πρώτης ύλης. Δ) Μηχανή μορφοποιήσεως. Ε) Έξοδος μορφοποιημένου προϊόντος. Ζ) Συρμάτινη ψαλίδα κοπής του νωπού προιόντος.

τμήματα ίσα με το μέγεθος του τούβλου. Το καλούπι μετά από κάθε κάθισμα του εμβόλου απομακρύνεται και στη θέση του τοποθετείται άλλο, κενό.

Στη συνέχεια αφαιρούνται από το καλούπι που απομακρύνθηκε οι νωπές οπτόπλινθοι και τοποθετούνται στα υπόστεγα ξηράνσεως (σχ. 5.6ε).

Με τη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται επίσης και τα διάτρητα τούβλα.



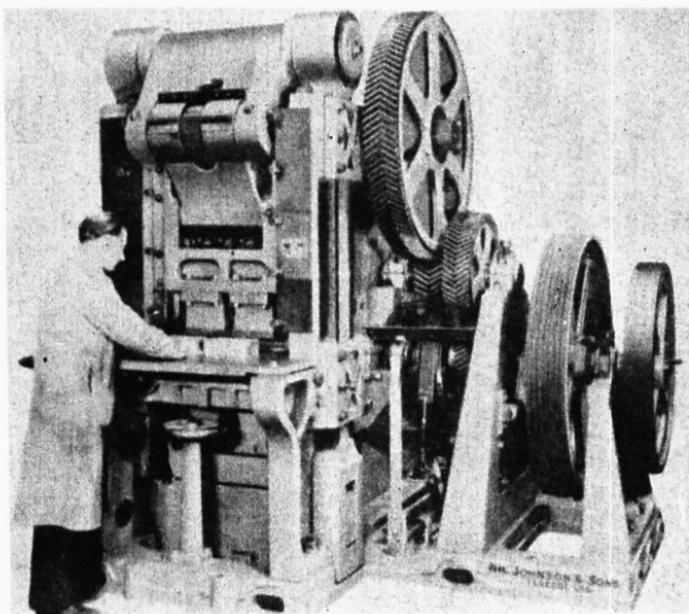
Σχ. 5.6δ.
Μηχανή μορφοποιήσεως τούβλων.



Σχ. 5.6ε.
Νωπά τούβλα σε υπόστεγο ξηράνσεως. Είναι τοποθετημένα πάνω σε επίπεδα μεταφοράς (παλέτες) για να είναι εύκολη η διακίνησή τους με περονοφόρο όχημα.

Κατά η μέθοδο με ξηρό πηλό, ο πηλός γίνεται σκόνη, κοπανίζεται καλά και μεταφέρεται σε ειδικές μηχανές πιέσεως (πρέσες) (σχ. 5.6στ).

Τα καλούπια, που χρησιμοποιούνται στις πρέσες, είναι χαλύβδινα και αλείφονται εσωτερικά με λίπος, για να μην προσκολλάται ο πηλός στα τοιχώματα. Μετά πιέζεται δυνατά το τούβλο και έτσι αποκτά συνοχή και ύστερα μεταφέρεται κατευθείαν στην κάμινο ψησίματος (οπτήσεως). Ξήρα-



Σχ. 5.6στ.

Βαριά πρέσσα για την κατασκευή συμπαγών τούβλων με την ξηρή μέθοδο.

νη δεν χρειάζεται. Τα τούβλα, που παρασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο καλούνται *τούβλα πρέσας*.

Από τη σύγκριση των προιόντων, που παρασκευάζονται με τις τρεις παραπάνω μεθόδους, προκύπτει ότι προϊόντα καλύτερης ποιότητας είναι τα τούβλα πρέσας.

Είναι πιο συμπαγή, βαρύτερα και έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή, επίσης είναι τελειότερα κατά το σχήμα με απόλυτα ευθείες ακμές και επίπεδες επιφάνειες.

Ύστερα ακολουθούν τα μηχανοποιήτα τούβλα από ύφυγρο πηλό, που είναι βαρύτερα από τα χειροποιήτα αλλά ανθεκτικότερα και κανονικότερα στις διαστάσεις τους. Είναι φθηνότερα από τα δύο άλλα είδη, πράγμα που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη.

Τα χειροποιήτα τούβλα υστερούν και στο σχήμα, και στις ιδιότητες, αλλά, όπως είπαμε, κατασκευάζονται ακόμη σε αρκετές μικρές βιοτεχνίες.

3ον. Ψήσιμο (όπτηση) τούβλων.

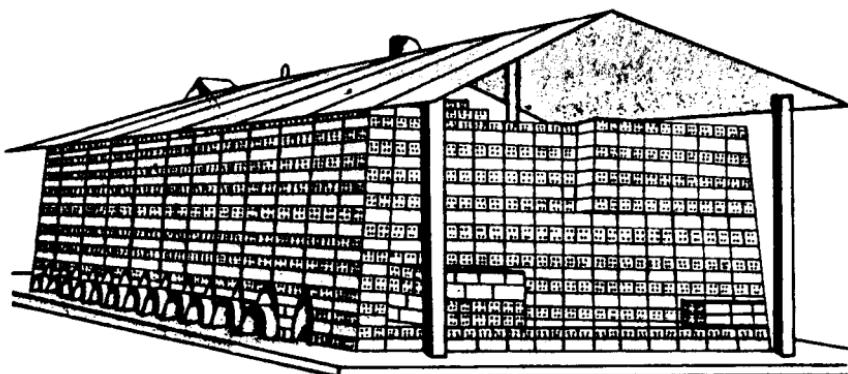
Μετά την ξήρανση τα τούβλα ψήνονται σε ειδικές καμίνους.

Ο παλαιότερος τύπος καμίνων είναι η σωροκάμινος (σχ. 5.6ζ), που χρησιμοποιείται και σήμερα ακόμη στις μικρές εγκαταστάσεις.

Η σωροκάμινος σχηματίζεται με την τοποθέτηση των νωπών τούβλων σε παράλληλες σειρές ύψους 2,00 έως 2,50 m περίπου και πλάτους 5,00 έως 8,00 m. Το μήκος αυτού του σωρού εξαρτάται από την ποσότητα των τούβλων που πρόκειται να ψηθούν. Εξωτερικά ο σωρός επενδύεται με τοίχο από ψημένα τούβλα ή ξηρολιθοδομή και αλειφεται με πηλοκονίαμα για να μην φεύγουν τα αέρια της καύσεως. Εσωτερικά αφήνονται αγωγοί και καπναγωγοί για την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας σε όλη τη μάζα του σωρού.

Ως καύσιμη ύλη χρησιμοποιείται συνήθως ροκανίδι και σπανιότερα ακάθαρτο πετρέλαιο.

Ο τύπος αυτός της καμίνου κατασκευάζεται γρήγορα και με λίγα έξοδα, αλλά οι απώλειες της θερμότητας είναι πολύ μεγάλες και το ψήσιμο δεν είναι ομοιόμορφο. Τα τούβλα, που βρίσκονται κοντά σε εξωτερικούς τοίχους, παραμένουν σχεδόν άψητα, ενώ τα τούβλα κοντά στους εσωτερικούς αγωγούς και εστίες ψήνονται περισσότερο από ό,τι πρέπει και καταστρέφονται.



Σχ. 5.6ζ.

Ετοιμασία σωροκαμίνου για το ψήσιμο τούβλων.

Σε μεγαλύτερες και νεότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται μόνιμοι κάμινοι διακοπτόμενης ή συνεχούς λειτουργίας.

Από τις καμίνους συνεχούς λειτουργίας η πιο διαδεδομένη είναι η δακτυλιοειδής κάμινος Hoffman.

Αρχικά η μορφή της καμίνου ήταν κυκλική (σχ. 5.6η), σήμερα όμως κατασκευάζεται σαν επίμηκες ορθογώνιο με στρογγυλεμένες γωνίες (σχ. 5.6θ). Αποτελείται από δύο τοίχους, ένα εξωτερικό Α και ένα εσωτερικό Β, κατασκευασμένους από πυρίμαχα τούβλα. Όλο το συγκρότημα καλύπτεται με πλάκα συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το μεταξύ των δύο τοίχων Α και Β διάστημα χωρίζεται με κατακόρυφους διάτρητους τοίχους από πυρίμαχα τούβλα σε αριθμό διαμερισμάτων. Στα σχήματα 5.6η και 5.6θ η ορθογώνια κάμινος έχει διαιρεθεί σε 14 τμήματα, ενώ η κυκλική σε 12 τμήματα.

Σε ορισμένους τύπους της καμίνου αυτής δεν κατασκευάζονται οι διάτρητοι τοίχοι, αλλά η διαίρεση σε διαμερίσματα γίνεται νοητά. Κατά τη λειτουργία σε κάθε ένα από τα νοητά διαμερίσματα εκτελείται η εργασία που περιγράφεται πιο κάτω.

Στον εξωτερικό τοίχο προβλέπεται (σχ. 5.6θ κάτοψη και τομές) ανά μία θυρίδα ($\theta_1, \theta_2 \dots$) για κάθε διαμέρισμα, για τη φόρτιση και εκφόρτωσή του με τα τούβλα.

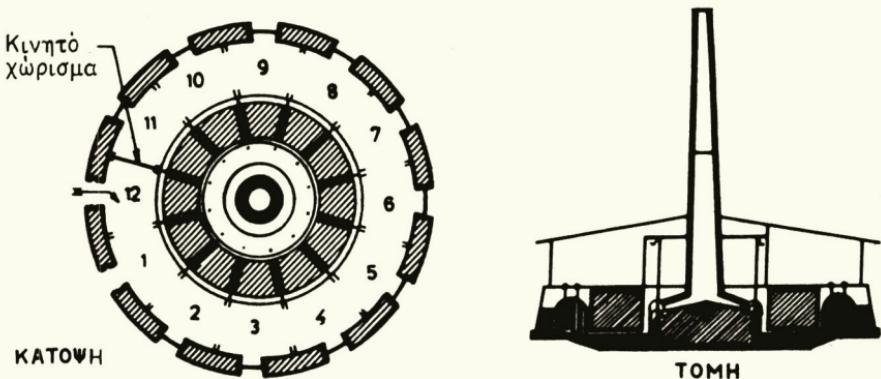
Στον εσωτερικό τοίχο προβλέπεται επίσης ανά ένας καπναγωγός σωλήνας ($K_1, K_2 \dots$) σε κάθε διαμέρισμα, ο οποίος οδηγεί τα καπναέρια στον κεντρικό καπναγωγό οχετό R και από εκεί στην καπνοδόχο E.

Οι καπναγωγοί αυτοί σωλήνες μπορούν να κλείνουν και να ανοίγουν με κατάλληλη διάταξη Δ. Στην πλάκα καλύψεως προβλέπεται αριθμός οπών στο άνω μέρος κάθε διαμερίσματος για τη διοχέτευση της καύσιμης ύλης.

Εάν παρακολουθήσομε τη λειτουργία μιας τέτοιας καμίνου, παρατηρούμε ότι σε μία ορισμένη χρονική στιγμή πραγματοποιούνται οι εξής εργασίες:

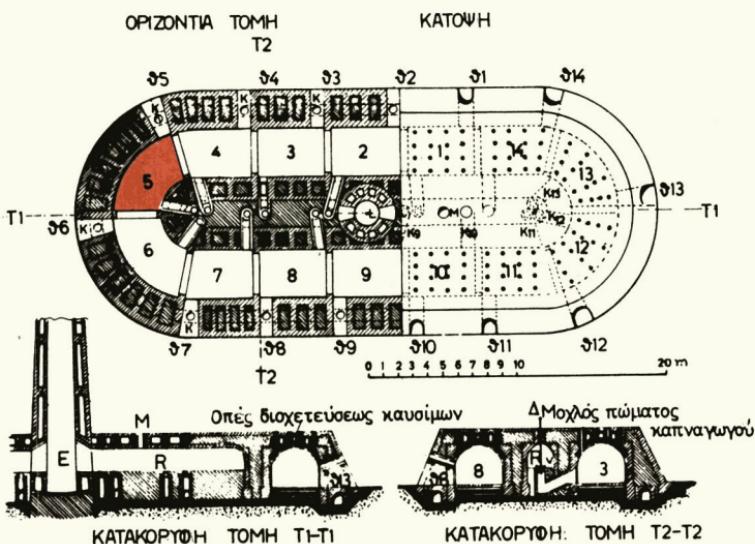
Στο υπ' αριθμόν 5 διαμέρισμα, που καλείται διαμέρισμα εστίας, πραγματοποιείται το ψήσιμο (η όπτηση). Η καύσιμη ύλη είναι συνήθως μαζούτ ή σκόνη λιγνίτη και διοχετεύεται στο διαμέρισμα εστίας μέσα από τις οπές, που βρίσκονται στην πλάκα καλύψεως.

Ο απαιτούμενος για την καύση αέρας μπαίνει από τον αεραγωγό Κ₃ του υπ' αριθ. 3 διαμερίσματος και περνώντας από τα διαμερίσματα 3 και 4,



Σχ. 5.6η.

Δακτυλιοειδής κάμινος Hoffman κυκλικής κατόψεως.



Σχ. 5.6θ.

Δακτυλιοειδής κάμινος Hoffman που χρησιμοποιείται σήμερα για το ψήσιμο (όπτηση) τούβλων.

που είναι γεμάτα με θερμά ακόμη τούβλα από προηγούμενο ψήσιμο, καταλήγει στο διαμέρισμα 5 της εστίας. Καθώς περνάει από τα διαμερίσματα 3 και 4 ψύχει τα θερμά τούβλα και θερμαίνεται ο ίδιος. Έτσι, όταν ο αέρας φθάσει στο διαμέρισμα εστίας, δεν χρειάζεται μεγάλη κατανάλωση θερμότητας, για να αυξηθεί η θερμοκρασία του στους 1300° έως 1400° C, που επικρατούν στο διαμέρισμα αυτό. Τα αέρια καύσεως δεν εξέρχονται από

τον καπναγωγό του 5ου διαμερίσματος προς τον οχετό R, αλλά από τον καπναγωγό του 7ου διαμερίσματος, ενώ οι υπόλοιποι καπναγωγοί παραμένουν κλειστοί. Τα θερμά αυτά αέρια διέρχονται από τα διαμερίσματα 6 και 7, τα οποία είναι γεμάτα από νωπά τούβλα και τα ξηραίνουν προσδευτικά [μέθοδος ξηράνσεως, § 5.5(2ον-γ)]. Μεταξύ των διαμερισμάτων 7 και 8 παρεμβάλλεται κινητό χώρισμα S, για να εμποδισθεί η μετακίνηση των καυσαερίων προς τα υπόλοιπα διαμερίσματα.

Κατά τη διάρκεια του ψησίματος ένα συνεργείο αφαιρεί τα έτοιμα τούβλα από το διαμέρισμα 2, ενώ ένα άλλο τοποθετεί τα νωπά τούβλα στο διαμέρισμα 8.

Η διάρκεια του ψησίματος σε κάθε διαμέρισμα είναι περίπου 24 ώρες.

Μετά διακόπτεται η παροχή καυσίμου ύλης στο διαμέρισμα 5 και αρχίζει το ψήσιμο στο διαμέρισμα 6, του οποίου τα τούβλα έχουν πλέον ξηρανθεί τελείως. Συγχρόνως όμως έχει ανέβει και η θερμοκρασία του λόγω της διελεύσεως των θερμών καυσαερίων κατά το ψήσιμο στα προηγούμενα διαμερίσματα της εστίας. Με την αλλαγή του διαμερίσματος της εστίας όλες οι εργασίες μετατοπίζονται κατά ένα διαμέρισμα προς τα δεξιά και το κινητό χώρισμα S τοποθετείται μεταξύ των διαμερισμάτων 8 και 9. Ο ψυχρός αέρας εισέρχεται από το διαμέρισμα 4, τα καυσαέρια εξέρχονται από το διαμέρισμα 8, αφαιρούνται τα έτοιμα τούβλα από το διαμέρισμα 3 και τοποθετούνται νέα τούβλα στο 9.

Με την κάμινο αυτή όχι μόνο η παραγωγή τούβλων είναι συνεχής, αλλά γίνεται και πλήρης εκμετάλλευση της θερμότητας που παράγεται και έτσι ελαττώνονται σημαντικά τα καύσιμα.

Οι διακοπτόμενης λειτουργίας κάμινοι μοιάζουν με τις ασβεστοκαμίνους. Τα νωπά τούβλα κτίζονται όπως και στις σωροκαμίνους και μετά το ψήσιμο αφήνονται μέσα στην κάμινο να ψυχθούν και στη συνέχεια μεταφέρονται έξω από αυτή.

4ον. Ιδιότητες τούβλων.

α) Το βάρος των διαφόρων τύπων τούβλων, εφόσον έχουν τις διαστάσεις και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά, που προβλέπονται από τον "Κανονισμό τυποποιήσεως οπτοπλίνθων", έχει τις τιμές που αναφέρονται στη στήλη 5 του πίνακα 5.6.1.

Στον ίδιο πίνακα αναφέρονται ο αριθμός των τεμαχίων, που

χρειάζεται για να κτισθεί 1 m^2 οπτοπλινθοδομής διαφόρων παχών (στήλες 6, 8, 10) και το βάρος 1 m^2 οπτοπλινθοδομής των αντιστοίχων παχών (στήλες 7, 9, 11). Στο βάρος της οπτοπλινθοδομής περιλαμβάνονται το βάρος του κονιάματος δομήσεως και το βάρος του επιχρίσματος. Τέλος στη στήλη 4 αναφέρεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ.

β) Η αντοχή σε πίεση των τούβλων εξαρτάται, όπως ήδη γνωρίζομε, από την κατηγορία στην οποία ανήκουν, την ποιότητα της πρώτης ύλης και την κανονικότητα του ψησίματος.

Ο ελληνικός κανονισμός προβλέπει τις ελάχιστες αντοχές που πρέπει να έχουν οι διάφοροι τύποι των τούβλων τόσο στη φέρουσα επιφάνεια, όσο και στην επιφάνεια εδράσεως. Η αντοχή των διατρήτων τούβλων που προορίζονται για διαχωριστικούς τοίχους είναι απλά ενδεικτική της ποιότητας του υλικού, και απαγορεύεται να χρησιμοποιούνται ως φέροντες.

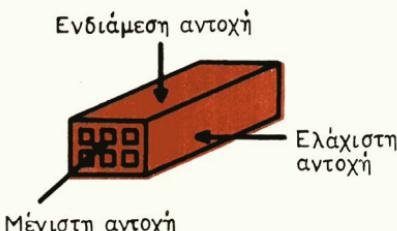
Η αντοχή των διατρήτων φερόντων τούβλων είναι περίπου ίση με το μισό της αντοχής των συμπαγών.

Επίσης διαφορετική αντοχή παρουσιάζει κάθε τούβλο στις τρεις διάφορες διαστάσεις του. Η μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζεται, όταν η δύναμη εφαρμόζεται παράλληλα προς τη μεγαλύτερη διάσταση (σχ. 5.6ι), και η μικρότερη, όταν εφαρμόζεται παράλληλα προς την ενδιάμεση διάσταση.

Ενδεικτικά αναφέρομε ότι η τάση θραύσεως στην επιφάνεια εδράσεως είναι:

Τύπος	Δ_1 :	$\sigma_{\theta\rho} =$	60 kp/cm^2
"	Φ_1 :	$\sigma_{\theta\rho} =$	85 kp/cm^2
"	Σ_1 :	$\sigma_{\theta\rho} =$	150 kp/cm^2

γ) Η θερμική αγωγιμότητα των τούβλων, κυρίως των δια-



Σχ. 5.6ι.

Η αντοχή σε θλίψη των τούβλων εξαρτάται από τη διεύθυνση της φορτίσεώς τους.

τρήτων, είναι αρκετά χαμηλή. Γι' αυτό, οι οπιτοπλινθοδομές τους παρουσιάζουν καλή μόνωση στις θερμοκρασιακές μεταβολές της ατμόσφαιρας.

Η μόνωση αυτή εξαρτάται από το πάχος d (χωρίς κονίαμα) της οπιτοπλινθοδομής και από το συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ των τούβλων [§ 5.6 και πίνακας 5.6.1]. Ο ελληνικός κανονισμός προβλέπει ότι το πάχος αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο προς αυτό που δίνεται από τον τύπο:

$$d^{(m)} = \left(\frac{\Delta t}{28} - 0,25 \right) \lambda \quad (29)$$

όταν τα τούβλα τοποθετούνται με τις οπές κατά μήκος του τοίχου και όχι κάθετα στο επίπεδό του.

Το Δt είναι η διαφορά της εσωτερικής θερμοκρασίας του δωματίου από τη μέγιστη εξωτερική, που αναπτύσσεται σε κάθε τόπο. Η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται σταθερή και ίση προς 18°C , αφού σε 18°C μπορεί να ζήσει άνετα ο άνθρωπος, και το λ , για διάτρητα τούβλα κάθετα προς τη διεύθυνση των οπών, λαμβάνεται ίσο προς $0,140$ έως $0,400 = \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m} \cdot \text{grd}}$ ανάλογα προς τον τύπο του τούβλου (σήλη 4 του πίνακα 5.6.1).

δ) Η αντοχή σε γήρανση των τούβλων είναι μεγάλη, πρακτικά θεωρείται απεριόριστη, γιατί δεν υφίστανται αλλοιώσεις από τους εξωτερικούς παράγοντες. Εάν παρουσιασθούν επανθίσματα (λεκέδες) σ' αυτές, αυτό οφείλεται επειδή υπάρχουν διαλυτά άλατα στο αργό υλικό ή στο νερό επιεξεργασίας. Τα επανθίσματα δεν προκαλούν φθορές στο τούβλο.

Εντούτοις πρέπει να αποφεύγεται η χρήση τούβλων με επανθίσματα, γιατί τότε προκαλούνται φθορές στα επιχρίσματα και αλλοιώσεις στους χρωματισμούς των τοίχων.

5ον. Έλεγχος των ιδιοτήτων των τούβλων.

'Οταν πρόκειται να παραληφθούν μεγάλες ποσότητες τούβλων για σοβαρά έργα, είναι απαραίτητο να γίνει στο εργαστήριο ποιοτικός έλεγχός τους.

Ο έλεγχος αυτός αναφέρεται στη μηχανική αντοχή τους, στην υδροαπορροφητικότητά τους, στο ειδικό βάρος και στην αντοχή τους σε κρούση και σε άλλες ιδιότητές τους. Εκτελείται όπως προβλέπεται και για τους φυσικούς λίθους (κεφ. 1, § 1.1).

Σε περίπτωση χρησιμοποιήσεως μικροτέρων ποσοτήτων για τα συνθησιμένα τεχνικά έργα, τότε γίνεται πρόχειρος έλεγχος στο εργοτάξιο. Κατ' αυτόν, πρέπει να εξακριβώθει εάν τα τούβλα παρουσιάζουν τα πιο κάτω χαρακτηριστικά για να θεωρηθούν καλής ποιότητας:

– Πρέπει να έχουν κανονικό σχήμα. Δηλαδή παράλληλες και επίπεδες τις επιφάνειές τους, τις ακμές τους ευθύγραμμες και τις συνεχόμενες επιφάνειες τοποθετημένες κατ' ορθή γωνία.

– Πρέπει όλα τα τούβλα να έχουν το ίδιο σχήμα και τις ίδιες ακριβώς διαστάσεις.

– Πρέπει να έχουν ομοιόμορφο ιστό και χρώμα και να είναι καλά ψημένα. Η θραυσιγενής επιφάνεια του τούβλου πρέπει να παρουσιάζει πλήρη ομοιομορφία. Εάν επάνω σ' αυτήν υπάρχουν μικρές κοιλότητες, μαύρες ή λευκές κηλίδες κλπ., αυτό δείχνει κακής ποιότητας τούβλο.

– Πρέπει να είναι ακέραιες, χωρίς σπασμένες γωνίες και ακμές και χωρίς ραγίσματα. Σπασμένα τούβλα πρέπει να απορρίπτονται.

– Τέλος πρέπει να δίνουν μεταλλικό ήχο, εάν τις κτυπήσουμε με σφυρί ή με άλλο τούβλο.

6ον. Χρήσεις τούβλων.

α) Τα συμπαγή τούβλα [σχ. 5.6ια(α), (β)] χρησιμοποιούνται σήμερα για την κατασκευή ειδικών τεχνικών έργων, όπως π.χ. είναι οι καπνοδόχοι (σχ. 5.6ιβ), οι εξωτερικοί τοίχοι πυρεστιών και καμίνων κ.ά.

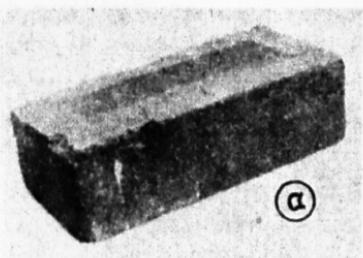
β) Τα διάτρητα τούβλα [σχ. 5.6ια(ε), (στ), (ζ)] έχουν πολλές εφαρμογές. Εξωτερικοί και εσωτερικοί τοίχοι οικοδομών με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα, επενδύσεις τοίχων από σκυρόδεμα, γέμισμα των κενών στις πλάκες με νευρώσεις κ.ά.

γ) Ειδικά τούβλα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή πλακών από οπλισμένο σκυρόδεμα με νευρώσεις.

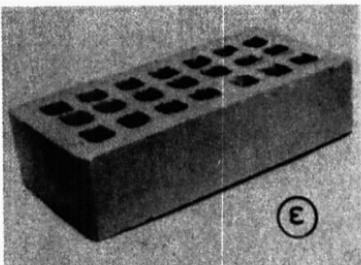
5.7 Πυρίμαχα τούβλα.

1ον. Γενικά.

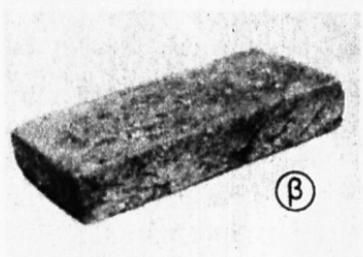
Τα πυρίμαχα τούβλα (κοινώς πυρότουβλα ή τούβλα της φω-



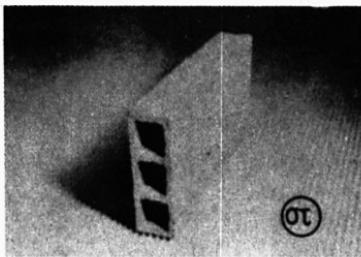
α



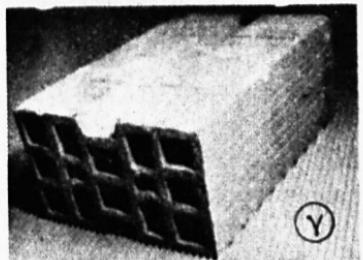
ε



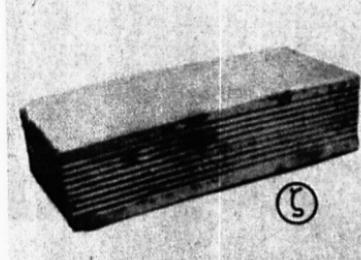
β



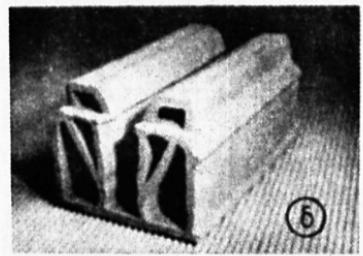
στ



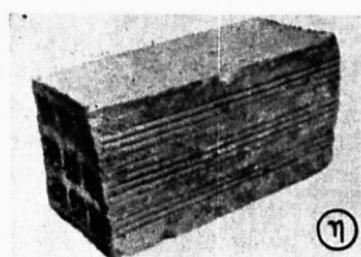
γ



ζ



δ

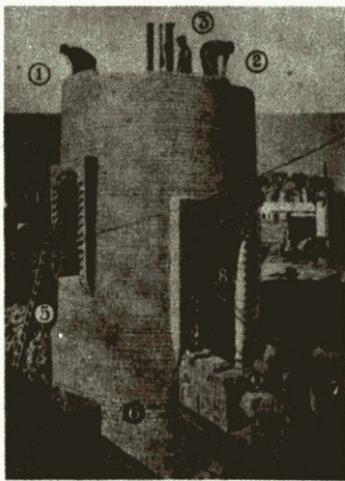


η

Σχ. 5.6ια.

Φωτογραφίες διαφόρων τύπων τούβλων:
α) και β) Συμπαγή γ) και δ) Ειδικά. ε), στ), ζ) και η) Διάτρητα.

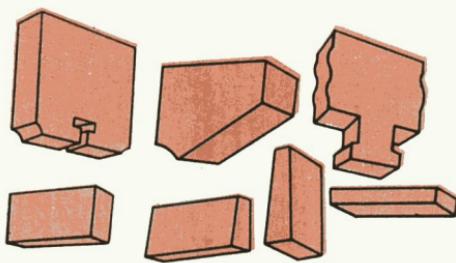
τιάς) είναι τεχνητοί λίθοι με την ίδια περίπου σύσταση που έχουν τα τούβλα, αλλά μεγαλύτερη αντοχή στις υψηλές (πάνω από 1500° C) και παρατεταμένες θερμοκρασίες (σχ. 5.7α). Στις θερμοκρασίες αυτές δεν σπάζουν και δεν παθαίνουν ουσιώδη με-



Σχ. 5.6ιθ.

Κατασκευή καμινάδας από συμπαγή τούβλα.

1) έως 3) δόμηση τούβλων. 4) και 8) αναμονές για την κατασκευή οριζοντίων αγωγών. 5) και 6) βάση καμινάδας. 7) προετοιμασία κονιάματος.



Σχ. 5.7α.

Πυρίμαχα τούβλα κανονικών σχημάτων και ειδικών μορφών. Αντέχουν σε θερμοκρασίες 1650°C .

ταβολή του όγκου τους εξαιτίας διαστολής. Επίσης δεν καταστρέφονται, όταν η θερμοκρασία ελαττωθεί απότομα.

Τα κύρια συστατικά των πυρότουβλων, στα οποία οφείλεται η αντοχή τους στην πύρωση, είναι τα οξείδια του αργιλίου (Al_2O_3) και του πυριτίου (SiO_2). Εάν η πρώτη ύλη (ο πηλός) περιέχει σε μεγαλύτερη αναλογία από 8 έως 10% οξείδια του σιδήρου, του ασβεστίου, του νατρίου και του καλίου, τότε είναι ακατάλληλη για την κατασκευή πυρίμαχων υλικών. Επίσης η σχέση

μεταξύ των οξειδίων του αργιλίου και του πυριτίου καθορίζει τη χημική συμπεριφορά των τούβλων αυτών.

Τα πυρότουβλα χρησιμοποιούνται πολύ στις βιομηχανίες για την εσωτερική επένδυση κλιβάνων, καμίνων, εστιών και καπνοδόχων και γενικά όπου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες.

Επειδή στις μεταλλουργικές καμίνους πραγματοποιούνται και χημικές δράσεις, κατασκευάζονται διάφορα είδη πυρότουβλων. Κάθε είδος αντέχει σε ορισμένες από τις χημικές αυτές δράσεις. Ανάλογα με τη χημική αυτή συμπεριφορά τους τα πυρότουβλα διακρίνονται σε:

- Ουδέτερα.
- Όξινα.
- Βασικά.

2ον. Είδη πυρότουβλων.

Τα κυριότερα είδη είναι:

a) **Αργιλικά πυρότουβλα.** Ανήκουν στην κατηγορία των βασικών πυρότουβλων και κατασκευάζονται από όσο το δυνατόν καθαρότερο άργιλο (καολίνη), που συνίσταται από:

- 46,2% οξείδιο του αργιλίου και
- 53,8% οξείδιο του πυριτίου.

Στην πράξη είναι αδύνατον να επιτευχθούν αυτές οι αναλογίες, γιατί πάντοτε στην άργιλο υπάρχουν και άλλες ουσίες.

Η πρώτη ύλη πλαστικοποιείται με νερό και μορφώνεται σε ράβδους, που υποβάλλονται σε ένα πρώτο ψήσιμο. Μετά το ψήσιμο οι ράβδοι λειοτριβούνται σε άλευρο, το οποίο αφού αναμιχθεί πάλι με άργιλο, για να αποκτήσει πλαστικότητα, μορφοποιείται με τα χέρια ή καλύτερα με μηχανές στο επιθυμητό σχήμα. Τα τούβλα αυτά μετά την ξήρανσή τους ψήνονται πάλι σε θερμοκρασία 1300°C περίπου επί 48 ώρες. Η ψύξη τους πρέπει να είναι πολύ αργή για να μην υποστούν βλάβες, που θα επηρεάσουν την ποιότητά τους.

Αυτά τα πυρότουβλα τήκονται σε θερμοκρασία πάνω από τους 1700°C .

β) **Πυριτικά πυρότουβλα.** Ανήκουν στην κατηγορία των όξινων πυρότουβλων. Η πρώτη ύλη τους πρέπει να αποτελείται αποκλειστικά σχεδόν από οξείδιο του πυριτίου, που βρίσκεται

άφθονο στη φύση. Ως πρώτη ύλη αυτής της κατηγορίας λαμβάνεται ο καθαρός χαλαζίας (96 έως 98% οξείδιο του πυριτίου), ο οποίος αλευροποιείται και αναμιγνύεται στη συνέχεια με γάλα ασβέστη σε αναλογία 2% για να αποκτήσει πλαστικότητα. Μετά μορφοποιείται στα κατάλληλα σχήματα και διαστάσεις και ψήνεται σε καμίνους σε θερμοκρασία 1360° έως 1500° C.

3ον. Δόμηση πυρότουβλων.

Για τη δόμηση των πυρότουβλων αυτών χρησιμοποιείται ειδικό κονίαμα που παρασκευάζεται από την ίδια ύλη, που κατασκευάζονται τα πυρότουβλα. Στο εμπόριο κυκλοφορεί με το όνομα "χώμα της φωτιάς" ή "πυρόχωμα". Το πυρόχωμα αναμιγνύεται με νερό ή καλύτερα με υδρύαλο και αποκτά την πλαστικότητα που απαιτείται. Οι αρμοί της πλινθοδομής από πυρότουβλα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λεπτότεροι, γιατί το πυρόχωμα προσβάλλεται πιο γρήγορα από τη φωτιά από ότι τα πυρότουβλα.

5.8 Κεραμίδια (κέραμοι).

1ον. Τύποι, διαστάσεις και κατασκευή.

Τα κεραμίδια ανήκουν στην κατηγορία των υλικών στεγάσεως.

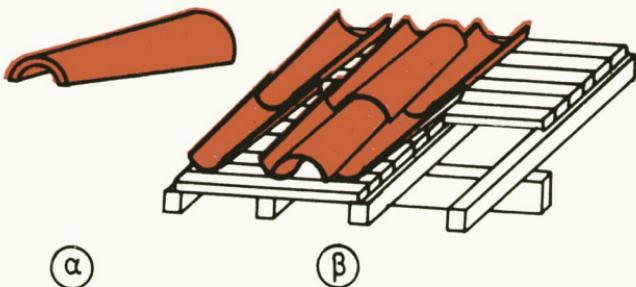
Χρησιμοποιούνται για την κάλυψη επικλινών στεγών που αποτελούνται από ξύλινα ζευκτά ή από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Η χρήση τους περιορίζεται όμως σιγά σιγά επειδή επικράτησαν ο οριζόντιες στέγες (ταράτσες ή δώματα) από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι κυριότεροι τύποι κεραμιδιών είναι:

- Κυρτά (βυζαντικά κεραμίδια) [σχ. 5.8α(α)].
- Επίπεδα πτυχωτά (γαλλικά κεραμίδια) [σχ. 5.8β(γ)].
- Πλακοειδή [σχ. 5.8β(α)].

Τα κυρτά κεραμίδια χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα, αλλά η μεγαλύτερη εφαρμογή τους έγινε στις βυζαντινές εκκλησίες, από όπου πήραν και το όνομα βυζαντινά κεραμίδια. Σήμερα παράγονται σε διάφορες διαστάσεις και κυρτότητες.

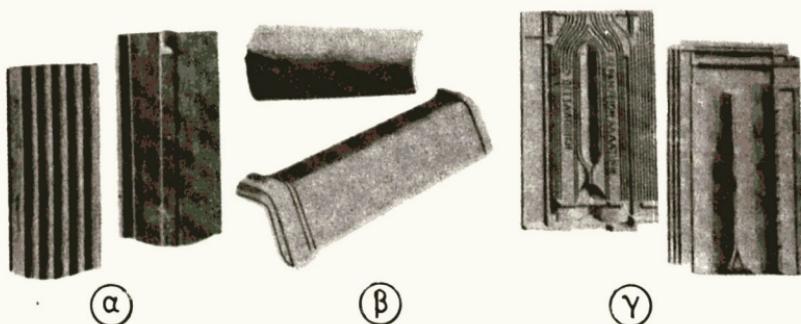
Τα πτυχωτά και πλακοειδή χρησιμοποιήθηκαν κατά την νε-



Σχ. 5.8α.

Βυζαντινά κεραμίδια.

α) Μορφή κεραμιδιού. β) Τοποθέτηση επάνω σε ξύλινη στέγη.



Σχ. 5.8β.

Κεραμίδια.

α) Πλακοειδούς τύπου. β) Καλυπτήρες κεραμιδιών γαλλικού τύπου.
γ) Κεραμίδια γαλλικού τύπου.

ότερη εποχή. Οι διαστάσεις τους ποικίλλουν. Οι πιο συνηθισμένες είναι:

$42 \times 25 \times 1 \text{ cm}$ ή $40 \times 23 \times 1 \text{ cm}$.

Η τοποθέτηση των κυρτών κεραμιδιών στις στέγες γίνεται επάνω σε συνεχές σανίδωμα [σχ. 5.8α(β)] με τη βοήθεια κονιάματος. Τα πτυχωτά τοποθετούνται επάνω σε ξύλινο σκελετό χωρίς κονιάμα αλλά με τρόπο, ώστε το ένα κεραμίδι να καλύπτει ένα μέρος του άλλου. Αυτό γίνεται τοποθετώντας την κυρτή πτυχή τους ενός κεραμιδιού επάνω στην κοίλη πτυχή του άλλου. Πολλές φορές για μεγαλύτερη ασφάλεια στον άνεμο, κάθε πτυχωτό κεραμίδι δένεται με γαλβανισμένο σύρμα επάνω στον ξύλινο σκελετό.

Ο αριθμός των κυρτών κεραμιδιών για την κάλυψη 1 m² κεκλιμένης επιφάνειας στέγης ανέρχεται σε 26 τεμάχια και το βάρος τους, μαζί με το βάρος του κονιάματος και του σανιδώματος, είναι 130 kp/m². Οι αντίστοιχοι αριθμοί για τα γαλλικού τύπου κεραμίδια είναι 15 τεμάχια και 50 kp/m².

Η κατασκευή τους γίνεται από πηλούς παχύτερους και πιο εύπλαστους από αυτούς που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των τούβλων.

Μετά την προεργασία, η πρώτη ύλη απλώνεται σε φύλλα πάχους 1 cm και μεταφέρεται σε κατάλληλα καλούπια ανάλογα με τη μορφή και το σχήμα που επιδιώκεται να έχουν τα κεραμίδια. Στη συνέχεια ξηραίνονται με το γνωστό τρόπο και ψήνονται στις συνηθισμένες καμίνους των τούβλων. Η θερμοκρασία ψησίματος εξαρτάται από το βαθμό εφυαλώσεως, που επιθυμούμε να έχουν. Πάντως επειδή εκτίθενται άμεσα στις ατμοσφαιρικές μεταβολές τα κεραμίδια πρέπει να είναι σκληρότερα και λιγότερο πορώδη από τα τούβλα.

2ον. Ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Κατά τον έλεγχο των κεραμιδιών πρέπει να έχομε υπόψη μας ότι αυτά:

- Δεν πρέπει να παρουσιάζουν ραγίσματα ή τριχοειδείς ρωγμές.
- Πρέπει να είναι απόλυτα ακέραια.
- Να είναι ομοιόχρωμα σε όλη τη μάζα τους και να μην εμφανίζουν κηλίδες (ασπράδια).
- Να παρουσιάζουν αρκετή σκληρότητα, ώστε να χαράσσονται δύσκολα από μαχαίρι.
- Όταν τα κτυπάμε με μεταλλικό αντικείμενο να παράγουν ήχο οξύ.
- Το πορώδες τους να είναι μικρό, ώστε να αντέχουν στον παγετό και να μην τα διαπερνά το νερό εύκολα.

Για να ελέγχουμε την τελευταία ιδιότητα διατηρούμε επάνω στην άνω επιφάνεια του κεραμιδιού νερό σε ύψος 5 cm για 2 ώρες. Εάν δεν παρουσιασθεί εφίδρωση στην κάτω επιφάνεια του κεραμιδιού, τότε το πορώδες τους θεωρείται ικανοποιητικό.

Εδώ πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η υδροπερατότητα των κεραμιδιών ελαττώνεται, δηλαδή ελαττώνεται το πορώδες μετά

την τοποθέτησή τους στο έργο, γιατί η σκόνη της ατμόσφαιρας κλείνει τους πόρους τους.

– Να παρουσιάζουν ικανή μηχανική αντοχή. Η αντοχή αυτή θεωρείται ικανοποιητική, όταν επάνω σε κεραμίδι που στηρίζεται σε δύο στηρίγματα που απέχουν μεταξύ τους 25 cm, πατήσει άνδρας μετρίου βάρους και το κεραμίδι δεν σπάσει.

– Να μην εμφανίζουν αλλοιώσεις εάν θερμανθούν και να μην μεταβληθούν οι διαστάσεις τους πάνω από 2%.

5.9 Πλάκες και πλακίδια.

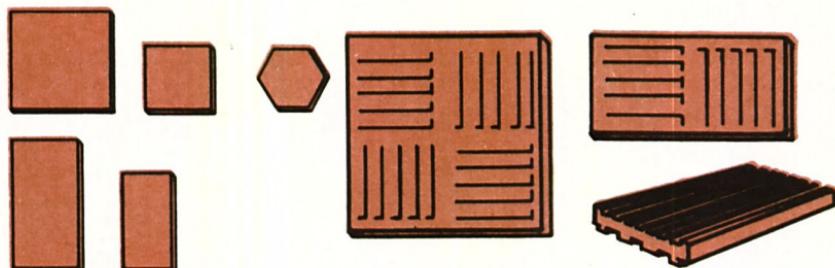
1ον. Διαστάσεις και είδη.

Από κοινή άργιλο κατασκευάζονται πλάκες τετραγωνικού, ορθογωνικού ή πολυγωνικού σχήματος, μονόχρωμοι ή με γεωμετρικά σχήματα στην επιφάνειά τους (σχ. 5.9α). Επίσης κατασκευάζονται πλάκες με ραβδώσεις και πλάκες με σχέδια διαφόρων μορφών (σχ. 5.9β).

Χρησιμοποιούνται στην επίστρωση δαπέδων, τοίχων, εξωτερικών χώρων (π.χ. πεζοδρόμια, πλατείες).

Από λευκή άργιλο (πορσελάνες) παρασκευάζονται πλακίδια λευκά, μονόχρωμα, πολύχρωμα ή με σχέδια για την επικάλυψη τοίχων (σχ. 5.9γ).

Τέλος από άργιλο ειδικής συνθέσεως παρασκευάζονται πλάκες με αυξημένες ορισμένες ιδιότητες, όπως π.χ. ανθεκτικές στην επίδραση των οξέων (οξύμαχες), (σχ. 5.9δ), αδιαπέρατες από το νερό, μεγάλης μηχανικής αντοχής, πολύ σκληρές και

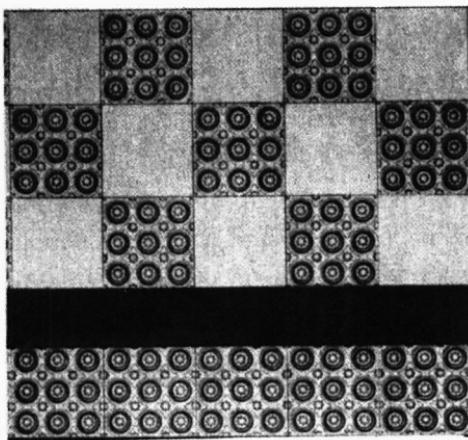


Σχ. 5.9α.

Πλάκες δαπέδων από κοινή άργιλο.

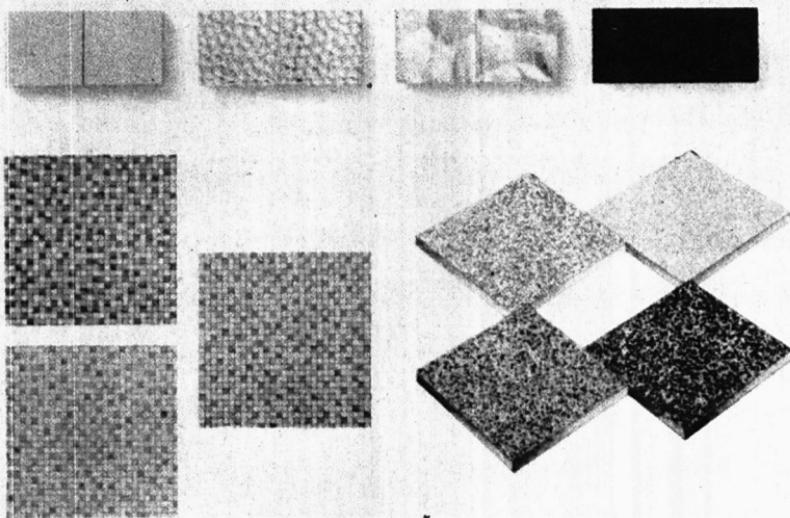
Σχ. 5.9β.

Πλάκες με αντιολισθηρές ραβδώσεις για επιστρώσεις δαπέδων.



Σχ. 5.9γ.

Πλακίδια από πορσελάνη επικαλύψεως τοίχων. Με μονόχρωμα πλακίδια και πλακίδια με σχέδια δημιουργούνται διάφοροι συνδυασμοί στον τοίχο.



Σχ. 5.9δ.

Ειδικής κατασκευής πλάκες δαπέδων και τοίχων, οξύμαχοι, μεγάλης σκληρότητας και μεγάλης μηχανικής αντοχής.

αντιολισθηρές. Χρησιμοποιούνται ανάλογα για επενδύσεις αποχετευτικών αγωγών, δεξαμενών, σε τεχνικά έργα χημικών βιομηχανιών, για επιστρώσεις δαπέδων εργοστασίων, για πλακοστρώσεις πεζοδρομίων κ.ά. Ειδικά για τις πλακοστρώσεις χώρων με

βαριά κυκλοφορία, πρέπει να χρησιμοποιούνται πλάκες με μεγάλη σκληρότητα, γιατί είναι συνηθισμένο το φαινόμενο της ανομοιόμορφης επιφανειακής φθοράς εξαιτίας τριβών (σχ. 5.9ε).

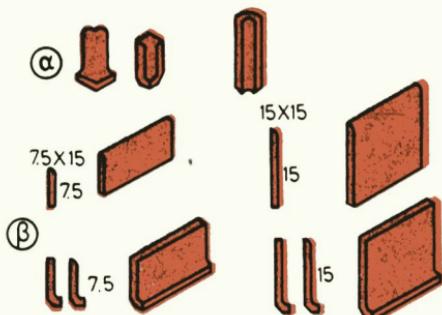
Οι διαστάσεις των πλακών ποικίλλουν. Συνήθως οι τετράγωνες έχουν πλευρά 23 ή 20 cm, οι ορθογώνιες 8 x 24 ή 10 x 20 cm και οι εξαγωνικές έχουν μήκος πλευράς 5 ή 10 cm.

Τα πλακίδια πορσελάνης υπάρχουν στο εμπόριο ή τετράγωνα με πλευρά 15 cm ή ορθογώνια διαστάσεων 4 x 15 cm. Επίσης παρασκευάζονται και ειδικά τεμάχια από πορσελάνη για την κάλυψη εισεχουσών ή εξεχουσών γωνιών (σχ. 5.9στ), των οποίων η μεγάλη διάσταση είναι 15 cm.



Σχ. 5.9ε.

Ανομοιόμορφη φθορά πλακών από άργιλο που οφείλεται σε μεγάλες τριβές και σε διαφορετική σύνθεση αργιλού στις λευκές και μαύρες πλάκες.



Σχ. 5.9στ.

Ειδικά τεμάχια πλακιδίων. α) Για εισέχουσες και εξέχουσες γωνίες τοίχων και β) για τη διαμόρφωση του τελειώματος των επιστρώσεων.

2ον. Παρασκευή.

α) Οι πλάκες παρασκευάζονται από κοινούς πηλούς, οι οποίοι συνήθως είναι έγχρωμοι (κόκκινοι ή κίτρινοι) λόγω της υπάρξεως οξειδίου του σιδήρου και άλλων χρωστικών. Η πρώτη ύλη πρέπει να είναι ομοιογενής, για να έχουν ομοιοχρωμία οι ορατές επιφάνειες της πλάκας.

Η μορφοποίηση της πρώτης ύλης γίνεται με τις γνωστές μεθόδους, δηλαδή ή με τη μέθοδο του ξηρού πηλού ή με τη μέθοδο του υγρού πηλού.

Κατά την πρώτη μέθοδο, το ξηρό υλικό φέρεται μέσα σε χαλύβδινα καλούπια και υφίσταται ισχυρή πίεση από χειροκίνητες ή μηχανοκίνητες πρέσες. Εάν πρόκειται να παραχθούν έγχρωμες πλάκες, τότε τοποθετείται αρχικά στο καλούπι (τύπο) λεπτό στρώμα πηλού, που έχει το επιθυμητό χρώμα και κατόπιν το υπόλοιπο υλικό.

Το ψήσιμο (όπτηση) γίνεται στις συνηθισμένες καμίνους και σε θερμοκρασία 1300°C περίπου.

Κατά τη δεύτερη μέθοδο, ο πηλός με την απαιτούμενη πλαστικότητα φέρεται στην γνωστή μας (από τα τούβλα) μηχανή μορφοποιήσεως [§ 5.6 (2ον)], στην οποία τοποθετείται η κατάλληλη μήτρα. Από τη μηχανή βγαίνει μια συνεχής λωρίδα, η οποία κόβεται στις επιθυμητές διαστάσεις.

Οι νωπές πλάκες αφήνονται λίγο να στεγνώσουν (να τραβήξουν), για να είναι εύκολη η μετακίνησή τους και ύστερα φέρονται σε μηχάνημα που αποτελείται από δύο κυλίνδρους. Η μεταξύ των κυλίνδρων απόσταση είναι ίση προς το πάχος της πλάκας. Ο ένας κύλινδρος είναι μπρούντζινος και στιλβώνει (γυαλίζει) την ορατή επιφάνεια της πλάκας, ο άλλος χυτοσιδερένιος με ραβδώσεις και δημιουργεί αυλάκια στην κάτω επιφάνεια, για να προσφύεται καλύτερα στο κονίαμα.

β) Τα πλακίδια πορσελάνης κατασκευάζονται από λευκούς πηλούς, που δεν περιέχουν οξείδια του σιδήρου.

Η πρώτη ύλη περιέχει 60% άμμο και αστρίους.

Η ανάμιξη των υλικών γίνεται σε υγρή ή ξηρή κατάσταση.

Η μορφοποίηση των πλακιδίων γίνεται με την πρέσα ή με τη μηχανή των τούβλων με αλλαγή κάθε φορά της μήτρας.

Μετά τη μορφοποίηση ψήνονται συνήθως σε 1200°C περίπου.

Μετά το ψήσιμο ακολουθεί η εφυάλωση. Η εφυάλωση γίνε-

ται με επάλειψη των πλακιδίων με ορισμένες λευκές ή έγχρωμες αλοιφές από ουσίες, που τήκονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από τη θερμοκρασία ψησίματος. Μετά την επάλειψη αυτή τα πλακίδια ψήνονται για δεύτερη φορά, για να ενσωματωθεί η αλοιφή με την κύρια μάζα.

Τα κεραμικά είδη, που κατασκευάζονται από λευκές ή ακόμη και έγχρωμες αργίλους και στη συνέχεια καλύπτονται με υάλωμα, καλούνται φαγιάντσες ή φαγεντιανά. Πορσελάνες καλούνται τα είδη, που κατασκευάζονται από καθαρή άργιλο (καολίνη) και από υαλώματα λευκά ή χρωματιστά.

Το ψήσιμο στις πορσελάνες φθάνει μέχρι μερικής εξυαλώσεως.

5.10 Σωλήνες.

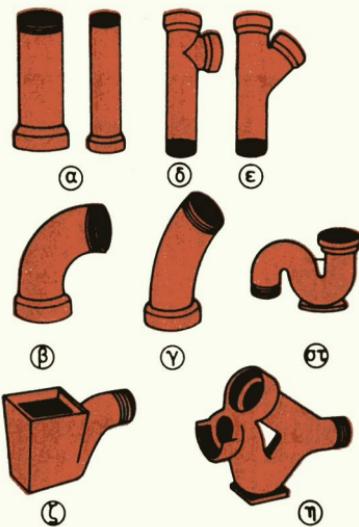
1ον. Μορφές. Διαστάσεις. Είδη.

Από κοινές αργίλους εν μέρει εφυαλωμένες κατασκευάζονται σωλήνες (πηλοσωλήνες) για διάφορες χρήσεις και κυρίως για υπόγεια δίκτυα αποχετεύσεως, για δίκτυα αποστραγγίσεως, για μικρές καπνοδόχους ή αγωγούς διελεύσεως αερίων κ.ά. Πιο κάτω θα εξετασθούν μόνο οι σωλήνες αποχετεύσεως και αποστραγγίσεως, που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από δομική άποψη:

α) Οι πηλοσωλήνες αποχετεύσεως κατασκευάζονται σε μικρά μήκη (συνήθως 0,50 m) και σε διάφορες διαμέτρους (συνηθισμένες εσωτερικές διάμετροι: 8, 10, 12, 14, 16 cm).

Επίσης κατασκευάζονται σε διάφορα σχήματα, ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται σε οποιοδήποτε σχέδιο ενός δικτύου αποχετεύσεως. Έτσι υπάρχουν (σχ. 5.10α) σωλήνες ευθύγραμμοι (α), καμπύλοι τόξου 90° (β) και τόξου 135° (γ), σχήματος Τ (δ) και σχήματος V (ε).

Το ένα άκρο του σωλήνα αποχετεύσεως έχει την ίδια διάμετρο με το σώμα του και πολλές φορές έχει χαραγές για την πρόσφυση του κονιάματος, ενώ το άλλο διευρύνεται σε σχήμα κώδωνα. Έτσι κατά τη σύνδεσή τους το στενό άκρο τους ενός εισέρχεται στο διευρυσμένο άκρο του άλλου και με τη βοήθεια τσιμεντοκονίας ή ασφαλτομαστίχας η ένωση στεγανοποιείται τελείως.



Σχ. 5.10α.

Κεραμικά υλικά για τα δίκτυα αποχετεύσεως. α), β), γ), δ) και ε) Σωλήνες.
στ) Σιφώνι. ζ) Σιφώνι καζανάκι. η) Μηχανοσίφωνας.

Κατασκευάζονται επίσης κοινά σιφώνια, σιφώνια δαπέδων και μηχανοσίφωνες [σχ. 5.10α(στ), (ζ) και (η)].

β) Οι πηλοσωλήνες αποστραγγίσεων κατασκευάζονται συνήθως με μήκος 31,4 cm και με διαμέτρους από 4, 5, 6, 8, 10 και 16 cm.

Το σχήμα τους είναι κυλινδρικό, χωρίς τη διεύρυνση του ενός άκρου, που υπάρχει στους αποχετευτικούς σωλήνες. Αυτό γίνεται γιατί κατά την τοποθέτησή τους δεν βρίσκονται σε επαφή τα άκρα τους, αλλά απέχουν 2 έως 3 cm, ώστε το εδαφικό νερό να βρίσκει δίοδο, να εισέρχεται μέσα σ' αυτούς και να απομακρύνεται.

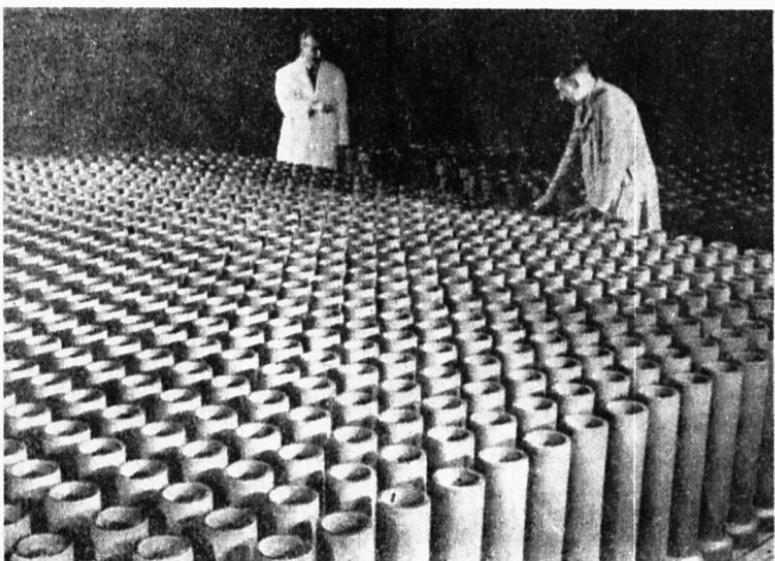
2ον. Κατασκευή.

α) Η πρώτη ύλη των σωλήνων αποχετεύσεως αποτελείται από μίγμα κοινών και πυρίμαχων αργίλων. Η ανάμιξη πρέπει να είναι όσο το δυνατόν τελειότερη, ώστε να προκύψει ομοιογενές υλικό. Η μορφοποίηση γίνεται για την υγρή μέθοδο με χρησιμοποίηση πρέσας ή μηχανής που μοιάζει με τη μηχανή των οπτοπλίνθων.

Το ψήσιμο (η όπτηση) γίνεται σε 1300° C. Στο σημείο αυτό αρχίζουν να τήκονται τα οξειδια του πυριτίου και αργιλίου.

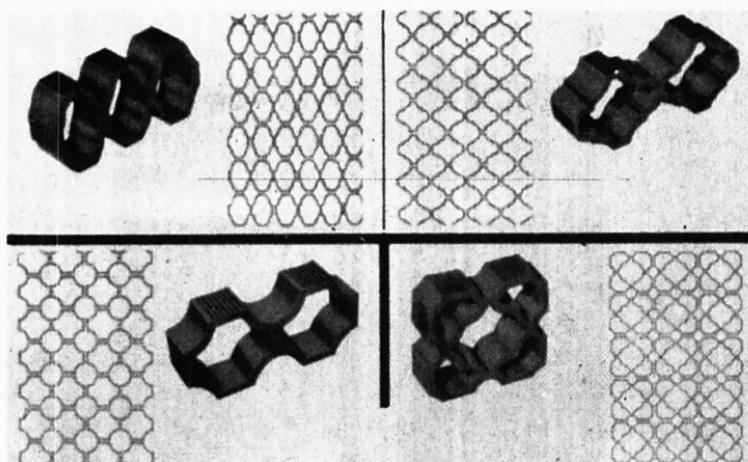
Η μερική αυτή εξυάλωση είναι απαραίτητη, για να αποκτήσουν οι σωλήνες ικανή μηχανική αντοχή, ώστε να αντέχουν στα φορτία που εξασκούνται επάνω τους μετά την τοποθέτησή τους μέσα στο έδαφος, και για να αποκτήσουν μεγάλη στεγανότητα (μικρό πορώδες).

Η στεγανότητα επαυξάνεται εάν πριν από το ψήσιμο επιχρισθεί η εσωτερική και η εξωτερική επιφάνεια με κατάλληλες εύτηκτες ουσίες (αλοιφές). Οι ουσίες τήκονται κατά το ψήσιμο και περιβάλλουν με μία στεγανή διαφανή μεμβράνη το σωλήνα (εφυαλωμένοι σωλήνες). Η εφυάλωση των σωλήνων γίνεται και με άλλο τρόπο. Όταν η θερμοκρασία μέσα στην κάμινο πλησιάζει το σημείο τήξεως των πυριτικών και αργιλικών οξειδίων, τότε ρίχνεται ποσότητα κοινού μαγειρικού άλατος (χλωριούχο νάτριο). Το αλάτι αυτό διασπάται και το ελεύθερο νάτριο ενώνεται με την τηκόμενη πυριτία. Σχηματίζεται έτσι υαλώδης μεμβράνη στην επιφάνεια των σωλήνων (σχ. 5.10β). Η ποσότητα του αλατιού εξαρτάται από το πάχος, που θέλομε να έχει η μεμβράνη αυτή.



Σχ. 5.106.

Σωλήνες εφυαλωμένοι με αλάτι έτοιμοι για χρήση.



Σχ. 5.11α.

Διάφορα στοιχεία από ψημένη (οπτή) άργιλο για την κατασκευή διαμπερών διαχωρισμάτων.

Ο έλεγχος της αντοχής των πηλοσωλήνων αποχετεύσεως σε πίεση καθώς και της στεγανότητάς τους πρέπει να γίνεται στο εργαστήριο με ειδικές μεθόδους.

β) Η πρώτη ύλη των σωλήνων αποστραγγίσεως είναι η ίδια με την πρώτη ύλη των πηλοσωλήνων αποχετεύσεως, αλλά το ψήσιμο δεν φθάνει στο σημείο εξαλώσεως, γιατί πρέπει οι σωλήνες αυτοί να είναι πορώδεις. Αντίθετα η μηχανική αντοχή τους πρέπει να είναι εξίσου μεγάλη.

Ο έλεγχος της αντοχής τους σε θλίψη πρέπει να γίνεται στο εργαστήριο.

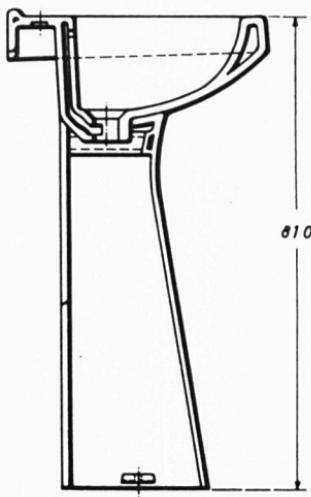
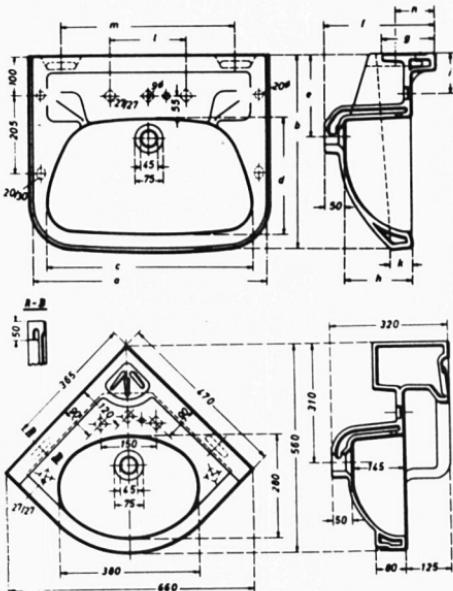
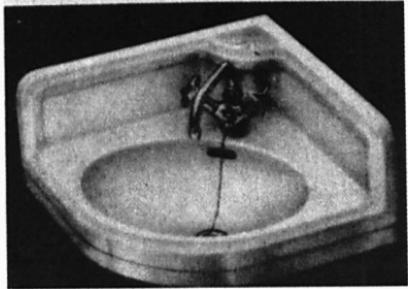
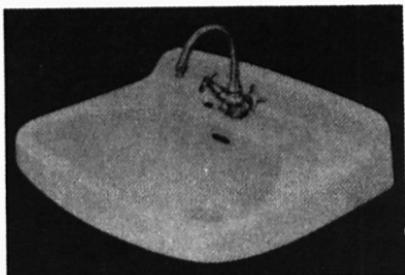
5.11 Στοιχεία διακοσμήσεως.

Κατασκευάζονται διάφορα είδη διακοσμήσεως και διαμορφώσεως διαχωρισμάτων από ψημένη (οπτή) εφυαλωμένη άργιλο (σχ. 5.11α).

5.12 Υδραυλικοί υποδοχείς.

Γενικά υδραυλικοί υποδοχείς (κοινώς είδη υγιεινής) καλούνται τα αντικείμενα, που χρησιμοποιούνται για να δέχονται το νερό, τα ακάθαρτα υγρά, τις ακαθαρσίες και τις άχρηστες οικι-

ακές ή βιομηχανικές ουσίες, που μπορούν να παρασυρθούν από το νερό, και να διοχετευθούν μέσω των υποδοχέων στο δίκτυο αποχετεύσεως.

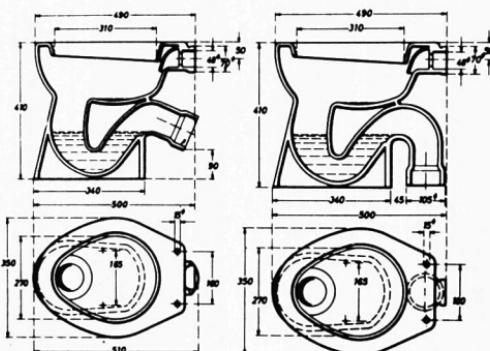


Σχ. 5.12α.

Νιπτήρες διαφόρων τύπων. α) Εντοιχισμένος που στηρίζεται επάνω σε σιδερένιες ράβδους. β) Γωνιακός. γ) Στηριζόμενος σε πόδι.

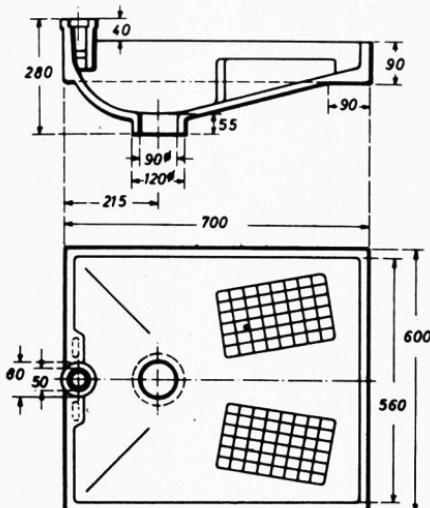
Οι πιο συνηθισμένοι υδραυλικοί υποδοχείς είναι:

- Οι νιπτήρες διαφόρων τύπων και διαστάσεων (σχ. 5.12α).
- Οι λεκάνες αποχωρητηρίου ευρωπαϊκού τύπου με ενσωματωμένο σίφωνα που έχει διεύθυνση προς τα κάτω ή προς τα πίσω (σχ. 5.12β).
- Οι λεκάνες αποχωρητηρίου τουρκικού τύπου (σχ. 5.12γ).



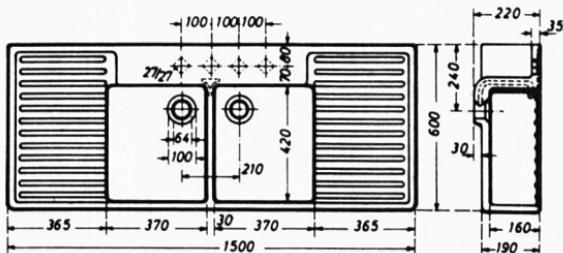
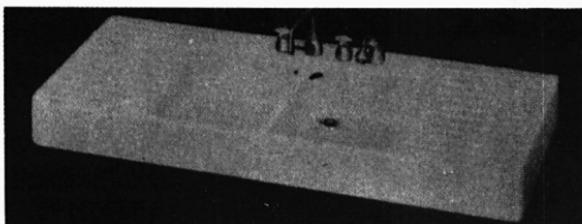
Σχ. 5.126.

Λεκάνη αποχωρητηρίου. Στις τομές διακρίνονται αριστερά λεκάνη με σωλήνα προς τα πίσω και δεξιά με σωλήνα προς τα κάτω.

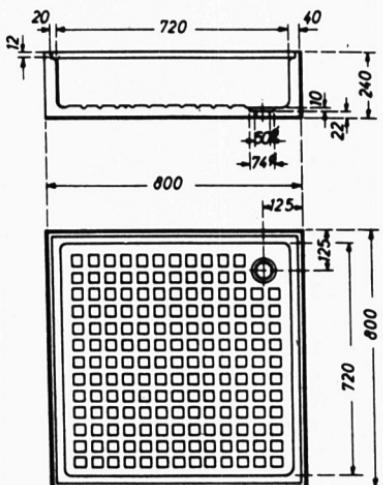
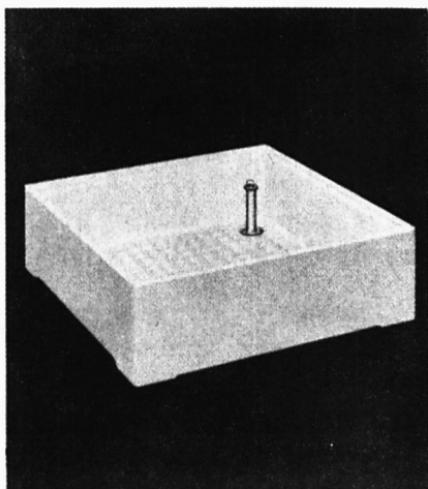


Σχ. 5.12γ.

Λεκάνη τουρκικού τύπου.

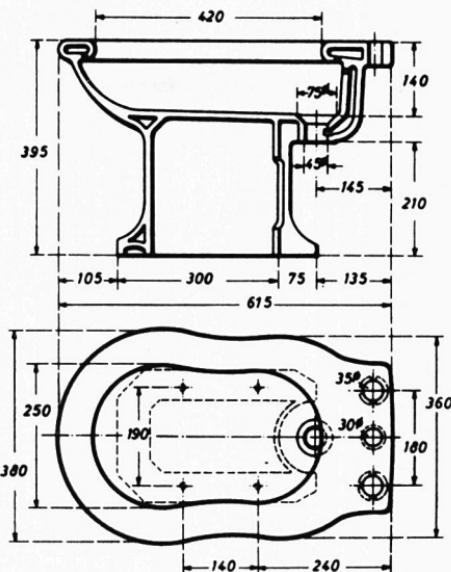
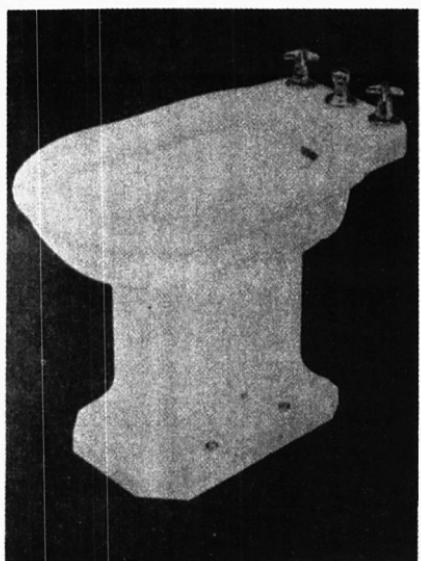


Σχ. 5.12δ.



Σχ. 5.12ε.
Λεκάνη καταιονητήρα (ντους).

- Οι λεκάνες πλύσεως πιάτων, ποτηριών κλπ (νεροχύτες) (σχ. 5.12δ).
 - Οι λεκάνες καταιονητήρων (ντους) (σχ. 5.12ε).
 - Οι λεκάνες πλύσεως (μπιντέ) (σχ. 5.12στ).



Σχ. 5.12στ.
Λεκάνη πλύσεως (μπιντέ).

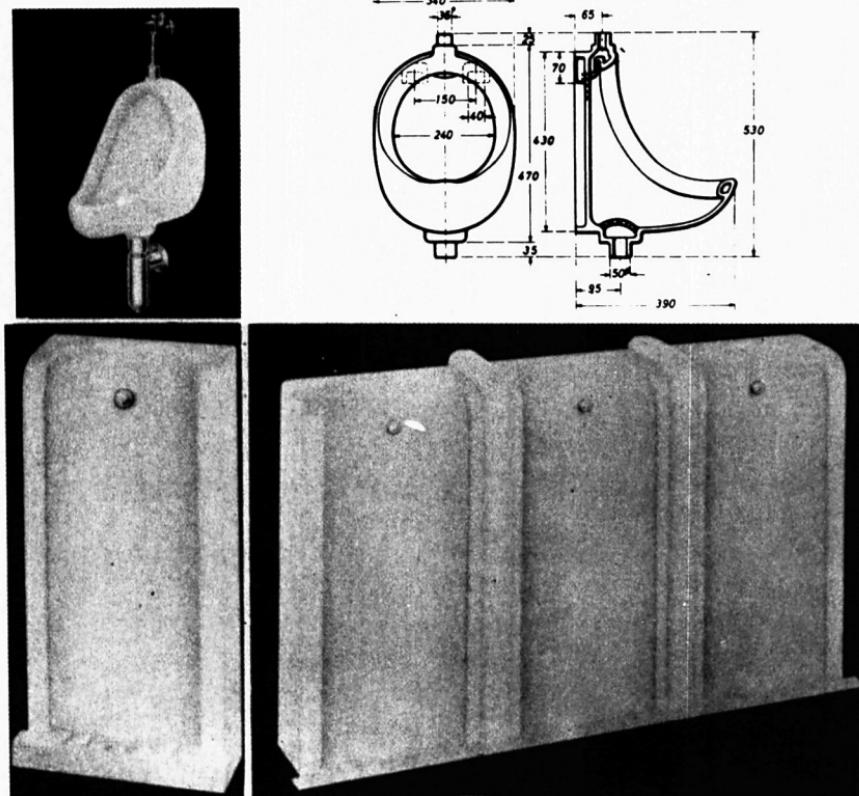
- Τα μεμονωμένα ουρητήρια τοίχου και τα ουρητήρια ορθίων (σχ. 5.12ζ).
- Οι λουτήρες.
- Τα διάφορα εξαρτήματα των πιο πάνω υδραυλικών υποδοχέων, δηλαδή, σαπουνοθήκες, σπογγοθήκες, άγκιστρα κλπ. (σχ. 5.12η).

Από αυτούς, οι νιπτήρες, οι λεκάνες αποχωρητηρίων και καταιονητήρων και τα ουρητήρια διαφόρων τύπων κατασκευάζονται από ψημένη (οπτή) άργιλο, ενώ οι λουτήρες και οι νεροχύτες κατασκευάζονται από άλλα υλικά (ανοξείδωτος χάλυβας, μάρμαρο κλπ) και σπάνια από άργιλο.

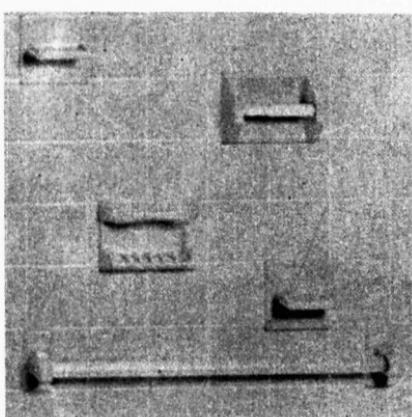
Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται η καθαρή λευκή άργιλος και ο καολίνης. Η μορφοποίηση γίνεται με τη βοήθεια ειδικών καλουπιών (τύπων) και το ψήσιμο (όπτηση) συνεχίζεται μέχρι να εξυαλωθούν τα συστατικά της αργίλου.

Μετά το ψήσιμο γίνεται εφυάλωση των αντικειμένων και δεύτερο ψήσιμο, ώστε να αποκτήσουν οι υποδοχείς λεία, σκληρή και στεγανή επιφάνεια.

Παλαιότερα στην Ελλάδα κατασκευάζονταν οι λεκάνες των

**Σχ. 5.12ζ.**

Ουρητήρια. Επάνω: μεμονωμένο και κάτω: ορθίων απλό και πολλαπλό.

**Σχ. 5.12η.**

Διάφορα εξαρτήματα που συνοδεύουν τα είδη υγιεινής. Από τα κάτω προς τα πάνω: Πετσετοκρεμάστρα, σαπουνοθήκη, σπογγοσαπουνοθήκη, θήκη χαρτιού υγείας, ποτηροθήκη.

αποχωρητηρίων και οι νιπτήρες από κοινή ερυθρή άργιλο με εφυάλωση της επιφάνειάς τους, ακριβώς όπως κατασκευάζονται οι πηλοσωλήνες. Σήμερα κατασκευάζονται και φαγεντιανοί.

5.13 Τεχνητά υλικά από ασβέστη.

Ο σβησμένος ασβέστης χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την άμμο, για την κατασκευή πλίνθων που μοιάζουν με τα συμπαγή τούβλα.

Τα τούβλα αυτά καλούνται *ασβεστοπυριτικά*.

Έχουν ομαλή επιφάνεια, κανονικό σχήμα και αρκετά καλή αντοχή σε θλίψη.

Υστερούν όμως από τα τούβλα ως προς την αντοχή στους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, τον παγετό, και τη φωτιά.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται πολύ λίγο.

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται μίγμα σβησμένου ασβέστη με μορφή σκόνης και χαλαζιακή άμμος.

Η αναλογία των δύο αυτών υλικών είναι 1 μέρος ασβέστη προς 10 έως 15 μέρη άμμου, δηλαδή παρασκευάζεται ένα πολύ ισχνό ασβεστοκονίαμα.

Η ανάμιξη γίνεται εν ξηρώ κατ' αρχήν και κατόπιν ρίχνεται το νερό, ώστε το μίγμα να αποκτήσει πλαστικότητα ικανή για να συντελεσθεί η μορφοποίηση μέσα σε καλούπια κάτω από ισχυρή πίεση.

Ύστερα τα ασβεστότουβλα τοποθετούνται μέσα σε μεταλλικούς κυλίνδρους, που μπορούν να περιλάβουν, ανάλογα με τις διαστάσεις τους, από 10000 έως 20000 τεμάχια. Οι κύλινδροι είναι θερμικά μονωμένοι. Μέσα στους κυλίνδρους θερμαίνονται με ατμό κάτω από πίεση 8 ατμοσφαιρών για 10 ώρες περίπου. Κατά το χρόνο αυτό η θερμότητα προκαλεί την ένωση του ένυδρου ασβέστη με το οξείδιο του πυριτίου, που βρίσκεται στην άμμο και έτσι σχηματίζεται το ένυδρο πυριτικό ασβέστιο, μια πολύ ισχυρή συγκολλητική ύλη (κονία), που συνδέει τους κόκκους της άμμου και σκληραίνει το ασβεστότουβλο.

Τα ασβεστοπυριτικά τούβλα μπορούν να κατασκευασθούν έγχρωμα αν προσθέσουμε διάφορα ανόργανα χρώματα στη μάζα της πρώτης ύλης τους πριν μορφοποιηθεί.

Σε ορισμένες περιπτώσεις αντί για χαλαζιακή άμμο χρησι-

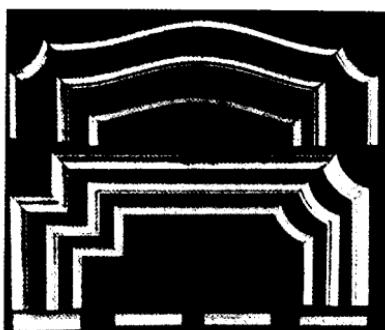
μοποιούνται άμμος και μικρά θραύσματα από ελαφρόπετρα (κισσήρεως) ή μίγμα χαλαζιακής άμμου και θραυσμάτων ελαφρόπετρας. Οι λίθοι που προκύπτουν καλούνται *ασβεστοκισσηρικοί* και είναι ελαφρότεροι ακόμη και από το νερό.

Τα ασβεστοπυριτικά τούβλα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κυρίως εσωτερικών τοίχων. Για εξωτερικούς τοίχους χρησιμοποιούνται μόνο όταν προβλέπεται να καλυφθούν με ισχυρό κονίαμα, επειδή δεν παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις εξωτερικές επιδράσεις. Οι τοίχοι από ασβεστοπυριτικά τούβλα είναι πιο κανονικοί και οικονομικοί από ό,τι οι τοίχοι από κοινά τούβλα, γιατί ανεγείρονται ταχύτερα και χρησιμοποιείται λιγότερο κονίαμα επειδή τα ασβεστοπυριτικά τούβλα έχουν μεγαλύτερο και κανονικότερο σχήμα.

5.14 Τεχνητά υλικά από γύψο.

Από πλαστικό γύψο [κεφ. 3, § 3.6 (2ον)] κατασκευάζονται διάφορα διακοσμητικά στοιχεία μόνο για εσωτερική χρήση, π.χ. γύψινα περιθώρια, τα οποία τοποθετούνται στους τοίχους και στις οροφές, οι ροζέτες, που τοποθετούνται στο κέντρο των οροφών και άλλα παρεμφερή υλικά (σχ. 5.14α). Τα στοιχεία αυτά είναι ευπαθή στην υγρασία και γι' αυτό καταστρέφονται πολύ γρήγορα, εάν τοποθετηθούν σε εξωτερικές θέσεις.

Για να παρασκευασθούν χρησιμοποιείται πολτός πλαστικού γύψου, με τον οποίο αναμιγνύονται τρίχες ή πριονίσματα ξύλου ή άλλα ινώδη υλικά, για να αυξηθεί η στερεότητά τους.



Σχ. 5.14α.

Διάφορα διακοσμητικά στοιχεία από γύψο

Έποτερα ο πολτός αυτός μεταφέρεται σε κατάλληλα καλούπια, όπου παίρνει το επιθυμητό σχήμα. Μετά την αφαίρεση των καλουπιών, τα γύψινα στοιχεία επεξεργάζονται επιφανειακά με πολτό καθαρού γύψου, για να εξομαλυνθούν οι ανωμαλίες που δημιουργήθηκαν.

Επάνω στους τοίχους ή στις οροφές τοποθετούνται με καρφιά. Τα καρφιά (οι ήλοι) όμως πρέπει να είναι επιψευδαργυμένα και όχι κοινά σιδερένια. Τα σιδερένια, όταν έρθουν σε επαφή με το γύψο, οξειδώνονται (σκουριάζουν). Λόγω της οξειδώσεως αυτής εμφανίζονται κηλίδες στην επιφάνεια του διακοσμητικού στοιχείου και χαλαρώνει το κάρφωμα (η ήλωση).

Στα τεχνικά υλικά από γύψο ανήκουν επίσης και οι γυψοσανίδες, δηλαδή λεπτά φύλλα ή πλάκες πάχους 6 έως 8 mm. Κατασκευάζονται από πλαστικό γύψο, όπως ακριβώς και τα διακοσμητικά στοιχεία.

Οι γυψοσανίδες χρησιμοποιούνται για επένδυση εσωτερικών χωρισμάτων ή για κάλυψη αρχιτεκτονικών κενών που δημιουργούνται στις οροφές ή στους τοίχους (σχ. 3.6γ).

Παρουσιάζουν εξαιρετικά μεγάλη αντοχή στη φωτιά, είναι δυσθερμαγωγές και ηχομονωτικές, καρφώνονται και πριονίζονται εύκολα. Στην τοποθέτησή τους τα καρφιά (οι ήλοι) πρέπει απαραίτητα να είναι επιψευδαργυρωμένα.

5.15 Τεχνητά υλικά από τσιμέντο.

Με συγκολλητική ύλη το τσιμέντο, κατασκευάζονται πλήθος υλικά χρήσιμα στις δομικές εργασίες.

Τα υλικά από τσιμέντο διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Τεχνητοί λίθοι και πλάκες.
- Σωλήνες.
- Διάφορα.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα υλικά, που χρησιμοποιούνται όπου πρώτα χρησιμοποιούνταν φυσικοί λίθοι (λίθοι τοιχοποιίας, πλάκες επιστρώσεως δαπέδων, ταρατσών, στεγών κλπ.), καθώς και τα προκατασκευασμένα φέροντα στοιχεία του σκελετού ενός έργου, όπως είναι π.χ. οι δοκοί, οι πλάκες των δαπέδων κ.ά.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα διάφορα είδη σωλήνων, ενώ στην τρίτη περιλαμβάνονται υλικά ποικίλων μορφών, διαστάσεων και χρήσεων, που δεν ανήκουν στις προηγούμενες κατηγορίες.

1ον. Τεχνητοί λίθοι και πλάκες από τσιμέντο.

Κατασκευάζονται τα πιο κάτω είδη:

α) *Τσιμεντόλιθοι*. Οι λίθοι αυτοί έχουν πρισματικό σχήμα με συνηθισμένες διαστάσεις $20 \times 25 \times 50$ cm.

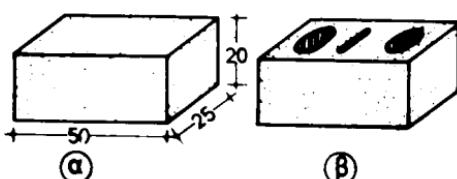
Για την παρασκευή της πρώτης ύλης χρησιμοποιούνται τσιμέντο, άμμος και ψηφίδες (γαρμπίλι) ασβεστολίθου με αναλογία 1 μέρος τσιμέντου προς 10 έως 12 μέρη άμμου και ψηφίδων. Το υλικό αυτό υγραίνεται ελαφρά με μικρή ποσότητα νερού, όση είναι απαραίτητη για την πήξη της κονίας (του τσιμέντου), και ύστερα μεταφέρεται σε σιδερένια καλούπια (τύπους), όπου κοπανίζεται δυνατά.

Στις απλές εγκαταστάσεις το κοπάνισμα γίνεται με τα χέρια, και στις μεγάλες με ειδικούς μηχανικούς κόπανους.

Μετά το τέλος της πήξεως του τσιμέντου, αφαιρούνται τα καλούπια (οι τύποι) και οι λίθοι μεταφέρονται σε στεγασμένους χώρους όπου διαβρέχονται τακτικά, για να αποκτήσουν την μεγιστηριανή δυνατή αντοχή.

Η χρησιμοποίησή τους γίνεται τουλάχιστον αφού περάσει ένας μήνας από την κατασκευή τους.

Επειδή οι τσιμεντόλιθοι είναι αρκετά βαριοί και επομένως δύσχρηστοι κατά τη δόμηση, κατασκευάζονται πολλές φορές με κενά σε τέτοιες θέσεις, ώστε να μην επηρεάζεται σημαντικά η αντοχή τους. Τα κενά αυτά δημιουργούνται με κατάλληλους πυρήνες που τοποθετούνται μέσα στα καλούπια (σχ. 5.15a).



Σχ. 5.15α.
Τσιμεντόλιθοι.
α) Συμπαγής. β) Διάτρητος.

Οι λίθοι αυτοί σε σύγκριση προς τα τούβλα παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Έτσι:

- Είναι φθηνότεροι, γιατί κατασκευάζονται ευκολότερα και δεν απαιτούν ειδική εμπειρία ή σοβαρές μηχανικές εγκαταστάσεις, όπως συμβαίνει στα τούβλα.
- Παρουσιάζουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή.
- Έχουν κανονικότερες διαστάσεις.
- Είναι στεγανότεροι.
- Έχουν μεγαλύτερο βάρος· και γι' αυτό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εσωτερικούς τοίχους ή σε τοίχους κατασκευών με σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή εξωτερικών φερόντων τοίχων και σε δευτερεύουσες μόνο κατασκευές.

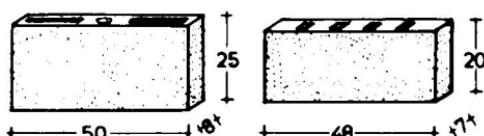
β) *Τσιμεντόπλινθοι (τσιμεντότουβλα) και ελαφρόπλινθοι (κισσηρότουβλα)*. Από τσιμέντο και χονδρόκοκκη άμμο κατασκευάζονται τσιμεντότουβλα με διαστάσεις παρόμοιες προς τις διαστάσεις των τούβλων. Για την παρασκευή τους εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος, όπως στους τσιμεντόλιθους.

Τα τσιμεντότουβλα αυτά ελάχιστα χρησιμοποιούνται, λόγω του μεγάλου βάρους τους. Για να ελαττωθεί το μειονέκτημα αυτό κατασκευάζονται τούβλα με ελαφρά αδρανή υλικά, όπως είναι η ελαφρόπετρα (κίσσηρη).

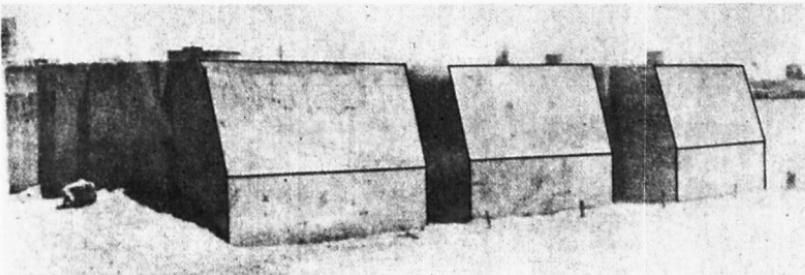
Τα τούβλα από ελαφρόπετρα (κισσηρόπλινθοι ή κισσηρόλιθοι) κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη συμπαγή ή με κενά (σχ. 5.15β), είναι ελαφρότατα, παρουσιάζουν άριστη ηχητική και θερμική μόνωση, αλλά η μηχανική τους αντοχή σε τριβή και πίεση είναι πολύ μικρή.

Χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα για τη δόμηση εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων.

γ) *Ογκόλιθοι*. Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, με αναλογία 200 έως 250 kg τσιμέντου ανά m^3 σκυροδέματος, με άμμο



Σχ. 5.156.
Δύο τύποι κισσηροπλίνθων.



Σχ. 5.15γ.

Ογκόλιθοι από σκυρόδεμα προορισμένοι για την κατασκευή λιμενικών έργων.

και χαλίκια (σκύρα) σε αναλογία 2 : 3 ή 3 : 5 και με προσθήκη θηραικής γης.

Είναι μεγάλοι λίθοι και χρησιμοποιούνται κυρίως σε λιμενικά έργα (κρηπιδώματα, προβλήτες κλπ.). Κατασκευάζονται ή συμπαγείς ή με κενά. Το σχήμα τους είνα συνήθως πρισματικό ή άλλο ανάλογο προς τις ανάγκες του έργου, για το οποίο προορίζονται (σχ. 5.15γ).

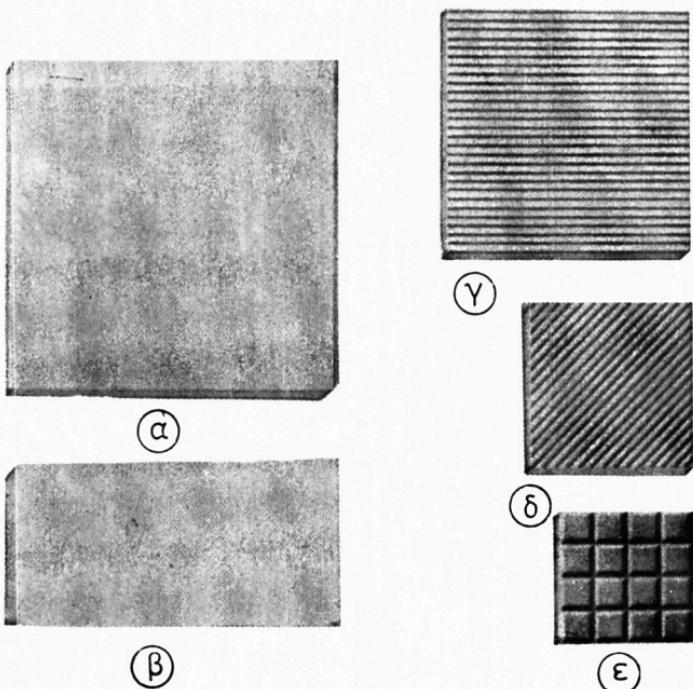
Ο όγκος τους ποικίλλει. Συνήθως υπερβαίνει τα 10 m³, και το βάρος τους είναι πάνω από 15 t.

Οι ογκόλιθοι κατασκευάζονται με ίδια διαδικασία όπως το σκυρόδεμα [§ 4.15 (3ον), (4ον)]. Σε κατάλληλες θέσεις έχουν άγκιστρα ή υποδοχές, για να είναι δυνατή η ανάρτησή τους και η μεταφορά και τοποθέτησή τους από τους πλωτούς γερανούς στις θέσεις που πρέπει μέσα στη θάλασσα.

Παλαιότερα οι ογκόλιθοι αυτοί κτίζονταν με φυσικούς λίθους (ασβεστόλιθους) και με ασβεστοθηραϊκοκονίαμα.

δ) **Πλάκες και πλακίδια.** Από λεπτοσκυρόδεμα (τσιμέντο, άμμος και ψηφίδες) κατασκευάζονται πλάκες επιστρώσεως δωμάτων (ταρατσών) διαστάσεων 30 x 30 x 2 cm, πλάκες επιστρώσεως πεζοδρομίων, πλατειών και πλακίδια επιστρώσεως εσωτερικών και εξωτερικών χώρων (σχ. 5.15δ).

Οι διαστάσεις, τα πάχη, ο τρόπος κατασκευής και οι απαιτούμενοι έλεγχοι για τις πλάκες πεζοδρομίων και πλατειών καθορίζονται από την Πρότυπο Προδιαγραφή "Πλάκες πεζοδρομίων εκ σκυροδέματος", η οποία είναι υποχρεωτική για τους κατασκευαστές.



Σχ. 5.15δ.

Διάφοροι τύποι πλακών από σκυρόδεμα: α) και β) Πλάκες πεζοδρομίων διαστάσεων 50x50x5 cm και 50x25x5 cm. γ), δ) και ε) Πλακίδια επιστρώσεως πεζοδρομίων, ταρατσών και εσωτερικών χώρων.

Η προδιαγραφή αυτή αναφέρεται σε πλάκες τυποποιημένων διαστάσεων και σχήματος, προκατασκευασμένες στο εργοστάσιο και προοριζόμενες για επιστρώσεις πεζοδρομίων, δαπέδων εργοστασίων, εσωτερικών αυλών, διαδρόμων, κήπων και άλλες παρόμοιες εργασίες.

Οι διαστάσεις τους αναφέρονται στον πίνακα 5.15.1.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα πλακίδια και τις πλάκες είναι:

- Τσιμέντα πόρτλαντ κοινά ή υψηλής αντοχής ή λευκά τσιμέντα.
- Αδρανή, που προέρχονται:

Από σκληρά πετρώματα, όπως π.χ. τα πυριτικά, ή σμύριδα, ο γρανίτης, ο βασάλτης, εάν πρόκειται για πλάκες που προορίζονται για πεζοδρόμια μεγάλης κυκλοφορίας ή για δάπεδα εργοστασίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.15.1

Τύποι και διαστάσεις πλακών από σκυρόδεμα

Μέγεθος υπ' αριθ.	Διαστάσεις επιφάνειας (σε cm)	Πάχη (σε cm)	
		α	β
1	50 x 50	5	6
2	25 x 50	5	6
3	12,5 x 50	5	6
4	40 x 40	5	5
5	20 x 40	5	5
6	10 x 40	5	5

Από σκληρά ασβεστολιθικά πετρώματα για πλάκες που προορίζονται για ελαφρότερη κυκλοφορία.

– Χρώματα τσιμέντου, τα οποία προσθέτονται μέσα στη μάζα του σκυροδέματος.

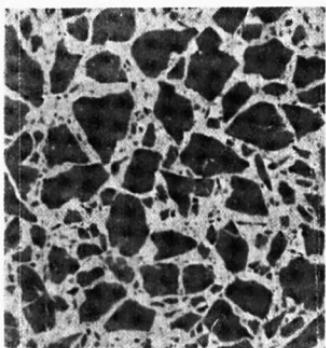
Μετά την εν ξηρώ ανάμιξη, το μίγμα διαβρέχεται ελαφρά και μεταφέρεται μέσα σε καλούπια, όπου πιέζεται πολύ από μηχανικές πρέσες. Μετά την πήξη του τσιμέντου οι πλάκες εναποθηκεύονται μέσα σε υγρούς χώρους, όπου παραμένουν για αρκετό χρόνο για να σκληρύνουν εντελώς.

Οι προκατασκευασμένες πλάκες πεζοδρομίων ελέγχονται για την αντίστασή τους στη φθορά, την αντοχή τους σε κάμψη και την υδροαπορροφητικότητά τους. Οι ελάχιστες τιμές που απαιτούνται για τις ιδιότητες αυτές καθορίζονται από την Πρότυπο Προδιαγραφή.

Οι πλάκες αυτές έχουν αντικαταστήσει σχεδόν τελείως τις πλάκες επιστρώσεως από φυσικούς λίθους [σχιστολιθικές, πλάκες τύπου Μάλτας κλπ., κεφ. 1, § 1.13 (5ον)].

Τα πλακίδια από τσιμέντο έχουν διαστάσεις 20 x 20 cm ή 15 x 15 cm με πάχος 18 mm [σχ. 5 . 15δ (δ,ε)].

Κατασκευάζονται σε δύο στρώσεις μέσα σε σιδερένια καλούπια. Η πρώτη στρώση αποτελείται από τσιμέντο και χονδροκοκκώδη άμμο και έχει πάχος 1 cm. Η δεύτερη, που βρίσκεται προς το μέρος της ορατής επιφάνειας, έχει πάχος 0,8 cm και αποτελείται από τσιμέντο και μαρμαρόσκονη. Στο μίγμα της στρώσεως αυτής προσθέτονται διάφορα χρώματα (χρώματα πλακοποιίας), οπότε προκύπτουν τα έγχρωμα πλακίδια ή προσθέτο-



Σχ. 5.15ε.

Μωσαϊκές πλάκες λείες (αριστερά) και ανάγλυφες (δεξιά).

νται λευκές και έγχρωμες μαρμαροψηφίδες οπότε προκύπτουν τα μωσαϊκά πλακίδια και οι μωσαϊκές πλάκες επιστρώσεως (σχ. 5.15ε).

Το τσιμέντο της δεύτερης στρώσεως μπορεί να είναι ή κοινό τσιμέντο (μαύρο) ή λευκό, οπότε η ορατή επιφάνεια του πλακιδίου παρέχει ωραιότερη όψη.

Μετά τη συμπλήρωση της δεύτερης στρώσεως ασκείται ισχυρή πίεση από πρέσες. Στη συνέχεια τοποθετούνται σε θαλάμους, όπου διαβρέχονται τακτικά για διάστημα 2 περίπου μηνών, και τέλος λειαίνεται και στιλβώνεται η ορατή επιφάνεια με τα συνηθισμένα λειαντικά μέσα, που χρησιμοποιούνται και στα μάρμαρα.

Τα πλακίδια αυτά χρησιμοποιούνται για την επίστρωση δαπέδων κατοικιών, εργοστασίων κ.ά.

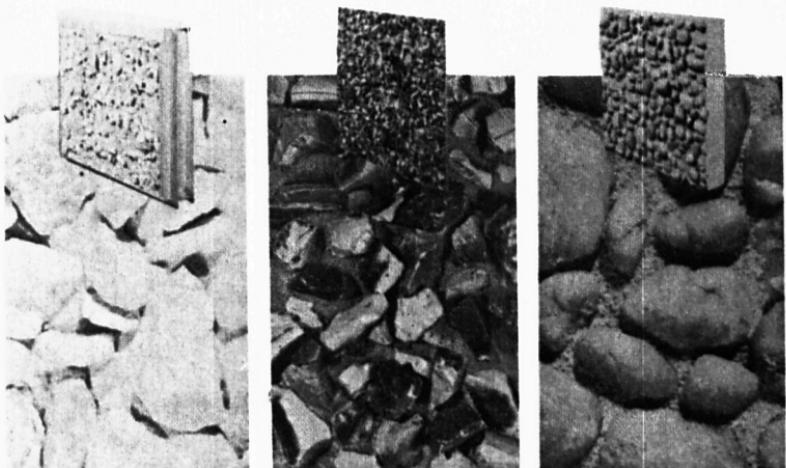
ε) **Ανάγλυφες πλάκες διαχωρισμάτων και επενδύσεων.** Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, αλλά με κατάλληλη επεξεργασία και με τη βοήθεια χημικών ουσιών επιτυγχάνεται η αποκάλυψη των χονδρών αδρανών της μιας όψεως και έτσι δημιουργείται ανάγλυφη η ορατή επιφάνεια. Υπάρχουν σε ποικίλα μεγέθη (σχ. 5.15στ) και χρησιμοποιούνται ως διαχωριστικοί τοίχοι, για επενδύσεις τοίχων και για μονωτικούς σκοπούς (σχ. 5.15ζ).

στ) **Υλικά επιστρώσεων.** Με τη μέθοδο και τα υλικά που κατασκευάζονται τα πλακίδια και με προσθήκη κόκκων χαλαζία κατασκευάζονται είδη και για άλλες χρήσεις, όπως πεζούλια στηθαίων και μαρκιζών, σκαλοπάτια, περιθώρια (σοβατεπιά).

ζ) **Τεχνητά μάρμαρα.** Από μίγμα μαγνησιακού τσιμέντου,



Σχ. 5.15στ.
Μεταφορά μεγάλης μωσαϊκής πλάκας.



Σχ. 5.15ζ.

Μωσαϊκές πλάκες. Από αριστερά: Πλάκα διαχωριστικού τοίχου με χονδρά αδρανή από λευκό μάρμαρο. Πλάκα επενδύσεως τοίχων με αδρανή από έγχρωμο μάρμαρο. Μονωτική πλάκα με αδρανή από φυσικές κροκάλες.

χαλαζιακού αλεύρου ή άχνης μαρμάρου και διαφόρων χρωστικών ουσιών κατασκευάζονται πλάκες διαφόρων μεγεθών. Η επιφάνειά τους μπορεί να στιλβωθεί και παρουσιάζει όψη εγχρώμων μαρμάρων, με γραμμές (νερά) και ποικίλα άλλα σχέδια.

Η επιφανειακή τους σκληρότητα είναι μεγαλύτερη από των φυσικών μαρμάρων. Πάρουσιάζουν όψη εξίσου ωραία και η τιμή

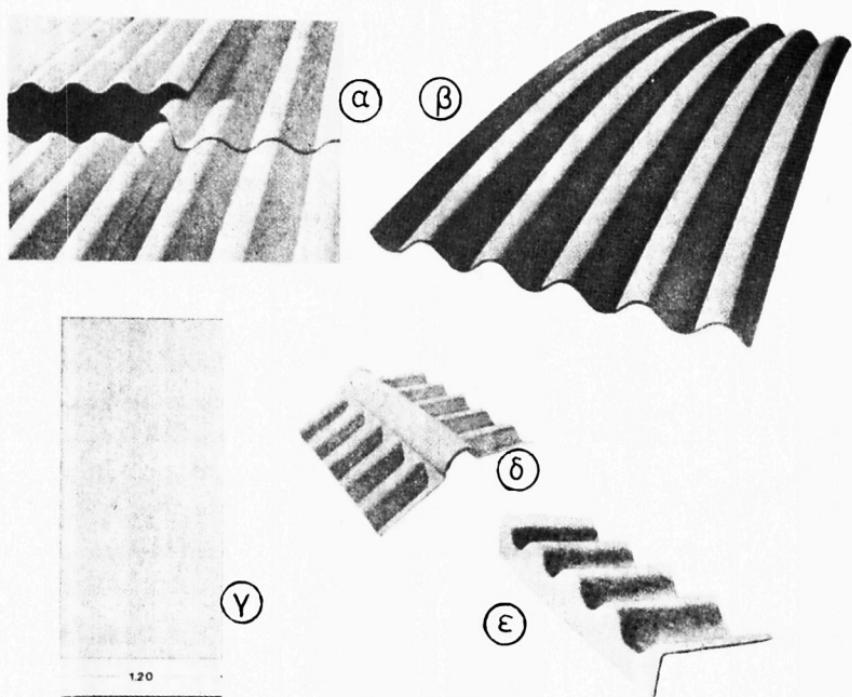
τους είναι μικρότερη. Η μέθοδος κατασκευής τους καθώς και οι αναλογίες του μίγματος αποτελούν ευρεσιτεχνία διαφόρων εργοστασίων. Χρησιμοποιούνται για την επίστρωση δαπέδων ή την επένδυση τοίχων.

Επίσης κατασκευάζονται πλάκες από τεμάχια φυσικού μαρμάρου, τα οποία συγκολλώνται μεταξύ τους με ισχυρή συνθετική κόλλα. Στο εμπόριο οι πλάκες αυτές κυκλοφορούν με το όνομα **μαρμαρίνες**.

η) **Φύλλα από αμιαντοτσιμέντο.** Με ισχυρή πίεση μίγματος τσιμεντοκονιάματος από κοινό τσιμέντο Portland, άχνης μαρμάρου και ινών αμιάντου κατασκευάζονται λεπτά φύλλα σε διάφορες διαστάσεις και πάχη. Χρησιμοποιούνται κατά κανόνα για την κάλυψη στεγών και την επένδυση τοίχων.

Στο εμπόριο προσφέρονται με διάφορες ονομασίες, από τις οποίες οι πιο γνωστές είναι "ετερνίτ" και "ελενίτ".

Τα φύλλα αυτά είναι επίπεδα ή αυλακωτά (σχ. 5.15η) και



Σχ. 5.15η.

Φύλλα διαφόρων μορφών από αμιαντοτσιμέντο. α) Επίπεδο αυλακωτό φύλλο. β) Κυρτό αυλακωτό φύλλο. γ) Επίπεδο λείο φύλλο. δ) Καλύπτρα κορυφής. ε) Γείσωμα.

έχουν ορισμένες ιδιότητες, που τα κάνουν πρώτης τάξεως υλικά για ορισμένες χρήσεις. Έτσι:

- Παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στην πίεση.
- Έχουν μικρό πάχος και μικρό βάρος σε σύγκριση προς παρόμοια προϊόντα από άλλα υλικά.
- Έχουν μεγάλη ελαστικότητα και γι' αυτό μπορούν να καμφθούν, μέσα σε κάποια όρια, χωρίς να σπάσουν ή να παραμορφωθούν.
- Είναι απολύτως στεγανά και αντέχουν στις εξωτερικές επιδράσεις.
- Είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας (δυσθερμαγωγά) και δεν καίγονται εύκολα.
- Είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, και τέλος
- αντέχουν στις επιδράσεις διαφόρων οξέων (οξύμαχα).

Τα φύλλα αυτά χρησιμοποιούνται για τη στέγαση εργοστασίων, αποθηκών, υποστέγων αεροδρομίων και γενικά αντί για κεραμίδια ή φύλλα από λαμπρίνα. Επίσης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κατακορύφων εσωτερικών ή εξωτερικών διαχωρισμάτων ή για επενδύσεις τοίχων που τους προστατεύουν από τη φωτιά.

'Όπως θα δούμε πιο κάτω, από αυτό το υλικό, το αμιαντοτσιμέντο, κατασκευάζονται και άλλα υλικά, όπως σωλήνες αποχετεύσεων, σωλήνες υδρεύσεως κλπ.

θ) *Προκατασκευασμένα στοιχεία.* Το κόστος και ο χρόνος για να τελειώσουν έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθώς και η ποιότητά τους επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το γεγονός της διαστρώσεως του σκυροδέματος μέσα σε ξυλότυπους που κατασκευάζονται στο εργοτάξιο και ακριβώς στη θέση, στην οποία ανεγείρεται το έργο.

Σ' ένα πολυώροφο κτήριο π.χ. πρέπει να κατασκευασθεί ο ξυλότυπος των στύλων, δοκών και πλακών του πρώτου ορόφου, να γίνει η διάστρωση του σκυροδέματος, να παραμείνει ο ξυλότυπος μέχρι να πήξει τελείως το σκυρόδεμα, δηλαδή από 8 έως 15 ημέρες και μετά να συνεχισθεί η κατασκευή του δεύτερου, του τρίτου κ.ο.κ. ορόφου, μέχρι να τελειώσει όλος ο σκελετός. Με αυτό τον τρόπο η ποσότητα ξυλείας που απαιτείται και επομένως η ακινητοποίηση κεφαλαίων, η φθορά της και η μεταφορά του νωπού σκυροδέματος σε μεγάλα ύψη (προκειμένου για τους

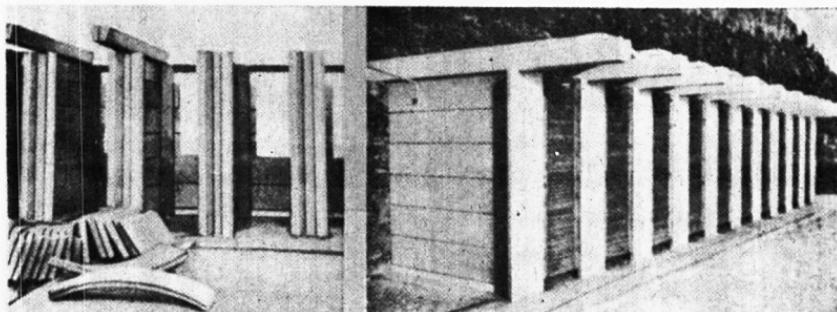
τελευταίους ορόφους) αυξάνουν τα έξοδα κατασκευής, ενώ η ανάγκη αποπερατώσεως του σκελετού των υποκειμένων ορόφων, για να συνεχισθεί η κατασκευή των υπερκειμένων, αυξάνει αισθητά το χρόνο αποπερατώσεως του έργου. Επίσης οι διάφοροι έλεγχοι και δοκιμασίες, στις οποίες πρέπει να υποβληθούν οι πρώτες ύλες και το έτοιμο σκυρόδεμα, εκτελούνται δύσκολα στο εργοτάξιο.

Όλα αυτά τα μειονεκτήματα εξαφανίζονται σε μεγάλο βαθμό εάν προκατασκευάσουμε ορισμένα από τα στοιχεία του έργου (κυρίως δοκούς και πλάκες) στα εργοστάσια. Τα στοιχεία αυτά μεταφέρονται και τοποθετούνται με γερανούς στις προβλεπόμενες θέσεις του έργου.

Τα στοιχεία αυτά καλούνται *προκατασκευασμένα*.

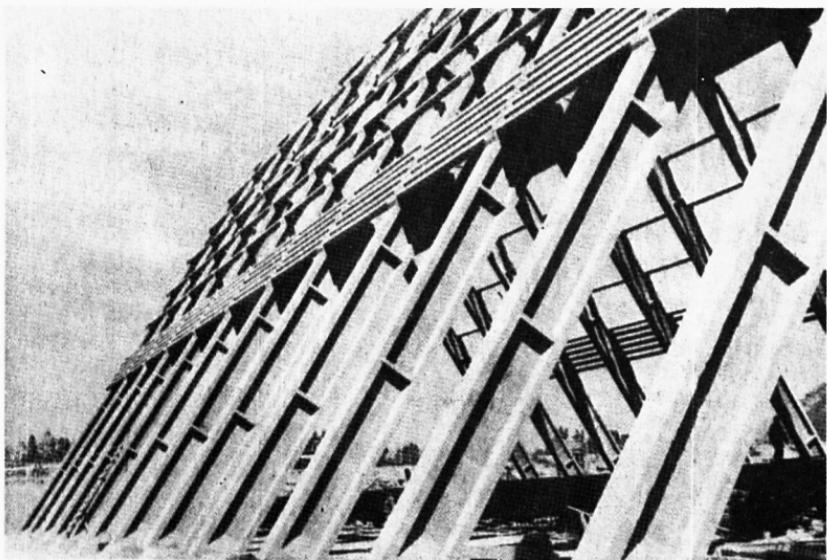
Κατασκευάζονται ταχύτατα στο εργοστάσιο με τη βοήθεια μηχανικών μέσων. Η σύνθεση του μίγματος των αδρανών υλικών του τσιμέντου και του νερού γίνεται εδώ με μεγάλη ακρίβεια. Ο οπλισμός τοποθετείται στις προκαθορισμένες θέσεις και η φθορά των ξυλοτύπων είναι ελάχιστη.

Η χρησιμοποίηση προκατασκευασμένων στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα γίνεται σε ειδικές κατασκευές (σχ. 5.15θ) και κυρίως σε τυποποιημένα μεγάλα κτηριακά συγκροτήματα και σε μεγάλα εργοστάσια (σχ. 5.15ι και σχ. 5.15ια). Η γρήγορη ανοικοδόμηση των πόλεων και βιομηχανικών συγκροτημάτων που καταστράφηκαν από τον τελευταίο πόλεμο στις ξένες χώρες οφείλεται κυρίως στα προκατασκευασμένα τεμάχια. Στην Ελλάδα άρχισε να εφαρμόζεται η μέθοδος πριν λίγα χρόνια, αλλά δεν έχει ακόμη γενικευθεί.



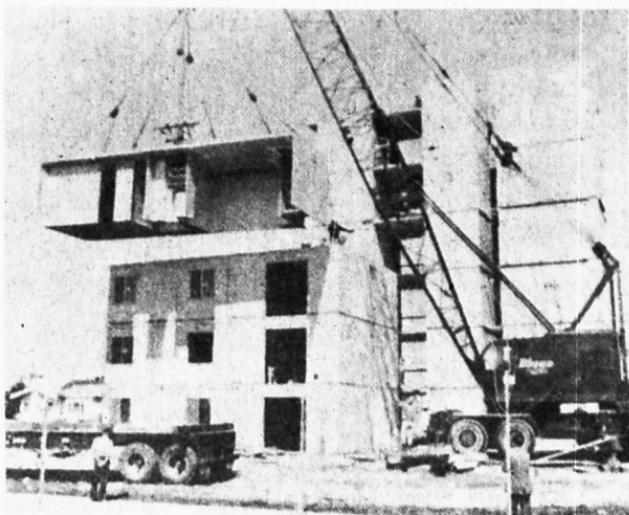
Σχ. 5.15θ.

Καμπίνες λουομένων από προκατασκευασμένα στοιχεία.



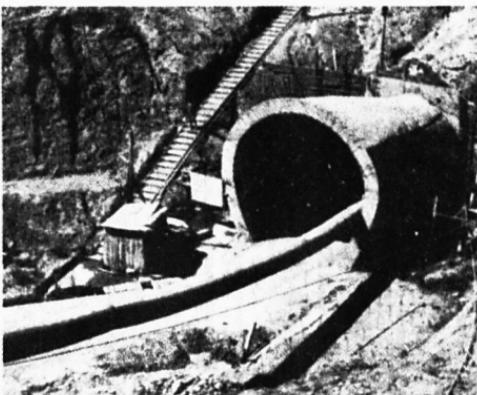
Σχ. 5.15ι.

Τα από οπλισμένο σκυρόδεμα πλαίσια του εικονιζόμενου μεγάλου υποστέγου έχουν προκατασκευασθεί και έχουν τοποθετηθεί στη θέση τους με τη βοήθεια γερανών.



Σχ. 5.15ια.

Κατασκευή πολυκατοικίας με προκατασκευασμένες μονάδες, που αποτελούν τμήμα ολόκληρου διαμερίσματος. Η τοποθέτησή τους γίνεται με γερανό.



Σχ. 5.15ιβ.
Σωλήνας από οπλισμένο σκυρόδεμα.

2ον. Σωλήνες.

Από λεπτό σκυροκονίαμα (με γαρμπίλι αντί χαλίκια) κατασκευάζονται σωλήνες κυκλικής διατομής με εσωτερική διάμετρο έως 1,00 m. Το πάχος του τοιχώματος είναι ανάλογο με τη διάμετρο του σωλήνα και τις προβλεπόμενες πιέσεις.

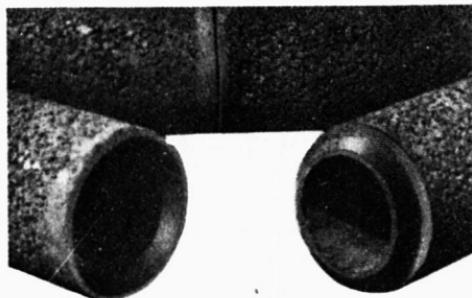
Αυτοί οι σωλήνες χρησιμοποιούνται όπου και οι πηλοσωλήνες, δηλαδή σε αποχετεύσεις και αποστραγγίσεις.

Με μεγαλύτερη διάμετρο σωλήνες κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα και χρησιμοποιούνται για οχετούς κάτω από οδοστρώματα (σχ. 5.15ιβ) και κυρίως για υδραυλικά δίκτυα.

Τμήμα του υδραγωγείου, που μεταφέρει το νερό από την Υλίκη στην Αθήνα, αποτελείται από τσιμεντοσωλήνες διαμέτρου 4,00 m και μήκους 4,00 m, που κατασκευάσθηκαν από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Ειδικά μέτρα είχαν ληφθεί για τη στεγανότητά τους.

Από απλό σκυρόδεμα κατασκευάζονται επίσης πολλαπλοί σωλήνες μικρής διαμέτρου για τη διέλευση τηλεφωνικών ή ηλεκτρικών καλωδίων, καθώς και σωλήνες με μεγάλο πορώδες που χρησιμοποιούνται σε αποστραγγιστικά δίκτυα (σχ. 5.15ιγ).

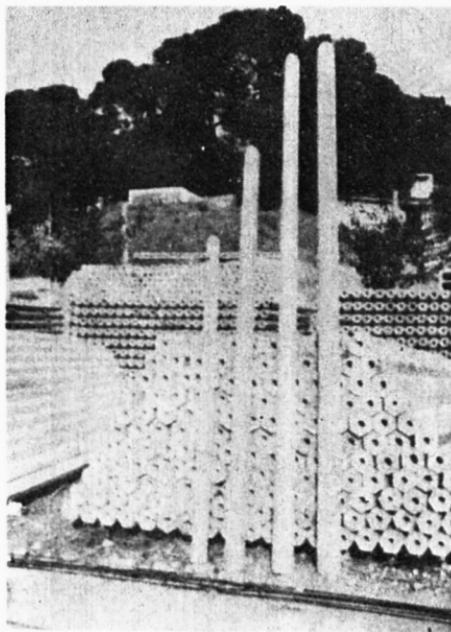
Τέλος από αμιαντοτσιμέντο [§ 5.15(1ον)] κατασκευάζονται σωλήνες, που χρησιμοποιούνται για ύδρευση ή για αποχέτευση βιομηχανικών υγρών, που περιέχουν οξέα ή άλλες επιβλαβείς ουσίες για το κοινό σκυρόδεμα.



Σχ. 5.15ιγ.
Σωλήνες με μεγάλο πορώδες.

3ον. Διάφορα υλικά.

Από απλό ή οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευάζονται διαφόρων χρήσεων υλικά, όπως ηλεκτρικοί και τηλεφωνικοί στύλοι (σχ. 5.15ιδ), σκαλοπάτια, ρείθρα πεζοδρομίων, αυλάκια αποχετεύσεων και αρδεύσεων, είδη υγιεινής (νεροχύτες, νιπτήρες, λεκάνες τούρκικου τύπου), κιγκλιδώματα και διάφορα διακοσμητικά.

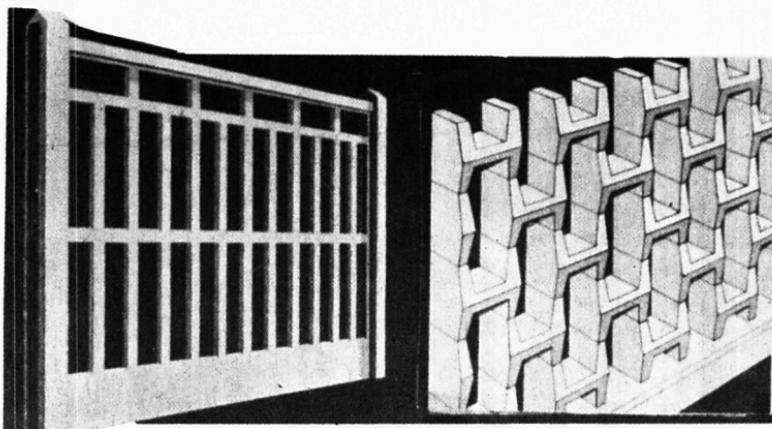


Σχ. 5.15ιδ.
Προκατασκευασμένοι ηλεκτρικοί και τηλεφωνικοί στύλοι.

τικά στοιχεία (σχ. 5.15ιε), στοιχεία καπνοδόχων (σχ. 5.15 ιστ) και πολλά άλλα υλικά.

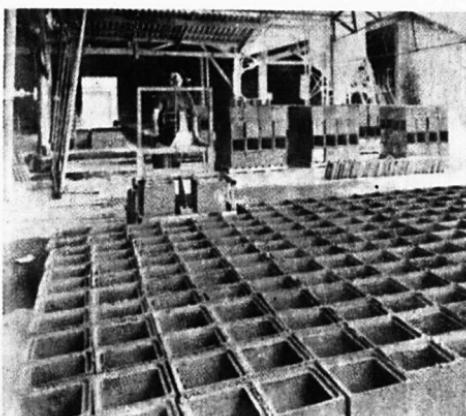
Τα υλικά αυτά κατασκευάζονται σε εργοστάσια με διάφορες μεθόδους ανάλογα με το είδος του στοιχείου.

Παρουσιάζουν ικανή αντοχή, έχουν χαμηλό κόστος, αλλά μειονεκτούν σε σύγκριση προς προϊόντα όμοιας χρήσεως που προέρχονται από άλλες πρώτες ύλες, κυρίως κατά την εμφάνιση. Αναφέρομε ενδεικτικά ότι νεροχύτες κατασκευάζονται από μω-



Σχ. 5.15ιε.

Κιγκλίδωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία για την κατασκευή καφασωτών.



Σχ. 5.15ιστ.

Στοιχεία καπνοδόχων από σκυρόδεμα εκτεθειμένα σε ανοικτούς χώρους για να σκληρύνουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

Σύμβολο	Ονομασία	Μονάδες μετρήσεως
A	απόδοση κονιάματος	αδιάστατο
α	συντελεστής γραμμικής διαστολής	mm/m • grd, grd^{-1}
α	αραιότητα ή πορώδες	αδιάστατο
γ	συντελεστής κυβικής διαστολής	mm/m • grd , grd^{-1}
Δθ	επιμήκυνση	cm, mm
Δt	θερμοκρασιακή διαφορά	grd
E	μέτρο ελαστικότητας	kp/cm^2
ε	αναγμένη επιμήκυνση	αδιάστατο
λ	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	$kcal \cdot grd^{-1} \cdot m^{-1} \cdot h^{-1}$ $Btu \cdot ^\circ F^{-1} \cdot ft^{-1} \cdot h^{-1}$
v	συντελεστής ασφαλείας	αδιάστατο
ρ	σχετική ή φαινόμενη πυκνότητα	αδιάστατο
σ	τάση	kp/cm^2
σελ	τάση εφελκυσμού	kp/cm^2
σεπ	επιτρεπόμενη ή ανεκτή τάση	kp/cm^2
σθλ	τάση θλίψεως	kp/cm^2
σθρ	τάση θραύσεως	kp/cm^2
T	διατμητική τάση	kp/cm^2
T _{θρ}	αντοχή σε διάτμηση	kp/cm^2
Y	δείκτης υδραυλικότητας τοιμέντου	αδιάστατο
Ω	συντελεστής περιεκτικότητας (νερού)	αδιάστατο
d	πάχος, διάμετρος	mm, cm, m
F	επιφάνεια	cm^2, m^2
G	συγκεντρωμένο μόνιμο φορτίο	p, kp
g	διανεμημένο μόνιμο φορτίο	$kp/m, Mp/m, \text{ ή } t/m$
H,h	ύψος	mm, cm, m
K	ενέργεια από κρούση	kp/cm
I	μήκος	mm, cm, m
M	μάζα	g, kg, t
P	Συγκεντρωμένη μεταβλητή φόρτιση	p_1, kp, Mp
p	Διανεμημένη μεταβλητή φόρτιση	p, kp, Mp
Q	ποσότητα θερμότητας	kcal
S	σχετικό ή φαινόμενο ειδικό βάρος	$kp/m^3, kp/cm^3$
T	χρόνος	sec, min, h
t	θερμοκρασία	grd, $^\circ C$, $^\circ F$
U	απόλυτο ειδικό βάρος	p/cm^3
V _κ	όγκος κενών	cm^3, lt, m^3
V _υ	όγκος απόλυτος	cm^3, lt, m^3
V _φ	όγκος φαινόμενος	cm^3, lt, m^3
W ₀	ανεμοπίεση	kp/m^2
W ₂₈	τάση θραύσεως	kp/m^2

σαικό, μάρμαρο ή ανοξείδωτο χάλυβα. Οι πρώτοι είναι φθηνότεροι, αλλά υστερούν ποιοτικά.

Σχέσεις μεταξύ μονάδων

$$1000 \text{ mm/m.grd} = 1 \text{ grd}^{-1}$$

$$1 \text{ kcal.grd}^{-1}.\text{m}^{-1}.\text{h}^{-1} = 0.671 \text{ Btu.}^{\circ}\text{F}^{-1}.\text{ft}^{-1}.\text{h}^{-1}$$

$$1000 \text{ mm} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$10000 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2$$

$$1000000 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ lt} = 1 \text{ m}^3$$

$$1000000 \text{ p} = 1000 \text{ kp} = 1 \text{ Mp}$$

$$1000000 \text{ gr} = 1000 \text{ kgr} = 1 \text{ t}$$

$$3600 \text{ sec} = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$$

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

0.1	Χαρακτηρισμός και μελέτη των δομικών υλικών.....	1
0.2	Προορισμός των τεχνικών έργων-Απαιτήσεις.....	7
0.3	Επιλογή των δομικών υλικών.....	8
0.4	Η εξέλιξη των δομικών υλικών.....	9
0.5	Εξωτερικοί παράγοντες που επιδρούν στα δομικά υλικά.....	13
0.6	Φυσικοί και μηχανικοί παράγοντες.....	14
0.7	Χημικοί παράγοντες	24
0.8	Οργανικοί παράγοντες.....	28
0.9	Ιδιότητες των δομικών υλικών.....	29
0.10	Φυσικές ιδιότητες.....	31
0.11	Οι μηχανικές ιδιότητες	50
0.12	Συντελεστής ασφάλειας. Επιτρεπόμενες τάσεις.....	69
0.13	Τεχνικές ή τεχνολογικές ιδιότητες	71
0.14	Προδιαγραφές. Πρότυπα. Κανονισμοί.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

1.1	Περιγραφή-Προέλευση.....	77
1.2	Χαρακτηριστικά των φυσικών λίθων.....	80
1.3	Πετρώματα και κατηγορίες αυτών.....	81
1.4	Πυριγενή πετρώματα	81
1.5	Υδατογενή ή στρωσιγενή πετρώματα	83
1.6	Μεταμορφωσιγενή πετρώματα	89
1.7	Διαιρέσεις πετρωμάτων.....	90
1.8	Λίθοι από πυριγενή πετρώματα	91
1.9	Λίθοι από υδατογενή πετρώματα	97
1.10	Λίθοι από μεταμορφωσιγενή πετρώματα.....	105
1.11	Ιδιότητες των φυσικών λίθων.....	111
1.12	Εξόρυξη και επεξεργασία.....	126
1.13	Μορφές και χρήσεις των λίθων.....	139
1.14	Προστασία και συντήρηση των λίθων	148

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

2.1	Γενικά	153
2.2	Διαίρεση λιθίνων προϊόντων με βάση την προέλευσή τους	154
2.3	Κατάταξη.....	155
2.4	Συλλογή και παραγωγή	156
2.5	Ιδιότητες των λιθίνων προϊόντων και έλεγχός τους.....	166
2.6	Προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως.....	169
2.7	Έλεγχος καθαρότητας των λιθίνων υλικών.....	179
2.8	Έλεγχος μηχανικής αντοχής.....	182
2.9	Έλεγχος αντοχής στις καιρικές επιδράσεις και στη φωτιά	183
2.10	Άλλοι έλεγχοι.....	183
2.11	Προδιαγραφές. Κανονισμοί	183
2.12	Είδη φυσικών αδρανών. Χρήσεις τους.....	184
2.13	Είδη τεχνητών αδρανών. Χρήσεις τους	186
2.14	Ειδικά αδρανή.....	190

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ (ΚΟΝΙΕΣ)

3.1	Γενικά	194
3.2	Πολτός. Ξήρανση, πήξη και σκλήρυνση κονίας.....	196
3.3	Κατηγορίες κονιών	196
3.4	Είδη κονιών.....	197
3.5	Πηλοκονία	197
3.6	Γύψος.....	199
3.7	Ποζουλάνες. Θηραική γη	206
3.8	Ασβέστης.....	207
3.9	Τσιμέντο.....	219
3.10	Άσφαλτοι και πίσσες	247
3.11	Συνθετικές κονίες.....	259

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΛΕΠΤΑ ΚΑΙ ΧΟΝΔΡΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

4.1	Γενικά περί λεπτοκονιάματος.....	260
4.2	Στερεοποίηση κονιάματος	262
4.3	Γενικές χρήσεις	263
4.4	Ιδιότητες των κονιαμάτων	266

4.5	Κατάταξη των κονιαμάτων	266
4.6	Ποιοτικός έλεγχος.....	268
4.7	Πηλοκονιάματα	268
4.8	Ασβεστοκονιάματα	270
4.9	Τσιμεντοκονιάματα.....	279
4.10	Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα.....	288
4.11	Ασφαλτοκονιάματα.....	290
4.12	Ειδικά κονιάματα.....	293
4.13	Γενικά περί χονδροκονιάματος	297
4.14	Γενικά χαρακτηριστικά των χονδροκονιαμάτων	298
4.15	Τσιμεντοσκυρόδεμα (κοινώς μπετόν).....	299
4.16	Απλό σκυρόδεμα.....	341
4.17	Οπλισμένο σκυρόδεμα	342
4.18	Προεντεταμένο σκυρόδεμα	349
4.19	Σκυρόδεμα εν κενώ.....	350
4.20	Ειδικά σκυροδέματα	350
4.21	Ασφαλτοσκυρόδεμα.....	353

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΑΠΟ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

5.1	Γενικά.....	358
5.2	Πλεονεκτήματα των τεχνητών υλικών	360
5.3	Τεχνητά υλικά από πηλοκονία	362
5.4	Ωμές (άνοπτες) πλίνθοι	362
5.5	Κεραμικά προϊόντα	363
5.6	Οπτόπλινθοι (τούβλα)	373
5.7	Πυρίμαχα τούβλα	389
5.8	Κεραμίδια (κέραμοι).....	393
5.9	Πλάκες και πλακίδια.....	396
5.10	Σωλήνες.....	400
5.11	Στοιχεία διακοσμήσεως.....	403
5.12	Υδραυλικοί υποδοχείς	403
5.13	Τεχνητά υλικά από ασβέστη	409
5.14	Τεχνητά υλικά από γύψο.....	410
5.15	Τεχνητά υλικά από τσιμέντο.....	411

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ





195A