

ΚΤΙΡΙΑΚΑ ΕΡΓΑ Ι

Β' ΕΠΑ.Λ.



Βιβλίο μαθητή

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ, ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΚΤΙΡΙΑΚΑ ΕΡΓΑ Ι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Ομάδα συγγραφής:

Μιχαήλ Σακελλαρίου, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ -

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Βασίλειος Σερέφογλου, Αρχιτέκτονας Μηχανικός -

Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας

Χρυσάνθος Μαραβέας, Πολιτικός Μηχανικός, MSc, DIC

Ομάδα κρίσης:

Αννα Νίτη, Αρχιτέκτων Μηχανικός

Σωτήριος Μλουκίε, Αρχιτέκτων Μηχανικός

Εμμανουήλ Κρεβατσούλης, Πολιτικός Μηχανικός

Γλωσσική επιμέλεια:

Ευδοκία Γιαννικοπούλου, Εκπαιδευτικός ΠΕ2 Φιλολόγος

Συντονιστής:

Μιχαήλ Σακελλαρίου, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ -

Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Σταμάτης Αλαχιώτης

Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- **Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου:**
Γεώργιος Βούτσινος,
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Τομέα Κατασκευών :
Νικόλαος Ηλιάδης,
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Μιχαήλ Σακελλαρίου, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ -
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Βασίλειος Σερέφογλου, Αρχιτέκτονας Μηχανικός -
Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας

Χρύσανθος Μαραβέας, Πολιτικός Μηχανικός, MSc, DIC

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΚΤΙΡΙΑΚΑ ΕΡΓΑ Ι

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

Β' ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ, ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
& ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Την ευθύνη για τη συγγραφή των αντίστοιχων κεφαλαίων είχαν οι:

Κεφάλαια 2, 3, 4, 5, 6, 7: Μιχ. Σακελλαρίου, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Κεφάλαια 1, 8, 9, 10, 11, 12: Βασ. Σερέφογλου, Αρχιτέκτονας Μηχανικός, Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας

Κεφάλαια 13, 14, 15, 16: Χρυσ. Μαραβέας, Πολιτικός Μηχανικός, Μ. Sc.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι – ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 1.1 Γενικά
- 1.2. Η εξέλιξη της δομής
- 1.3. Παράγοντες, που καθορίζουν τη μορφή
- 1.4. Ορισμός – Κατηγορίες κτιριακών έργων
- 1.5. Ασφάλεια και αντοχή κτιρίων
- 1.6. Στάδια κατασκευής ενός κτιρίου
 - 1.6.1. Προγραμματισμός – Μελέτη
 - 1.6.2. Χωματουργικές εργασίες – Αντιστηρίξεις
 - 1.6.3. Θεμελίωση (υποδομή)
 - 1.6.4. Φέρων οργανισμός (ανωδομή)
 - 1.6.5. Στοιχεία πλήρωσης
 - 1.6.6. Εγκαταστάσεις (ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρομηχανολογικές)
 - 1.6.7. Οικοδομικές εργασίες – Τελειώματα
 - 1.6.8. Κατασκευές του περιβάλλοντος χώρου
 - 1.6.9. Συντήρηση του έργου

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ-ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΔΑΦΩΝ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 2.1. Εισαγωγή
- 2.2. Είδη εδαφών
 - 2.2.1. Εισαγωγή
 - 2.2.2. Έδαφος
 - 2.2.3. Τεχνική ονοματολογία των «εδαφών»
 - 2.2.3.1. Βράχος
 - 2.2.3.2. Έδαφος
- 2.3. Ονοματολογία
- 2.4. Δείκτες
 - 2.4.1. Ορισμός των Δεικτών
 - 2.4.2. Σχέσεις μεταξύ των δεικτών
- 2.5. Φυσικά χαρακτηριστικά των εδαφών
 - 2.5.1. Εισαγωγή
 - 2.5.2. Εδάφη χωρίς συνοχή
 - 2.5.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση
 - 2.5.2.1.1. Απαιτούμενος εξοπλισμός
 - 2.5.2.1.2. Προδιαγραφές
 - 2.5.2.1.3. Διαδικασία
 - 2.5.2.1.4. Ερμηνεία της κοκκομετρικής καμπύλης
 - 2.5.2.2. Σχετική Πυκνότητα
 - 2.5.3. Φυσικά χαρακτηριστικά συνεκτικών εδαφών
 - 2.5.3.1. Γενικά
 - 2.5.3.2. Όρια Atterberg

- 2.6. Κατάταξη των εδαφών
 - 2.6.1. Συστήματα κατάταξης των εδαφών
 - 2.6.2. Το σύστημα USCS/ASTM
 - 2.6.3. Παραδείγματα
 - 2.6.3.1. Παράδειγμα 1°
 - 2.6.3.2. Παράδειγμα 2°

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 3.1. Εισαγωγή
- 3.2. Η έννοια της πίεσης (τάσης) και ο τρόπος διανομής της
 - 3.2.1. Απλοποιημένος τρόπος υπολογισμού της διανομής των πιέσεων κάτω από θεμέλια.
- 3.3. Αντοχή του εδάφους
- 3.4. Παραμορφώσεις
- 3.5. Κατηγορίες εδαφών κατά τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ.)

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΘΕΜΕΛΙΑ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 4.1. Εισαγωγή
- 4.2. Αβαθείς θεμελιώσεις
- 4.3. Βαθείς θεμελιώσεις
 - 4.3.1. Επιτρεπόμενες φορτίσεις πασσάλων σε απλές περιπτώσεις Θεμελιώσεων

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ-ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 5.1. Εισαγωγή
- 5.2. Τοίχοι αντιστήριξης
- 5.3. Αντιστήριξη ορυγμάτων
- 5.4. Αποστράγγιση – προστασία

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 6.1. Τεχνικές βελτίωσης των εδαφών
- 6.2. Συμπύκνωση
- 6.3. Δυναμική συμπύκνωση
- 6.4. Στράγγιση με στερεοποίηση

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 7.1. Εισαγωγή
 - 7.2. Η κανονική δοκιμή διεισδύσεων
 - 7.3. Δειγματοληψία
- Ανακεφαλαίωση
Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 8.1. Εισαγωγικές πληροφορίες – Η έννοια του τοίχου
 - 8.2.1. Είδη τοίχων ως προς τη στατική τους λειτουργία
 - 8.2.2. Είδη τοίχων ως προς τη θέση τους
 - 8.2.3. Είδη τοίχων ως προς το υλικό και τη δομή τους
- 8.3. Λειτουργία – Απαιτήσεις προστασίας
 - 8.3.1. Μηχανική αντοχή επιφανειών
 - 8.3.2. Ευστάθεια στον σεισμό
 - 8.3.3. Αντοχή στον άνεμο
 - 8.3.4. Πυραντίσταση
 - 8.3.5. Αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία
 - 8.3.6. Υγρομόνωση
 - 8.3.7. Θερμομόνωση
 - 8.3.8. Ηχομόνωση

Ανακεφαλαίωση
Ανάθεση εργασίας
Ερωτήσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 – ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 9.1. Εισαγωγή
- 9.2. Είδη λιθοδομών
 - 9.2.1. Λαξευτές λιθοδομές
 - 9.2.2. Ημιλαξευτές λιθοδομές
 - 9.2.3. Αργολιθοδομές
 - 9.2.4. Ξηρολιθοδομές (ξερολιθιές)
- 9.3. Κανόνες σωστής δόμησης
 - 9.3.1. Κονίαμα – Αρμολί
 - 9.3.2. Ανοίγματα – Ανώφλια (πρέκια)

Ανακεφαλαίωση
Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 - ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΗΤΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

- 10.1. Γενικά
 - 10.1.1. Ορισμός, εξέλιξη τεχνητών λίθων
 - 10.1.2. Εφαρμογές τεχνητών λίθων
 - 10.1.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνητών λίθων
- 10.2. Οπτοπλινθοδομές
 - 10.2.1. Υλικά
 - 10.2.2. Έλεγχος ποιότητας των τούβλων

- 10.3. Δρομική οπτοπλινθοδομή
 - 10.3.1. Μορφή
 - 10.3.2. Κονίαμα
 - 10.3.3. Κατασκευή δρομικής οπτοπλινθοδομής
 - 10.3.4. Σενάζ
 - 10.4. Διο δρομικές οπτοπλινθοδομές με κενό
 - 10.4.1. Με κενό για συρόμενο
 - 10.4.2. Με κενό μόνο για θερμομόνωση (ψαθωτή οπτοπλινθοδομή)
 - 10.4.3. Θερμομονωτικά υλικά για τοίχους
 - α. Θερμομόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη
 - β. Θερμομόνωση με υαλοβάμβακα
 - γ. Θερμομόνωση με σκληρό πολυμερισμένο αφρό και φύλλο αλουμινίου
 - δ. Θερμομόνωση με ξυλόμαλλο (Heraklith)
 - ε. Θερμομόνωση με πετροβάμβακα
 - στ. Άλλα υλικά
 - 10.4.4. Μπατική οπτοπλινθοδομή (πάχους 20 cm)
 - 10.4.5. Υπερμπατική οπτοπλινθοδομή (πάχους 30 cm)
 - 10.4.6. Επένδυση με εμφανές τούβλο
 - 10.5. Τσιμεντολιθοδομές
 - 10.6. Κισσηροπλινθοδομές και πλινθοδομές από κυψελωτό κονίαμα
 - 10.7. Υαλότουβλα
 - 10.8. Οπλισμένη τοιχοποιία
 - 10.9. Μέτρα ασφάλειας κατά τη δόμηση
 - 10.10 Προμέτρηση – Επιμέτρηση τοιχοποιίας
- Ανακεφαλαίωση
Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 – ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΙΧΩΝ

- Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα
- 11.1. Βλάβες τοίχων – Αίτια βλαβών
 - 11.1.1. Βλάβες τοπικού χαρακτήρα
 - 11.1.2. Βλάβες γενικού χαρακτήρα
 - 11.2. Μορφολογία ρηγματώσεων
 - 11.3. Παραδείγματα βλαβών σε οπτοπλινθοδομές
 - 11.4. Παραδείγματα κακοτεχνιών σε οπτοπλινθοδομές
 - 11.5. Βλάβες σε λιθοδομές
 - 11.5.1. Μορφολογία – αίτια
 - 11.5.2. Επισκευή βλαβών σε λιθοδομές
 - 11.5.3. Επισκευή βλαβών σε τοιχοποιία από τεχνητούς πλίνθους
 - A. Απλή ρηγμάτωση τοίχων
 - B. Έντονη ρηγμάτωση τοίχων
 - 11.6. Μέτρα προστασίας σε σεισμό
- Ανακεφαλαίωση
Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 – ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – ΤΟΙΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα
- 12.1. Τοιχοπετάσματα
 - 12.1.1. Γενικά

- 12.1.2. Τοιχοπετάσματα
- 12.1.3. Δόμηση τοιχοπετασμάτων με γυψοσανίδες
- 12.1.4. Δόμηση τοιχοπετασμάτων με μοριοσανίδες (Wall System)
- 12.2. Ηλιακή κατοικία (Ηλιόσπιτο)
- Ανακεφαλαίωση
- Ερωτήσεις – Ανάθεση εργασίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα
- 13.2. Εισαγωγή-Ιστορικά στοιχεία
- 13.3. Κανονισμοί σχεδιασμού
- 13.4. Βασικές αρχές σχεδιασμού
- 13.5. Δομική μορφή-Φέρων οργανισμός
 - 13.5.1. Εισαγωγή
 - 13.5.2. Γραμμικά δομικά στοιχεία
 - 13.5.3. Επιφανειακά δομικά στοιχεία
 - 13.5.4. Στατικό σύστημα-Πλαισιακή λειτουργία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14 – ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ & ΧΑΛΥΒΑΣ

- Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα
- 14.2.1 Εισαγωγή
- 14.2.2 Τα υλικά παρασκευής του σκυροδέματος
- 14.2.3. Νωπό σκυρόδεμα
- 14.2.4. Αναλογίες μίξεως σκυροδέματος
- 14.2.5. Νερό μίξεως
- 14.2.6. Πρόσθετα σκυροδέματος
- 14.2.7. Λεπτά υλικά προστιθέμενα στο σκυρόδεμα
- 14.2.8. Μίξη του σκυροδέματος
- 14.2.9. Συμπύκνωση του σκυροδέματος
- 14.2.10. Ιδιότητες του νωπού σκυροδέματος
- 14.2.11. Αντοχή των πρώτων ωρών του νωπού σκυροδέματος
- 14.2.12. Δοκιμές νωπού σκυροδέματος
- 14.2.13. Σκληρυμένο σκυρόδεμα - Η αντοχή σε εξωτερικές δυνάμεις
- 14.2.14. Η ανάπτυξη της αντοχής με το χρόνο
- 14.2.15. Η μέτρηση της αντοχής
- 14.2.16. Εκτίμηση της αντοχής σκυροδέματος έργου
- 14.2.17. Άλλα είδη σκυροδέματος
- 14.3. Χάλυβας
 - 14.3.1. Κατηγορίες χάλυβα
 - 14.3.2. Μηχανικές ιδιότητες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15 – ΟΠΛΙΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα
- 15.2. Εισαγωγικές πληροφορίες
- 15.3. Ισοστατικοί φορείς
 - 15.3.1. Αντιδράσεις & εσωτερικές δυνάμεις
 - 15.3.2. Προσήμανση των φορτίων διατομής
 - 15.3.3. Υπολογισμός φορτίων διατομής
 - 15.3.4. Διαγράμματα N, Q, M
 - Εφαρμογή 1
 - Εφαρμογή 2
 - Εφαρμογή 3
 - Εφαρμογή 4
- 15.4. Μορφές καταπόνησης και οπλισμός
- 15.5. Οπλισμός για συνδυασμό καταπονήσεων
- Ασκήσεις για επίλυση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 – ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Σκοπός – Προσδοκώμενα αποτελέσματα

16.2. Εισαγωγικές πληροφορίες

16.3. Συνεργασία χάλυβα - Σκυροδέματος

16.3.1. Συνάφεια-Αγκυρώσεως

16.3.2. Ελάχιστες αποστάσεις-Μέγιστο και ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

16.4. Ανθεκτικότητα σε διάρκεια-Ελάχιστη επικάλυψη

16.5. Οπλισμός συναρμολόγησης

16.6. Κάμψη οπλισμού



ΚΕΦΑΛΑΙΟ I

ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

- Η εξέλιξη της δομής.
- Παράγοντες, που καθορίζουν τη μορφή των κτισμάτων.
- Κατηγορίες των κτιριακών έργων.
- Ασφάλεια και αντοχή των κτιρίων.
- Στάδια κατασκευής ενός κτιρίου.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

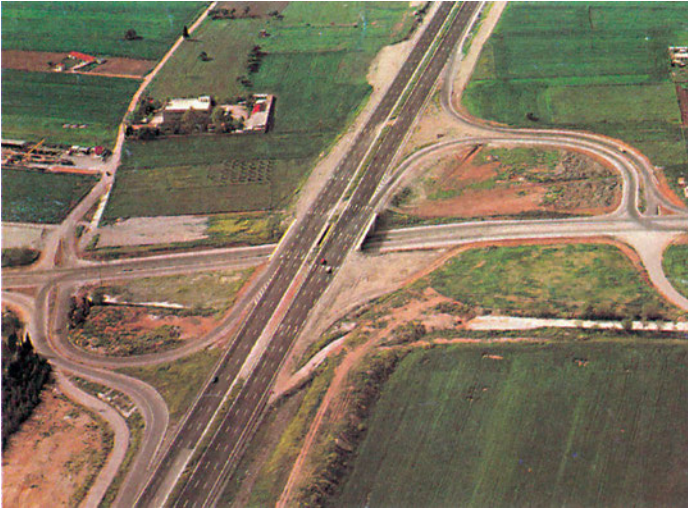
Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- **Να διακρίνετε τα είδη των τεχνικών και κτιριακών έργων.**
- **Να αναλύετε και να εξηγείτε την εξέλιξη της κατοικίας σε συνάρτηση με την εξέλιξη των κοινωνικών, οικονομικών και τεχνολογικών μεταβολών.**
- **Να αναγνωρίζετε τα είδη των κτιρίων σε διάφορες χώρες και σε διάφορες περιοχές της πατρίδας μας.**
- **Να αναλύετε και να εξηγείτε τα αίτια υποβάθμισης των οικισμών.**
- **Να ορίζετε το δομικό-κτιριακό έργο και να διατυπώνετε τις απαιτήσεις για ασφάλεια, λειτουργικότητα και αντοχή των έργων κατά τους ελληνικούς κανονισμούς.**
- **Να περιγράφετε τις φάσεις κατασκευής ενός κτιριακού έργου.**

1.1. ΓΕΝΙΚΑ.

Η κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας στηρίζεται σε σημαντικό βαθμό στα Τεχνικά και Δομικά έργα. Αυτά είναι που καλύπτουν τις βασικές ανάγκες του κοινωνικού συνόλου, δημιουργούν την απαραίτητη υποδομή για την αξιοποίηση των παραγωγικών δυνατοτήτων του τόπου και εξασφαλίζουν άμεση και έμμεση απασχόληση σε σημαντικό τμήμα του εργατικού δυναμικού. Τέτοια έργα είναι:

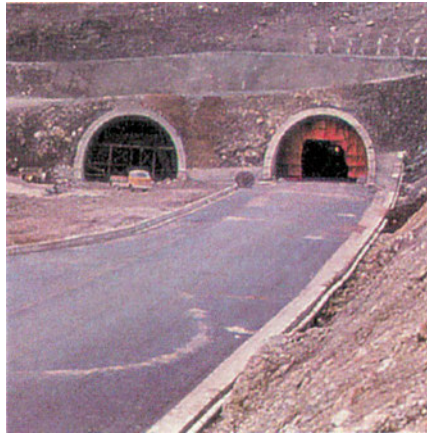
- ◆ οδικά (δρόμοι, κόμβοι, σήραγγες, γέφυρες) (Φωτ. 1.1, 1.2, 1.3).
- ◆ σιδηροδρομικά (ηλεκτρικός σιδηρόδρομος, μετρό, υπεραστικό δίκτυο) (Φωτ. 1.4).
- ◆ λιμενικά (κρηπιδώματα, εκβάθυνση λιμενολεκανών, μώλων κ.λπ.) (Φωτ. 1.5).
- ◆ αεροδρόμια.
- ◆ ύδρευσης και αποχέτευσης (φράγματα, διυλιστήρια νερού, υδραγωγεία, αποχετευτικό δίκτυο, κέντρα βιολογικού καθαρισμού λυμάτων, αντιπλημμυρικά έργα πόλεων) (Φωτ. 1.6, 1.7).
- ◆ εγγειοβελτιωτικά (αρδευτικά μεγάλων περιοχών, αντιπλημμυρικά, διώρυγες, φράγματα, εκτροπή ποταμών).
- ◆ ενέργειας (υδροηλεκτρικά φράγματα, πυλώνες Δ.Ε.Η., αγωγοί αερίου, διυλιστήρια πετρελαίου).
- ◆ τηλεπικοινωνιακά (κεραίες και συναφείς εγκαταστάσεις).
- ◆ κτιριακά (κατοικίες, σχολεία, νοσοκομεία, γυμναστήρια, γραφεία, εκκλησίες κ.λπ.).
Με αυτά τα τελευταία θα ασχοληθούμε στο βιβλίο αυτό.



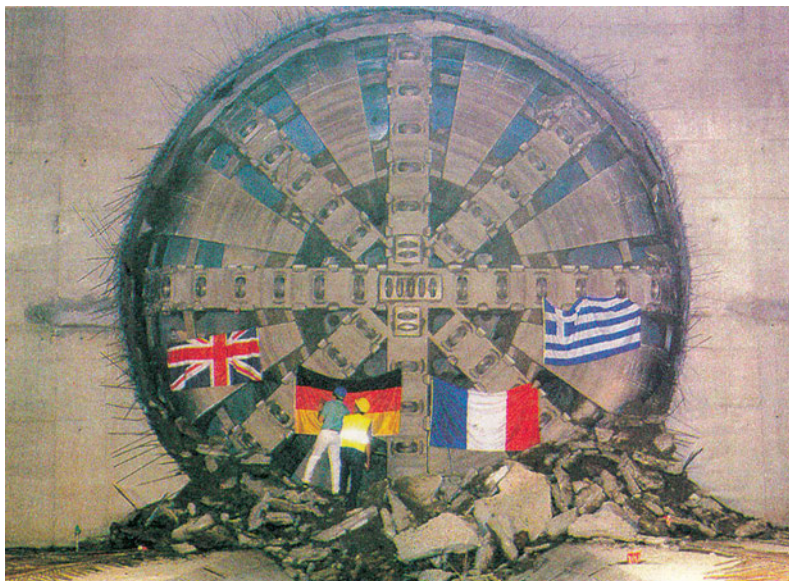
Φωτ. 1.1. Αυτοκινητόδρομος Κατερίνης-Θεσσαλονίκης



Φωτ. 1.2. Κόμβος Χαμοστέρνας-Θησέως.



Φωτ. 1.3. Σήραγγα Αρτεμησίου.



Φωτ. 1.4. Ο Μετροπόντικας στην έξοδό του.



Φωτ. 1.5. Το λιμάνι της Θεσσαλονίκης.



Φωτ. 1.6. Φράγμα Μπραμμανού, Ιεράπετρα, Κρήτη.



Φωτ. 1.7. Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού Θεσσαλονίκης.

1.2. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ.

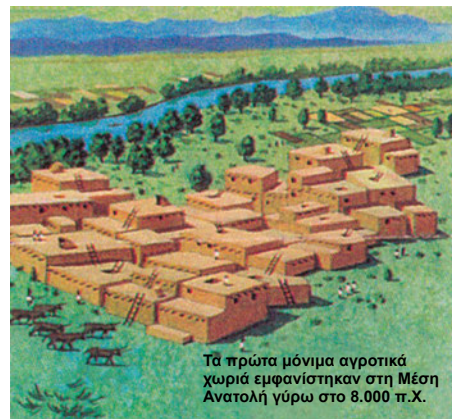
Η δόμηση, δηλαδή το χτίσιμο, είναι από τις πρώτες δραστηριότητες του ανθρώπου, με σκοπό να καλύψει την ανάγκη του για στέγαση. Ο άνθρωπος-τεχνίτης χρησιμοποιεί τα υλικά, που βρίσκει στη φύση, μετά από σχετική επεξεργασία, για να διαμορφώνει μ' αυτά μια κατασκευή, που θα του εξασφαλίζει προστασία, άνεση και αισθητική ικανοποίηση. Από αυτή και γι' αυτή δημιουργήθηκαν οι περισσότεροι σχεδόν κλάδοι της σημερινής τεχνολογίας.

Η Δομική Μηχανική συνδυάστηκε με την Αρχιτεκτονική, την Εδαφομηχανική, την Ηλεκτρομηχανολογία, με αποτέλεσμα η κατασκευή σήμερα να μπορεί να είναι ένα θαυμαστό πολυσύνθετο έργο.

Ας δούμε την εξέλιξη της κατασκευής στον χρόνο με αντιπροσωπευτικές χαρακτηριστικές εικόνες, όπως τις δημοσίευσε το *National Geographic-Ελλάδα, 1998, τεύχος 1* (Φωτ. 1.8-1.16).



Φωτ. 1.8.



Φωτ. 1.9.



Αντίθετα με τα αγροτικά χωριά, οι πρώτες πόλεις όπως η Ουρ της Μεσοποταμίας, που ιδρύθηκε την 4η π.Χ. χιλιετία, διέθεταν περίσσειμα τροφής κι έτσι ο πληθυσμός είχε και μη αγροτικές απασχολήσεις.

Φωτ. 1.10.



Τον 13ο αιώνα η κινεζική πόλη Χανγκ-τσου εξέπληξε τον Μάρκο Πόλο.

Φωτ. 1.13.



Η ζωή στις πόλεις της μεσαιωνικής Ευρώπης σήμαινε απομόνωση, με έμφαση στη γεωργία και την άμυνα.

Φωτ. 1.14.



Στην Ελλάδα καθιερώθηκε για πρώτη φορά η συμμετοχή των πολιτών στη διακυβέρνηση της πόλης-κράτους. Οι Έλληνες αρίστευσαν επίσης στην πολεοδομία.

Φωτ. 1.11



Η βιομηχανική επανάσταση που ξεκίνησε στη Μεγάλη Βρετανία τον 18ο αιώνα, οδήγησε πρωτοφανή πλήθη ανθρώπων στις πόλεις.

Φωτ. 1.15.



Ο πληθυσμός ήταν δύναμη για τη Ρώμη, πρώτη πόλη με 1 εκατομμύριο κατοίκους πριν 2.000 χρόνια.

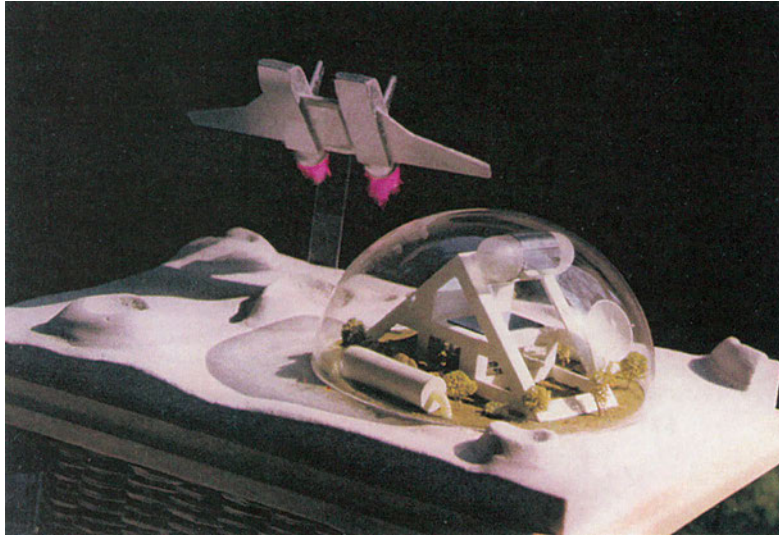
Φωτ. 1.12.



Η μεγαλούπολη είναι το πιο πρόσφατο στάδιο στην εξέλιξη των αστικών οικισμών.

Φωτ. 1.16.

Όσο για το μέλλον, οι προβλέψεις είναι ενδιαφέρουσες, ιδίως όταν ανήκουν στον χώρο της επιστημονικής φαντασίας (Φωτ. 1.17).



Φωτ. 1.17. Μια πρόταση για τις πόλεις του μέλλοντος.

1.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ, ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗ ΜΟΡΦΗ.

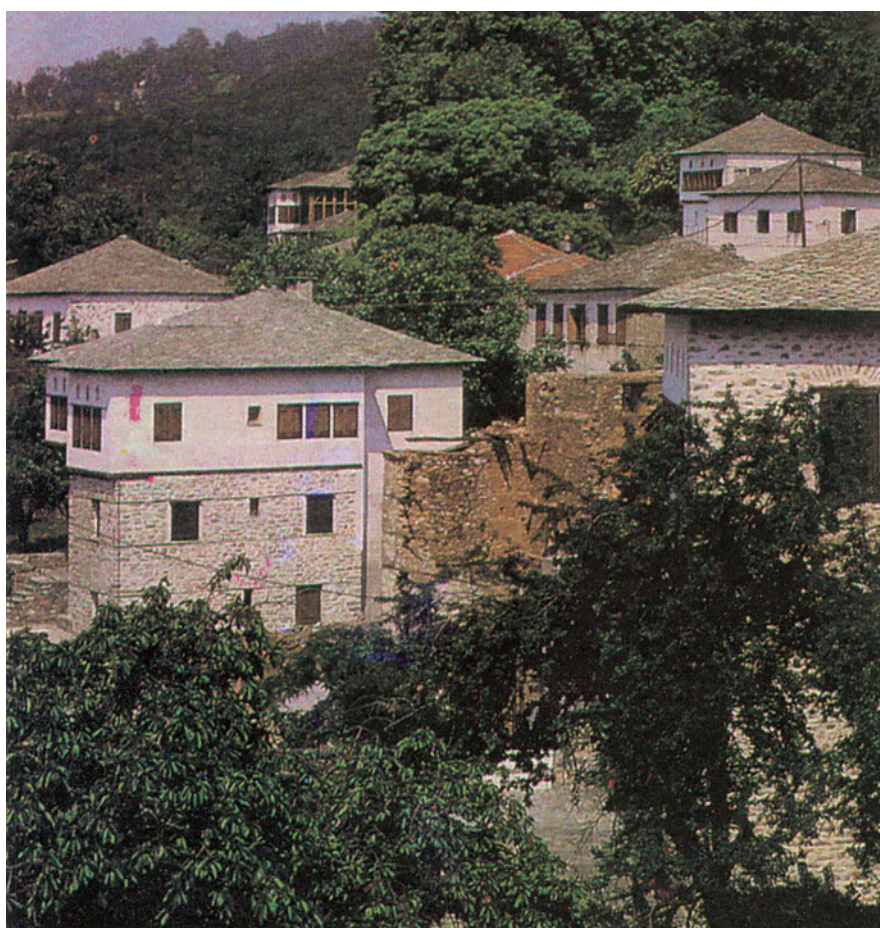
Οι μορφές και τα είδη των κατοικιών είναι συνάρτηση των κοινωνιών, στις οποίες ανήκουν. Τόσο η κατοικία όσο και ο οικισμός προφανώς διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Τα υπόσκαφα της Σαντορίνης και τ' αρχοντικά του Πηλίου είναι ελληνική αρχιτεκτονική κι όμως διαφέρουν τόσο μεταξύ τους!(Φωτ. 1.18 – 1.20). Πόσο μάλλον διαφέρουν από χώρα σε χώρα σ' όλη τη γη (Φωτ. 1.21 – 1.26).



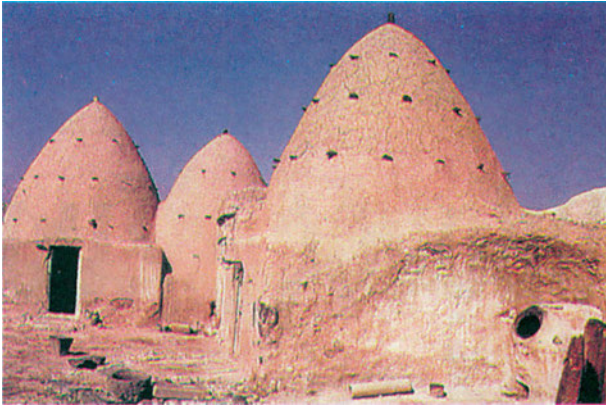
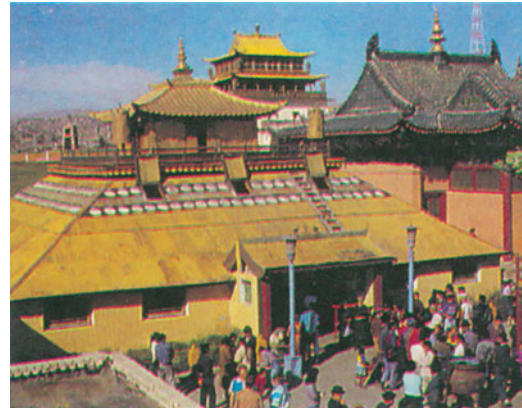
Φωτ. 1.18. Σπίτια στην Οία Σαντορίνης.



Φωτ. 1.19. Καστελόριζο.



Φωτ. 1.20. Αρχοντικά στη Βυζίτσα Πελοποννήσου.

Ιδιόμορφη τοπική αρχιτεκτονική.**Φωτ.1 .21.** Λιβύη.**Φωτ. 1.22.** Μαρόκο.**Φωτ. 1.23.** Ρωσία.**Φωτ. 1.24.** Κίνα.**Φωτ. 1.25.** Σύγχρονοι ουρανοξύστες.**Φωτ. 1.26.** Αγγλία.

Η σημαντικότερη διάκριση στις κατηγορίες των κατοικιών είναι μεταξύ αγροτικής και αστικής. Η **αγροτική** κατοικία αποτελεί τη βασική παραγωγική και κοινωνική ομάδα των κλειστών αγροτικών οικονομιών, όπου όλα τα απαραίτητα αγαθά (ή τουλάχιστον τα περισσότερα) παράγονται επί τόπου. Στις κλειστές αγροτικές οικονομίες η οικογένεια με την ευρεία μορφή της, τη φυλή, αποτελεί τη βάση των κοινωνιών, στις οποίες οι δεσμοί στηρίζονται κυρίως στη *συγγένεια*. Οι κατοικίες λοιπόν έχουν ανάλογη μορφή, καλύπτοντας παραγωγικές, αμυντικές συμβολικές/λατρευτικές και λειτουργικές ανάγκες.

Η **αστική** κατοικία στις παραδοσιακές κοινωνίες αποτελούσε και αποτελεί συχνά και *παραγωγική μονάδα*, που στέγαζε τα εργαστήρια των τεχνιτών και τα καταλύματα των μαθητευόμενων/βοηθών. Έτσι η μορφή των αστικών αυτών κατοικιών επηρεάζεται από το γεγονός αυτό, όπως και από το μικρότερο μέγεθος της οικογένειας, αφού *στις πόλεις ο κοινωνικός δεσμός βασίζεται στις εργασιακές και ιδιοκτησιακές δομές*, ενώ αδυνατίζουν οι συγγενικοί και φυλετικοί δεσμοί.

Η **μορφή και το επίπεδο της οικονομίας**, σε συνδυασμό με τις **πολιτικές δομές** και τις **πολιτισμικές αξίες** κάθε κοινωνίας, επηρεάζουν επίσης έντονα τη **μορφή** και την **ποιότητα** των κατοικιών: Ενδεικτικά αναφέρονται ο συλλογικός ή ατομικός έλεγχος της γης, που οδηγεί αντίστοιχα σε περισσότερο ή λιγότερο οργανωμένη οικιστική ανάπτυξη, καθώς και ο δημοκρατικός ή αδιαφανής και αυταρχικός τρόπος λήψης των αποφάσεων για την πολεοδομική και την οικιστική ανάπτυξη.

Η **τεχνολογία παραγωγής των κατοικιών συναρτάται επίσης με την οικονομία**. Έτσι, σε κοινωνίες με υψηλό εργατικό κόστος και οργανωμένη/εξορθολογισμένη οικιστική παραγωγή, προτιμώνται η **προκατασκευή** και οι **νέες κατασκευαστικές τεχνολογίες**, είτε πρόκειται για συλλογική κατοικία (πολυκατοικίες), είτε για μονοκατοικίες. Σε *περιφερειακές κοινωνίες*, όπου το *κόστος εργασίας είναι χαμηλό* και η οικιστική παραγωγή στηρίζεται σε *μικροεπαγγελματίες ή/και προσωπική εργασία*, παρατηρείται **στασιμότητα** στην τεχνολογία παραγωγής των κατοικιών και οι τεχνικές βασίζονται κυρίως στα **εργατικά χέρια**.

Οι **φυσικές πηγές κάθε τύπου** αφετέρου (δηλαδή τα διαθέσιμα υλικά) διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στην **τεχνολογία των κατοικιών**. Παράδειγμα: Το γεγονός ότι η ξυλεία στην **αμερικανική** ήπειρο είναι άφθονη ενώ η εργασία ακριβή έχει ως αποτέλεσμα τα περισσότερα σπίτια (μονοκατοικίες) να κατασκευάζονται από **ξύλο** και να αναπτύσσονται σχετικές τεχνολογίες προκατασκευής. Αντίθετα, στην **Ευρώπη** με τη μεσαιωνική αστική παράδοση, τον περιορισμένο χώρο και τις διαφορετικές πολιτικές καταβολές, έχει προτιμηθεί συστηματικά η πυκνή και συλλογική οικιστική ανάπτυξη, ενώ η κατασκευαστική τεχνολογία βασίζεται περισσότερο στη **λιθοδομή** και το **σκυρόδεμα**, υλικά περισσότερο διαθέσιμα, άρα φθηνότερα στη δική μας ήπειρο. Στην **Ελλάδα** π.χ. η τεράστια ανάπτυξη παραγωγής **φθηνού και άφθονου τσιμέντου** έχει οδηγήσει την κατασκευαστική τεχνολογία και την τεχνολογία, αποκλειστικά σχεδόν, στο **οπλισμένο σκυρόδεμα**.

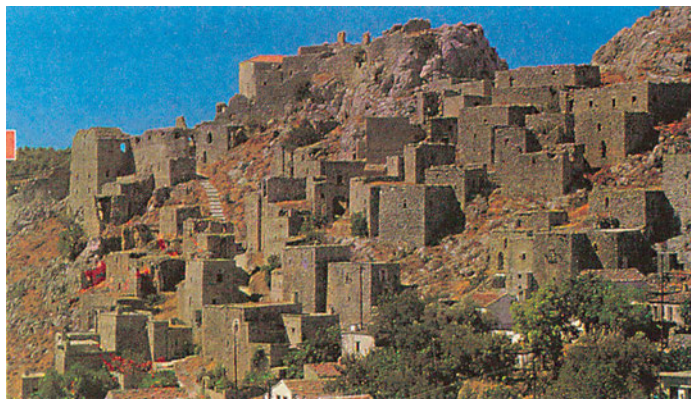


Φωτ. 1.27. Σύγχρονη δόμηση με μέλη αρχαίων κτισμάτων.

Χαρακτηριστικό του πώς εκμεταλλεύεται τα υπάρχοντα υλικά ο χτίστης είναι το παράδειγμα της δόμησης του μεσαιωνικού κάστρου στην Παροικιά της Πάρου (Φωτ. 1.27), όπου για τη δόμηση κάποιων τμημάτων του χρησιμοποιήθηκαν **λαξευτοί λίθοι και κολώνες του αρχαίου ναού**, που υπήρχε στη θέση αυτή. Τέτοια τμήματα υπάρχουν και σε σπίτια του οικισμού.

Πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι οι μετακινήσεις πληθυσμών, οι αλλαγές στις παραγωγικές τεχνολογίες και τις μεταφορές, τα κύματα της αστυφιλίας, αλλάζουν συνεχώς την ελκυστικότητα και τις αξίες της γης, ενώ οι επενδύσεις σε κτιριακό δυναμικό και υποδομές παραμένουν αναγκαστικά για μεγάλα χρονικά διαστήματα αμετάβλητες.

Αυτή η πραγματικότητα προκαλεί **την υποβάθμιση ή την ερήμωση κεντρικών ή βιομηχανικών αστικών περιοχών** (Φωτ. 1.28), που χάνουν τα συγκριτικά τους πλεονεκτήματα, οπότε κανείς πλέον δεν ενδιαφέρεται να αγοράσει ακίνητα εκεί. Η έλλειψη της ζήτησης μειώνει την αξία των ακινήτων και τη γαιοπρόσοδο, έτσι ώστε οι ιδιοκτήτες τους δεν ενδιαφέρονται να τα συντηρήσουν, γεγονός που επιτείνει ακόμα περισσότερο την υποβάθμιση και την πτώση της αξίας της γης. Σε τέτοιες περιοχές, όπου βρίσκουν καταφύγιο μειονοτικές και περιθωριακές κοινωνικές ομάδες, τα προβλήματα ασφάλειας και υγιεινής είναι τα περισσότερο έκδηλα και εντείνουν τις τάσεις εγκατάλειψης από τον πληθυσμό, ενώ η έλλειψη κατοίκων οδηγεί κατά κανόνα και στην απουσία ενδιαφέροντος από τη διοίκηση.



Φωτ. 1.28. Εγκαταλειμμένο χωριό στη Χίο.

Η ανάμιξη των χρήσεων, ακόμα και της ελαφριάς και μικρής βιομηχανίας, είναι η λέξη-κλειδί στις νέες πολεοδομικές αντιλήψεις, που, σε συνδυασμό με τη στροφή προς τα ιστορικά κέντρα, σχηματίζει το κυρίαρχο πολεοδομικό υπόδειγμα του αναπτυσσόμενου κόσμου.

Οι πόλεις ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την προσέλκυση επενδύσεων, συχνά όμως οι ανταγωνιστές των μεγάλων πόλεων είναι σήμερα μικρές ελκυστικές κοινότητες ή απομακρυσμένα προάστια με υγιεινό και ευχάριστο περιβάλλον, ευέλικτο εργατικό δυναμικό και χαμηλό κόστος ζωής.

Συμπερασματικά, η μορφή των οικισμών και των κατοικιών είναι πολύπλοκη υπόθεση, που την καθορίζουν πολλοί παράγοντες. Όπως κι αν διαμορφώνεται όμως, οι βασικές αρχές της σωστής δόμησης – και ειδικότερα στη σύγχρονη ελληνική πραγματικότητα – θα αναπτυχθούν στη συνέχεια στο βιβλίο αυτό για τα θέματα που αφορούν τα αντίστοιχα κεφάλαιά του.

1.4. ΟΡΙΣΜΟΣ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.

Δομικό έργο είναι κάθε κατασκευή, που προορίζεται να χρησιμοποιείται σταθερά συνδεδεμένη με το έδαφος, ως ακίνητο εδράζεται απευθείας ή δια μέσου άλλων στοιχείων σ' αυτό, όπως π.χ. κτίρια, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης, δεξαμενές κ.λπ.

Τα κτίρια ειδικότερα ως κατασκευές χρησιμοποιούνται για:

1. Κατοικία. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όσα κτίρια ή τμήματα κτιρίων χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στους χρήστες τους χώρους κατάλληλους τουλάχιστον για ύπνο και σωματική υγιεινή και καθαριότητα. Μπορεί να είναι μονοκατοικίες ή πολυκατοικίες.

2. Προσωρινή διαμονή, όπως π.χ. τα ξενοδοχεία (Φωτ. 1.29), οι ξενώνες, τα οικοτροφεία κ.ά.

3. Συνάθροιση κοινού, όπου οι άνθρωποι συγκεντρώνονται για κοινωνικές, οικονομικές, θρησκευτικές, επιστημονικές, εκπαιδευτικές, πολιτιστικές, ψυχαγωγικές και αθλητικές εκδηλώσεις και δραστηριότητες. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν, μεταξύ άλλων, χώροι συνεδρίων και εκθέσεων, πολιτιστικά και αθλητικά κέντρα (Φωτ. 1.30), μουσεία (Φωτ. 1.31), δικαστήρια (Φωτ. 1.32), εκκλησίες (Φωτ. 1.33), θέατρα, κινηματογράφοι, κέντρα διασκέδασης, εστιατόρια κ.λπ.

4. Εκπαίδευση, δηλαδή τα κτίρια της πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, τα φροντιστήρια.

5. Υγεία και κοινωνική πρόνοια. Αυτά είναι τα νοσοκομεία (Φωτ. 1.34), υγειονομικοί σταθμοί, κέντρα υγείας, οίκοι ευγηρίας, βρεφοκομεία, ιατρεία κ.λπ.

6. Σωφρονισμό, δηλαδή τα κρατητήρια, τα αναμορφωτήρια, οι φυλακές.

7. Εμπόριο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν, μεταξύ άλλων, και τα εμπορικά κέντρα, αγορές, καταστήματα, φαρμακεία, κομμωτήρια κ.λπ.

8. Γραφεία υπηρεσιών δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα, τοπικής αυτοδιοίκησης, βιβλιοθήκες, τράπεζες, γραφεία ελεύθερων επαγγελματιών (Φωτ. 1.35).

9. Βιομηχανία, βιοτεχνία, όπου περιλαμβάνονται όσα κτίρια στεγάζουν βιομηχανίες, βιοτεχνίες, εργαστήρια, παρασκευαστήρια, υπηρεσίες με σημαντικό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, όπως π.χ. εργοστάσια, διυλιστήρια, συνεργεία αυτοκινήτων, ξυλουργεία, καθαριστήρια, πλυντήρια, κέντρα μηχανογράφησης κ.ά.

10. Αποθήκες, όπως οι γενικές και αγροτικές αποθήκες, τα λιμενικά υπόστεγα, ορνιθοτροφεία, σταύλοι κ.λπ.

11. Στάθμευση αυτοκινήτων και πρατήρια υγρών καυσίμων.

12. Λοιπές χρήσεις. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όσα κτίρια ή δομικά έργα δεν ανήκουν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες.

Κτίριο ή δομικό έργο, που έχει περισσότερες από μια χρήσεις χαρακτηρίζεται ως *μικτό* και υπάγεται στους αντίστοιχους κανονισμούς.



Φωτ. 1.29. Ξενοδοχείο σε Ελληνικό νησί.



Φωτ. 1.30. Το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας στο Φάληρο.



Φωτ. 1.31. Το Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο στην Αθήνα.



Φωτ. 1.32. Τα Δικαστήρια της Σχολής Ευελπίδων.



Φωτ. 1.33. Εκκλησία στο Καστελλόριζο.



Φωτ. 1.34. Το Νοσοκομείο «Υγεία».



Φωτ. 1.35. Ο Πύργος των Αθηνών.

1.5. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΗ ΚΤΙΡΙΩΝ.

1.5.1. Κάθε κτίριο και δομικό έργο πρέπει να κατασκευάζεται έτσι, ώστε να εξασφαλίζει:

- ✓ Την άνετη και ασφαλή *εργασία, κυκλοφορία και παραμονή* όσων εργάζονται σ' αυτό ή το *επισκέπτονται ή κατοικούν* σε τμήμα του, κατά τη *διάρκεια της κατασκευής* του.
- ✓ Την *ασφάλεια* των *ομόρων και γειτονικών κτιρίων ή δομικών έργων* καθώς και των *ενοίκων* τους από κινδύνους ζημιών, που προέρχονται από αυτό κατά τη *διάρκεια της κατασκευής* ή της *λειτουργίας* του.
- ✓ Την άνετη, ασφαλή και υγιεινή *παραμονή ανθρώπων και ζώων* σ' αυτό.
- ✓ Την ασφαλή *αποθήκευση ή τοποθέτηση πραγμάτων* σ' αυτό.
- ✓ Την ασφαλή *λειτουργία μηχανημάτων και εξοπλισμού* σ' αυτό.
- ✓ Την ασφαλή *διέλευση του κοινού* από τους *κοινόχρηστους ή ακάλυπτους* χώρους, που *συνορεύουν* μ' αυτό.
- ✓ Την ασφαλή *στάθμευση ή κυκλοφορία οχημάτων* στους *κοινόχρηστους* χώρους, που *συνορεύουν* μ' αυτό, και στους *ακάλυπτους* χώρους του οικοπέδου.

Για την εξασφάλιση των παραπάνω όρων πρέπει τα κτίρια, τα τμήματα και οι χώροι τους, τα δομικά έργα και κάθε δομικό στοιχείο ή εγκατάσταση, που περιλαμβάνεται ή ενσωματώνεται σ' αυτά, να φέρουν και να μεταφέρουν στο έδαφος τα κάθε είδους φορτία καθώς και τις επιρροές, που επενεργούν συνήθως (ίδια βάρη, ωφέλιμα φορτία, χιόνι κ.λπ.) ή εκτάκτως (σεισμικές δυνάμεις, ανεμοπίεση, πυρκαγιές κ.λπ.).

Με **ειδικούς κανονισμούς** καθορίζονται ο βαθμός ασφάλειας και άνεσης ή αντοχής σε ζημιές, ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, του χώρου ή του δομικού έργου, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και την πηγή του κινδύνου.

1.5.2. Για την εξασφάλιση της αντοχής των κτιρίων ή δομικών έργων απαιτείται:

- ✓ **Το κτίριο ή δομικό έργο να μπορεί να αναλάβει τα φορτία**, που προβλέπονται από τους γενικούς και ειδικούς κανονισμούς ανάλογα με τη χρήση του και να τα **μεταβιβάζει ασφαλώς στο έδαφος** με τον φέροντα οργανισμό. Η μεταβίβαση αυτών των φορτίων πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε τα επί μέρους φέροντα στοιχεία να μην επιβαρύνονται περισσότερο από όσο τυχόν επιτρέπουν οι ειδικοί ισχύοντες κανονισμοί.
- ✓ **Δομικά στοιχεία, που δεν ανήκουν στον φέροντα οργανισμό, αλλά επηρεάζονται** από τη συμπεριφορά του κατά την ανάληψη φορτίων ή αναλαμβάνουν φορτία, που προέρχονται από τη χρήση του κτιρίου ή δομικού έργου, πρέπει επίσης **να μην επιβαρύνονται σε βαθμό, που να δυσχεραίνεται η λειτουργία του** (παραμονή, εργασία κ.λπ.). Ειδικοί κανονισμοί ή τεχνικές οδηγίες μπορεί να προσδιορίζουν τον τρόπο κατασκευής των δομικών αυτών στοιχείων.
- ✓ Οι μελέτες και οι κατασκευές πρέπει να είναι σύμφωνες με τους ειδικούς κανονισμούς, που ισχύουν γι' αυτές.
- ✓ Τα χρησιμοποιούμενα υλικά πρέπει να είναι κατάλληλα. Η καταλληλότητα των υλικών προσδιορίζεται από τις τυχόν υπάρχουσες **προδιαγραφές ή πρότυπα** και από την **εμπειρία** των αρμόδιων τεχνικών, που μελετούν ή επιβλέπουν την κατασκευή των κτιρίων ή δομικών έργων.
- ✓ Εκτός από τις φορτίσεις, που προκύπτουν από τη **συνήθη** χρήση, τα κτίρια ή δομικά έργα **πρέπει να αντέχουν και σε καταπονήσεις, που επιβάλλονται από έκτακτα περιστατικά**, όπως σεισμοί, πυρκαγιές, θεομηνίες κ.λπ.

1.6. ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ.

Για να κατασκευαστεί ένα κτίριο τεχνικά άρτιο, οικονομικά και χωρίς καθυστερήσεις απαιτείται **συντονισμός** στον σχεδιασμό και την κατασκευή, βάσει των κανόνων, τόσο της ισχύουσας νομοθεσίας όσο και της πρακτικής. Οι φάσεις ή στάδια της κατασκευής, που περιλαμβάνουν **ομοιογενείς** εργασίες, είναι:

1.6.1. Προγραμματισμός – μελέτη.

Στη φάση αυτή γίνονται όλες οι **μελέτες** του έργου (τοπογραφική, γεωτεχνική,

αρχιτεκτονική, στατική, ηλεκτρομηχανολογική, οικονομοτεχνική και **ειδικές μελέτες**, όπου χρειάζεται, όπως μελέτη περιβάλλοντος, πυροπροστασίας κ.λπ. με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ήδη ο σωστός **χώρος**, στον οποίο θα κατασκευαστεί αυτό, σύμφωνα με τις **επιθυμίες** των ιδιοκτητών, τη σχετική **νομοθεσία** και τις **γνώσεις** των τεχνικών και ειδικών επιστημόνων – μελετητών. Η φάση αυτή ολοκληρώνεται με τον **χρονικό προγραμματισμό** και τη **μελέτη οργάνωσης των συνεργείων**.

1.6.2. Χωματοουργικές εργασίες – Αντιστηρίξεις.

Στο στάδιο αυτό με τα κατάλληλα μηχανήματα γίνονται οι **εκχερνώσεις** (δηλαδή η απομάκρυνση δένδρων και φυτικών γαιών), **κατεδαφίσεις** παλαιών κτισμάτων, **αντιστηρίξεις** όπου και αν χρειάζεται για τα γειτονικά κτίσματα ή τα πρανή εκσκαφής, εκσκαφές και τελικά **διαμόρφωση των επιπέδων θεμελίωσης**, σύμφωνα με τη σχετική μελέτη.

1.6.3. Θεμελίωση (υποδομή).

Είναι η κατασκευή σε επαφή με το έδαφος, που θα παραλάβει τα φορτία του έργου και θα τα μεταφέρει με ασφάλεια σ' αυτό.

1.6.4. Φέρων οργανισμός (ανωδομή).

Έτσι ονομάζεται το σύνολο των οριζόντιων και κατακόρυφων δομικών στοιχείων, που **δέχονται** τα φορτία του έργου (ίδια βάρη, βάρη ανθρώπων, επίπλων, χιονιού, φορτία ανέμου, σεισμού κ.λπ.) και τα **μεταβιβάζουν** στη θεμελίωση.

1.6.5. Στοιχεία πλήρωσης.

Είναι οι κατασκευές, που συμπληρώνουν τα κενά του φέροντος οργανισμού, π.χ. οι εσωτερικοί και εξωτερικοί τοίχοι, τα τοιχοπετάσματα, τα κουφώματα (παράθυρα, πόρτες) κ.ά., τα οποία τελικά παρέχουν την αναγκαία προστασία από τα καιρικά φαινόμενα και διαχωρίζουν τις λειτουργίες στους διάφορους χώρους του έργου.

1.6.6. Εγκαταστάσεις (ύδρευσης, αποχέτευσης, ηλεκτρομηχανολογικές).

Κάθε έργο, και ειδικότερα τα κτίρια, για να λειτουργήσει χρειάζεται τον κατάλληλο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Όλες αυτές οι εγκαταστάσεις γίνονται επειδή είναι απαραίτητα:

- ◆ Το ηλεκτρικό ρεύμα (φωτισμός, λειτουργία συσκευών),
- ◆ το γκάζι (φυσικό αέριο),
- ◆ η πυρόσβεση,
- ◆ η παροχή νερού (ύδρευση),
- ◆ η απομάκρυνση των ομβρίων και των ακαθάρτων υδάτων (αποχέτευση),
- ◆ η θέρμανση, όπως π.χ. με καλοριφέρ,
- ◆ η ψύξη και η θέρμανση με κλιματισμό,
- ◆ οι τηλεφωνικές συνδέσεις,
- ◆ η αντικλεπτική προστασία με συναγερμό,
- ◆ ο ανελκυστήρας (ασανσέρ) και
- ◆ ειδικές εγκαταστάσεις.

Να σημειωθεί ότι οι σχετικές συνδέσεις με τα δίκτυα της πόλης (Δ.Ε.Η., Ο.Τ.Ε., Ε.ΥΔ.ΑΠ. κ.ά.) γίνονται στο **τέλος** των εργασιών κατασκευής του έργου.

1.6.7. Οικοδομικές εργασίες – Τελειώματα.

Έτσι λέγονται όλες εκείνες οι κατασκευές, που συμβάλλουν στη λειτουργική και αισθητική **ολοκλήρωση** του έργου, όπως: *μονώσεις (υγρο-ηχο-μονώσεις), επενδύσεις (επιχρίσματα, πλάκες, πλακίδια, μαρμάρινες και ξύλινες επενδύσεις), επιστρώσεις - δάπεδα, χρωματισμοί, κιγκλιδώματα κ.λπ.*

1.6.8. Κατασκευές του περιβάλλοντος χώρου.

Είτε πρόκειται για χώρο σε επαφή με το έργο (εξωτερικές σκάλες, διάδρομοι, πρασιές) είτε για τον υπόλοιπο χώρο του οικοπέδου, που μπορεί να έχει και άλλες χρήσεις σε σχέση με το κτίριο, όπως π.χ. στάθμευση αυτοκινήτων, χρειάζεται κατάλληλη διαμόρφωση για **λειτουργικούς** και **αισθητικούς** λόγους.

1.6.9. Συντήρηση του έργου.

Όταν ολοκληρωθούν όλες οι προηγούμενες εργασίες ξεκινά αυτή η τελευταία, που ακολουθεί το έργο σε όλη τη διάρκεια της ζωής του, εξασφαλίζοντάς του **άρτια, οικονομική λειτουργία και μακροβιότητα**.

Αντιλαμβάνεστε ότι για να ολοκληρωθούν **σωστά** όλες οι πιο πάνω φάσεις χρειάζονται ανθρώπους-συντελεστές, δηλαδή τους ιδιοκτήτες, μηχανικούς, τεχνικούς, εργάτες, με **γνώση των αρμοδιοτήτων** τους και με **συνέπεια των λόγων και των έργων τους**.

Η **δυσλειτουργία**, οι **βλάβες** και η **αστοχία** ενός έργου, ιδίως όταν αυτό κληθεί να λειτουργήσει σε **δυνατή φόρτιση**, όπως αυτή ενός **σεισμού** ή μιας **πλημμύρας**, είναι αποτέλεσμα κυρίως των **παραλείψεων** και **κακοτεχνιών**, που έχουν γίνει στα στάδια που προαναφέραμε. Αυτό αποδεικνύεται δυστυχώς ακόμα και στον πρόσφατο σεισμό της 7-9-99 με επίκεντρο την Πάρνηθα.

Μερικές μόνο, συμβουλές, που αξίζει να τηρήσετε ως μέλη της ομάδας των τεχνικών, που θα κατασκευάσουν το έργο ή και ως ιδιοκτήτες του κτίσματος:

- Ξεκινώντας από την αγορά του οικοπέδου, να αποφεύγετε την παγίδα της «**ευκαιρίας**» αγοράζοντας φτηνό οικόπεδο σε μπαζωμένο ρέμα.
- Να μην αγνοείτε την αναγκαιότητα της **εδαφοτεχνικής** μελέτης.
- Η μελέτη και η επίβλεψη του έργου να ανατίθεται στους **αρμόδιους** μηχανικούς, ενώ στα αυθαίρετα η απάντηση να είναι: «ευχαριστώ, δεν θα πάρω!». Είναι μύθος ότι η αυθαίρετη κατασκευή κοστίζει φθηνότερα.
- Δεν επιτρέπεται ο εργολάβος ή ο ιδιοκτήτης να **αυτοσχεδιάζουν** αλλάζοντας τη μελέτη ερήμην του μηχανικού. Δεν θυσιάζεται η στατική επάρκεια του κτιρίου χάριν της διακόσμησης.
- **Όχι «τσιγκουνιές» στον φέροντα οργανισμό**, που αποτελεί άλλωστε ένα μικρό μέρος (~20%) του κόστους του έργου. Ο προϋπολογισμός μπορεί να «νοικοκυρευτεί» με τις υπόλοιπες εργασίες των πολυτελών επενδύσεων και των πανάκριβων διακοσμητικών υλικών.
- Εμμονή στην **ποιότητα**. Με σύμβουλο τον υπεύθυνο για κάθε εργασία να επιμένετε στον **έλεγχο** των υλικών και στη **σωστή κατασκευή** με προσοχή στη λεπτομέρεια.
- Επιπλέον, είναι αναγκαία η **οργάνωση** των εργασιών και τα **μέτρα ασφάλειας** κατά την κατασκευή.

Για όλα αυτά θα μελετήσετε τα αντίστοιχα κεφάλαια, στα αντίστοιχα μαθήματα.

Και για να μη σας μείνει η εντύπωση ότι από το ζωικό βασίλειο μόνο ο άνθρωπος είναι αρχιτέκτονας, χτίστης, τεχνικός, θα παραθέσουμε απλώς μερικές μόνο περιπτώσεις, που προβληματίζουν για το **πόσα ακόμα έχουμε να διδαχτούμε από τη φύση!** (Φωτ. 1.36, - 1.40).



Φωτ. 1.36. Ναυτίλος.



Φωτ. 1.37. Αμμωνίτης (απολιθωμένο ναυτιλοειδές).

Ο ναυτίλος και ο αμμωνίτης έχουν εσωτερικά διαφράγματα, που διαιρούν το όστρακο σε θαλάμους. Όταν οι θάλαμοι γεμίζουν με αέρα ή νερό (με αναλογίες, που αλλάζουν με σιφωνισμό), επιτρέπουν στο ζώο να ανεβαίνει ή να κατεβαίνει στο νερό.

Οι κάστορες (Φωτ. 1.38) κατασκευάζουν τα «διαμερίσματά» τους με ξύλα και λάσπη σε μικρά νησάκια ή λιμνάζοντα νερά. Οι φωλιές τους, πλάτους 2 m, έχουν ένα δωμάτιο πάνω.



Φωτ. 1.38. Κάστορας...επί το έργον.

Για να ρυθμίζουν το ύψος του νερού φτιάχνουν ένα φράγμα από πέτρες, ξύλα και λάσπη, ύψους 12 m και μήκους 500 m!

Ο πελαργός (Φωτ. 1.39) χρησιμοποιεί τους ξύλινους πάσσαλους, βυθισμένους στο λασπώδες έδαφος, για να στηρίξει πάνω τους τη φωλιά του.



Φωτ. 1.39. Πελαργός.



Φωτ. 1.40. Ψάρι του Σιάμ.

Αυτό το αρσενικό ψάρι του Σιάμ κατασκευάζει πλωτή φωλιά, φτιάχνοντας φυσαλίδες με τη βλέννα του, που ενώνονται όλες μαζί στην επιφάνεια του νερού κι εκεί από κάτω τοποθετεί τ' αυγά, που γεννάει το θηλυκό, αφού προηγουμένως τα περιβάλλει ένα-ένα με παρόμοιες φυσαλίδες.

Εντυπωσιακό, όχι μόνο για την προχωρημένη, διαστημική αρχιτεκτονική του, αλλά κυρίως γιατί βοηθάει τη σύντροφό του.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.

Η μορφή της κατοικίας είναι διαχρονική συνάρτηση των οικονομικών, κοινωνικών και τεχνολογικών μεταβολών.

Τα κτιριακά έργα διακρίνονται ανάλογα με τη χρήση τους σε κατοικίες, σχολεία, νοσοκομεία, γραφεία, βιομηχανίες, γυμναστήρια, εκκλησίες κ.λπ.

Πρέπει να κατασκευάζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία τους ως κτιρίων και την ασφαλή διαμονή, εργασία και κίνηση των ανθρώπων σ' αυτά καθώς και την αντοχή του ίδιου του έργου στις διάφορες καταπονήσεις.

Ο σωστός προγραμματισμός για τα διάφορα στάδια της κατασκευής είναι απαραίτητος, ενώ δεν πρέπει να παραλείπεται η συντήρηση του έργου, κυρίως όμως όλοι οι συντελεστές του (ιδιοκτήτες, μελετητές, επιβλέποντες, εργολάβοι, κατασκευαστές) να ακολουθούν τους ισχύοντες κανόνες σωστής δόμησης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

1. Πώς εξηγείτε το γεγονός ότι οι Έλληνες αρίστευσαν και στην Πολεοδομία και στην Αρχιτεκτονική; (Φωτ. 1. 11).

2. Ποιοι παράγοντες καθορίζουν τη μορφή της κατοικίας; Δώστε παραδείγματα από τον τόπο, που κατοικείτε. Συντάξτε έκθεση με φωτογραφίες ή σχέδια σχολιάζοντας σχετικά.

3. Υπάρχει εγκαταλειμμένος οικισμός στην περιοχή σας; Γιατί εγκαταλείφθηκε; Ποιες οι συνέπειες μετά απ' αυτό για τους κατοίκους των γειτονικών περιοχών;

4. Καταγράψτε τα κτίρια της περιοχής, που κατοικείτε, κατατάσσοντάς τα σε αντίστοιχες κατηγορίες κτιριακών έργων. Σχολιάστε αν η αρχιτεκτονική μορφή τους επηρεάζεται από τη χρήση τους.

5. Παρακολουθήστε ένα δομικό έργο στην περιοχή σας από την αρχή της ανέγερσής του, σημειώνοντας τα στάδια της κατασκευής του. Συζητήστε και με τον υπεύθυνο του έργου θέματα, που αφορούν το μάθημά σας, και καταγράψτε τις σχετικές παρατηρήσεις σας σε τεχνική έκθεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ-ΚΑΤΑΤΑΞΗ

- Είδη εδαφών.
- Δείκτες.
- Ονοματολογία.
- Κατάταξη.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο:

- Θα μπορείτε να διακρίνετε τα διάφορα είδη εδαφών.
- Θα γνωρίζετε την ονοματολογία και τους δείκτες, οι οποίοι χαρακτηρίζουν τη δομή τους.
- Θα έχετε μάθει ποιά είναι τα φυσικά χαρακτηριστικά των εδαφών και πώς προσδιορίζονται.
- Θα γνωρίζετε να κάνετε την κατάταξη ενός εδάφους.

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτού του Κεφαλαίου είναι να εισαγάγει τις έννοιες της εφαρμοσμένης επιστήμης της Εδαφομηχανικής, που είναι απαραίτητη για την ασφαλή και οικονομική κατασκευή των τεχνικών έργων.

Αφού γίνει η διάκριση των διαφόρων ειδών των εδαφών, θα παρουσιαστούν μέθοδοι για την εκτίμηση των παραμέτρων εκείνων, οι οποίες είναι αναγκαίες για την κατάταξη των εδαφών.

2.2. ΕΙΔΗ ΕΔΑΦΩΝ

2.2.1. Εισαγωγή

Τα Τεχνικά έργα, όπως κτίρια, γέφυρες, δρόμοι, φράγματα, δέχονται δυνάμεις - φορτία - που εξαρτώνται από τη λειτουργία τους. Αυτά τα φορτία μαζί με το βάρος της ίδιας της κατασκευής μεταβιβάζονται στο έδαφος το οποίο τα στηρίζει μέσω δομικών στοιχείων, τα οποία ονομάζονται **θεμέλια**.

Η μελέτη και η κατασκευή των θεμελίων απαιτούν τη γνώση:

- των δυνάμεων που θα μεταβιβαστούν από την κατασκευή στα θεμέλια.
- των κανονισμών που ισχύουν για το έργο που μελετάμε.
- της συμπεριφοράς του εδάφους, όταν αυτό δέχεται φορτία, δηλαδή τι μεγέθους δυνάμεις μπορεί να δεχτεί και πώς παραμορφώνεται.
- των γεωλογικών συνθηκών που επικρατούν στα εδάφη της περιοχής.

Οι δύο τελευταίοι παράγοντες εξετάζονται από μία εφαρμοσμένη επιστήμη, η οποία ονομάζεται **«ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ»**.

Εδαφομηχανική είναι η επιστήμη που μελετά όλα τα φαινόμενα που αφορούν στη συμπεριφορά του εδάφους σε σχέση με την κατασκευή Τεχνικών Έργων.

2.2.2. Έδαφος

Εάν σκάσουμε μία τάφρο σε μία τοποθεσία (Φωτ. 1), θα συναντήσουμε διάφορα στρώματα από υλικά τα οποία διακρίνονται σε (Σχ. 1):

1. Επιφανειακό έδαφος

Είναι η καλλιεργήσιμη γη. Αποτελείται από οργανικά υλικά και έχει πάχος περί τα 500 mm.

2. Υπέδαφος

Είναι το τμήμα του εδάφους που βρίσκεται κάτω από την καλλιεργήσιμη γη και επάνω από το μη διαβρωμένο έδαφος.



Φωτ. 1. Τομή εδάφους σε όρυγμα



Σχήμα. 1. Τυπική τομή εδάφους

3. Κρούστα (hardpan)

Σε υγρά κλίματα το νερό της βροχής δημιουργεί οξείδια, τα οποία παρασύρουν τα οξείδια του σιδήρου και του αργιλίου, που υπάρχουν στο χώμα, και σχηματίζουν μία σκληρή μάζα, σαν κρούστα. Σκάβεται δύσκολα και καθώς δεν μαλακώνει όταν βραχεί, παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στις γεωτρήσεις.

Συνήθως βρίσκεται μεταξύ του επιφανειακού εδάφους και του υπεδάφους.

4. Έδαφος

Έδαφος ονομάζεται το μαλακό γεωλογικό υλικό, το οποίο βρίσκεται μεταξύ υπεδάφους και βράχου. Τα εδάφη αποτελούνται, συνήθως, από χαλαρά και ασύνδετα μεταξύ τους υλικά. Μερικοί όμως τύποι εδαφών έχουν ένα είδος «κόλλας» μεταξύ των κόκκων που επηρεάζει τις ιδιότητές τους. Εάν αυτή η «κόλλα» είναι αρκετά ισχυρή, τότε αυτό το έδαφος χαρακτηρίζεται ως **βράχος**.

Μπορούμε να ξεχωρίσουμε χοντρικά το έδαφος από το βράχο από το εάν σκάβεται με το χέρι, με ή χωρίς εργαλείο.

5. Υπόγειο νερό

Πρόκειται για «δεξαμενή» υπόγειου νερού. Η άνω επιφάνεια του υπόγειου νερού μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε βάθος και ονομάζεται «Στάθμη Υπόγειων Υδάτων» ή σε συντομογραφία «Σ.Υ.Υ.».

2.2.3. Τεχνική ονοματολογία των «εδαφών»

2.2.3.1. Βράχος

Οι βράχοι (ή πετρώματα) συντίθενται από ορυκτά, τα οποία είναι κρυσταλλικοί σχηματισμοί χημικών ενώσεων. Τα κυριότερα ορυκτά που συναντώνται στα πετρώματα είναι ο χαλαζίας, ο άστριος, ο ασβεστίτης και ο μαρμαρυγίας (μίκας).

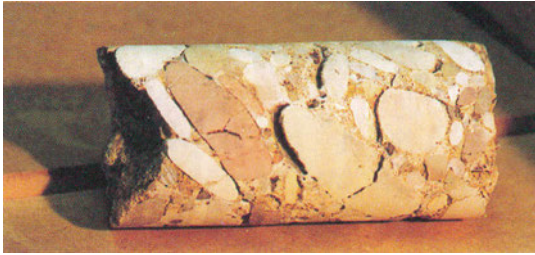
Τα πετρώματα διακρίνονται, ανάλογα με την προέλευσή τους, σε **εκρηξιγενή, μεταμορφωσιγενή και ιζηματογενή**.

Εκρηξιγενή ή ηφαιστειογενή, ονομάζονται τα πετρώματα, τα οποία στερεοποιήθηκαν από μία υγρή αρχική κατάσταση. Προέρχονται είτε από τη στερεοποίηση της ψυχόμενης λάβας, όταν φθάσει στην επιφάνεια της γης, είτε από τη στερεοποίηση μάγματος (τηγμένου πετρώματος), το οποίο διεισδύει μέσα από ρωγμές σε πετρώματα κάτω από την επιφάνεια της γης. Παραδείγματα εκρηξιγενών πετρωμάτων είναι ο γρανίτης (Φωτ. 2), ο βασάλτης και ο γάβρος.



Φωτ. 2. Δείγμα γρανίτη

Ιζηματογενή ονομάζονται τα πετρώματα που προέρχονται από τη στερεοποίηση προϊόντων διάβρωσης των πετρωμάτων. Η διάβρωση των πετρωμάτων παράγει τεμάχια τα οποία μεταφέρονται από τον άνεμο, το νερό και τον πάγο και αποτίθενται σε στρώσεις. Υπό την επίδραση φορτίων από άλλα στρώματα που αποτίθενται επίσης πάνω από αυτά, στερεοποιούνται και σχηματίζουν τα ιζηματογενή πετρώματα (Φωτ. 3).



Φωτ. 3. Δείγμα κροκαλοπαγούς πετρώματος



Φωτ. 4. Δείγμα μάρμαρου

Μεταμορφωσιγενή πετρώματα ονομάζονται τα προερχόμενα από μεταμόρφωση εκρηξιγενών ή ιζηματογενών πετρωμάτων υπό την επίδραση υψηλής θερμοκρασίας και μεγάλων πιέσεων. Το αρχικό πέτρωμα υφίσταται φυσικές και χημικές μεταβολές. Παραδείγματα μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων είναι το μάρμαρο (Φωτ. 4), ο χαλαζίας και ο σχιστόλιθος.

2.2.3.2. Έδαφος

Η δράση του κλίματος, δηλαδή του παγετού, της θερμοκρασίας, του ανέμου, της βροχής, αλλά και η δράση της χημικής αποσάθρωσης έχουν ως αποτέλεσμα τον κατακερματισμό των βράχων και την παραγωγή χαλαρών υλικών, τα οποία ονομάζονται εδάφη.

Τα εδάφη, λοιπόν, ορίζονται ως **«χαλαρές αποθέσεις στερεών στοιχείων, που έχουν παραχθεί από τον μηχανικό και χημικό κατακερματισμό των βράχων, με ή χωρίς οργανικές προσμίξεις».**

Διακρίνονται τρεις τύποι εδαφών ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους:

- **Εδάφη από μεταφορά (αλλούβια)** - χαλίκια, άμμος, ιλύς και άργιλος.

Το κυριότερο μέσο μεταφοράς των εδαφικών υλικών είναι το νερό των χειμάρρων και των ποταμών. Η ταχύτητα του νερού, το οποίο μεταφέρει τους κόκκους του εδάφους, μειώνεται καθώς η κλίση των ποταμών γίνεται πιο ήπια κατά τη διαδρομή τους από τα ορεινά στα πεδινά. Εξαιτίας της μείωσης της ταχύτητας κατακάθονται οι κόκκοι του εδάφους, πρώτα οι μεγαλύτεροι και βαρύτεροι και τέλος, στα πεδινά, οι μικρότεροι και ελαφρύτεροι. Έτσι, στα ψηλότερα μέρη βρίσκουμε χαλίκια και άμμο, ενώ στα χαμηλότερα συναντούμε ιλύ και άργιλο. Άλλος παράγοντας μεταφοράς εδαφικών υλικών είναι ο άνεμος. Οι αποθέσεις από άνεμο ονομάζονται «αιολικές».

• **Εδάφη αυτόχθονα**

Αυτά τα εδάφη σχηματίζονται επί τόπου, ως αποτέλεσμα χημικής αποσάθρωσης των πετρωμάτων χωρίς τη μεταφορά τους. Εάν το «μητρικό» πέτρωμα είναι εκρηξιγενές ή μεταμορφωσιγενές, τότε το έδαφος που παράγεται είναι ιλύς, άμμος ή χαλίκια. Σε τροπικά κλίματα σχηματίζονται λεπτόκοκκα και κοκκινόχρωμα εδάφη που ονομάζονται λατερίτες.

• **Οργανικά εδάφη**

Αυτά τα εδάφη περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών υλών, οι οποίες προέρχονται από την αποσύνθεση φυτικού και ζωικού υλικού. Συνήθως έχουν σκούρο χρώμα και ιδιαίτερα οσμή.

2.3. ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Τα εδάφη απαρτίζονται από κόκκους με ποικίλα σχήματα (Φωτ. 5). Για απλούστευση της περιγραφής τους, θεωρούμε ότι οι κόκκοι έχουν σφαιρικό σχήμα.

Τα πλέον λεπτόκοκκα εδάφη ονομάζονται άργιλοι με $D < 0.002 \text{ mm}$ ή $2\mu\text{m}$. Η αμέσως επόμενη κατηγορία, από άποψη μεγέθους κόκκων είναι οι ιλύες και ακολουθούν η άμμος, τα χαλίκια, οι κροκάλες, οι μεγάλοι λίθοι και οι βράχοι. Ακολουθεί πίνακας με τα όρια που διακρίνουν τις ομάδες εδαφών:

1. Βράχος

2. **Μεγάλοι λίθοι** με διάμετρο D

$25\text{cm} < D,$

3. **Κροκάλες** με διάμετρο μεταξύ των ορίων

$6 \sim 7,6\text{cm} < D <$

$20 \sim 25\text{cm}$

4. **Χαλίκια** με διάμετρο

$>>$

$2\text{mm} < D <$

$76,2\text{mm}$

5. **Άμμος** με διάμετρο

$>>$

$0,05 \sim 0,074\text{mm} < D <$

2mm

6. **Ιλύς** με διάμετρο

$>>$

$0,002 \sim 0,005\text{mm} < D <$

$0,05 \sim 0,074\text{mm}$

7. **Άργιλος** με διάμετρο

$>>$

$D <$

$0,002\text{mm}.$



Αμμοχάλικο
(α)



Ιλύες και άργιλοι
(β)

Φωτ. 5. (α) Αμμοχάλικο, (β) Ιλύες και άργιλοι

Το μέγεθος των κόκκων διαφοροποιεί τη συμπεριφορά και τις ιδιότητες των εδαφών. Η καταγραφή των διαμέτρων των κόκκων, που συνθέτουν έναν συγκεκριμένο εδαφικό σχηματισμό, ονομάζεται κοκκομετρική ανάλυση και αποτελεί βασική μέθοδο ταξινόμησης των εδαφών.

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε βασικές ιδιότητες των διαφόρων ειδών εδαφών:

- **Βράχος** : Συνήθως έχει μεγάλες διαστάσεις και σε έκταση και σε βάθος. Υπό την επίδραση κλιματολογικών παραγόντων αποσαθρώνεται. Η αντοχή του επηρεάζεται σημαντικά από την παρουσία ασυνεχειών στη μάζα του.
- **Μεγάλοι λίθοι**: Είναι μεγάλα τεμάχια βράχου.
- **Κροκάλες** : Είναι θραύσματα βράχων ή μεγάλων λίθων.
- **Χαλίκια**: Είναι θραύσματα τα οποία συναντώνται σε ποτάμια ή παράκτιες αποθέσεις. Το σχήμα τους μπορεί να είναι γωνιώδες, στρογγυλεμένο ή πλακοειδές. Δεν έχουν συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων και αποτελούν έδαφος χωρίς «συνοχή».
- **Άμμος** : Εμφανίζεται σε ποτάμια αποθέσεις και σε αυτόχθονες σχηματισμούς. Οι κόκκοι της άμμου είναι συνήθως χαλαζιακοί με σχήμα γωνιώδες ή στρογγυλεμένο που εξαρτάται από την προέλευσή τους. Η ποτάμια άμμος έχει κόκκους πιο γωνιώδεις από τους κόκκους της θαλάσσιας άμμου. Είναι υλικό χωρίς συνοχή. Η υγρή άμμος εμφανίζει συνοχή λόγω των επιφανειακών τάσεων του νερού, η οποία όμως εξαφανίζεται όταν η άμμος ξεραθεί.
- **Ιλύς** : Είναι λεπτόκοκκο έδαφος σχετικά αδιαπέρατο από το νερό. Παρουσιάζει συνοχή. Ανάλογα με τις προσμίξεις που έχει χαρακτηρίζεται ως οργανική ή ανόργανη ιλύς. Παρουσιάζει μικρή ή καθόλου πλαστικότητα (ιδιότητα του να πλάθεται). Μοιάζει με την άργιλο και έχει το ίδιο τυπικό γκρι χρώμα. Όταν είναι υγρή, έχει την ίδια υφή με την άργιλο.
- **Άργιλος** : Η άργιλος είναι το πλέον λεπτόκοκκο εδαφικό υλικό. Κάθε κόκκος συνίσταται από ένα μόνο ορυκτό. Προέρχεται από χημική αποσύνθεση των πετρωμάτων και παρουσιάζει συνοχή. Έχει πολύ μικρή διαπερατότητα και σε σχετικά ξηρή κατάσταση εμφανίζει πολύ μεγάλη αντοχή. Τα σωματίδια που την αποτελούν έχουν σχήμα γωνιώδες ή πλακοειδές. Ανάλογα με τις προσμίξεις χαρακτηρίζεται ως οργανική ή ανόργανη άργιλος. Χαρακτηριστική ιδιότητα της άργιλου είναι η πλαστικότητα όταν είναι υγρή. Η περιεκτικότητά της σε πολύ λεπτά υλικά (κολλοειδή υλικά) είναι σημαντική. Μπορεί να είναι αυτόχθων ή εκ μεταφοράς (ποτάμια, λιμναία, θαλάσσια ή άργιλος παγετώνων). Είναι συμπίεστη και οι ιδιότητές της εξαρτώνται από την πίεση που της ασκείται ή από τη μέγιστη πίεση που της έχει ασκηθεί στο παρελθόν.

2.4. ΔΕΙΚΤΕΣ

2.4.1. Ορισμός των Δεικτών

Η δομή των εδαφών, όπως έχουμε ήδη πει, είναι κοκκώδης. Τα μεταξύ των κόκκων κενά είναι δυνατόν να περιέχουν αέρα ή νερό. Στο έδαφος, λοιπόν, διακρίνουμε τρεις φάσεις: τη στερεή, την αέρια και την υγρή (Σχ. 2).

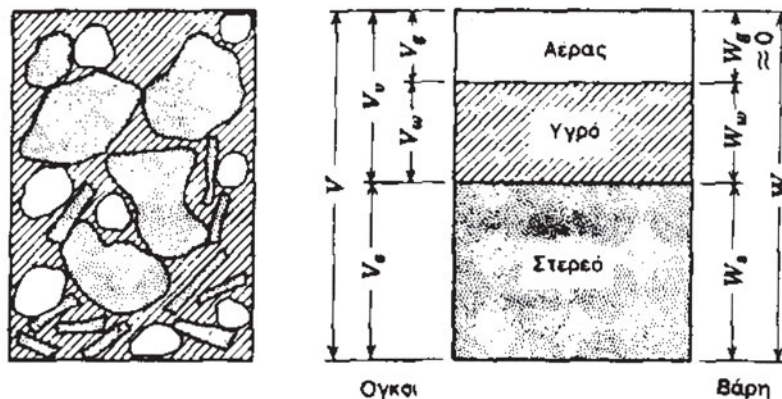
Προκειμένου να συσχετίσουμε ποσοτικά τις φάσεις εισάγουμε τους εξής δείκτες:

α) **λόγος κενών**, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των κενών προς τον όγκο των στερεών και συμβολίζεται με το **e**,

β) **πορώδες**, το οποίο ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των κενών προς τον συνολικό όγκο (κενά συν στερεά) και συμβολίζεται με το **n**,

γ) **βαθμός κορεσμού**, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του όγκου του περιεχομένου νερού προς τον όγκο των κενών και συμβολίζεται με το **S**,

δ) **περιεχόμενη υγρασία**, η οποία ορίζεται ως ο λόγος του βάρους του περιεχομένου νερού προς το βάρος των στερεών συμβολιζόμενη με **w**.



Σχήμα 2. Διάγραμμα φάσεων

Στο Σχήμα 2, φαίνεται το διάγραμμα των φάσεων σε ένα δείγμα εδάφους. Αυτό έχει προκύψει από την ιδεατή συγκέντρωση του συνόλου του όγκου των κενών με αέρα, των κενών που περιέχουν νερό και του όγκου που καταλαμβάνεται από τη στερεή φάση. Σύμφωνα με τους συμβολισμούς του σχήματος, αλλά και τους ορισμούς που δόθηκαν, θα είναι:

$$e = V_v/V_s, n = V_v/V, S = V_w/V_v, w = W_w/W_s.$$

Εκτός από αυτούς τους δείκτες, ορίζονται επίσης και τα ειδικά βάρη για τις εξής περιπτώσεις:

1. **ειδικό βάρος κόκκων** $\varepsilon = W_s / V_s$ με τιμές από 26.5 έως 27 kN/m³,
2. **ξηρό φαινόμενο βάρος** $\gamma_\xi = W_s / V$ που αναφέρεται σε ξηρό δείγμα εδάφους,
3. **υγρό φαινόμενο βάρος** $\gamma_u = W / V$ που αναφέρεται σε υγρό δείγμα εδάφους,
4. **κορεσμένο φαινόμενο βάρος** $\gamma_s = W / V$ για την ειδική περίπτωση κορεσμένου εδάφους και
5. **βυθισμένο ή υπό άνωση φαινόμενο βάρος** $\gamma' = \gamma_s - \gamma_w$ όπου γ_w το ειδικό βάρος του νερού ίσο προς 9,81 kN/m³.

1.4.2. Σχέσεις μεταξύ των δεικτών

Μεταξύ των δεικτών που ορίστηκαν ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις που μπορούν να αποδειχθούν εύκολα:

1. **Se = wG_s** όπου $G_s = \varepsilon / \gamma_w$,
2. **$\gamma_\xi = \varepsilon / (1 + e)$,**
3. **$\gamma_u = \gamma_\xi (1 + w)$,**
4. **$\gamma' = \gamma_\xi - \gamma_w / (1 + e)$.**

2.5. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

2.5.1. Εισαγωγή

Το έδαφος περιέχει κόκκους διαφόρων μεγεθών και σε διάταξη που ποικίλλει. Από αυτή τη σύνθεση και τη δομή του εξαρτώνται οι μηχανικές του ιδιότητες, δηλαδή η αντοχή του και οι καθιζήσεις που εκδηλώνονται όταν ασκηθούν σε αυτό δυνάμεις.

Θα εξετάσουμε χωριστά τα φυσικά χαρακτηριστικά των άμμων και των χαλικιών, τα οποία είναι εδάφη χωρίς συγκόλληση μεταξύ των κόκκων, και χωριστά τα Χαρακτηριστικά των ιλύων και των αργίλων, που είναι εδάφη με συγκόλληση μεταξύ των κόκκων τους. Τα πρώτα τα ονομάζουμε «μη συνεκτικά εδάφη» ή «εδάφη χωρίς συνοχή», ενώ τα δεύτερα τα ονομάζουμε «συνεκτικά εδάφη».

2.5.2. Εδάφη χωρίς συνοχή

Τα εδάφη χωρίς συνοχή χαρακτηρίζονται από την κοκκομετρική τους διαβάθμιση, δηλαδή από το ποσοστό στο οποίο περιέχονται κόκκοι κάποιας διαμέτρου, και από έναν δείκτη που ονομάζεται σχετική πυκνότητα και που μετράει το πόσο πυκνή ή αραιή είναι η διάταξη των κόκκων.

2.5.2.1. Κοκκομετρική ανάλυση

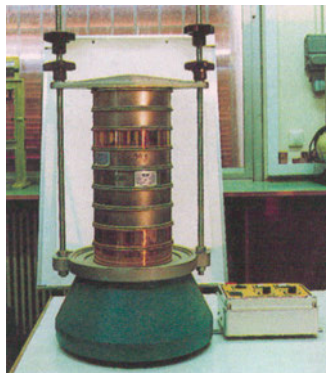
Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία από τις πλέον βασικές μεθόδους κατάταξης των εδαφών και χρησιμοποιείται διεθνώς. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού θεμελίωσης ή ως δομικού υλικού εξαρτάται από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή από τον προσδιορισμό της συμμετοχής των διαμέτρων των κόκκων, ως ποσοστών, στο συνολικό όγκο του θεωρούμενου εδάφους.

Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την κοκκομετρική ανάλυση μας διευκολύνουν να προβλέψουμε τη συμπεριφορά των εδαφών, όσον αφορά στην αντοχή και στην παραμόρφωση, να συμπεράνουμε τη δυνατότητα κίνησης του υπόγειου νερού (διήθηση) μέσα από τα κενά μεταξύ των κόκκων και να εκτιμήσουμε την επιρροή του παγετού στο έδαφος.

Στη συνέχεια περιγράφονται ο απαιτούμενος εξοπλισμός και η διαδικασία της διεξαγωγής της ανάλυσης.

2.5.2.1.1. Απαιτούμενος εξοπλισμός:

1. Συσκευή κοσκινίσματος (Φωτ. 6).

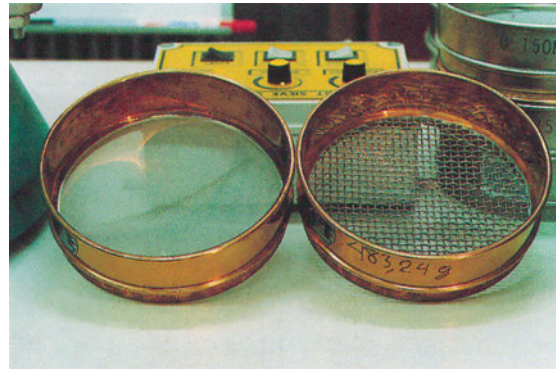


Φωτ. 6. Συσκευή κοσκινίσματος

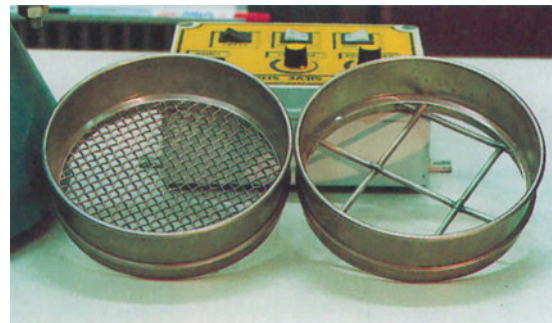
2. Σειρά κόσκινων.

Μια ακολουθία κόσκινων δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
Αριθμός κόσκινου (No)	Διάμετρος D (mm)
	75
	6,3
4	4,75
10	2,0
20	0,85
40	0,425
100	0,150
200	0,075



Φωτ. 7 Κόσκινα No. 200 και No. 4



Φωτ. 8 Κόσκινα διαμέτρου D=6,3 mm και D=75 mm

Τα κόσκινα No. 4 και No. 200 (Φωτ. 7) έχουν διαμέτρους που διαχωρίζουν τα χαλίκια από την άμμο και την άμμο από την ιλύ αντίστοιχα. Στη Φωτογραφία 8 φαίνονται τα δύο κόσκινα με τις μεγαλύτερες διαμέτρους, τα οποία συγκρατούν τα χαλίκια.

Για τα υλικά που διέρχονται από το κόσκινο No. 200 – ιλύες και άργιλοι – ακολουθείται άλλη διαδικασία κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του αραιόμετρου, η οποία βασίζεται στο Νόμο του Stokes.

3. Γουδί και γουδοχέρι.

4. Ζυγαριά με ακρίβεια 2 δεκαδικών ψηφίων.

2.5.2.1.2. Προδιαγραφές:

1. «Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής» (Ε 105-86), δημοσιευμένες στο Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως Φ.Ε.Κ. αρ. 955/31-12-86, τεύχος δεύτερο.

2. Αμερικανική Προδιαγραφή ASTM D422-1980.

2.5.2.1.3. Διαδικασία:

- Τοποθετούνται τα κόσκινα στη συσκευή με τις διαμέτρους να αυξάνουν από κάτω προς τα άνω.
- Αν το δείγμα είναι κυρίως άμμος, επιλέγουμε μία ποσότητα 500 γραμμαρίων το οποίο έχει ξηραθεί. Αν το δείγμα περιέχει χαλίκια, τότε επιλέγεται ποσότητα 1500 έως 5000 γραμμαρίων ανάλογα με τη διάμετρο των κόκκων.
- Τοποθετούμε το δείγμα εδάφους στο επάνω κόσκινο (με τη μεγαλύτερη διάμετρο).
- Κοσκινίζουμε το δείγμα, ενεργοποιώντας το δονητή της συσκευής, για 5 έως 10 λεπτά.
- Αφαιρούμε τα κόσκινα και τα ζυγίζουμε μαζί με την ποσότητα εδάφους που έχουν συκρατήσει.
- Υπολογίζουμε το ποσοστό του συγκρατούμενου υλικού σε κάθε κόσκινο διαιρώντας το βάρος του συγκρατούμενου με το συνολικό βάρος του δείγματος.
- Υπολογίζουμε το ποσοστό του διερχόμενου ξεκινώντας από το 100% και αφαιρώντας σταδιακά το ποσοστό του συγκρατούμενου σε κάθε κόσκινο.
Παράδειγμα: Έστω δείγμα 500 gr. Βρέθηκε ότι στο κόσκινο No. 4 συκρατήθηκε ποσότητα δείγματος 9,7gr. Άρα, το διερχόμενο ήταν $500-9,7=490,3\text{gr}$. Το ποσοστό συγκρατούμενου είναι $9,7/500=1,9\%$, ενώ το ποσοστό του διερχόμενου είναι $490,3/500=98,1\%$ ($=100\%-1,9\%$).
- Τοποθετούμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα (Σχ. 3) και σχεδιάζουμε την καμπύλη που διέρχεται από τα σημεία.

Στην καμπύλη που σχεδιάσαμε βρίσκουμε τα εξής χαρακτηριστικά μεγέθη:

- **Ενεργός διάμετρος D_{10}** , η οποία ορίζεται ως η διάμετρος από την οποία διέρχεται το 10% του δείγματος. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς συνδέεται με τη δυνατότητα ροής του νερού μέσα στο έδαφος. Μικρή τιμή της ενεργού διαμέτρου δείχνει ότι το έδαφος περιέχει μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται σημαντικά από το λεπτόκοκκο υλικό που περιέχει.
- **Συντελεστής ομοιομορφίας C_u** , ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

όπου D_{60} δηλώνει τη διάμετρο από την οποία διέρχεται το 60% του δείγματος. Μεγάλη τιμή του συντελεστή δηλώνει ότι τα μεγέθη των κόκκων είναι καλά διαβαθμισμένα από τους μικρότερους κόκκους προς τους μεγαλύτερους. Έδαφος με συντελεστή ομοιομορφίας ίσο προς 1 αποτελείται από κόκκους της ίδιας διαμέτρου. Εδάφη με συντελεστή $C_u < 5$ είναι σχετικά ομοιόμορφα, ενώ, εάν είναι $C_u > 5$, καλούνται καλά διαβαθμισμένα.

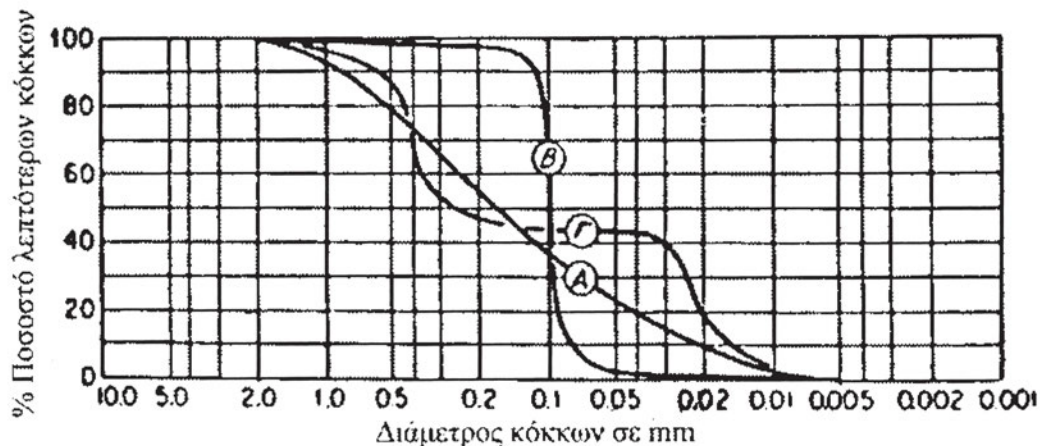
- **Συντελεστής καμπυλότητας C_c** , ο οποίος ορίζεται ως το πηλίκο

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$$

Ο συντελεστής αυτός είναι ένα μέτρο της καμπυλότητας της καμπύλης μεταξύ των σημείων D_{60} και D_{10} .

2.5.2.1.4. Ερμηνεία της κοκκομετρικής καμπύλης:

Από τη μορφή της κοκκομετρικής καμπύλης παίρνουμε χρήσιμες πληροφορίες για τις ιδιότητες του εδάφους. Στο Σχήμα 3 φαίνονται οι κοκκομετρικές καμπύλες Α, Β και Γ τριών εδαφών. Από τη μορφή τους μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το έδαφος Α είναι καλά διαβαθμισμένο. Αυτό σημαίνει ότι οι λεπτοί κόκκοι εισχωρούν στα κενά μεταξύ των μεγαλύτερων κόκκων με αποτέλεσμα το έδαφος να έχει αντοχή στη διάβρωση, να μπορεί να συμπυκνώνεται καλά, να παρουσιάζει μεγάλη αντοχή και να παραμορφώνεται λίγο. Η καμπύλη Β δείχνει ότι το έδαφος έχει κακή διαβάθμιση, καθώς επικρατεί ένα μέγεθος διαμέτρου, με συνέπεια να παρουσιάζει μεγάλα κενά. Επομένως, θα έχει μικρότερη αντοχή και θα παραμορφώνεται. Τέλος, το έδαφος Γ είναι γενικά κακής διαβάθμισης καθώς στερείται κόκκων με διαμέτρους που να καλύπτουν μεγάλο εύρος.



Σχήμα 3. Κοκκομετρικές καμπύλες

2.5.2.2. Σχετική Πυκνότητα

Ένα εδαφικό υλικό μπορεί να έχει λόγο κενών σε διάφορες τιμές. Αυτό εξαρτάται από τη δομή του, δηλαδή από τη διάταξη των κόκκων του. Πρόσφατες αποθέσεις άμμων είναι πολύ χαλαρές με αραιή διάταξη των κόκκων και με λόγο κενών που τείνει σε μία ελάχιστη τιμή. Αντίθετα, εάν η άμμος συμπυκνωθεί με έντονη δόνηση, οι κόκκοι πλησιάζουν μεταξύ τους παίρνοντας μία πυκνή διάταξη. Ο λόγος κενών τείνει τότε σε μία μέγιστη τιμή. Αυτές οι ακραίες καταστάσεις διάταξης των κόκκων μπορούν να πραγματοποιηθούν στο εργαστήριο. Ένα χρήσιμο μέγεθος που συγκρίνει την πραγματική κατάσταση μιας άμμου με τις ακραίες τιμές της πυκνότητάς της είναι η σχετική πυκνότητα. Ορίζουμε ως σχετική

πυκνότητα το πηλίκιο

$$D_r = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min})$$

Όπου: e είναι ο πραγματικός λόγος κενών της άμμου,

e_{\max} είναι ο λόγος κενών που αντιστοιχεί στην ελάχιστη πυκνότητα (χαλαρό δείγμα-μέγιστο πορώδες) και

e_{\min} είναι ο λόγος κενών που αντιστοιχεί στη μέγιστη πυκνότητα (πυκνό δείγμα-ελάχιστο πορώδες).

Με βάση την τιμή της σχετικής πυκνότητας κατατάσσουμε ένα αμμώδες έδαφος σύμφωνα με τον Πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	
Σχετική πυκνότητα (%)	Περιγραφή εδάφους
0-15	Πολύ χαλαρό
15-35	Χαλαρό
35-65	Μέσης πυκνότητας
65-85	Πυκνό
85-100	Πολύ πυκνό

2.5.3. Φυσικά χαρακτηριστικά συνεκτικών εδαφών

2.5.3.1. Γενικά

Στα συνεκτικά εδάφη (ιλύες και άργιλοι) δεν είναι δυνατόν να γίνει κοσκίνισμα λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων. Επιπλέον τα φυσικά χαρακτηριστικά που αναφέραμε στα μη συνεκτικά εδάφη δεν συσχετίζονται με τις ιδιότητες των συνεκτικών εδαφών. Μία παράμετρος, η οποία φαίνεται πως έχει μεγάλη επιρροή σ' αυτά τα εδάφη είναι η περιεχόμενη υγρασία και τα όρια Atterberg.

Η παρουσία του νερού είναι καθοριστική για τη μηχανική συμπεριφορά των συνεκτικών εδαφών. Μεταβάλλοντας την περιεχόμενη υγρασία παρατηρούμε ότι με την αύξησή της έχουμε μεταβολή της κατάστασης του εδάφους από τη στερεή κατάσταση στην υδαρή. Η ερμηνεία αυτής της επιρροής έγκειται στην ιδιότητα που έχουν τα πολύ λεπτόκοκκα υλικά να προσροφούν στην επιφάνεια των κόκκων τους, οι οποίοι έχουν σχήμα πλακιδίου, νερό με ισχυρές δυνάμεις.

Στη συνέχεια θα δώσουμε τους ορισμούς των ορίων Atterberg.

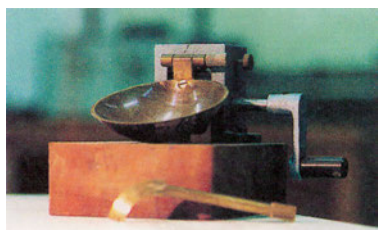
2.5.3.2. Όρια Atterberg

Για τα πλέον λεπτόκοκκα εδάφη, όπως είναι οι άργιλοι και οι ιλύες, οι βασικοί δείκτες για την κατάταξή τους είναι τα όρια **Atterberg**.

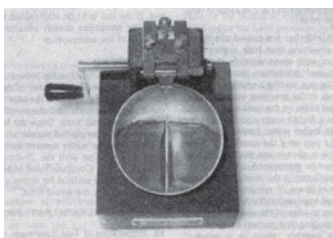
Τα όρια Atterberg είναι τιμές της περιεχόμενης υγρασίας, στις οποίες παρατηρείται μετάπτωση της κατάστασης του εδάφους από την “υγρή” στην “πλαστική” και στη συνέχεια στην “ημιστερεή” και στη “στερεή” κατάσταση.

Ειδικότερα τα όρια Atterberg ορίζονται ως εξής:

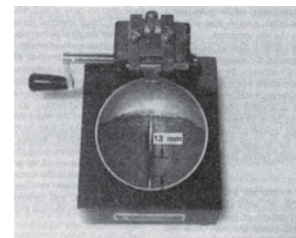
1. Όριο υδαρότητας (LL) : όριο υδαρότητας είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας, εξαιτίας της οποίας τα τοιχώματα διαμορφωμένης εγκοπής ενός δείγματος εδάφους, που τοποθετείται στη συσκευή Casagrande, έρχονται σε επαφή μεταξύ τους μετά από 25 κρούσεις (Φωτ. 9).



(α) Η συσκευή Casagrande



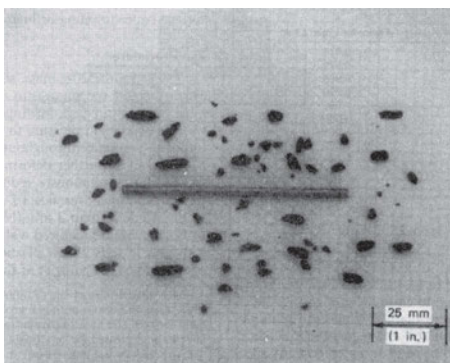
(β) Το δείγμα προ της δοκιμής



(γ) Το δείγμα μετά τη δοκιμή

Φωτ. 9. Προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας

2. Όριο πλαστιμότητας (PL) : είναι η περιεχόμενη υγρασία, εξαιτίας της οποίας ένα δείγμα εδάφους αρχίζει να θρυμματίζεται σε μικρά τεμάχια όταν πλάθεται σε λεπτές ίνες, μόλις φθάσει σε διάμετρο 3mm (Φωτ. 10).



Φωτ. 10. Προσδιορισμός του ορίου πλαστιμότητας

3. Όριο συρρίκνωσης (SL) : είναι η περιεχόμενη υγρασία, που αντιστοιχεί στην απαιτούμενη ποσότητα ύδατος για την πλήρωση των πόρων, όταν το δείγμα έχει τον ελάχιστο του όγκου του μετά από ξήρανση. Για μικρότερη περιεκτικότητα νερού το δείγμα παύει να είναι κορεσμένο.

Με τη βοήθεια αυτών των ορίων προσδιορίζονται οι δείκτες:

- **Δείκτης πλαστιμότητας (PI)** : ονομάζεται η διαφορά μεταξύ των ορίων υδαρότητας και πλαστιμότητας $PI=LL-PL$.

- **Δείκτης υδαρότητας (LI)** : ονομάζεται το πηλίκιο

$$LI=(w-PL)/(LL-PL),$$

- **Δείκτης συνεκτικότητας (c_r)** : ονομάζεται το πηλίκιο

$$c_r=(LL-w)/(LL-PL),$$

Το όριο υδαρότητας LL και ο δείκτης πλαστιμότητας PI χρησιμεύουν στην κατάταξη των λεπτόκοκκων εδαφών με βάση το διάγραμμα Casagrande (Σχ. 4).

Επί τόπου διάκριση ιλύων και αργίλων.

- **Δοκιμή καθίζησης:** Αναμιγνύουμε δείγμα εδάφους σε ένα ποτήρι με νερό και μετράμε τον χρόνο, ο οποίος απαιτείται για να γίνει το νερό διαυγές. Εάν το έδαφος είναι ιλύς, τότε θα κατακαθίσει σε 10 έως 60 λεπτά, ενώ εάν είναι άργιλος θα περάσουν πολλές ώρες ή και ημέρες.
- **Δοκιμή αντοχής:** Αποξηραίνουμε μικρό δείγμα εδάφους και στη συνέχεια το θραύουμε με τα δάχτυλα. Εάν είναι άργιλος, τότε θραύεται σχετικά δύσκολα, ενώ η ιλύς θραύεται εύκολα. Επιπλέον εάν τρίψουμε την ιλύ αφήνει σκόνη στα δάχτυλα.
- **Δοκιμή πλαστιμότητας:** Τα αργιλικά εδάφη που περιέχουν κατάλληλη ποσότητα νερού πλάθονται σε λεπτές ίνες, ενώ η ιλύς πλάθεται πολύ δύσκολα και με μεγάλη ποσότητα περιεχόμενου νερού.
- **Δοκιμή ανατάραξης:** Σε μικρή ποσότητα εδάφους προσθέτουμε νερό μέχρι να πλάθεται. Κατόπιν το εκτινάσσουμε ανάμεσα στις παλάμες μας οπότε παρατηρούμε, ότι στη μεν ιλύ η επιφάνεια του δείγματος γίνεται υγρή και λαμπρή, στη δε άργιλο δεν παρατηρούνται αυτές οι αλλαγές γιατί το νερό διασχίζει με πολλή δυσκολία τα σωματίδια της αργίλου.

2.6. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

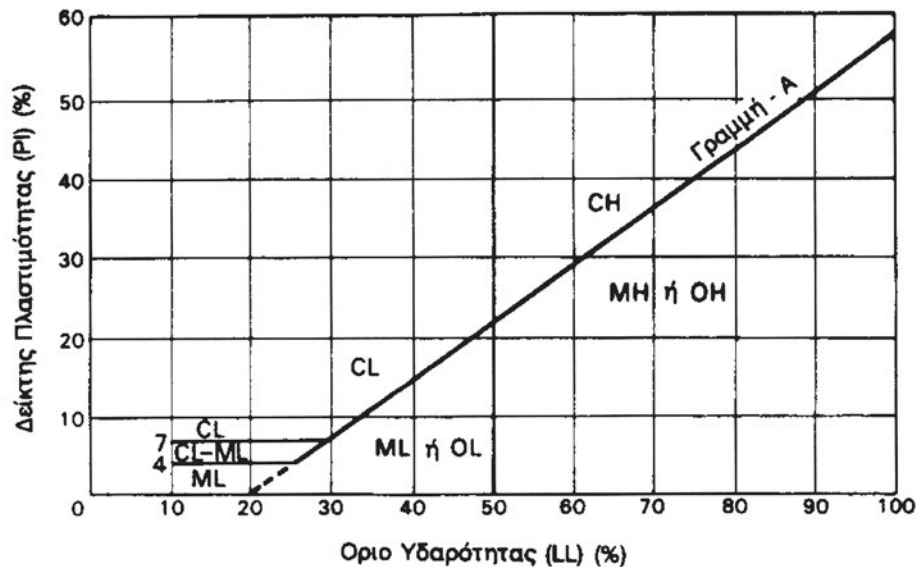
2.6.1. Συστήματα κατάταξης των εδαφών

Υπάρχουν διάφορα συστήματα κατάταξης των εδαφών, από τα οποία τα κυριότερα είναι το Ενιαίο Σύστημα Κατάταξης (USCS-Unified Soil Classification System), το οποίο είναι αποδεκτό ως προδιαγραφή από την Αμερικανική Εταιρεία Ελέγχου των Υλικών (ASTM-American Society for Testing Materials), το σύστημα της Αμερικανικής Ένωσης των Οδοποιών (AASHTO-American Association of State Highway and Transportation Officials), το Βρετανικό Σύστημα Κατάταξης Εδαφών (BSCS-British Soil Classification System) και το Σύστημα Κατάταξης κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς (DIN).

Από αυτά τα συστήματα, το επικρατέστερο είναι το USCS/ASTM το οποίο και θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

2.6.2. Το σύστημα USCS/ASTM

Με το διάγραμμα (Σχ. 4) και τους Πίνακες (Πίνακες 3-9) που ακολουθούν γίνεται η κατάταξη των εδαφών κατά τους κανονισμούς ASTM.



Σχήμα 4. Διάγραμμα Casagrande

ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΧΑΛΙΚΙΑ (λιγότερο από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο No. 4)	GW	Χαλίκι καλά διαβαθμισμένο με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		GP	Χαλίκι κακής διαβάθμισης με μίγμα άμμου-χαλικιού. Λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		GM	Χαλίκια ιλυώδη, μίγμα χαλικιών, άμμου και ιλύος.
		GC	Ιλυώδης άργιλος, μίγμα χαλικιών, άμμου και αργίλου.
	ΑΜΜΟΣ (πάνω από 50% του χονδρόκοκκου διέρχεται από κόσκινο No. 4)	SW	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		SP	Άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα.
		SM	Ιλυώδης Άμμος
		SC	Αργιλώδης Άμμος
ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΑ ΕΔΑΦΗ	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας 50% ή μικρότερο	ML	Ανόργανη ιλύς, λεπτόκοκκη άμμος, ιλυώδης ή αργιλώδης λεπτόκοκκη άμμος.
		CL	Ανόργανη άργιλος μικρής ή μέσης πλαστιμότητας, χαλικιώδης άργιλος, αμμώδης άργιλος, ιλυώδης άργιλος, ισχνή άργιλος.
		OL	Οργανική ιλύς και οργανική ιλυώδης άργιλος χαμηλής πλαστιμότητας.
	ΙΛΥΣ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟΣ Όριο υδαρότητας μεγαλύτερο του 50%	MH	Ανόργανη ιλύς, μαρμαρυγιακά ή λεπτόκοκκα αμμώδη ή ιλυώδη εδάφη, ελαστική ιλύς.
		CH	Ανόργανη άργιλος μεγάλης πλαστιμότητας, παχιά άργιλος.
		OH	Οργανική άργιλος με μέση ως μεγάλη πλαστιμότητα.
ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΔΑΦΗ		PT	Χούμος, τύρφη και άλλα έντονα οργανικά εδάφη.

Πίνακας 3

1.1 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL < 50

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
		ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200		ΑΜΜΟΣ – ΧΑΛΙΚΙΑ	
PI > 7 Και σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «A»	CL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200	% άμμου > % χαλικιών	Ισχνή άργιλος
			15-29% συγκρατ. No 200	% άμμου < % χαλικιών	Ισχνή άργιλος με άμμο
LL < 60	CL – ML	< 30%	% άμμου > % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης ισχνή άργιλος
			% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Αμμώδης ισχνή άργιλος με χαλίκια
			< 15% συγκρ. No 200	≥ 15% άμμος	Χαλικώδης ισχνή άργιλος
			15-29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλίκια	Χαλικώδης ισχνή άργιλος με άμμο
			% άμμου > % χαλικιών	% άμμου < % χαλίκια	Ιλυώδης άργιλος
			% άμμου < % χαλικιών	% άμμου > % χαλίκια	Ιλυώδης άργιλος με άμμο
PI < 4 Ή σημεία κάτω από τη γραμμή «A»	ML	< 30%	% άμμου > % χαλικιών	≥ 15% χαλίκια	Αμμώδης- Ιλυώδης άργιλος
			% άμμου < % χαλικιών	< 15% άμμος	Αμμώδης – Ιλυώδης άργιλος με χαλίκια
			< 15% συγκρ. No 200	≥ 15% άμμος	Χαλικώδης – Ιλυώδης άργιλος
			15-29% συγκρατ. No 200	% άμμου > % χαλίκια	Χαλικώδης – Ιλυώδης άργιλος με άμμο
			% άμμου > % χαλικιών	% άμμου < % χαλίκια	Ιλύς
			% άμμου < % χαλικιών	% άμμου > % χαλίκια	Ιλύς με άμμο

Πίνακας 4

1.2 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL ≥ 50

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ			ΟΝΟΜΑΣΙΑ
		ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
Σημεία επάνω στη ή επάνω από τη γραμμή «Α»	CH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Παχιά άργιλος
			15 – 29% συγκρατ. No 200	No	Παχιά άργιλος με άμμο
			% άμμου > % χαλικιών		Παχιά άργιλος με χαλίκια
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών		Αμμώδης παχιά άργιλος
			% άμμου < % χαλικιών		Αμμώδης παχιά άργιλος με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών		Χαλικώδης παχιά άργιλος
LL ≥ 60	MH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200		Χαλικώδης παχιά άργιλος με άμμο
			15 – 29% συγκρατ. No 200	No	Ελαστική ιλύς
			% άμμου > % χαλικιών		Ελαστική ιλύς με άμμο
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών		Ελαστική ιλύς με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών		Αμμώδης ελαστική ιλύς
			% άμμου < % χαλικιών		Αμμώδης ελαστική ιλύς με χαλίκια
			< 15% άμμος		Χαλικώδης ελαστική ιλύς
			≥ 15% άμμος		Χαλικώδης ελαστική ιλύς με άμμο

Πίνακας 5

2.1 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Κοκκώδη, συγκρατούμενο από Νο 200 ($D=0,074 \text{ mm}$) $\geq 50\%$

ΧΑΛΙΚΙΑ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ		ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ	ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	
	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΜΟΙΟ- ΜΟΡΦΙΑ					
% άμμου< %χαλικιών	Λεπτά χαλίκια ($d=4,75\text{mm}$) <5%	$C_u \geq 4$ και $1 \leq C_c \leq 3$		GW	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένα	
		$C_u < 4$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$		GP	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άμμο	
						<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης
	Λεπτά χαλίκια ($d=4,75\text{mm}$) 5-12%	$C_u \geq 4$ και $1 \leq C_c \leq 3$ (1*)	ML ή MH	GW - GM	<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με άμμο	
			CL, CH ή (CL - ML)	GW - GC	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με ιλύ και άμμο	
			ML ή MH	GP - GM	<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)	
		$C_u < 4$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$ (1*)				<15%	Χαλίκια καλά διαβαθμισμένοι με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και άμμο
						<15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με ιλύ
						>15%	Χαλίκια κακής διαβάθμισης με ιλύ και άμμο
	Λεπτά χαλίκια ($d=4,75\text{mm}$) >12%	ML ή MH		GM	<15%	Ιλυώδη χαλίκια	
						>15%	Ιλυώδη χαλίκια με άμμο
			CL ή CH	GC	<15%	Αργιλώδη χαλίκια	
CL - ML					>15%	Αργιλώδη χαλίκια με άμμο	
					<15%	Ιλοαργιλώδη χαλίκια	
					>15%	Ιλοαργιλώδη χαλίκια με άμμο	

(1*) Ισχύουν και προσαρμζονται οι ελεγχοι από τη στήλη «ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ» του Πίνακα 1 «Ανόργανα συνεκτικά εδάφη»

Πίνακας 6

2.2 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Κοκκώδη, συγκρατούμενο από No 200 ($D=0,074 \text{ mm}$) $\geq 50\%$

ΑΜΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ		ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ	ΣΥΜΒΟ- ΛΙΣΜΟΣ	ΧΑΛΙΚΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ		
	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ	ΟΜΟΙΟ- ΜΟΡΦΙΑ						
% άμμου > % χαλικιών	Λεπτή άμμος ($d=0,425\text{mm}$) <5%	$C_u \geq 6$ και $1 \leq C_c \leq 3$		SW	<15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη		
		$C_u < 6$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$			>=15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με χαλίκια		
% άμμου > % χαλικιών	Λεπτή άμμος ($d=0,425\text{mm}$) 5-12%	$C_u \geq 6$ και $1 \leq C_c \leq 3$ (1*)	ML ή MH	SW - SM	<15%	Άμμος κακής διαβαθμισής με χαλίκια		
			CL, CH ή (CL - ML)		>=15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με ιλύ και χαλίκια		
		$C_u < 6$ και / ή $C_c < 1$ ή $C_c > 3$ (1*)	ML ή MH	SP - SM	<15%	Άμμος κακής διαβαθμισής με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο)		
			CL, CH ή (CL - ML)		>=15%	Άμμος καλά διαβαθμισμένη με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και χαλίκια		
		Λεπτή άμμος ($d=0,425\text{mm}$) >12%			ML ή MH	SP - SC	<15%	Άμμος κακής διαβαθμισής με ιλύ
					CL, CH ή (CL - ML)		>=15%	Άμμος κακής διαβαθμισής με ιλύ και χαλίκια
ML ή MH	SM				<15%	Άμμος κακής διαβαθμισής με άργιλο (ή ιλυώδη άργιλο) και χαλίκια		
CL ή CH					>=15%	Ιλυώδης άμμος		
CL - ML	SC - SM		CL ή CH	SC	<15%	Ιλυώδης άμμος με χαλίκια		
			CL - ML		>=15%	Αργιλώδης άμμος		
					<15%	Αργιλώδης άμμος με χαλίκια		
					>=15%	Ιλοσαργιλώδης άμμος		
					>=15%	Ιλοσαργιλώδης άμμος με χαλίκια		

(1*) Ισχύουν και προσαρμόζονται οι έλεγχοι από τη στήλη «ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ» του Πίνακα 1 «Ανόργανα συνεκτικά εδάφη»

Πίνακας 7

3.1 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 (D = 0,074 mm) < 50% , LL < 50 και (LL_σποδισμένο σε φούρνο / LL_μη σποδισμένο) < 0,75

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ		ΟΝΟΜΑΣΙΑ
		ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200	ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL < 50	OL	< 30%	< 15% συγκρ. No 200	Οργανική άργιλος
			15 – 29% συγκρατ. No 200	Οργανική άργιλος με άμμο
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	Οργανική άργιλος με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών	Αμμώδης οργανική άργιλος
	OL	< 30%	% άμμου > % χαλικιών	Αμμώδης οργανική άργιλος με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών	Χαλικώδης οργανική άργιλος
		≥ 30%	< 15% συγκρ. No 200	Χαλικώδης οργανική άργιλος με άμμο
			15 – 29% συγκρατ. No 200	Οργανική ιλύς
OL	< 30%	% άμμου > % χαλικιών	Οργανική ιλύς με άμμο	
		% άμμου < % χαλικιών	Οργανική ιλύς με χαλίκια	
	≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	Αμμώδης οργανική ιλύς	
		% άμμου < % χαλικιών	Αμμώδης οργανική ιλύς με χαλίκια	
			< 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς
			≥ 15% άμμος	Χαλικώδης οργανική ιλύς με άμμο

Πίνακας 8

3.2 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΣΑΦΗ

Συγκρατούμενο από No 200 ($D = 0,074 \text{ mm}$) < 50% , LL ≥ 50 και (LL_αποξηραμένο σε φούρνο) / (LL_μη αποξηραμένο) < 0,75

ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ		ΟΝΟΜΑΣΙΑ
		ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ No 200	ΑΜΜΟΣ - ΧΑΛΙΚΙΑ	
LL ≥ 50	OH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200	Οργανική άργιλος
			15 – 29% συγκρατ. No 200	Οργανική άργιλος με άμμο
			% άμμου > % χαλικιών	Οργανική άργιλος με χαλίκια
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	Αμμώδης οργανική άργιλος
			% άμμου < % χαλικιών	Αμμώδης οργανική άργιλος με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών	Χαλικώδης οργανική άργιλος
OH	OH	< 30%	< 15% συγκρ. No 200	Οργανική ιλύς
			15 – 29% συγκρατ. No 200	Οργανική ιλύς με άμμο
			% άμμου > % χαλικιών	Οργανική ιλύς με χαλίκια
		≥ 30%	% άμμου > % χαλικιών	Αμμώδης οργανική ιλύς
			% άμμου < % χαλικιών	Αμμώδης οργανική ιλύς με χαλίκια
			% άμμου < % χαλικιών	Χαλικώδης οργανική ιλύς με άμμο

Πίνακας 9

2.6.3. Παραδείγματα

2.6.3.1. Παράδειγμα 1°.

Δεδομένα

Έστω έδαφος με τα εξής χαρακτηριστικά:

Όρια Atterberg

1. Όριο υδαρότητας $LL=25\%$
2. Όριο πλαστιμότητας $PL=15\%$

Κοκκομετρική διαβάθμιση

1. % διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm = 100%
2. % Διερχόμενο από το κόσκινο No. 4 = 94%
3. % Διερχόμενο από το κόσκινο No. 200 = 57%

Κατάταξη

- Από τα όρια Atterberg προκύπτει ότι ο δείκτης πλαστιμότητας του εδάφους είναι:

$$PI=LL-PL, \text{ δηλαδή } 25\%-15\%=10\%$$

- Από την κοκκομετρική διαβάθμιση προκύπτει ότι:
 - % λεπτόκοκκων = 57% (διερχόμενο από το No. 200)
 - % άμμου = % διερχόμενο από το No. 4 - % διερχόμενο από το No. 200, δηλαδή % άμμου = $94\% - 57\% = 37\%$
 - % χαλικιών = % διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm - % διερχόμενο από το No. 4, δηλαδή $100\% - 94\% = 6\%$.
- Από τα δεδομένα έχουμε ότι το ποσοστό του δείγματος που συγκρατείται από το κόσκινο No. 200 είναι ίσο προς $100\% - 57\%$ (διερχόμενο από το No. 200) = 43%. Επιπλέον έχουμε ότι $LL < 50\%$. Άρα το δείγμα εδάφους υπάγεται στον Πίνακα 4 (I. I **Ανόργανα Συνεκτικά Εδάφη**).
- Από τα δεδομένα βρήκαμε ότι ο δείκτης πλαστιμότητας PI είναι ίσος προς $10\% > 7\%$. Επομένως το έδαφος ανήκει στην κατηγορία CL (Ισχνή άργιλος). Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήγουμε και από το διάγραμμα του Σχήματος 4. Πράγματι, παρατηρούμε ότι για τιμές των LL και PI 25% και 10%, το έδαφος ανήκει στην κατηγορία CL. Στα επόμενα βήματα, θα προσδιορίσουμε την ονομασία, που περιγράφει τη σύσταση του εδάφους.
- Στη συνέχεια συγκρίνουμε το ποσοστό που συγκρατείται από το No. 200 με το 30%. Βρήκαμε ότι το συγκρατούμενο είναι 43% ($>30\%$). Επιπλέον από την κοκκομετρία

έχουμε ότι % άμμου > % χαλικιών (37%>6%) και ότι το % χαλικιών είναι μικρότερο από 15% (6%< 15%).

- Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα των συγκρίσεων με τα όρια του Πίνακα 4, προκύπτει ότι το έδαφος περιγράφεται ως αμμώδης ισχνή άργιλος-CL.

2.6.3.2. Παράδειγμα 2°.

Δεδομένα

1. % Διερχόμενο από το κόσκινο διαμέτρου 75mm = 93%,
2. % διερχόμενο από το κόσκινο No.4 = 66%,
3. % διερχόμενο από το No. 200 = 4%,
4. Διάμετρος $D_{10} = 1.8$,
5. Διάμετρος $D_{30} = 2.9$,
6. Διάμετρος $D_{60} = 4.4$,

Κατάταξη

- Το % που συγκρατείται από το κόσκινο No. 200 είναι ίσο προς 100% - 4% = 96%. Άρα το έδαφος είναι μη συνεκτικό και κατατάσσεται με βάση τον Πίνακα 2.1 ή 2.2, ανάλογα με το εάν είναι % άμμου > ή < % χαλικιών. Έχουμε ότι % άμμου = διερχόμενο από το No. 4 – διερχόμενο από το No. 200, δηλαδή 66% - 4% = 62%. Το % των χαλικιών είναι ίσο προς το % που διέρχεται από το κόσκινο διαμέτρου 75mm - % διερχόμενο από το No. 4, δηλαδή 93% - 66% = 27%.
- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι είναι % άμμου > % χαλικιών (62% > 27%), επομένως το έδαφος κατατάσσεται με βάση τον Πίνακα 2.2.
- Υπολογίζονται οι συντελεστές ομοιομορφίας και καμπυλότητας της κοκκομετρικής καμπύλης:

$$C_u = D_{60}/D_{10} = 4.4/1.8 = 2.4, C_c = (D_{30})^2/(D_{10} * D_{60}) = 2.9^2/1.8*4.4 = 1.1$$

Από αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το έδαφος ανήκει στην κατηγορία **SP**.

- Θα συγκρίνουμε τώρα το % χαλικιών με το 15%. Έχουμε ότι % χαλικιών= 27% > 15%.
- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι το δείγμα ανήκει σε έδαφος που χαρακτηρίζεται ως άμμος κακής διαβάθμισης με χαλίκια – SP, με κροκάλες ή μεγάλους λίθους (το συγκρατούμενο από το κόσκινο των 75mm, δηλαδή– 100% - 93% = 7%).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Τα εδάφη διακρίνονται σε συνεκτικά και σε μη συνεκτικά. Συνεκτικά είναι η άργιλος και η ιλύς. Μη συνεκτικά εδάφη είναι η άμμος, τα χαλίκια και οι κροκάλες.

Η δομή του εδάφους έχει τρεις φάσεις: τη στερεή, την υγρή και την αέρια. Για τον συσχετισμό τους ορίσαμε τους δείκτες: λόγος κενών, πορώδες, βαθμός κορεσμού και περιεχόμενη υγρασία.

Ορίσαμε το ειδικό βάρος των κόκκων, το ξηρό φαινόμενο βάρος, το υγρό φαινόμενο βάρος, το κορεσμένο φαινόμενο βάρος και το βυθισμένο ή υπό άνωση φαινόμενο βάρος.

Διακρίναμε τα φυσικά χαρακτηριστικά, που καθορίζουν τη συμπεριφορά των εδαφών, και είδαμε πώς γίνεται η κοκκομετρική ανάλυση και πώς προσδιορίζονται τα όρια Atterberg.

Εξετάσαμε τις διάφορες κατηγορίες εδαφών και μάθαμε πώς γίνεται η κατάταξη των εδαφών, με τη βοήθεια των δεικτών.

ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μελετήστε τα παραδείγματα 2.6.3. Αλλάζοντας τις τιμές των δεδομένων, εξετάστε πως επηρεάζεται η κατάταξη των εδαφών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Πώς ορίζονται οι δείκτες των εδαφών;

Πώς ορίζεται το ειδικό βάρος των κόκκων και πώς το υγρό φαινόμενο βάρος;

Πόσα είδη φαινόμενου βάρους έχουμε και πώς ορίζονται;

Τι ονομάζεται ενεργός διάμετρος και ποια η χρησιμότητά της;

Τι ονομάζουμε σχετική πυκνότητα;

Ποιος είναι ο ορισμός των ορίων Atterberg;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Διανομή των πιέσεων.
- Αντοχή του εδάφους.
- Παραμορφώσεις.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε διδαχτεί αυτό το κεφάλαιο:

- Θα έχετε γνωρίσει την έννοια της πίεσης (τάσης) και πώς αυτή διανέμεται μέσα στο έδαφος.
- Θα έχετε μάθει τι εννοούμε αντοχή του εδάφους και ποιες είναι οι παράμετροι που την προσδιορίζουν.
- Θα έχετε γνωρίσει έναν απλό τρόπο για να εκτιμήσετε το μέγεθος των καθιζήσεων ενός θεμελίου.
- Τέλος, θα έχετε γνωρίσει τη σημασία που έχει το έδαφος για τη συμπεριφορά ενός έργου όταν γίνει σεισμός.

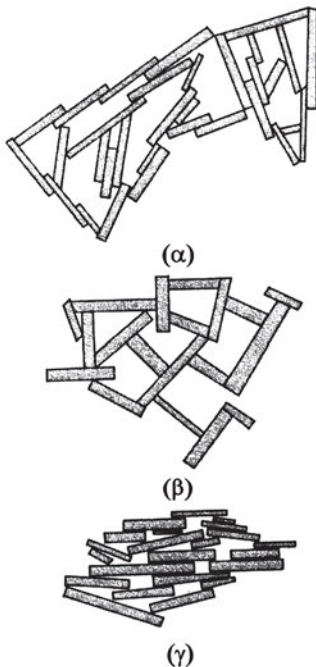
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δυνάμεις που ενεργούν σε ένα σώμα προκαλούν την παραμόρφωσή του, ενώ αν ξεπεράσουν κάποιο όριο, το οποίο εξαρτάται από το υλικό του σώματος, προκαλούν την “αστοχία” του υπό τη μορφή θραύσης ή πολύ μεγάλων παραμορφώσεων.

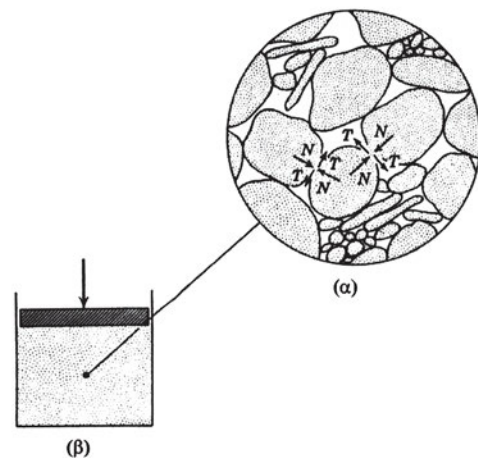
Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρεται το έδαφος όταν ενεργούν σ' αυτό φορτία.

3.2. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (ΤΑΣΗΣ) ΚΑΙ Ο ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ

Οι σχετικές κινήσεις των κόκκων προκαλούν την παραμόρφωση ή την “αστοχία”, όπως ονομάζουμε την καταστροφή του σκελετού του εδάφους. Στο *Σχήμα 1* φαίνονται διάφοροι τρόποι διάταξης (δομής) των σωματιδίων λεπτόκοκκου εδάφους, ενώ στο *Σχήμα 2* φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο μεταδίδονται δυνάμεις μεταξύ των κόκκων του εδάφους.

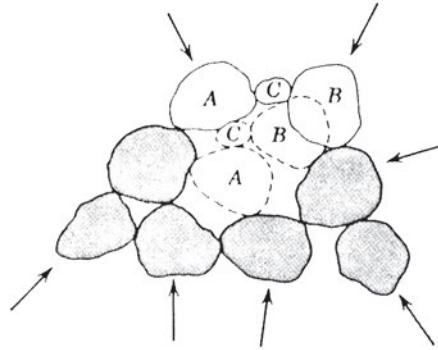


Σχήμα 1. Δομή του εδάφους



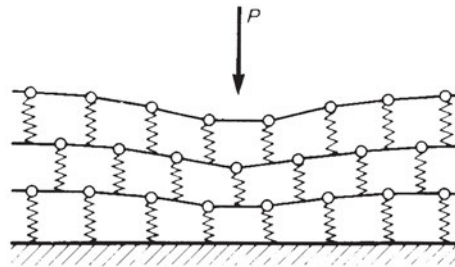
Σχήμα 2. Μετάδοση των δυνάμεων μεταξύ των κόκκων του εδάφους.

Στο επόμενο *Σχήμα 3* παρουσιάζεται ο “μηχανισμός” με τον οποίο συμβαίνει η καταστροφή της δομής του εδάφους, καθώς οι κόκκοι A, B, και C μετακινούνται σε άλλη θέση. Όταν αυτή η μετακίνηση επεκταθεί στη μάζα του εδάφους, εκδηλώνεται η αστοχία του εδάφους.



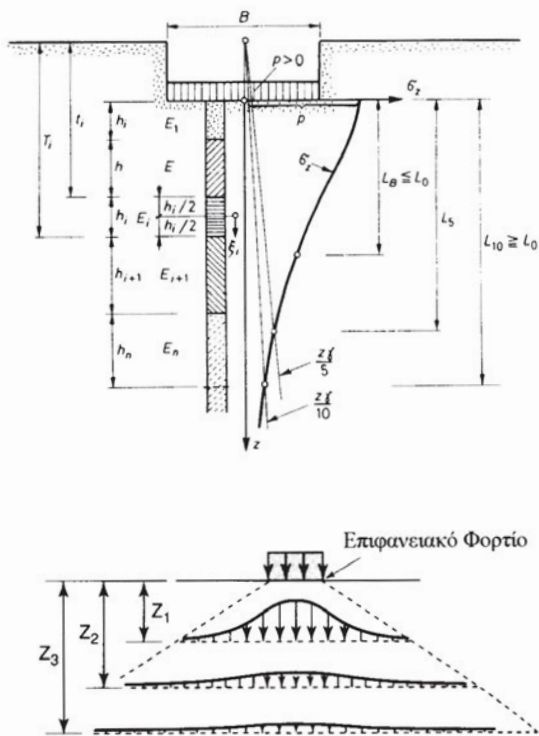
Σχήμα 3. Μηχανισμός μετακίνησης των κόκκων

Στο *Σχήμα 4* φαίνεται ένα “μοντέλο” που δείχνει τον τρόπο με τον οποίο παραμορφώνεται το έδαφος όταν δέχεται κάποιο φορτίο.

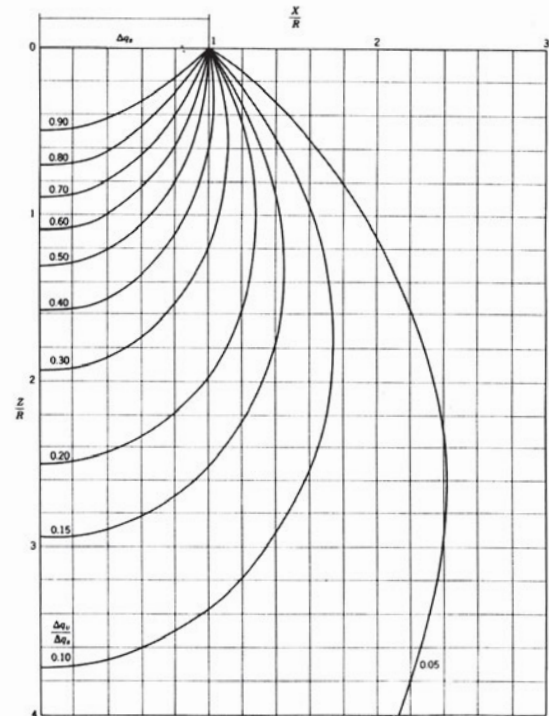


Σχήμα 4.

Οι δυνάμεις που προέρχονται από μία κατασκευή ονομάζονται φορτία. Επειδή τα φορτία είναι τέτοιου μεγέθους που δεν θα μπορούσε να τα δεχτεί το έδαφος, κατασκευάζουμε τα θεμέλια, τα οποία έχουν ως σκοπό να “μοιράζουν” τα φορτία σε μεγαλύτερη επιφάνεια. **Το μέγεθος, επομένως, που μας χρειάζεται είναι εκείνο που εκφράζει τη διανομή ενός φορτίου σε μία επιφάνεια.** Αυτό το μέγεθος το ονομάζουμε πίεση (ή τάση), η οποία ορίζεται ως **ο λόγος του φορτίου προς την επιφάνεια στην οποία ενεργεί.**



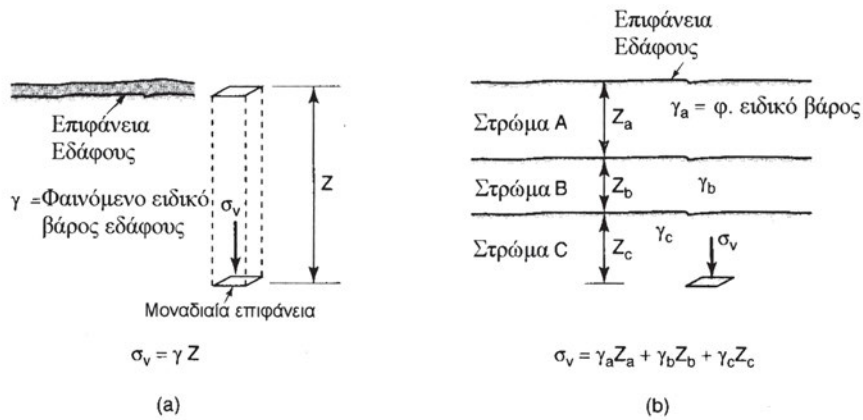
Σχήμα 5. Διανομή των πιέσεων σε συνάρτηση με το βάθος



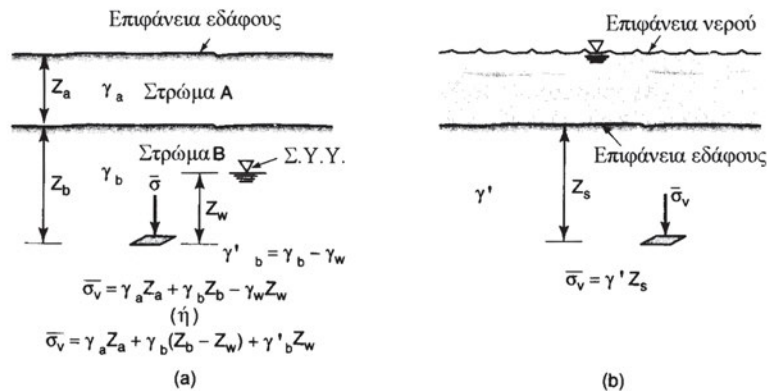
Σχήμα 6. Καμπύλες ίσων πιέσεων

Αν λοιπόν διαιρέσουμε το φορτίο που φέρει ένα υποστύλωμα προς το εμβαδόν της επιφάνειας του θεμελίου, βρίσκουμε την πίεση που ασκεί το θεμέλιο στο έδαφος. Η πίεση αυτή μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το βάθος, καθώς απλώνεται σε συνεχώς μεγαλύτερη επιφάνεια. Στο Σχήμα 5 φαίνεται η μεταβολή των πιέσεων σε συνάρτηση με το βάθος, ενώ στο Σχήμα 6 φαίνεται ένα διάγραμμα με καμπύλες που ενώνουν σημεία του εδάφους στα οποία ασκείται πίεση ίσου μεγέθους, εκφραζόμενη ως κλάσμα της πίεσης που επιβάλλεται από το θεμέλιο.

Στο έδαφος ασκούνται, επίσης, πιέσεις εξαιτίας του ίδιου βάρους του εδάφους, οι οποίες μεταβάλλονται ανάλογα με το βάθος, όπως οι υδροστατικές πιέσεις. Στα Σχήματα 7, 8 και 9 φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού των πιέσεων που οφείλονται στο ίδιο βάρος του εδάφους.

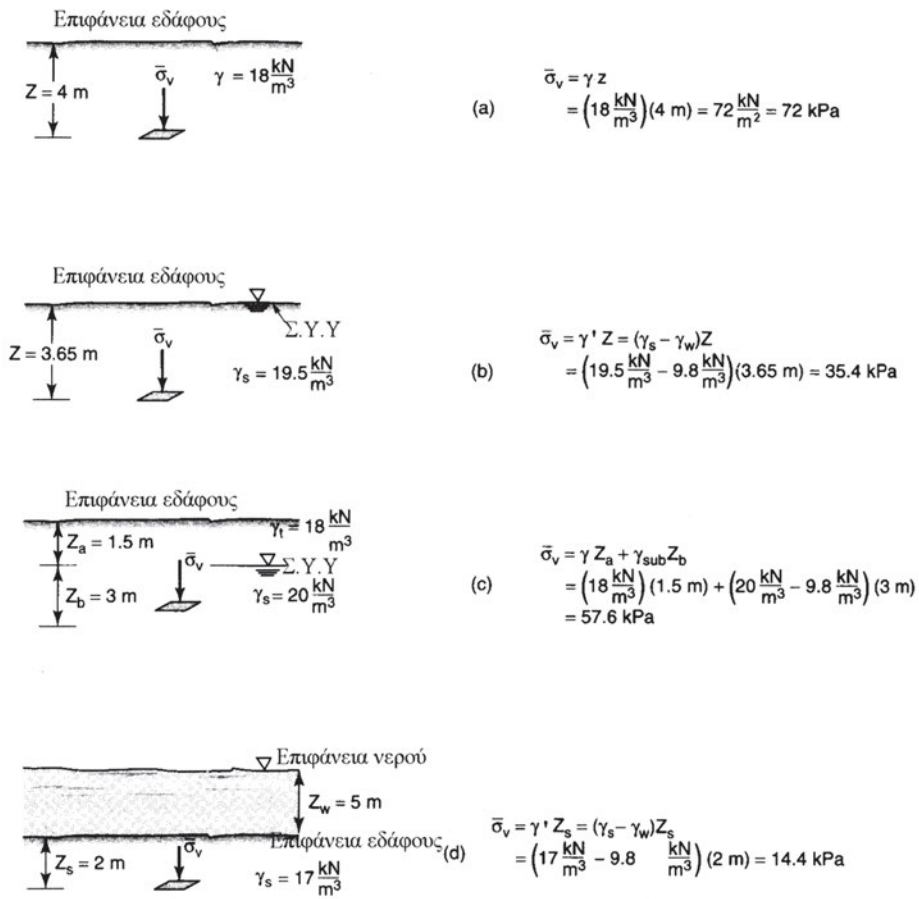


Σχήμα 7. Ορισμός των πιέσεων λόγω ίδιου βάρους



Σχήμα 8. Τρόπος υπολογισμού των πιέσεων λόγω ίδιου βάρους

Σημείωση: Στα Σχήματα 8 και 9 υπολογίζονται οι πιέσεις (τάσεις), που οφείλονται στο ίδιο βάρος του εδάφους, σε περιπτώσεις όπου υπάρχει υπόγειο νερό. Παρατηρήστε ότι οι πιέσεις του νερού αφαιρούνται, καθώς το έδαφος που βρίσκεται κάτω από το νερό είναι υπό άνωση. Σε αυτές τις περιπτώσεις η πίεση (τάση) σημειώνεται με και ονομάζεται “ενεργός”.

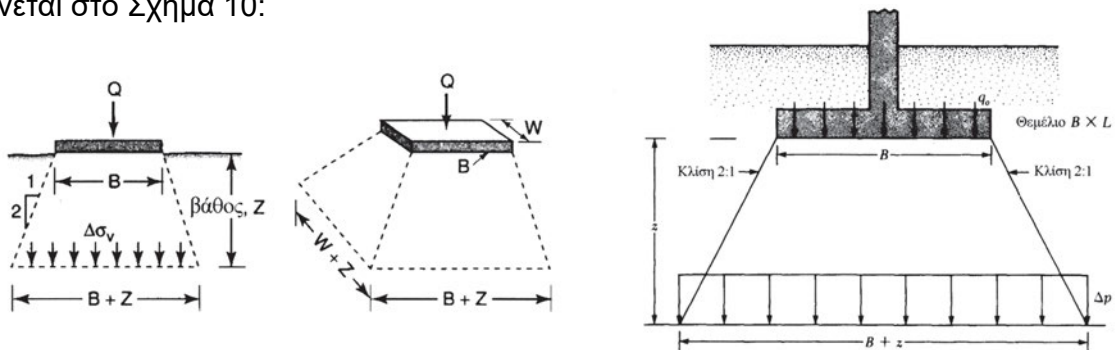


Σχήμα 9. Παράδειγμα υπολογισμού των πιέσεων λόγω ίδιου βάρους

3.2.1. Απλοποιημένος τρόπος υπολογισμού της διανομής των πιέσεων κάτω από θεμέλια.

Στην πράξη ακολουθείται ένας απλοποιημένος τρόπος για τον υπολογισμό της διανομής των πιέσεων κάτω από ένα θεμέλιο, σε συνάρτηση προς το βάθος, ο οποίος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

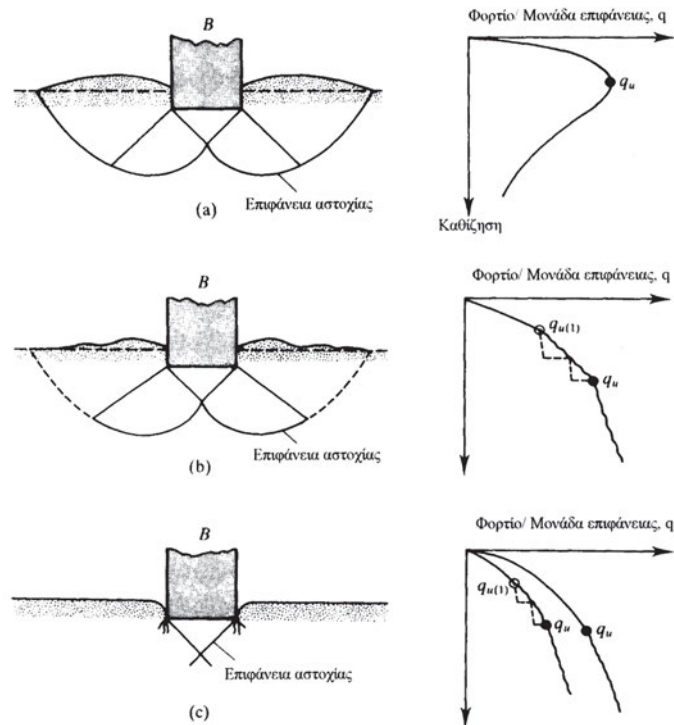
Θεωρούμε ότι η επιφάνεια στην οποία ενεργούν οι πιέσεις μεγαλώνει με νόμο 1:2, όπως φαίνεται στο Σχήμα 10:



Σχήμα 10. Απλοποιημένος τρόπος υπολογισμού της διανομής των πιέσεων

3.3. ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ας υποθέσουμε ότι ενεργεί στο έδαφος μία πίεση από ένα θεμέλιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11:



Σχήμα 11. Τρόπος αστοχίας του εδάφους

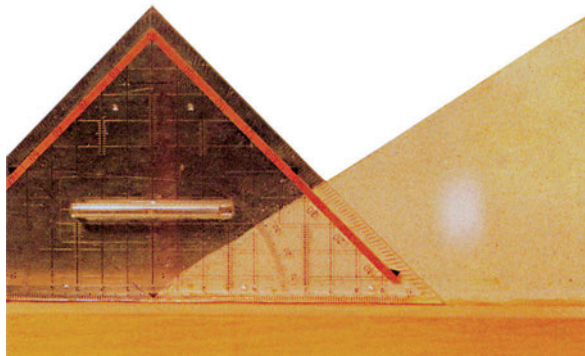
Διακρίνουμε τρία ενδεχόμενα:

1. Το θεμέλιο, εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους του φορτίου, υπερβαίνει την αντοχή του εδάφους με αποτέλεσμα να προκαλεί μία αστοχία γενική, με τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 11, προκαλώντας την ανύψωση του εδάφους γύρω από το θεμέλιο.
2. Το θεμέλιο προκαλεί την αστοχία του εδάφους με ανάλογο προς τον προηγούμενο τρόπο, χωρίς όμως να προκαλέσει την ανύψωση του εδάφους. Αυτή η μορφή αστοχίας ονομάζεται τοπική αστοχία.
3. Το θεμέλιο προκαλεί την αστοχία που εκδηλώνεται με την διείσδυση του θεμελίου στο έδαφος.

Η αντοχή του εδάφους, δηλαδή η μέγιστη πίεση (τάση) που μπορεί να δεχτεί το έδαφος, καθορίζεται από δύο βασικές παραμέτρους:

1. Τη γωνία τριβής “φ”.

Το φυσικό νόημα της γωνίας τριβής μπορεί να γίνει κατανοητό από ένα πείραμα, όπως φαίνεται στη *Φωτογραφία 1*.



Φωτ. 1. Προσδιορισμός της γωνίας τριβής.

Στη *Φωτογραφία 1* φαίνεται ένα απλό πείραμα με το οποίο μπορούμε να εκτιμήσουμε το μέγεθος της γωνίας τριβής. Αποθέτουμε μία ποσότητα άμμου με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματιστεί μία πλαγιά, **ένα κεκλιμένο επίπεδο**. Η μέγιστη γωνία κλίσης αυτού του επιπέδου είναι ίση με τη γωνία τριβής. Αν δοκιμάσουμε να σχηματίσουμε κεκλιμένο επίπεδο με μεγαλύτερη κλίση, τότε η άμμος θα αρχίσει να ολισθαίνει προς τα κάτω μέχρι να μειωθεί η κλίση της και να γίνει ίση με τη γωνία τριβής. Για να ερμηνεύσουμε αυτό το φαινόμενο, πρέπει να δούμε τον τρόπο με τον οποίο είναι δομημένο το έδαφος. Στο Σχήμα 2 είδαμε τον τρόπο με τον οποίο μεταβιβάζονται οι δυνάμεις από κόκκο σε κόκκο. Οι κάθετες στην επιφάνεια των κόκκων δυνάμεις προκαλούν την ανάπτυξη δυνάμεων τριβής στα σημεία επαφής κόκκου με κόκκο, οι οποίες εμποδίζουν τη σχετική ολίσθηση των κόκκων. Αν το έδαφος δεχτεί φορτία που υπερβαίνουν την αντίσταση που παρέχουν οι δυνάμεις τριβής, τότε εκδηλώνεται ολίσθηση, δηλαδή αστοχία. Η γωνία τριβής είναι η παράμετρος που καθορίζει την αντοχή των μη συνεκτικών εδαφών, όπως η άμμος και τα χαλίκια.

2. Τη συνοχή “c”.

Η συνοχή είναι μία ιδιότητα που μοιάζει με τη δράση της κόλλας. Μεταξύ των κόκκων αναπτύσσονται ελκτικές δυνάμεις που συγκρατούν μεταξύ τους τους κόκκους. Ως φυσικό μέγεθος η συνοχή είναι του ίδιου είδους με την τάση και έχει μονάδες τάσης (πίεσης), συμβολίζεται δε με το γράμμα “c”. Σε ένα έδαφος που διαθέτει συνοχή, όπως η άργιλος, μπορεί να σκαφτεί όρυγμα με κατακόρυφα τοιχώματα. Επιπλέον, ένα έδαφος με συνοχή μπορεί να διατηρήσει το σχήμα του. Μπορούμε, δηλαδή, να το πλάσουμε και να σχηματίσουμε έναν κύλινδρο. Αντίθετα, ένα έδαφος χωρίς συνοχή, όπως η άμμος, δεν μπορεί να διατηρήσει το σχήμα του.

Για τον προσδιορισμό της γωνίας τριβής και της συνοχής γίνονται δοκιμές επί τόπου και

στο εργαστήριο.

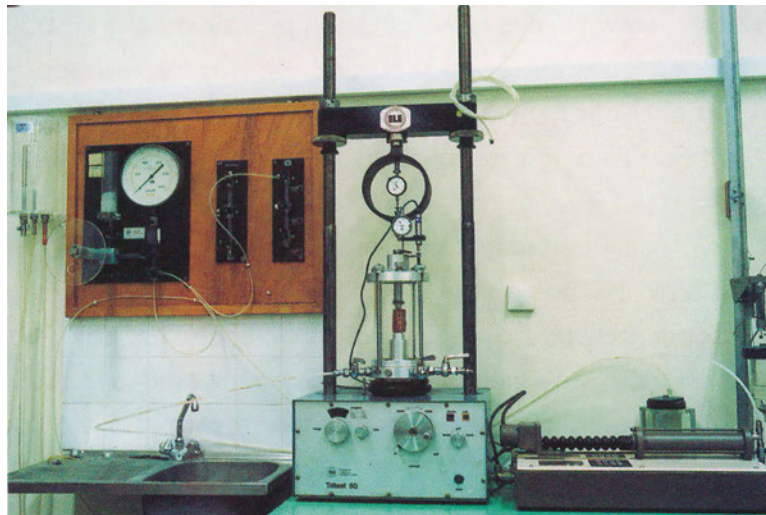
Στη *Φωτογραφία 2* φαίνεται μία συσκευή για τον προσδιορισμό της



Φωτ. 2. Συσκευή διάτμησης με στρέψη

συνοχής επί τόπου, η οποία μετρά την απαιτούμενη ροπή για να προκαλέσει θραύση του εδάφους με διάτμηση (από στρέψη).

Στη *Φωτογραφία 3* φαίνεται η τριαξονική συσκευή, η οποία είναι η πλέον σύνθετη εργαστηριακή συσκευή.



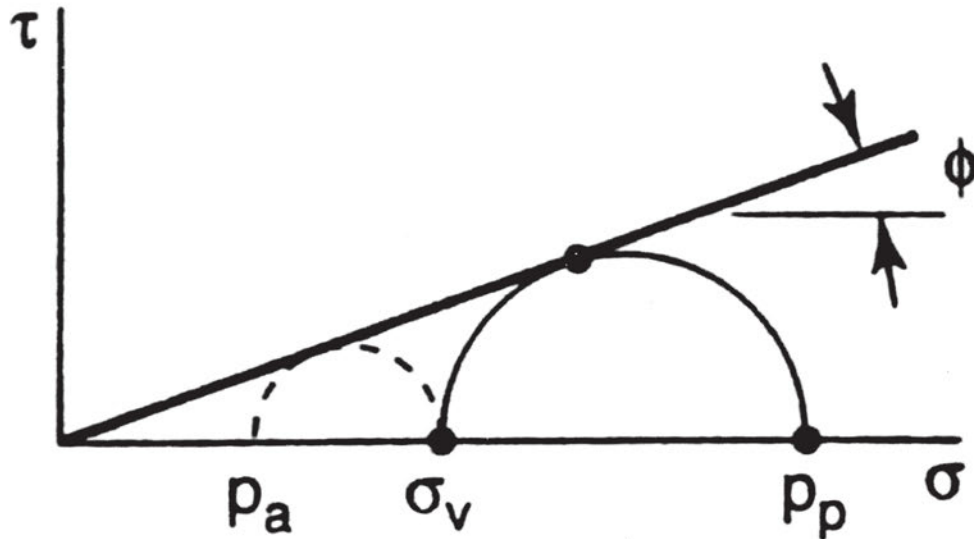
Φωτ. 3. Τριαξονική συσκευή

Το έδαφος διαμορφώνεται σε κυλινδρικά δοκίμια και τοποθετείται μέσα στην κυψέλη. Κατόπιν ασκείται υδροστατική πίεση από νερό που γεμίζει την κυψέλη. Τέλος, με ένα έμβολο επιβάλλεται φορτίο θλιπτικό στις βάσεις του κυλίνδρου και μετριέται το φορτίο που προκάλεσε τη θραύση (*Φωτ. 4*).

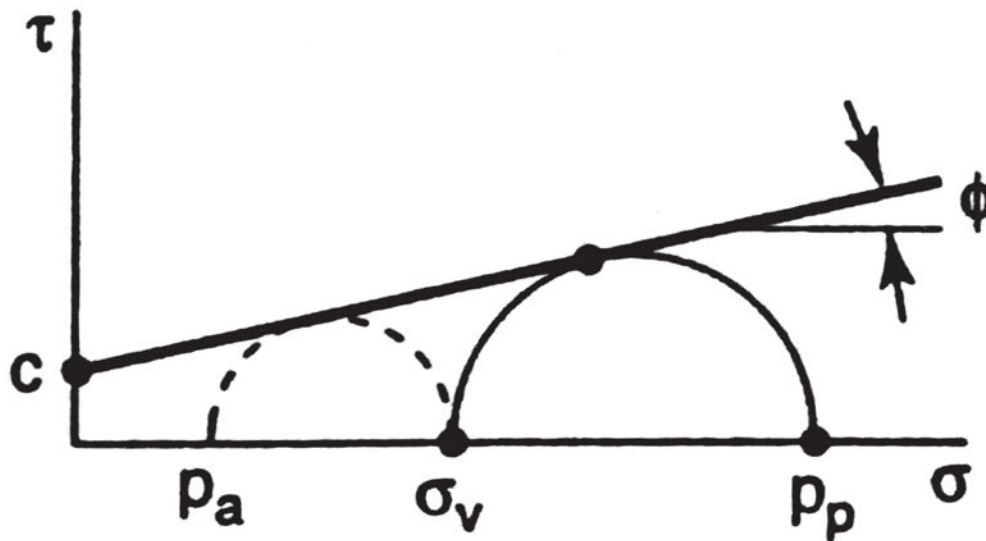


Φωτ. 4. Δείγμα αργίλου μετά από θραύση

Με τα αποτελέσματα της τριαξονικής δοκιμής μπορούμε να προσδιορίσουμε τη γωνία τριβής και τη συνοχή από διαγράμματα, όπως αυτά που φαίνονται στα Σχήματα 12 και 13.



Σχήμα 12. Προσδιορισμός της γωνίας τριβής " ϕ "



Σχήμα 13. Προσδιορισμός της συνοχής " c " και της γωνίας τριβής " ϕ "

Στον Πίνακα 1 δίνονται ενδεικτικές τιμές αντοχής διαφόρων ειδών εδάφους, που έχουν προσδιοριστεί με βάση τις τιμές της γωνίας τριβής και της συνοχής.

Πίνακας 1

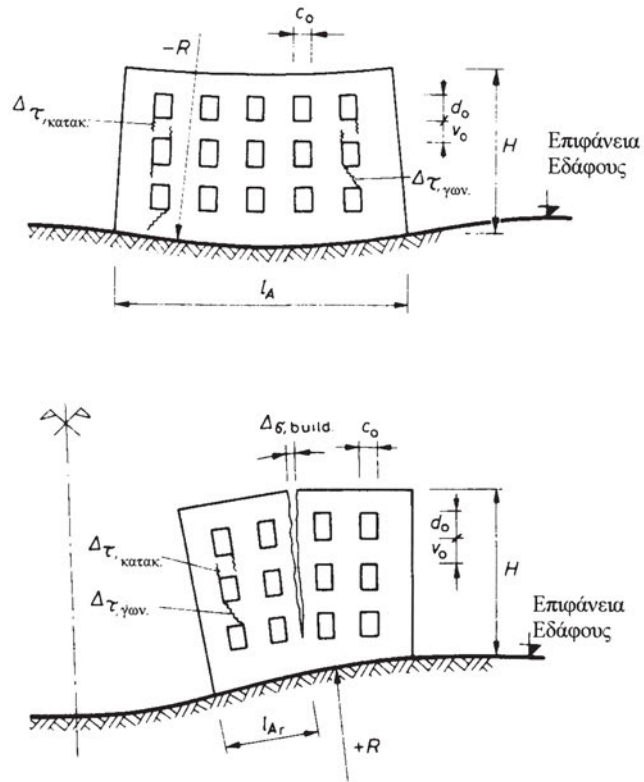
<p>α) Χαλαρά εδάφη.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ψιλή και μεσόκοκκη άμμος (κόκκοι μικρότεροι από 1 mm). 2. Χονδρή άμμος (κόκκοι από 1 ως 5 mm). 3. Αμμοχάλικο με το 1/3 τουλάχιστον χαλίκι ή χαλίκι με κόκκους ως 80 mm. 	<p>200 kN/m² (2 kg/cm²) 300 kN/m² (3 kg/cm²) 400 kN/m² (4 kg/cm²)</p>
<p>β) Βραχώδη (συμπαγή) εδάφη.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, δολομίτες, ψαμμίτες με συνηθισμένη αντοχή. 2. Τα ίδια πετρώματα, αλλά με όριο θραύσης σε θλίψη μεγαλύτερο από 5 MN/m² (50 Kp/cm²). 3. Εκρηξιγενή πετρώματα, γρανίτες, γνεύσιοι, βασάλτες κ.λπ. 	<p>1 MN/m² (10 kg/cm²) 1,5 MN/m² (15 kg/cm²) 3 MN/m² (30 kg/cm²)</p>

3.4. ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

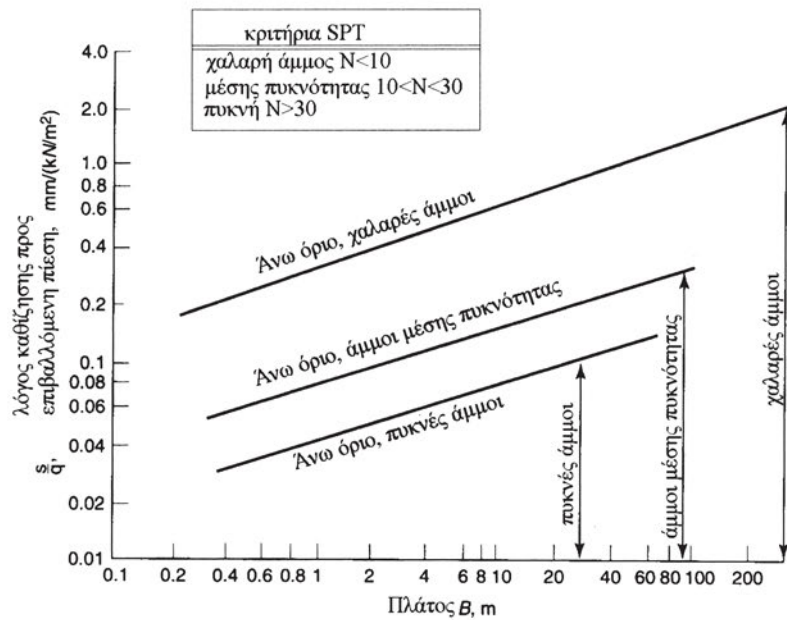
Τα φορτία, όπως αναφέραμε στις προηγούμενες παραγράφους, προκαλούν παραμορφώσεις. Στα εδάφη ειδικότερα αυτές οι παραμορφώσεις εκδηλώνονται ως καθιζήσεις. Όταν οι καθιζήσεις δεν είναι ίσες σε ολόκληρη την κατασκευή, αλλά είναι “**διαφορικές**”, το έργο παραμορφώνεται και προκαλείται η αστοχία του (Σχήμα 14).

Επιδίωξή μας είναι να περιορίζουμε το μέγεθος τη αναμενόμενης καθίζησης, ώστε να περιορίσουμε και τις ενδεχόμενες διαφορικές καθιζήσεις. Αυτό το πετυχαίνουμε με την κατάλληλη επιλογή των διαστάσεων των θεμελίων, ώστε να μειωθούν οι πιέσεις που επιβάλλονται στο έδαφος.

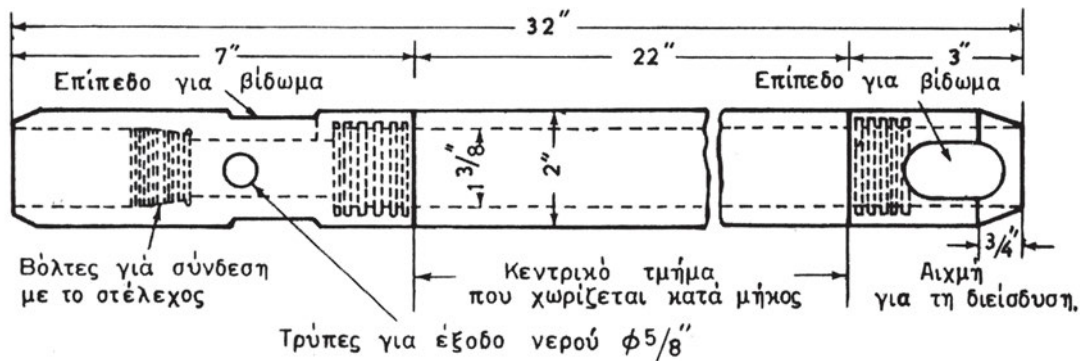
Στο Σχήμα 15 δίνεται διάγραμμα με το οποίο μπορούμε να εκτιμήσουμε το μέγεθος των καθιζήσεων με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων της επί τόπου δοκιμής SPT (Πρότυπη δοκιμή διεισδύσεων- Standard Penetration Test) (βλέπε Σχήμα 16).



Σχήμα 14. Βλάβες εξαιτίας διαφορικών καθιζήσεων.



Σχήμα 15. Διάγραμμα υπολογισμού καθιζήσεων με τα αποτελέσματα της δοκιμής SPT



Σχήμα 16. Στέλεχος χρησιμοποιούμενο στη δοκιμή SPT.

Με τη διάταξη που φαίνεται στο Σχήμα 16 μετράμε την αντίσταση που παρουσιάζει το έδαφος στη διείσδυση του στελέχους, το οποίο τοποθετείται στη βάση της γεώτρησης και με κτυπήματα εισχωρεί στο έδαφος. Μετρώντας τον αριθμό "N" των κτύπων που απαιτούνται για εισχώρηση 30 εκατοστών (ανά 15 σε δύο στάδια) έχουμε μία εκτίμηση της αντοχής του εδάφους. Με αυτό τον αριθμό N μπορούμε να εκτιμήσουμε τις καθιζήσεις από το διάγραμμα του Σχήματος 15. Πιο πολλά για τη δοκιμή SPT θα δούμε στο 7ο Κεφάλαιο.

Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος επιλέγουμε το πλάτος του θεμελίου σε μέτρα. Με βάση τον αριθμό των κτύπων N επιλέγουμε την αντίστοιχη ευθεία που αποτελεί το άνω όριο των αναμενόμενων καθιζήσεων για κάθε είδος εδάφους. Προβάλλουμε το σημείο, που αντιστοιχεί στο πλάτος (B), στην ευθεία που αντιστοιχεί στον αριθμό N. Κατόπιν προβάλλουμε το σημείο που βρήκαμε (ως προβολή) στον κατακόρυφο άξονα που μας δίνει την καθίζηση ως κλάσμα της καθιζήσεως σε mm προς την επιβαλλόμενη από το θεμέλιο πίεση σε μονάδες kN/m^2 .

Αν, για παράδειγμα, έχουμε ένα θεμέλιο πλάτους 2 μέτρων και αριθμό $N=20$, τότε βρίσκουμε ότι θα έχουμε μία καθίζηση 0,09 mm ανά kN/m^2 πίεσης. Δηλαδή, αν επιβληθεί πίεση ίση προς 100 kN/m^2 ($\approx 1 \text{ kp/cm}^2$), τότε η καθίζηση θα είναι ίση προς 9 mm.

3.5. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ (Ε.Α.Κ.).

Σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ., τα εδάφη διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες ανάλογα με την καταλληλότητά τους για τη θεμελίωση τεχνικών έργων.

Πίνακας 2

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	<p>Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση.</p> <p>Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ.</p> <p>Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.</p>
B	<p>Έντονα αποσαθρωμένα βραχώδη εδάφη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη.</p> <p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p> <p>Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p>
Γ	<p>Στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ. ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ.</p> <p>Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής, σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ.</p>
Δ	<p>Έδαφος με μαλακές αργίλους υψηλού δείκτη πλαστιμότητας ($PI > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10μ.</p>
Χ	<p>Χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοίλυδη εδάφη υπό τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείει τέτοιο κίνδυνο, ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων).</p> <p>Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα.</p> <p>Απότομες κλιτύες καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων.</p> <p>Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπίκνωσης ή απώλειας αντοχής.</p> <p>Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα). Οργανικά εδάφη.</p> <p>Εδάφη κατηγορίας Γ με επικίνδυνα μεγάλη κλίση.</p>

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ.), το έδαφος, η τοπογραφία και η γενικότερη γεωλογία της περιοχής στην οποία κατασκευάζεται ένα δομικό έργο, πρέπει να εξασφαλίζουν με επαρκή πιθανότητα, **ότι δεν θα υπάρξει κίνδυνος εδαφικής διάρρηξης, αστάθειας πρανών ή εκτεταμένης ρευστοποίησης του εδάφους** κατά τη διάρκεια του σεισμού που προβλέπει ο Κανονισμός.

Δεν επιτρέπεται η δόμηση κτισμάτων με σπουδαιότητα, όπως Εκπαιδευτικά κτίρια, Δημόσια κτίρια, Αεροδρόμια, και ιδιαίτερα τα Νοσοκομεία, κτίρια Τηλεπικοινωνιών, Παραγωγής Ενέργειας, κτίρια Επιτελικών Υπηρεσιών, Μουσεία και κτίρια μοναδικής καλλιτεχνικής αξίας, σε περιοχές κοντά σε σεισμοτεκτονικά ρήγματα, τα οποία χαρακτηρίζονται ως σεισμικώς ενεργά.

Απαγορεύεται η δόμηση κτισμάτων, όπως κατοικιών, γραφείων βιομηχανικών κτιρίων, ξενοδοχείων κ.λπ. σε σεισμικώς ενεργά ρήγματα.

Για την περίπτωση κατασκευής σε πρανές, επιβάλλεται ο έλεγχος, με κατάλληλη γεωτεχνική διερεύνηση, της ευστάθειας έναντι ολισθήσεως του πρανούς.

Σε περιοχές χαλαρών κορεσμένων εδαφών πρέπει να γίνεται έλεγχος έναντι του κινδύνου ρευστοποίησης, με μεθόδους της εδαφοσεισμικής μηχανικής.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Μελετήσαμε τον τρόπο με τον οποίο διανέμονται οι πιέσεις ή τάσεις μέσα στο έδαφος.

Είδαμε τι εννοούμε λέγοντας αντοχή του εδάφους, και ορίσαμε τις παραμέτρους, που την προσδιορίζουν.

Μάθαμε γιατί πρέπει να περιορίζονται οι καθιζήσεις των κατασκευών, και είδαμε έναν απλό τρόπο με τον οποίο μπορούμε να κάνουμε μία εκτίμηση του μεγέθους των.

Τέλος, είδαμε πως διακρίνονται τα εδάφη, σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό, σε κατηγορίες ανάλογα με την καταλληλότητά τους.

ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Συγκεντρώστε πληροφορίες για τις περιοχές όπου έχουν γίνει βλάβες από σεισμούς και δείτε σε ποια κατηγορία ανήκουν τα εδάφη αυτών των περιοχών. Σχολιάστε τη σημασία του εδάφους στη συμπεριφορά των κατασκευών κατά το σεισμό.

Με τη βοήθεια του διαγράμματος του Σχήματος 15 (σελίδα 47), λύστε παραδείγματα με τον τρόπο που περιγράφεται στη σελίδα 48.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Πώς υπολογίζονται οι πιέσεις που οφείλονται στο ίδιο βάρος του εδάφους;
- Ποιος είναι ο απλοποιημένος τρόπος υπολογισμού των πιέσεων κάτω από ένα θεμέλιο;
- Ποιο είναι το φυσικό νόημα της γωνίας τριβής και πώς μπορούμε να την προσδιορίσουμε;
- Τί ονομάζουμε συνοχή και ποια η σημασία της για τη συμπεριφορά ενός εδάφους;
- Γιατί πρέπει να περιορίζουμε τις καθιζήσεις;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΘΕΜΕΛΙΑ

- Γενικά.
- Επιφανειακά θεμέλια.
- Βαθιά θεμέλια.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε διδαχτεί αυτό το κεφάλαιο:

- Θα έχετε μάθει ποιος είναι ο σκοπός για τον οποίο κατασκευάζουμε τα θεμέλια.
- Θα έχετε γνωρίσει τα είδη των θεμελίων και περιπτώσεις συνθηκών του εδάφους για τις οποίες είναι κατάλληλο ένα είδος θεμελίωσης.
- Θα μάθετε τη σημασία που έχει το βάθος θεμελίωσης στον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα θεμέλια.
- Θα είστε σε θέση να κάνετε σχετικά απλούς υπολογισμούς, για μια κατ' αρχήν εκτίμηση του μέγιστου φορτίου, το οποίο μπορεί να φέρει με ασφάλεια ένα θεμέλιο.



4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θεμέλια είναι τα Δομικά Στοιχεία, τα οποία υποστηρίζουν κολώνες (ή υποστυλώματα) και τοίχους, και μεταφέρουν τα φορτία τους στο έδαφος στο οποίο εδράζονται.

Η πίεση (τάση) που μπορεί να δεχτεί το έδαφος είναι λίγα kN (=98,1 κιλά) ανά τετραγωνικό μέτρο. Αντίθετα, οι τοίχοι και οι κολώνες μπορούν να δεχτούν εκατοντάδες kN ανά τετραγωνικό μέτρο.

Είναι, λοιπόν, αναγκαία η διεύρυνση της επιφάνειας των διατομών των δομικών στοιχείων, ώστε να μειωθούν οι πιέσεις σε ανεκτά από το έδαφος επίπεδα.

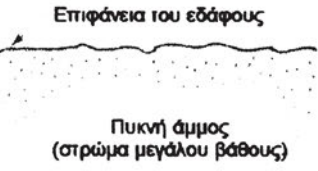
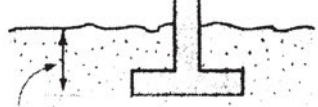
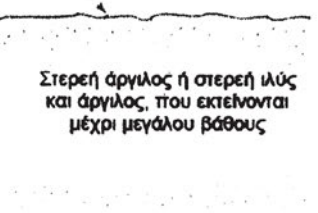
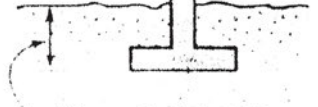
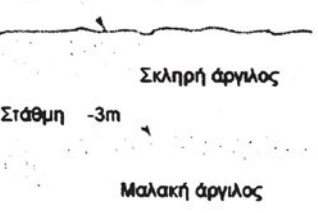
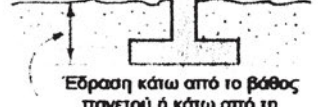
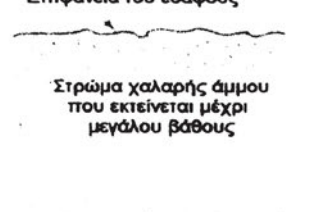
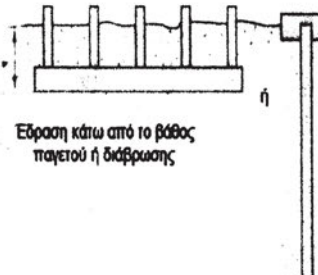
Τα θεμέλια σχεδιάζονται έτσι, ώστε να μεταφέρουν τα φορτία του κτιρίου με τρόπο που να αποκλείονται μεγάλες καθιζήσεις ή στροφή των θεμελίων. Θα πρέπει, επίσης, να εξασφαλίζουν την ισορροπία της κατασκευής. Δηλαδή, θα πρέπει να εξασφαλίζεται η σταθερότητα και να αποκλείεται ενδεχόμενη ανατροπή ή ολίσθηση της κατασκευής.

Για να αντιμετωπιστούν με επιτυχία αυτοί οι στόχοι, πρέπει να βρεθεί έδαφος με αρκετή αντοχή ώστε οι, μέσω των θεμελίων, διευρυμένες διατομές να ασκούν πιέσεις που βρίσκονται μέσα σε κάποια όρια. Εάν δεν είναι δυνατόν να βρεθεί κατάλληλο έδαφος σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια, τότε επιλέγεται άλλου είδους θεμελίωση, η οποία μεταβιβάζει μέσω πασσάλων τα φορτία της κατασκευής σε μεγάλο βάθος.

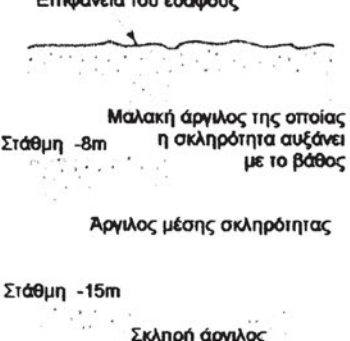
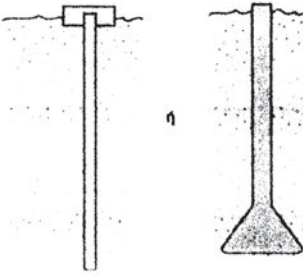
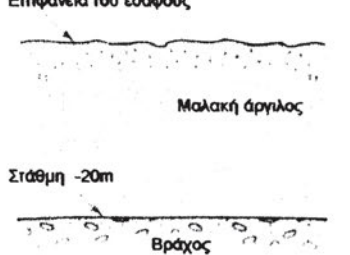
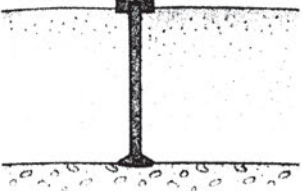
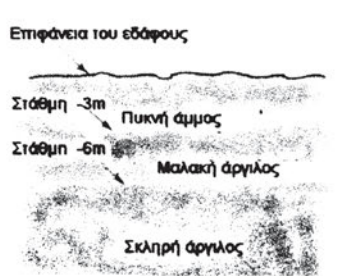
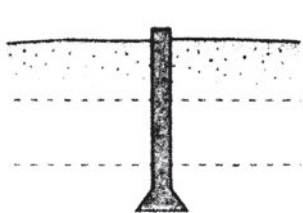
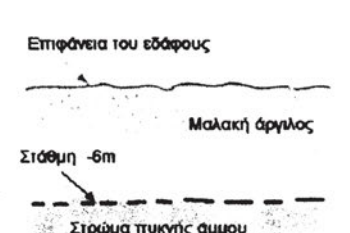
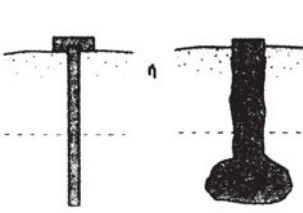
Οι θεμελιώσεις, επομένως, διακρίνονται σε Αβαθείς και σε Βαθείς ανάλογα με το βάθος έδρασης, και έχουν διαφορετική λειτουργία μεταξύ τους.

Στη συνέχεια δίνονται παραδείγματα θεμελιώσεων για διάφορους τύπους εδαφών, στα οποία φαίνεται ο καθοριστικός ρόλος του εδάφους για την επιλογή του είδους της θεμελίωσης.


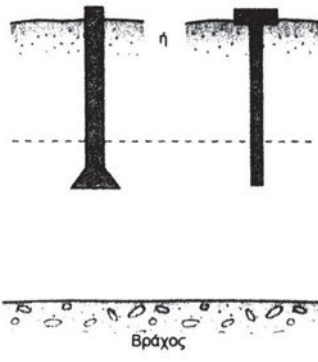
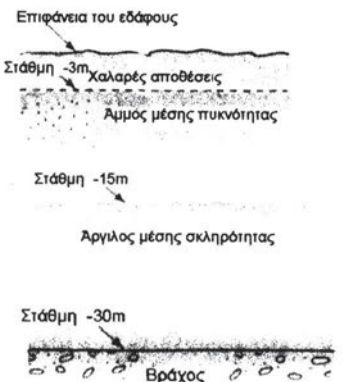
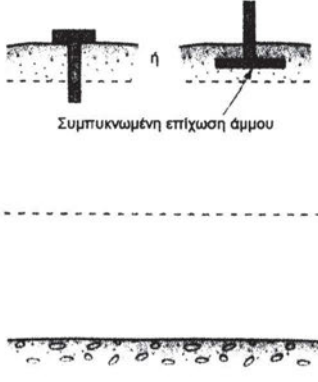
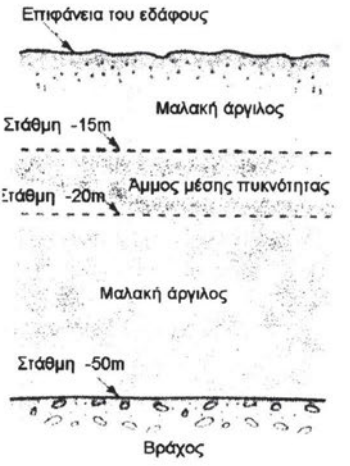
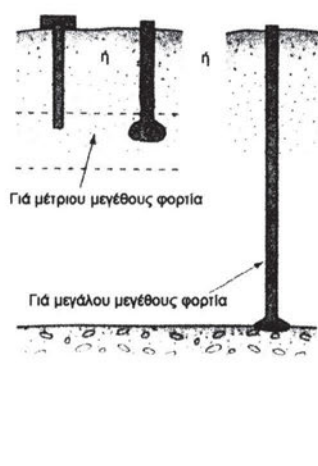
ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Πυκνή άμμος (στρώμα μεγάλου βάθους)</p>	 <p>Έδραση κάτω από το βάθος παγετού ή κάτω από το έδαφος που κινδυνεύει από διάβρωση</p>	<p>Η θεμελίωση με πέδιλα είναι η πλέον κατάλληλη. Βαθιά θεμελίωση με πασσάλους μπορεί να απαιτηθεί εάν υπάρχει κίνδυνος ανύψωσης ή όταν δρουν άλλες, όχι συνήθεις δυνάμεις.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Στερεή άργιλος ή στερεή ιλύς και άργιλος, που εκτείνονται μέχρι μεγάλου βάθους</p>	 <p>Έδραση κάτω από το βάθος παγετού ή κάτω από τη στάθμη μέχρι την οποία μπορεί να συμβεί συρρίκνωση ή διόγκωση λόγω μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας</p>	<p>Η θεμελίωση με πέδιλα είναι η πλέον κατάλληλη.</p> <p>Βλέπε σχόλια της προηγούμενης περίπτωσης.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Σκληρή άργιλος Στάθμη -3m Μαλακή άργιλος</p>	 <p>Έδραση κάτω από το βάθος παγετού ή κάτω από τη στάθμη μέχρι την οποία μπορεί να συμβεί συρρίκνωση ή διόγκωση λόγω μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας</p>	<p>Για μέτριου μεγέθους φορτία, η πλέον κατάλληλη θεμελίωση είναι με πέδιλα, τα οποία δεν θα εδράζονται κοντά στην άργιλο.</p> <p>Για μεγάλα φορτία μπορεί να απαιτηθούν πάσσαλοι.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Στρώμα χαλαρής άμμου που εκτείνεται μέχρι μεγάλου βάθους</p>	 <p>Έδραση κάτω από το βάθος παγετού ή διάβρωσης</p>	<p>Συνιστάται γενική θεμελίωση ή συμπύκνωση του εδάφους και θεμελίωση με πέδιλα. Η έμπηξη πασσάλων είναι μία άλλη λύση με το πλεονέκτημα ότι συμπυκνώνει το έδαφος.</p>

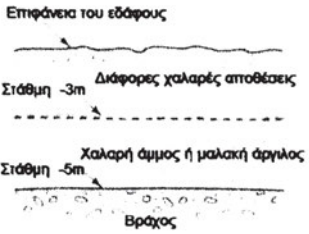
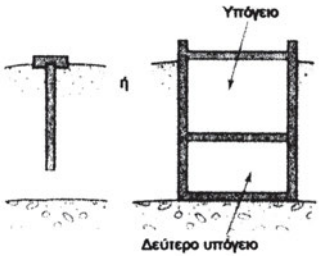
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Μαλακή άργιλος της οποίας η σκληρότητα αυξάνει με το βάθος</p> <p>Στάθμη -8m</p> <p>Άργιλος μέσης σκληρότητας</p> <p>Στάθμη -15m</p> <p>Σκληρή άργιλος</p>		<p>Οι πάσσαλοι τριβής ή αιχμής είναι η κατάλληλη λύση, εφόσον είναι ανεκτές μέτριου μεγέθους καθιζήσεις. Μεγάλου μήκους πάσσαλοι μειώνουν τις καθιζήσεις.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -20m</p> <p>Βράχος</p>		<p>Συνιστάται βαθιά θεμελίωση (πάσσαλοι, βάρθρα, κιβώτια) με έδραση στο βράχο.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Στάθμη -3m</p> <p>Πυκνή άμμος</p> <p>Στάθμη -6m</p> <p>Μαλακή άργιλος</p> <p>Σκληρή άργιλος</p>		<p>Επιφανειακή θεμελίωση θα είχε ως αποτέλεσμα την εκδήλωση μεγάλου μεγέθους καθιζήσεων, λόγω του στρώματος της μαλακής άργιλου. Συνιστάται η λύση των πασσάλων, οι οποίοι θα εδράζονται στο στρώμα της σκληρής άργιλου.</p>
<p>Επιφάνεια του εδάφους</p>  <p>Μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -6m</p> <p>Στρώμα πυκνής άμμου</p>		<p>Βαθιά θεμελίωση έγχυτοι πάσσαλοι, "ελικοειδείς" ή πάσσαλοι με διαμόρφωση λωβού στη βάση τους.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
 <p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Στάθμη -3m Επιχώσεις</p> <p>Στάθμη -5m Χαλαρή άμμος ή μαλακή άργιλος ή οργανικό έδαφος</p> <p>Στάθμη -7m Άμμος μέσης πυκνότητας</p> <p>Στάθμη -20m Βράχος</p>	 <p>Βράχος</p>	<p>Βαθιά θεμελίωση εκτεινόμενη στο στρώμα της άμμου μέσης πυκνότητας</p>
 <p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Στάθμη -3m Χαλαρές αποθέσεις Άμμος μέσης πυκνότητας</p> <p>Στάθμη -15m Άργιλος μέσης σκληρότητας</p> <p>Στάθμη -30m Βράχος</p>	 <p>Συμπυκνωμένη επίχωση άμμου</p> <p>Βράχος</p>	<p>Βαθιά θεμελίωση εκτεινόμενη μέχρι του στρώματος της άμμου. Εάν αντικατασταθούν οι χαλαρές αποθέσεις με συμπυκνωμένη επίχωση, τότε είναι δυνατή η θεμελίωση με επιφανειακά θεμέλια.</p>
 <p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Στάθμη -15m Μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -20m Άμμος μέσης πυκνότητας</p> <p>Μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -50m Βράχος</p>	 <p>Για μέτριου μεγέθους φορτία</p> <p>Για μεγάλο μεγέθους φορτία</p> <p>Βράχος</p>	<p>Στην περίπτωση που τα φορτία δεν είναι πολύ μεγάλοι μεγέθους, συνιστάται η θεμελίωση στα ανώτερα στρώματα της άμμου. Θα πρέπει να γίνει έλεγχος καθιζήσεων. Εάν τα φορτία είναι μεγάλοι μεγέθους, θα πρέπει να εδράζονται με πασσάλους στον βράχο.</p>

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Συνθήκες εδάφους	Κατάλληλος τύπος θεμελίου	Σχόλια
 <p>Επιφάνεια του εδάφους</p> <p>Διάφορες χαλαρές αποθέσεις</p> <p>Στάθμη -3m</p> <p>Χαλαρή άμμος ή μαλακή άργιλος</p> <p>Στάθμη -5m</p> <p>Βράχος</p>	 <p>Υπόγειο</p> <p>Δεύτερο υπόγειο</p>	<p>Επειδή ο βράχος βρίσκεται σε σχετικά μικρό βάθος, συνιστώνται θεμέλια εδραζόμενα στον βράχο. Εάν δεν χρειάζονται υπόγεια, η θεμελίωση γίνεται με πασσάλους. Εάν χρειάζονται υπόγεια, τότε συνιστάται γενική εκσκαφή και κατασκευή υπογείων</p>

4.2. ΑΒΑΘΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Οι αβαθείς θεμελιώσεις διακρίνονται σε θεμελιώσεις τοίχων, σε θεμελιώσεις μεμονωμένες, συνδυασμένες και γενικές κοιτοστρώσεις.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι αβαθείς θεμελιώσεις είναι πιό οικονομικές. Παρόλα αυτά υπάρχουν λόγοι που μας αναγκάζουν να κατασκευάσουμε τα θεμέλια σε κάποιο βάθος.

1. Πρώτα, είναι το πρόβλημα του παγετού. Πρέπει, δηλαδή, η θεμελίωση να εδράζεται σε έδαφος που να βρίσκεται σε τέτοιο βάθος, ώστε να μην παγώνει και διαστέλλεται, οπότε προκαλεί ανύψωση των θεμελίων.
2. Άλλος λόγος είναι, ότι συνήθως κατάλληλο έδαφος για τη θεμελίωση βρίσκεται σε κάποιο βάθος. Τα εδάφη που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια είναι συνήθως χαλαρά και διαβρώνονται από το νερό.
3. Η υγρασία του εδάφους επηρεάζει, επίσης, την επιλογή του βάθους. Πολλά εδάφη παρουσιάζουν μεταβολή του όγκου τους ανάλογα με την υγρασία που περιέχουν. Η υγρασία μεταβάλλεται εποχιακά αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως από την

παρουσία βλάστησης, τη διαρροή από σωλήνες δικτύου, τη θερμότητα που εκπέμπεται από κλίβανους κ.ά.

Για την προστασία της θεμελίωσης από τις μεταβολές του όγκου του εδάφους πρέπει η έδρασή της να γίνεται:

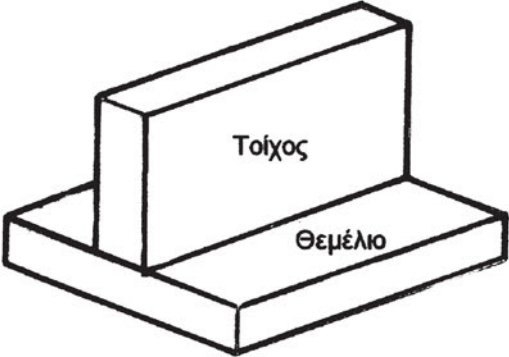
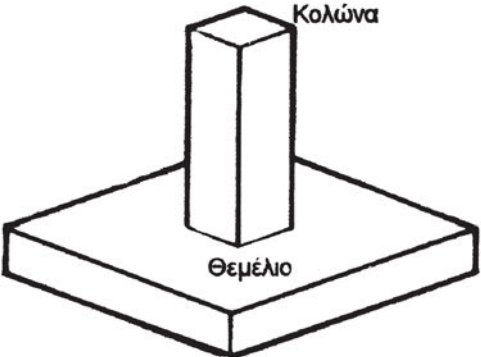
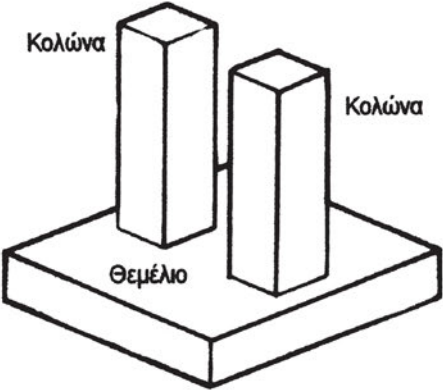
- σε ελάχιστο βάθος 1,2 μ
- κάτω από το ριζικό σύστημα
- κάτω από το έδαφος που υπόκειται σε μεγάλες μεταβολές όγκου
- κάτω από το βάθος που επηρεάζεται από μεταβολές της θερμοκρασίας.

4. Στάθμη υπόγειων υδάτων (Σ.Υ.Υ.).

- Η κατασκευή των θεμελίων κάτω από τη Σ.Υ.Υ. είναι δύσκολη και απαιτεί μεγάλη δαπάνη για την άντληση.
- Για την προστασία των υπόγειων χώρων ενδέχεται να απαιτείται η συνεχής λειτουργία αντλίας για να χαμηλώσει η Σ.Υ.Υ.
- Η παρουσία της Σ.Υ.Υ. κοντά στην επιφάνεια της θεμελίωσης μπορεί να μειώσει την αντοχή του εδάφους θεμελίωσης έως και 50%.

Στους Πίνακες 5 και 6, που ακολουθούν, φαίνονται τα είδη των επιφανειακών θεμελίων με την περιγραφή της λειτουργίας τους και τις περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

<p>1) <u>Θεμέλιο τοίχου</u> Διευρύνεται η βάση του τοίχου, έτσι ώστε να μειώνεται η πίεση που μεταβιβάζεται στο έδαφος.</p>	
<p>2) <u>Θεμέλιο μεμονωμένο (πέδιλο)</u> Είναι το πιο συνηθισμένο θεμέλιο για μία κολώνα, ιδίως όταν τα φορτία είναι μικρά και τα υποστυλώματα δεν είναι κοντά μεταξύ τους.</p>	
<p>3) <u>Θεμέλια συνδυασμένα</u> Όταν έχουμε δύο ή περισσότερα υποστυλώματα σε κοντινές αποστάσεις κατασκευάζουμε συνδυασμένα θεμέλια. Είναι πιο οικονομική λύση όταν τα φορτία είναι τόσο μεγάλα, ώστε αν κατασκευάζαμε μεμονωμένα θεμέλια θα πλησίαζαν πολύ μεταξύ τους ή θα έπρεπε το ένα να «τέμνει» το άλλο. Η πιο συνηθισμένη θεμελίωση αυτού του είδους είναι η θεμελιοδοκός ή πεδιλοδοκός.</p>	

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

4) Γενική κοιτόστρωση

Είναι μία πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα, η οποία δέχεται φορτία από πολλά υποστυλώματα και τοίχους.

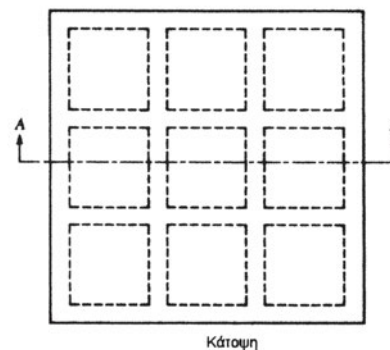
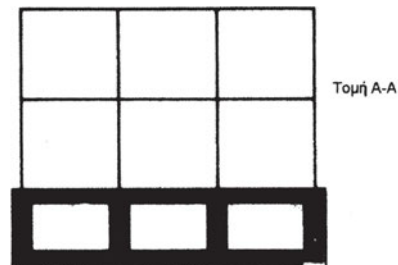
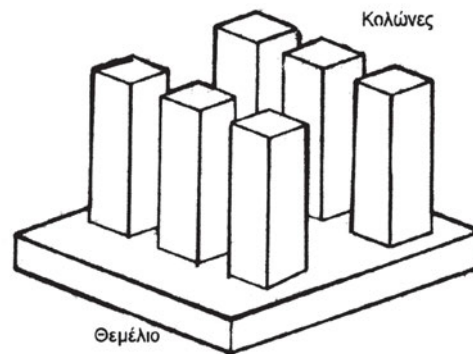
Χρησιμοποιείται όταν η αντοχή του εδάφους είναι μικρή ή όταν τα φορτία είναι μεν πολύ μεγάλα αλλά δεν επιλέγουμε τη λύση των πασσάλων.

Αυτό το είδος της θεμελίωσης περιορίζει σημαντικά το ενδεχόμενο να εμφανιστούν καθιζήσεις με μεγάλη διαφορά μεταξύ τους σε γειτονικά υποστυλώματα (διαφορικές καθιζήσεις).

Αν συνέβαινε αυτό, τότε θα επιβαρυνόταν η υπερκείμενη κατασκευή η οποία θα έπρεπε να έχει πρόσθετη αντοχή. Ακόμη, οι διαφορικές καθιζήσεις θα προκαλούσαν προβλήματα στη λειτουργία της κατασκευής και θραύση στην τοιχοποιία (ρωγμές).

Μπορούμε να πούμε γενικά, ότι η κοιτόστρωση μειώνει κατά 50% τις διαφορικές καθιζήσεις.

Η γενική κοιτόστρωση συνήθως εδράζεται σε μεγάλο βάθος, ώστε το έδαφος που αφαιρείται με την εκσκαφή να έχει περίπου το ίδιο βάρος με το βάρος του κτιρίου. Έτσι, το κτίριο είναι σαν να επιπλέει (όπως ένα πλοίο εκτοπίζει όγκο νερού ίσου βάρους με το δικό του).



Ο τρόπος υπολογισμού του μεγίστου φορτίου και της αντίστοιχης μέγιστης τάσης, που μπορεί να φέρει με ασφάλεια και οικονομία ένα θεμέλιο, είναι αρκετά σύνθετος. Μπορούμε να πούμε, γενικά, ότι δεν υπάρχει μία χαρακτηριστική τιμή επιτρεπόμενης τάσης, η οποία να εξαρτάται από τη γεωλογία της περιοχής. Αντίθετα, η τάση αυτή εξαρτάται από το έδαφος αλλά και από το βάθος και το πλάτος της θεμελίωσης. Στους Πίνακες 7 έως 13, δίνονται ενδεικτικές τιμές της επιτρεπόμενης τάσης για διάφορες περιπτώσεις εδαφών και για ορισμένους συνδυασμούς βάθους και πλάτους θεμελίου.

Με τη βοήθεια αυτών των Πινάκων μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγιστο φορτίο, το οποίο μπορεί να φέρει ένα θεμέλιο. Αν, για παράδειγμα, έχουμε έδαφος αργιλικό σε ημιστερεή κατάσταση, βάθος θεμελίωσης 1,5 μέτρο και πλάτος θεμελίου 2 μέτρα, από τον Πίνακα 12 προκύπτει ότι η επιτρεπόμενη τάση είναι 210 kN/m². Εάν το θεμέλιο είναι τετραγωνικό με διαστάσεις 1,5Χ1,5 μέτρα, τότε το μέγιστο φορτίο θα είναι ίσο προς το γινόμενο του εμβαδού του θεμελίου επί την τιμή της επιτρεπόμενης τάσης. Δηλαδή, θα είναι ίσο προς (1,5Χ1,5)Χ210 = 472,5 kN (47.25 τόννοι).

Με τον ίδιο τρόπο, λύστε παραδείγματα για διάφορες περιπτώσεις εδαφών και για διαφορετικά μεγέθη θεμελίου. Παρατηρήστε το πώς μεταβάλλεται το φορτίο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Μη συνεκτικό έδαφος και έργο ευαίσθητο σε καθιζήσεις
DIN 1054

Βάθος έδρασης του θεμελίου m	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σε kN/m ² Για θεμελιολωρίδα με πλάτος b					
	0.5m	1m	1.5m	2m	2.5m	3m
0,5	200	300	330	280	250	220
1	270	370	360	310	270	240
1,5	340	440	390	340	290	260
2	400	500	420	360	310	280
Για μικρά έργα με βάθος θεμελίωσης από 0.3m και πλάτος από 0.2m	150	150	150	150	150	150

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

Μη συνεκτικό έδαφος και έργο όχι ευαίσθητο σε καθιζήσεις
DIN 1054

Βάθος έδρασης του θεμελίου m	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σε kN/m ² για θεμελιολωρίδα με πλάτος b			
	0.5m	1m	1.5m	2m
0,5	200	300	400	500
1	270	370	470	570
1,5	340	440	540	640
2	400	500	600	700
Για μικρά έργα με βάθος θεμελίωσης από 0.3m και πλάτος από 0.2m	150	150	150	150

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

Καθαρή ιλύς
DIN 1054

Βάθος έδρασης του θεμελίου m	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σε kN/m ² για θεμελιολωρίδα με πλάτος b από 0.5 έως 2m και για έδαφος σε σφιγρή έως ημιστερεή κατάσταση
0,5	130
1	180
1,5	220
2	250

ΠΙΝΑΚΑΣ 10

Έδαφος με μίγμα κόκκων, μεγέθους από κόκκο αργίλου
έως άμμου, χαλικιών ή λίθων
DIN 1054

Βάθος έδρασης του θεμελίου m	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σε kN/m ² για θεμελιολωρίδα με πλάτος b από 0.5 έως 2m και για κατάσταση εδάφους		
	στιφρή	ημιστερεή	στερεή
0,5	150	220	330
1	180	280	380
1,5	220	330	440
2	250	370	500

ΠΙΝΑΚΑΣ 11

Αργιλώδης ιλύς
DIN 1054

Βάθος έδρασης του θεμελίου m	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σε kN/m ² για θεμελιολωρίδα με πλάτος b από 0.5 έως 2m και για κατάσταση εδάφους		
	Στιφρή	ημιστερεή	στερεή
0,5	120	170	280
1	140	210	320
1,5	160	250	360
2	180	280	400

ΠΙΝΑΚΑΣ 12

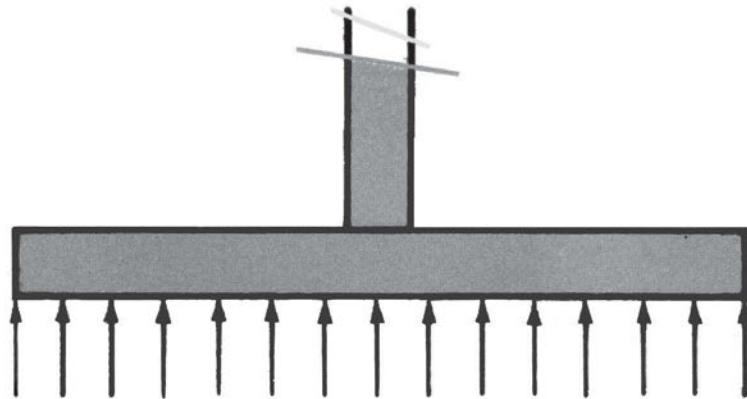
Άργιλος
DIN 1054

Βάθος έδρασης του θεμελίου m	Επιτρεπόμενη τάση εδάφους σε kN/m ² για θεμελιολωρίδα με πλάτος b από 0.5 έως 2m και για κατάσταση εδάφους		
	σιφρή	ημιστερεή	στερεή
0,5	90	140	200
1	110	180	240
1,5	130	210	270
2	150	230	300

ΠΙΝΑΚΑΣ 13

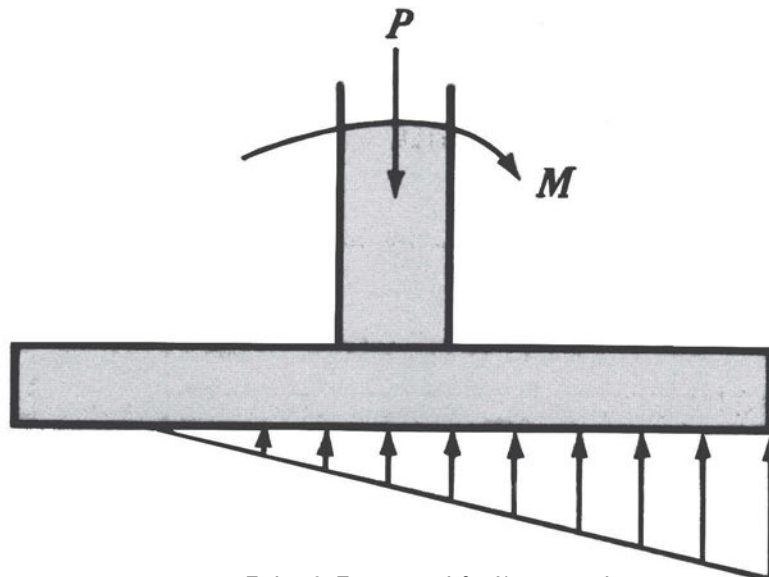
Βράχος
DIN 1054

Κατάσταση του πετρώματος	Επιτρεπόμενη τάση βράχου σε kN/m ² για επιφανειακές θεμελιώσεις και με συνθήκες	
	όχι εύθραυστος, χωρίς ή με λίγη διάβρωση	εύθραυστος ή με εμφανή σημεία διάβρωσης
Βράχος στερεός και ομοιόμορφος	4000	1500
Βράχος με στρωμάτωση ή με ρωγμές	2000	1000



Σχήμα 1. Επιφανειακό θεμέλιο χωρίς ροπή.

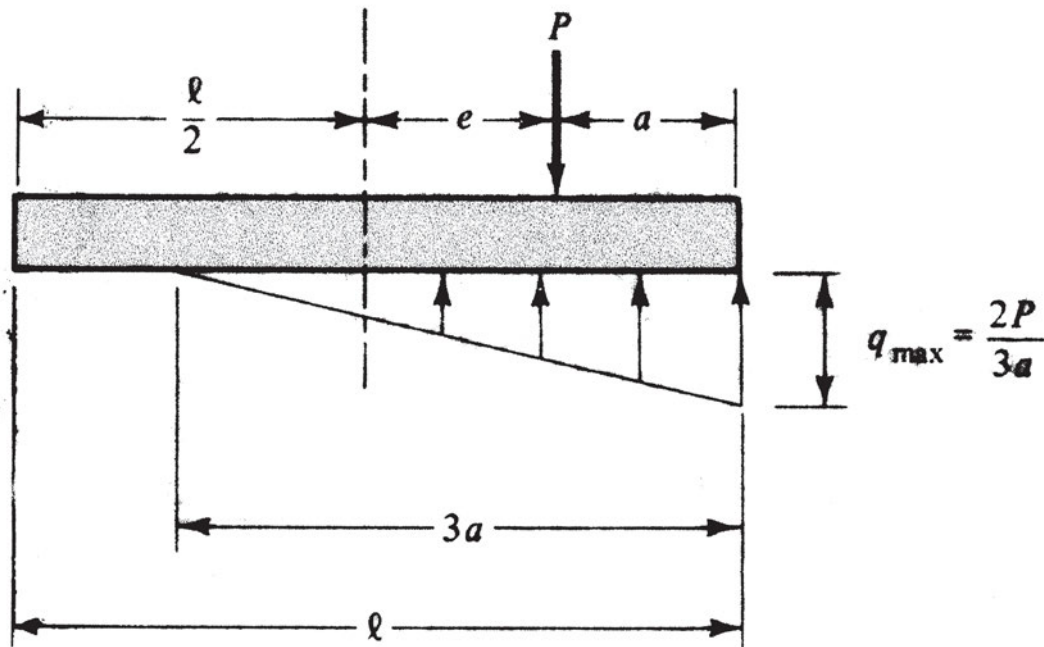
Στο Σχήμα 1, φαίνεται επιφανειακό θεμέλιο, το οποίο δεν έχει ροπή. Το φορτίο είναι κεντρικό, όπως λέμε, και το δiάνυσμά του συμπίπτει με την κατακόρυφη γραμμή που περνά από τη μέση της κάτοψης, δηλαδή από το κέντρο βάρους της βάσης του πεδίλου. Στην περίπτωση αυτή, η πίεση που ασκεί στο έδαφος είναι ομοιόμορφη. Το έδαφος ασκεί, ως αντίδραση, ίση και αντίθετη πίεση στο θεμέλιο, με το μέγεθος της οποίας υπολογίζουμε τις διαστάσεις του πεδίλου.



Σχήμα 2. Επιφανειακό θεμέλιο με ροπή.

Αντίθετα, στην περίπτωση θεμελίου με ροπή η πίεση δεν είναι ομοιόμορφη αλλά τριγωνική. Στο Σχήμα 2, φαίνεται η κατανομή της πίεσης με θέση, η οποία εξαρτάται από τη φορά της ροπής του υποστυλώματος.

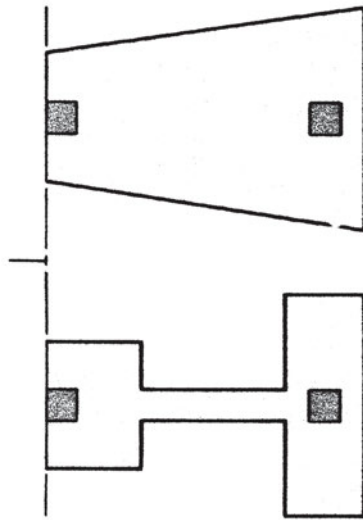
Στο Σχήμα 3, φαίνεται το ίδιο θεμέλιο, με τη δύναμη μετατοπισμένη παράλληλα, σε απόσταση e από το μέσον ίση προς το λόγο M/P . Όπως θα μάθετε στο μάθημα της Αντοχής των υλικών, αυτή η φόρτιση λέγεται έκκεντρη, γιατί η δύναμη ενεργεί σε απόσταση από το κέντρο βάρους. Στο Σχήμα 3, φαίνεται ο τρόπος υπολογισμού της μέγιστης τάσης. Περιπτώσεις έκκεντρης φόρτισης έχουμε στα πέδιλα που είναι κοντά σε μεσοτοιχίες. Ο σεισμός, επίσης, προκαλεί την εκδήλωση πρόσθετων ροπών στα υποστυλώματα, τα οποία με τη σειρά τους ασκούν πρόσθετες τάσεις στο έδαφος. Παρατηρήστε, ότι υπάρχει περίπτωση να μη δέχεται ολόκληρη η βάση του θεμελίου τάσεις, εξαιτίας της μεγάλης εκκεντρότητας. Σε εδάφη συμπιεστά, πρέπει να σχεδιάζουμε τα θεμέλια κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να περιορίζουμε στο ελάχιστο δυνατόν την εκκεντρότητα, γιατί υπάρχει κίνδυνος στροφής των πέδινων λόγω της ανομοιόμορφης κατανομής των τάσεων.



Σχήμα 3. Επιφανειακό θεμέλιο με ροπή. Υπολογισμός της μέγιστης τιμής της τάσης.



Φωτ. 1. Κατασκευή πεδילוδοκού.



Σχήμα 4. Κάτοψη συνδυασμένων θεμελίων.

Στη Φωτογραφία 1, φαίνεται μία πεδילוδοκός σε στάδιο της κατασκευής, ενώ στο Σχήμα 4., φαίνεται η κάτοψη δύο θεμελιώσεων συνδυασμένου τύπου. Παρατηρήστε τη μικρή απόσταση μεταξύ των υποστυλωμάτων. Εάν κατασκευάζαμε πέδιλα, τότε θα πλησίαζαν πολύ μεταξύ τους και θα ήταν αντισυμβαλλόμενη λύση. Αντίθετα, με τον συνδυασμό τους λειτουργούν καλύτερα τα θεμέλια, καθώς συνεργάζονται.

4.3. ΒΑΘΙΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Πάσσαλοι

Οι πάσσαλοι είναι δομικά στοιχεία από ξύλο, οπλισμένο σκυρόδεμα ή χάλυβα και χρησιμοποιούνται για να μεταβιβάζουν τα φορτία της ανωδομής σε στρώματα που βρίσκονται σε βάθος.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους, οι πάσσαλοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. **Πάσσαλοι τριβής.** Οι πάσσαλοι αυτοί μεταβιβάζουν το φορτίο που φέρουν μέσω της τριβής, η οποία αναπτύσσεται μεταξύ του εδάφους και της παράπλευρης επιφάνειάς τους.
2. **Πάσσαλοι αιχμής.** Οι πάσσαλοι αυτοί μεταβιβάζουν το φορτίο σε ανθεκτικότερα στρώματα, τα οποία βρίσκονται σε μεγάλο βάθος.

Συνήθεις περιπτώσεις χρήσης πασσάλων είναι:

1. Όταν θέλουμε να μεταφέρουμε τα φορτία, κατακόρυφα ή οριζόντια, σε βαθύτερα στρώματα εδάφους επειδή τα επιφανειακά εδάφη δεν έχουν την απαιτούμενη αντοχή ή είναι πολύ συμπιεστά.
2. Όταν υπάρχει κίνδυνος άνωσης λόγω του ότι μέρος του υπόγειου τμήματος του κτίσματος βρίσκεται κάτω από τη στάθμη του νερού. Αυτό συμβαίνει όταν κτίζουμε σε παραθαλάσσιες περιοχές ή όταν υπάρχουν υπόγεια νερά σε μικρό βάθος.
3. Όταν θέλουμε να συμπυκνώσουμε χαλαρά, μη συνεκτικά εδάφη. Αυτό το πετυχαίνουμε μέσω της εκτόπισης εδάφους κατά την έμπηξη του πασσάλου σε συνδυασμό με τις δονήσεις που προκαλούνται κατά τη διαδικασία της έμπηξης.
4. Όταν θέλουμε να μειώσουμε τις καθιζήσεις, στην περίπτωση κατά την οποία μία επιφανειακή θεμελίωση θα εδραζόταν σε συμπιεστό έδαφος, ή όπου σε μικρό βάθος κάτω από τη στάθμη θεμελίωσης θα βρισκόταν ένα πολύ συμπιεστό στρώμα εδάφους.
5. Όταν θέλουμε να ενισχύσουμε το έδαφος, σε περιπτώσεις που πρόκειται να θεμελιώσουμε μία βιομηχανική μονάδα με μηχανές που η λειτουργία τους θα προκαλεί ισχυρές δονήσεις στη θεμελίωση και στο έδαφος.
6. Όταν θέλουμε να αυξήσουμε την ασφάλεια της θεμελίωσης.



Σχήμα 5. Θεμελίωση υποστυλώματος με ομάδα πασσάλων.

Η τοποθέτηση των πασσάλων γίνεται με διάφορες μεθόδους, όπως:

- Η έμπηξη με κτυπήματα του πασσάλου με σφύρα. Αυτή η μέθοδος προκαλεί πολύ θόρυβο και δονήσεις, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν ζημιές σε γειτονικές κατασκευές.
- Η έμπηξη με μία διάταξη που είναι προσαρμοσμένη στην κεφαλή του πασσάλου και η οποία προκαλεί λιγότερη ενόχληση.
- Η κατασκευή έγχυτων πασσάλων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Προηγείται η διάτρηση του εδάφους και ακολουθεί η επί τόπου σκυροδέτηση.
- Η διατομή των πασσάλων θα πρέπει να έχει διαστάσεις που θα εξασφαλίζουν την ασφαλή ανάληψη των φορτίων που δέχονται από την ανωδομή.

4.3.1. Επιτρεπόμενες φορτίσεις πασσάλων σε απλές περιπτώσεις θεμελιώσεων

Οι γερμανικοί κανονισμοί (DIN) προβλέπουν, ότι σε περιπτώσεις εδάφους με σαφείς ιδιότητες, μπορούμε να δεχτούμε τις ακόλουθες τιμές φορτίων πασσάλων, οι οποίοι έχουν ελάχιστο μήκος 5 μέτρων :

• Στρογγυλοί, ξύλινοι πάσσαλοι

(Διάμετρος αιχμής τουλάχιστον 25 εκατοστά)

Για μέση διάμετρο ίση προς 30 εκατοστά => επιτρεπόμενο φορτίο 330 kN

Για μέση διάμετρο ίση προς 35 εκατοστά => επιτρεπόμενο φορτίο 380 kN

Για μέση διάμετρο ίση προς 40 εκατοστά => επιτρεπόμενο φορτίο 450 kN

• Τετραγωνικοί πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα

Για πλευρά 30 εκατοστών => επιτρεπόμενο φορτίο 400 kN

Για πλευρά 35 εκατοστών => επιτρεπόμενο φορτίο 480 kN

Για πλευρά 40 εκατοστών => επιτρεπόμενο φορτίο 550 kN

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Τα θεμέλια είναι το μέρος της κατασκευής, που μεταβιβάζει τα φορτία της στο έδαφος.

Για την ασφαλή λειτουργία τους θα πρέπει να ικανοποιούν δύο κριτήρια:

1. Να μην υπάρχει **κίνδυνος θραύσης** του εδάφους, και
2. Οι προκαλούμενες από τα φορτία **παραμορφώσεις** (καθιζήσεις) του εδάφους να είναι ανεκτές για τη λειτουργία και την εμφάνιση της κατασκευής.

Η μέγιστη πίεση (τάση) που μπορεί να ασκηθεί στο έδαφος χωρίς να προκαλέσει θραύση και μεγάλες καθιζήσεις, ονομάζεται **επιτρεπόμενη τάση**.

Τα θεμέλια διακρίνονται σε **Αβαθή**, εάν το βάθος έδρασης είναι μικρότερο από το πλάτος του, και σε **Βαθιά**, εάν το βάθος έδρασης είναι μεγαλύτερο από το πλάτος του.

ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Παρατηρήστε την κατασκευή της θεμελίωσης σε οικοδομή που κατασκευάζεται. Διακρίνετε αν γίνεται με αβαθή θεμέλια (πέδιλα, πεδιλοδοκός, κοιτόστρωση) ή με βαθιά (πάσσαλοι).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί απαιτείται η κατασκευή θεμελίων;
2. Εξηγήστε πώς επηρεάζεται το είδος του θεμελίου από το έδαφος.

3. Πώς διακρίνεται ένα θεμέλιο αν είναι αβαθές ή βαθύ;
4. Ποια είναι η επιρροή του υπόγειου νερού, της υγρασίας και του παγετού στα αβαθή θεμέλια;
5. Ποιοι είναι οι λόγοι για τους οποίους επιλέγεται η κοιτόστρωση ως θεμέλιο;
6. Με τη βοήθεια των Πινάκων υπολογίστε το μέγιστο φορτίο για διάφορες περιπτώσεις επιφανειακών θεμελίων. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα. Πώς επηρεάζεται το μέγιστο φορτίο, όταν έχουμε το ίδιο βάθος και πλάτος θεμελίωσης αλλά διαφορετικά εδάφη; Πώς επηρεάζεται το μέγιστο φορτίο για το ίδιο έδαφος, αν έχουμε διαφορετικό βάθος και πλάτος θεμελίωσης; Τι συμπεράσματα βγάξετε;

Εάν το δικό σας “κτίσμα” είναι η συγκρότηση και η μόρφωσή σας, τότε το καλύτερο θεμέλιο είναι τα βιβλία!

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ-ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε διδαχτεί αυτό το κεφάλαιο:

- Θα έχετε μάθει τον σκοπό και τα είδη των αντιστηρίξεων.
- Θα έχετε αποκτήσει βασικές γνώσεις για τη λειτουργία τους και το είδος του φορτίου που δέχονται από το έδαφος που αντιστηρίζουν.
- Θα έχετε δει τρόπους με τους οποίους μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα των υπόγειων υδάτων.



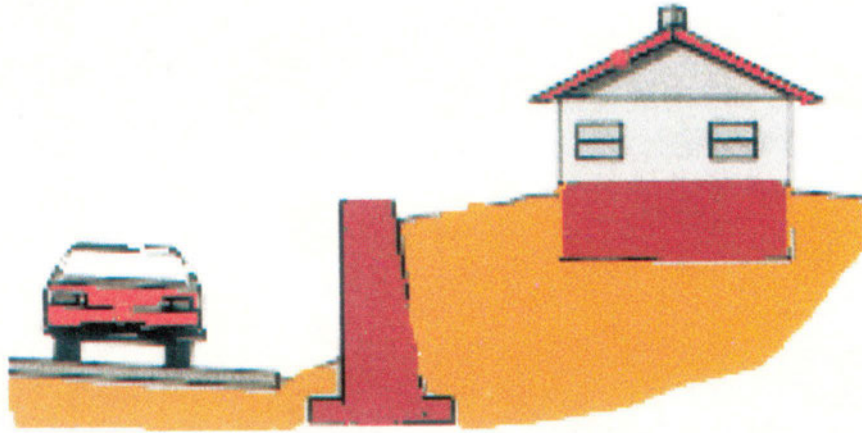
Φωτ. 1. Αντιστήριξη εκσκαφής

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

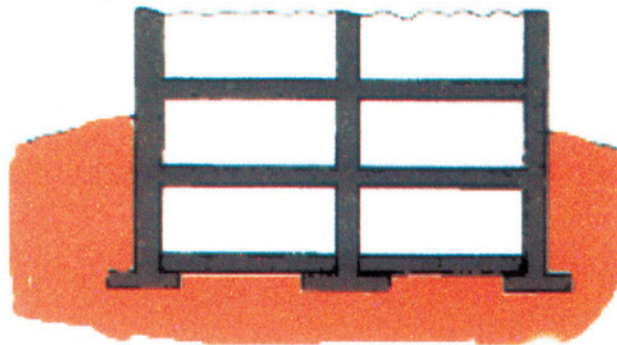
Για τη θεμελίωση ενός κτίσματος, πολλές φορές είναι αναγκαία η εκσκαφή σε μεγάλο βάθος. Σε πολλές περιπτώσεις, η βαθιά εκσκαφή γίνεται κοντά σε γειτονικές κατασκευές, οπότε θα πρέπει να πάρουμε προστατευτικά μέτρα για την αντιστήριξη των παρειών της εκσκαφής (Φωτ. 1. και Σχ. 1 και 2).

5.2. ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

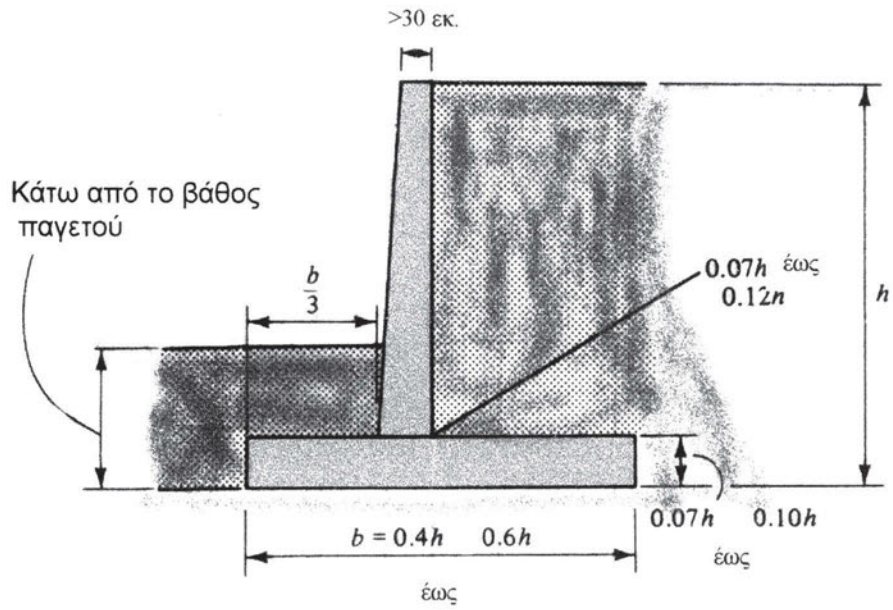
Οι πιο συνηθισμένες κατασκευές αντιστήριξης είναι οι τοίχοι αντιστήριξης, οι οποίοι διακρίνονται σε τοίχους βαρύτητας και σε τοίχους από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι τοίχοι βαρύτητας αντιστέκονται στην ώθηση που τους ασκεί το έδαφος με το βάρος τους, ενώ οι τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα, βοηθούνται και από το βάρος του εδάφους της επίχωσης. Στα Σχήματα 3 και 4 φαίνονται σε τομή, οι δύο τύποι τοίχων με τις διαστάσεις τους ως συνάρτηση του ύψους τους.



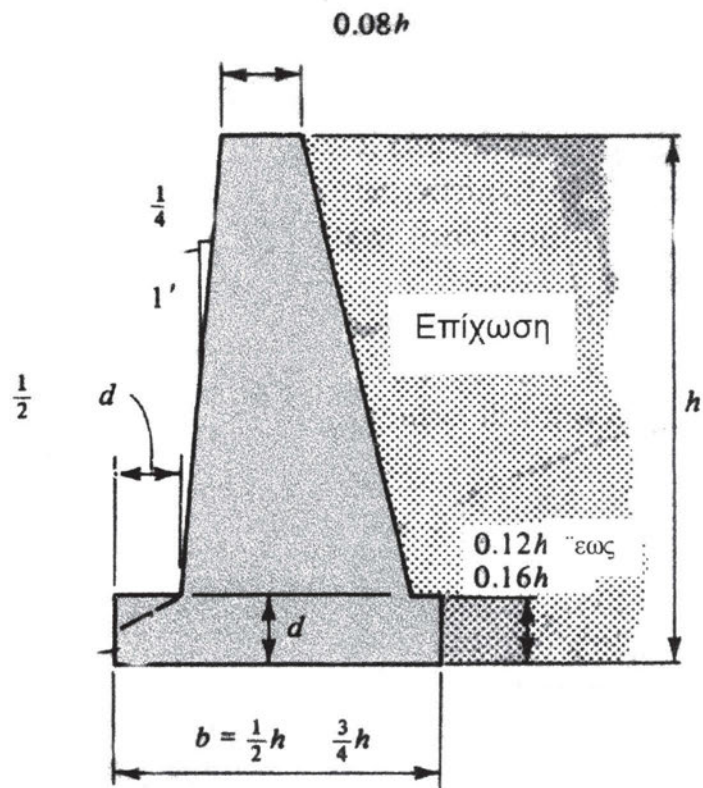
Σχήμα 1. Τοίχος αντιστήριξης με σκοπό τη διαμόρφωση στάθμης για τη θεμελίωση κτίσματος.



Σχήμα 2. Αντιστήριξη εκσκαφής για τη θεμελίωση κτιρίου.



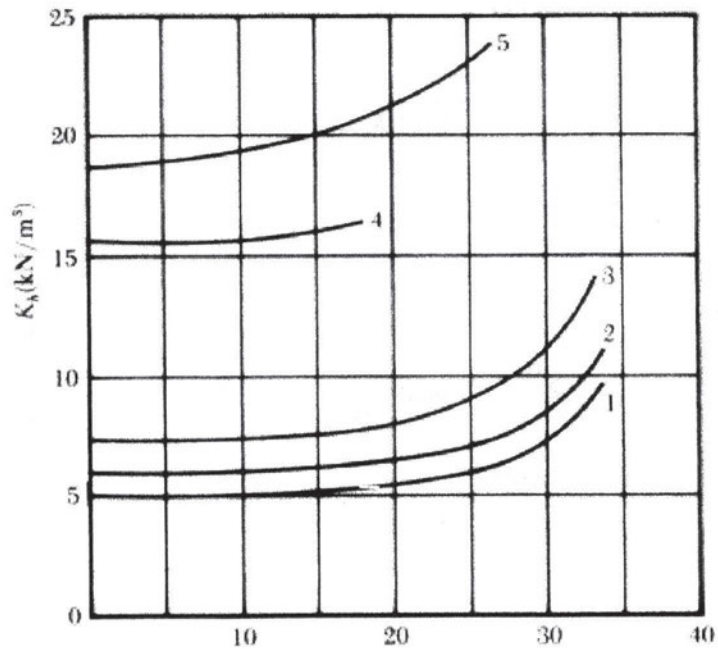
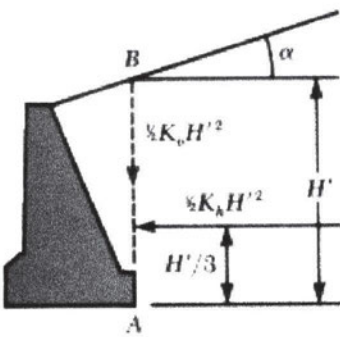
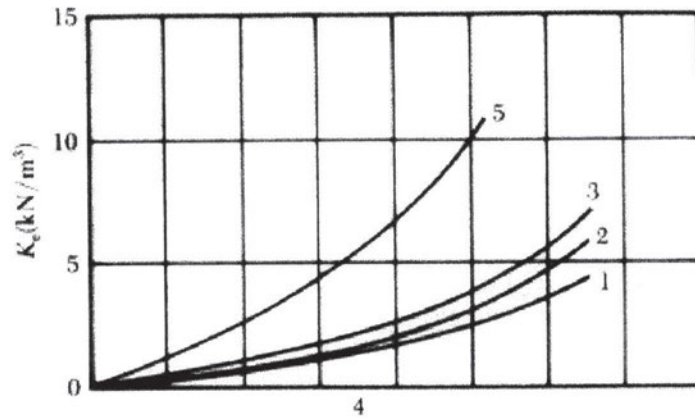
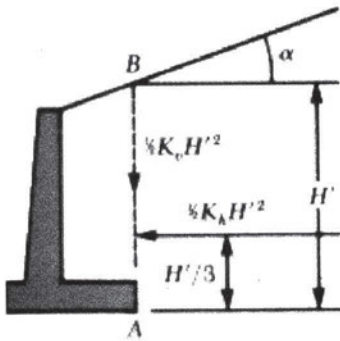
Σχήμα 3. Τομή τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 4. Τομή τοίχου βαρύτητας.

Το έδαφος ασκεί πιέσεις (ωθήσεις), των οποίων η κατανομή έχει τριγωνικό σχήμα, όπως στην περίπτωση της υδροστατικής πίεσης που ασκεί το νερό στα τοιχώματα του δοχείου το οποίο το περιέχει.

Το μέγεθος της ώθησης, εξαρτάται από το ύψος της αντιστήριξης, την κλίση της επιφάνειας της επίχωσης και, κυρίως, από τις ιδιότητες του εδάφους, δηλαδή τη γωνία τριβής και τη συνοχή.



Σχήμα 5. Διαγράμματα για τον υπολογισμό των ωθήσεων, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους της επίχωσης (καμπύλες 1 έως 5) και τη γωνία α την οποία σχηματίζει η επιφάνεια της επίχωσης με την οριζόντια διεύθυνση.

Οι αριθμοί στις καμπύλες των διαγραμμάτων αντιστοιχούν στον τύπο του εδάφους ως εξής:

Καμπύλη 1: Έδαφος χονδρόκοκκο χωρίς λεπτόκοκκο υλικό. π.χ. Άμμος ή χαλίκια.

Καμπύλη 2: Έδαφος χονδρόκοκκο με κόκκους ιλύος.

Καμπύλη 3: Απομεινάρια με πέτρες και ιλυώδη άμμο που περιέχουν και άργιλο.

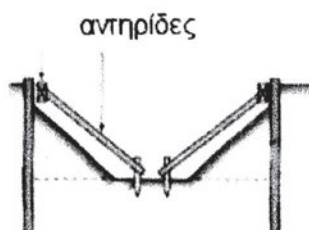
Καμπύλη 4: Πολύ μαλακή έως μαλακή άργιλος, οργανική ιλύς, ή ιλυώδης άργιλος.

Καμπύλη 5: Άργιλος σκληρή ή μέτριας σκληρότητας, η οποία προστατεύεται από το νερό της βροχής. Εάν δεν προστατεύεται η άργιλος, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως υλικό επίχωσης.

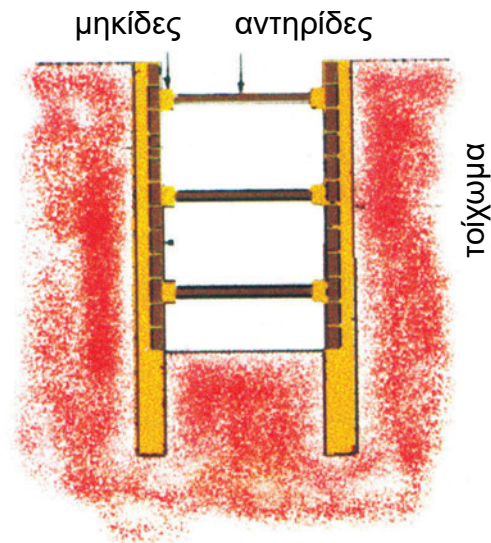
Παράδειγμα: Έστω τοίχος βαρύτητας ύψους 4 μέτρων, με επίχωση από έδαφος αμμώδες και γωνία $\alpha=0^\circ$. Από την καμπύλη 1 του δεύτερου διαγράμματος έχουμε τιμή του συντελεστή $K_h=5$ (kN/m^3). Από τους τύπους των σχημάτων θα έχουμε μέγεθος ώθησης ίσο προς $(1/2)K_h H^2 = (1/2)*5*4^2 = 40$ (kN/m). Παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα μας δίνει το μέγεθος της ώθησης ανά μέτρο. Αυτό σημαίνει ότι η ώθηση είναι 40 kN ανά τρέχον μέτρο κατά την έννοια του μήκους του τοίχου.

5.3. ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ ΟΡΥΓΜΑΤΩΝ

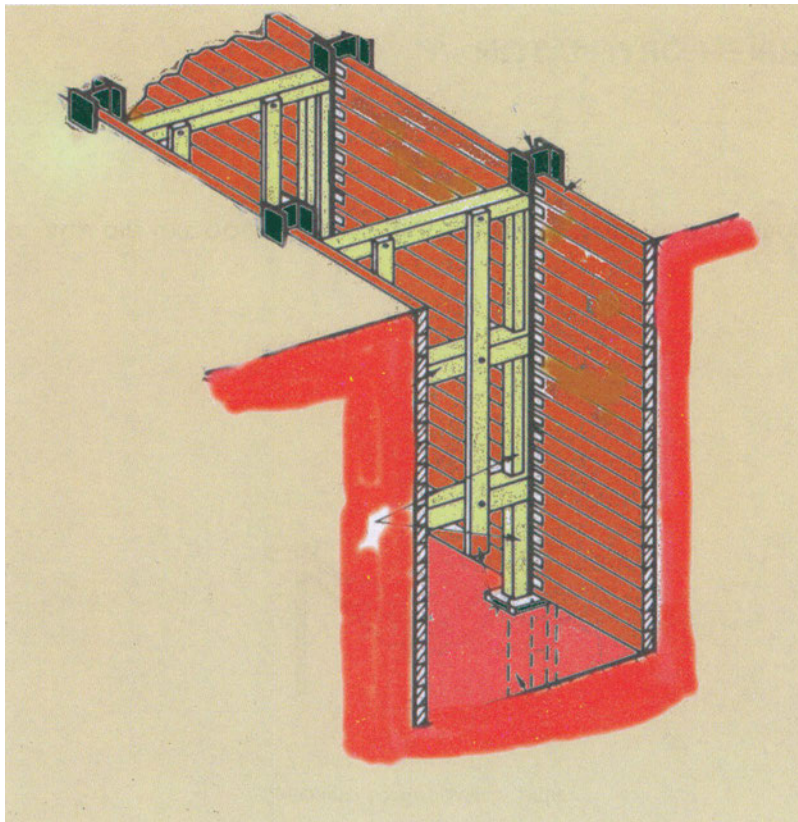
Κατά την εκσκαφή ορύγματος, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την αντιστήριξη των τοιχωμάτων.



Σχήμα 6. Αντιστήριξη εκσκαφής.



Σχήμα 7. Αντιστήριξη τοιχωμάτων ορύγματος.

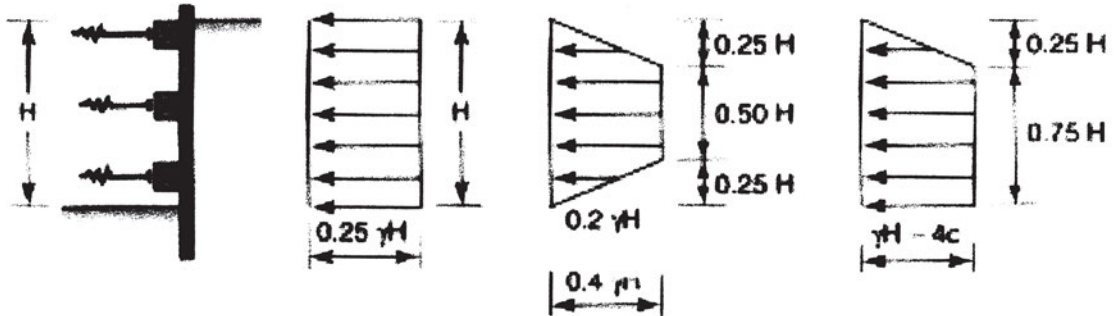


Σχήμα 8. Αντιστήριξη τοιχωμάτων ορύγματος.

Είναι πολύ επικίνδυνο να μένουν χωρίς επένδυση τα τοιχώματα του ορύγματος. Πολλές φορές τα εδάφη εμφανίζουν αντοχή, η οποία όμως μειώνεται σημαντικά όταν αυξηθεί η υγρασία τους, όπως στην περίπτωση βροχής.

Στα Σχήματα 6, 7 και 8 φαίνονται κατασκευαστικές λεπτομέρειες της αντιστήριξης ορυγμάτων.

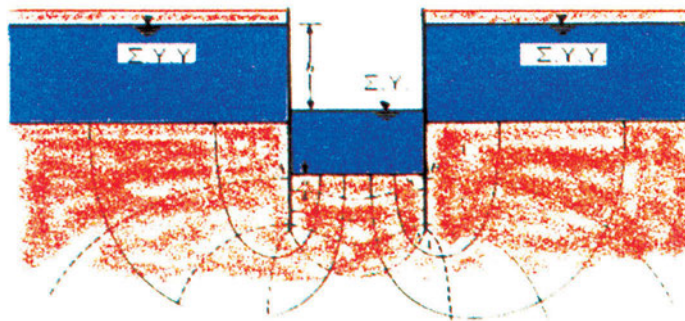
Οι ωθήσεις, οι οποίες ασκούνται στα τοιχώματα ορύγματος υπολογίζονται από τα διαγράμματα του Σχήματος 9, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.



Σχήμα 9. Διαγράμματα για τον υπολογισμό των ωθήσεων στα τοιχώματα των ορυγμάτων, (α) Ορυγμα σε άμμο, (β) ορυγμα σε σκληρή άργιλο και (γ) ορυγμα σε μαλακή άργιλο.

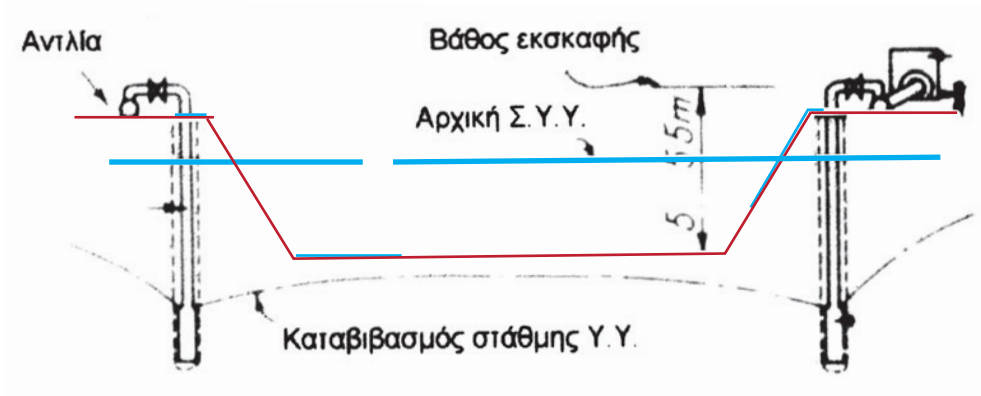
5.4. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ - ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Όταν κάνουμε μία εκσκαφή σε έδαφος με τη Σ.Υ.Υ. κοντά στην επιφάνεια, πρέπει να κατεβάσουμε τη στάθμη ώστε να μπορέσουμε να κατασκευάσουμε τη θεμελίωση “εν ξηρώ”, δηλαδή, όχι μέσα στο νερό. Στο Σχήμα 10 φαίνεται η διαδρομή του νερού μέσα σε ορυγμα.

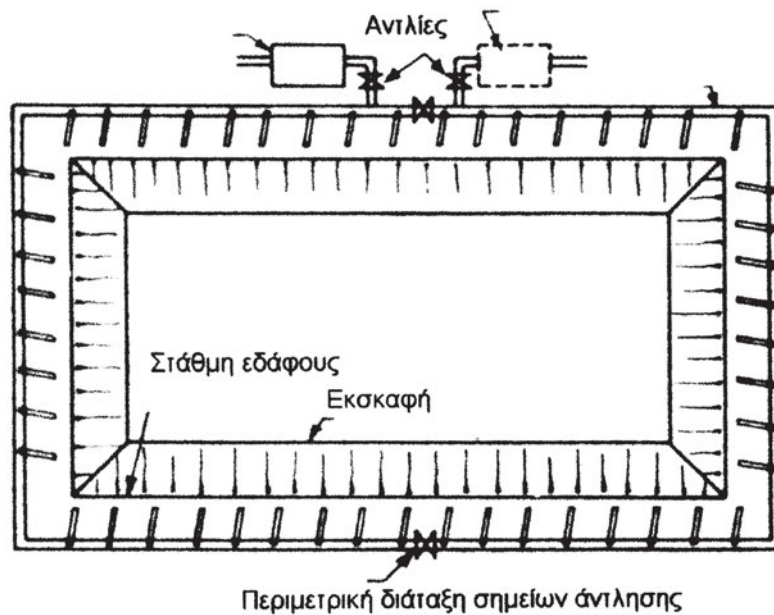


Σχήμα 10. Εισροή υπόγειου νερού σε ορυγμα.

Για να κατεβάσουμε τη στάθμη του υπόγειου νερού, χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της άντλησης. Αυτή γίνεται, συνήθως, με την περιμετρική διάταξη σημειακών πηγαδιών (well points), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με σωλήνες, όπως φαίνεται στα Σχήματα 11 και 12.



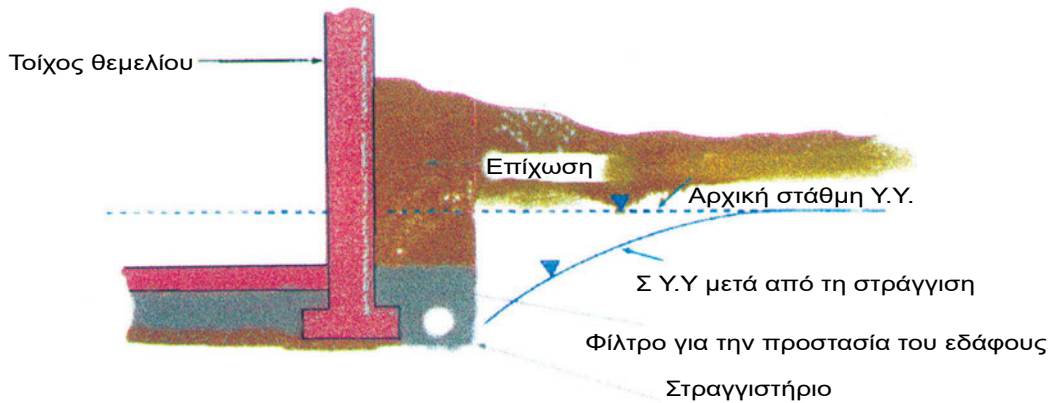
Σχήμα 11. Διάταξη άντλησης σε τομή.



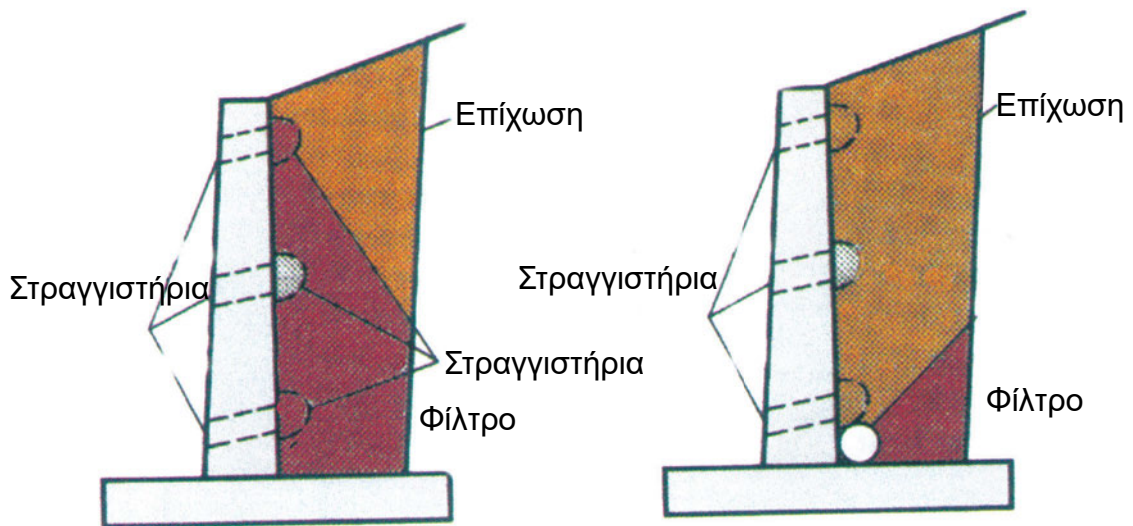
Σχήμα 12. Διάταξη άντλησης σε κάτοψη.

Οι αντλίες πρέπει να έχουν ισχύ, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος του καταβιβασμού της στάθμης και από τον τύπο του εδάφους.

Προστασία των κατασκευών από το νερό.



Σχήμα 13. Στραγγιστήρια για την προστασία θεμελίων σε τομή.



Σχήμα 14. Διάταξη στραγγιστηρίων σε τοίχους αντιστήριξης.

Το νερό διαβρώνει τα θεμέλια και ασκεί πιέσεις στις κατασκευές που εδράζονται κάτω από τη στάθμη των Υ.Υ. Επιβάλλεται, λοιπόν, να προβλέψουμε στραγγιστήρια για να μπορεί να ρέει το νερό μέσα από αυτά και έτσι να μη διαβρέχονται οι κατασκευές.

Στα Σχήματα 13 και 14 φαίνεται η διάταξη στραγγιστηρίων σε τοίχους θεμελίου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Μάθαμε ποια είναι τα είδη των τοίχων αντιστήριξης και πως λειτουργούν.

Είδαμε τη σημασία που έχει η αντιστήριξη των τοιχωμάτων στα ορύγματα.

Μελετήσαμε τρόπους αποστράγγισης και καταβιβασμού της στάθμης των υπόγειων υδάτων.

ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Πατατηρήστε τον τρόπο αντιστήριξης των τοιχωμάτων κάποιας εκσκαφής και συζητήστε στην τάξη σας.

Δείτε αν βρέθηκε νερό κατά την εκσκαφή και ρωτήστε για το πως αντιμετωπίστηκε.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Ποια είναι η λειτουργία των τοίχων βαρύτητας και ποια η λειτουργία των τοίχων από οπλισμένο σκυρόδεμα;

Γιατί πρέπει να αντιστηρίζονται τα ορύγματα και με ποιο τρόπο;

Περιγράψτε μία μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον καταβιβασμό της Σ.Υ.Υ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε διδαχτεί αυτό το κεφάλαιο:

- Θα έχετε μάθει ποιες τεχνικές χρησιμοποιούμε για τη βελτίωση του εδάφους.
- Θα έχετε γνωρίσει τη λειτουργία των πιο συνηθισμένων τεχνικών, που χρησιμοποιούνται σε κτιριακά έργα.

6.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Η αντοχή του εδάφους μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά αν αλλάξουν οι ιδιότητες του εδάφους, όπως η γωνία τριβής, η συνοχή και το ίδιο βάρος γ . Οι καθιζήσεις, επίσης, είναι δυνατόν να μειωθούν με την αύξηση της πυκνότητας και τη συνεπαγόμενη μείωση των κενών του εδάφους.

Η βελτίωση των εδαφών μπορεί να γίνει με μεθόδους όπως:

- Η συμπίκνωση
- Η δυναμική συμπίκνωση
- Η προφόρτιση
- Η αποστράγγιση
- Τα ενέματα
- Η χημική σταθεροποίηση
- Η χρήση γεωφασμάτων

Στη συνέχεια θα μελετήσουμε τις μεθόδους της συμπίκνωσης, της δυναμικής συμπίκνωσης και της προφόρτισης.

6.2 ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Είναι η οικονομικότερη μέθοδος βελτίωσης του εδάφους. Για να συμπυκνώσουμε το έδαφος, πρώτα σκάβουμε και κατόπιν το τοποθετούμε πάλι σε τρεις στρώσεις, τις οποίες συμπυκνώνουμε διαδοχικά με κατάλληλα μέσα. Για τον εργαστηριακό έλεγχο της συμπίκνωσης χρησιμοποιείται σφύρα βάρους 25N, η οποία αφήνεται να πέφτει από ύψος 30,5 εκατοστών ασκώντας 25 κτύπους ανά στρώμα.

Η συμπίκνωση των συνεκτικών εδαφών γίνεται με τη βοήθεια κυλίνδρων που έχουν ελαστική επένδυση. Το πάχος των στρώσεων είναι 150 έως 200 mm.

Η συμπίκνωση των μη συνεκτικών εδαφών γίνεται με κυλίνδρους, οι οποίοι έχουν μία διάταξη που προκαλεί δονήσεις στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να συμπυκνώσουμε στρώσεις με πάχος 1,5 έως 2 m.

6.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Είναι μία επέκταση της συνήθους μεθόδου συμπίκνωσης. Με τη μέθοδο αυτή συμπυκνώνουμε το έδαφος με τη βοήθεια ενός γερανού, ο οποίος ανυψώνει ένα βάρος σε κάποιο ύψος και το αφήνει να πέσει με ορμή στο έδαφος. Με τη δυναμική συμπίκνωση μπορούμε να συμπυκνώσουμε στρώμα εδάφους μεγάλου βάθους. Το βάρος, που χρησιμοποιείται συνήθως, είναι ίσο με 10 έως 20 τόννους (100 έως 200 kN), ενώ το ύψος από το οποίο πέφτει είναι από 10 έως 20 m. Το βάθος μέχρι το οποίο γίνεται συμπίκνωση εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, το βάρος και το ύψος της πτώσης. Για την περίπτωση μη συνεκτικών εδαφών το βάθος συμπίκνωσης μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$D=0.5(W*h)^{1/2},$$

ενώ στην περίπτωση συνεκτικών εδαφών υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D=(W*h)^{1/2},$$

όπου D το βάθος συμπίκνωσης, W το βάρος σε τόννους και h το ύψος πτώσης.

Η μέθοδος αυτή είναι οικονομική για εκτάσεις 5000 έως 10000 m² και για μεγάλο βάθος στρώματος. Στην περίπτωση κατά την οποία η στάθμη του νερού είναι κοντά στην επιφάνεια, τότε τοποθετείται ένα στρώμα κοκκώδους εδάφους πάχους 200 mm έως 1 m επάνω στο έδαφος που πρόκειται να συμπυκνωθεί.

6.4 ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΜΕ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ

Διακρίνουμε δύο είδη:

- **Με επιφόρτιση.** Η απλούστερη μέθοδος βελτίωσης εδάφους, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε συνεκτικά εδάφη. Αυτή η τεχνική έγκειται στο να επιβληθεί στην επιφάνεια του εδάφους, προσωρινά, ένα φορτίο με τη μορφή επιχώματος ή άλλου φορτίου. Το έδαφος στερεοποιείται και αυξάνεται η αντοχή του, ενώ μειώνεται η συμπίεστότητά του. Ο απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από το μήκος της διαδρομής που πρέπει να διανύσει το νερό.
- **Με σταδιακή κατασκευή.** Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται, επίσης, σε συνεκτικά εδάφη και έγκειται στο να γίνεται σταδιακά η κατασκευή, ώστε να επιτρέπεται στο έδαφος να στερεοποιείται με ρυθμό που να του εξασφαλίζει την αναγκαία αντοχή που απαιτείται για κάθε στάδιο φόρτισης. Τελικά το έδαφος θα έχει την αναγκαία αντοχή για να φέρει με ασφάλεια το συνολικό φορτίο. Η μέθοδος αυτή συνήθως εφαρμόζεται στην κατασκευή επιχωμάτων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Μελετήσαμε για το σκοπό και τις μεθόδους βελτίωσης των εδαφών.

Εξετάσαμε πιο αναλυτικά κάποιες μεθόδους και μελετήσαμε τη διαδικασία που ακολουθείται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ



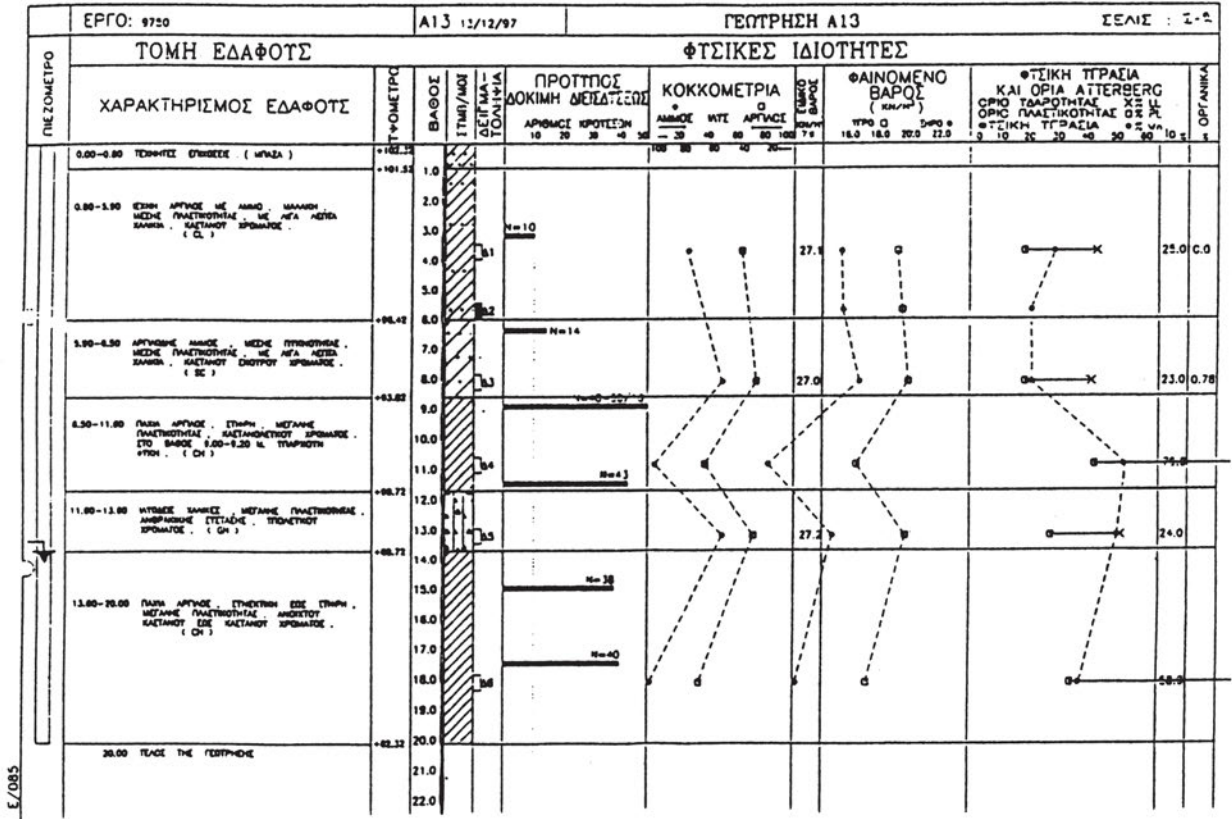
ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε διδαχτεί αυτό το κεφάλαιο:

- Θα γνωρίζετε γιατί πρέπει να γίνονται έρευνες του εδάφους θεμελίωσης.
- Θα έχετε μάθει ότι γίνονται δοκιμές επί τόπου και ότι παίρνουμε δείγματα του εδάφους για δοκιμές και έρευνες, οι οποίες θα γίνουν στο εργαστήριο.

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο των γεωτεχνικών ερευνών είναι οι επί τόπου δοκιμές, ή δοκιμές πεδίου, και η δειγματοληψία για εργαστηριακό έλεγχο.



Σχήμα 1. Φύλλο τυπικής γεώτρησης με τα αποτελέσματα των εργαστηριακών ερευνών.

Στο Σχήμα 1., παρουσιάζεται ένα φύλλο γεώτρησης. Στην πρώτη στήλη δίνεται η ονοματολογία και η κατάταξη των διαφόρων στρωμάτων, όπως προέκυψαν από τις εργαστηριακές δοκιμές, σε συνδυασμό με την περιγραφή του δείγματος κατά τη δειγματοληψία. Στις άλλες στήλες φαίνονται οι τιμές των διαφόρων παραμέτρων, κοκκομετρία, φυσική υγρασία κ.ά., σε αντιστοιχία προς το βάθος από το οποίο πήραμε τα δείγματα.

Η ατελής γνώση του εδάφους εκθέτει το Μηχανικό στο ενδεχόμενο να αντιμετωπίσει ένα **μη αναμενόμενο τεχνικό πρόβλημα** και τον ιδιοκτήτη να αντιμετωπίσει ένα **μη αναμενόμενο κόστος** του έργου.

Η έρευνα των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό και τον υπολογισμό των τεχνικών έργων. Με τις έρευνες αυτές παίρνουμε πληροφορίες για την αντιμετώπιση προβλημάτων, όπως:

- **Προβλήματα θεμελιώσεων.** Μπορούμε να προσδιορίσουμε την αντοχή και τις παραμορφώσεις των εδαφικών υλικών, όταν τους επιβάλουμε φορτία σε κατασκευές θεμελίων ή σε εκσκαφές και επιχώματα. Επίσης, μπορούμε να προβλέψουμε τις ωθήσεις που θα ασκούν τα εδάφη σε κατασκευές οι οποίες θα τα συγκρατούν, όπου χρειάζεται η κατασκευή τους.
- **Προβλήματα κατασκευής.** Μπορούμε να διαγνώσουμε την έκταση και τη φύση των υλικών, τα οποία πρόκειται να εκσκαφούν. Επίσης, είναι δυνατόν να εντοπίσουμε τη θέση και να εκτιμήσουμε την ποιότητα και τον όγκο των εδαφικών υλικών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως υλικό κατασκευής, όπως για παράδειγμα για αδρανή του σκυροδέματος, για την κατασκευή επιχωμάτων ή αναχωμάτων σε συγκοινωνιακά ή υδραυλικά έργα κ.ά.
- **Προβλήματα που σχετίζονται με την παρουσία υπόγειων υδάτων.** Ο εντοπισμός της στάθμης και της ποιότητας των υπόγειων υδάτων έχει μεγάλη σημασία γιατί μπορούμε να εκτιμήσουμε την επιρροή του νερού στην ευστάθεια και τις καθιζήσεις ενός έργου. Επίσης μπορούμε να εκτιμήσουμε τον κίνδυνο διάβρωσης από τη ροή του νερού μέσα στο έδαφος καθώς και την επιρροή του στα δομικά υλικά, και τελικά να συμπεράνουμε αν αυτό το έδαφος είναι κατάλληλο ώστε να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του έργου.

Οι γεωτεχνικές έρευνες πρέπει να γίνονται με καθορισμένο τρόπο, που περιγράφεται σε προδιαγραφές. Στον ελληνικό χώρο υπάρχουν προδιαγραφές με την ισχύ Νόμου, καθώς επίσης και διάφορες εγκύκλιοι για διάφορους τύπους έργων.

Οι βασικές προδιαγραφές, οι οποίες έχουν δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως είναι οι εξής:

1. “Τεχνικές Προδιαγραφές Γεωλογικών Εργασιών μέσα στα Πλαίσια των Μελετών Τεχνικών Έργων”, (Ε 104-85), ΦΕΚ υπ’αρ. 29/11-2-1986.
2. “Προδιαγραφές επί Τόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής”, (Ε 106-86), ΦΕΚ υπ’αρ. 955/31-12-86.
3. “Προδιαγραφές επί Τόπου Δοκιμών Βραχομηχανικής και Εργαστηριακών Δοκιμών Βραχομηχανικής”, (Ε 102-84) και (Ε 103-84), ΦΕΚ υπ’αρ. 70/8-2-1985.
4. “Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής”, (Ε 105-86), ΦΕΚ υπ’αρ. 955/31-12-86.

Στο Κεφάλαιο 2, έγινε περιγραφή της κοκκομετρικής ανάλυσης και δόθηκαν οι ορισμοί δεικτών, όπως ο λόγος κενών, η περιεχόμενη υγρασία κ.ά., που υπάγονται στις εργαστηριακές δοκιμές. Οι δοκιμές αντοχής και παραμορφωσιμότητας των εδαφών πρέπει να γίνονται σε “αδιατάραχτα” δείγματα, δηλαδή σε δείγματα των οποίων η δομή και οι μηχανικές ιδιότητες δεν επηρεάστηκαν (διαταράχθηκαν) κατά το στάδιο της δειγματοληψίας. Για να αντιμετωπισθεί αυτό το πρόβλημα γίνονται επί τόπου δοκιμές, ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά του εδάφους στη φυσική του κατάσταση.

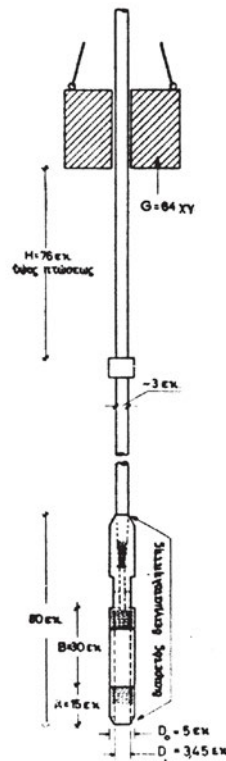
Στα επόμενα θα περιγράψουμε, σε συντομία, μία πολύ χρήσιμη επί τόπου δοκιμή, η οποία είναι γνωστή ως “Κανονική Δοκιμή Διεισδύσεων” (SPT).

7.2. Η ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΕΩΝ

Στα μη συνεκτικά εδάφη δεν είναι δυνατή η λήψη αδιατάραχτων δειγμάτων. Μία από τις πιο απλές δοκιμές είναι η δοκιμή που αναφέρθηκε στα προηγούμενα.

Η δοκιμή συνίσταται στη μέτρηση του αριθμού των κτύπων, που απαιτούνται για τη διείσδυση δειγματολήπτου μέσα στο έδαφος με βήματα των 15 εκατοστών.

Για τις κρούσεις χρησιμοποιείται ένα βάρος 64 κιλών, το οποίο πέφτει από ύψος 76 εκατοστών. Μετρείται ο αριθμός των κτύπων για μία αρχική διείσδυση 15 εκ. Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η διαδικασία σε δύο στάδια με διείσδυση 15 εκ. το καθένα. Ο αριθμός



Σχήμα 2. Διάταξη για την Κανονική Δοκιμή Διεισδύσεων

που προκύπτει ως άθροισμα των κτύπων που απαιτήθηκαν για τα τελευταία 30 εκ. (15+15) είναι ο αριθμός N. Αυτός ο αριθμός εκφράζει την αντίσταση του εδάφους και κατά συνέπεια συνδέεται με την αντοχή του.

Στους Πίνακες 1 και 2 φαίνεται η συσχέτιση του αριθμού των κτύπων N, με βασικές παραμέτρους του εδάφους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 (Έδαφος χωρίς συνοχή)

N (κρ/30 εκ.)	D_r (%)	ϕ°	γ_u (kN/m ³)	Κατάσταση του εδάφους
0 – 4	0 – 15	< 28	< 16,0	Πολύ χαλαρή
4 – 10	15 – 35	28 – 30	15 – 20	Χαλαρή
10 – 30	35 – 65	30 – 36	17,5 – 20,5	Μέση
30 – 50	65 – 85	36 – 41	17,5 – 22	Πυκνή
> 50	85 – 100	> 41	> 20,5	Πολύ πυκνή

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 (Έδαφος με συνοχή)

N (κρ/30 εκ.)	γ_u (kN/m ³)	Αντοχή σε θλίψη q_u (kN/m ²)	Κατάσταση του εδάφους	Αναγνώριση
< 2	16 – 19	< 25	Πολύ μαλακό	Διαρρέει από τα δάκτυλα όταν συνθλίβεται
2 – 4	16 – 19	25 – 50	Μαλακό	Μικρή πίεση των δακτύλων αφήνει αποτυπώματα
4 – 8	17,5 – 20,5	50 – 100	Μέσο	Ισχυρή πίεση αφήνει αποτυπώματα
8 – 16	19 – 22	100 – 200	Στιφρό	Χαράζεται με τον αντίχειρα
16 – 32	19 – 22	200 – 400	Πολύ στιφρό	Χαράζεται με το νύχι
> 32	> 20,5	400 – 800	Σκληρό	Χαράζεται δύσκολα με το νύχι

Στο 3^ο Κεφάλαιο είχαμε δει πώς μπορούμε να κάνουμε μία εκτίμηση του μεγέθους των καθιζήσεων με τη χρήση του αριθμού N. Θα ήταν ιδιαίτερα διδακτικό εάν γινόταν ένας συνδυασμός των πληροφοριών που μπορούμε να πάρουμε από τη δοκιμή διεισδύσεων και να παρατηρήσουμε πώς συσχετίζεται η κατάσταση του εδάφους με την αναμενόμενη καθίζηση.

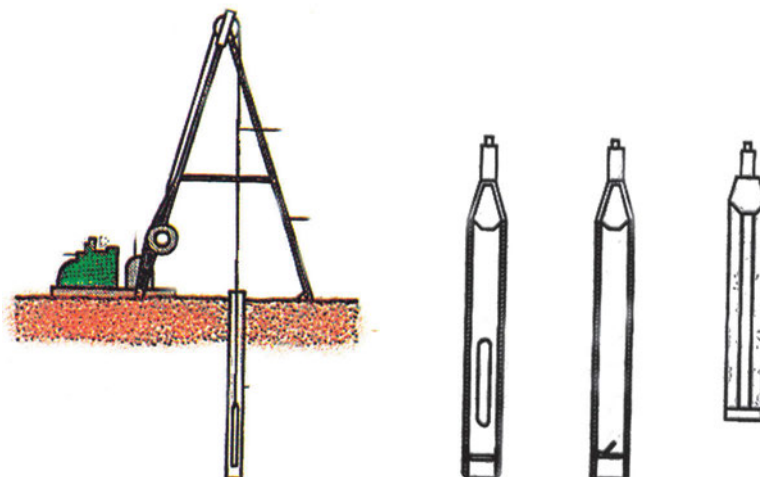
7.3. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Για να σχηματίσουμε τεκμηριωμένη άποψη για τις συνθήκες του εδάφους, πρέπει να κάνουμε γεωτρήσεις από τις οποίες θα πάρουμε δείγματα από διάφορα βάθη, τα οποία θα εξεταστούν στο εργαστήριο. Από τις εργαστηριακές αναλύσεις και δοκιμές προκύπτουν πληροφορίες, που είναι απαραίτητες για την κατάταξη των εδαφών. Στα δείγματα γίνονται, επίσης, δοκιμές για τον προσδιορισμό της αντοχής τους και της παραμορφωσιμότητάς τους. Με τη βοήθεια αυτών των αποτελεσμάτων είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε την αναμενόμενη συμπεριφορά του εδάφους, κατά την κατασκευή και λειτουργία του έργου.

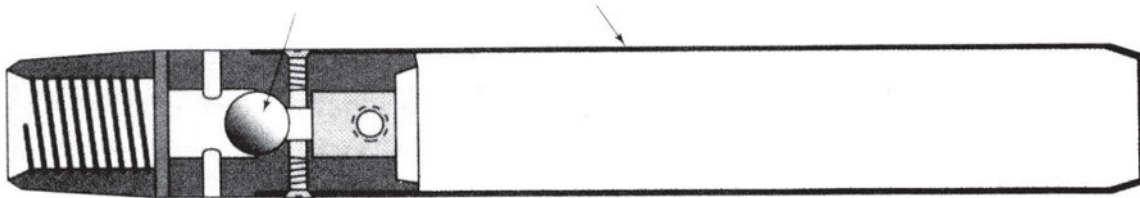
Ο μελετητής του έργου, κρίνοντας από τις πληροφορίες για τη γεωλογία της περιοχής, προγραμματίζει το πλήθος και τη θέση των γεωτρήσεων.

Για ένα κτίριο, το οποίο καταλαμβάνει σχετικά μικρή έκταση, ένα αρχικό πρόγραμμα γεωτρήσεων θα ήταν μία γεώτρηση σε κάθε γωνία της κατασκευής και μία στο μέσον της. Όσον αφορά στο βάθος μέχρι το οποίο θα φθάνουν οι γεωτρήσεις, κάτω από τη στάθμη έδρασης του θεμελίου, ένας πρακτικός κανόνας είναι να φθάνει σε βάθος ίσο προς το διπλάσιο της μικρότερης διάστασης της κάτοψης του έργου.

Στα Σχήματα που ακολουθούν βλέπουμε διάφορες διατάξεις, που χρησιμοποιούνται για τη δειγματοληψία.



Σχήμα 3. Διάταξη δειγματοληψίας.



Σχήμα 4. Δειγματολήπτης τύπου Σέλμπυ (Shelby).

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν φαίνεται ο τρόπος τοποθέτησης των δειγμάτων σε κασόνια.



Φωτ. 1 Πυρήνας (καρότο) γεώτρησης σε ειδικό κασόνι.



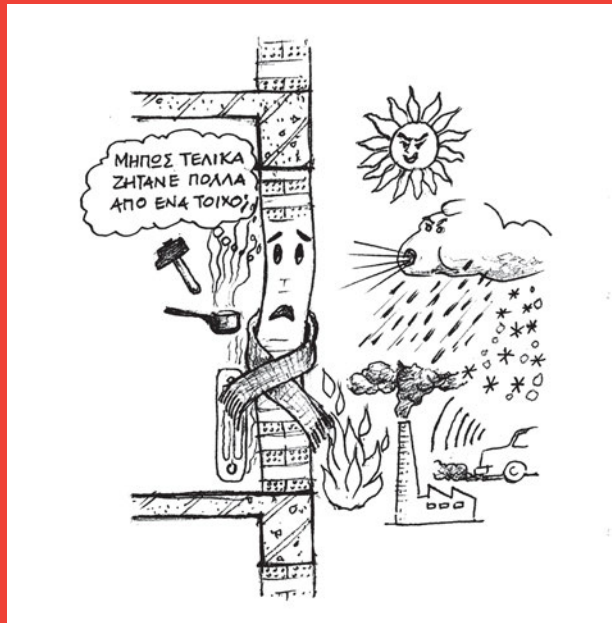
Φωτ. 2 Λεπτομέρεια στην οποία φαίνεται η ετικέτα με την «ταυτότητα» του δείγματος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Μάθαμε για τη σημασία που έχουν οι επί τόπου δοκιμές και η δειγματοληψία.

Περιγράψαμε τη διαδικασία της Κανονικής Δοκιμής Διεισδύσεων και είδαμε το πώς αξιοποιούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Μάθαμε για τη σημασία που έχει η λήψη δειγμάτων του εδάφους και με ποιο τρόπο προγραμματίζονται οι γεωτρήσεις.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ

- Εισαγωγικές πληροφορίες.
- Είδη τοίχων ως προς:
 - ✓ τη στατική λειτουργία
 - ✓ τη θέση
 - ✓ τα υλικά και τη δομή
- Λειτουργία - Απαιτήσεις προστασίας.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

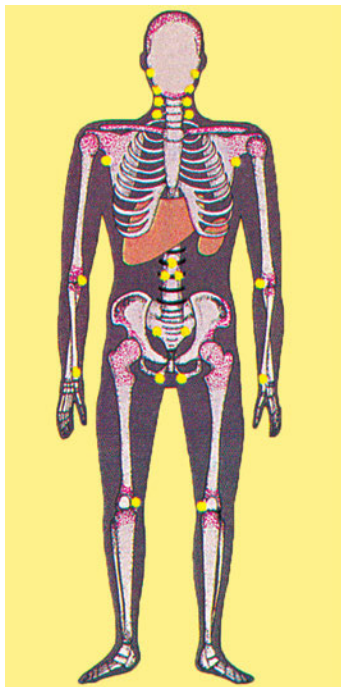
- Να κατατάσσετε τους τοίχους σε κατηγορίες με κριτήριο:
τη στατική τους λειτουργία,
τη θέση τους,
το υλικό και τη δομή τους.
- Να εξηγείτε και να δικαιολογείτε τη λειτουργία του τοίχου και τις απαιτήσεις των Κανονισμών σχετικά με αυτή.

8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ - Η έννοια του τοίχου.



Φωτ. 8.1. Σπίτια στη Μονεμβασιά.

Συμφωνείτε κι εσείς ότι τα σπίτια, που έχουν να διηγηθούν ...ιστορίες, είναι **ανθρωπόμορφα**; Γι' αυτό, τον τοίχο στα κτιριακά έργα θα τον ορίσουμε έμμεσα, από τον παραλληλισμό του κτιρίου με το ανθρώπινο σώμα.



Φωτ. 8.2. Σκελετός - μύες

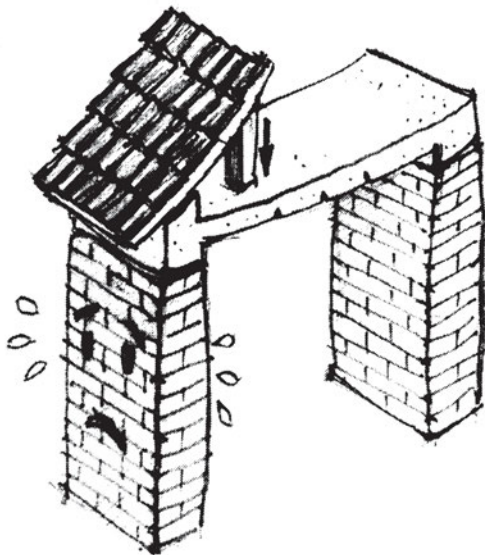
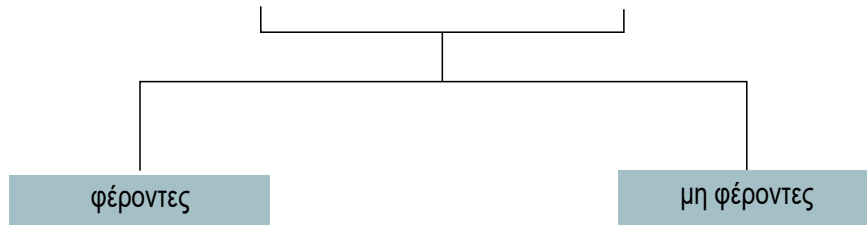
Οι τοίχοι είναι οι μύες του ανθρώπινου σώματος και πολλές φορές κι ο σκελετός του ταυτόχρονα.

Τοιχοποιίες λοιπόν ονομάζουμε τα κατακόρυφα στοιχεία μιας κατασκευής, που δομούνται με διάφορα υλικά, με σκοπό να διαμορφώσουν τους εσωτερικούς χώρους και, πολλές φορές, να αναλάβουν και τα φορτία των οριζόντιων στοιχείων (δοκαριών, πλακών, στεγών).

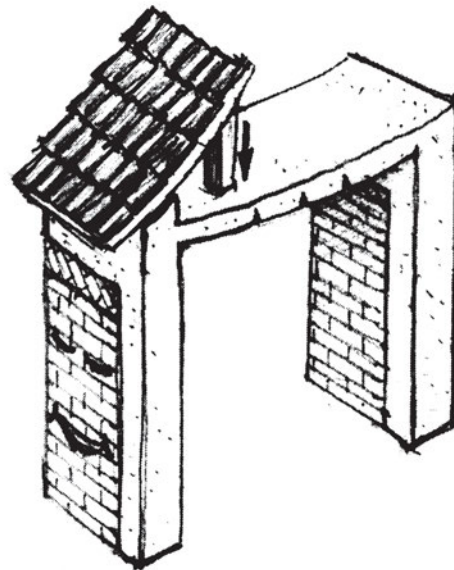
Αυτό τον τεχνικό ορισμό θα τον κατανοήσετε μελετώντας τις επόμενες σελίδες.

8.2.1. Είδη τοίχων ως προς τη ΣΤΑΤΙΚΗ τους ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.

Οι τοίχοι ως προς τη **στατική λειτουργία τους** διακρίνονται σε:



Σχήμα 8.1. Φέρον τοίχος.



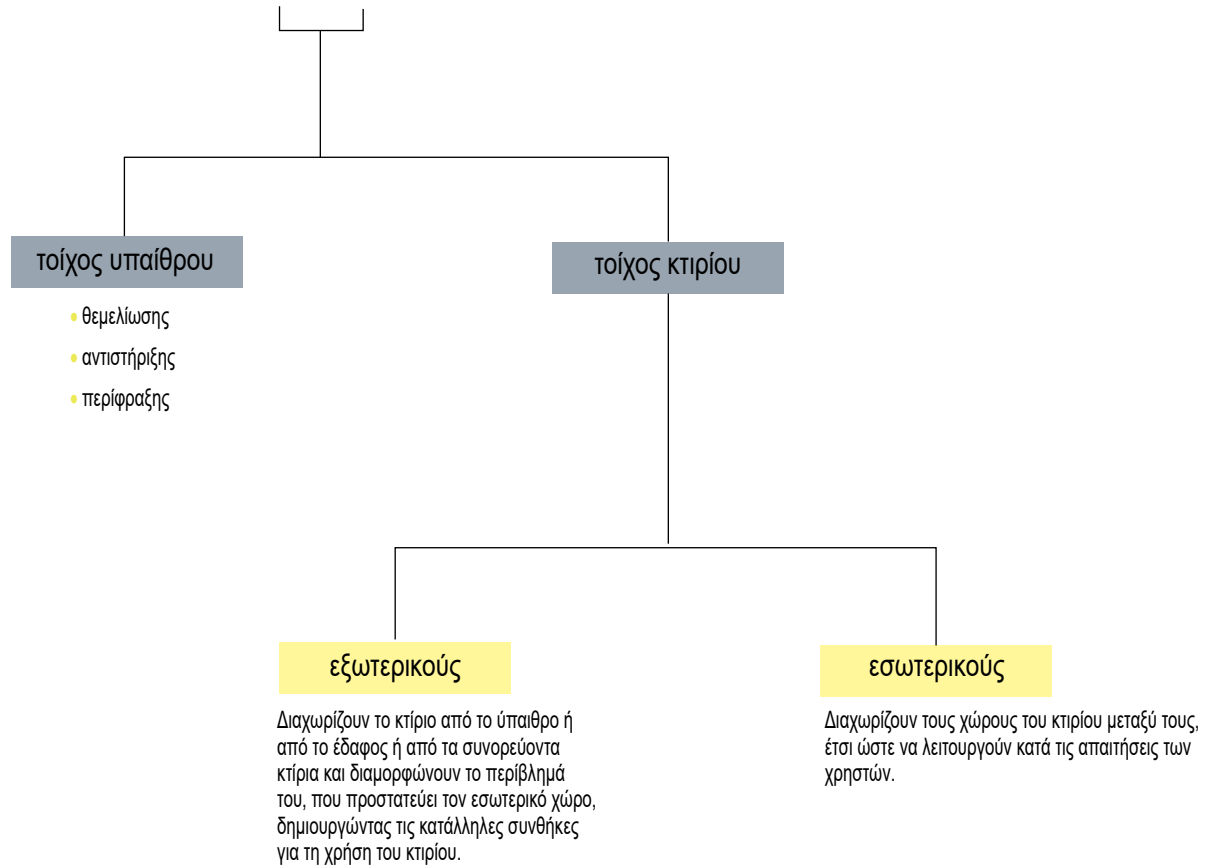
Σχήμα 8.2. Τοίχος πλήρωσης.

Οι φέροντες τοίχοι παραλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία από τα πατώματα (δηλαδή τα ίδια βάρη της κατασκευής, των ανθρώπων, των επίπλων κ.λπ) και τα οριζόντια φορτία (από σεισμό, άνεμο κ.λπ), τα οποία μεταφέρουν στους πιο κάτω φέροντες τοίχους ή στη θεμελίωση. Ταυτόχρονα λειτουργούν και ως τοίχοι πλήρωσης.

Τα φορτία της κατασκευής παραλαμβάνει ο «σκελετός», που κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβα ή ξύλο. Εδώ οι τοίχοι είναι μόνο για **συμπλήρωση** των κενών, που δημιουργούνται ανάμεσα στα μέλη του σκελετού, γι' αυτό λέγονται **τοίχοι πλήρωσης** ή **τοίχοι μη φέροντες** (εννοείται φορτία).

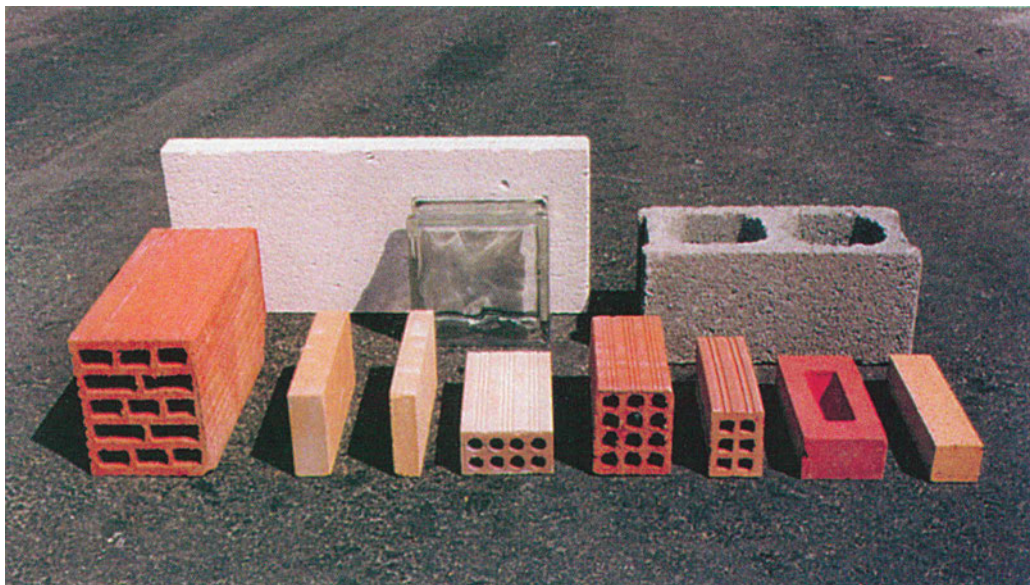
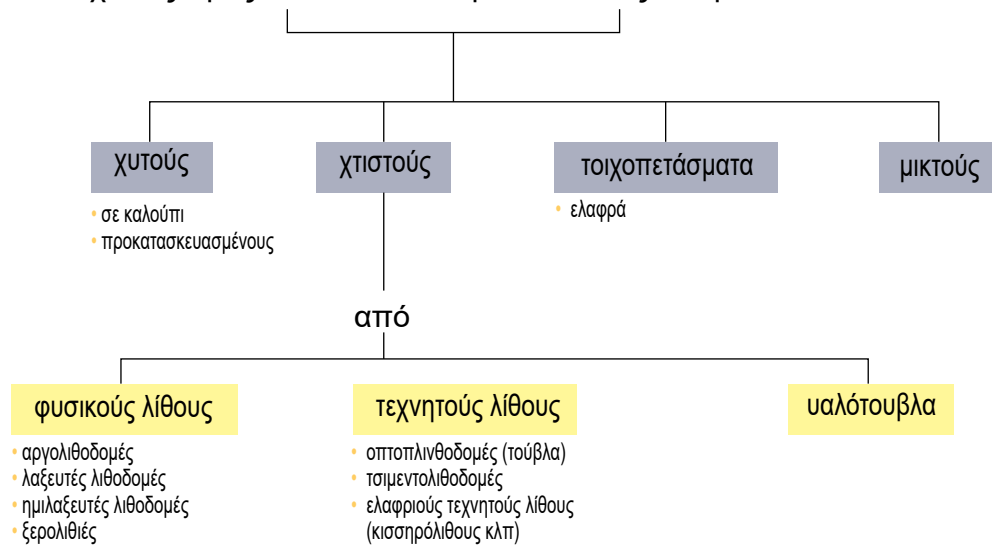
8.2.2.Είδη τοίχων ως προς τη ΘΕΣΗ τους.

Οι τοίχοι ως προς τη **θέση**, στην οποία έχουν δομηθεί, διακρίνονται σε:

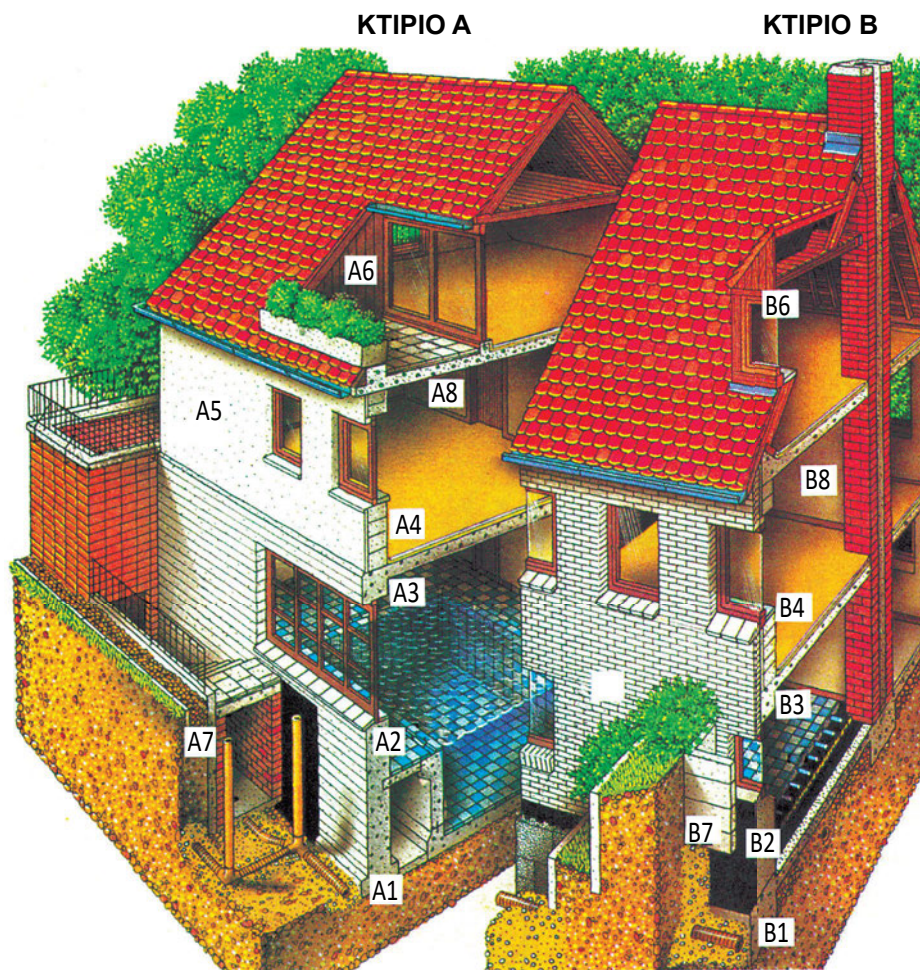


8.2.3. Είδη τοίχων ως προς το ΥΛΙΚΟ και τη ΔΟΜΗ τους.

Οι τοίχοι ως προς το **ΥΛΙΚΟ** και τη **ΔΟΜΗ** τους διακρίνονται σε:



Φωτ. 8.3. Υλικά δόμησης τοίχων.



Φωτ. 8.4. Τομή κατοικίας σε προοπτικό (2 τύποι: Α, Β).

Ως παράδειγμα εφαρμογής των τοίχων προσέξτε στο προοπτικό σχέδιο της Φωτ. 8.4, που παρουσιάζει τμήμα από δύο τύπους κατοικίας Α και Β, τα εξής:

- **A1, B1:** Θεμέλια από σκυρόδεμα.
- **A2, B2:** Τοίχιο από σκυρόδεμα (ως χυτός φέρων εξωτερικός τοίχος).
- **A3, B3:** Δοκός και πλάκα από σκυρόδεμα.
- **A4, B4:** Εξωτερικός φέρων τοίχος από τεχνητούς λίθους με εξωτερικό σοβά (**A5**) ή επένδυση από εμφανές τούβλο (**B5**).
- **A6, B6:** Τοιχοπέτασμα από ξύλινη ελαφροκατασκευή.
- **A7, B7:** Φέρων τοίχος αντιστήριξης από σκυρόδεμα και
- **A8, B8:** Εσωτερικός τοίχος πλήρωσης.

8.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ – ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.



Σχήμα 8.3. Λειτουργία τοίχου.

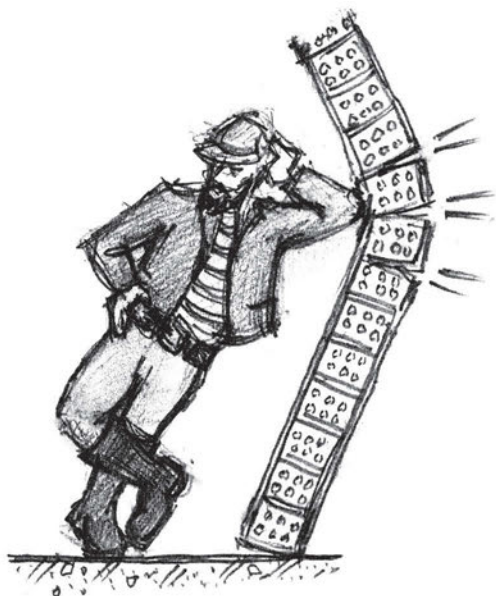
Οι απαιτήσεις προστασίας είναι για:

1. Μηχανική αντοχή επιφανειών.
2. Ευστάθεια στον σεισμό.
3. Αντοχή στον άνεμο,
4. Πυραντίσταση.
5. Αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία.
6. Θερμομόνωση.
7. Υγρομόνωση.
8. Ηχομόνωση.

**Ο Κτιριοδομικός
Κανονισμός τα
απαιτεί!..**



8.3.1. Μηχανική αντοχή επιφανειών.



Σχήμα 8.4.

Σε κανονικές συνθήκες οι τοίχοι δεν πρέπει να παραμορφώνονται, ούτε να ρηγματώνονται, όταν δέχονται κατακόρυφα ή οριζόντια φορτία (Σχ. 8.4).

Στους τοίχους, εκτός από τα άλλα φορτία, που προαναφέραμε, πρέπει να μπορούμε να στηρίζουμε και αντικείμενα, όπως νιπτήρες, πίνακες, θερμοσίφωνες κ.λπ και βέβαια επενδύσεις, που πολλές φορές λόγω βάρους (π.χ. μαρμαρόπλακες) και ύψους (π.χ. πολυώροφα κτίρια), πρέπει να στηρίζονται σε **σταθερή** επιφάνεια (Σχ. 8.5).



Σχήμα 8.5.

Τοιχοποιία χτισμένη σύμφωνα με τους κανόνες σωστής δόμησης δεν πρόκειται να ρηγματωθεί με συνήθεις δονήσεις (Σχ. 8.6).

Υπόψη ότι οι **ρωγμές** δεν δημιουργούν μόνο **ψυχολογική ανασφάλεια** στους ανθρώπους, αλλά **μειώνουν τη συνολική αντοχή της κατασκευής** και προκαλούν **προβλήματα λειτουργίας** σ' αυτή.



Σχήμα 8.6.

8.3.2. Ευστάθεια στον σεισμό.



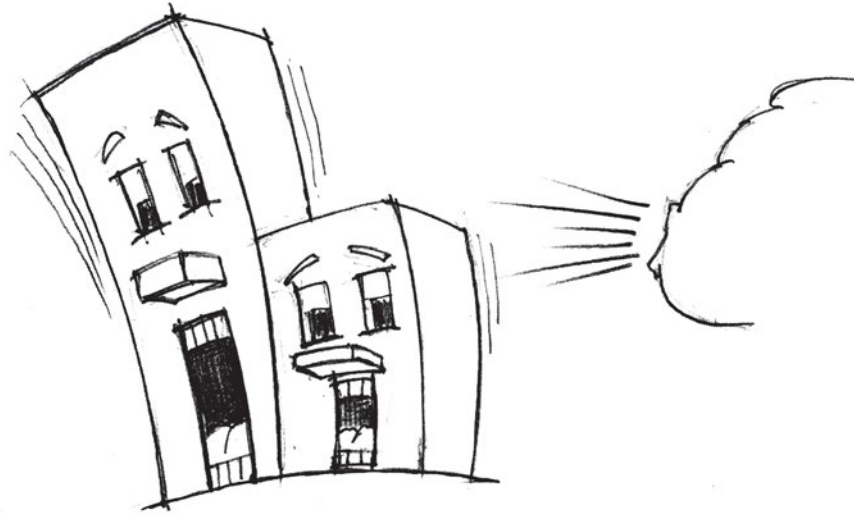
Φωτ. 8.5. Σεισμόπληκτο κτίριο.

Υπάρχουν **κανονισμοί** από το Υπουργείο και γίνεται **μελέτη**, ώστε η τοιχοποιία να αντέχει τα στατικά και σεισμικά δυναμικά φορτία, ιδίως αν είναι φέρουσα.

Υπάρχουν, επίσης, **προδιαγραφές**, που περιγράφουν τους σωστούς τρόπους κατασκευής και τις τεχνικές λεπτομέρειες.

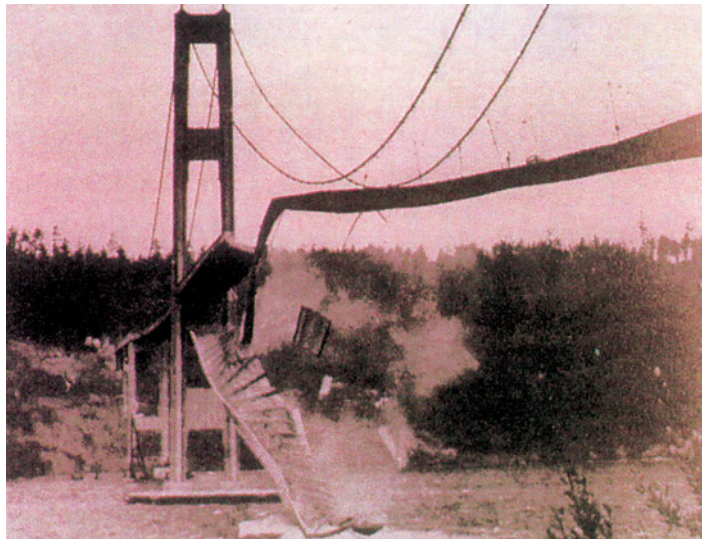
Στη χειρότερη περίπτωση, π.χ. δυνατού, απρόβλεπτου σεισμού, το κτίσμα και βέβαια η τοιχοποιία δεν πρέπει να καταρρεύσει ακαριαία. **Να θυμάστε ότι οι κατασκευές μας «σέβονται» όταν τις «υπολογίζουμε»!**

8.3.3. Αντοχή στον άνεμο.



Σχήμα 8.7. Ανεμοπίεση.

Σε ορισμένους τόπους και ιδιαίτερα για υψηλές κατασκευές, η **ανεμοπίεση και τα ρεύματα**, που δημιουργεί αυτή στο εσωτερικό των κτιρίων, **προκαλούν ισχυρή καταπόνηση στην κατασκευή**. Ταλαντώνουν, παραμορφώνουν και πιέζουν τις επιφάνειες σε σημαντικό βαθμό. Δείτε στη Φωτ. 8.6. την εντυπωσιακή κατάρρευση της γέφυρας στην περιοχή Tacoma της Αμερικής, (συνέβη μάλιστα την ημέρα των ...εγκαινίων της) εξαιτίας του ισχυρού ανέμου, για να εκτιμήσετε τις συνέπειες, που μπορεί να έχει η ανεμοπίεση.



Φωτ. 8.6. Κατάρρευση της γέφυρας Tacoma από ανεμοπίεση.

8.3.4. Πυραντίσταση.



Σχήμα 8.8.

Όπως καθορίζεται από τον **Κανονισμό Πυροπροστασίας** των κτιρίων για περιπτώσεις φωτιάς ή έκρηξης επικινδύνων υλών ή αερίων, πρέπει η κατασκευή να εμποδίζει ή να επιβραδύνει τη μετάδοση της φωτιάς με την αντιπυρική δομή της και τα πυράντοχα υλικά της.

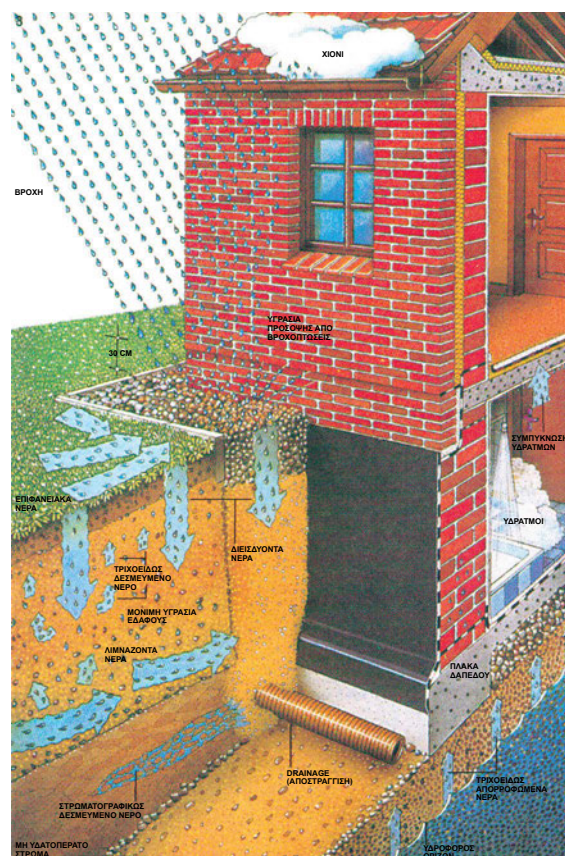
8.3.5. Αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία.



Σχήμα 8.9.

Τα υλικά των εξωτερικών τοιχοποιιών πρέπει να αντέχουν στην ηλιακή ακτινοβολία, να μην αλλοιώνονται ή ρηγματώνονται ή «γηράσκουν» από αυτή. Επίσης, οι τοίχοι πρέπει να έχουν ανοίγματα με κατάλληλο εξοπλισμό, που να εξασφαλίζει την ηλιοπροστασία του εσωτερικού του κτιρίου.

8.3.6. Υγρομόνωση.



Φωτ. 8.7. Υγρασιακές διαβρώσεις κτιρίου – Υγρομόνωση – Θερμοχομόνωση.

Στη φωτ. 8.7. φαίνονται οι «επιθέσεις» από νερό και υγρασία, που δέχονται τα στοιχεία ενός κτιρίου, τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά. Νερά από καιρικά φαινόμενα, όπως βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις, υπόγεια νερά, που απορροφώνται τριχοειδώς ή λιμνάζουν και πιέζουν την κατασκευή. Στο εσωτερικό του κτιρίου υδρατμοί ή συμπύκνωση υδρατμών από πλύσιμο, μαγείρεμα, αναπνοές κ.λπ.

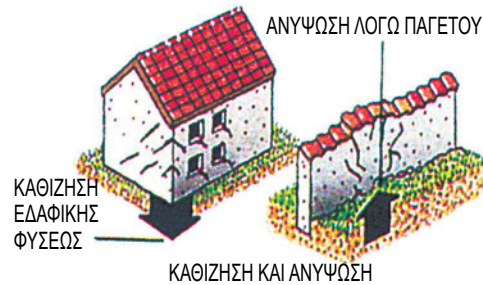
Οι στεγανωτικές εργασίες (υγρομόνωση) είναι τα μέτρα προστασίας, που λαμβάνονται προκειμένου να αποτρέψουν τη διείσδυση ή απορρόφηση νερών ή υγρασίας από την κατασκευή. Πρέπει να προβλέπονται από τη μελέτη και να γίνονται στη φάση της δόμησης του έργου, γιατί η εκ των υστέρων θεραπεία των προβλημάτων αυτών κοστίζει πολύ περισσότερο σε κόπο και χρήμα. Στη φωτ. 8.7. φαίνεται η εφαρμογή των υγρομονωτικών στρώσεων με το συμβολισμό:



Αν αφήσουμε το κτίριο χωρίς άμυνα σ' αυτές τις επιθέσεις, εκτός από την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής μέσα σ' αυτό, θα υπάρξει διάβρωση των υλικών, ρηγμάτωση και βλάβες των στοιχείων και πρόωρη γήρανση της κατασκευής, άρα **μείωση της αξίας της**.



Σχήμα 8.10.

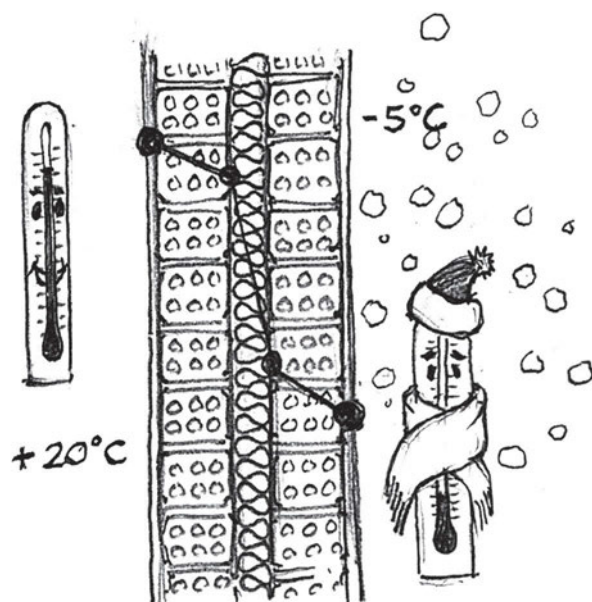


Σχήμα 8.11.

8.3.7. Θερμομόνωση.

Οι τοίχοι δεν χτίζονται μόνο για να αναλαμβάνουν φορτία ή απλώς να συμπληρώνουν τα κενά. Χτίζονται και για να προστατεύουν από το κρύο και τη ζέστη. Σύμφωνα με τον **κτιριοδομικό κανονισμό** και τον **κανονισμό θερμομόνωσης**, **«οι εξωτερικοί ειδικότερα τοίχοι του κτιρίου πρέπει να προστατεύουν τον εσωτερικό χώρο από εναλλαγή των κλιματολογικών συνθηκών»**.

Υπάρχουν κατασκευαστικές τεχνικές και πολλά θερμομονωτικά υλικά και γίνεται **υποχρεωτικά σχετική μελέτη θερμομόνωσης για να δοθεί η άδεια να οικοδομηθεί ένα κτίριο**. Στη φωτ. 8.7. τα θερμομονωτικά υλικά φαίνονται στις κατάλληλες θέσεις με το συμβολισμό:



Σχήμα 8.12. Θερμομονωμένος τοίχος. Διάγραμμα πτώσης θερμοκρασίας.

Η θερμομονωτική ικανότητα ενός τοίχου μετρείται με το **συντελεστή θερμικής διάδοσης k** , που δείχνει την ποσότητα της θερμότητας, που διαπερνάει σε 1 ώρα 1 m² τοίχου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας στις δύο πλευρές του είναι ίση με 1 °C.

Προφανώς όσο πιο μικρό είναι το k , τόσο πιο θερμομονωτικός χαρακτηρίζεται ο τοίχος.



Όσο πιο μεγάλη θερμομόνωση προσφέρουν οι τοίχοι, τόσο πιο λίγα χρήματα και ενέργεια ξοδεύουμε για να διατηρήσουμε ζεστό τον εσωτερικό χώρο τον χειμώνα και δροσερό το καλοκαίρι.



Σχήμα 8.13. Παραδείγματα θερμικών μεταβολών των δομικών στοιχείων.

Επίσης, τα χωρίς θερμομόνωση τμήματα της εξωτερικής κατασκευής παραμορφώνονται έντονα **από θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές**, με αποτέλεσμα τη ρηγμάτωσή τους



Σχολιάστε την πολύ συνηθισμένη ρηγμάτωση του Σχήματος 8.13.

8.3.8. Ηχομόνωση.

Ο **θόρυβος**, ο ενοχλητικός ήχος δηλαδή, είναι μια μάστιγα της σύγχρονης εποχής. Η κυκλοφορία π.χ. των οχημάτων στους δρόμους (έντονος θόρυβος) και η προσγείωση ή απογείωση αεροπλάνου (ανυπόφορος θόρυβος) είναι καθημερινή και συνεχής «φόρτιση» για κάποια κτίσματα και ανθρώπους, που κινδυνεύουν να «αρρωστήσουν».

Οι τοίχοι είναι από τα τμήματα της κατασκευής, που προορίζονται να μας προστατεύσουν από τους θορύβους και τους κραδασμούς τους, που προκαλούνται στο εσωτερικό ή το εξωτερικό του κτιρίου.

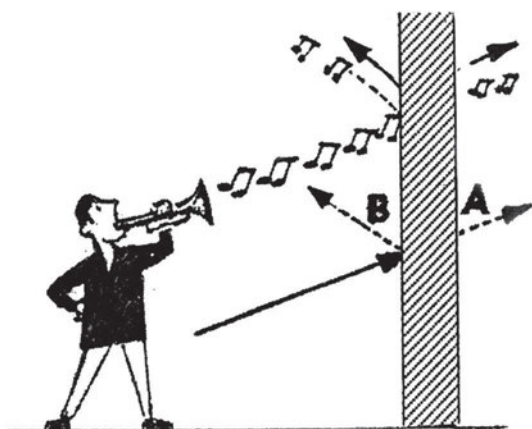
Αυτό μπορεί να γίνει αν μελετηθούν και κατασκευαστούν με τα **ειδικά ηχομονωτικά υλικά** και τις τεχνικές, που περιγράφονται στους σχετικούς **κανονισμούς ηχοπροστασίας των κατασκευών**.



Σχήμα 8.14. Οι θόρυβοι στη ζωή μας.



Ένας τοίχος θερμομονωμένος δεν είναι απαραίτητα και ικανοποιητικά ηχομονωμένος και αντίστροφα. Τα υλικά είναι σχεδόν τα ίδια, αλλά οι τεχνικές κατασκευαστικές εφαρμογές είναι διαφορετικές.



Σχήμα 8.15.

Όταν ένα ηχητικό κύμα πέφτει σ' έναν τοίχο, ένα μέρος του (A) μεταδίδεται στον χώρο απ' την άλλη πλευρά, ενώ το υπόλοιπο μέρος του ήχου (B) αντανακλάται στον ίδιο χώρο (Σχ. 8.15.)

Ο σκοπός μιας σωστής ηχομόνωσης είναι να απορροφά την ηχητική ένταση, κυρίως την (A). Θα έχετε ίσως προσέξει ότι στους χώρους παραγωγής μουσικής και ηχογράφησης (studio) οι τοίχοι, και όχι μόνο, είναι επενδεδυμένοι με υλικά ηχομονωτικά, π.χ. αφρολέξ, κυψελωτά, για τον λόγο που προαναφέραμε.



Σχήμα 8.16..

Τους εξωτερικούς θορύβους δεν είναι στο χέρι μας να τους μειώσουμε. Αυτό πρέπει να το αναλάβει η Πολιτεία. Ως τεχνικοί όμως μπορούμε να τους ελαχιστοποιήσουμε, στο πλαίσιο του **αγώνα κατά του θορύβου**. Με ποιο τρόπο;



Σωληνώσεις και εγκαταστάσεις, που δημιουργούν θόρυβο και στηρίζονται στον τοίχο (π.χ. καζανάκια WC, βρύσες, απορροφητήρες κ.λπ), **πρέπει να ηχομονώνονται στη φάση της κατασκευής και να τοποθετούνται με ελαστικά στηρίγματα.**

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.

Τοιχοποιίες είναι τα κατακόρυφα στοιχεία μιας κατασκευής, εσωτερικά ή εξωτερικά, που είναι φέροντα ή πλήρωσης σε υπάρχοντα φέροντα οργανισμό. Δομούνται με διάφορα υλικά ή τεχνικές, από τις οποίες αντλούν και την ονομασία τους, όπως π.χ. αργολιθοδομές, λαξευτές λιθοδομές, σπτοπλινθοδομές, τσιμεντολιθοδομές, τοιχοπετάσματα κ.λπ.

Από το σύνολο της κατασκευής αυτής απαιτούμε να έχει μηχανική αντοχή, ευστάθεια στον σεισμό, αντοχή στον άνεμο, πυραντίσταση, αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία, θερμο-υγραχομονωτική συμπεριφορά.

ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

Φωτογραφίστε τοίχους ή σχεδιάστε σκαρίφημά τους στη φάση κατασκευής ή ολοκλήρωσής τους και αναφέρετε σε ποια κατηγορία ανήκουν. Σχολιάστε ποιοι απ' αυτούς είναι οι πιο συνηθισμένοι στην περιοχή, που κατοικείτε, και αν ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Κτιριοδομικού Κανονισμού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ φέροντος και μη φέροντος τοίχου;
2. Ποιοι χαρακτηρίζονται εσωτερικοί και ποιοι εξωτερικοί τοίχοι;
3. Ποια είναι τα είδη των τοίχων ως προς το υλικό και τη δομή τους;
4. Ποιες είναι οι απαιτήσεις προστασίας του Κτιριοδομικού Κανονισμού για τις τοιχοποιίες;
5. Γιατί απαιτούμε μηχανική αντοχή της επιφάνειας ενός τοίχου;
6. Σε περίπτωση που ο τοίχος είναι μόνο πλήρωσης, γιατί απαιτούμε και απ' αυτόν αντοχή στον άνεμο και στον σεισμό;
7. Τι είναι οι στεγανωτικές εργασίες;
8. Είναι υποχρεωτικό ή όχι (και γιατί), προκειμένου να εκδοθεί από την Πολεοδομία η άδεια οικοδόμησης ενός κτιρίου, να συνοδεύεται και από μελέτη θερμομόνωσης;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ

- Είδη λιθοδομών.
 - ✓ Λαξευτές
 - ✓ Ημιλαξευτές
 - ✓ Αργολιθοδομές
 - ✓ Ξηρολιθοδομές
- Κανόνες σωστής δόμησης.
- Κονίαμα - Αρμοί.
- Ανώφλια - Αψίδες.



ΣΚΟΠΟΣ - ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- **Να διακρίνετε τα διάφορα είδη λιθοδομών και τις περιπτώσεις, στις οποίες εφαρμόζεται το καθένα.**
- **Να περιγράφετε τον τρόπο κατασκευής και να αναφέρετε τους κανόνες ορθής δόμησης.**
- **Να εξηγείτε τον ρόλο του διαζώματος (σενάζ).**
- **Να αναγνωρίζετε τους τύπους των ανωφλίων και των αρμών.**

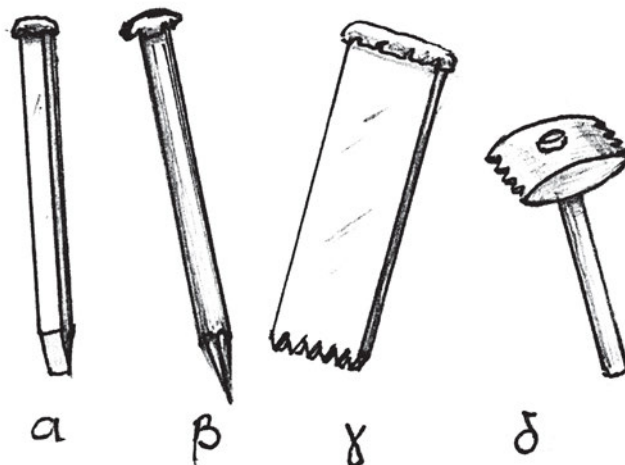
9.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Οι **φυσικοί λίθοι** (πέτρες) αποτελούσαν, μέχρι τον προηγούμενο αιώνα, το κυριότερο δομικό υλικό. Στη συνέχεια όμως η βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη είχαν ως αποτέλεσμα την αντικατάστασή τους από τους **τεχνητούς λίθους** (τούβλα, τσιμεντόλιθους κ.λπ.), τα οποία έχουν βασικά πλεονεκτήματα, όπως:

1. **Μικρό βάρος και διαστάσεις**, άρα συντελούν στην **εξοικονόμηση χώρου και κόστους** της κατασκευής.
2. **Μικρό κόστος παραγωγής**.
3. **Ομοιόμορφες, σταθερές και επιθυμητές ιδιότητες** (πυρότουβλα, ελαφροκισσηρόλιθοι κ.ά.).
4. **Χαμηλότερο κόστος δόμησης**.

Φυσικά, σε ορεινές περιοχές, νησιά, όπου **αφθονούν** οι πέτρες, αυτές αποτελούν τη **βασική πρώτη ύλη** για τη δόμηση και η λιθοδομή είναι κυρίως **φέρουσα** σ' αυτές τις περιπτώσεις, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει και ωραίο **αισθητικό** αποτέλεσμα, είτε πρόκειται για «πέτρινα σπίτια», είτε για γεφύρια, είτε για τοίχους αντιστήριξης ή περιφράξης.

Το **πάχος** του τοίχου είναι βέβαια σημαντικό (σε καμιά περίπτωση δεν μπορεί να είναι λιγότερο από 50 cm) και υπάρχουν αυστηροί **κανόνες ορθής δόμησης**, που θα αναπτυχθούν στη συνέχεια.



Σχ. 9.1. Εργαλεία λάξευσης λίθων (α. καλέμι, β. βελόνι, γ. χτένι, δ. θραπτίνα).

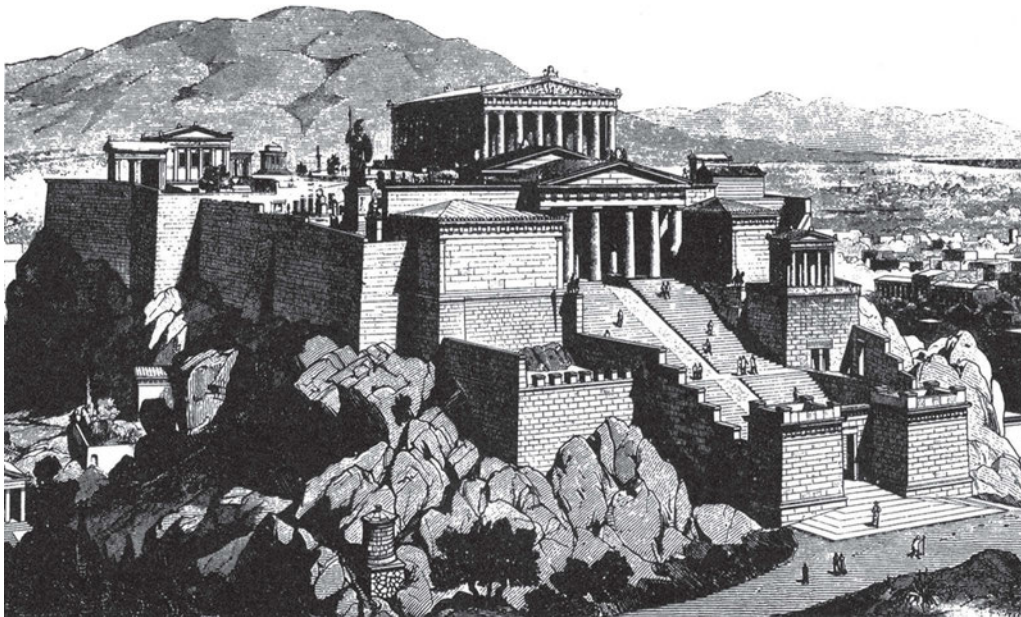
9.2. ΕΙΔΗ ΛΙΘΟΔΟΜΩΝ.

Ανάλογα με τον τρόπο δόμησής τους οι λιθοδομές διακρίνονται σε:

9.2.1. Λαξευτές λιθοδομές.

Έτσι ονομάζονται οι λιθοδομές, που κατασκευάζονται με **λαξευτές** (πελεκητές, ξεστές) πέτρες, που έχουν ένα **ακριβές γεωμετρικό σχήμα** μετά από την **κατάλληλη επεξεργασία** τους (Σχ. 9.1, Φωτ. 9.14).

Τέτοια θαυμαστά κτίσματα είναι τα μνημεία, όπως το αριστούργημα της τεχνικής του «**χρυσού αιώνα του Περικλή**», η **Ακρόπολη των Αθηνών** (Φωτ. 9.1), δημιούργημα των αρχιτεκτόνων **Ικτίνου** και **Καλλικράτη**, που εδώ εμφανίζεται σε αναπαράσταση, όπως δηλαδή ήταν στην αρχαιότητα, ενώ στη Φωτ. 9.2 φαίνεται όπως είναι σήμερα και μάλιστα με τις εργασίες συντήρησης του μνημείου σε εξέλιξη.



Φωτ. 9.1. Η Ακρόπολη των Αθηνών σε αναπαράσταση.

Το είδος αυτό της λιθοδομής στα σύγχρονα κτίσματα εμφανίζεται όλο και σπανιότερα, επειδή είναι **πανάκριβο** το εργατικό κόστος για την κατεργασία των λίθων, ενώ λιγότερο συνεχώς και οι **ειδικευμένοι** τεχνίτες. Πρόκειται πάντα για **φέρουσα τοιχοποιία**.



Φωτ. 9.2. Η Ακρόπολη των Αθηνών σήμερα από τον χώρο της Αρχαίας Αγοράς.

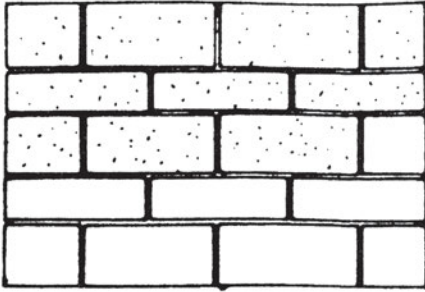
Στη δόμηση των λίθων, αν εξασφαλίζεται καλή επαφή μεταξύ τους λόγω της κατεργασίας, δεν είναι απαραίτητο το κονίαμα. Χρησιμοποιούνται μόνο σύνδεσμοι. Ακολουθούνται και εδώ οι κανόνες ορθής δόμησης, όπως και για τα άλλα είδη των λιθοδομών, που θα αναπτυχθούν στη συνέχεια.

9.2.2. Ημιλαξευτές λιθοδομές.

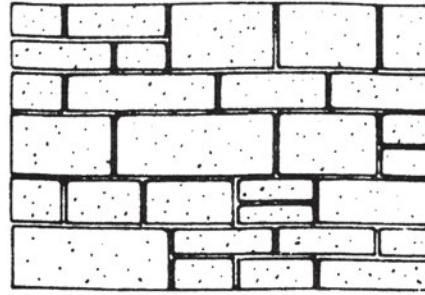
Οι πέτρες, που χρησιμοποιούνται σ' αυτή την περίπτωση, έχουν υποστεί κατεργασία **μόνο στην ορατή** επιφάνειά τους, δηλαδή στην όψη τους και σε βάθος περίπου 10 cm. Το υπόλοιπο τμήμα τους είναι απλώς **ξεχονδρισμένο** και καθαρισμένο. Εδώ προφανώς το κονίαμα για τη δόμησή τους είναι απαραίτητο.

Οι διαστάσεις, η μορφή και ο τρόπος δόμησης των λίθων χαρακτηρίζουν τις διάφορες παραλλαγές στην ονομασία των λαξευτών και ημιλαξευτών λιθοδομών. Έτσι διακρίνονται σε **ισόδομες και ισούψεις** (Σχ. 9.2, Φωτ. 9.3 και 9.4), **ισόδομες και ανισούψεις** (Σχ. 9.3), **ισόδομες και ισούψεις βυζαντινού τύπου** (Φωτ. 9.5 άνω δεξιά), **ανισόδομες** (Σχ. 9.4, 9.5 και Φωτ. 9.5 κάτω δεξιά).

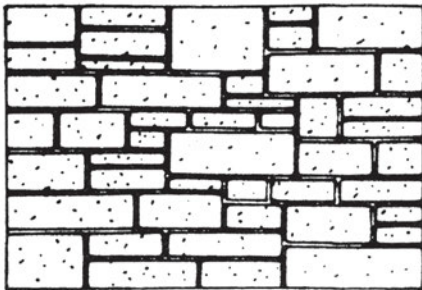
Αν στις πέτρες δοθεί μορφή κανονικού πολύγωνου, η λιθοδομή ονομάζεται **κανονικό μωσαϊκό** (Φωτ. 9.6), ενώ αν είναι ακανόνιστη, λέγεται **ανώμαλο μωσαϊκό** (Φωτ. 9.7). Στις ημιλαξευτές κατατάσσονται κατά κανόνα και οι **Κυκλώπειες λιθοδομές**, που παίρνουν το όνομά τους από το μεγάλο μέγεθος των λίθων, τους οποίους υπέθεταν ότι μόνο οι Κύκλωπες (μυθικοί γίγαντες) θα μπορούσαν να τους σηκώσουν (Φωτ. 9.8).



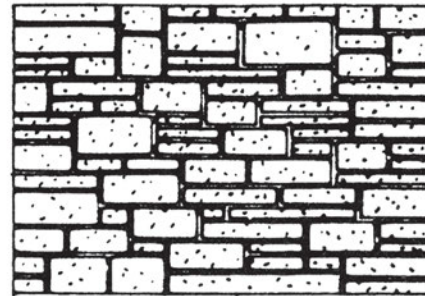
Σχ. 9.2. Ισόδομη και ισοϋψής.



Σχ. 9.3. Ισόδομη και ανισοϋψής.



Σχ. 9.4. Ανισόδομη



Σχ. 9.5. Ανισόδομη.

Σε κάθε περίπτωση η τεχνική της κατασκευής των λιθοδομών των μνημείων της αρχαιότητας είναι θαυμαστή και αξίζει να τις μελετήσετε κάποτε, ακόμα κι αν έχουν μόνο ιστορική αξία πλέον.

9.2.3. Αργολιθοδομές.

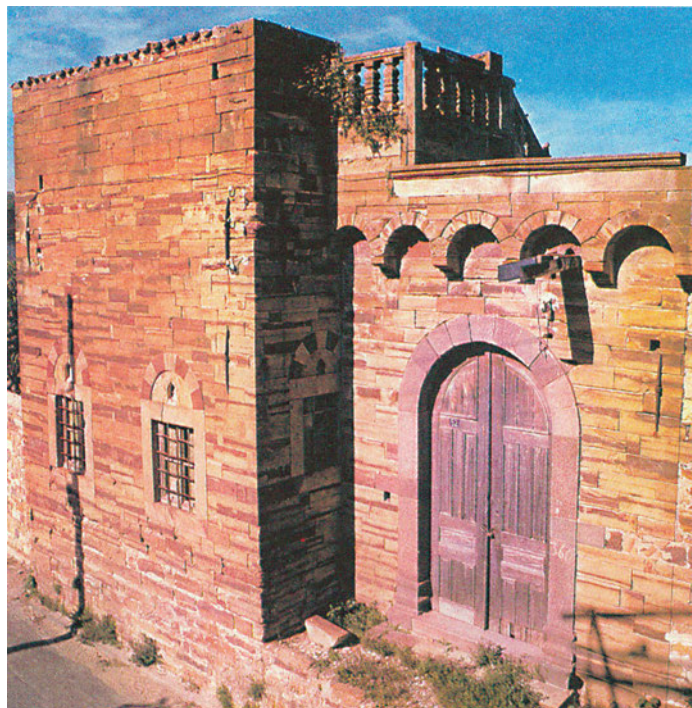
Αργολιθοδομή ονομάζεται η λιθοδομή, που κατασκευάζεται με **αργούς** (από το στερητικό *α + έργο* = ακατέργαστους) **λίθους** και **κονίαμα** για τη σύνδεση μεταξύ τους. Είναι το πιο διαδεδομένο είδος δόμησης με φυσικούς λίθους, ιδίως στη λαϊκή (παραδοσιακή) αρχιτεκτονική (Φωτ. 9.5 μεσαίο τμήμα άνω και 9.9).

Όταν η όψη της δεν είναι ιδιαίτερα επιμελημένη, συνήθως καλύπτεται με **σοβά**, εκτός ίσως από τις περιπτώσεις που οι **γωνιόλιθοι** (**αγκωνάρια** ή **γκωνάρια**) είναι λαξευτοί (Φωτ. 9.10). Το ότι πρόκειται για φέρουσα αργολιθοδομή το μαρτυρά το πάχος των τοίχων (ελάχιστο 60 cm) ή η εμφάνιση της ίδιας της λιθοδομής, αν πέσει κάποιο τμήμα του σοβά.

Όταν οι πέτρες προέρχονται από σχιστολιθικό πέτρωμα (μοιάζουν δηλαδή περισσότερο με πλάκες), η λιθοδομή ονομάζεται **πλακολιθοδομή** (Φωτ. 9.11). Στην περίπτωση αυτή η μια τους διάσταση (η οριζόντια) είναι εμφανώς μεγαλύτερη από το ύψος τους.



Φωτ. 9.3. Το παλάτι των Μεγάλων Μαγίστρων στη Ρόδο. Ισόδομο σύστημα δόμησης.



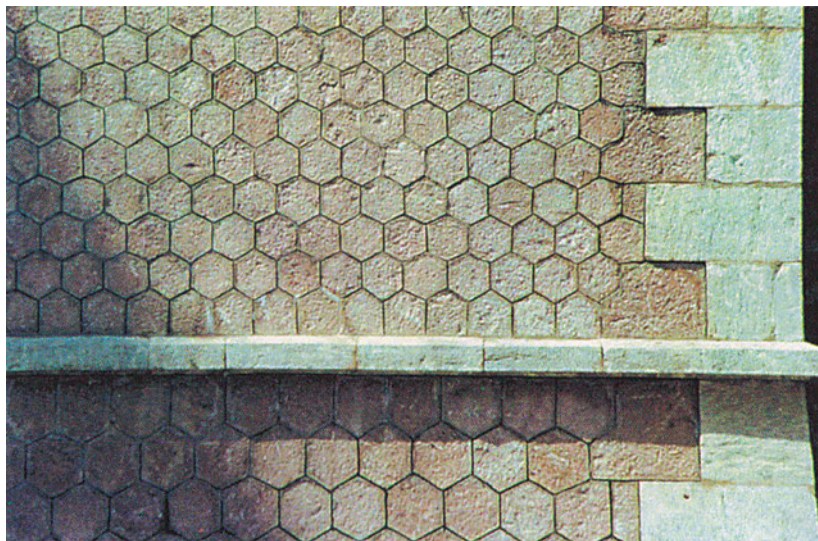
Φωτ. 9.4. Κτίσμα στη Χίο με το ισόδομο σύστημα δόμησης.

Προσέξτε στη Φωτ. 9.3 τη θαυμάσια δόμηση του Ροδίτικου κτίσματος με καμπύλες και επίπεδες επιφάνειες ενώ ταυτόχρονα έχει σημαντικό ύψος. Διατηρείται σε εξαιρετική κατάσταση λόγω της σωστής του δόμησης, παρ' όλο που τα τεχνικά μέσα της εποχής, που χτίστηκε, δεν ήταν τόσο εξελιγμένα όσο τα σύγχρονα.



Φωτ. 9.5. Μοναστήρι του Όσιου Λουκά, στους δυτικούς πρόποδες του Ελικώνα.

Παρατηρήστε πόσα διαφορετικά είδη λιθοδομής συνυπάρχουν σε λίγα τετραγωνικά μέτρα τοίχων! (προφανώς πρόκειται για κατασκευές, που έγιναν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους): Δεξιά πάνω: ημιλαξευτή βυζαντινή ισόδομη και ισουΨής, δεξιά κάτω και αριστερά κάτω: ημιλαξευτή ανισόδομη, αριστερά άνω: αργολιθοδομή.



Φωτ. 9.6. Κανονικό μωσαϊκό σε τοίχο αντιστήριξης εκκλησίας στο Κεφαλάρι του Άργους.

Θαυμάστε τη λάξευση και την εμπλοκή των γωνιόλιθων και την ομοιομορφία των εξαγωνικών ημιλαξευτών λίθων, που, αν και δουλεμένοι στο χέρι, μοιάζουν σαν να έχουν βγει από καλούπι.



Φωτ. 9.7. Ανώμαλο μωσαϊκό.



Φωτ. 9.8. Κυκλώπεια λιθοδομή. Μυκήνες, η Πύλη των Λεόντων.



Φωτ. 9.9. Σπίτι στην Αράχωβα. Αργολιθοδομή με υπέρθυρα ξύλινα και λίθινη αψίδα, γωνιόλιθους και ξυλοδεσιές.



Φωτ. 9.10. Το Δημαρχείο του Ναυπλίου.
Επιχρισμένη αργολιθοδομή με λαξευτούς γωνιόλιθους.



Φωτ. 9.11. Ανεμόμυλος στον Κούνδουρο της Τζιας.
Οι σχιστόπλακες, που αφθονούν στην περιοχή προσφέρονται για δόμηση πλακολιθοδομής.

9.2.4. Ξηρολιθοδομές (ξηρολιθιές).

Η λιθοδομή αυτή, επειδή όπως μαρτυρά η ονομασία της **δεν κατασκευάζεται με κονίαμα**, σπάνια χρησιμοποιείται ως φέρουσα και μόνο σε **δευτερεύουσας** σημασίας κατασκευές, κυρίως μάντρες, οι οποίες όμως πολλές φορές είναι αξιοθαύμαστα ευρηματικές, όπως αυτή της Φωτ. 9.12, που δείχνει έναν μαντρότοιχο από ξηρολιθιά στην Άνδρο. Είναι προφανές ότι η ευστάθεια της κατασκευής εξασφαλίζεται με την **καλή έδραση** της μιας πέτρας πάνω στην άλλη και μόνο.



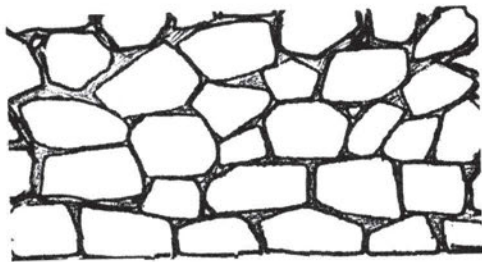
Φωτ. 9.12. Ξηρολιθιά σε μαντρότοιχο στην Άνδρο.

9.3. ΚΑΝΟΝΕΣ ΣΩΣΤΗΣ ΔΟΜΗΣΗΣ.

Θα αναφερθούμε στην πιο συνηθισμένη μορφή, την **αργολιθοδομή**, αλλά τα ίδια κατ' επέκταση εφαρμόζονται και στα υπόλοιπα είδη.

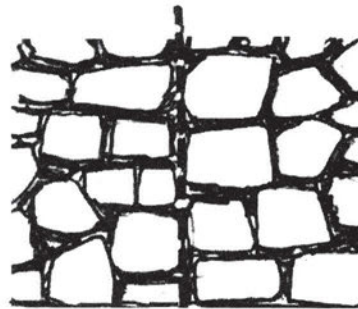
Ως προς την τοποθέτηση των λίθων λοιπόν ισχύουν τα εξής:

ΤΟ ΣΩΣΤΟ ΕΙΝΑΙ:

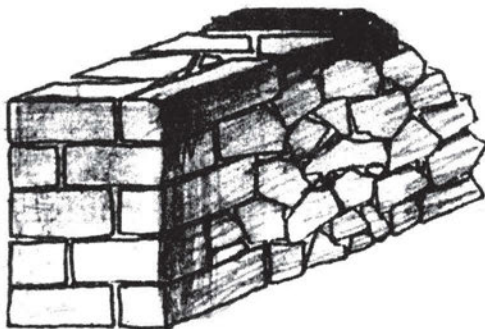


Σχ.9.6. Να **ΜΗΝ** υπάρχουν **συνεχείς** κατακόρυφοι αρμοί.

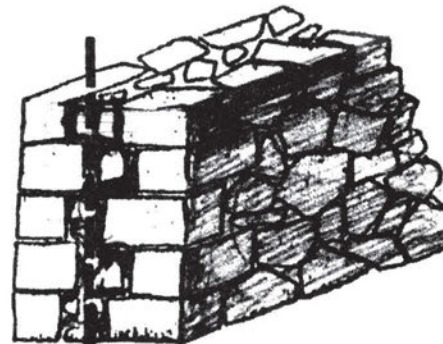
ΕΙΝΑΙ ΛΑΘΟΣ



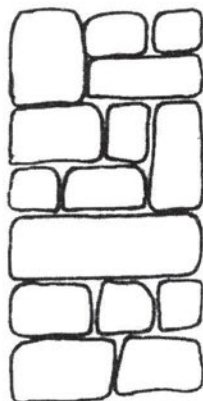
Σχ.9.7. Να υπάρχουν **συνεχείς** κατακόρυφοι αρμοί.



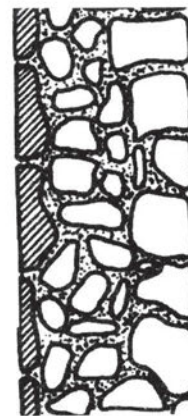
Σχ.9.8. Να υπάρχουν πέτρες, που να **ΕΝΩΝΟΥΝ** τις δυο όψεις (**διαμπερείς** ή **μπατικές**).



Σχ.9.9. Να γεμίζει το κενό μεταξύ των όψεων με **μικρές** πέτρες.

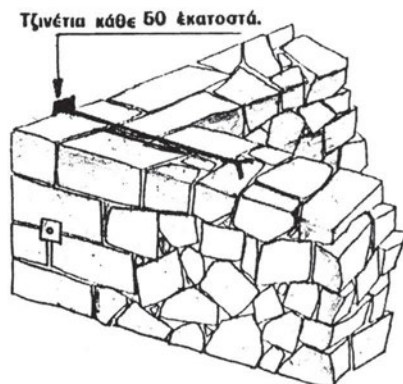


Σχ.9.10. Να υπάρχει **ΚΑΛΗ ΕΜΠΛΟΚΗ** των λίθων.

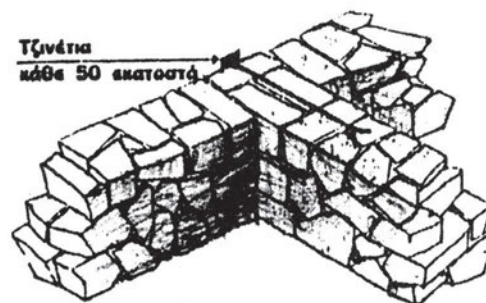


Σχ.9.11. Να υπάρχουν **όρθιες** πέτρες (Παναγιές).

Η διαμόρφωση των **γωνιών** και των **συνδέσεων** (διασταυρώσεων) γίνεται όπως φαίνεται στα σχήματα 9.12 και 9.13:



Σχ. 9.12. Γωνία.

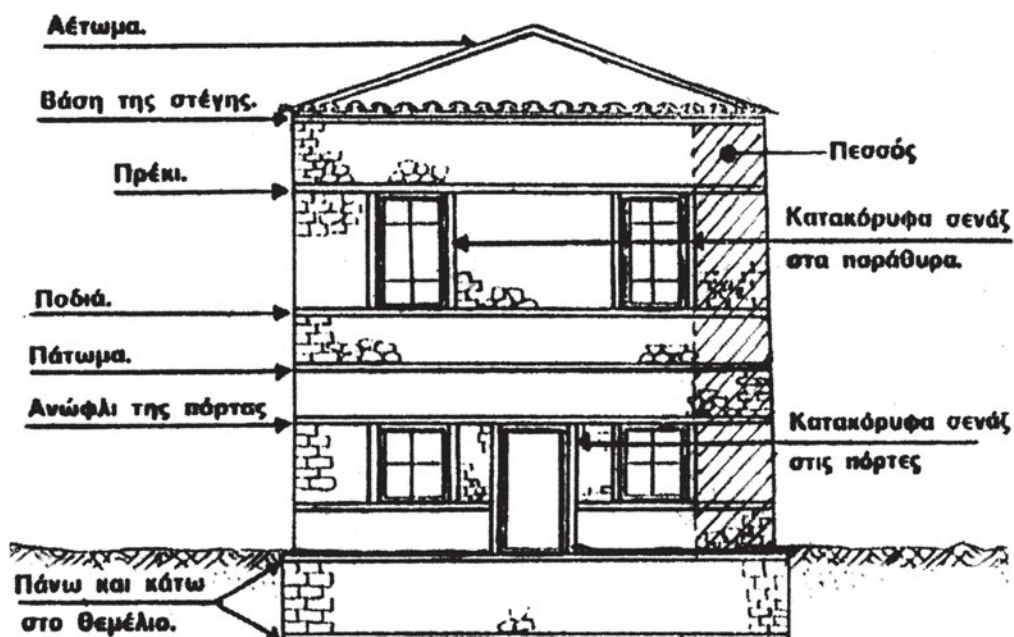


Σχ. 9.13. Διασταύρωση τοίχων.

Και στις δυο περιπτώσεις τοποθετούνται **τζινέτια** κάθε 60 cm ύψους.

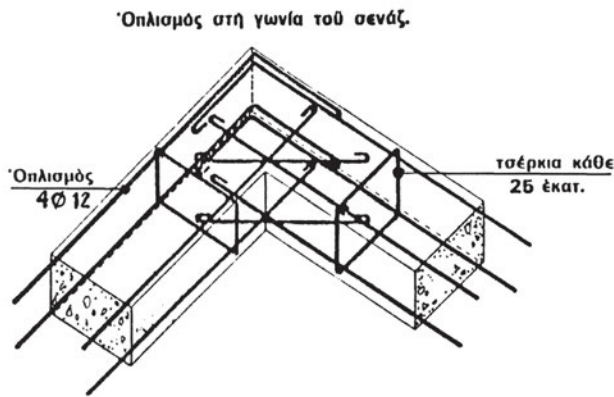
Με **γκωνάρια** διαμορφώνονται οι γωνίες, οι διασταυρώσεις τοίχων και οι κατακόρυφες παρείές των ανοιγμάτων («**λαμπάδες**»). Τα γκωνάρια συνιστάται να χτίζονται με **τσιμεντόλασπη**.

Το πιο σημαντικό είναι να «**δένεται**» η κατασκευή με τα **διαζώματα (σενάζ)**, που κατασκευάζονται στις θέσεις που φαίνονται στο Σχ. 9.14. Αυτά γίνονται με **οπλισμένο σκυρόδεμα**.

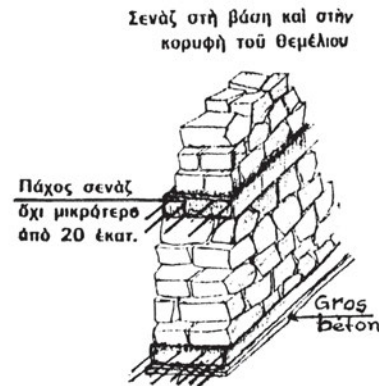


Σχ. 9.14. Πού κατασκευάζονται τα διαζώματα ή σενάζ.

Τα διαζώματα (σενάζ) από σκυρόδεμα **οπλίζονται** σύμφωνα με το Σχ. 9.15, ενώ το **ελάχιστο ύψος** τους φαίνεται στο Σχ. 9.16.

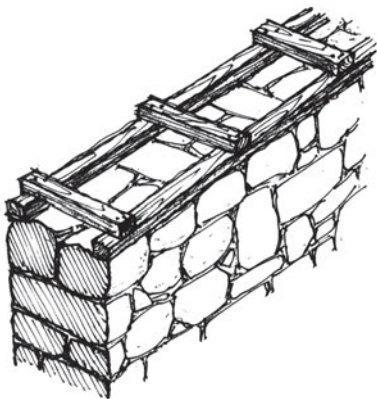


Σχ. 9.15.



Σχ. 9.16.

Κατά το παρελθόν, πριν από την ανακάλυψη του σκυροδέματος, κατασκεύαζαν τα «**ντουζένια**», δηλαδή ισουψείς ζώνες δόμησης (οριζόντιους αρμούς έδρασης), που διέτρεχαν όλη την κάτοψη του κτίσματος. Τα ντουζένια τα δημιουργούσαν στις **αντίστοιχες θέσεις**, που συνιστάται να κατασκευάζονται σήμερα τα **σενάζ** ή, αν ο τοίχος δεν είχε άνοιγμα, κάθε 1,00 - 1,50 m ύψους.



Σχ. 9.17. Ξυλοδεσιά.

Στις θέσεις αυτές λοιπόν τοποθετούσαν και στις δυο παρειές του τοίχου ξύλα μικρού πάχους (~5-10 cm), τα ένωναν με μικρά κομμάτια μήκους όσο το πάχος του τοίχου και συνέχιζαν τη δόμηση με πέτρες μέχρι το επόμενο ντουζέني. Οι κατασκευές αυτές ονομάζονται «**ξυλοδεσιές**» (Φωτ. 9.9 και Σχ. 9.17).

Τότε βέβαια δεν υπήρχε ούτε το ασβεστοσιμεντοκονίαμα για να συνδέσει τις πέτρες, οπότε αντί για κονίαμα χρησιμοποιούσαν **σκέτη λάσπη από χώμα (πηλό)**, ενισχυμένο με **τρίχες κασίικας** ή **άχυρα**. Προφανώς δεν ήταν η καλύτερη λύση, αφού τα ξύλα σάπιζαν κι αυτό ήταν η αιτία για τις βλάβες, που δημιουργούνταν στους τοίχους.

Στη συνέχεια παρατίθενται **οι γενικές οδηγίες για τη σωστή δόμηση των λιθοδομών:**

- ◆ Οι πέτρες πρέπει να είναι **καθαρές** και **γερές**.
- ◆ Οι τοίχοι, τα πατώματα και οι στέγες να είναι **καλά στερεωμένα** μεταξύ τους.
- ◆ Οι τοίχοι του ορόφου να **πατούν** σε τοίχους του ισογείου.
- ◆ Οι εσωτερικοί τοίχοι να **συνδέονται καλά** με τους εξωτερικούς.
- ◆ Οι πόρτες και τα παράθυρα να είναι **το ένα πάνω από το άλλο** στους διάφορους ορόφους. Να **μην** είναι κοντά στις γωνίες.
- ◆ Τα σενάζ **να μη διακόπτονται** γύρω από το κτίσμα και να **συνεχίζονται** απαραίτητα και στους **εσωτερικούς** τοίχους.
- ◆ Το πλάτος του σενάζ να είναι **ίδιο με το πάχος του τοίχου** και το ύψος του όχι μικρότερο από *20 cm*.
- ◆ Τα σενάζ να είναι **σωστά οπλισμένα** με χάλυβα.
- ◆ Οι **καμινάδες** πρέπει να χτίζονται **μαζί με τον τοίχο**.
- ◆ Η εκσκαφή των θεμελίων πρέπει να γίνεται μέχρι το **σκληρό έδαφος**, οπωσδήποτε όμως πρέπει να **αφαιρείται** η στρώση με τις **«φυτικές γαίες»** (στρώμα χώματος μέσου πάχους *50 cm*).

9.3.1. Κονίαμα – Αρμοί.

Για το κονίαμα χτισίματος των *τοιχών* εφαρμόζουμε την αναλογία:

1 σακί τσιμέντο, 4 τενεκέδες ασβέστη, 12 τενεκέδες άμμο,

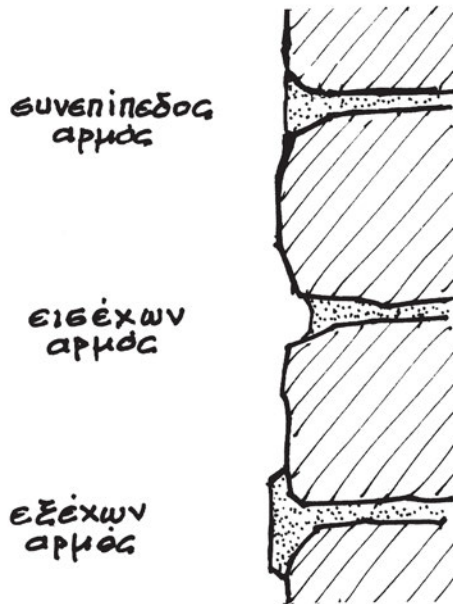
ενώ για το κονίαμα, με το οποίο χτίζουμε τα *γκωνάρια*:

1 σακί τσιμέντο, 6 τενεκέδες άμμο.

Για 1 m^3 λιθοδομής χρειάζονται περίπου $1,15 \text{ m}^3$ πέτρες και $0,33 \text{ m}^3$ κονίαμα.

Ο αρμός ανάμεσα στις πέτρες πρέπει να έχει πλάτος 1-2,5 cm. Αν είναι μεγαλύτερος, πρέπει να τοποθετούνται μέσα στο κονίαμα μικρές πέτρες, τα λεγόμενα **«τσιβίκια»**.

Η διαμόρφωση του αρμού στην εξωτερική επιφάνεια είναι συνήθως πιο επιμελημένη και γίνεται έτσι ώστε αυτός να είναι είτε **συνεπίπεδος** με την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, είτε να **εισέχει** απ' αυτή (**εισέχων αρμός**), είτε τέλος να **προεξέχει** (**εξέχων αρμός**) (Σχ. 9.18 και Φωτ. 9.13).



Σχ. 9.18. Είδη αρμών.



Φωτ. 9.13. Εξέχοντες αρμοί (Μακρινίτσα-Πήλιο).

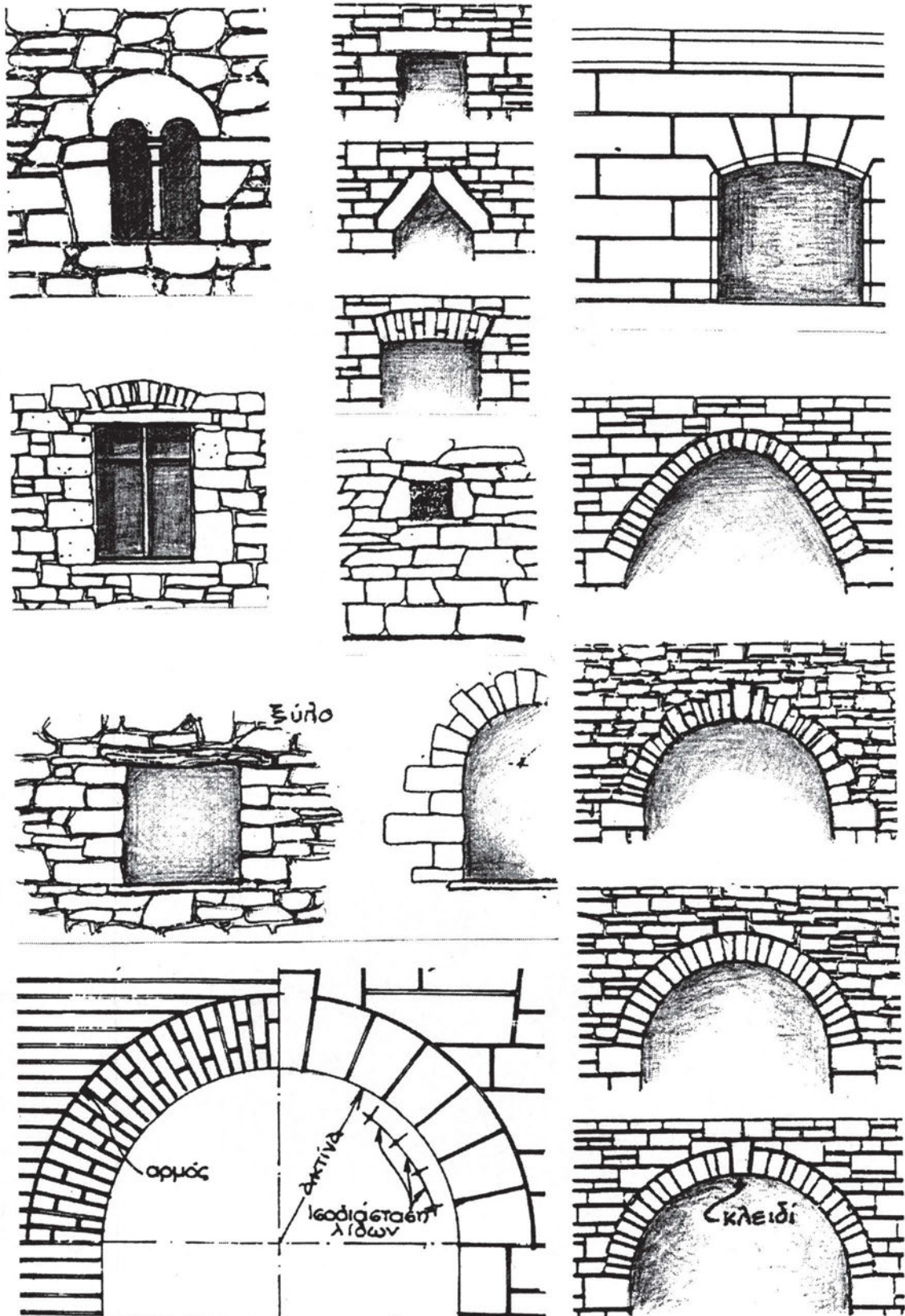
9.3.2. Ανοίγματα – Ανώφλια (πρέκια) – Αψίδες.

Τα **οριζόντια** πρέκια στις πόρτες και τα παράθυρα των λιθοδομών κατασκευάζονταν από ξύλο, μέταλλο, λαξευμένες πέτρες (Φωτ. 9.14), ή, αν είναι μικρά, από μια μεγάλη πέτρα. Σήμερα πλέον δημιουργούνται από το ίδιο το σενάζ, από οπλισμένο σκυρόδεμα, που κατασκευάζεται υποχρεωτικά σ' αυτή τη στάθμη (Σχ. 9.14).



Φωτ. 9.14. Επίπεδο πρέκι από λαξευτές πέτρες. (Ιδιαίτερα επιμελημένη κατασκευή – Σύρος).

Αν τα ανώφλια είναι **καμπύλα (αψίδες)** γίνεται ειδική κατασκευή από **λαξευμένες** πέτρες (Σχ. 9.19).



Σχ. 9.19. Διάφοροι τύποι ανωφλίων (πρεκιών).

Οι πέτρες αυτές λέγονται «**θολίτες**», η πάνω επιφάνεια της αψίδας ή του θόλου που σχηματίζουν λέγεται «**εξωράχιο**», ενώ η κάτω «**εσωράχιο**». Η πέτρα, που τοποθετείται στο ανώτερο (ψηλότερο) σημείο, λέγεται «**κλειδί**», ενώ τα σημεία, από τα οποία ξεκινάει η αψίδα, λέγονται «**γενέσεις**».

Τέλος, δυο ακόμα παραδείγματα αψίδων φαίνονται στις Φωτ. 9.15 και 9.16.



Φωτ. 9.15. Ενετικό κτίσμα στα Χανιά.



Φωτ. 9.16. Αψίδα σε πλακολιθοδομή στη Τζιζα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.

Οι λιθοδομές διακρίνονται ανάλογα με τη δόμησή τους και τη μορφή των λίθων σε λαξευτές, ημιλαξευτές, αργολιθοδομές, πλακολιθοδομές, ξερολιθοδομές. Επειδή στην πλειονότητά τους είναι φέρουσες κατασκευές, πρέπει κατά την ανέγερσή τους να εφαρμόζονται σχολαστικά οι κανόνες σωστής δόμησης.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα διαζώματα (σενάζ) και στην καλή εμπλοκή των λίθων (όχι συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

- Γιατί δεν δομούμε ένα πολυώροφο κτίσμα (άνω των 3 ορόφων) σήμερα με λιθοδομή; Αιτιολογήστε την απάντησή σας;
- Ποια η ετυμολογία της «αργολιθοδομής»;
- Εξηγήστε γιατί κατά τη δόμηση των λιθοδομών πρέπει:
 - να διακόπτονται οι κατακόρυφοι αρμοί.
 - να υπάρχουν διαμπερείς και μπατικοί λίθοι.
 - να κατασκευάζονται σενάζ από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Σχεδιάστε σκαρίφημα όψης τοίχου από λιθοδομή με τα ανοίγματά του σε κτίσμα της περιοχής σας, σημειώνοντας πάνω τις ονομασίες των τμημάτων της, το είδος της λιθοδομής, τα σενάζ και σχολιάστε αν έχουν εφαρμοστεί οι κανόνες σωστής δόμησης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΗΤΟΥΣ ΛΙΘΟΥΣ

- Ορισμός, εφαρμογές, πλεονεκτήματα τεχνητών λίθων.
- Οπτοπλινθοδομές (υλικά, έλεγχος ποιότητας, κανόνες δόμησης).

Δρομικός, μπατικός, δρομικός με διάκενο, υπερμπατικός τοίχος.

- Θερμομόνωση τοιχοποιίας.
- Τσιμεντολιθοδομές, κισσηρολιθοδομές, τοίχοι από υαλότουβλα.
- Οπλισμένη (φέρουσα) τοιχοποιία.
- Μέτρα ασφαλείας κατά τη δόμηση.
- Προμέτρηση - επιμέτρηση τοιχοποιίας.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- Να διακρίνετε τα είδη των τοιχοποιιών από τεχνητούς λίθους και σε ποιες περιπτώσεις εφαρμόζεται το καθένα.
- Να περιγράφετε το σωστό τρόπο δόμησης και μόνωσής τους.
- Να αναφέρετε τα μέτρα προστασίας κατά τη δόμηση.
- Να ορίζετε τις απαιτήσεις ποιότητας υλικών και κατασκευής.
- Να υπολογίζετε τις απαιτούμενες ποσότητες υλικών.

10.1 ΓΕΝΙΚΑ.

10.1.1. Ορισμός, εξέλιξη τεχνητών λίθων.

Οι τεχνητοί λίθοι είναι βιοτεχνικά ή βιομηχανικά προϊόντα από φυσικά ή τεχνητά υλικά, που με τη βοήθεια μηχανικών μέσων και διαδικασίας παίρνουν συγκεκριμένη μορφή.

Αυτοί οι λίθοι είναι **πρισματικοί ή πλακοειδείς, συμπαγείς ή διάτρητοι** και παρουσιάζουν **επιθυμητές ιδιότητες**, όπως θα δούμε και στις επόμενες ενότητες.

Οι πρώτοι τεχνητοί λίθοι στα αρχαία χρόνια φτιάχνονταν από πηλό, δηλαδή **λάσπη (ωμόπλινθοι, πλήθρες)**, χωρίς ψήσιμο ή άλλη κατεργασία. Αργότερα ο ασβέστης, ο γύψος, τοτσιμέντο και χημικά πρόσμικτα βοήθησαν στην εξέλιξή τους (**οπτόπλινθοι,τσιμεντόλιθοι, κισσηρόπλινθοι κ.ά.**).



Φωτ. 10.1. Μνημείο Ελληνιστικών χρόνων στη Λιβύη.

Για την κατασκευή τους ακολουθείται γενικά η εξής διαδικασία: Η πρώτη ύλη καθαρίζεται, ζυμώνεται με νερό σε ειδικούς κυλίνδρους, μπαίνει σε καλούπια ή πρέσες, όπου παίρνει το επιθυμητό σχήμα και ξεραίνεται στον ήλιο ή ψήνεται σε καμίνια ή σε ηλεκτρικούς κλίβανους. Με τη διαδικασία παραγωγής τους και τις ιδιότητες των προϊόντων αυτών ασχολείται αναλυτικά η *Τεχνολογία των Δομικών Υλικών*.

Στη Φωτ. 10.1 παρατηρείτε τη συνύπαρξη δόμησης λαξευτών λίθων με ωμόπλινθους, ακόμα και σε μνημειακά έργα.

10.1.2. Εφαρμογές τεχνητών λίθων.

Σήμερα πλέον η χρήση των φυσικών λίθων έχει περιοριστεί στα κτιριακά έργα σε περιπτώσεις που επιβάλλεται δόμηση μ' αυτούς για αρχιτεκτονικούς λόγους (π.χ. σε παραδοσιακούς οικισμούς) ή για οικονομικούς, όπως π.χ. άφθονη πέτρα σε ορεινές περιοχές και δυσκολία εξασφάλισης άλλων υλικών (σκυροδέματος, οπτόπλινθων κ.λπ.). Έτσι, στα σύγχρονα κτίρια η τοιχοποιία, φέρουσα ή πλήρωσης, γίνεται με τεχνητούς λίθους ή στα πολυώροφα (ουρανοξύστες) με τοιχοπετάσματα πλήρωσης του «σκελετού», που είναι συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα ή χάλυβα.

Στη Φωτ. 10.2. φαίνεται ένα καλοχτισμένο κτίριο-κατοικία, στο οποίο μόλις ολοκληρώθηκε η δόμηση των τοίχων πλήρωσης του «σκελετού» από οπλισμένο σκυρόδεμα, με οπτοπλινθοδομή (τούβλα). Περισσότερες εφαρμογές θα αναφερθούν στη συνέχεια, όταν θα εξετάσουμε ξεχωριστά κάθε είδος τοιχοποιίας από τεχνητούς λίθους.



Φωτ. 10.2. Κτίριο με οπτοπλινθοδομή πλήρωσης.

10.1.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τεχνητών λίθων.

Γιατί προτιμώνται λοιπόν οι τεχνητοί λίθοι από τους φυσικούς;

Οι τεχνητοί λίθοι έχουν τα εξής **πλεονεκτήματα**:

1. Κατασκευάζονται με **σταθερό μέγεθος** και δομούνται απευθείας, χωρίς να χρειάζεται χρονοβόρα και δαπανηρή επεξεργασία τους στο εργοτάξιο.
2. Η δόμησή τους είναι **ευκολότερη και ταχύτερη, άρα οικονομικότερη**, και με δυνατότητες κάλυψης ιδιαίτερων αρχιτεκτονικών απαιτήσεων.
3. **Το πάχος του τοίχου είναι μικρότερο**, άρα εξοικονομούνται **ωφέλιμοι χώροι**, ενώ ταυτόχρονα **μειώνονται σημαντικά τα ίδια βάρη** της κατασκευής.
4. Εξαιτίας του πολύ μικρότερου βάρους τους, σε σχέση με τους φυσικούς λίθους, **μειώνεται το συνολικό κόστος** της κατασκευής.
5. **Οι ιδιότητές τους, φυσικές και μηχανικές, είναι σταθερές**, επειδή παράγονται με συνεχώς ελεγχόμενες συνθήκες. Ακόμη ορισμένοι τύποι τεχνητών λίθων χρησιμοποιούνται σε ειδικά σημεία της κατασκευής, όπως π.χ. πυρότουβλα στο τζάκι, κισσηρόπλινθοι για ελαφρύτερη κατασκευή, κ.ο.κ.
6. **Συνδυάζονται εύκολα με άλλα υλικά**, π.χ. υγρο-θερμο-μονωτικά, οπότε παρέχουν μεγαλύτερη προστασία στο κτίριο από υγρασία, θερμοκρασιακές μεταβολές ή ηχορρύπανση.

Η τοιχοποιία από τεχνητούς λίθους έχει όμως και **μειονεκτήματα** (αφορούν άλλωστε γενικότερα τις λιθοδομές):

Το πιο βασικό είναι η **«ψαθυρότητα»** της τοιχοποιίας, δηλαδή η αδυναμία της να παραμορφωθεί, όταν φορτιστεί με οριζόντια κυρίως φορτία σεισμού ή διαφορικής καθίζησης, οπότε ρηγματώνεται εύκολα.

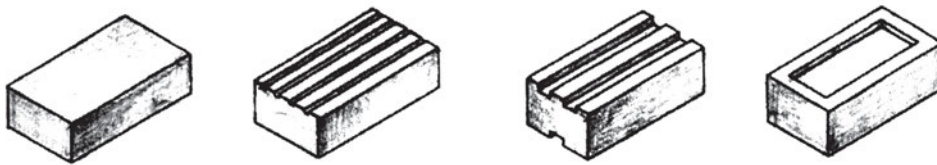
Ένα άλλο μειονέκτημα, που εμφανίζουν τα κτίρια με τοιχοποιία από τεχνητούς λίθους, είναι η **«τρωτότητα»**, δηλαδή η μείωση της αντοχής τους, που είναι άμεσο αποτέλεσμα παραγόντων πολύ συνηθισμένων, δυστυχώς. Τέτοιοι είναι π.χ. η κακή ποιότητα υλικών και εργασίας, οι φθορές από καιρικά φαινόμενα (υγρασία, παγετός κ.ά.) ή και ανθρώπους (συνεργεία εγκαταστάσεων υδραυλικών, ηλεκτρολογικών κ.ά.), από αυθαίρετες μετατροπές ή προσθήκες καθ' ύψος ή επεκτάσεις, που αλλάζουν τη συμπεριφορά της κατασκευής.

10.2. ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ.

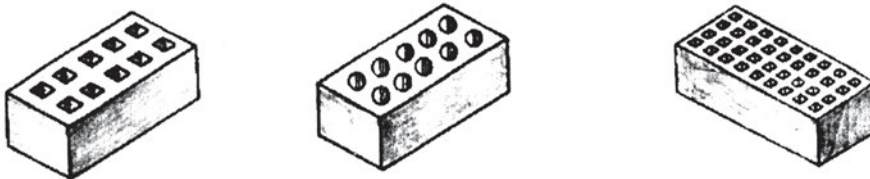
10.2.1. Υλικά.

Οπτόπλινθοι = ψημένοι πλίνθοι (κοινώς τούβλα).

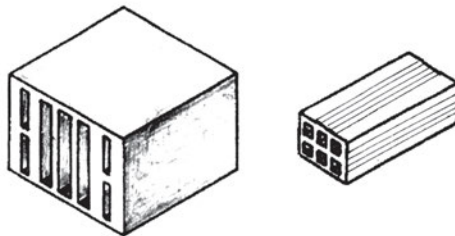
Υπάρχουν πολλά είδη τούβλων ως προς τη μορφή (Σχ. 10.1):



Συμπαγή, χωρίς τρύπες (χαρακτηρισμός: Σ)



Διάτρητα, με τρύπες κατά τη διεύθυνση του ύψους (Δ.Υ.)



Διάτρητα, με τρύπες κατά τη διεύθυνση του μήκους (Δ.Μ.)

Σχ. 10.1. Είδη τούβλων.

Με συνηθισμένες διαστάσεις στην αγορά:

6/9/19 (απλά)

12/9/19 (διπλά)

8/12/24

10/15/35 } (τουβλίνες)

25/12/25 }



Τις τρύπες τις έχουν για να είναι **ελαφρότερα** και **θερμομονωτικά**. Τις χαραγές για να **προσφύεται** (κολλάει) καλύτερα το κονίαμα πάνω τους.

Προτιμότερα είναι αυτά με τις **στρογγυλές** τρύπες και όχι με τις τετράγωνες.

10.2.2. Έλεγχος ποιότητας των τούβλων.

Ο κατασκευαστής πρέπει να διαλέγει τα τούβλα του. Στο εργοτάξιο μας φέρνουν τα τούβλα, όλο και σπανιότερα πλέον, με φορητό ανατρεπόμενο και τα αδειάζουν **χύμα** (Φωτ. 10.2.), οπότε υπάρχει πολλή **φύρα** (φθορά υλικού και σπασίματα). Όταν τα μεταφέρουν σε **παλέτες** (ξύλινα τελάρα) τυλιγμένα με νάυλον (Φωτ. 10.3.α), οι φθορές ελαχιστοποιούνται.



Φωτ. 10.3.α. Τούβλα συσκευασμένα σε παλέτες.



Φωτ. 10.3.β. Μεταφορά στη θέση εργασίας.

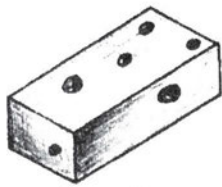
Υπάρχουν **κανονισμοί**, που επιβάλλουν στον επιβλέποντα του έργου να πάρει **δειγματοληπτικά** τούβλα (5 σειρές από 10 τούβλα από διαφορετικές θέσεις, μέχρι 50.000 τεμ.) και να τα στείλει για **έλεγχο** σε εργαστήριο, όπου θα διαπιστωθεί η μηχανική τους **αντοχή σε θλίψη**, η **υδατοπερατότητά** τους, η ανθεκτικότητά τους σε **παγετό**, η ύπαρξη στη μάζα τους διογκούμενων **ξένων** σωμάτων.



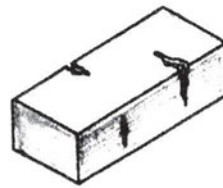
Μια προσεγγιστική εκτίμηση του ότι είναι «γερό» το τούβλο προκύπτει, εάν, όταν αυτό χτυπηθεί σε σκληρή επιφάνεια (π.χ. πάτωμα σκυροδέματος ή με ένα σφυρί), ακουστεί «μεταλλικός» και όχι «κούφιος», υπόκωφος ήχος.

Οποσδήποτε όμως κατά την παραλαβή των τούβλων στο εργοτάξιο πρέπει να γίνουν οι παρακάτω έλεγχοι, που είναι ενδεικτικοί της ποιότητάς τους:

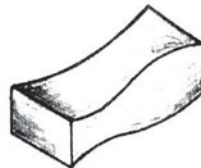
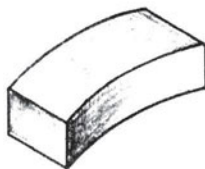
Έτσι, δεν πρέπει να υπάρχουν τούβλα με (Σχ. 10.2):



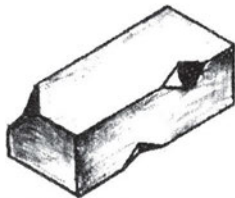
α. Κρατήρες



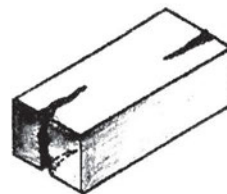
β. Ρηγματώσεις



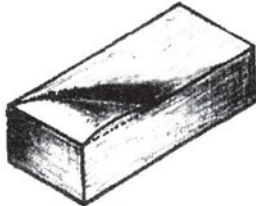
γ. Παραμορφώσεις (πετσικάρισμα, μη ευθυγραμμία ακμών)



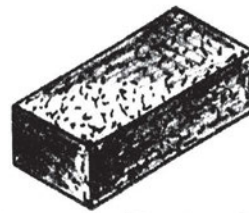
δ. Θραύσεις ακμών



ε. Αποσχίσεις



στ. Εξογκώματα



ζ. Αποφλοιώσεις (ξεφλουδίσματα)

Σχ. 10.2. Ελαττώματα τούβλων.

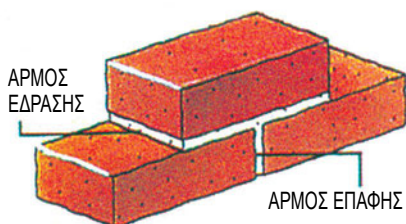
η. Ξένα σώματα (π.χ. ασπράκια ασβέστη)

θ. Μη σταθερές, τυποποιημένες διαστάσεις

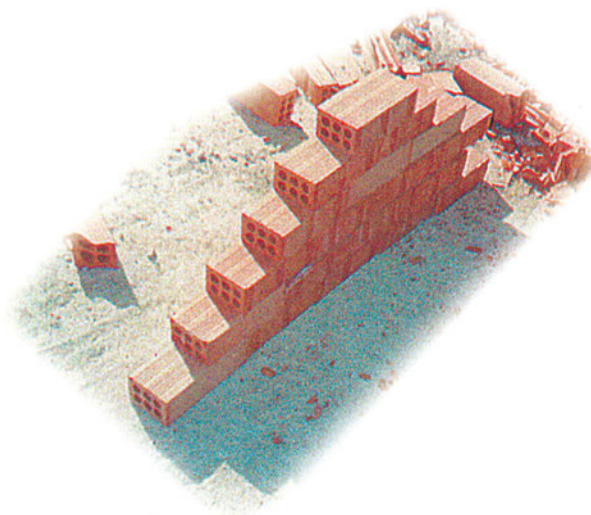
ι. Αποχρωματισμούς (ούτε καμένα-μαύρα, ούτε άψητα-ανοιχτόχρωμα, δηλαδή χρώματος *ώχρα* αντί *κεραμιδί*).

10.3. ΔΡΟΜΙΚΗ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ.

10.3.1. Μορφή.

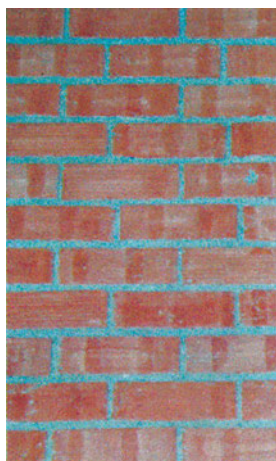


Σχ. 10.3.

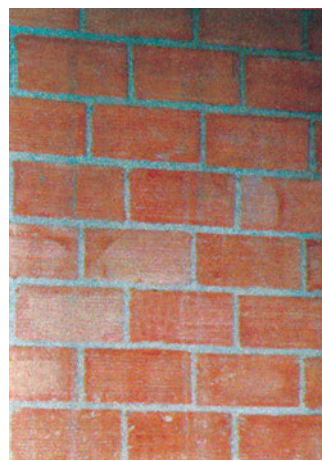


Φωτ. 10.4

Δρομικός ονομάζεται ο τοίχος, που χτίζεται με τα τούβλα τοποθετημένα με τη μεγάλη τους διάσταση **κατά μήκος** (Φωτ. 10.4.) Αν χρησιμοποιούμε τα απλά τούβλα 6/9/19 cm, τότε, όπως φαίνεται στο Σχ.10.3, το πάχος του θα είναι 9 cm και κάθε στρώση θα έχει ύψος 6 cm + 1 cm η λάσπη (**κανονικός δρομικός**, Φωτ. 10.4). Αν αντίθετα τα τούβλα τοποθετηθούν με τη βάση στα 6 cm, το ύψος κάθε στρώσης θα είναι 9 cm + 1 cm η λάσπη (**ορθοδρομικός**, Φωτ. 10.6).



Φωτ. 10.5. Κανονικός δρομικός τοίχος (όψη).



Φωτ. 10.6. Ορθοδρομικός τοίχος (όψη).



Ο όρθιος δρομικός τοίχος πρέπει να αποφεύγεται, ακόμα και ως εσωτερικός, γιατί με πάχος 6 cm δεν παρουσιάζει ικανοποιητική ευστάθεια.

Ο δρομικός τοίχος δεν είναι φέρων. Κατασκευάζεται μόνο ως τοίχος πλήρωσης και μόνο ως εσωτερικός (διαχωριστικός) ή διπλός ως εξωτερικός, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

10.3.2. Κονίαμα.

Το ασβεστοσιμεντοκονίαμα, όπως αναφέραμε και στις αργολιθοδομές, συνδέει («κολλάει») μεταξύ τους τα τούβλα, δημιουργώντας **αρμό 1 cm κατακόρυφο (επαφής)** και **οριζόντιο (έδρασης)** (Σχ. 10.3).

Θυμίζουμε ότι το πιο αδύνατο κονίαμα πρέπει να έχει ως αναλογία όγκου:

2 όγκους πολτού ασβέστη, 1 ή 2 όγκους τσιμέντου, 9 όγκους άμμου και νερό, ώσπου να γίνει πλαστικό. (Αναλογίες για 1 m³ κονιάματος: 0,24 m³ ασβέστη, 150-450 kg τσιμέντο και 1,2 m³ άμμο).

Αν θέλουμε το κονίαμα να γίνει **ισχυρότερο**, προσαυξάνουμε το τσιμέντο σε 3 όγκους (βελτιώνει τη συγκολλητική ικανότητα) και προσθέτουμε και **χημικό πρόσμικτο υλικό**. Ο ασβέστης χρειάζεται για να κάνει ευκολοδούλευτο το κονίαμα (του προσδίνει «πλαστικότητα»).

Υπάρχουν και **έτοιμα κονιάματα**, που μεταφέρονται στην οικοδομή είτε σε **σάκους**, είτε με ειδικό σύστημα διακίνησης μέσα σε **σιλό**, εξασφαλίζοντας έτσι **σταθερή ποιότητα** και **ελάχιστες απώλειες** υλικού (Σχ. 10.4).



Το έτοιμο κονίαμα πρέπει να χρησιμοποιείται μέσα σε 1h 30' από τη στιγμή της παρασκευής του.

Σε καμία περίπτωση δεν χρησιμοποιείται απ' το πρωί μέχρι το μεσημέρι το ίδιο υλικό ή την άλλη μέρα αυτό, που περίσσεψε από την προηγούμενη!

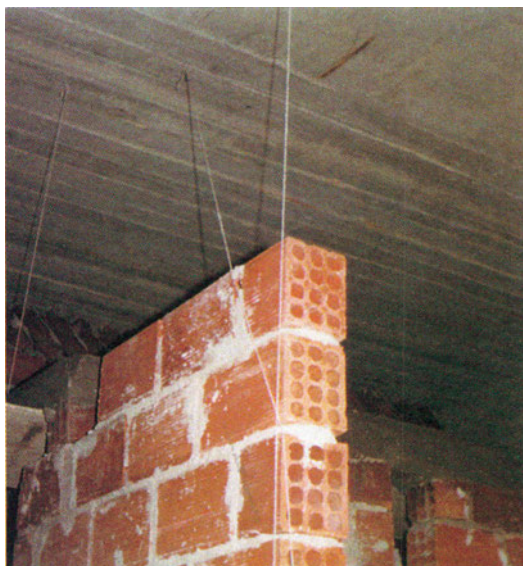


Σχ. 10.4. Δόμηση με έτοιμο κονίαμα.

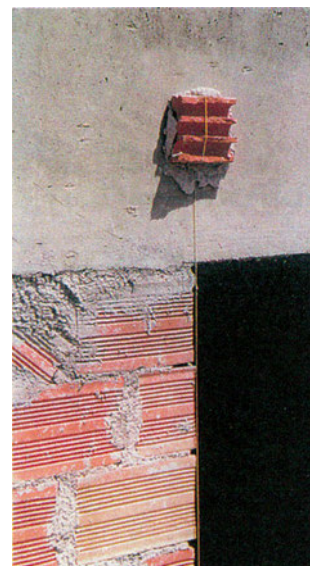
10.3.3. Κατασκευή δρομικής οπτοπλινθοδομής.

Περιγράφοντας την κατασκευή του τοίχου διατυπώνονται ταυτόχρονα και οι **κανόνες σωστής δόμησης** του, που άλλωστε ισχύουν γενικά για κάθε λιθοδομή:

- **Καθαρίζεται το δάπεδο**, που συνήθως είναι από σκυρόδεμα.
- Με βάση τα σχέδια του κτιρίου (κάτοψη, όψεις) γίνονται οι σχετικές **μετρήσεις** και **χαράζεται ο τοίχος**, δηλαδή καθορίζεται πάνω στο δάπεδο η θέση του. Αυτό γίνεται με τεντωμένο νήμα σε δύο καρφιά στο δάπεδο (ράμματα) ή με γραμμή με χρωματιστό spray.
- **Βρέχεται το δάπεδο** και τα **τούβλα**.
- **Χτίζεται η πρώτη σειρά** για το σύνολο των τοίχων ενός μεγάλου τμήματος της κάτοψης, ώστε να φανεί ποιοι τοίχοι **εμπλέκονται** (διασταυρώνονται) και πού υπάρχουν **ανοίγματα** (πόρτες – παράθυρα), και στη συνέχεια αφαιρείται το ράμμα δαπέδου (αν υπάρχει).
- **Τοποθετούνται τα κατακόρυφα ράμματα** (με τη βοήθεια του νήματος της στάθμης) από την οροφή μέχρι το δάπεδο, για να ορίσουν το **κατακόρυφο επίπεδο** του τοίχου (Φωτ. 10.7.α,β).



α



β

Φωτ. 10.7. Ράμματα.

- **Χτίζεται η δεύτερη σειρά**, με ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση των τούβλων έτσι, ώστε να **διακόπτονται** οι κατακόρυφοι αρμοί (Φωτ. 10.5., 10.6. και Σχ. 10.3).
- Τοποθετείται το κονίαμα με το μυστρί στην **επιφάνεια επαφής** και στο τούβλο, στη **μια πλευρά με τις τρύπες**. Τοποθετείται το τούβλο στη θέση του, **πιέζεται** και **χτυπιέται ελαφρά** με την ξύλινη λαβή του μυστριού, ώσπου η λάσπη (το κονίαμα) να **ξεχειλίσει** λίγο

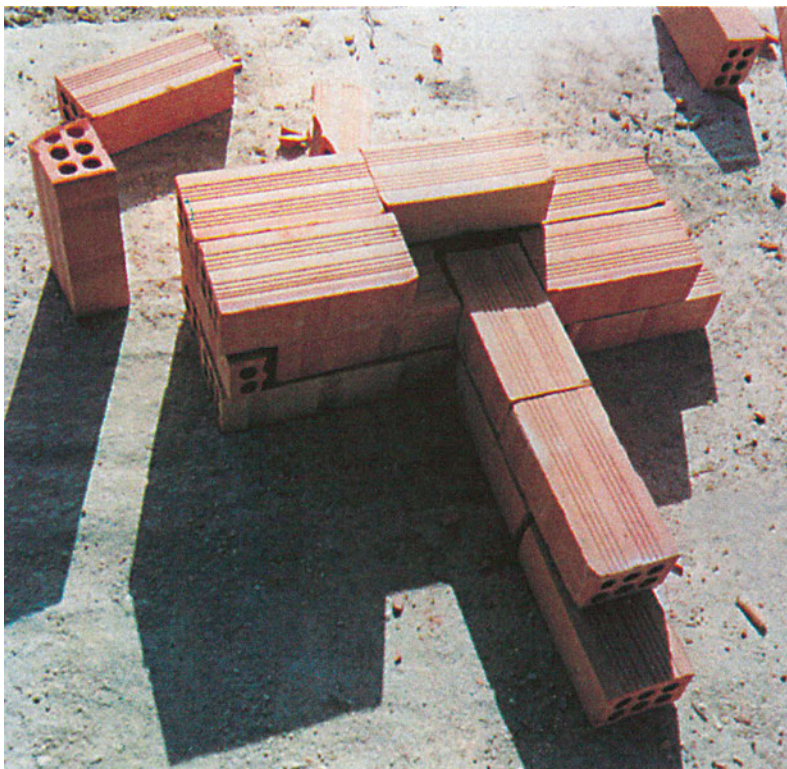
από τον αρμό. Αυτό εξασφαλίζει την καλή **πρόσφυση**.

- Συνεχίζεται η δόμηση έτσι ώστε οι οριζόντιοι αρμοί να είναι πραγματικά **ευθύγραμμοι** και **οριζόντιοι** και όλη η επιφάνεια του τοίχου να αποτελεί **ένα κατακόρυφο επίπεδο**.

- Το χτίσιμο σταματάει στις θέσεις, που πρέπει να γίνουν τα **διαζώματα (σενάζ)**, για τα οποία θα μιλήσουμε στη συνέχεια, και τα κατασκευάζουμε (Φωτ. 10.9.).

- Η δόμηση συνεχίζεται την **επόμενη μέρα**, οπότε έχει σκληρυνθεί το σκυρόδεμα, μέχρι περίπου 15 cm πριν από την οροφή. Η τελευταία αυτή στρώση χτίζεται με τα τούβλα **λοξά και καλά χτυπημένα**, ενώ **τα κενά τους συμπληρώνονται επιμελώς με κονίαμα**. Αυτό είναι το **σφήνωμα** του τοίχου και είναι σημαντικό να γίνεται σωστά. Για ένα σωστό σφήνωμα πρέπει ο τοίχος, που έχει χτιστεί μέχρι εκεί, να είναι **στεγνός**. Με ξηρό καιρό αυτό απαιτεί 2 – 3 ώρες. Αν ο τοίχος είναι φέρων και όχι πλήρωσης, προφανώς δεν γίνεται σφήνωμα αλλά σενάζ και ακολουθεί το πάτωμα του επόμενου ορόφου, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

- **Γωνίες**



Φωτ. 10.8. Εμπλοκή τοίχων σε γωνία.

Στις γωνίες οι τοίχοι δεν πρέπει απλώς να εφάπτονται αλλά να **εμπλέκονται**, όπως φαίνεται στη Φωτ. 10.8, για τη σωστή συνεργασία τους.



☀️ **Αν έχουμε ξηρό καιρό (π.χ. το καλοκαίρι) ο τοίχος πρέπει να καταβρέχεται αμέσως μετά το χτίσιμό του μία φορά την ημέρα επί μία εβδομάδα.**

⚡ **Πρέπει να εμποδίζεται κάθε τράνταγμα της νωπής τοιχοποιίας για 24 ώρες από την ολοκλήρωσή της.**

🌡️ **Σε περίοδο παγετού η εργασία πρέπει να σταματάει.**

☔ **Το ίδιο και με βροχή πάνω στην τοιχοποιία.**

10.3.4. Σενάζ.



Φωτ. 10.9. Όψη τοίχου με σενάζ και ανοίγματα.



Σκεφθείτε έναν άνθρωπο να περπατάει ή ακόμα καλύτερα να τρέχει με παντελόνι χωρίς λάστιχο ή ζώνη (!). Το ίδιο θα γίνει με τον τοίχο πλήρωσης χωρίς σενάζ, σε περίπτωση δόνησης, τραντάγματος ή σεισμού: **θα πέσει !**

Αυτός είναι λοιπόν ο ρόλος του σενάζ: **να συνδέει τον τοίχο με τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία, έτσι ώστε όλα μαζί να συνεργάζονται, σε περίπτωση οριζόντιων ωθήσεων.** Επίσης στα ανοίγματα, δηλαδή πάνω από τις πόρτες και τα παράθυρα, πρέπει να υπάρχει σενάζ, ώστε πάνω του να συνεχίζει μετά η τοιχοποιία.

Το **σενάζ** στην περίπτωση του τοίχου πλήρωσης έχει **πλάτος όσο και ο τοίχος, ύψος 10 ή 12 cm και μήκος όσο και ο τοίχος.** Γίνεται ένα καλούπι στη στάθμη, στην οποία θέλουμε να το κατασκευάσουμε, ανοίγονται 2 τρύπες \varnothing 8 ή 10 mm με ειδικό τρυπάνι στο σκυρόδεμα και τοποθετούνται σε βάθος 2 – 3 cm οι ράβδοι. Ακόμα καλύτερα θα ήταν να υπήρχαν **αναμονές** (κομμάτια ράβδων), που θα προεξείχαν από το υποστύλωμα, από τη φάση της σκυροδέτησής του.

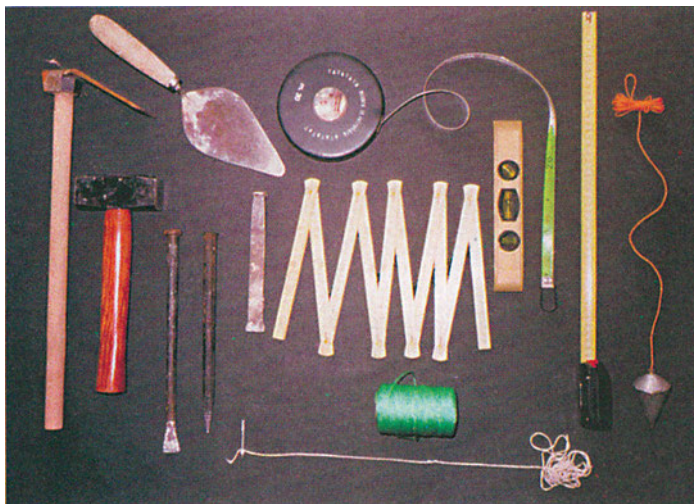
Στη συνέχεια διαστρώνεται το σκυρόδεμα ή καλύτερα, **γαρμπιλόδεμα** (άμμος, χαλικάκι, τσιμέντο, νερό), όπως θα μάθουμε σε επόμενο κεφάλαιο και με το μυστρί ισοπεδώνεται η άνω επιφάνεια. Την **επόμενη μέρα**, αφού έχει σκληρυνθεί, αφαιρείται το καλούπι και συνεχίζεται το χτίσιμο του τοίχου.



Οι θέσεις, στις οποίες ένας τοίχος πλήρωσης χρειάζεται σενάζ, είναι πάνω από τα ανοίγματα (**πρέκι**) και στο κάτω μέρος των παραθύρων (**ποδιά**). Αν ο τοίχος είναι «**τυφλός**» (χωρίς ανοίγματα), χρειάζεται σενάζ κάθε 2 ή 2,5 m ύψος, πράγμα που πρακτικά σημαίνει **1 σενάζ στη μέση του ύψους του** (Φωτ. 10.9.).



Προσέξτε πως τα τούβλα κοντά στην οροφή (Φωτ. 10.9) έχουν γύρω απ' το κονίαμα του αρμού άλλο χρώμα απ' ό,τι στο κέντρο τους, γιατί έχουν «τραβήξει» υγρασία απ' το κονίαμα, επειδή προφανώς δεν είχαν διαβραχεί καλά. Αυτό όμως το νερό δεν θα έπρεπε να λείπει απ' το κονίαμα. Αν αυτό συμβεί σε σημαντικό βαθμό, τότε μειώνεται η συγκολλητική ικανότητα του κονιάματος.



Φωτ. 10.10. Εργαλεία οικοδόμου.

10.4. ΔΥΟ ΔΡΟΜΙΚΕΣ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ ΜΕ ΚΕΝΟ.



Φωτ. 10.11.

Αυτό είναι το πιο συνηθισμένο χτίσιμο για εξωτερικό τοίχο πλήρωσης:

10.4.1. Με κενό για συρόμενο (Φωτ. 10.11).

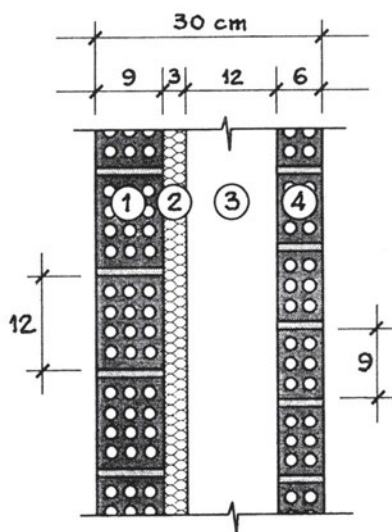
Τόσο στη φωτογραφία, όσο και στο σχέδιο της τομής (Σχ. 10.5), φαίνονται:

① Ο εσωτερικός τοίχος με πάχος 9 cm (σωστό).

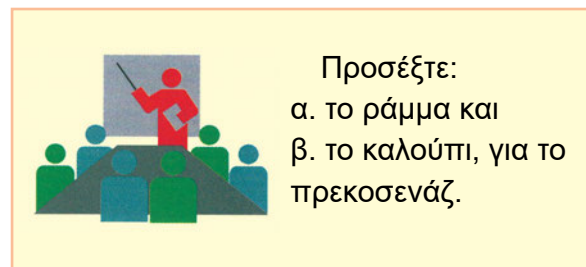
② Το θερμομονωτικό υλικό σε πλάκες, στερεωμένο στον εσωτερικό τοίχο (σωστό), αλλά με πάχος μόνο 2 cm (λίγο). Αυτό όμως υπολογίζεται από τη μελέτη θερμομόνωσης.

③ Το κενό για το διπλό συρόμενο κούφωμα 12- 13 cm (αν ήταν για ένα μόνο συρόμενο φύλλο, δηλ. το τζαμλίκι, θα ήταν 7 cm).

④ Ο εξωτερικός τοίχος όρθιος δρομικός πάχους 6 cm (εμπορική αντιμετώπιση). Τεχνικά σωστό πάχος είναι τα 9 cm.



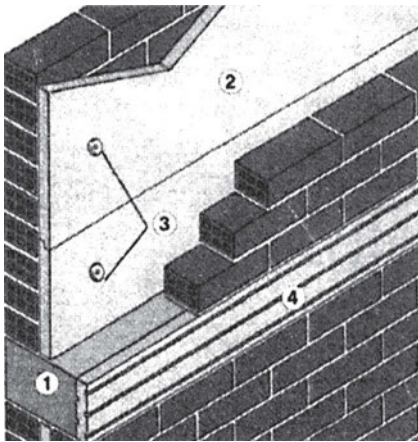
Σχ. 10.5. Τομή τοίχου: 2 δρομικοί με κενό.



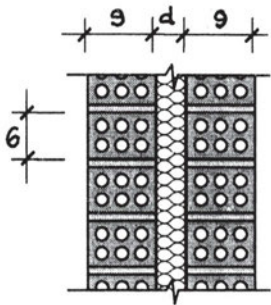
Προσέξτε:
α. το ράμμα και
β. το καλούπτι, για το
πρεκοσενάζ.

Οι κανόνες καλής δόμησης, τα κονιάματα, τα σενάζ, ισχύουν όπως τα διατυπώσαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο για τη δρομική οπτοπλινθοδομή.

10.4.2. Με κενό μόνο για θερμομόνωση (ψαθωτή οπτοπλινθοδομή).



Σχ. 10.6. Αξονομετρικό διπλού τοίχου με θερμομόνωση.



Σχ. 10.7. Τομή διπλού τοίχου με μόνωση.

Στην περίπτωση που ο τοίχος δεν έχει κενό για συρόμενο κούφωμα, πρέπει όμως να τοποθετηθεί το θερμομονωτικό υλικό ανάμεσα στους 2 δρομικούς, η κατασκευή του γίνεται όπως στη Φωτ. 10.12, όπου φαίνονται:

①: Το σενάζ και η θερμομόνωσή του ④.

②: Οι θερμομονωτικές πλάκες από εξηλασμένη πολυστερίνη (συνήθη πάχη 2,5 - 6 cm).

③: Οι αγκυρώσεις για τη στερέωση των πλακών.

Το νέο στοιχείο στη δόμηση του εξωτερικού τοίχου είναι η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού.

Με την προέλευση, τις ιδιότητες και γενικότερα τις εφαρμογές αυτών των υλικών ασχολείται η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ. Στο κεφάλαιο όμως αυτό θα αναφέρουμε απλώς, στο πλαίσιο της δόμησης του εξωτερικού τοίχου, τα πιο γνωστά θερμομονωτικά υλικά, που χρησιμοποιούνται.

10.4.3. Θερμομονωτικά υλικά για τοίχους.

Απαιτήσεις από το θερμομονωτικό υλικό:

- ✓ Υψηλός βαθμός θερμομόνωσης.
- ✓ Μεγάλη ηχοαπορρόφηση.
- ✓ Αντίσταση στη φωτιά.
- ✓ Αντίσταση στην υγρασία, αλκάλια και οξέα.
- ✓ Αντοχή στις δονήσεις και κρούσεις.
- ✓ Δυνατότητα αναπνοής.
- ✓ Εύκολη εφαρμογή, κατεργασία χωρίς φύρα.
- ✓ Αντοχή στη σήψη και στη δημιουργία μυκήτων.
- ✓ Αντοχή στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- ✓ Ανθεκτικότητα στο χρόνο.
- ✓ Φιλικά προς το περιβάλλον.

Θυμηθείτε ότι *πρέπει πάντα να διαβάζετε* το διαφημιστικό έντυπο του κάθε υλικού με τα πλήρη στοιχεία για τις ιδιότητές του, και τα πιστοποιητικά ποιότητάς του, προκειμένου να το χρησιμοποιήσετε ανάλογα.



Προσέξτε **ενδεικτικά πάχη** σε cm για διάφορα υλικά, που έχουν την **ίδια αντίσταση θερμοδιαφυγής** με φύλλο θερμομονωτικού υλικού πάχους 2 cm:

- ◆ Ελαφροσκυρόδεμα: 20 cm.
- ◆ Οπτοπλινθοδομή: 35 cm.
- ◆ Οπλισμένο σκυρόδεμα: 100 cm.

Αυτό προφανώς οφείλεται στον αέρα, που είναι εγκλωβισμένος στους πόρους του υλικού. **Τα θερμομονωτικά υλικά πετυχαίνουν την απαιτούμενη θερμομόνωση με ελάχιστο πάχος (οικονομία) και ελάχιστο βάρος (οικονομία φορτίων και συνολικό κόστος).**

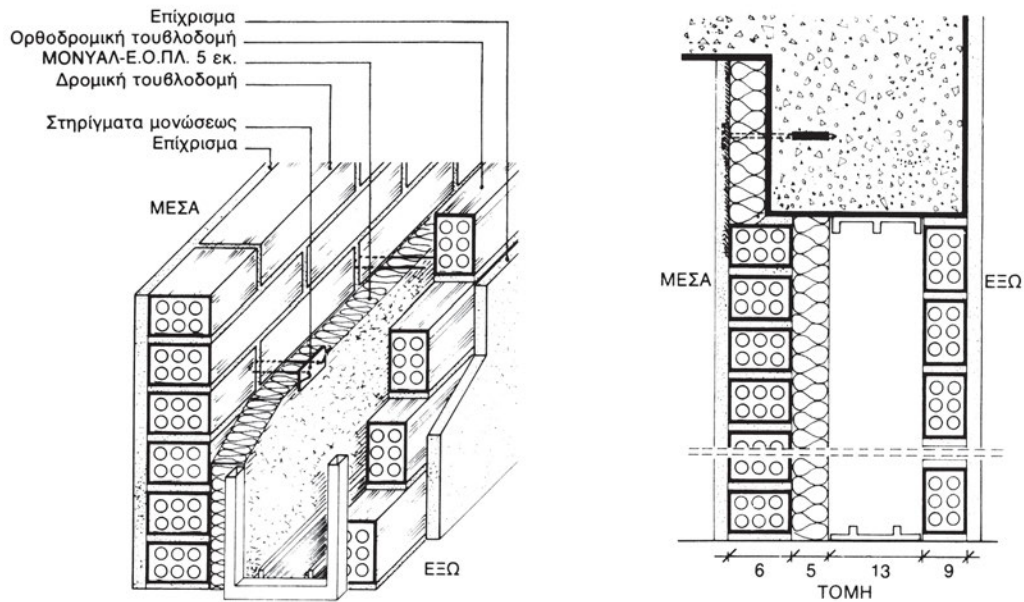
α. Θερμομόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη:

Φωτ. 10.12. Θερμομόνωση διπλού δρομικού εξωτερικού τοίχου με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.



Φωτ. 10.13. Σκληρές αφρώδεις πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

β. Θερμομόνωση με υαλοβάμβακα.



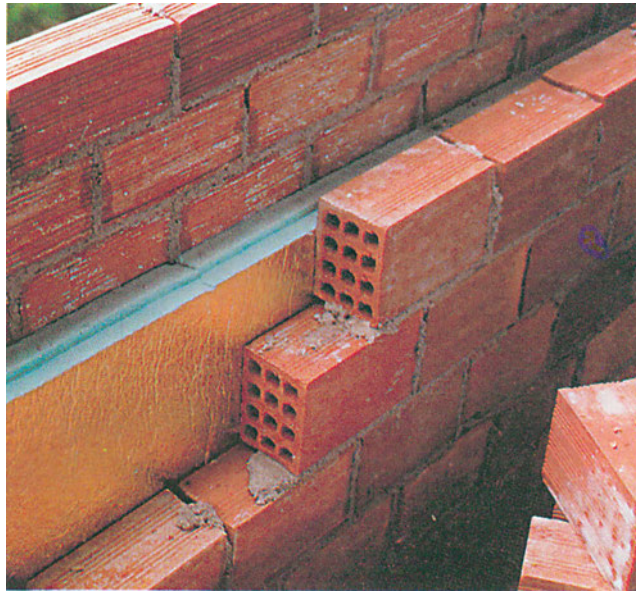
Σχ. 10.8. Αξονομετρικό – τομή εξωτερικού τοίχου θερμομονωμένου με υαλοβάμβακα και με διάκενο για διπλό συρόμενο.



Φωτ. 10.14. Προϊόντα υαλοβάμβακα.

Σε περίπτωση μόνωσης με υαλοβάμβακα, που αποτελείται από ίνες γυαλιού άκαυστες και με άριστη χημική συμπεριφορά, επιλέγουμε τις ενισχυμένες οικοδομικές πλάκες για τους τοίχους με συρόμενα (Σχ. 10.8).

Για περιπτώσεις ταυτόχρονης υγροπροστασίας, όταν δεν έχουμε διάκενο συρομένων, επιλέγουμε το αντίστοιχο προϊόν σε μορφή παπλώματος ενισχυμένο με αλουμίνιο.

γ. Θερμομόνωση με σκληρό πολυμερισμένο αφρό και φύλλο αλουμινίου.

Φωτ. 10.15. Θερμομόνωση με σκληρό αφρό.

δ. Θερμομόνωση με ξυλόμαλλο (Heraklith).

Φωτ. 10.16. Προϊόντα Heraklith.

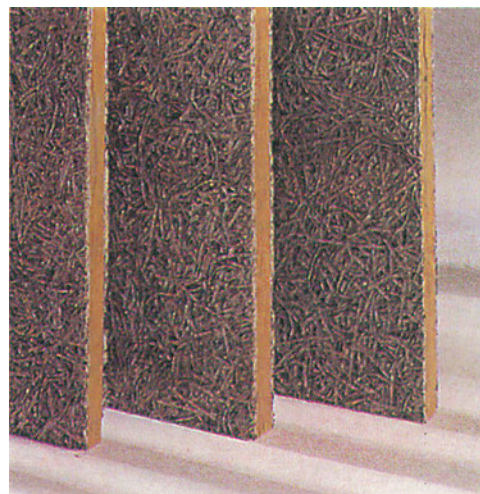
Διακρίνονται πλάκες συμπαγούς ξυλόμαλλου και πλάκες με πυρήνα διογκωμένης πολυστερίνης και αμφίπλευρη επένδυση ξυλόμαλλου.

ε. Θερμομόνωση με πετροβάμβακα.

Ο πετροβάμβακας είναι υλικό, που αποτελείται από ορυκτές ίνες και χρησιμοποιείται είτε μόνο του (Φωτ. 10.17), είτε με αμφίπλευρη επένδυση από ξυλόμαλλο (Φωτ. 10.18).



Φωτ. 10.17. Πετροβάμβακας.



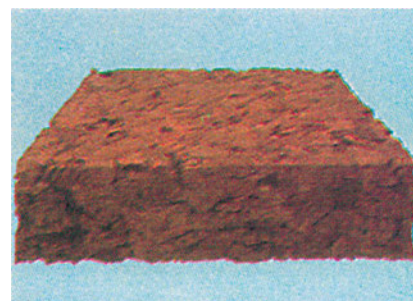
Φωτ. 10.18. Ξυλόμαλλο με πετροβάμβακα.

στ. Άλλα υλικά.

Υπάρχει ακόμα πλήθος άλλων υλικών και σε διάφορες μορφές, όπως πολυουρεθάνη, διογκωμένος περλίτης, κίσηρη (ελαφρόπετρα), διογκωμένη πολυστερίνη και όλα αυτά σε πλάκες ή χύδην, τα οποία εφαρμόζονται με εμφύσηση σε κενά μη μονωμένες υπάρχουσας τοιχοποιίας ή αναμιγνύονται με το κονίαμα.

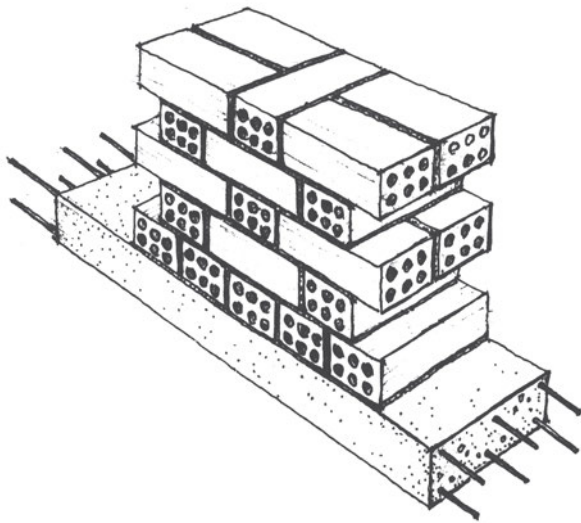


Φωτ. 10.19. Πλήρωση διακένων με μονωτικό υλικό σε κόκκους.



Φωτ. 10.20. Φελλός σε πλάκες.

10.4.4. Μπατική οπτοπλινθοδομή (πάχους 20 cm).



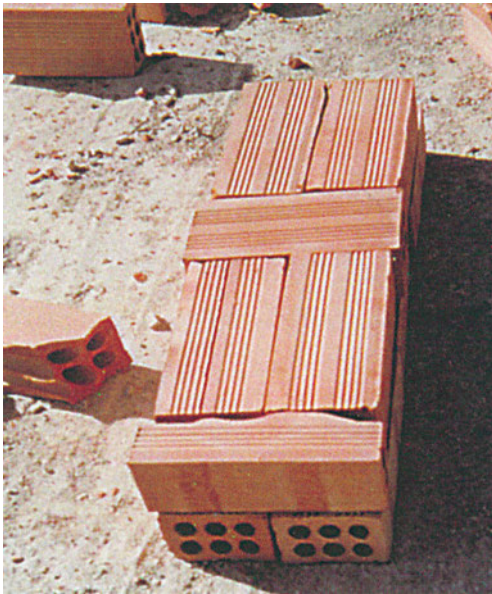
Σχ. 10.9. Μπατικός τοίχος.

Ο τοίχος αυτός είναι συνήθως φέρων και η θερμομόνωση τοποθετείται στην εσωτερική ή εξωτερική του πλευρά και προστατεύεται με επίχρισμα ή γυψόπλακες.

Η αρχική στρώση γίνεται όπως φαίνεται στο Σχ. 10.9.

Το συνολικό πάχος του τοίχου είναι ίσο με το μήκος ενός τούβλου, δηλαδή 19 cm.

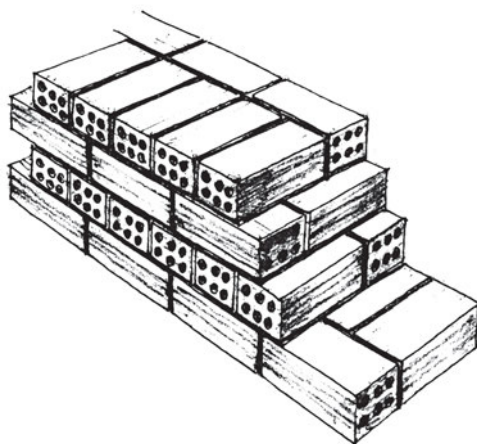
Οι κανόνες σωστής δόμησης, το κονίαμα, τα σενάζ κ.λπ. είναι τα ίδια με όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα είδη οπτοπλινθοδομών.



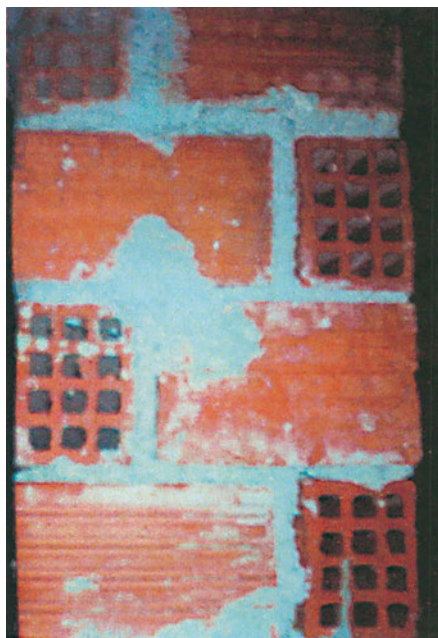
Φωτ. 10.21. Μπατικός τοίχος με απλή τοποθέτηση τούβλων.

10.4.5. Υπερμπατική οπτοπλινθοδομή (πάχους 30 cm).

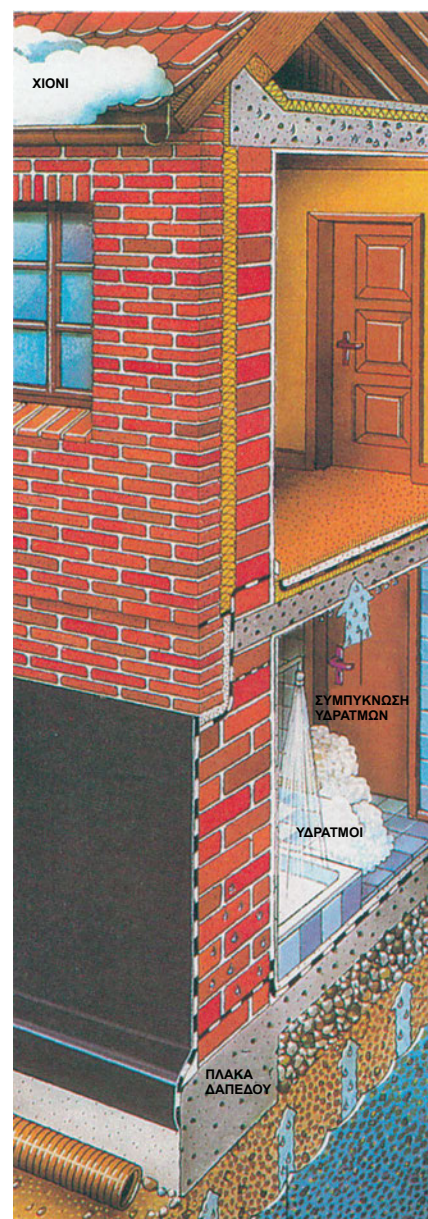
Σπανιότερα, και μόνο ως φέρων, ο τοίχος μπορεί να δομηθεί και ως **υπερμπατικός** (με πάχος 30 cm, Σχ. 10.10, Φωτ. 10.22). Η δόμηση αυτή όμως σπάνια εφαρμόζεται πλέον.



Σχ. 10.10. Υπερμπατικός τοίχος.



Φωτ. 10.22. Τομή υπερμπατικού τοίχου.



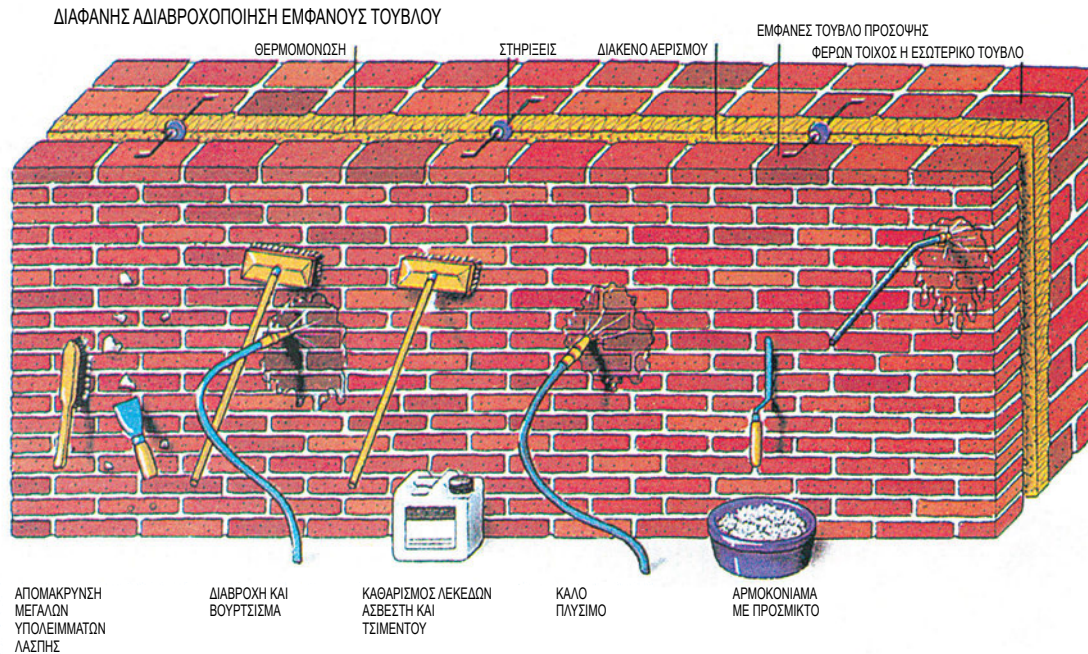
Φωτ. 10.23.

Στη Φωτ. 10.23. φαίνεται στο υπόγειο ο υπερμπατικός τοίχος με τις υγραμονωτικές του στρώσεις, για τους λόγους που έχουμε ήδη εξηγήσει στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στο ισόγειο φαίνεται ο μπατικός τοίχος, που είναι φέρων, ακουμπά δηλαδή πάνω του η πλάκα από σκυρόδεμα, και η θερμομόνωση. Για την προστασία της αλλά και για αισθητικούς λόγους χτίζεται δρομικό «εμφανές» τούβλο επένδυσης (εναλλακτικά το θερμομονωτικό θα μπορούσε να επιχρισθεί).

10.4.6. Επένδυση με εμφανές τούβλο.

Στην περίπτωση αυτή για τη συνεργασία των δύο τοίχων τοποθετούνται κάθε 1 m² στηρίγματα-λάμες μεταλλικές.

Το εμφανές τούβλο προστατεύεται με τεχνική και υλικά, που φαίνονται στη Φωτ. 10.24.α.



Φωτ. 10.24.α. Δόμηση με εμφανές δρομικό τούβλο.

Σε φαθωτή τοιχοποιία (μη φέρουσα) το εμφανές τούβλο δομείται στη θέση του εξωτερικού δρομικού τοίχου.



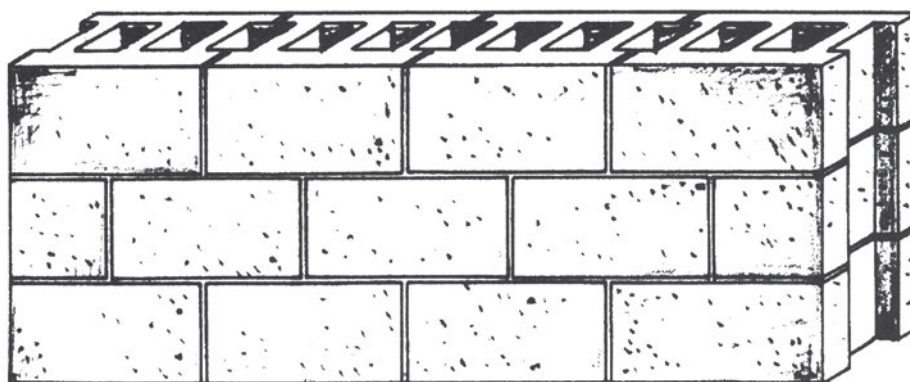
Εφαρμογή οξύμαχου πλίνθου σε κτίριο γραφείων

Φωτ. 10.24.β.

Υπάρχουν επίσης οι **οξύμαχοι** εμφανείς πλίνθοι τοιχοποιίας, δηλαδή χρωματιστοί σε όλη την κεραμική μάζα τους πλίνθοι και ειδικά κατασκευασμένοι ώστε να είναι ανεπηρέαστοι από την επίδραση οξέων, ατμοσφαιρικών ρύπων, παγετού, από εμφάνιση αλάτων και εξανθημάτων, ενώ παράλληλα έχουν αυξημένες μηχανικές αντοχές.

10.5. ΤΣΙΜΕΝΤΟΛΙΘΟΔΟΜΕΣ.

Οι τσιμεντόλιθοι είναι **τεχνητοί πλίνθοι** διαστάσεων 19x19x39 (cm), που κατασκευάζονται με ανάμιξη τσιμέντου, άμμου και γαρμπιλιού με νερό. Παρουσιάζουν **μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη** από τους αντίστοιχους οπτόπλινθους, αλλά είναι **βαρύτεροι** και **πιο δύσχρηστοι** απ' αυτούς (Σχ. 10.11).



Σχ. 10.11. Τσιμεντόλιθοι.

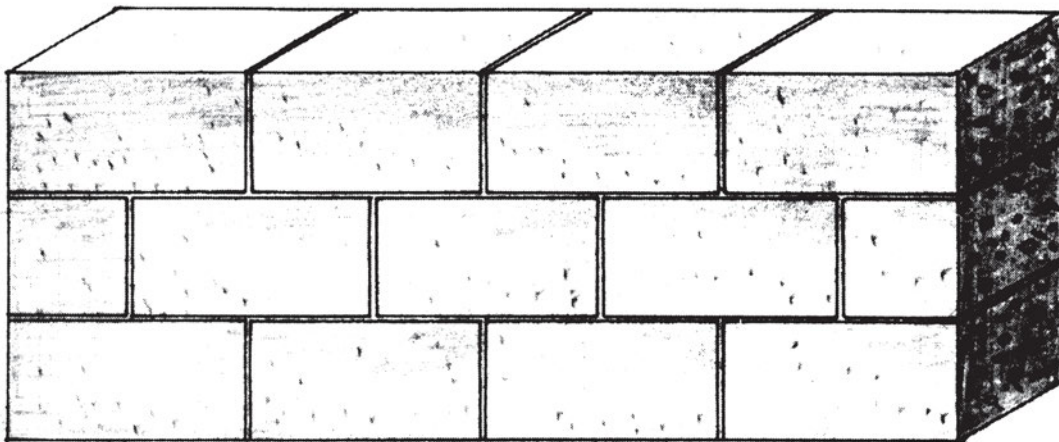
Στην επόμενη φωτογραφία παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα δόμησης τοίχων πλήρωσης με τσιμεντόλιθους.



Φωτ. 10.25. Δόμηση με τσιμεντόλιθους σε κατοικία στη Σαντορίνη.

10.6. ΚΙΣΣΗΡΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ ΑΠΟ ΚΥΨΕΛΩΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ.

Οι **κισσηρόπλινθοι**, συνήθως μεγάλων διαστάσεων 19x19x39 (cm), κατασκευάζονται με τσιμέντο, άμμο, κίσσηρη (ελαφρόπετρα – ηφαιστειακής προέλευσης πέτρωμα) και νερό, οπότε έχουν **βελτιωμένες θερμομονωτικές ιδιότητες**, όχι όμως και **μηχανικές** (Σχ. 10.12).



Σχ. 10.12. Κισσηρόπλινθοι.

Τεχνητοί λίθοι από **κυψελωτό** κονίαμα κατασκευάζονται από τσιμέντο, άμμο και μίγμα χημικών υλών, που δημιουργεί **φυσαλίδες αέρα**, **διογκώνοντας** τη μάζα του υλικού για να γίνει **ελαφρότερο** και **πιο θερμομονωτικό** από τους τσιμεντόλιθους και τους οπτόπλινθους.

Σε άλλες περιπτώσεις παράγεται τεχνητός λίθος **εξαιρετικά πορώδης** από τσιμέντο, χαλαζία, ασβέστη και νερό με **ειδική επεξεργασία** τέτοια, που δημιουργεί **πολυάριθμους πόρους αέρα** στη μάζα του.

Τα δομικά αυτά στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικά για τοίχους **πλήρωσης**, όταν υπάρχει ο «σκελετός» (φέρων οργανισμός) π.χ. από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως φαίνεται στη Φωτ. 10.26.

Στις περιπτώσεις αυτές το **σφήνωμα** γίνεται με λεπτό στρώμα **διογκωμένης πολυουρεθάνης** πάχους 2-3 cm (Φωτ. 10.27).



Φωτ. 10.26. Τοίχοι πλήρωσης με τεχνητούς λίθους από κυψελωτό κονίαμα.



Φωτ. 10.27. Σφήνωμα με διογκωμένη πολυουρεθάνη.

Τοίχοι με τέτοια στοιχεία μπορούν επίσης να δομηθούν και ως **φέροντες** (μέχρι διώροφη κατασκευή, Φωτ. 10.28), οπότε, μετά τη δόμησή τους, το **περιμετρικό σενάζ** κατασκευάζεται από **οπλισμένο σκυρόδεμα** (Φωτ. 10.29) και πάνω του ακουμπά και μεταφέρει φορτία το πάτωμα, η στέγη (μεταλλική, ξύλινη) ή λεπτή πλάκα σκυροδέματος.



Φωτ. 10.28. Φέροντες τοίχοι με τεχνητούς πλίνθους από κυψελωτό κονίαμα.



Φωτ 10.29. Περιμετρικό σενάζ από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι φάσεις της δόμησης είναι:



α. Χάραξη.



β. Κονίαμα και υγρομόνωση βάσης.



γ. Δόμηση πρώτης σειράς.



δ. Ειδική συνδετική κονία οριζόντιων αρμών.



ε. Πάχος αρμού 2 mm.



στ. Εγκάρσια σύνδεση.



ζ. Κατακόρυφοι αρμοί με εμπλοκή ή κονίαμα.



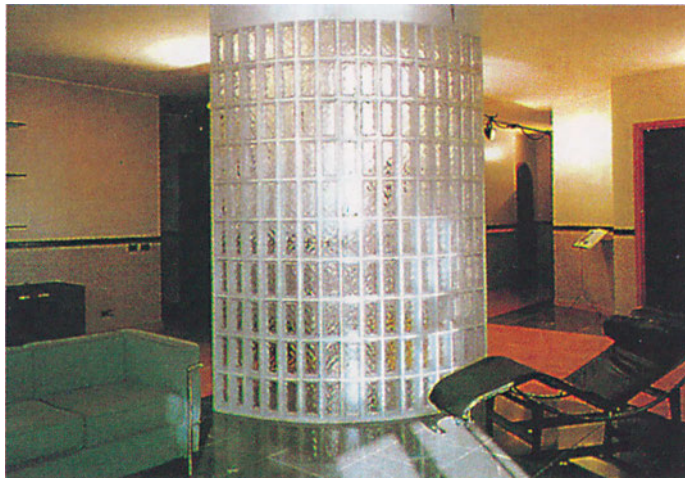
η. Δόμηση μέχρι το σενάζ.



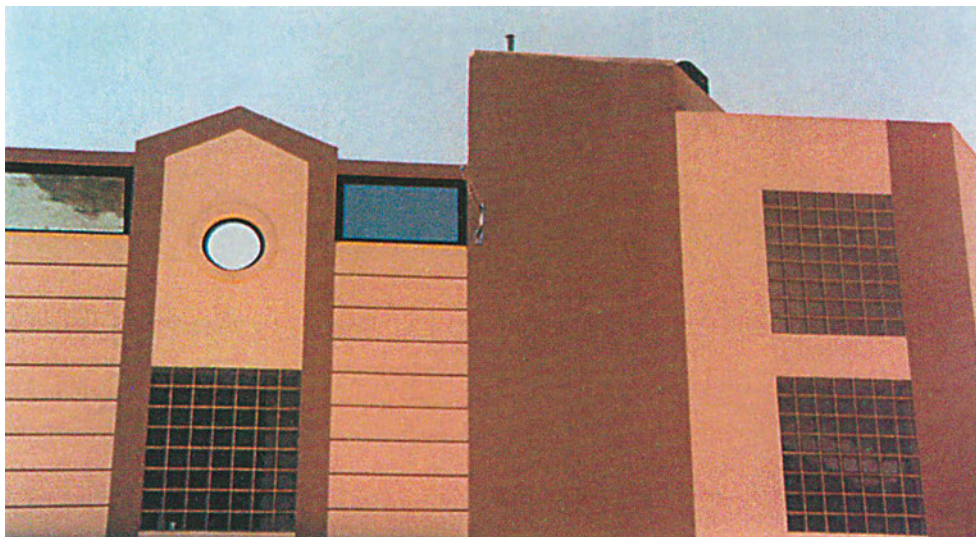
θ. Εύκολη κοπή.

10.7. ΥΑΛΟΤΟΥΒΛΑ.

Τοίχοι από **υαλότουβλα** έχουν γίνει πλέον δυναμικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής σύνθεσης. Διαφανή, άχρωμα ή χρωματιστά τα υαλότουβλα **επιτρέπουν να περνά το φως** και επιλέγονται κυρίως για τοίχους κλιμακοστασίων, εσωτερικούς διακοσμητικούς τοίχους σε χώρους υποδοχής, ως **διακοσμητικά** στοιχεία σε εξωτερικές όψεις κ.λπ. Δομούνται εύκολα με **ειδική κόλλα** και **οδηγούς-στηρίγματα** (Φωτ. 10.31, 10.32).



Φωτ. 10.31. Υαλότουβλα σε εσωτερικό χώρο.



Φωτ. 10.32. Υαλότουβλα σε εξωτερικό τοίχο.

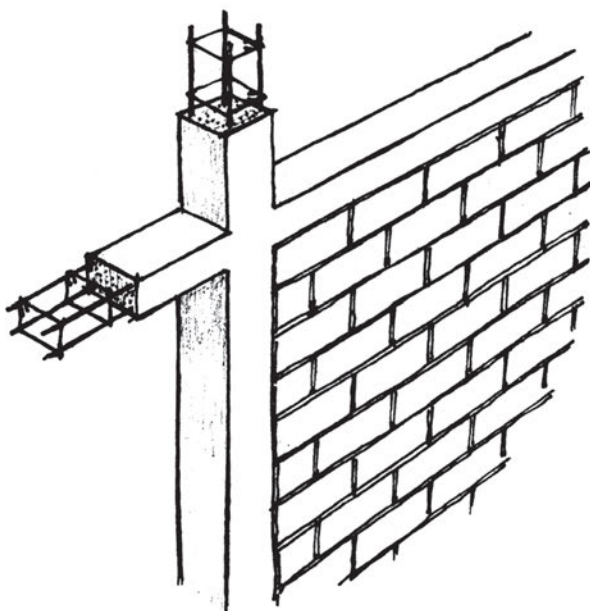
10.8. ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ.

Η **φέρουσα** τοιχοποιία, ανάλογα με τον τρόπο μελέτης και κατασκευής της, χαρακτηρίζεται ως:

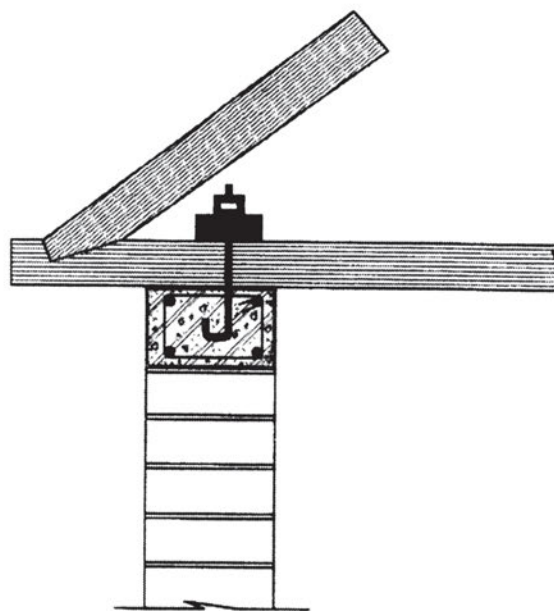
1. άοπλη,
2. διαζωματική,
3. οπλισμένη.

1. Η **άοπλη τοιχοποιία** κανονικά **δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε περιοχές υψηλής σεισμικότητας ως φέρουσα**. Καταχρηστικά μπορεί να κατασκευαστεί **το πολύ μέχρι δυο ορόφους** και με αρκετούς **περιορισμούς** ως προς τα μήκη των πλευρών και των ανοιγμάτων, **υποχρεωτικά δε με σενάζ στα πρέκια και στις στάθμες των ορόφων**.

2. Η **διαζωματική τοιχοποιία** παρουσιάζει ασφαλώς **καλύτερη συμπεριφορά** σε σεισμό. Σ' αυτή τα **διαζώματα** (σενάζ), κατακόρυφα και οριζόντια (Σχ. 10.13), γίνονται σήμερα από **οπλισμένο σκυρόδεμα** με διάσταση τουλάχιστον 15x15 (cm), κύριο οπλισμό 4 \varnothing 10 και συνδετήρες \varnothing 8/20, πρέπει δε να **συνδέονται** με τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία του σκελετού (π.χ. ζευκτά), όπως φαίνεται στο Σχ. 10.14.



Σχ. 10.13. Διαζωματική τοιχοποιία.



Σχ. 10.14. Σύνδεση σενάζ-ζευκτού.

3. Η οπλισμένη τοιχοποιία με τη σύγχρονη τεχνολογία και τη σχετική νομοθεσία εξασφαλίζει **καλύτερη συμπεριφορά σε σεισμό**.

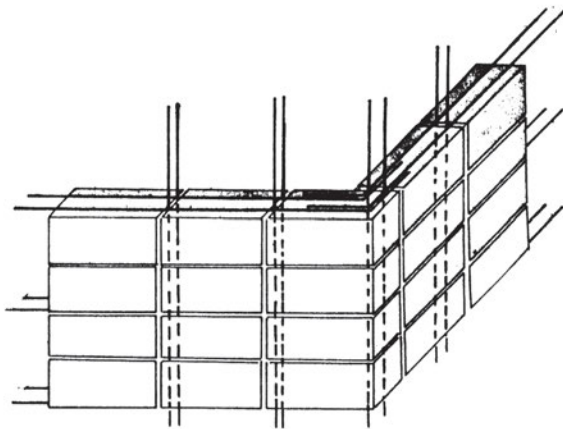
Έχει δύο μορφές:

3.α. Τοιχοποιία με οπλισμό σε πυρήνα.

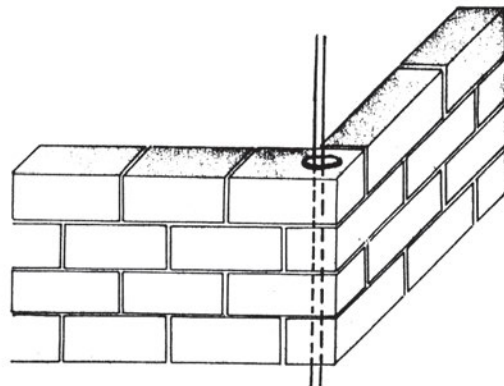
Πρόκειται για **δύο ξεχωριστούς** τοίχους (ψαθωτή σπτοπλινθοδομή), που δομούνται με **κενό** ανάμεσά τους περίπου 10 cm, το οποίο **γεμίζει με σκυρόδεμα**, αφού προηγουμένως έχουν τοποθετηθεί **ράβδοι οπλισμού**.

3.β. Τοιχοποιία με διάσπαρτο οπλισμό ανάμεσα στους πλίνθους.

Συγκεκριμένα ο **οριζόντιος οπλισμός** τοποθετείται στους **οριζόντιους αρμούς** μαζί με το κονίαμα (Σχ. 10.15), ενώ ο **κατακόρυφος** σε ειδικά **κατακόρυφα ανοίγματα** των πλίνθων, που χτίζονται έτσι ώστε αυτά να σχηματίζουν έναν **κατακόρυφο σωλήνα**, που δέχεται τις **κατακόρυφες ράβδους** και στη συνέχεια **γεμίζει με σκυρόδεμα** (Σχ. 10.16).



Σχ. 10.15.

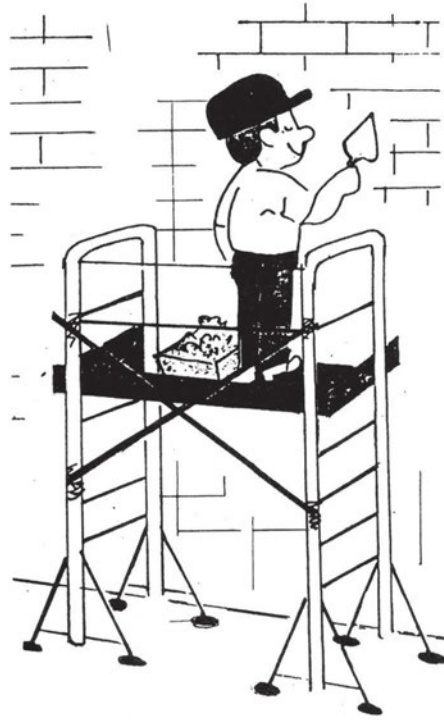


Σχ. 10.16.

Η **μελέτη** και η **επίβλεψη** όλων των πιο πάνω στοιχείων γίνεται με βάση τους **ισχύοντες κανονισμούς** και **διατάξεις**, που τα καθορίζουν (πάχη, πυκνότητα οπλισμού, διαζώματα κ.λπ.), ανάλογα με τις **διαστάσεις** και τα **φορτία** της κατασκευής.

10.9. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΟΜΗΣΗ.

α. Λάθος



β. Σωστό

Σχ. 10.17. Χτίστης σε σκαλωσιά.

Σχολιάστε τις δύο περιπτώσεις του Σχ.10.17. Ποια μέτρα προστασίας έχει λάβει ο χτίστης στο Σχ. 10.17.β;

*Φωτ. 10.33. Σκαλωσιά.*

Εκτός από αυτά τα μέτρα πρέπει επί πλέον:

Να είναι **καλυμμένα, περιφραγμένα** όλα τα ανοίγματα, τρύπες κατακόρυφες ή οριζόντιες, όπως π.χ. στο φρεάτιο του ασανσέρ, στους φωταγωγούς, στις σκάλες.

Να φορούν **κράνη** και **ζώνες ασφαλείας** όσοι δουλεύουν στα άκρα της οικοδομής και σε υψόμετρο.

Να υπάρχει **τάξη** και **καθαριότητα** στον χώρο εργασίας.

Η μεταφορά των υλικών στους ορόφους να γίνεται με γερανάκι **ελεγμένο** για το αντίβαρό του, τα συρματόσχοινά του, τους γάντζους του και άλλα πολλά.



Υπάρχει **νομοθεσία** για τα μέτρα ασφαλείας για όλες τις εργασίες και για την τήρησή τους είναι **υπεύθυνοι** όλοι οι παράγοντες του έργου: **Ιδιοκτήτες, Μηχανικοί, Εργοδηγοί** κ.λπ., που συμπληρώνουν και το **«Ημερολόγιο των μέτρων ασφαλείας του έργου»**. Αυτά θα τα μελετήσετε στο αντίστοιχο μάθημα. Στην ενότητα αυτή θελήσαμε απλώς να συνδέσουμε τη **σωστή** με την **ασφαλή** κατασκευή.

10.10. ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ - ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ.

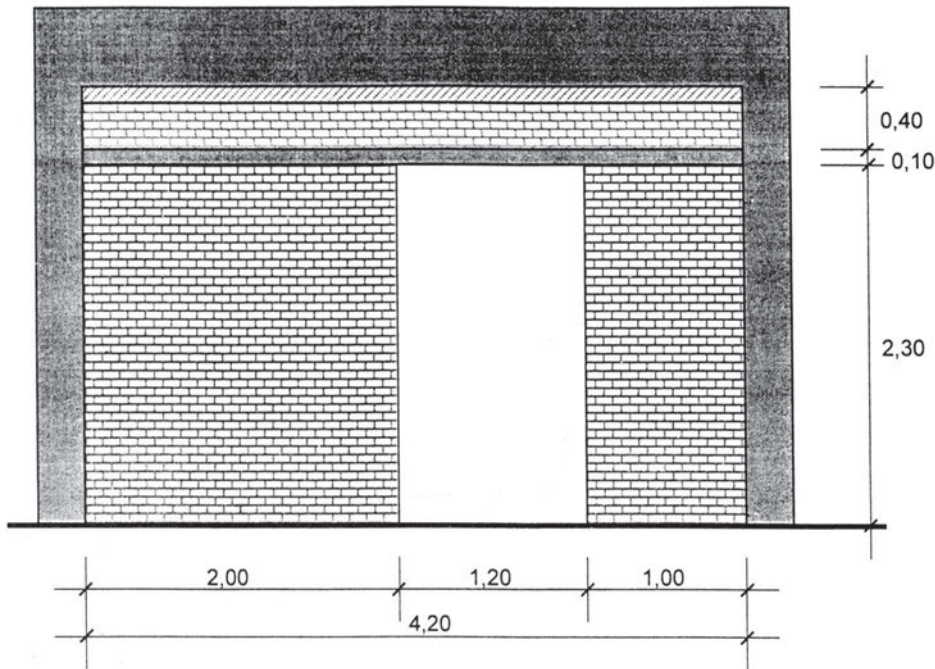
Η **προμέτρηση** είναι η εργασία κατά την οποία υπολογίζεται το σύνολο των **απαιτούμενων εργασιών και υλικών** κατά είδος **βάσει των σχεδίων**, προκειμένου να γνωρίζουμε **εκ των προτέρων** την ποσότητα (και συνεπώς το κόστος της κατασκευής τους), κυρίως όμως για να **παραγγείλουμε** τα απαιτούμενα υλικά.

Η **επιμέτρηση** γίνεται **μετά το τέλος** κάθε τμήματος του έργου. Είναι η εργασία κατά την οποία μετρώνται **επί τόπου** οι τελειωμένες εργασίες και βάσει της οποίας πληρώνονται οι εργολάβοι ή υπεργολάβοι. Υπάρχει ειδικό μάθημα **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**, όπου θα διδαχθείτε με λεπτομέρεια τα θέματα αυτά για όλες τις εργασίες.

Η παρούσα ενότητα σκοπεύει να σας βοηθήσει να ολοκληρώσετε τις γνώσεις σας περί σωστής και ασφαλούς κατασκευής τοίχων με την ταυτόχρονη οικονομική τους θεώρηση. Γι' αυτό θα δοθούν απλώς μερικά βασικά στοιχεία σχετικά με το θέμα.

ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ (cm)	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥΒΛΩΝ (cm)	ΤΕΜΑΧΙΑ ΑΝΑ m ²	ΚΟΝΙΑΜΑ ΣΕ m ³ ΑΝΑ m ³ ΤΟΙΧΟΥ
6	6x9x19	50	0,009
9	6x9x19	72	0,016
9	12x9x19	39	0,010
12	12x9x19	50	0,017
6	6x12x19	39	0,007
12	6x12x19	72	0,021
8	8x12x24	31	0,009
12	8x12x24	45	0,016
10	10x15x35	18	0,006
15	10x15x35	25	0,019
15	15x18x35	15	0,006
18	15x18x35	18	0,010
25	25x12x25	30	0,025
6	6x15x25	24	0,006
15	6x15x25	55	0,026

Πίνακας 10.1. Αριθμός τούβλων και ποσότητα κονιάματος.



Σχ. 10.18. Όψη τοίχου.

Υπολογισμός **εμβαδού** τοιχοποιίας (Σχ. 10.18): $E = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 =$

$$= (2,00 \times 2,30) + (1,00 \times 2,30) + (0,40 \times 4,20) = \mathbf{8,58 \text{ m}^2}$$

μήκος σενάζ = 4,20 m.

Οι τιμές, που συμφωνούνται με τον χτίστη («**τουβλά**») είναι για επιφάνεια τοίχου σε m^2 και σενάζ σε m.

- α. Είτε μόνο για την εργασία του («**φατούρα**») ή
- β. Είτε για εργασία και υλικά μαζί («**εργολαβία**»).

Το κόστος **προσαυξάνεται** με **Φ.Π.Α.** και βέβαια με **ένσημα Ι.Κ.Α.**

Αν ο τοίχος είναι δρομικός, ή δύο δρομικοί, ή μπατικός, ή με μόνωση αλλάζει η τιμή.

Για το σενάζ ισχύουν αντίστοιχα.

Επίσης τα ανοίγματα **αν είναι μικρά** (μέχρι 1,50 m) **προσμετρώνται** σαν να χτίζονται, γιατί έχουν πρόσθετη εργασία οι «**λαμπάδες**», δηλαδή οι κατακόρυφες πλευρές του ανοίγματος. Σε αντίθετη περίπτωση **χρεώνονται ξεχωριστά** οι λαμπάδες.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.

Οι τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους είναι, σε σύγκριση με τις λιθοδομές, πιο ελαφριές, οικονομικές και δομούνται πιο εύκολα. Συνιστώνται κυρίως ως τοιχοποιίες πλήρωσης σε φέροντα οργανισμό (σκελετό) από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι πιο συνηθισμένοι τοίχοι είναι από οπτόπλινθους (τούβλα) δρομικοί (πλάτους 9 cm), δυο δρομικοί με κενό για συρόμενο κούφωμα ή και μόνωση, μπατικοί (πλάτους 19 cm). Δρομική τσιμεντολιθοδομή και κισσηροπλινθοδομή συνηθίζεται επίσης για πιο γρήγορη δόμηση.

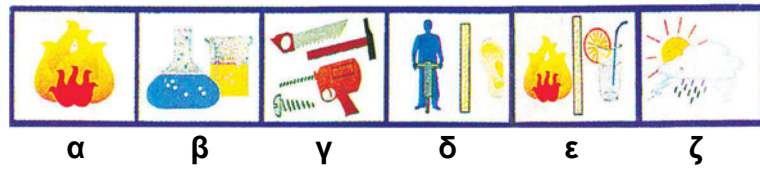
Σε περίπτωση φέρουσας τοιχοποιίας (πλάτους άνω των 25 cm) συντάσσεται οπωσδήποτε μελέτη, ενώ καθοριστικό ρόλο έχουν τα διαζώματα (σενάζ), οπότε η τοιχοποιία ονομάζεται «διαζωματική».

Κατά τη δόμηση οφείλουν όλοι οι τεχνικοί να ακολουθούν τους «κανόνες σωστής δόμησης», να κάνουν έλεγχο ποιότητας υλικών και κατασκευής και να παίρνουν τα ενδεικνυόμενα μέτρα ασφάλειας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

- Σχολιάστε τις θέσεις, στις οποίες έχει κατασκευαστεί το σενάζ στη Φωτ. 10.2 και αιτιολογήστε τις.
- Ποιους ποιοτικούς ελέγχους πρέπει να κάνετε κατά την παραλαβή:
 - α. των τούβλων και
 - β. της οπτοπλινθοδομής στο σύνολό της;
- Δώστε σκαρίφημα τομής τοίχου με δυο κανονικές δρομικές οπτοπλινθοδομές με κενό για ένα συρόμενο (7 cm) και θερμομονωτικό υλικό 5 cm (συνολικό πλάτος τοίχου 30 cm).
- Ποιες είναι οι διαφορές της διαζωματικής από την άοπλη τοιχοποιία;
- Σε ποιες περιπτώσεις θα χρησιμοποιήσετε υαλότουβλα για δόμηση τοίχου;
- Υπολογίστε πόσα τούβλα 6×9×19 cm πρέπει να παραγγείλετε για τη δόμηση διπλού κανονικού δρομικού τοίχου με διάκενο, διαστάσεων 3,00x5,00 m;

- Σημειώστε δίπλα στους παρακάτω όρους τα γράμματα, που αντιστοιχούν στα σχήματα-σύμβολα των απαιτήσεων ή ιδιοτήτων υλικών ή τμημάτων κατασκευής:



Σχ. 10.19

- Ηχομόνωση.
- Αντοχή στη διάβρωση.
- Πυραντοχή.
- Θερμομόνωση.
- Κατεργασία.
- Χημική αντοχή.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΙΧΩΝ

- Είδη βλαβών και αίτια.
- Μορφολογία ρηγματώσεων.
- Παραδείγματα βλαβών και κακοτεχνιών.
- Επισκευές βλαβών.
- Μέτρα προστασίας από σεισμό.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- Να διακρίνετε τις βλάβες των τοιχοποιιών και τα αίτια, που τις προκαλούν.
- Να περιγράφετε τον τρόπο επισκευής κάποιων βλαβών.
- Να αναφέρετε τα μέτρα προστασίας.

11.1. ΒΛΑΒΕΣ ΤΟΙΧΩΝ - ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΩΝ.

Οι βλάβες των τοίχων από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους είναι:

- α. Ρωγμές** μικρού ή μεγάλου πλάτους και μήκους.
- β. Καθιζήσεις** τοπικές ή γενικές.
- γ. Παραμορφώσεις**, καμπύλωση των επιφανειών τους.
- δ. Καταρρεύσεις** τοπικές.

Τα αίτια, που τις προκαλούν είναι πολλά και πολλές φορές συνδυασμένα:

- ◆ **Κακή ποιότητα** υλικών.
- ◆ **Απουσία μελέτης**, κυρίως σε μεταγενέστερες τροποποιήσεις.
- ◆ **Κακοτεχνίες** (κατασκευαστικά λάθη).
- ◆ **Ανεπαρκής συντήρηση**, άρα γήρανση της κατασκευής.
- ◆ Επίδραση **φυσικών φαινομένων** (υγρασία, παγετός, ηλιακή ακτινοβολία, βροχοπτώσεις με υποσκαφή του υπεδάφους κ.ά.)
- ◆ Επίδραση **μηχανικών φαινομένων** (φορτίσεις, ανεμοπύση, σεισμός, κραδασμοί, βομβαρδισμοί κ.ά.).

Οι βλάβες για τον οργανισμό πλήρωσης της οικοδομής, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, διακρίνονται σε:

11.1.1. Βλάβες τοπικού χαρακτήρα:

α. Ελαφρές: Όταν εμφανίζονται ρηγματώσεις σε επιχρίσματα, στο κονίαμα αρμού ή στα τούβλα, οι οποίες έχουν τριχοειδή μορφή, και ειδικότερα στις γραμμές επαφής τοιχοποιίας και φέροντος οργανισμού, οπότε απαιτείται τοπική επισκευή.

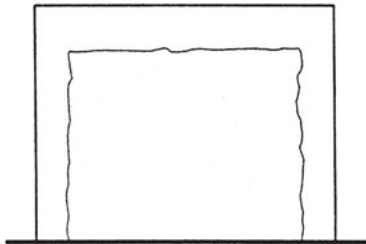
β. Σοβαρές: Όταν εμφανίζονται έντονες διαμπερείς ρηγματώσεις διαγώνιες ή χιαστί, σπάσιμο τούβλων, αποδιοργάνωση μάζας στις τοιχοποιίες, απόκλιση από το κατακόρυφο επίπεδο, για την αποκατάσταση των οποίων απαιτείται καθαίρεση ή ανακατασκευή.

11.1.2. Βλάβες γενικού χαρακτήρα:

Είναι οι γενικευμένες βλάβες του φέροντος οργανισμού, δηλαδή της φέρουσας τοιχοποιίας, που από τον χαρακτήρα και την έκτασή τους επηρεάζουν τη γενική ευστάθεια του κτιρίου.

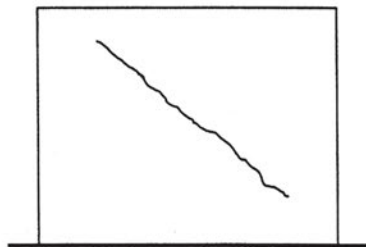
11.2. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΩΝ.

Οι γνωστότερες μορφές ρηγματώσεων σε τοιχοποιία είναι:



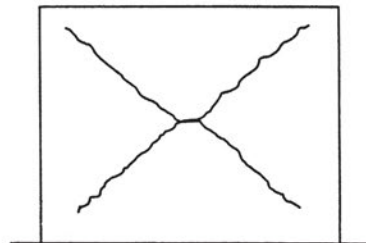
(α)

Ρωγμή «π» λόγω **αποκόλλησης** του τοίχου από τον «σκελετό» από σκυρόδεμα, εξαιτίας κυρίως **κακότεχνου σφηνώματος** και **έλλειψης σενάζ**. Μπορεί να εμφανίζεται και μόνο η άνω οριζόντια ρωγμή.



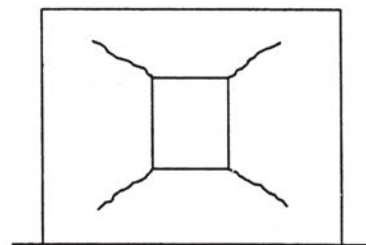
(β)

Ρωγμή **λοξή** (45°), συνήθως λόγω **καθίζησης**, η οποία ακολουθεί το σχήμα των τούβλων.



(γ)

Ρωγμή **χιαστί** λόγω **σεισμού**.



(δ)

Ρωγμή λόγω **έλλειψης σενάζ** στο **πρέκι** και στην **ποδιά**. Δημιουργείται κυρίως σε περίπτωση **σεισμικής δόνησης**.

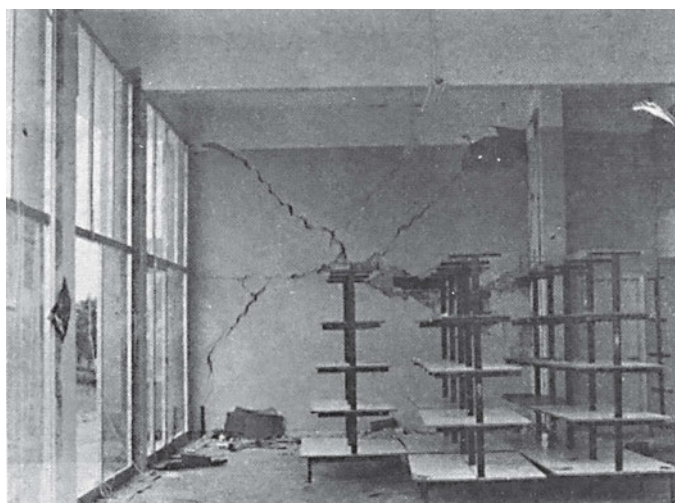
Σχ. 11.1

Άλλες βλάβες επίσης είναι η **έλλειψη επιπεδότητας** και **κατακορυφότητας** του τοίχου, ρωγμές σε θέσεις **ενσωματωμένων σωληνώσεων** ή ρωγμές από άλλες **κακοτεχνίες** κατά τη δόμηση του τοίχου.

11.3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ.



Φωτ. 11.1. Κατάσταση κτιρίου στην Καλαμάτα μετά τον σεισμό του 1986.



Φωτ. 11.2. Χιαστί ρωγμή λόγω σεισμού.

Στις Φωτ. 11.1 και 11.2 φαίνεται η διάλυση του τοίχου πλήρωσης.

Η αποκατάσταση των ζημιών πρέπει να γίνεται από **εξειδικευμένους** μηχανικούς μετά από **μελέτη**, ιδίως όταν ο τοίχος είναι **φέρων**.

Είναι βασικό να γνωρίζουμε την **αιτία** της βλάβης.

Η μέχρι σήμερα εμπειρία έχει επιβεβαιώσει ότι οι βλάβες κατά κανόνα είναι **μικρότερης έκτασης**, όταν η δόμηση έχει γίνει **σωστά** και **σύμφωνα με τους κανόνες**.

11.4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΚΟΤΕΧΝΙΩΝ ΣΕ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΔΟΜΕΣ.

Ό,τι ορίσαμε ως **κανόνες καλής δόμησης** και **δεν ακολουθήθηκε** συνιστά **κακοτεχνία**. Τα συνεργεία που εργάζονται στην οικοδομή μετά τον χτίστη, μπορούν επίσης να προκαλέσουν φθορές και ζημιές στους τοίχους.



Φωτ. 11.3. Κακοτεχνίες σε οπτοπλινθοδομή.

α. Μετά το χτίσιμο των τοίχων ο **ηλεκτρολόγος** και ο **υδραυλικός** πρέπει να τοποθετήσουν τις **σωληνώσεις** τους. Δυστυχώς συνηθίζεται να τις **ενσωματώνουν** στην κατασκευή. Με καλέμι και σφυρί, σπάνια με τροχό, χτυπούν τον τοίχο και ανοίγουν τα «**κανάλια**». Αν ο τοίχος είναι δρομικός ή, ακόμα χειρότερα, ορθοδρομικός και οι σωλήνες πολλοί, το αποτέλεσμα είναι αυτό της Φωτ. 11.3, που ο τοίχος απέκτησε ...**διαφάνεια** (!). Βλέπουμε απέναντι! Για ποια καλή συμπεριφορά της κατασκευής μπορούμε πλέον να μιλάμε;

β. Οικονομία στο σενάζ, πρέκι μόνο πάνω απ' την πόρτα, τούβλα διαφόρων αποχρώσεων και με αλάτια, έως καμένα. (Φωτ. 11.4).



Φωτ.11.4. Τούβλα κακής ποιότητας.

11.5. ΒΛΑΒΕΣ ΣΕ ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ.

11.5.1. Μορφολογία – αίτια.

Οι συνηθέστερες βλάβες, ειδικότερα στις φέρουσες λιθοδομές, εκτός απ' αυτές που προαναφέρθηκαν στην ενότητα 11.2, είναι:

Κλίση ή/και **καμπύλωση** τοίχου, **ρωγμή κατακόρυφη** ή και **λοξή** κοντά στη γωνία του κτίσματος, λόγω κακής σύνδεσης των κάθετων τοίχων, καθώς και έλλειψης διαζωμάτων (σενάζ), όπως φαίνεται στις Φωτ. 11.5 και 11.6.



Φωτ. 11.5. Από τον Πύργο Ηλείας (1993).

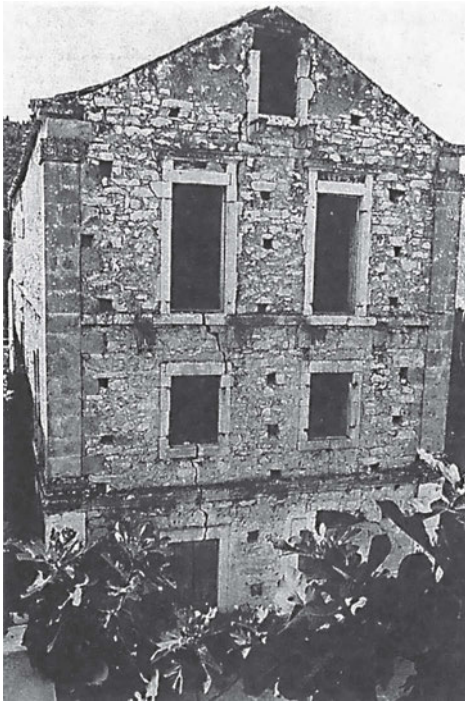


Φωτ. 11.6. Κατάρρευση τοίχου (Καλαμάτα 1986).

11.5.2. Επισκευή βλαβών σε λιθοδομές.

Ανάλογα με τη βλάβη γίνεται και η επισκευή. Ειδικά οι λιθοδομές από φυσικούς λίθους, που είναι φέρουσες, αφορούν πολλές φορές μνημεία ή διατηρητέα κτίσματα, οπότε πρέπει να επισκευαστούν, ακόμα κι αν το κόστος είναι μεγάλο. Γι' αυτό σε τέτοιες περιπτώσεις το κράτος δίνει δάνεια με ευνοϊκούς όρους (Φωτ. 11.7 και 11.8).

Στη Φωτ. 11.7 φαίνεται το τριώροφο κτίριο με μεγάλες ρηγματώσεις στις τοιχοποιίες. Η αποκατάσταση έγινε με κατασκευή **εσωτερικού μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα**. Τα ξύλινα πατώματα αντικαταστάθηκαν από πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος, ενώ η νέα στέγη έγινε πάλι ξύλινη. Οι εξωτερικοί τοίχοι αρμολογήθηκαν προσεκτικά (Φωτ 11.8).



Φωτ. 11.7. Πριν από την αποκατάσταση (1976).



Φωτ. 11.8. Μετά την αποκατάσταση (1980).

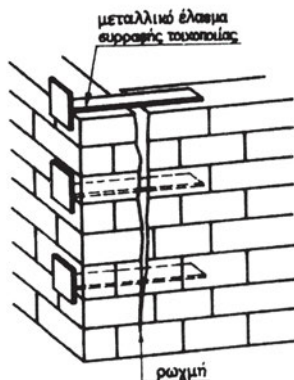
Διαπιστώνετε ότι η αποκατάσταση έγινε με σκοπό την ασφαλή επαναλειτουργία του κτιρίου, *σεβόμενη όμως την αρχιτεκτονική του.*

Η κατασκευή εντάχθηκε στο πρόγραμμα του Ε.Ο.Τ. (1975-1992) «Διατήρηση και ανάπτυξη παραδοσιακών οικισμών».

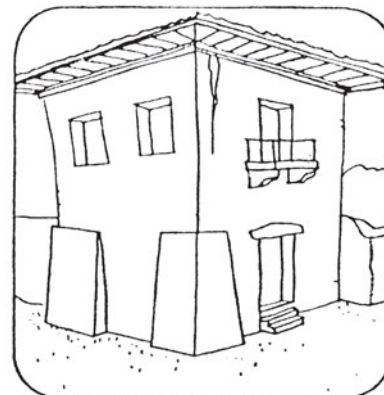
Στα πλαίσια κάποιων συνηθισμένων τρόπων επισκευής αναφέρονται οι πιο κάτω περιπτώσεις:



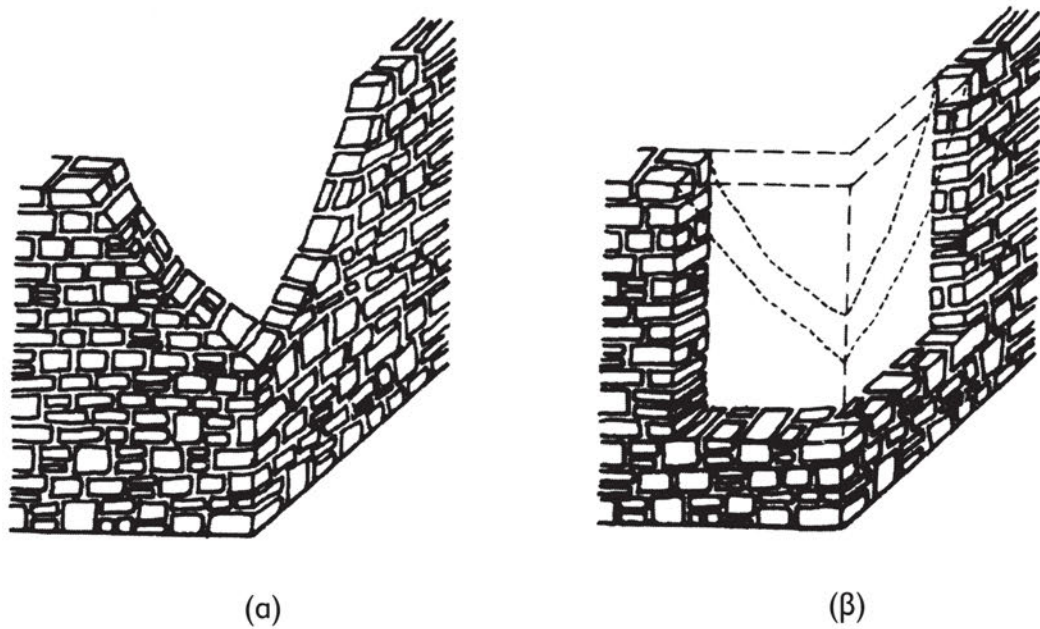
Τονίζουμε συμπερασματικά ότι πρέπει να υπάρχει **εξειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό**, με **σύγχρονη τεχνολογία** και **τεχνογνωσία**, καθώς και **έλεγχος της μελέτης και των εργασιών επισκευής και ενίσχυσης** από το Κράτος (Πολοδομία).



Σχ. 11.2. Αποκατάσταση σύνδεσης εγκάρσιων τοίχων.



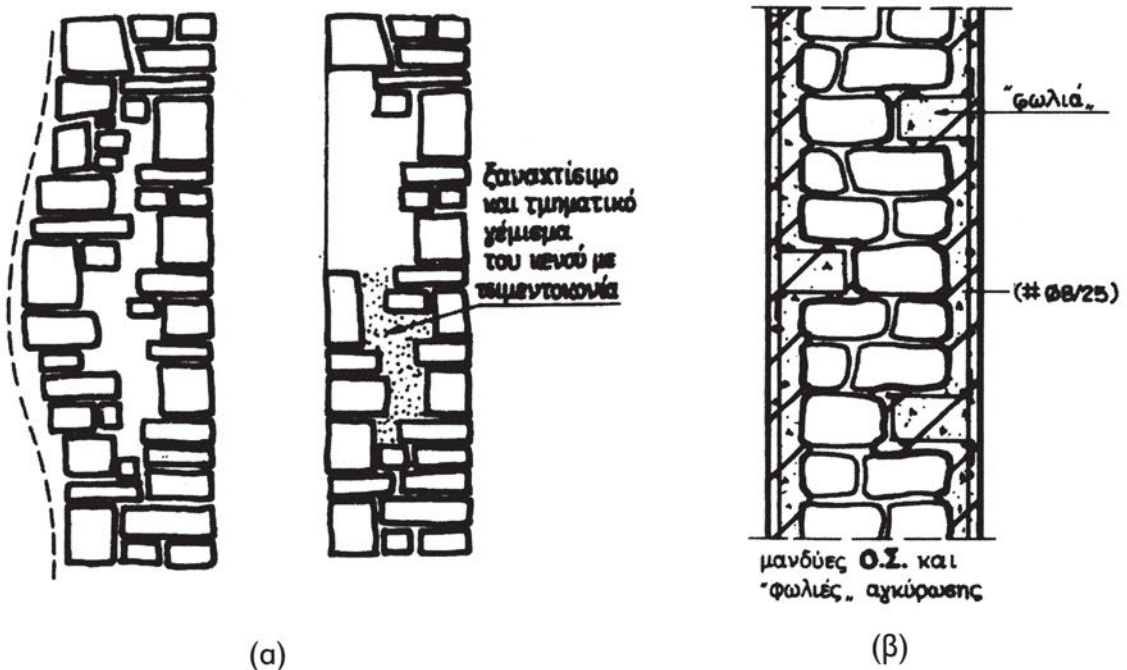
Σχ. 11.3. Ενίσχυση των γωνιών με λιθοδομή ή σκυρόδεμα.



Σχ. 11.4. Αποκατάσταση γωνίας λιθοδομής.

Στο Σχ. 11.4.β. φαίνεται η **αφαίρεση των σαθρών τμημάτων** της λιθοδομής. Στη συνέχεια θα δομηθεί **ενισχυμένη με συνδέσμους και σενάζ**, ακόμα και με **σκυρόδεμα**.

Αντίστοιχα για «**φούσκωμα**» ή και **γενικευμένη ρηγμάτωση** της λιθοδομής, που όμως μπορεί να αποκατασταθεί, οι συνήθεις μέθοδοι είναι αυτές που φαίνονται στις περιπτώσεις (α) και (β) του Σχ. 11.5 στις τομές των λιθοδομών.



Σχ. 11.5. Τομές λιθοδομής υπό επισκευή.

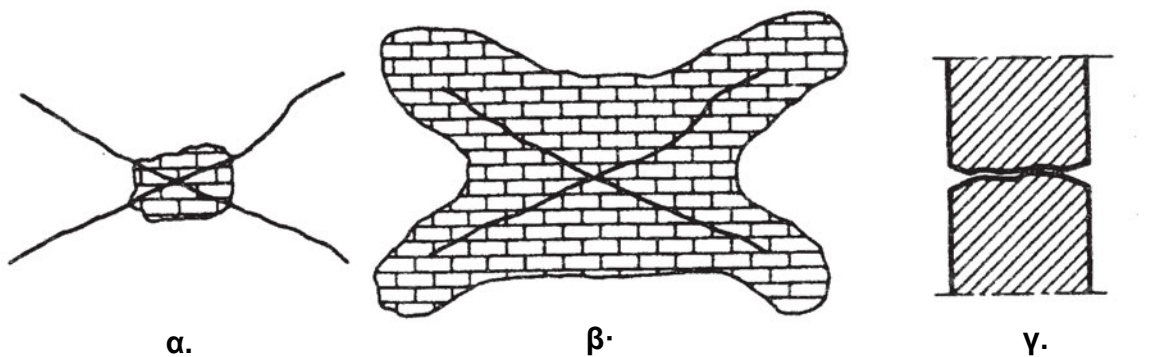
11.5.3. Επισκευή βλαβών σε τοιχοποιία από τεχνητούς πλίνθους.

Επισυνάπτουμε το απόσπασμα των συστάσεων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. για τις επισκευές τοίχων από τεχνητούς πλίνθους.

A. Απλή ρηγμάτωση τοίχων.

Πρόκειται για ρωγμές ανοίγματος λίγων χιλιοστών (<10 mm). Η επισκευή απλών ρωγμών εξαρτάται από τη διατιθέμενη τεχνολογία και πείρα.

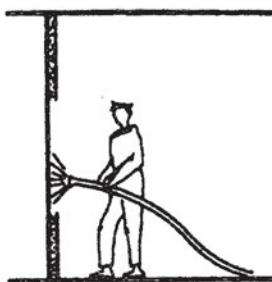
Διαδοχικές φάσεις εργασίας:



α.
Αρχικά.

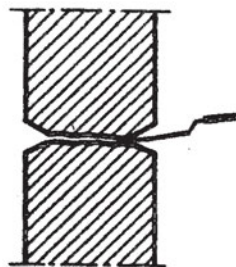
β.
Καθαίρεση επιχρίσματος σε μεγάλο πλάτος γύρω από τις ρωγμές (περίπου 50 cm συνολικά).

γ.
Διεύρυνση των χειλιών των ρωγμών (τοπικό σπάσιμο πλίνθων).



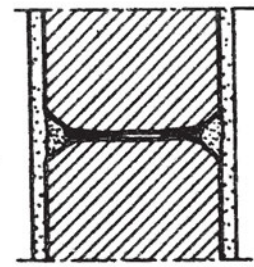
δ.

Πλύσιμο με νερό υπό πίεση (μάνικα ή στην ανάγκη τενεκέδες νερό με ορμή).



ε.

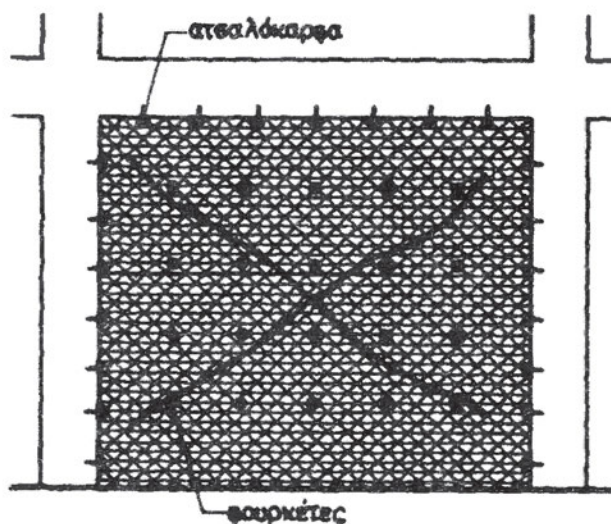
Εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος* (με ψιλό μυστρί) όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη ρωγμή.



στ.

Εξωτερικό αρμολόγημα* και τελικό επίχρισμα*.

Β. Έντονη ρηγματώση τοίχων.



Σχ. 11.7.

Πρόκειται για ρωγμές μεγάλες και ανοιχτές.

Στην περίπτωση αυτή, επειδή δεν μπορεί να δοθεί εμπιστοσύνη στο υλικό πληρώσεως για τη μεταφορά ορθών, και ιδίως διατμητικών, τάσεων, ακολουθείται η παρακάτω τεχνική, με την προϋπόθεση βέβαια ότι συμφέρει σε σύγκριση με το ενδεχόμενο καθαίρεσης (ολοκληρωτικού γκρεμίσματος) και ανακατασκευής:

- α. Ολοκληρωτική καθαίρεση επιχρίσματος.
- β. Διεύρυνση των χειλιών της ρωγμής (τοπικό σπάσιμο πλίνθων).
- γ. Πλύσιμο με νερό υπό πίεση (μάνικα ή στην ανάγκη τενεκέδες νερό με ορμή).
- δ. Εισαγωγή πλούσιου τσιμεντοκονιάματος* (με ψιλό μυστρί), όσο γίνεται βαθύτερα μέσα στη ρωγμή.
- ε. Τοποθέτηση κοτετσοσύρματος πολύ τεντωμένου σε επαφή με τον τοίχο, το οποίο καρφώνεται πάνω στο σκελετό με ατσαλόκαρφα και πάνω στον τοίχο με φουρκέτες μπηγμένες στο κονίαμα των αρμών του.
- στ. Κάλυψη του συνόλου με πηχτό πεταχτό τσιμεντοκονίαμα*.

*(Σημείωση συγγραφέων): Ειδικά τσιμέντα, που δεν συρρικνώνονται κατά την πήξη τους, είναι “οπλισμένα” με ίνες (π.χ. dralon) και ενισχυμένα με ρητίνες, ώστε να έχουν μεγάλη ικανότητα πρόσφυσης και συγκόλλησης.

11.6. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΕ ΣΕΙΣΜΟ.

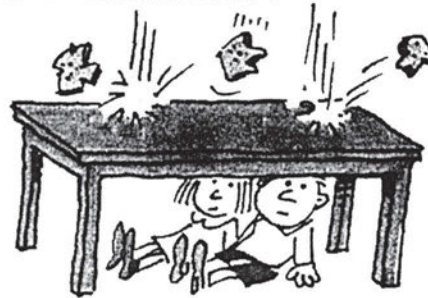
Στην ενότητα αυτή (και επειδή αναφερόμαστε στο κεφάλαιο σε βλάβες κτιρίων από σεισμούς), θεωρούμε σκόπιμο και απαραίτητο να εντάξουμε έστω μόνο ένα τμήμα των οδηγιών του Οργανισμού Αντισεισμικής Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

Ο.Α.Σ.Π.

ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ

ΑΝ ΕΙΣΑΙ ΜΕΣΑ...

Πήγαινε ήρεμα κάτω από ένα τραπέζι ή μια κάσα εσωτερικής πόρτας ή σε μια γωνία.



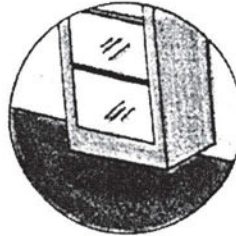
ΑΠΟΦΥΓΕ



Τζάμια παραθύρων και καθρέπτες.



Εστίες με φωτιά.



Ψηλά ντουλάπια.



Γύψινα και διακοσμήσεις που μπορεί να πέσουν.

...ΑΝ ΕΙΣΑΙ ΕΞΩ...

Πήγαινε σε ανοικτό μέρος.



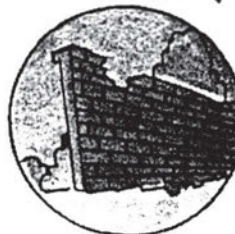
ΑΠΟΦΥΓΕ



Κτίρια



Δένδρα



Τοίχους



Ηλεκτροφόρα σύρματα

ΟΧΙ ΠΑΝΙΚΟΣ !

«Η ετοιμότητα σώζει». Η ενημέρωση, η οργάνωση και η άσκηση στη σωστή συμπεριφορά όλων μας σε περιπτώσεις «έκτακτης ανάγκης» είναι αντικείμενο της «Πολιτικής Άμυνας», που εφαρμόζεται και στα σχολεία. Δραστηριοποιηθείτε λοιπόν έγκαιρα, ως υπεύθυνοι και ενεργοί πολίτες.

Ο.Α.Σ.Π.

...ΑΝ ΕΙΣΑΙ ΣΕ ΜΕΡΟΣ ΠΟΥ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΝΕΤΑΙ ΠΟΛΥΣ ΚΟΣΜΟΣ...

Μην τρέξεις προς τις εξόδους.



...ΑΝ ΕΙΣΑΙ ΣΕ ΨΗΛΟ ΚΤΙΡΙΟ...

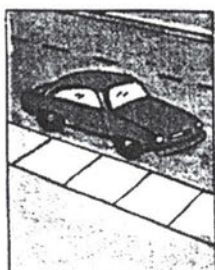
Βρες ένα ασφαλές μέρος μακριά από παράθυρα και ντουλάπια.

ΜΕΙΝΕ ΗΡΕΜΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΜΕΝΕ ΓΙΑ ΒΟΗΘΕΙΑ.



Υπάρχει περίπτωση να κοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα και να σταματήσουν τα ασανσέρ.

...ΑΝ ΕΙΣΑΙ ΜΕΣΑ ΣΕ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ...



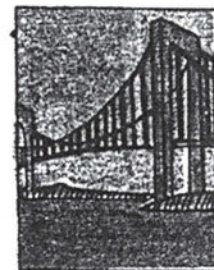
Σταμάτα δίπλα σε πεζοδρόμιο.



Απόφυγε τις ανισόπεδες διαβάσεις.



Απόφυγε τα ηλεκτροφόρα σύρματα.



Απόφυγε τις γέφυρες.

ΟΧΙ ΠΑΝΙΚΟΣ !

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.

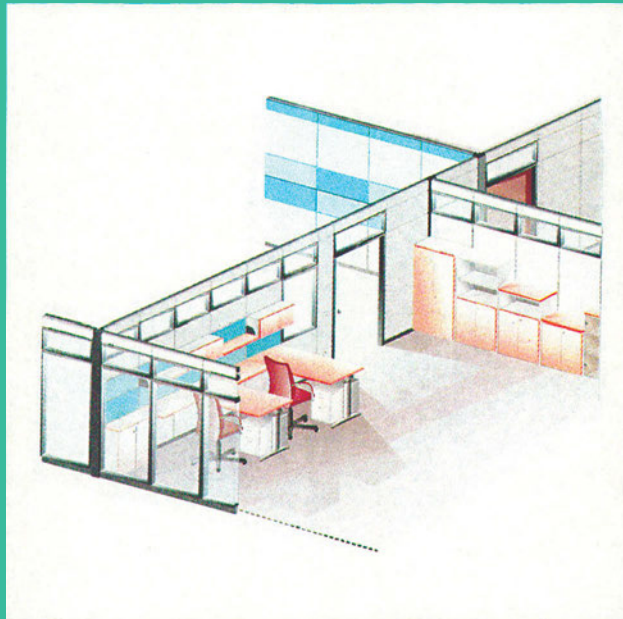
Οι βλάβες στην τοιχοποιία με φυσικούς ή τεχνητούς λίθους προέρχονται κυρίως από *κακοτεχνίες κατά τη δόμηση, βλαπτική επίδραση ρύπων, υγρασίας κ.ά, γήρανση ή εξαιρετικές φορτίσεις από σεισμό, ανεμοπίεση, πλημμύρες κ.λπ.*

Οι βλάβες είναι τόσο λιγότερες όσο πιο σωστά κατασκευασμένο είναι το κτίσμα, σύμφωνα με τους κανονισμούς.

Η αποκατάσταση είναι επίπονη και δαπανηρή εργασία και πρέπει να γίνεται με μελέτη-επίβλεψη Μηχανικού, εξειδικευμένα συνεργεία και ειδικά υλικά και μεθοδολογία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

- Ποιες είναι οι συνηθέστερες κακοτεχνίες, που προκαλούν βλάβες σε τοιχοποιίες;
- Καταγράψτε τις ρωγμές σε τοιχοποιία κτιρίου και κατατάξτε τις σε αντίστοιχη κατηγορία, αναφέροντας πιθανή αιτία και προτείνοντας τρόπους διόρθωσής τους.
- Πιστεύετε ότι ένα κτίριο μπορεί να συμπεριφερθεί ικανοποιητικά σε μεγάλο σεισμό; (να μη ρηγματωθεί ή -στη χειρότερη περίπτωση- να μην καταρρεύσει;) Ως συντελεστές της κατασκευής του ποια βασική αρχή θα 'χετε;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

- Τοιχοπετάσματα.
(γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, μοριοσανίδες, κλπ.)
- Ηλιακή κατοικία.



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- Να διακρίνετε το είδος της σύγχρονης δόμησης τοίχου με τοιχοπετάσματα.
- Να περιγράφετε πώς κατασκευάζονται.
- Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους σε κάθε περίπτωση.
- Να διακρίνετε το παθητικό από το ενεργητικό ηλιακό κτίριο.
- Να περιγράφετε τις αρχές λειτουργίας του.

12.1. ΤΟΙΧΟΠΕΤΑΣΜΑΤΑ.

12.1.1 Γενικά.

Τα τελευταία χρόνια η όψη κυρίως των πολυώροφων κτιρίων, που χρησιμοποιούνται ως **καταστήματα** ή **κτίρια γραφείων**, απαιτεί **μεγάλα ανοίγματα κουφωμάτων** με **ειδικά τζάμια, σύγχρονο αρχιτεκτονικό ύφος**, άρα κατασκευή τοίχων με **διαφορετική τεχνολογία** από αυτή της τοιχοποιίας με τεχνητούς λίθους, ενώ και οι **εσωτερικοί** τοίχοι οφείλουν να έχουν **μικρότερο βάρος** και να παρέχουν **μεγάλη ευελιξία** στη διαμόρφωση του εργασιακού χώρου, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εκάστοτε χρηστών.

Στην πραγματικότητα η όψη του κτιρίου, από πλευράς κατασκευής, είναι μια **ανεξάρτητη επιδερμίδα** του φέροντος οργανισμού, που εξακολουθεί να είναι στις περισσότερες περιπτώσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα ενώ, σπανιότερα, κατασκευή από χάλυβα.

Η κατασκευή των εξωτερικών αυτών τοιχωμάτων μπορεί να γίνεται από:

1. **μέταλλο** (π.χ. αλουμίνιο, χάλυβας κ.ά.) (Φωτ. 12.1).
2. **οπλισμένο σκυρόδεμα** (χυτό επί τόπου ή προκατασκευασμένο), με μορφή περσίδων για την προστασία του εσωτερικού του κτιρίου από την απευθείας πρόσπτωση του ηλιακού φωτός ή και **ελαφρομπετόν** από κίσηρη (ελαφρόπετρα) ή περλίτη (Φωτ. 12.2).
3. **ξύλο** σκληρό και ανθεκτικό στην υγρασία.
4. **τσιμεντοσανίδες** (Φωτ. 12.3), **γυψοσανίδες** (Φωτ. 12.4) κ.ά.



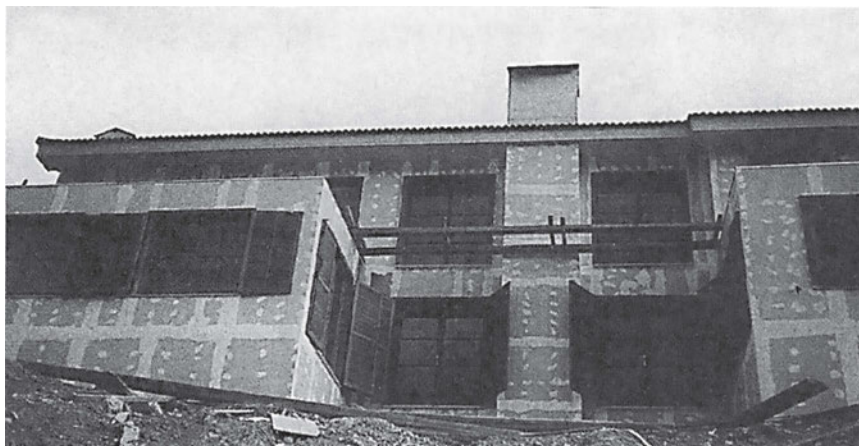
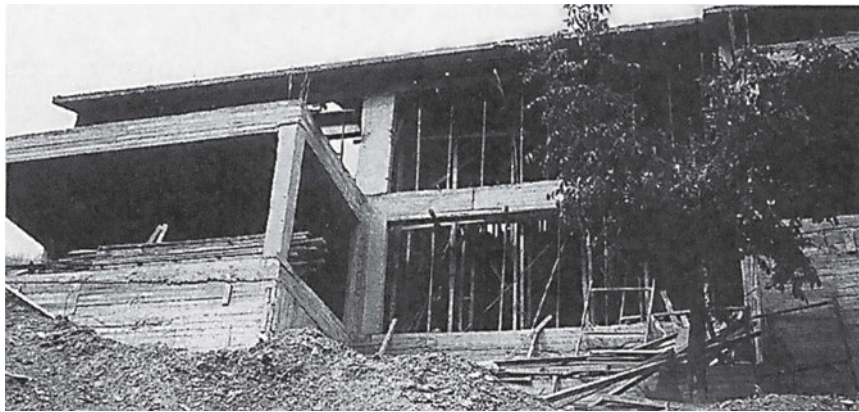
Φωτ. 12.1.



Φωτ. 12.2. Χυτοί τοίχοι και περσίδες από σκυρόδεμα.



Φωτ. 12.3. Τσιμεντοσανίδες στο κτίριο του Κεντρικού Αεροσταθμού.



Φωτ. 12.4. Άνω: Σκελετός από οπλισμένο σκυρόδεμα.
Κάτω: Συμπλήρωση με τοίχους από γυψοσανίδες.

12.1.2. Τοιχοπετάσματα.

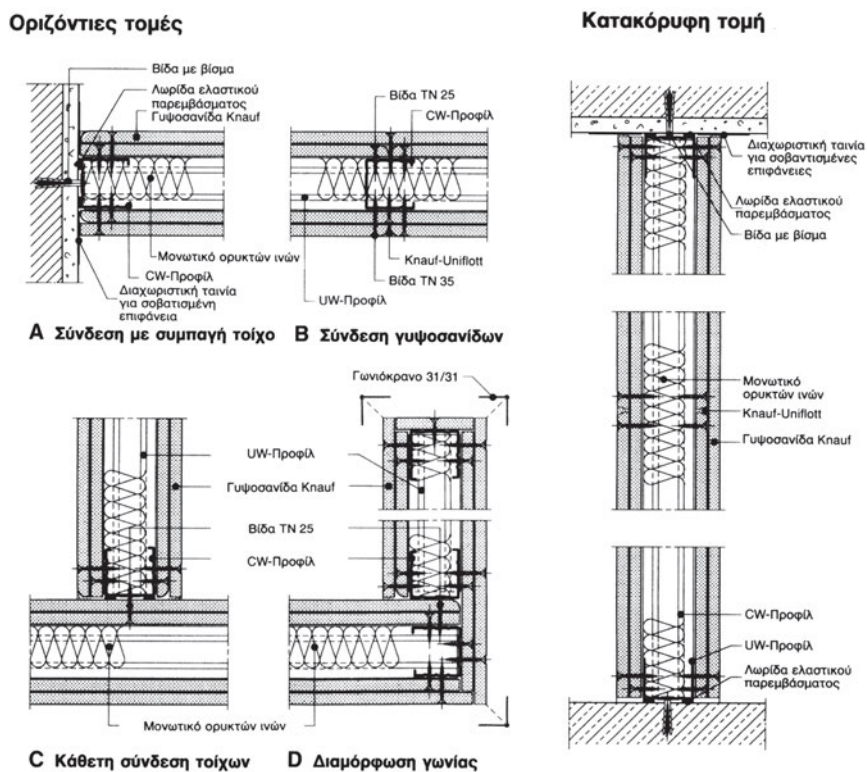
Χρησιμοποιούνται ευρέως και ως **εσωτερικοί** τοίχοι, με αισθητά **πλεονεκτήματα** σε σχέση με τις τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους.

Εξασφαλίζουν ελαφρότερη, ταχύτερη, οικονομικότερη κατασκευή με δυνατότητα τροποποίησης της χωρίς «μερεμέτια» και υψηλά κόστη ανακαίνισης. Αν ληφθεί δε υπόψη ότι το **σεισμικό φορτίο**, που δέχεται ένα κτίριο είναι ανάλογο και του **βάρους** του, αντιλαμβάνεστε, ιδίως για πολυώροφα κτίρια, πόσο σημαντική **οικονομία και ασφάλεια** έχουμε με τα τοιχοπετάσματα. Οι απαιτήσεις, που θέτει ο Κτιριοδομικός Κανονισμός για τους τοίχους ισχύουν προφανώς και γι' αυτά. Ορισμένα τοιχοπετάσματα μπορεί να είναι και **κινητά**.

Συνήθως κατασκευάζονται από γυψοσανίδες ή συνθετικές πλάκες ξύλου (μοριοσανίδες - νοβοπάν) ή από μεταλλικά πάνελα κ.ά.

Οι **γυψοσανίδες** είναι δομικά στοιχεία, που αποτελούνται από πυρήνα γύψου, επενδυμένο και από τις δύο πλευρές με **ειδικό χαρτί** για μεγαλύτερη αντοχή. Έχουν μικρό βάρος, μεγάλη ελαστικότητα, υψηλή πυραντοχή και ιδανική τελική επιφάνεια. Κόβονται εύκολα, στερεώνονται γρήγορα με βίδες, καρφιά ή γυψόκολλα, συνήθως πάνω σε ελαφρύ μεταλλικό σκελετό και αποτελούν το βασικό υλικό των συστημάτων **ξηρής δόμησης**.

Στο Σχ. 12.1. παρουσιάζονται διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες.



Σχ. 12.1. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

12.1.3. Δόμηση τοιχοπετασμάτων με γυψοσανίδες.



Φωτ. 12.5.

1. Σημαδεύονται οι θέσεις των ορθοστατών του μεταλλικού σκελετού και **στερεώνονται** στο **δάπεδο** και στην **οροφή** οι οριζόντιοι μεταλλικοί οδηγοί (Φωτ. 12.5).

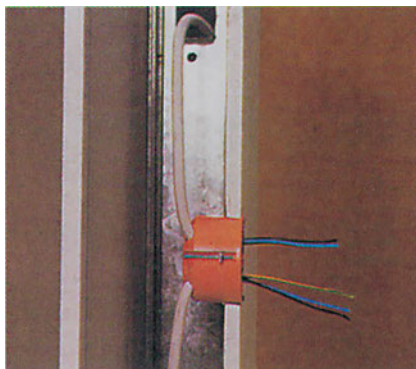
2. Τοποθετούνται οι κατακόρυφοι **ορθοστάτες**, ανά 60 cm (Φωτ. 12.6).



Φωτ. 12.6.



Φωτ. 12.7.



Φωτ. 12.8.



Φωτ. 12.9.

3. Βιδώνεται στο μεταλλικό σκελετό η γυψοσανίδα από τη μια πλευρά, και τοποθετούνται οι **σωλήνες** των υδραυλικών (Φωτ. 12.7), οι **αγωγοί** των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (Φωτ. 12.8) και το **μονωτικό υλικό** (Φωτ. 12.9).

4. Στη συνέχεια τοποθετείται το δεύτερο φύλλο γυψοσανίδας (Φωτ. 12.10) και **στοκάρονται οι αρμοί** μεταξύ των φύλλων (Φωτ. 12.11).

5. Τα τοιχοπετάσματα είναι πλέον έτοιμα για το **τελικό βάψιμο** (Φωτ. 12.12) ή κάθε άλλου είδους **επένδυση** (ταπετσαρία, ξύλο, πλακάκια κ.λπ). Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στη Φωτ. 12.13.



Φωτ. 12.10.



Φωτ. 12.11.



Φωτ. 12.12.

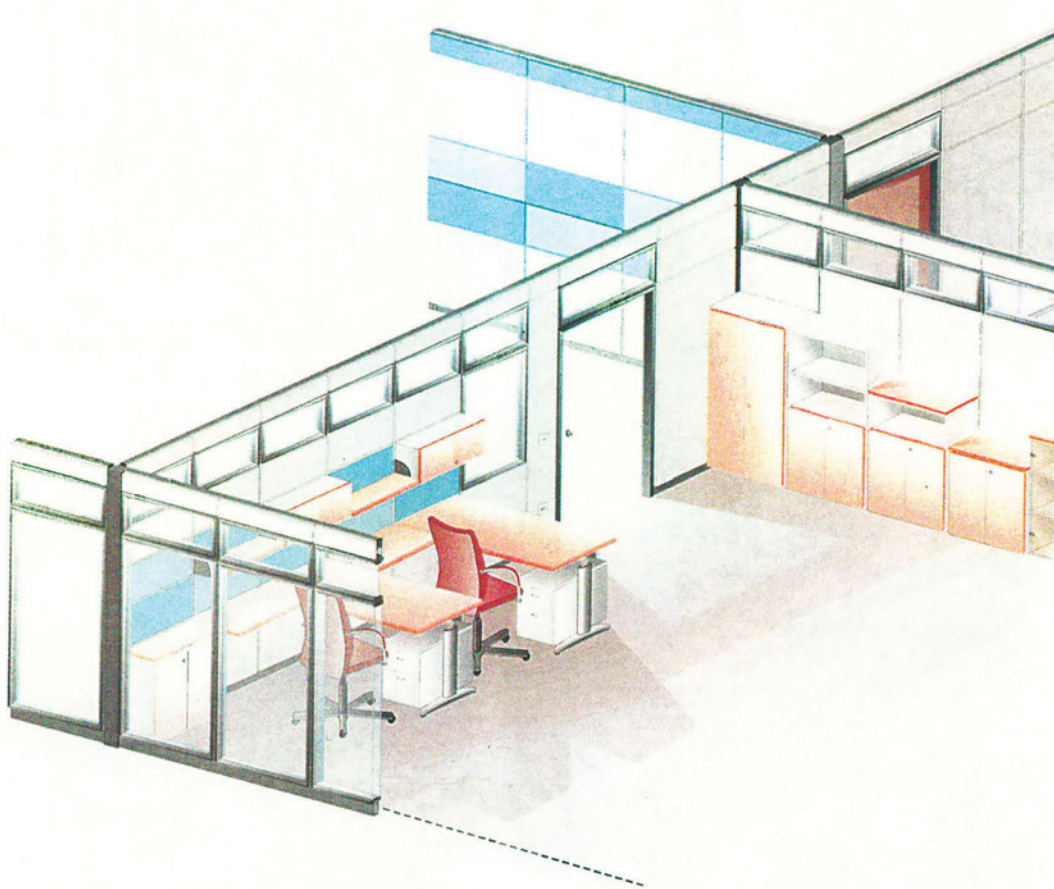


Φωτ. 12.13.

12.1.4. Δόμηση τοιχοπετασμάτων με μοριοσανίδες (Wall System).

Τα τοιχοπετάσματα αυτά αποτελούνται επίσης από εσωτερικό μεταλλικό σκελετό με ορθοστάτες διάτρητους ανά 32 mm και οριζόντια μεταλλικά συνδετικά στοιχεία. Τα πανέλα είναι από μοριοσανίδα (Nonoran) καλυμμένη με μελαμίνη. Στο κενό ανάμεσα στα πανέλα τοποθετούνται οι υδραυλικές και ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, τα τηλεφωνικά καλώδια και όποιες άλλες σχετικές εγκαταστάσεις είναι απαραίτητες και τέλος το μονωτικό υλικό.

Οι πόρτες στηρίζονται σε πλαίσια αλουμινίου. Τα ράφια, τα ντουλάπια κ.λπ. στηρίζονται στο μεταλλικό σκελετό του τοιχοπετάσματος (Φωτ. 12.14).



Φωτ. 12.14.

12.2. ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ (ΗΛΙΟΣΠΙΤΟ).

Στα πλαίσια της αναφοράς μας στις σύγχρονες τεχνικές της δόμησης κτιρίων αξίζει ν' αναφερθούμε στο **ΗΛΙΑΚΟ ΚΤΙΣΜΑ**.

Η ηλιακή ενέργεια είναι η αρχαιότερη πηγή θερμικής ενέργειας, που όμως άρχισε ν' αξιοποιείται σε ευρεία κλίμακα σχετικά πρόσφατα, Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα γίνεται σήμερα με ενεργητικά και παθητικά συστήματα.

Τα ενεργητικά συστήματα (ενεργητικό ηλιακό σπίτι) περιλαμβάνουν θέρμανση ενός ρευστού με ηλιακή ενέργεια σε **ηλιακούς συλλέκτες**, μεταφορά του σε **αποθήκη θερμότητας** και κυκλοφορία του σε **συμβατικό** σύστημα θέρμανσης.

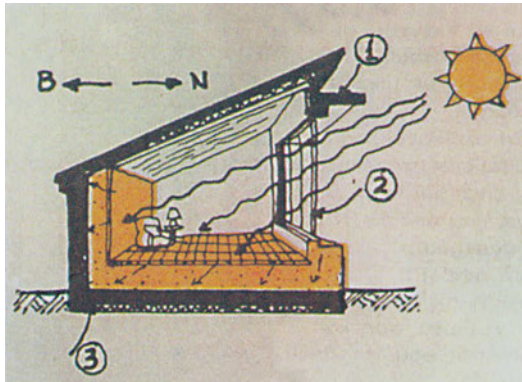
Με τα παθητικά συστήματα η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται με τον κατάλληλο **προσανατολισμό** του κτιρίου. Ο τρόπος κατασκευής του και τα υλικά, που χρησιμοποιούνται, είναι βασικός παράγοντας για τον **βαθμό απόδοσης** του συστήματος.

Χαρακτηριστικά, υπάρχει ένας **νότιος** θερμοαποθηκευτικός τοίχος, χρώματος κατά προτίμηση **μαύρου**, με οριζόντια ανοίγματα στην οροφή και στη βάση του, ένα **υαλοστάσιο** με ανοίγματα σε κατάλληλες θέσεις, με **σκιάδια** (περσίδες), που επιτρέπουν ή όχι στις ακτίνες του ήλιου να πέφτουν στον τοίχο και **θερμομονωμένα εξώφυλλα**. (Συμπληρωματικά, μπορεί να υπάρχει και μια υδάτινη οροφή-ηλιακός συλλέκτης, που σκεπάζεται και ξεσκεπάζεται με θερμομονωμένο συρόμενο κάλυμμα).

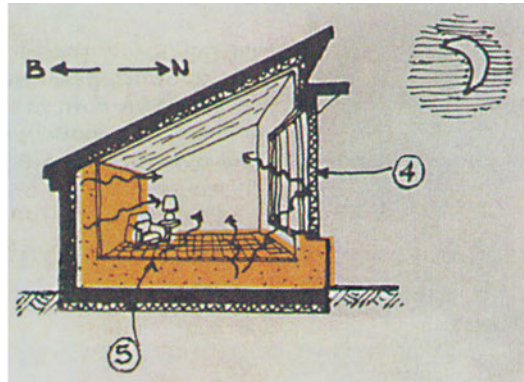
Η **κατάλληλη λειτουργία** των ανοιγμάτων του υαλοστασίου και των περσίδων και εξωφύλλων του σε συνδυασμό και με το κάλυμμα της υδάτινης οροφής (όταν υπάρχει), ανάλογα με την εποχή του έτους, δημιουργούν στο εσωτερικό του σπιτιού *δροσιά το καλοκαίρι και θέρμανση τον χειμώνα*, με τον κατάλληλο έλεγχο των *ρευμάτων του αέρα με φυσικό τρόπο και μόνο*.

Το **κόστος κατασκευής** ενός παθητικού ηλιόσπιτου είναι **υψηλότερο** από ένα συμβατικό σπίτι. Η εξοικονόμηση ενέργειας όμως, άρα χρημάτων, για τη θέρμανσή του τον χειμώνα και την ψύξη του το καλοκαίρι είναι σημαντική, οπότε *μακροπρόθεσμα η κατασκευή του αποβαίνει συμφέρουσα*. Θυμηθείτε μόνο ότι η διαμονή σ' ένα παθητικό ηλιακό σπίτι απαιτεί μια **προσαρμογή** των ενοίκων του σ' ένα διαφορετικό τρόπο ζωής, που *ρυθμίζεται ανάλογα με την κίνηση του ήλιου!*

Η *-τελείως σχηματική-* λειτουργία ενός τέτοιου μοντέλου, με τη λογική της ημερήσιας συλλογής θερμότητας και της νυχτερινής απόδοσής της στο εσωτερικό του σπιτιού τον χειμώνα, φαίνεται στα Σχ. 12.2 και 12.3.



Σχ. 12.2.



Σχ. 12.3.

Στα σχήματα αυτά διακρίνονται:

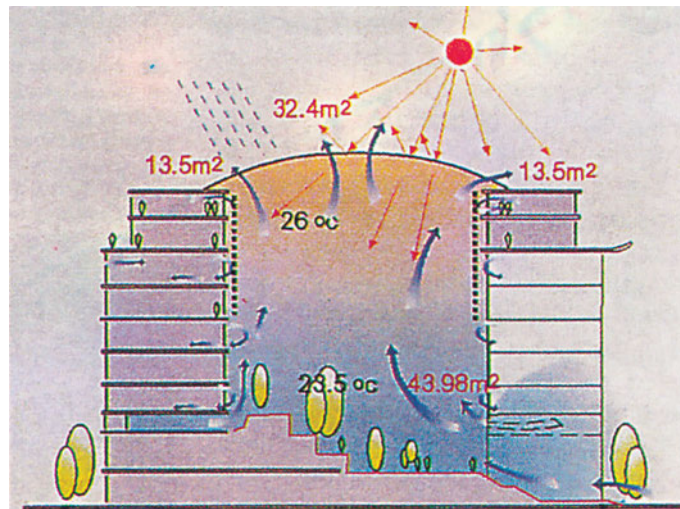
- ① Ο **πρόβολος**, που εξασφαλίζει τη **σκίαση** του εσωτερικού του σπιτιού από τον καλοκαιρινό ήλιο (το καλοκαίρι ο ήλιος «κινείται» ψηλότερα ενώ το χειμώνα χαμηλότερα στον ορίζοντα).
- ② Το μεγάλο **νότιο υαλοστάσιο**, που επιτρέπει στις ηλιακές ακτίνες να πέσουν και να **απορροφηθούν** από τον τοίχο και το πάτωμα.
- ③ Η **εξωτερική θερμομόνωση** των στοιχείων αυτών, ώστε να **κατακρατούν** τη θερμότητα που συλλέγουν.
- ④ Τα **θερμομονωτικά εξώφυλλα**, που εμποδίζουν τη διαφυγή της θερμότητας κατά τις νυχτερινές ώρες.
- ⑤ Τα **μεγάλης θερμοχωρητικότητας στοιχεία** (τοίχος, πάτωμα), ενώ αποδίδουν τη θερμότητα που συνέλεξαν την ημέρα.

Τα κτίρια νέας τεχνολογίας είναι **«οικολογικά»**, **φιλικά προς το περιβάλλον** και ικανοποιούν ανάγκες για εξαερισμό, θέρμανση ή ψύξη με τρόπο **ανέξοδο**, κάτι που μέχρι τώρα ήταν ένα όνειρο. Σε κάποιες χώρες μάλιστα η έρευνα ή η κατασκευή τέτοιων κτιρίων επιδοτείται.

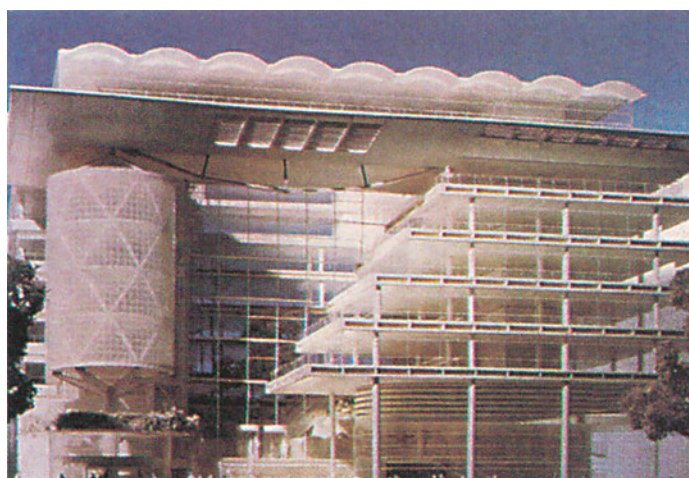
Ένα παράδειγμα εφαρμογής τέτοιων συστημάτων φαίνεται στο Σχ. 12.4. και τη Φωτ. 12.15. Είναι το κτίριο γραφείων της Daimler-Benz και κτίριο κατοικιών στο Βερολίνο.

Οι αυλές γύρω από το κτίριο καλύπτονται από **γυάλινους θόλους**. Ο γυάλινος θόλος **δεσμεύει** την ηλιακή θερμότητα κατά τον χειμώνα, διατηρώντας τη θερμοκρασία μέσα στο αίθριο σε θεμιτά επίπεδα. Κατά το καλοκαίρι ο ζεστός αέρας, που αναπτύσσεται μέσα στο αίθριο, βρίσκει διέξοδο από την **περίμετρο** του θόλου, τραβώντας **φρέσκο, δροσερό** αέρα από το ισόγειο, απ' όπου διανέμεται ο αέρας.

Τα γραφεία έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχουν **φυσικό εξαερισμό** και θερμοκρασία, που να μην υπερβαίνει τους 28 °C κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Οι συνθήκες αυτές επιτρέπουν γενικώς **άνεση** στους υπαλλήλους.



Σχ. 12.4. Τομή κατά τη διεύθυνση Ανατολή-Δύση.



Φωτ. 12.15.

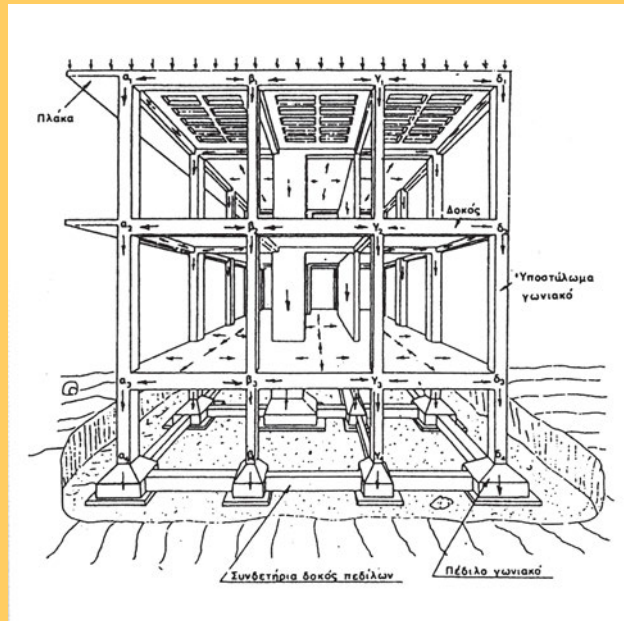
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.

Η δόμηση τοίχου με γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες ή μοριοσανίδες σε μεταλλικό σκελετό είναι η λύση για γρήγορη, οικονομική και ελαφριά τοιχοποιία.

Το ηλιακό κτίσμα είναι η λύση στην εξοικονόμηση ενέργειας και κατ' επέκταση η οικολογική αντιμετώπιση της θέρμανσης-ψύξης από τον ήλιο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΝΑΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

- Επισκεφθείτε χώρους με τοιχοπετάσματα (π.χ. από γυψοσανίδες). Ρωτήστε τους χρήστες τους αν έχουν διαπιστώσει πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα για το είδος αυτό της τοιχοποιίας. Καταγράψτε τα και σχολιάστε τα συμπεράσματά σας στην τάξη.
- Με το ηλιακό κτίσμα υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας. Ερευνήστε και μέσω του βιβλίου για το περιβάλλον τι αντίκτυπο έχει αυτό στην προστασία του περιβάλλοντος και γιατί.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- Εισαγωγή-Ιστορικά στοιχεία
- Κανονισμοί σχεδιασμού
- Βασικές αρχές σχεδιασμού
- Δομική μορφή-Φέρων οργανισμός



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- **Να περιγράψετε τη σημασία και χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος στην κατασκευή των τεχνικών έργων.**
- **Να περιγράψετε τη μορφολογία ενός κτιριακού έργου από οπλισμένο σκυρόδεμα και να ονομάσετε τα επιμέρους δομικά στοιχεία.**
- **Να έχετε μια πρώτη εικόνα-αντίληψη για τη μόρφωση των στατικών συστημάτων.**

13.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το **Οπλισμένο Σκυρόδεμα** είναι ένα **σύστημα/** μία μέθοδος κατασκευής **τεχνικών έργων**. Αποτελείται από **σκυρόδεμα** (beton), το οποίο είναι ενισχυμένο (**οπλισμένο**) από ένα άλλο υλικό, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις από **χάλυβα**. Έτσι, εκεί που το **σκυρόδεμα πάει να σπάσει (ρηγματωθεί)** η ενίσχυση (**οπλισμός**) **το εμποδίζει**.

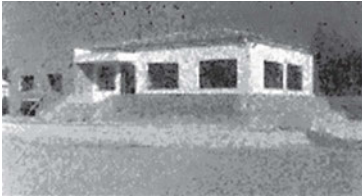
Αν και σχετικά νέο υλικό (ουσιαστικά αναπτύχθηκε στον αιώνα μας) αντικατέστησε σύντομα άλλα παραδοσιακά υλικά δόμησης (π.χ. λίθους, πλίνθους, ξύλο κ.λπ.) με αποτέλεσμα σήμερα να έχει το μεγαλύτερο φάσμα εφαρμογών.

Από τα στοιχεία της μοναδικότητας του οπλισμένου σκυροδέματος είναι και το ότι δύο τελείως διαφορετικά υλικά (χάλυβας και σκυρόδεμα) χρησιμοποιούνται και συνεργάζονται μαζί σαν ένα νέο με διαφορετικές ιδιότητες υλικό. Έτσι τα βασικά αξιώματα για τον σχεδιασμό των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος διαφέρουν σε πολλά σημεία από τα αντίστοιχα για τον σχεδιασμό με ομοιογενές υλικό.

Οι περισσότερες κατασκευές στην Ελλάδα αλλά και σε πάρα πολλές περιοχές παγκοσμίως γίνονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η κατασκευή τεχνικών έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει πολλά πλεονεκτήματα. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Απλοί και σύντομοι υπολογισμοί ανάλυσης και σχεδιασμού
- Απλές μέθοδοι και μέσα κατασκευής
- Μεγάλη ασφάλεια σε απλές σχετικά κατασκευές
- Οικονομία σε σύγκριση με άλλα συστήματα κατασκευής
- Μονολιθικότητα των δομικών συστημάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Ελευθερία μορφολογίας και διαστάσεων των δομικών στοιχείων

Εκτός από απλά σχετικά κτηριακά έργα (κτήρια κατοικιών, βοηθητικά κτήρια κ.τ.λ.) (φωτογραφίες 13.1, 13.2 και 13.3) χρησιμοποιούμε το οπλισμένο σκυρόδεμα και για πιο πολύπλοκα τεχνικά έργα, όπως πολυώροφα κτήρια (φωτογραφίες 13.4, 13.5 και 13.6), δεξαμενές (φωτογραφία 13.7), γέφυρες (φωτογραφίες 13.8 και 13.9), πύργοι ΔΕΗ (φωτογραφία 13.10), προκατασκευασμένες κατασκευές (φωτογραφία 13.11) και πολλά άλλα.



Φωτ. 13.1. Μονώροφη κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Φωτ. 13.2. Τριώροφη κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Φωτ. 13.3. Συμβατική πολυκατοικία από οπλισμένο σκυρόδεμα.



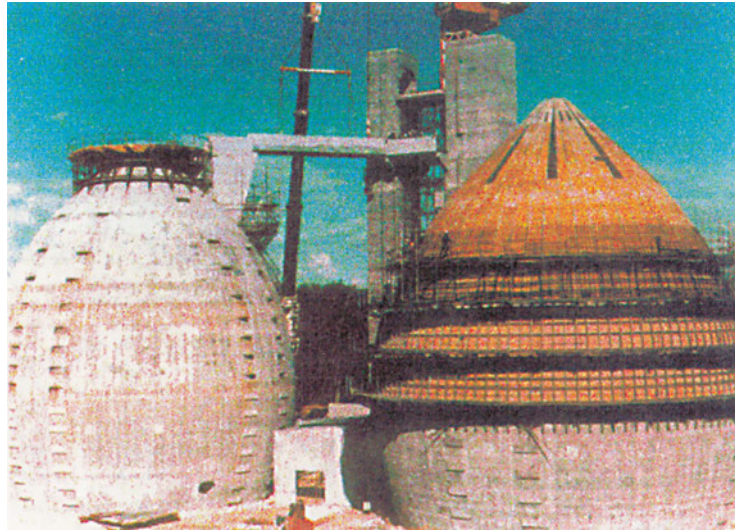
Φωτ. 13.4. Πύργος John Hancock στη Βοστώνη, ΗΠΑ.



Φωτ. 13.5. Το κτήριο της AT & T στη Νέα Υόρκη, ΗΠΑ.



Φωτ. 13.6. Κτήριο της Seagram στη Νέα Υόρκη, ΗΠΑ.



Φωτ. 13.7. Δεξαμενές από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Φωτ. 13.8. Γέφυρα από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Φωτ. 13.9. Γέφυρα από οπλισμένο σκυρόδεμα στο στάδιο της κατασκευής.



Φωτ. 13.10. Πύργοι ΔΕΗ από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Φωτ. 13.11. Προκατασκευασμένη κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Σε μια σύντομη ιστορική αναδρομή στον χώρο του «οπλισμένου σκυροδέματος» συναντά κανείς τις πρώτες εφαρμογές του στα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Πριν όμως από τον 19^ο αιώνα η ιδέα του «οπλισμού» συναντάται σε αρχαία ελληνικά δομήματα, στα οποία φαίνεται ότι οι κατασκευαστές τους ε γνώριζαν για την αύξηση της αντοχής των δομικών στοιχείων (τοιχοποιιών) με την προσθήκη οπλισμού.

- Το 1867 ο Monier (Γαλλία) κατασκευάζει δοχεία από σκυρόδεμα με χαλύβδινο οπλισμό. Τα επόμενα έτη κατασκευάζει σωλήνες, μικρές πλάκες, κ.λπ. Οι κατασκευές του βασίζονται σε καθαρά εμπειρικούς κανόνες.
- Το 1877 ο Hyatt (ΗΠΑ) δημοσιεύει πειραματικά αποτελέσματα σε δομικά στοιχεία δοκών από σκυρόδεμα. Οι δοκοί αυτές μάλιστα ήταν οπλισμένες με τον ίδιο τρόπο που κατασκευάζονται και σήμερα. Αργότερα ο ίδιος κατασκεύασε στο Λονδίνο κατοικία με δομικό σύστημα από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- Το 1884 «εισάγεται» το οπλισμένο σκυρόδεμα στη Γερμανία.
- Στις αρχές του 20ου αιώνα η πρόοδος στην περιοχή του νέου αυτού υλικού είναι ταχύτατη, οπότε παρουσιάζονται εκτεταμένες μελέτες για τη μηχανική συμπεριφορά δομικών στοιχείων.
- Από τη δεκαετία του 1930 αρχίζει σημαντική έρευνα και εφαρμογή του προεντεταμένου σκυροδέματος (μίας ειδικής τεχνολογίας οπλισμένου σκυροδέματος).
- Την τελευταία 25ετία η έρευνα έχει επεκταθεί στην περιοχή της μηχανικής συμπεριφοράς και του σχεδιασμού αντισεισμικών κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος.



Παρατηρείτε ότι το οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε όλες σχεδόν τις κατασκευές και τα τεχνικά έργα ανεξάρτητα από το αν είναι το κύριο υλικό δόμησης ή όχι. Πάντως στην Ελλάδα σπάνιες είναι οι κατασκευές που δεν είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα.

13.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Για τον σχεδιασμό, την κατασκευή, επισκευή και ενίσχυση των δομημάτων εφαρμόζονται ορισμένες σχετικές κανονιστικές διατάξεις (Κανονισμοί), οι οποίες μπορούν να είναι εθνικές και διεθνείς. Στη χώρα μας για τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα ίσχυσαν μέχρι το 1994 οι εξής κανονισμοί:

- ΒΔ10/31-12-1945 (ΦΕΚ 325 τ.Α): «Περί Κανονισμού Φορτίσεων Δομικών Έργων».
- ΒΔ 18.2/26-7-1954 (ΦΕΚ 160 τ.Α): «Περί Κανονισμών δια την Μελέτην και Εκτέλεσιν Έργων εξ Οπλισμένου Σκυροδέματος».
- ΒΔ 19/26-2-1959 (ΦΕΚ 36 τ.Α): «Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων» όπως τροποποιήθηκε με το ΦΕΚ 239B/6-4-1984.

Οι παραπάνω κανονισμοί υπήρξαν πρωτοποριακοί στην εποχή έκδοσής τους. Ωστόσο παρουσιάστηκε έντονα την τελευταία εικοσαετία η ανάγκη αντικατάστασης τους με σύγχρονα κείμενα. Η ανάγκη αυτή παρουσιάστηκε κυρίως από:

- Τις αυξημένες απαιτήσεις σχεδιασμού των σύγχρονων κατασκευών (πολυώροφα κτήρια, μεγάλα ανοίγματα, μικρότερες διατομές δομικών στοιχείων κ.λπ.) οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί και δεν καλύπτονται από τους προηγούμενους κανονισμούς.
- Την αλλαγή στη φιλοσοφία σχεδιασμού των κατασκευών.
- Τις εξελίξεις στα χρησιμοποιούμενα υλικά και στις μεθόδους κατασκευής.
- Τις σημαντικές εξελίξεις στην υπάρχουσα γνώση και στη διαδικασία σχεδιασμού (π.χ. σεισμοί, χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.λπ.)
- Την απαίτηση για εναρμόνιση με τη διεθνή τεχνογνωσία.
- Τους αυξανόμενους κινδύνους από την εξέλιξη της τεχνολογίας όταν δεν συνοδεύεται από σύγχρονες κανονιστικές διατάξεις.

Σε αντικατάσταση των παραπάνω κανονισμών εκδόθηκαν και ισχύουν οι εξής διατάξεις, οι οποίες και αποτελούν τους Νέους Ελληνικούς Κανονισμούς:

- **ΦΕΚ Β 1068/31-12-1991: «Κανονισμός για τη μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα».**
- **ΦΕΚ Β 613/12-10-92: «Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός».**

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε) εναλλακτικά με τις Εθνικές διατάξεις μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει το πλέγμα των Ευρωκωδίκων (Eurocodes). Τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα αφορούν οι εξής ευρωκώδικες:

- EC-1: «Δράσεις στις κατασκευές».
- EC-2: «Κατασκευές από σκυρόδεμα».
- EC-7: «Θεμελιώσεις».
- EC-8: «Κατασκευές σε σεισμικές περιοχές».



Παρατηρείτε ότι οι κανονισμοί που ισχύουν σήμερα στην Ελλάδα είναι ο «Κανονισμός για τη μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα» (1991) και ο «Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός» (1992). Επιπλέον αυτοί είναι γενικά στο ίδιο πνεύμα με τους αντίστοιχους ευρωκώδικες.

13.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Είναι γενικότερα αποδεκτό ότι ένα δόμημα θα πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες ελάχιστες βασικές απαιτήσεις ασφάλειας, λειτουργικότητας, οικονομίας και προσαρμογής στο περιβάλλον και ότι η επιτυχία του σχεδιασμού του αφορά στη δυνατότητα της βελτιστοποίησης του πλέγματος των παραπάνω απαιτήσεων. Έτσι ο «σχεδιασμός – κατασκευή» οποιουδήποτε δομήματος θα πρέπει να παρουσιάζει:

- Ασφάλεια προκειμένου κάτω από την επίδραση των διαφόρων δράσεων να μην παρουσιάζει βλάβες ή για μέγιστες πιθανές τιμές να παρουσιάζει ελεγχόμενες βλάβες σε βαθμό και έκταση, με αποφυγή οποιουδήποτε κινδύνου κατάρρευσης (απώλεια ανθρωπίνων ζωών, σημαντικό οικονομικό και κοινωνικό κόστος κ.λπ.).
- Λειτουργικότητα έτσι ώστε για τις συνήθως εφαρμοζόμενες δράσεις να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία του και παράλληλα η καλή εμφάνιση και η ικανοποιητική διάρκεια ζωής του.
- Την μέγιστη δυνατή οικονομία για τον συνδυασμό των υπολοίπων απαιτήσεων και
- Τη λιγότερο δυνατή παρέμβαση μέσα στο περιβάλλον στο οποίο δομείται.

Οι παραπάνω βασικές αρχές σχεδιασμού ισχύουν και για την περίπτωση δομημάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το βασικότερο ίσως στοιχείο στο οποίο οφείλει την εκτεταμένη εφαρμογή του το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το μικρότερο κόστος το οποίο παρουσιάζει σε αντιστοιχία με δομικά συστήματα από άλλα υλικά.

Ανάλογα με τον τρόπο οπλισμού διακρίνουμε δομικά στοιχεία:

- *Συμβατικά οπλισμένα*
- *Προεντεταμένα*
- *Οπλισμένα με ίνες (χαλύβδινες και συνθετικές)*
- *Οπλισμένα με συνδυασμό από τα παραπάνω.*

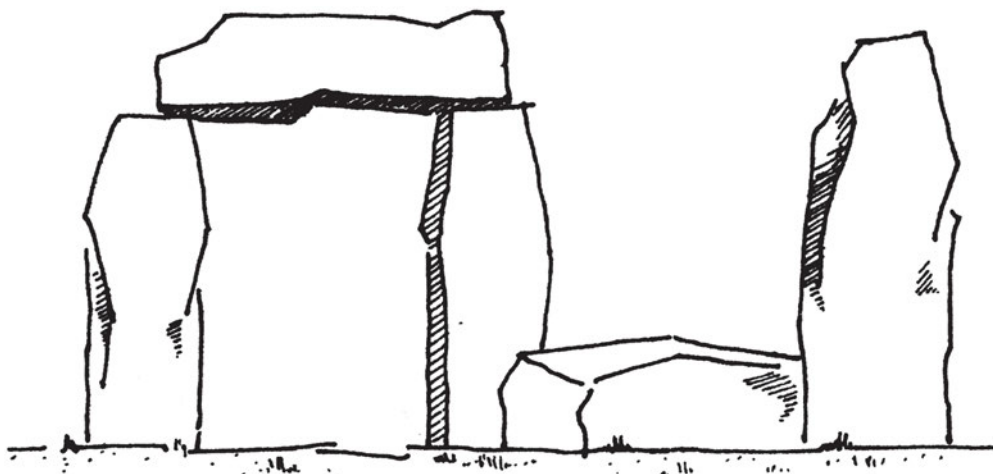
Στη συνέχεια του κειμένου η αναφορά σε δομικά στοιχεία, δομικά συστήματα ή κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος αφορά στα αντίστοιχα οπλισμένα με συμβατικό οπλισμό.

13.5 ΔΟΜΙΚΗ ΜΟΡΦΗ – ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ

13.5.1 Εισαγωγή

Θα μπορούσε να ορίσει κανείς πως «φέρων οργανισμός» είναι το σύνολο των κατακόρυφων και οριζόντιων δομικών στοιχείων ενός κτίσματος που «φέρουν» τα νεκρά ή μόνιμα (ίδιο βάρος, τοιχοποιίες κ.τ.λ.) και τα ωφέλιμα φορτία του (φορτία χρήσης από τον άνθρωπο), και τα μεταβιβάζουν στη γη. Αυτό δηλαδή, το σύνολο φορέων, που συγκροτεί τον βασικό κορμό του κτίσματος και τον σχηματοποιεί στον χώρο ανάλογα με το σύστημα δόμησης και το βασικό υλικό που χρησιμοποιείται. Ένα σύνολο όμως που, για να είναι οργανικό και εξυπηρετικό, πρέπει κυρίως να προσαρμόζεται στις φυσικές ιδιότητες αυτού του βασικού υλικού δομής και να μην παραβιάζει τη νομοτέλεια των κατασκευαστικών του δυνατοτήτων.

Ένας από τους πρώτους φέροντες οργανισμούς θα μπορούσε να θεωρηθεί αυτός του σχήματος 13.1.



Σχήμα 13.1 Πρώτη μορφή φέροντας οργανισμού*.

Ο φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα, ιστορικά εξεταζόμενος αποτελεί τη φυσιολογική εξέλιξη του ξύλινου σκελετού. Όμως η σύγχρονη τεχνική εκμεταλλεύθηκε και αξιοποίησε όλες τις δυνατότητες του οπλισμένου σκυροδέματος ως υλικού και το χρησιμοποιεί, όπως η νομοτέλεια του επιβάλλει. Πολύ σημαντικά είναι η μονολιθικότητα, το εύπλαστο και η οικονομία στη διαμόρφωση ενός σκελετού από οπλισμένο σκυρόδεμα,

τόσο σε ό,τι αφορά την κατασκευή, όσο και τη μορφολογία του κτίσματος. Δηλαδή οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ολόσωμες, με συνεχή μέλη και άκαμπτα στοιχεία σύνδεσης (πακτώσεις – δεν επιτρέπουν την καμπύλωση των δομικών στοιχείων στον κόμβο – σύνδεση). Επιπλέον το σκυρόδεμα είναι εύπλαστο και αποτελεί – μαζί με το σίδηρο – έναν συμπαγή μονόλιθο, που μπορεί να προσαρμόζεται σε κάθε επιθυμητή μορφή.

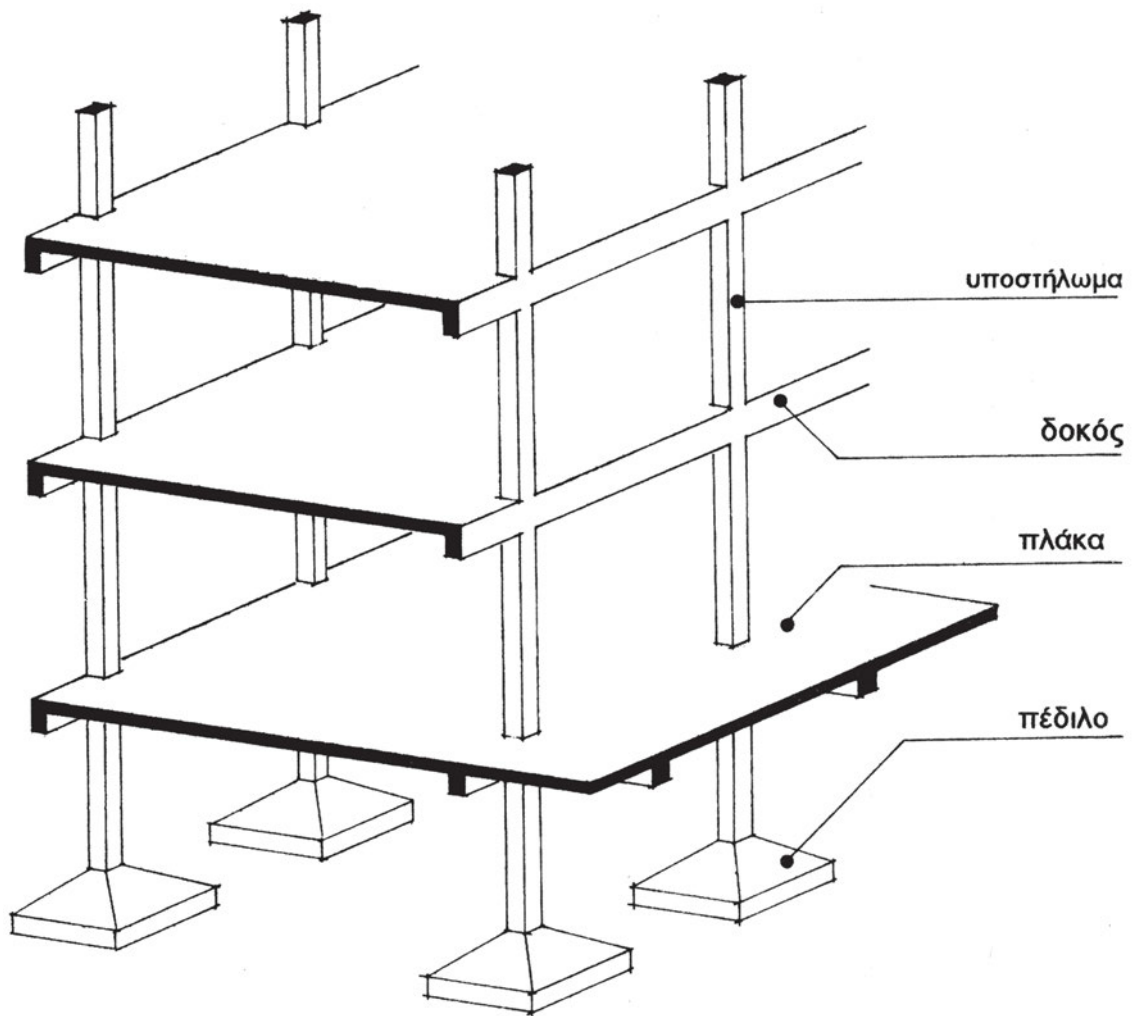
13.5.2 Γραμμικά δομικά στοιχεία

Οι **φορείς μίας διάστασης** είναι **δομικά στοιχεία γραμμικά**. Σ' αυτά υπάγονται ο στύλος, το τοιχίο και η δοκός και ως τέτοιο αντιμετωπίζεται για λόγους ευκολίας η αμφιέριστη και η δοκιδωτή πλάκα.

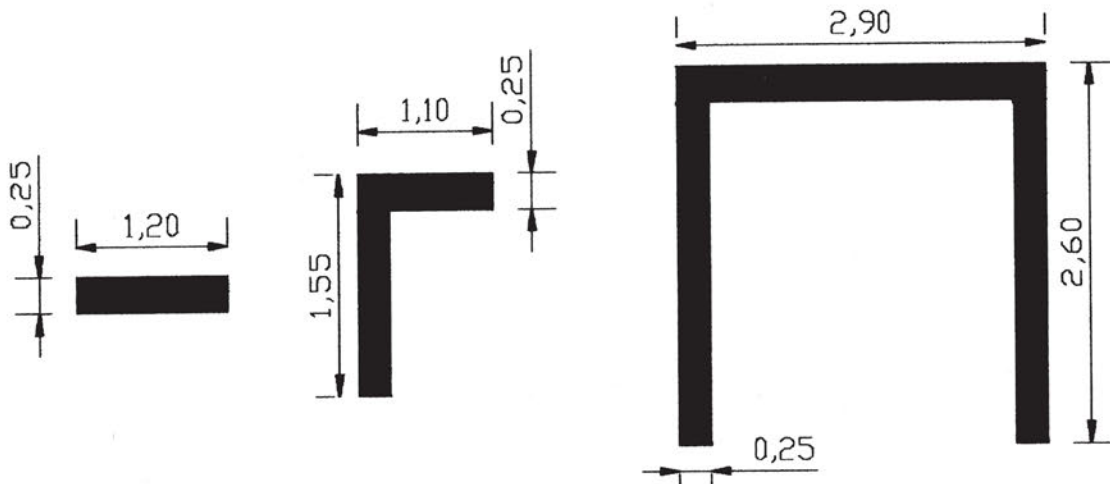
Ο στύλος ή **υποστύλωμα** (*σχήμα 13.2*) είναι ο κατακόρυφος μεμονωμένος εκείνος φορέας που παραλαμβάνει φορτία, για να τα μεταφέρει με τη συνεργασία του **πεδύλου** του στη γη. Χαρακτηριστικό του είναι η μικρή εγκάρσια διατομή σε σχέση με το ύψος. Το υποστύλωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν παραλαμβάνει μόνο αξονικές δυνάμεις αλλά και ροπές λόγω της ολόσωμης σύνδεσής του με τα άλλα δομικά στοιχεία, όπως θα δούμε σε επόμενες παραγράφους. Το υποστύλωμα συνήθως χρησιμοποιείται ως στήριξη, σε ειδικές περιπτώσεις όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάρτηση άλλων δομικών στοιχείων.

Το **τοιχίο** δουλεύει σαν το υποστύλωμα. Η διαφορά είναι ότι η μία διάσταση της εγκάρσιας διατομής του είναι μικρή σε σχέση με τα υπόλοιπα γεωμετρικά στοιχεία. Τυπικό «πάχος» είναι τα είκοσι πέντε ή τριάντα εκατοστά. Ένα τυπικό τοιχίο ελάχιστων διαστάσεων είναι το 1.20 X 0.25 m. Άλλη περίπτωση τοιχίων είναι οι πυρήνες μέσα στους οποίους κινείται ο ανελκυστήρας. Μερικές τυπικές διατομές παρουσιάζονται στο *σχήμα 13.3*.

Η **δοκός** (*σχήμα 13.2*) είναι ο γραμμικός, σε οριζόντια έννοια, φορέας, του οποίου τα άκρα εδράζονται είτε στα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντος οργανισμού, δηλαδή στα υποστυλώματα ή τοιχία, είτε σε άλλες δοκούς. Στη δεύτερη περίπτωση, πρωτεύουσες και δευτερεύουσες δοκοί συνεργάζονται και συγκροτούν μία εσχάρα δοκών. Η κτηριολογική σημασία της δοκού είναι πολύ μεγάλη καθώς με αυτή γίνεται η γεφύρωση των ανοιγμάτων. Όπως και με το υποστύλωμα, έτσι και της δοκού χαρακτηριστική είναι η μικρή εγκάρσια διατομή σε σχέση με το μήκος της, δηλαδή το μήκος του ανοίγματος που γεφυρώνει. Το δε ύψος της διατομής της είναι τυπικά αρκετά μεγαλύτερο από το πλάτος της και ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτό θα αναλυθεί διεξοδικά στο μάθημα της αντοχής των υλικών.



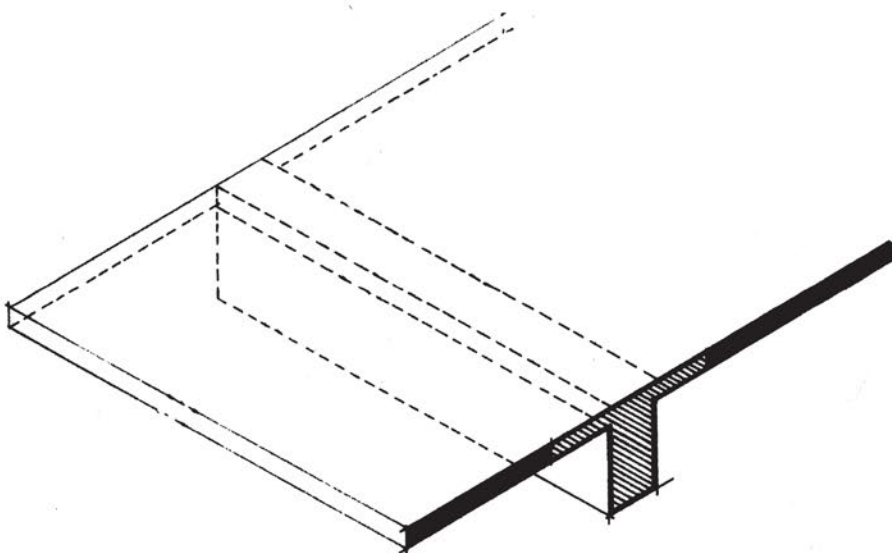
Σχήμα 13.2. Απλοποιημένος φέρων οργανισμός από οπλισμένο σκυρόδεμα*.



Σχήμα 13.3. Ενδεικτικές διατομές τοιχίων.

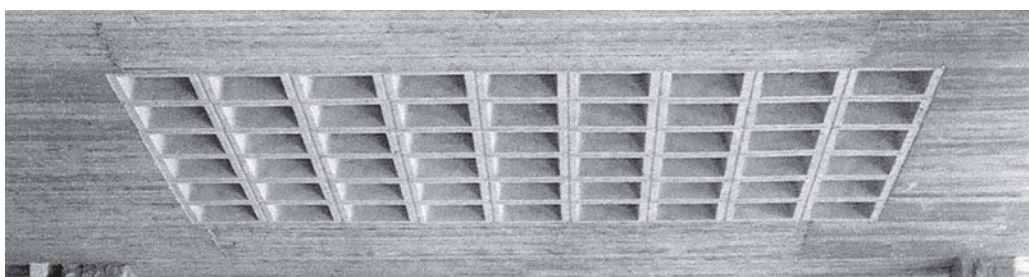
Οι **πλάκες** (σχήμα 13.2) είναι επιφανειακά δομικά στοιχεία, όμως οι **αμφιέριστες πλάκες** (πλάκες με λόγο μεγαλύτερης πλευράς προς μικρότερη μεγαλύτερο του 1.5) θεωρείται ότι λειτουργούν σαν δέσμη δοκών. Γενικά, όλες οι πλάκες στηρίζονται σε δοκούς.

Στην πραγματικότητα πλάκα και δοκός συνεργάζονται στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τη συνεργασία αυτή εξασφαλίζει η ιδιότητα του οπλισμένου σκυροδέματος να είναι μονολιθικό και έτσι κάνουμε την παραδοχή ενός νέου δομικού στοιχείου, της **πλακοδοκού**. Αυτή έχει σχήμα T (σχήμα 13.4).



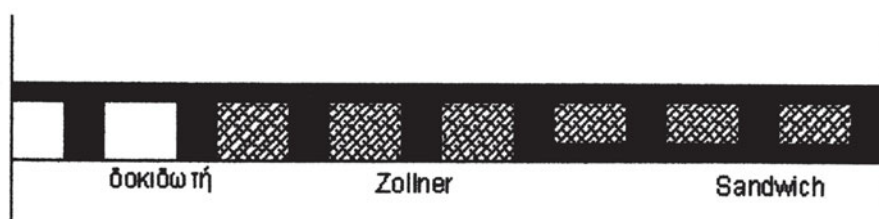
Σχήμα 13.4. Σχηματική αναπαράσταση πλακοδοκού.

Εάν θεωρηθεί πως η δέσμη των υποθετικών δοκών αραιώσει, και αντιμετωπίσουμε κάθε μία από αυτές τις αραιωμένες πια δοκίδες, μαζί με το συνεργαζόμενο τμήμα της πλάκας τους, σαν πλακοδοκό, διαπιστώνουμε ότι ένα τμήμα του πάχους της πλάκας είναι ουσιαστικά περιττό υλικό. Αφαιρώντας αυτή την περιττή μάζα σκυροδέματος διαπιστώνουμε τότε πως δημιουργείται έτσι μία **πλάκα με νευρώσεις**. Το περιττό σκυρόδεμα μπορεί να αφαιρεθεί τελείως ή να αντικατασταθεί με ελαφρύτερο υλικό. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει αντίστοιχα η δοκιδωτή πλάκα (σχήμα 13.5) ή πλάκα Zollner ή Sandwich (σχήμα 13.6). Η διαφορά μεταξύ Zollner και Sandwich είναι ότι στην πρώτη το υλικό που αντικαθιστά το σκυρόδεμα είναι εμφανές, όταν την κοιτάζει κάποιος από κάτω, ενώ στη δεύτερη υπάρχει στο κάτω μέρος μία λεπτή πλάκα από σκυρόδεμα.



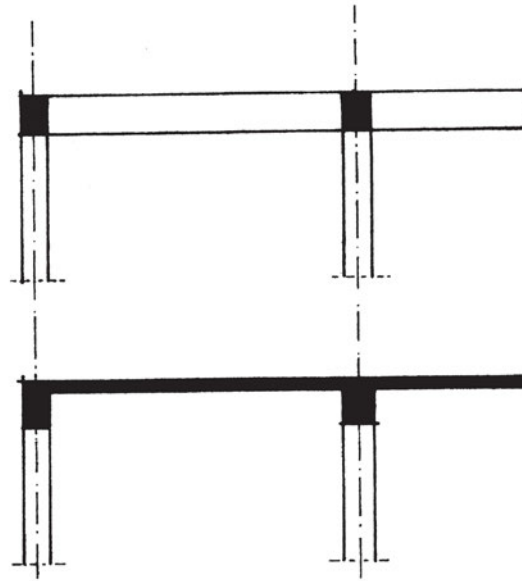
Σχήμα 13.5. Δοκιδωτή πλάκα.

Οι πλάκες με νευρώσεις δίνουν μεγάλη οικονομία υλικού και μείωση του ίδιου βάρους της πλάκας. Ταυτόχρονα γίνεται δυνατό να καλυφθούν χώροι πολύ πιο μεγάλοι από ό,τι με μία απλή πλάκα, καθώς με τις νευρώσεις η αντοχή αυξάνεται σημαντικά.



Σχήμα 13.6. Τομή πλακών Zollner, Sandwich και δοκιδωτής.

Ο **πρόβολος** (σχήμα 13.7) είναι στοιχείο του φέροντος οργανισμού, άλλοτε γραμμικό και άλλοτε επιφανειακό, ανάλογα με τη θέση του και τη σύνδεσή του με τα υπόλοιπα μέλη του σκελετού. Συνδέεται και στηρίζεται με το ένα του άκρο σε άλλους φορείς, ενώ το υπόλοιπο μέρος του προβάλλει μέσα στον χώρο. Ο πρόβολος μπορεί να είναι πλάκα ή η επέκταση μίας δοκού πέρα από το σημείο στήριξής της.



Σχήμα 13.7. Πρόβολος. Επάνω πρόβολος ως προεξέχουσα δοκός και κάτω ως πλάκα*.



Συμπερασματικά, γραμμικά δομικά στοιχεία είναι το υποστύλωμα, το τοιχίο και η δοκός. Σαν τέτοιο δομικό στοιχείο αντιμετωπίζονται η αμφιέριστη πλάκα και οι δοκιδωτές πλάκες.

13.5.3 Επιφανειακά δομικά στοιχεία

Οι **φορείς δύο ή τριών διαστάσεων** είναι **δομικά στοιχεία επιφανειακά**, γιατί συγκροτούνται από φέρουσες επιφάνειες. Είναι η τετραέριστη και μκητοειδής πλάκα και τα κελύφη.

Οι **τετραέριστες πλάκες** (σχήμα 13.7) είναι πλάκες που θεωρούμε ότι «δουλεύουν» και στις δύο διευθύνσεις, αντίθετα από την αμφιέριστη που θεωρούμε ότι δουλεύει μόνο κατά τη μικρότερη διεύθυνση. Ως γεωμετρικό χαρακτηριστικό έχουν λόγο πλευρών μικρότερο ή ίσο του 1.5. Οι τετραέριστες πλάκες είναι πλάκες που επιλύονται και στις δύο διαστάσεις. Με την αντιμετώπιση αυτή καταργούνται οι δοκοί στη μία διεύθυνση που είχαν χρησιμοποιηθεί για την αμφιέριστη πλάκα και εισάγονται δύο κάθετες σειρές πεπλατυσμένων δοκών, που φέρουν κατά τις δύο διευθύνσεις.

Η τετραέριστη πλάκα μπορεί και να εδράζεται απ' ευθείας στους στύλους δίχως την παρεμβολή δοκών και τότε λέγεται **μκητοειδής**. Συνδέεται τότε με τον φέροντα οργανισμό όχι με γραμμικά στοιχεία αλλά με έδραση περιορισμένης επιφάνειας, όσο η διατομή του στύλου, ή λίγο μεγαλύτερη αν δημιουργηθεί κιονόκρανο. Η πλάκα έτσι συνέχεται με τον

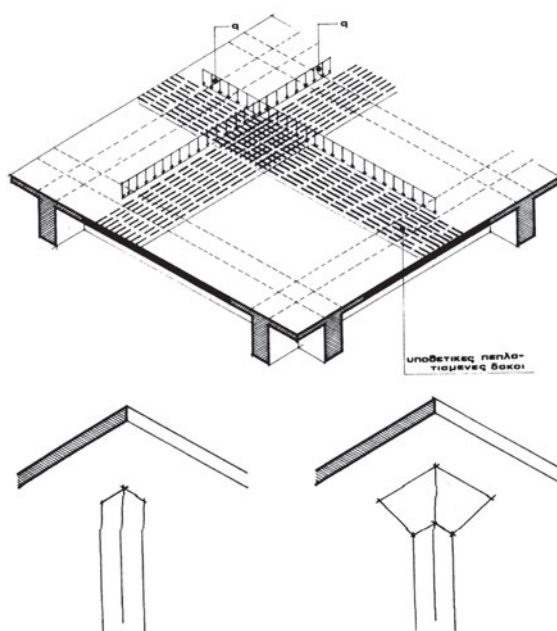
στύλο, για να διαμορφώσει τη μυκητοειδή πλάκα, μία κατασκευή που με την εμφάνισή της έδωσε καινούργιες δυνατότητες αισθητικής διαμόρφωσης των χώρων και νέες αντιλήψεις περί στατικού αισθήματος, με εφαρμογές που πολλές φορές φτάσανε σε άριστα μορφολογικά αποτελέσματα. Πάντως σήμερα σπάνια πλέον εφαρμόζεται η λύση του κιονόκρανου.



Ανάλογα με τον λόγο της μεγαλύτερης προς τη μικρότερη πλευρά, οι πλάκες χωρίζονται σε αμφιέριστες και τετραέριστες. Η αμφιέριστη έχει λόγο πλευρών μεγαλύτερο του 1.5, ενώ η τετραέριστη μικρότερο ή ίσο.

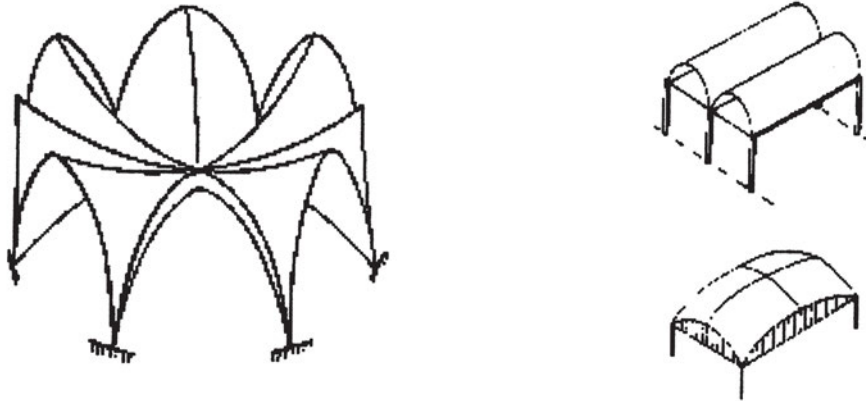
Ένα δομικό στοιχείο που αντιμετωπίζεται ως κεκλιμένη πλάκα είναι η **σκάλα** και μπορεί να στηρίζεται σε άλλα δομικά στοιχεία με διάφορους τρόπους.

Το **κέλυφος** (σχήμα 13.8) είναι το αποτέλεσμα της προσπάθειας να χρησιμοποιηθεί μία φερόμενη επιφάνεια και σαν φέρουσα με βασικό στόχο να κατακτηθεί το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα με τη μικρότερη ανάλωση της ύλης. Για να αντιληφθεί κανείς την ιδιοτυπία, το κέλυφος προκύπτει από μεγάλο αριθμό γραμμικών φορέων που διασταυρώνονται στον χώρο και δημιουργούν μία μεμβράνη. Όταν η μεμβράνη αυτή αποκτήσει μια σχετική ακαμψία, θεωρείται κέλυφος. Δημιουργείται έτσι ένας φορέας τριών διαστάσεων, που μπορεί να στεγάσει χώρους έχοντας πάχος ελάχιστο σε σχέση με το άνοιγμα των χώρων αυτών. Έχει δηλαδή την ίδια σχέση ανοίγματος προς πάχος, που υπάρχει στο κέλυφος του αυγού και λειτουργεί ακριβώς σαν μεμβράνη με μειωμένη τοπική ακαμψία, αλλά αυτοφερόμενη.



Σχήμα 13.7. Τετραέριστη πλάκα με σχηματική αναπαράσταση των υποθετικών δοκών. Κάτω πλάκα εδραζόμενη απευθείας σε υποστύλωμα χωρίς και με κιονόκρανο*.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι τα **τοιχία** που έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 13.5.2 από άποψη πραγματικής συμπεριφοράς είναι επιφανειακά στοιχεία, αλλά η ανάλυσή τους γίνεται έτσι πολύ πιο πολύπλοκη και χρειάζεται εξελιγμένες υπολογιστικές μεθόδους. Για λόγους απλοποίησης στους στατικούς υπολογισμούς τα θεωρούμε γραμμικά. Τον τελευταίο καιρό με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν αρχίσει να αντιμετωπίζονται σαν επιφανειακοί φορείς.



Σχήμα 13.8. Μερικά ενδεικτικά σχήματα κελυφών.



Συμπερασματικά, επιφανειακά δομικά στοιχεία είναι οι πλάκες και τα κελύφη. Και αυτά μπορούν να επιλυθούν τις περισσότερες φορές σαν σύνολο γραμμικών στοιχείων αλλά η συμπεριφορά τους είναι στην πραγματικότητα τριδιάστατη και πιο πολύπλοκη.



Επισκεφθείτε κτηριακά έργα υπό κατασκευή και εξετάστε τη δομή του φέροντος οργανισμού τους. Επιπλέον ονομάστε κάθε ένα δομικό στοιχείο του σκελετού.

13.5.4 Στατικό σύστημα - Πλαισιακή λειτουργία

α. Φορτία

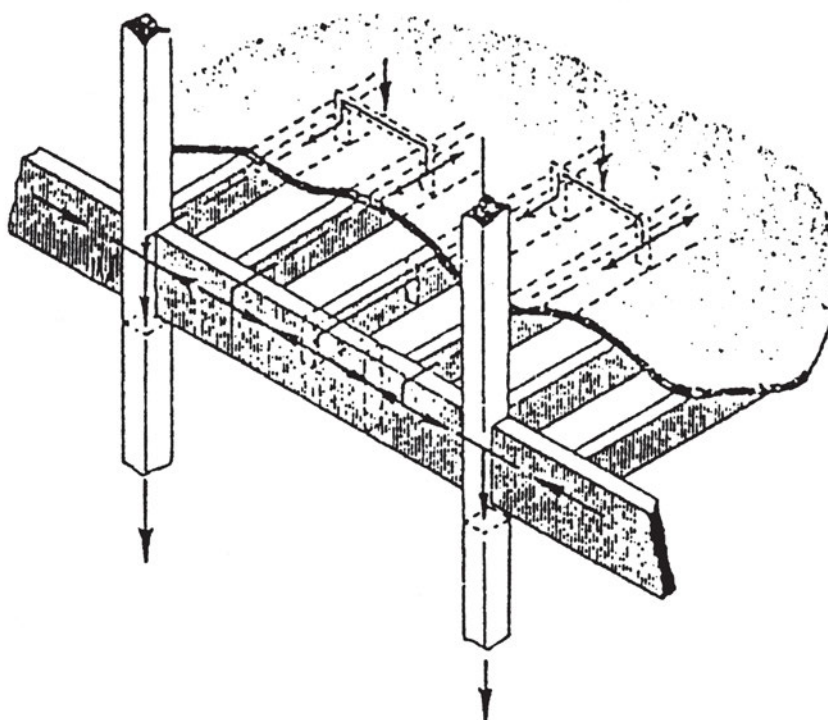
Μόνιμα ή νεκρά: ίδιο βάρος φέροντος οργανισμού, τοιχοποιίες, επικαλύψεις (π.χ. μάρμαρα, πλακίδια), μηχανήματα κ.τ.λ.

Κινητά: φορτία που έχουν σχέση με τη χρήση του χώρου, γενικά έχουν μικρό χρόνο επιβολής (άνθρωποι και άλλα φορτία χρήσης). Επίσης φορτία που έχουν σχέση με περιβαλλοντική επίδραση (χιόνι, άνεμος, θερμοκρασία κ.τ.λ.)

Ατυχηματικά: φορτία που επιβάλλονται σε σπάνιες περιπτώσεις – ατυχήματα, π.χ. πρόσκρουση αυτοκινήτου σε υποστυλώμα σε χώρο στάθμευσης. Πολύ σημαντική φόρτιση, ειδικά για τη χώρα μας, σε αυτή την κατηγορία είναι αυτή του σεισμού.

Οι τιμές και οι συντελεστές ασφαλείας των φορτίων καθορίζονται από τον αντίστοιχο κανονισμό.

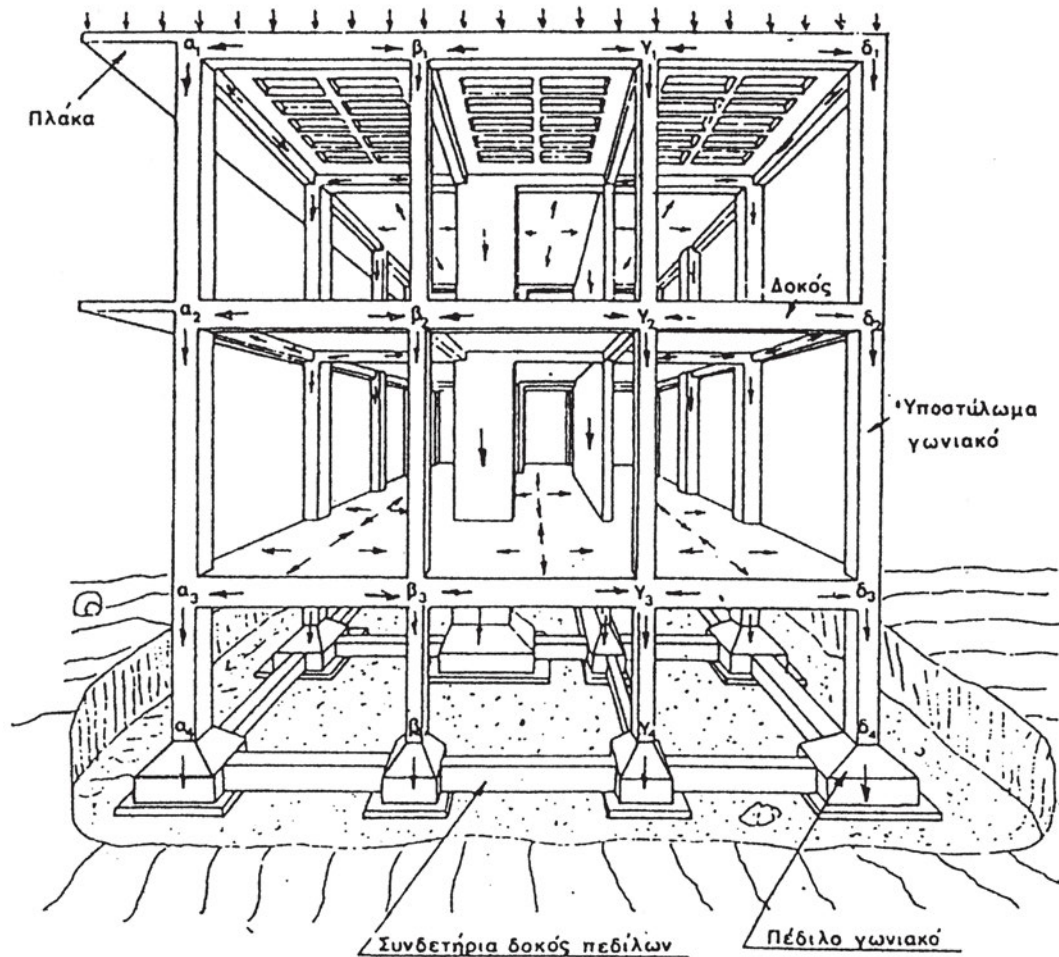
β. Μεταβίβαση φορτίων μεταξύ δομικών στοιχείων



Σχήμα 13.9. Μεταβίβαση φορτίων από την πλάκα στα δοκάρια και υποστυλώματα.

Όπως φαίνεται και στο *σχήμα 13.9*, τα συνήθη φορτία επιβάλλονται αρχικά στην πλάκα και κατανέμονται στις γειτονικές δοκούς. Κάθε δοκός, καθώς εδράζεται σε υποστυλώματα, μεταφέρει τα φορτία στα υποστυλώματα, τα οποία με τη σειρά τους μέσω των πεδίων τα μεταβιβάζουν στη γη.

Αντίστοιχα, σε ένα πιο πολύπλοκο κτιριακό έργο όπως αυτό του *σχήματος 13.10*, βλέπουμε ενδεικτικά τα επιβαλλόμενα κινητά φορτία στο πάνω μέρος του κτηρίου. Όπως δείχνουν τα βελάκια, στις πλάκες αυτά κατανέμονται στις δοκούς και οι δοκοί με τη σειρά τους μεταφέρουν τα φορτία στα υποστυλώματα. Τα υποστυλώματα καταλήγουν σε πέδιλα, τα οποία μεταφέρουν τα φορτία τελικά στο έδαφος. Τα πέδιλα συνδέονται μεταξύ τους με συνδετήριες δοκούς, οι οποίες διασφαλίζουν το κτήριο από τον κίνδυνο ανόμοιας συμπεριφοράς του εδάφους κάτω από τα πέδιλα. Επίσης βοηθάνε στην καλύτερη συμπεριφορά στο ενδεχόμενο σεισμού.



Σχήμα 13.10. Μεταβίβαση φορτίων σε πλήρες πολυώροφο κτίριο.

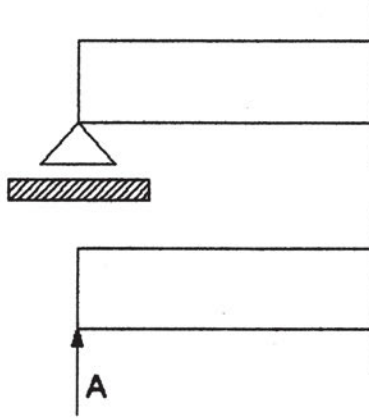
γ. Στατικό μοντέλο του φέροντος οργανισμού

Για να επιλυθεί ο φέρων οργανισμός δημιουργούμε ένα στατικό μοντέλο. Για τη δημιουργία αυτού του μοντέλου γίνονται διάφορες παραδοχές. Έτσι έχουμε:

α. στηρίξεις

i. Κύλιση

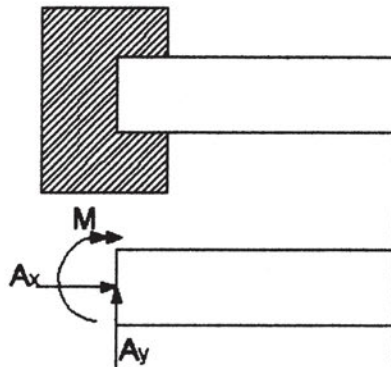
Η κύλιση (σχήμα 13.11) είναι η πιο απλή μορφή στήριξης. Ισοδυναμεί με δέσμευση σημείου του φορέα, ώστε να μην κινηθεί σε μία συγκεκριμένη διεύθυνση, ενώ μπορεί να κινηθεί στην άλλη και να περιστραφεί. Έτσι η αντίδραση είναι μία μόνο δύναμη. Η πιο συνηθισμένη μορφή κύλισης είναι η απλή έδραση.



Σχήμα 13.11. Συμβολισμός κύλισης και αντιστοίχιση με αντιδράσεις.

ii. Άρθρωση

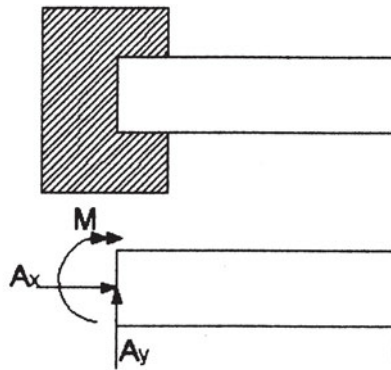
Η άρθρωση (σχήμα 13.12) εμποδίζει την κίνηση στις δύο διευθύνσεις αλλά επιτρέπει την περιστροφή. Έτσι οι αντιδράσεις που ισοδυναμούν με την άρθρωση είναι δύο (κάθετες μεταξύ τους) δυνάμεις. Μία χαρακτηριστική άρθρωση που όλοι γνωρίζουμε είναι ο μεντεσές στις πόρτες.



Σχήμα 13.12. Συμβολισμός άρθρωσης και αντιστοίχιση με αντιδράσεις.

iii. Πάκτωση

Η πάκτωση (σχήμα 13.13) εμποδίζει τόσο την κίνηση σε οποιαδήποτε διεύθυνση όσο και την περιστροφή. Έτσι οι αντιδράσεις είναι δύο κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις και μία ροπή. Οι κόμβοι (δοκών-υποστυλωμάτων) και οι στηρίξεις στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα συνήθως θεωρούνται πακτώσεις.



Σχήμα 13.13. Πάκτωση και αντιστοίχιση με αντιδράσεις.

β. στατικά συστήματα

i. ισοστατικοί φορείς

Οι ισοστατικοί φορείς είναι αυτοί που επιλύονται πλήρως με τις εξισώσεις ισορροπίας που γνωρίζουμε από τη φυσική. Έτσι η επίλυση μπορεί να γίνει εύκολα με το χέρι. Οι συνηθισμένες μορφές είναι η αμφιέριστη δοκός (αρθρωμένη στο ένα άκρο και με κύλιση στο άλλο) και ο κλασικός πρόβολος (δοκός πακτωμένη). Γενικά οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα λόγω της μονολιθικότητας είναι υπερστατικοί φορείς. Περισσότερες πληροφορίες για τους ισοστατικούς φορείς δίνονται στο κεφάλαιο 15.

ii. υπερστατικοί φορείς

Οι υπερστατικοί φορείς έχουν μεγαλύτερο αριθμό στηρίξεων από τους ισοστατικούς φορείς και οι εξισώσεις ισορροπίας δεν επαρκούν για την πλήρη επίλυση καθώς οι άγνωστοι (αντιδράσεις στηρίξεων) είναι περισσότεροι από τις εξισώσεις. Ο αριθμός των επιπλέον αγνώστων λέγεται βαθμός υπερστατικότητας. Έτσι η επίλυση ακόμα και σχετικά απλών υπερστατικών φορέων γίνεται αρκετά πολύπλοκη εκτός εάν αυτοί είναι ή μπορούν να αναχθούν σε κάποιους που η λύση τους υπάρχει σε πινακοποιημένη μορφή. Με την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών η επίλυση τους έχει γίνει πλέον πολύ εύκολη ανεξάρτητα από τον βαθμό υπερστατικότητας. Το πλεονέκτημα των υπερστατικών φορέων είναι ότι ακόμα και εάν κάποιο δομικό στοιχείο αστοχήσει (σπάσει – ρηγματωθεί) η όλη κατασκευή μπορεί να μην καταρρεύσει. Συνήθως οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι υπερστατικές λόγω της μονολιθικότητας που έχουν.

iii. μηχανισμός

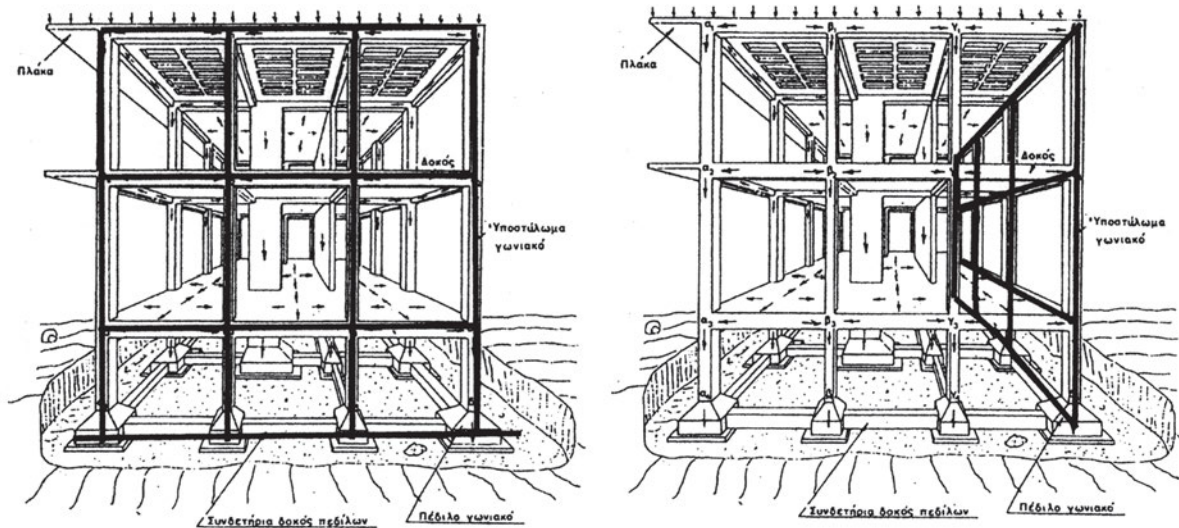
Μηχανισμός ονομάζεται ένας φορέας ο οποίος δεν ισορροπεί. Είναι δηλαδή στατικά αόριστος. Ένα απλό παράδειγμα είναι οι πόρτες, που ενώ είναι αρθρωμένες στην άκρη

είναι ελεύθερες να περιστραφούν σε σχεδόν κάθε επιβολή δύναμης (φορτίου).

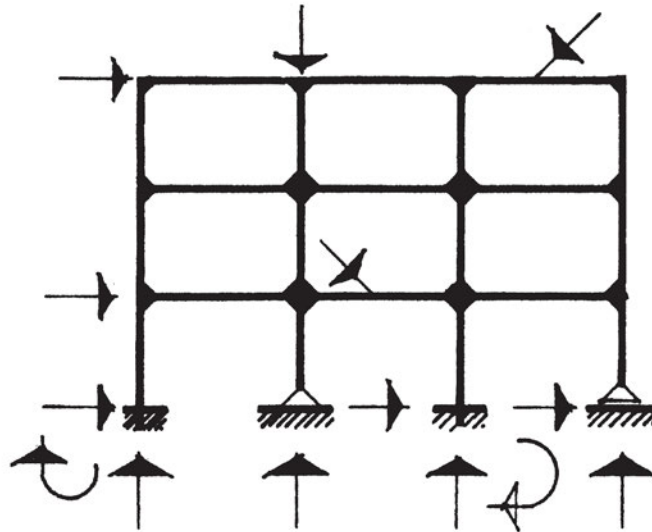
γ. πλαισιακή λειτουργία

Ως **πλαίσιο** το υποσύλωμα και η δοκός συνεργάζονται και συγκροτούν μαζί ένα άκαμπτο, αδιαίρετο σύνολο, που το ονομάζουμε πλαισιωτή κατασκευή. Με τη θεώρηση αυτή εκφράζεται σωστά η φύση του υλικού και αξιοποιούνται πληρέστερα οι κατασκευαστικές δυνατότητές του, αφού με τον τρόπο αυτό μεταβιβάζονται ροπές από τις δοκούς στα υποστυλώματα μέσω των άκαμπτων κόμβων (πάκτωση δοκών με υποστυλώματα).

Όπως φαίνεται και στο *σχήμα 13.14*, τα υποστυλώματα και τα δοκάρια σχηματίζουν επίπεδα πλαίσια ως προς τις δύο διευθύνσεις. Κάθε πλαίσιο έχει τη μορφή του πλαισίου του σχήματος 13.15. Έτσι μία κατασκευή σαν αυτή του σχήματος 13.14 αποτελείται από πολλά πλαίσια σε κάθε διεύθυνση και κάθε υποσύλωμα συμμετέχει στα δύο πλαίσια που διασταυρώνονται σε αυτό.



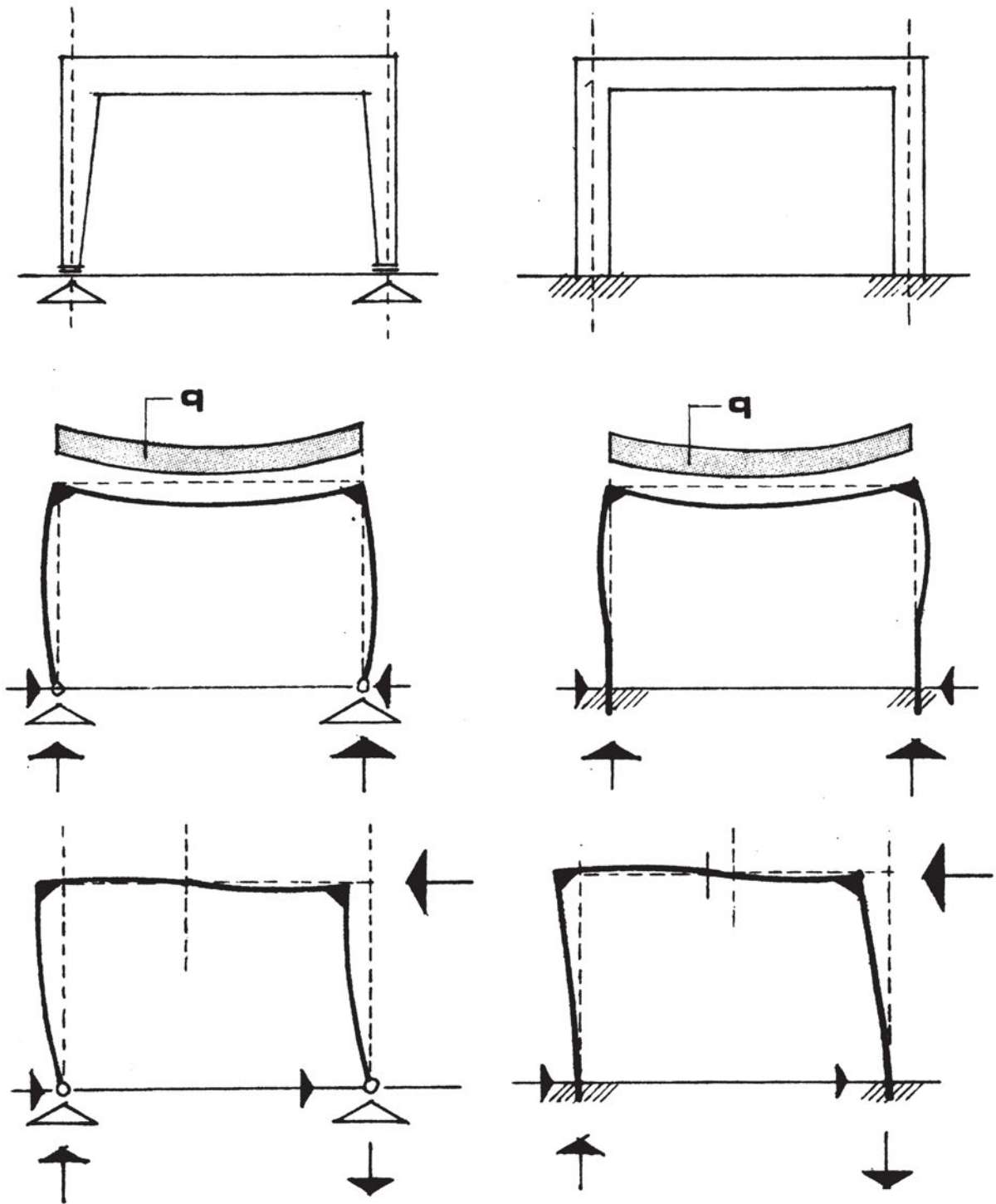
Σχήμα 13.14. Ενδεικτικός σχηματισμός πλαισίων στις δύο διευθύνσεις.



Σχήμα 13.15. Ενδεικτικό τριώροφο επίπεδο πλαίσιο τριών ανοιγμάτων.

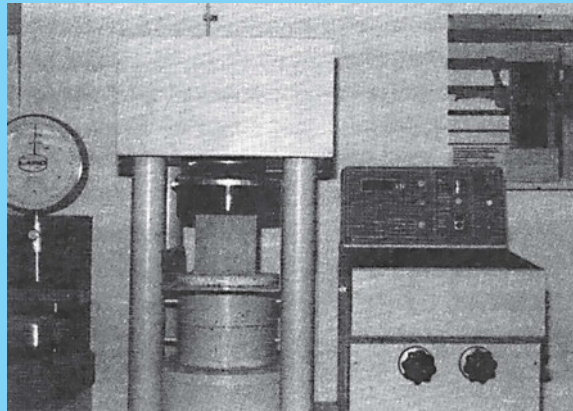


Επισκεφθείτε κτιριακά έργα υπό κατασκευή και αφού έχετε κατανοήσει τη δομή του φέροντος οργανισμού τους, μελετήστε τη μεταβίβαση φορτίων από το ένα δομικό στοιχείο στο άλλο. Στο εργαστήριο φτιάξτε μοντέλα ισοστατικών φορέων και πλαισίων, ώστε να εξετάσετε τη συμπεριφορά τους σε διάφορες φορτίσεις.



Σχήμα 13.16. Ενδεικτικές παραμορφώσεις αμφιαρθρωτού (αριστερά) και πακτωμένου (δεξιά) πλαισίου για κατακόρυφο κατανεμημένο φορτίο q και οριζόντιο συγκεντρωμένο φορτίο*.

* σχήμα από το βιβλίο Χ. Αθανασόπουλος, "Κατασκευή κτιρίων-σύνθεση και τεχνολογία", Γ' έκδοση.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ & ΧΑΛΥΒΑΣ

- Σκυρόδεμα
 - Υλικά-Μίξη
 - Διάστρωση-Συμπύκνωση
 - Ιδιότητες
 - Αντοχή-Κατηγορίες
- Χάλυβας
 - Ιδιότητες
 - Κατηγορίες



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- Τα υλικά και τη διαδικασία παρασκευής του σκυροδέματος.
- Τις ιδιότητες του σκυροδέματος καθώς και τη διαδικασία διάστρωσης και συμπύκνωσης.
- Τις ιδιότητες και τις κατηγορίες χάλυβα.

Τελικά θα έχετε μια γενικότερη γνώση ως προς τη διαδικασία παραγωγής, ιδιότητες και χαρακτηριστικά του σκυροδέματος και του χάλυβα, που θα βοηθήσει σε επόμενα κεφάλαια να αντιληφθείτε τη λειτουργία των δύο συνεργαζόμενων υλικών μαζί στο ίδιο δομικό στοιχείο.

14.2 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

14.2.1 Εισαγωγή

Το σκυρόδεμα (beton) είναι ένα τεχνητό δομικό υλικό, που παρασκευάζεται από τσιμέντο, αδρανή (αμμοχάλικα) και νερό. Το μίγμα του νωπού σκυροδέματος σκληραίνεται και μεταβάλλεται σε στερεό σώμα με υψηλές αντοχές.

Η αντοχή του σκυροδέματος καθορίζεται από την αντοχή του τσιμέντου και των αδρανών, σε ένα δεδομένο μίγμα. Με διαφορετικά πρόσθετα, μπορούμε να βελτιώσουμε ορισμένες ιδιότητες του σκυροδέματος, τόσο στη νωπή, όσο και στη στερεά κατάσταση. Για την παρασκευή ενός καλού σκυροδέματος, δεν αρκεί μόνο η εκλογή των κατάλληλων υλικών, αλλά είναι επίσης εξίσου απαραίτητες, η επιμελημένη παρασκευή, η σωστή κατεργασία και τέλος, η συντήρηση του σκυροδέματος.

Το σκυρόδεμα σήμερα είναι το σημαντικότερο δομικό υλικό σε φέροντα δομικά στοιχεία. Κατά συνέπεια, χρειάζεται η βαθιά και ολοκληρωμένη γνώση της τεχνολογίας του σκυροδέματος, ώστε κάθε εμπλεκόμενος στην κατασκευή να μπορέσει να αντιληφθεί και να ενεργήσει για την ασφάλεια και την οικονομικότητα των δομικών έργων, που θα μελετήσει και θα κατασκευάσει.

Το σκυρόδεμα διακρίνεται σε τρία είδη, ανάλογα με το φαινόμενο βάρος του.

- α) *Σύνηθες σκυρόδεμα* 2-2,8 g/cm³
- β) *Ελαφροσκυρόδεμα* 0,3-2,0 g/cm³
- γ) *Βαρύ σκυρόδεμα* >2,8 g/cm³

Περισσότερες λεπτομέρειες για το ελαφρό και βαρύ σκυρόδεμα δίνονται στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

14.2.2 Τα υλικά παρασκευής του σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα παρασκευάζεται από τσιμέντο, αδρανή και νερό. Έτσι για κάθε ένα από τα συστατικά αυτά έχουμε:

Το τσιμέντο

Το τσιμέντο, σε αντίθεση με άλλες φυσικές κονίες (υλικά δηλαδή που χρησιμοποιούνται ως συγκολλητικά (συνδετικά) σε κατάσταση στερεή, ρευστή, σε μορφή διαλύματος ή αιωρήματος, το οποίο όταν αναμειχθεί και κατεργασθεί υπό ορισμένες αναλογίες με ένα ρευστό μέσο μεταβάλλεται σε πολτό) είναι βιομηχανικό προϊόν, που παρασκευάζεται με ειδική επεξεργασία ασβεστόλιθου και αργίλου. Ανακαλύφθηκε από τον Άγγλο J. Aspdin το 1824, που του έδωσε το όνομα «τσιμέντο Πόρτλαντ», γιατί το νέο υλικό είχε το ίδιο χρώμα με αυτό των εδαφών της περιοχής Πόρτλαντ της Αγγλίας.

Η σειρά εργασιών για την παραγωγή τσιμέντου είναι:

α. Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργιλικών εδαφών ξεχωριστά. Τα πετρώματα περνούν από σπαστήρες ώστε να τεμαχιστούν.

β. Μετά την έξοδό τους από τους σπαστήρες γίνεται ανάμιξη των δύο υλικών.

γ. Αλέθονται σε τριβεία, ώστε να αποκτήσουν διάμετρο λίγων χιλιοστών.

δ. Το μίγμα εισάγεται στο πάνω άκρο κυλινδρικής καμίνου, η οποία περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονά της. Η θερμοκρασία μέσα στην κάμινο είναι περίπου 600° στο πάνω άκρο, ενώ φτάνει τους 1500° στο κάτω άκρο, όπου και θερμαίνεται. Τα προϊόντα της οπτήσεως ονομάζονται εκβολάδες ή Klinker.

ε. Το Klinker αλέθεται και αποκτά τη γνωστή μορφή τσιμέντου. Το υλικό αυτό ονομάζεται «τσιμέντο Πόρτλαντ».

Ανάλογα με τη σύνθεσή τους, τον βαθμό αλέσεως και τα πρόσθετα υλικά, τα τσιμέντα κατατάσσονται σε διάφορους τύπους και κατηγορίες. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Τσιμέντων για τα έργα από Σκυρόδεμα (Π.Δ. 244/29-2-80) τα παραγόμενα τσιμέντα κατατάσσονται στους ακόλουθους τύπους:

- *Τύπος I: Τσιμέντο Πόρτλαντ*

Χαρακτηρίζονται ως τσιμέντα Πόρτλαντ τα τσιμέντα που προέρχονται από την άλεση του Klinker με τις ελάχιστες αναγκαίες προσθήκες. Αυτές είναι γύψος για τη ρύθμιση της πήξεως (συνήθως 2-3%) και φίλλερ (filler) έως 3% κατά βάρος.

- *Τύπος II: Τσιμέντα Πόρτλαντ με ποζολάνες*

Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που περιέχουν εκτός από τα προηγούμενα υλικά και ποζολάνη έως 20% κατά βάρος. Ειδικά το τσιμέντο με ποσοστό 10% ποζολάνης ονομάζεται Τσιμέντο Πόρτλαντ Ελληνικού τύπου (τύπος IIα).

Ποζολάνες ονομάζονται πυριτικά ή αργιλοπυριτικά υλικά, που έχουν την ιδιότητα να ενώνονται με την υδράσβεστο και να σχηματίζουν ένυδρες ασβεστοπυριτικές ενώσεις, που με τον χρόνο σκληρύνονται και αποκτούν μικρές ή μεγαλύτερες αντοχές.

- *Τύπου III: Ποζολανικά τσιμέντα Πόρτλαντ*

Τα ποζολανικά τσιμέντα περιέχουν ποζολάνη σε ποσοστό 20-40% κατά βάρος.

- *Τύπου IV: Τσιμέντα Πόρτλαντ ανθεκτικά στα θειικά άλατα*

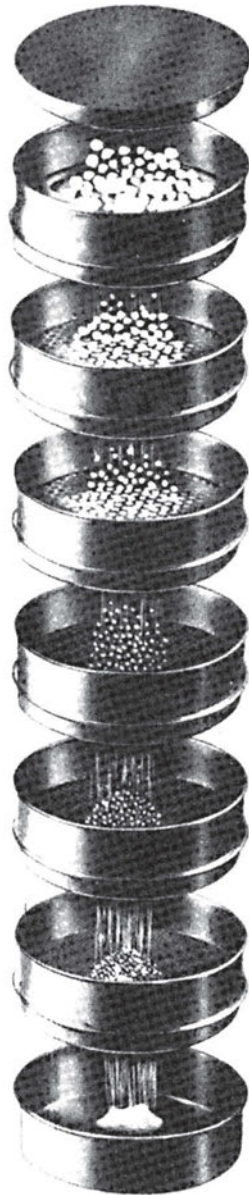
Τα τσιμέντα του τύπου αυτού δεν έχουν προσθήκες αλλά, σε σχέση με τον τύπο I, έχουν αργιλικό τριασβέστιο (C_3A) μειωμένο.

Από άποψη αντοχής τα τσιμέντα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, τις 35, 45 και 55, όπου κάθε αριθμός παριστάνει την αντοχή των τσιμέντων σε Μρα, όπως προσδιορίζεται συμβατικά σύμφωνα με τον κανονισμό.

Η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος οφείλεται αποκλειστικά στη χημική δράση μεταξύ τσιμέντου και νερού. Τα συστατικά του τσιμέντου ενώνονται με το νερό ύστερα από μία σειρά περίπλοκων χημικών δράσεων που διαρκούν επί χρόνια. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ενυδάτωση** του τσιμέντου. Για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, το μείγμα νερού-τσιμέντου (και αδρανών για το σκυρόδεμα) δεν φαίνεται να παρουσιάζει καμία μεταβολή. Αργότερα όμως φαίνεται ότι αρχίζει να πήζει προοδευτικά έως ότου στερεοποιηθεί τελείως. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **πήξη** της τσιμεντοκονίας.

Τα αδρανή

Τα αδρανή υλικά οφείλουν την ονομασία τους στο γεγονός ότι παραμένουν χημικώς αδρανή αντίθετα από το τσιμέντο και το νερό. Τα αδρανή υλικά συνδέονται και συγκολλούνται μεταξύ τους με την κονία (τσιμέντο) και συμβάλλουν μόνο μηχανικά στην αντοχή του σκυροδέματος.



Σχήμα 14.1 Διαδοχικά κόσκινα για τον διαχωρισμό βάσει του μεγέθους του κόκκου*.

Κατά κανόνα ως αδρανή χρησιμοποιούνται συντρίμματα διαφόρων πετρωμάτων. Τα πετρώματα ή θραύονται τεχνητά (θραυστά) ή συλλέγονται όπως είναι στη φύση (συλλεκτά). Τα κατάλληλα πετρώματα είναι τα ασβεστολιθικά και τα πυριτικά.

Η καταλληλότητα ενός πετρώματος για την παρασκευή σκυροδέματος έχει να κάνει με την αντοχή του, την καθαρότητα (ύπαρξη δηλαδή ή όχι πρόσμεικτων ουσιών), την πρόσφυση με την κονία και τη χημική συμπεριφορά.

Ένα πολύ σημαντικό κριτήριο διαχωρισμού των αδρανών είναι η διάμετρος του κόκκου. Έτσι χρησιμοποιούμε την **κοκκομετρική σύνθεση** ή **διαβάθμιση**, δηλαδή τον διαχωρισμό και την κατάταξη των κόκκων σε ομάδες από άποψη μεγέθους. Δηλαδή η κοκκομετρική σύνθεση προσδιορίζει την ποσοστιαία κατ'όγκο αναλογία κάθε κατηγορίας μεγέθους κόκκων του υλικού. Για να προσδιορισθούν οι κατηγορίες μεγέθους χρησιμοποιούνται κόσκινα (*σχήμα 14.1*) που έχουν καθορισμένη διάμετρο οπών. Παραδείγματος χάρη, οι κόκκοι που περνούν από το κόσκινο με διάμετρο οπών 7mm και δεν περνάνε από το κόσκινο με διάμετρο οπών 3mm, λέμε ότι έχουν διάμετρο μεταξύ 3 και 7mm.

Το νερό

Το νερό είναι ένα από τα δύο ενεργά συστατικά του σκυροδέματος. Η βασική απαίτηση απέναντι στο νερό είναι να μην περιέχει συστατικά που μπορούν να βλάψουν ή να επηρεάσουν τις αντιδράσεις ενυδάτωσης ή, εάν τα περιέχει, αυτά, να μην ξεπερνούν όρια που καθορίζονται από τον κανονισμό. Τέτοιες ουσίες είναι:

α. *Ζάχαρη* – είναι μία από τις πιο επιβλαβείς ουσίες, γιατί ανακόπτει τελείως τη χημική αντίδραση ανάμεσα στο νερό και το τσιμέντο και επομένως εμποδίζει την πήξη.

β. *Οξέα* – όπως το ανθρακικό οξύ ή άλλα οργανικής προέλευσης, δεσμεύουν το ασβέστιο που είναι απαραίτητο για την πήξη. Η βλαπτικότητα του γίνεται περισσότερο αισθητή σε τσιμέντα με μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστιο.

γ. *Λάδια και λίπη* – δρουν μηχανικά περιβάλλοντας τους κόκκους του τσιμέντου και παρεμποδίζοντας μ'αυτό τον τρόπο την επαφή τους με τα μόρια νερού.

δ. *Οργανικές ουσίες* – γενικά επηρεάζουν ανασταλτικά την πήξη.

14.2.3 Νωπό σκυρόδεμα

Η ποιότητα ενός σκυροδέματος εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες και από τη σύνθεση του νωπού σκυροδέματος. Η σπουδαιότερη ιδιότητα, από την οποία εξαρτώνται, σχεδόν, όλες οι ιδιότητες του σκληρυμένου σκυροδέματος, είναι το πορώδες. Το πορώδες ενός συνήθους σκυροδέματος εξαρτάται κυρίως από τον υδατοτσιμεντοσυντελεστή

$w = \frac{W}{Z} = \frac{\text{νερό}}{\text{τσιμέντο}}$, τη συμπύκνωση και τον βαθμό ενυδατώσεως. Ο όγκος του

τσιμεντοπολτού σε ένα δεδομένο σκυρόδεμα αποτελείται από τον όγκο του τσιμέντου, από τον όγκο του νερού μίξεως και από τον όγκο των πόρων του αέρος. Οι πόροι του αέρος μπορεί να οφείλονται στη συμπίκνωση ή να είναι τεχνητοί (με πρόσθετα).

Ο όγκος του σκυροδέματος δίνεται με την εξίσωση:

$$V=V_k+V_m$$

με V_k = όγκος των αδρανών και $V_m = V_z+V_w+V_a = 1000-V_k$ = όγκος Τσιμεντοπολτού,

V_z = όγκος τσιμέντου, V_a = όγκος πόρων αέρος, V_w = όγκος νερού μίξεως.

Το είδος του τσιμέντου επηρεάζει το πορώδες του τσιμεντολιθώματος, ανάλογα με τη χημική σύνθεσή του και ανάλογα με τη λεπτότητα του κόκκου.

14.2.4 Αναλογίες μίξεως σκυροδέματος

Οι αναλογίες μίξεως του σκυροδέματος πρέπει να υπολογίζονται πάντα σε μέρη βάρους, όπου λαμβάνεται υπόψη και η υγρασία των αδρανών. Σε περίπτωση που οι αναλογίες μίξεως γίνουν σε μέρη όγκου, τότε πρέπει να γνωρίζουμε ότι οι διακυμάνσεις στις αναλογίες μπορούν να φθάσουν έως και 40%, γιατί η υγρασία των αδρανών επηρεάζει σημαντικά το χαλαρό φαινόμενο βάρος τους. Οι αναλογίες μίξεως (AM) δίνονται με τις σχέσεις:

AM=Z:K:W= τσιμέντο: αδρανή: νερό ή

AM= l:k:w κατά βάρος

$$\text{οπou } k = \frac{K}{Z} = \frac{\text{αδρανή}}{\text{τσιμέντο}} \quad \text{και } w = \frac{W}{Z} = \frac{\text{νερό}}{\text{τσιμέντο}}$$

Π.χ. l:k:w= 1:6:0,5

Ο τσιμεντοπολτός που απαιτείται για την παρασκευή ενός σκυροδέματος, καθορίζεται από τον όγκο των κενών του μίγματος των αδρανών και από την ποσότητα του τσιμεντοπολτού μεταξύ των κόκκων, η οποία απαιτείται για την επιθυμητή εργασιμότητα του σκυροδέματος. Έτσι, ο απαιτούμενος τσιμεντοπολτός είναι τόσο μεγαλύτερος όσο μικρότερος είναι ο λόγος w.

Η ποσότητα του τσιμέντου ανά m^3 σκυροδέματος πρέπει να είναι τουλάχιστον:

- α) $100\text{kg}/m^3$ για άοπλο σκυρόδεμα,
- β) $280\text{kg}/m^3$ για οπλισμένο και κατηγορία τσιμέντου 35,
- γ) $240\text{kg}/m^3$ για οπλισμένο και κατηγορίες τσιμέντου 45-55.

Γενικά, η αύξηση της ποσότητας του τσιμέντου ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος επιφέρει βελτίωση της εργασιμότητας και προστατεύει τον οπλισμό από τη διάβρωση. Για τον λόγο ακριβώς της προστασίας του οπλισμού από τη διάβρωση, θεσπίστηκαν ελάχιστα όρια της περιεκτικότητας του σκυροδέματος σε τσιμέντο.

14.2.5 Νερό μίξεως

Το νερό μίξεως αποτελείται από το νερό που προστίθεται κατά την ανάμιξη του σκυροδέματος και από την υγρασία των αδρανών. Η ποσότητα του νερού μίξεως εξαρτάται από την απαιτούμενη συνεκτικότητα και την εργασιμότητα του σκυροδέματος και κυμαίνεται, συνήθως, από $w=0,4$ έως $0,75$.

Το νερό μίξεως είναι καθοριστικό για την αντοχή και την υδατοπερατότητα του σκυροδέματος, επηρεάζει επίσης την προστασία της διάβρωσης του σιδηρού οπλισμού, γι' αυτό και οι κανονισμοί περιορίζουν τον λόγο w σε ορισμένα όρια.

14.2.6 Πρόσθετα σκυροδέματος

Τα πρόσθετα είναι ουσίες σε υγρή ή στερεά κατάσταση και χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν κατά περίπτωση ορισμένες ιδιότητες, τόσο του νωπού, όσο και του σκληρυμένου σκυροδέματος. Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1% του βάρους του τσιμέντου και πρέπει να μη βλάπτουν την προστασία του σιδηρού οπλισμού από τη διάβρωση. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα σε σιδηροπαγές σκυρόδεμα που περιέχουν υδατοδιαλυτό Cl (όπως π.χ. το $CaCl_2$), το οποίο προκαλεί διάβρωση του σιδηρού οπλισμού.

Τα πρόσθετα επηρεάζουν τις ιδιότητες του σκυροδέματος κατά χημικό, φυσικό ή φυσικοχημικό τρόπο. Ο τρόπος επενεργείας των προσθέτων είναι γενικά διαφορετικός για κάθε περίπτωση. Μεταξύ των προσθέτων διακρίνουμε δύο κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζουν υδρόφοβο (π.χ. αερακτικά) ή υδρόφιλο χαρακτήρα (π.χ. πλαστικοποιά πρόσθετα). Πριν από τη χρήση οποιουδήποτε προσθέτου, πρέπει να γίνεται εργαστηριακός έλεγχος καταλληλότητας.

Τα κυριότερα πρόσθετα περιγράφονται παρακάτω.

A. Πλαστικοποιά πρόσθετα

Τα πλαστικοποιά πρόσθετα ελαττώνουν την επιφανειακή τάση του νερού και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερη διάβρεξη των κόκκων, η οποία έχει ως συνέπεια τη βελτίωση της πλαστικότητας του σκυροδέματος (καλύτερη εργασιμότητα) και τη μείωση του νερού μίξεως. Η μείωση του νερού μίξεως βελτιώνει το πορώδες και την αντοχή του σκυροδέματος.

B. Αερακτικά πρόσθετα

Τα αερακτικά σχηματίζουν στο σκυρόδεμα μικροφουσαλλίδες διαμέτρου περίπου 0,2mm, με απόσταση μεταξύ τους 0,25mm περίπου. Οι μικροφουσαλλίδες διακόπτουν την τριχοειδή ενέργεια των τριχοειδών πόρων και επιφέρουν κυρίως προστασία έναντι του παγετού και της δράσης διαφόρων διαλυμάτων αλάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στους δρόμους λόγω του παγετού.

Γ. Στεγανωτικά μάζας

Τα πρόσθετα του είδους αυτού, έχουν ως κύριο σκοπό να μην επιτρέψουν τη διείσδυση του νερού μέσα στη μάζα του σκληρυμένου σκυροδέματος. Ο τρόπος επενεργείας μπορεί να είναι ο υδρόφοβος χαρακτήρας τους, η διακοπή των τριχοειδών πόρων, ή η μείωση της διαμέτρου των τριχοειδών πόρων. Τα στεγανωτικά μάζης μειώνουν επίσης και την απαιτούμενη ποσότητα του νερού μίξεως σε μια δεδομένη σύνθεση σκυροδέματος.

Κατά της χρήσεως των προσθέτων μάζης, επικρατεί η άποψη, ότι τα πρόσθετα αυτά δεν εξασφαλίζουν πάντοτε τον επιδιωκόμενο σκοπό, επειδή έχουν καλή αποτελεσματικότητα μόνο σε περίπτωση ευνοϊκής σύνθεσης του σκυροδέματος και επιπλέον η διάρκεια δράσεως δεν είναι απόλυτα εξασφαλισμένη. Άλλωστε η τεχνολογία του σκυροδέματος μας επιτρέπει σήμερα, να παρασκευάσουμε ένα τελείως πυκνό σκυρόδεμα και χωρίς πρόσθετα.

Δ. Επιβραδυντικά πρόσθετα

Η δράση των προσθέτων επιβραδύνσεως οφείλεται στο γεγονός, ότι τα υλικά αυτά σχηματίζουν ένα φιλμ επάνω στην επιφάνεια του κόκκου του τσιμέντου και έτσι επιφέρουν επιβράδυνση στην πήξη. Η επιβράδυνση αυτή βοηθάει, γιατί το νωπό σκυρόδεμα μπορεί να συμπυκνωθεί και μετά από πολλές ώρες, έτσι ώστε σε πολλά έργα να μη χρειάζονται αρμοί διακοπής (π.χ. στα υδραυλικά έργα).

Ε. Επιταχυντικά πρόσθετα

Τα πρόσθετα που επιταχύνουν την πήξη χρησιμοποιούνται συνήθως σε εποχές που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες ή στην κατασκευή προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων.

Ο τρόπος της δράσης τους είναι συνήθως η ταπείνωση του σημείου πήξεως του νερού και η επιτάχυνση του μηχανισμού της σκλήρυνσης του τσιμεντοπολτού.

Το πιο διαδεδομένο πρόσθετο του είδους αυτού ήταν το CaCl_2 , το οποίο σήμερα απαγορεύεται να χρησιμοποιείται στο σιδηροπαγές σκυρόδεμα, λόγω της διάβρωσης που επιφέρει στο σιδηρού οπλισμό.

14.2.7 Λεπτά υλικά προστιθέμενα στο σκυρόδεμα

Τα λεπτά υλικά που προστίθενται στο σκυρόδεμα, είναι κυρίως ανόργανα και σε μορφή αλεύρου. Τα λεπτά υλικά προστιθέμενα υπό ορισμένες αναλογίες, βελτιώνουν κατά περίπτωση τις ιδιότητες του νωπού και του σκληρυμένου σκυροδέματος. Λόγω της μεγάλης ποσότητας των λεπτών υλικών, σε αντίθεση με τα πρόσθετα υλικά που φθάνουν μέχρι 1 % κατά βάρος, πρέπει αυτά να λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό του μείγματος του σκυροδέματος.

Τα κυριότερα λεπτά υλικά που προστίθενται στο σκυρόδεμα, δίνονται στον *πίνακα 14.1*.

Πίνακας 14.1 Λεπτά υλικά προστιθέμενα στο σκυρόδεμα.

Ανόργανα	Οργανικά
1. Πουζολάνες	1. Συνθετικά
2. Υδράσβεστος	2. Καουτσούκ
3. Ιπτάμενη Τέφρα	3. Ασφαλτικά υλικά
4. Άλεуро πετρωμάτων (π.χ. άλεуро ασβεστόλιθου, πυριτικής άμμου κ.λπ.)	
5. Μπεντονίτης	
6. Χρώματα τσιμέντου	

Τα ανόργανα λεπτά υλικά βελτιώνουν κυρίως την εργασιμότητα, την αντοχή και την πυκνότητα του σκυροδέματος.

Οι πουζολάνες, φυσικές ή τεχνητές, συνυπολογίζονται στο βάρος του τσιμέντου και βελτιώνουν τις ακόλουθες ιδιότητες:

- α. Την εργασιμότητα
- β. Τη στεγανότητα
- γ. Την αντίσταση σε διάφορες χημικές ενώσεις
- δ. Εμποδίζουν τον σχηματισμό εξανθημάτων, επειδή δεσμεύουν το Ca(OH)_2 .

Ο μπεντονίτης βελτιώνει την ικανότητα μεταφοράς των υγρών σκυροδεμάτων.

Κατά τη χρήση χρωμάτων, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ότι τα χρώματα τσιμέντου με τη μεγάλη ειδική επιφάνεια (μπορεί να φθάσει τα $700\text{m}^2/\text{g}$) επηρεάζουν την ενυδάτωση

του τσιμέντου, επειδή δεσμεύουν μεγάλο ποσοστό από το νερό μίξεως.

Τα οργανικά λεπτά υλικά χρησιμοποιούνται για πυκνά και κυρίως για ελαστικά σκυροδέματα.

14.2.8 Μίξη του σκυροδέματος

Η μίξη του σκυροδέματος γίνεται σε αναμικτήρες και αποσκοπεί στην ανάμιξη των υλικών του σκυροδέματος μεταξύ τους, ώστε να επέλθει μια ομοιόμορφη κατανομή. Η ποιότητα της μίξεως επηρεάζει σημαντικά το απαιτούμενο νερό μίξεως, την ενυδάτωση του τσιμέντου, την αντοχή και τη στεγανότητα του σκυροδέματος.

Οι αναμικτήρες πτώσεως είναι κατάλληλοι για ύφυγρα και πολύ πλούσια σε τσιμέντο σκυροδέματα, ενώ οι αναμικτήρες βίαιης αναμίξεως είναι κατάλληλοι κυρίως για σκυροδέματα υψηλής αντοχής.

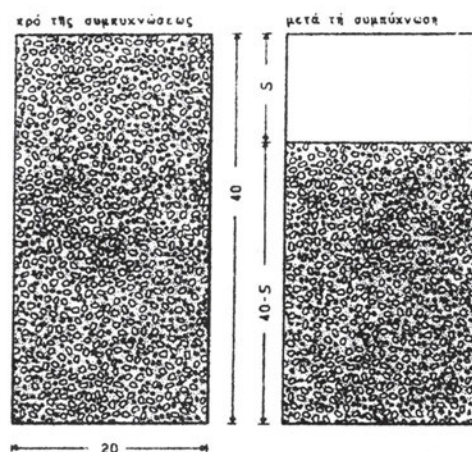
Η διάρκεια μίξεως ανέρχεται στα 30 δευτερόλεπτα κατ'ελάχιστο και συνήθως στο 1-1,5 λεπτό. Σε μικτήρες ελευθέρως πτώσεως η διάρκεια φθάνει τα 1,5-2 λεπτά, όταν το σκυροδέμα είναι πλούσιο σε τσιμέντο. Διάρκεια μίξεως πέρα των 2 λεπτών δεν δίνει γενικά καλύτερη ανάμιξη και υψηλότερη αντοχή, εκτός από τα ύφυγρα μίγματα, που περιέχουν σε μεγάλο βαθμό λεπτά υλικά.

Η ποσότητα του νερού μίξεως που προστίθεται κατά την παρασκευή του σκυροδέματος, φθάνει το 3% της συνολικής ποσότητάς του.

14.2.9 Συμπύκνωση του σκυροδέματος

Το σκυροδέμα μετά τη διάστρωση (ή εντύπιση) πρέπει να συμπυκνωθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να απομακρυνθεί ο παγιδευμένος αέρας που κλείστηκε στη μάζα του σκυροδέματος κατά την ανάμιξη. Ο αέρας που παραμένει στο σκυροδέμα μετά τη συμπύκνωση, σχηματίζει τους πόρους αέρος του σκυροδέματος και, ανάλογα με τον όγκο του, επηρεάζει σημαντικά την αντοχή. Κατά τη συμπύκνωση, προσπαθούμε πάντοτε να επιτύχουμε πλήρη συμπύκνωση, η οποία στην πράξη παρουσιάζει ένα υπόλοιπο πόρων αέρος, της τάξεως του 1-2%. Το απαιτούμενο έργο συμπυκνώσεως εξαρτάται από τη συνεκτικότητα του σκυροδέματος.

Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη συμπύκνωση του σκυροδέματος, είναι οι ακόλουθες.



Σχήμα 14.2 Ελάττωση όγκου μετά τη συμπίκνωση.

α) Συμπύκνωση με κόπανο.

Η συμπύκνωση με κόπανο γίνεται χειρωνακτικά ή μηχανικά. Το πάχος κάθε στρώσεως φθάνει το πολύ τα 15cm. Η μέθοδος με κόπανο χρησιμοποιείται για ύφυγρα σκυροδέματα.

β) Αναμόχλευση με σιδερένια ραβδιά ή ξύλινες πήχες.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε σκυρόδεμα υγρό έως και πλαστικό με αβέβαια αποτελέσματα.

γ) Συμπύκνωση με δονητές.

Με τη δόνηση επιτυγχάνεται η μείωση των στατικών δυνάμεων μεταξύ των κόκκων και το σκυρόδεμα συμπεριφέρεται σαν ένα υγρό, όπου τα πιο βαριά συστατικά καταβυθίζονται στη μάζα του και λαμβάνουν μια πιο πυκνή θέση μεταξύ τους. Το φαινόμενο αυτό, οδηγεί εύκολα στην απόμειξη του σκυροδέματος, δηλαδή διαχωρισμό των συστατικών του σκυροδέματος, ιδίως σε υγρά σκυροδέματα. Κατά τη συμπύκνωση με δονητές, δεν πρέπει να εμφανίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος ρευστός τσιμεντοπολτός, γιατί αυτό δείχνει απόμειξη.

Οι δονητές διακρίνονται σε εσωτερικούς, εξωτερικούς και σε δονητικές τράπεζες. Ο εσωτερικός δονητής βυθίζεται στη μάζα του σκυροδέματος σε αποστάσεις από 0,5-1,0m και για χρόνο από 5-30 δευτερόλεπτα, ανάλογα με το πάχος της στρώσεως του σκυροδέματος. Το πάχος των στρώσεων φθάνει συνήθως μέχρι 50cm, γιατί σε μεγαλύτερο πάχος δεν απομακρύνεται εύκολα ο παγιδευμένος αέρας.

Η ανύψωση του δονητή πρέπει να γίνεται με ταχύτητα 8cm/sec περίπου και κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η οπή που αφήνει, να κλείνει χωρίς να παγιδεύεται αέρας. Για την καλή συνάφεια μεταξύ των στρώσεων, ο δονητής πρέπει να εισχωρεί 10-20cm μέσα στη μάζα της προηγούμενης στρώσης.

Οι εξωτερικοί δονητές και οι δονητικές τράπεζες χρησιμοποιούνται συνήθως στη συμπύκνωση προκατασκευασμένων δομικών στοιχείων.

14.2.10 Ιδιότητες του νωπού σκυροδέματος

Εξίδρωση

Εξίδρωση ονομάζουμε το φαινόμενο του διαχωρισμού του νερού από τα στερεά συστατικά του σκυροδέματος, που παρουσιάζεται στην περίοδο πριν από την πήξη.

Τα στέρεα συστατικά καθιζάνουν λόγω της βαρύτητας, ενώ το νερό, λόγω των τριχοειδών δυνάμεων, έχει την τάση να κινηθεί προς τα επάνω. Έτσι εμφανίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος λεπτό στρώμα νερού που μοιάζει με εξίδρωση. Το νερό αυτό τελικά εξατμίζεται.

Η εξίδρωση, επομένως, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού όγκου του μείγματος και την απομάκρυνση μέρους του νερού.

Η ελάττωση του νερού είναι, βέβαια, επιθυμητή, γιατί έχει ευνοϊκό αποτέλεσμα στην αντοχή, αλλά το φαινόμενο του διαχωρισμού είναι επιβλαβές και ανεπιθύμητο γενικά, λόγω της ανομοιογένειας που δημιουργεί μέσα στη μάζα του σκυροδέματος και ειδικότερα για τα ακόλουθα δυσμενή φαινόμενα:

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

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

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

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

Το φαινόμενο της εξιδρώσεως επιτείνεται με την αύξηση του νερού αναμείξεως, καθώς και με την έλλειψη λεπτόκοκκων υλικών της άμμου και του τσιμέντου, γιατί με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η κίνηση του νερού προς τα επάνω.

Κάθε είδος τσιμέντου έχει διαφορετική ικανότητα συγκρατήσεως νερού. Ρόλο παίζει κυρίως η λεπτότητα του τσιμέντου και οι προσμίξεις.

Οι δυσμενείς επιδράσεις της εξιδρώσεως αίρονται τελείως, αν στην αρχή της πήξεως αποκατασταθεί, με αναμόχλευση και αναδόνηση της μάζας, η ομοιογένεια του υλικού. Στην περίπτωση αυτή μάλιστα η ποιότητα του σκυροδέματος βελτιώνεται λόγω της μείωσης του νερού που έχει ήδη γίνει και λόγω μη εμφανίσεως πλέον περαιτέρω εξιδρώσεως. Προσοχή όμως απαιτεί η εκλογή της κατάλληλης στιγμής για την αναμόχλευση, γιατί πέρα από κάποιο χρονικό όριο μπορεί να καταστραφεί με την αναμόχλευση η κρυσταλλική δομή της κονιάς.

Απόμιξη

Τα στερεά συστατικά, όχι μόνο σαν σύνολο διαχωρίζονται από το νερό, αλλά και μεταξύ τους χωρίζονται, κατά την κίνηση προς τα κάτω, ανάλογα με το βάρος τους. Τα βαρύτερα κινούνται προς τα χαμηλότερα στρώματα και έτσι τελικά τακτοποιούνται σε στρώσεις ανάλογα με το βάρος τους. Τα φαινόμενο αυτό λέγεται **απόμιξη** του σκυροδέματος.

Αν οι κόκκοι είναι από το ίδιο πέτρωμα και επομένως έχουν το ίδιο ειδικό βάρος, ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων.

Το φαινόμενο της απομίξεως είναι από τα πιο καταστρεπτικά για την αντοχή και γενικά για την ποιότητα του σκυροδέματος, γιατί, όπως είναι φανερό, μεταβάλλει τις αναλογίες μίξεως κατά τρόπο ανομοιόμορφο και απρόβλεπτο.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται περιοχές με μειωμένη αντοχή, καθώς επίσης και μειωμένη πρόσφυση μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος από την έλλειψη κονιάματος.

Εργάσιμο

Με τον όρο «εργάσιμο» ή «εργασιμότητα» χαρακτηρίζουμε γενικά την ευκολία με την οποία μπορούμε να μεταφέρουμε, διαστρώσουμε και συμπυκνώσουμε το σκυρόδεμα.

Ο ορισμός όμως αυτός δεν είναι απόλυτα ακριβής, γιατί η ευκολία αυτή κατεργασίας του νωπού σκυροδέματος συνδέεται και με τα μέσα που διαθέτουμε.

Το εργάσιμο θα πρέπει να το φανταστούμε ανεξάρτητα από τις εξωτερικές αυτές συνθήκες. Γι' αυτό σωστότερο είναι να το ορίσουμε ως το έργο που απαιτείται για την υπερνίκηση των εσωτερικών τριβών έως ότου πετύχουμε πλήρη συμπίκνωση.

Το εργάσιμο είναι μια πολύ χρήσιμη για την πράξη έννοια, γιατί αποδίδει ακριβώς αυτό που ενδιαφέρει τον κατασκευαστή κατά τον χρόνο της σκυροδετήσεως, είναι όμως ιδιότητα σύνθετη που συνδέεται με άλλες ρεολογικές ιδιότητες και που δύσκολα μπορεί να αποδοθεί ποσοτικά.

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

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

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

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

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

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

Το εργάσιμο αυξάνεται γενικά όσο αυξάνεται το νερό αναμίξεως, δηλαδή η ρευστότητα του μίγματος. Η ρευστότητα εξαρτάται περισσότερο από την ποσότητα του νερού αναμίξεως και πολύ λιγότερο από τον λόγο νερού προς τσιμέντο.

Για την ίδια ρευστότητα το απαιτούμενο νερό ελαττώνεται γενικά όσο ελαττώνεται η ειδική επιφάνεια των αδρανών. Έτσι ελαττώνεται όσο αυξάνεται ο μέγιστος κόκκος και η καμπύλη κοκκομετρικής συνθέσεως των αδρανών κατεβαίνει (αυξάνεται δηλαδή το χοντρόκοκκο υλικό). Από τη άλλη πλευρά όμως η αύξηση του μέγιστου κόκκου και των χοντρόκοκκων αδρανών συντελεί στη μείωση της πλαστικότητας και της συνοχής με κίνδυνο την απόμιξη.

Με την προϋπόθεση ότι το σκυρόδεμα θα συμπυκνωθεί τελείως, το εργάσιμο δεν έχει επίδραση στην τελική αντοχή του σκυροδέματος.

Η μέτρηση του εργάσιμου δεν μπορεί να γίνει απευθείας. Γι' αυτό έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι με τις οποίες μετρούμε, όπως θα δούμε, μία ή περισσότερες από τις άλλες ιδιότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Με τις μετρήσεις αυτές αποκτούμε μια άμεση και κατά προσέγγιση εικόνα του βαθμού εργασιμότητας του σκυροδέματος. Οι κυριότερες από τις μεθόδους αυτές, που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, είναι σε συντομία οι ακόλουθες:

α) Κάθιση

Μεταλικός κόλουρος κώνος ανοιχτός επάνω και κάτω (διάμετρος κάτω βάσεως 8 ίντσες, διάμετρος άνω βάσεως 4 ίντσες και ύψος 12 ίντσες) γεμίζεται με σκυρόδεμα και συμπυκνώνεται με καθορισμένο τρόπο. Μετά την πλήρωση αφαιρείται ο κώνος κατακόρυφα, οπότε το σκυρόδεμα παραμορφώνεται και κάθετα. Η κάθιση πρέπει να γίνει χωρίς διατμητική θραύση του υλικού. Μετρούμε τη διαφορά του ύψους του υλικού μετά την πτώση από το αρχικό ύψος.

β) Μέτρο εξαπλώσεως

Μεταλλικός τύπος που έχει τη μορφή της παράπλευρης επιφάνειας κόλουρου κώνου γεμίζεται με το σκυρόδεμα και συμπυκνώνεται με καθορισμένο τρόπο. Ο τύπος με το σκυρόδεμα είναι τοποθετημένος επάνω σε βάση (τράπεζα εξαπλώσεως) που έχει τη δυνατότητα να ανυψώνεται και να πέφτει ελεύθερα σε τρόπο και να μεταδίδει τις κρούσεις στη μάζα του σκυροδέματος. Μετά την αφαίρεση του κώνου (όπως και στη μέτρηση της καθίσεως) η βάση αναγκάζεται να πραγματοποιήσει ορισμένο αριθμό κρούσεων, έτσι ώστε το σκυρόδεμα να απλωθεί πέρα από την αρχική κάθιση.

Η μέση διάμετρος της μάζας του σκυροδέματος, όπως έχει διαμορφωθεί ονομάζεται **μέτρο εξαπλώσεως**.

γ) Μέτρο συμπυκνώσεως

Το σκυρόδεμα εισάγεται χωρίς καμία συμπίκνωση σε μεταλλικό δοχείο, διαστάσεων 20x20cm και ύψος 40cm. Μόλις το δοχείο γεμίσει, δονείται ωστόσο συμπυκνωθεί τελείως.

Ο λόγος του αρχικού ύψους προς το τελικό 40/h, χαρακτηρίζεται ως **μέτρο συμπυκνώσεως**.

δ) Δοκιμή VEBE

Η συσκευή VEBE αποτελείται από έναν κώνο παρόμοιο με τον κώνο καθίσεως τοποθετημένο μέσα σε άλλο κυλινδρικό δοχείο διαμέτρου και μια τράπεζα δονήσεως. Μετά την αφαίρεση του κώνου το σκυρόδεμα κάθετα, αλλά συγχρόνως υποβάλλεται σε δόνηση και συμπυκνώνεται παίρνοντας την μορφή του εξωτερικού κυλινδρικού δοχείου.

Ο χρόνος από τη στιγμή της απομακρύνσεως του κώνου και της σύγχρονης ενάρξεως της δονήσεως έως την πλήρη επιτεδότητα της άνω επιφάνειας ονομάζεται **χρόνος VEBE**.

Η επιτεδότητα της άνω επιφάνειας διαπιστώνεται από διαφανή κυκλικό δίσκο που παρακολουθεί την παραμόρφωση του σκυροδέματος. Η επιτεδότητα έχει πραγματοποιηθεί, όταν το σκυρόδεμα καλύψει ολόκληρο τον κυκλικό δίσκο.

(Η συσκευή VEBE έχει υιοθετηθεί από τους Κανονισμούς πολλών χωρών)

Με βάση τις τιμές των χαρακτηριστικών αυτών μεγεθών, που τις μετρούμε με τις παραπάνω μεθόδους, χωρίζεται συμβατικά το σκυρόδεμα σε διάφορες κατηγορίες εργασίμου. Έτσι π.χ. οι Γερμανικοί κανονισμοί προβλέπουν τις κατηγορίες: ύφυγρο, πλαστικό, και ρευστό σκυρόδεμα.

Καθεμία από τις παραπάνω μεθόδους είναι κατάλληλη για διαφορετική περιοχή εργασίμου. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν δονητή είναι κατάλληλες για περισσότερο ύφυγρο σκυροδέματα, δηλαδή σκυροδέματα με μικρότερο εργασίμο.

Ο ακόλουθος συγκεντρωτικός πίνακας δίνει την αντιστοιχία των τιμών που προκύπτουν από διάφορες μεθόδους που έχουν προταθεί για τη μέτρηση του εργασίμου.

Ο Ελλ. Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος προδιαγράφει για τη μέτρηση του εργασίμου την κάθιση (Προδιαγραφή ΣΚ – 309), την εξάπλωση (ΣΚ – 318) και για ύφυγρα μίγματα τη μέθοδο VEBE (ΣΚ – 310).

Όσον αφορά τις απαιτήσεις εργασίμου, για τα οπλισμένα σκυροδέματα που συμπτυκνώνονται στο εργοτάξιο με συνήθη δονητικά μέσα, απαιτεί κάθιση τουλάχιστον 5cm για θραυστά αδρανή και τουλάχιστον 3cm για φυσικά αδρανή. Σκυροδέματα με μικρότερη κάθιση μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνον για προκατασκευασμένα στοιχεία.

Αν, τέλος, η εργασιμότητα δεν προδιαγράφεται από τον μελετητή ή τον επιβλέποντα, η μελέτη συνθέσεως θα γίνει με κάθιση 10 – 12cm.

Συνήθως όμως στην πράξη απαιτούνται εργασιμότητες της τάξεως των 14 – 15 cm κάθισης, πράγμα το οποίο μπορεί να επιτευχθεί, χωρίς μείωση της αντοχής, με την προσθήκη υπερρευστοποιητικών.

14.2.11 Αντοχή των πρώτων ωρών του νωπού σκυροδέματος

Η αντοχή των πρώτων ωρών του σκυροδέματος προέρχεται κυρίως από τη συνοχή, την εσωτερική τριβή και από τα ένυδρα του τσιμέντου που σχηματίζονται τις πρώτες ώρες μετά τη μίξη. Η αντοχή αυτή ανέρχεται, για ευνοϊκές συνθήκες του μείγματος του σκυροδέματος και $w=0,35-0,45$, σε 2 έως 3k_p/cm² και κατά μέγιστο σε 5k_p/cm². Η αντοχή των πρώτων ωρών είναι απαραίτητη, συνήθως στην προκατασκευή δομικών στοιχείων, για το γρήγορο ξεκαλούπωμα.

14.2.12 Δοκιμές νωπού σκυροδέματος

Εκτός από τις δοκιμές του τσιμέντου και των αδρανών, είναι επίσης απαραίτητες και οι δοκιμές του σκυροδέματος, τις οποίες κατατάσσουμε σε τρεις κατηγορίες.

- I. Δοκιμές καταλληλότητας
- II. Δοκιμές ελέγχου ποιότητας
- III. Δοκιμές σκληρύνσεως.

Στις δοκιμές καταλληλότητας ελέγχεται, εάν ένα σκυρόδεμα που σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε, από δεδομένα αδρανή και τσιμέντο, ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός συγκεκριμένου έργου.

Οι δοκιμές ελέγχου ποιότητας, γίνονται κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου σε δοκίμια από το ίδιο σκυρόδεμα, με προκαθορισμένη συντήρηση των δοκιμίων. Η αντοχή που βρίσκεται, δεν είναι η ίδια με εκείνη του σκυροδέματος του δομικού στοιχείου (από το σκυρόδεμα του οποίου έγιναν και τα δοκίμια ελέγχου), γιατί η σκλήρυνση του δομικού στοιχείου γίνεται υπό διαφορετικές συνθήκες.

Οι δοκιμές σκληρύνσεως δίνουν μια πραγματική εικόνα της αντοχής του σκυροδέματος του έργου, γιατί τα δοκίμια συντηρούνται ακριβώς όπως και το δομικό στοιχείο.

Οι κυριότερες δοκιμές του νωπού σκυροδέματος είναι οι ακόλουθες:

1. Προσδιορισμός συνεκτικότητας
2. Προσδιορισμός του όγκου των πόρων αέρος
3. Προσδιορισμός της σύνθεσης του σκυροδέματος
 - α) αναλογία μίξεως
 - β) περιεκτικότητα τσιμέντου
 - γ) υδατοτσιμεντοσυντελεστής

14.2.13 Σκληρυμένο σκυρόδεμα - Η αντοχή σε εξωτερικές δυνάμεις

Γενικά για την αντοχή

Μια από τις βασικές ιδιότητες του υλικού είναι η αντοχή του.

Αντοχή ονομάζουμε γενικά τη μέγιστη τιμή της δυνάμεως, που μπορεί να παραληφθεί και μεταβιβαστεί από ένα στοιχειώδες τμήμα του υλικού στο γειτονικό, χωρίς καταστροφή ή επικίνδυνη παραμόρφωσή του.

Επειδή η δύναμη αυτή μεταβάλλεται με το μέγεθος του στοιχειώδους τμήματος, διαιρούμε τη δύναμη με την επιφάνεια στην οποία εξασκείται η δύναμη. Το νέο μέγεθος αναφέρεται σε τάσεις που μετρούνται σε μονάδες δύναμης προς επιφάνειας.

Αλλά η αντοχή εξαρτάται τόσο από τη φύση και την ποιότητα του υλικού, όσο και από τη μορφή της εντατικής καταστάσεως (απλοποιητικά θα μπορούσαμε να πούμε τις δυνάμεις και τη διεύθυνση και το σημείο που ασκούνται). Διαφορετική εμφανίζεται η αντοχή σε κάποια συγκεκριμένη καταπόνηση από ένα στοιχείο σ' ένα άλλο και διαφορετική για το ίδιο στοιχείο, αν η καταπόνηση είναι αποτέλεσμα διαφορετικής εντατικής καταστάσεως.

Το σωστό στην προκειμένη περίπτωση είναι ότι η «αντοχή» δεν είναι σταθερή ιδιότητα του υλικού, αλλά αντοχή συγκεκριμένου υλικού σώματος σε συγκεκριμένη εξωτερική καταπόνηση.

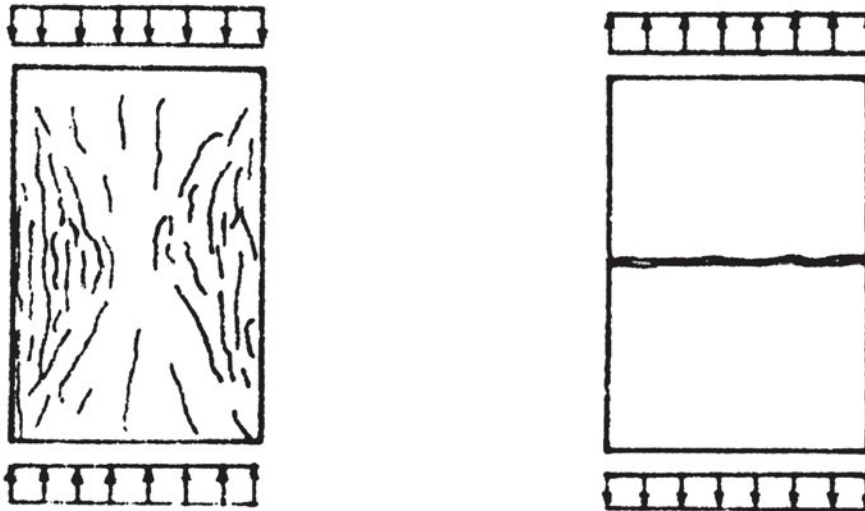
Για να γίνει το φαινόμενο καλύτερα κατανοητό, χρήσιμη είναι μια λεπτομερέστερη θεώρηση του μηχανισμού της αντοχής.

Η αντοχή του σκυροδέματος και ο μηχανισμός της θραύσεως

Έως τώρα, εξετάστηκε η αντοχή μόνο ως μηχανικό φαινόμενο ανεξάρτητα από τη φύση του υλικού. Εκτός απ' αυτό όμως, πρακτικοί, τεχνολογικοί παράγοντες επιδρούν, τόσο κατά την παρασκευή του σκυροδέματος, όσο και στη μέτρηση της αντοχής.

Οι παράγοντες αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- οι αναλογίες συνθέσεως, δηλαδή οι ποσότητες του τσιμέντου, του νερού και των αδρανών σε κάθε κυβικό μέτρο,
- η ποιότητα των υλικών, στην οποία περιλαμβάνονται όχι μόνον η ποιότητα των τριών συστατικών, αλλά και ο βαθμός αλέσεως του τσιμέντου, το σχήμα και η μορφή των αδρανών, η κοκκομετρική διαβάθμιση, η ποιότητα του πετρώματος των αδρανών,



Σχήμα 14.3 Θραύση σκυροδέματος σε θλίψη και εφελκυσμό.

- τα παρασιτικά υλικά που αθέλητα εισχωρούν είτε μαζί με τους κόκκους των αδρανών, είτε με το νερό,
- η συμπίκνωση του νωπού σκυροδέματος,
- η ηλικία του σκυροδέματος,
- ο τρόπος συντηρήσεως, δηλαδή οι θερμοκρασιακές και υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο γίνεται η πήξη και σκλήρυνση του σκυροδέματος,
- η μορφή του δοκιμίου, στην οποία πρέπει να περιλάβουμε το σχήμα, το μέγεθος, την εξωτερική υφή, την επιπεδότητα ή καμπυλότητα των παρειών και την ακρίβεια των γωνιών,

- τέλος, η μορφή της καταπόνησεως, δηλαδή ο τρόπος και η ταχύτητα φορτίσεως.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες δημιουργούν ένα μεγάλο πλήθος μικροδιαφορών μέσα στη μάζα του σκυροδέματος, οι οποίες προκαλούν διακύμανση των τιμών της αντοχής.

Έχει διαπιστωθεί ότι ασυνέχειες (μικρορρωγμές) υπάρχουν στη μάζα του υλικού ακόμα και πριν από κάθε καταπόνηση. Οι μικρορρωγμές αυτές δημιουργούνται κυρίως από τις συστολές της κονιάς κατά την πήξη, από τις συστολές που οφείλονται στην εξάτμιση του νερού και ενδεχομένως από κακή πρόσφυση μεταξύ κονιάματος και αδρανών. Οι ρωγμές αυτές παραμένουν περίπου σταθερές, εφόσον το φορτίο είναι το πολύ ίσο προς το 1/3 περίπου του φορτίου θραύσεως. Από την τιμή αυτή περίπου οι ρωγμές αρχίζουν να επεκτείνονται και πολλαπλασιάζονται γρήγορα ωστόσο το φορτίο φτάσει τα 2/3 περίπου του φορτίου θραύσεως. Κατά το στάδιο αυτό οι ρωγμές αποτελούν συνεχές πλέγμα και μεταξύ κονιάματος και αδρανών και μέσα στο κονίαμα. Με αύξηση του φορτίου πέρα από την τιμή αυτή το πλέγμα των ρωγμών επεκτείνεται πάρα πολύ γρήγορα έως την κατάρρευση του υλικού.

Από την περιγραφή αυτή του μηχανισμού της θραύσεως προκύπτει ότι στην από κατασκευής ανομοιογένεια του υλικού (σκύρα, κονίαμα) πρέπει να συμπεριληφθούν και οι μικρορρωγμές που υπάρχουν απαρχής στο υλικό. Οι ρωγμές αυτές είναι διασκορπισμένες προς κάθε κατεύθυνση μέσα στη μάζα του υλικού, σε τρόπο ώστε να μη δημιουργείται μακροσκοπικώς ετερογενής συμπεριφορά. Όταν όμως επιβληθεί εξωτερικό, π.χ. θλιπτικό, φορτίο, οι εσωτερικές δυνάμεις μέσα στη μάζα δεν κατανέμονται ομοιόμορφα, αλλά δημιουργούνται σημεία τοπικής συγκεντρώσεως τάσεων, καθώς και περιοχές εφελκυσμού. Τα σημεία αυτά αποτελούν τα σημεία από τα οποία αρχίζει η καταστροφή του υλικού.

Η αντοχή στις διάφορες μορφές καταπόνησεων.

- Στατική καταπόνηση σε θλίψη και εφελκυσμό

Οι θλιπτικές αντοχές που κατορθώνουμε να πετύχουμε βρίσκονται συνήθως ανάμεσα στα όρια 50kg/cm² και 600kg/cm² περίπου. Για ειδικούς όμως σκοπούς, όπως στην κατασκευή κώνων αγκυρώσεως, κατασκευάζονται σκυροδέματα με ακόμη μεγαλύτερες αντοχές.

Η εφελκυστική αντοχή κυμαίνεται στο 1/10 έως 1/15 της θλιπτικής αντοχής. Δεν έχει βρεθεί άμεση αντιστοιχία ανάμεσα στη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή.

Από τα πειραματικά στοιχεία που έχουμε, προκύπτει ότι με την αύξηση της θλιπτικής αντοχής αυξάνεται και η εφελκυστική αντοχή, ο λόγος όμως εφελκυστικής προς θλιπτική αντοχή μειώνεται, δηλαδή η αύξηση της εφελκυστικής αντοχής δεν είναι ανάλογη με την αύξηση της θλιπτικής.

Τέλος, η εφελκυστική αντοχή είναι πιο ευαίσθητη στη συντήρηση. Το τελευταίο μπορεί να εξηγηθεί από την άμεση εξάρτηση του εφελκυσμού από την έκταση των μικρορρηγματώσεων μέσα τη μάζα του σκυροδέματος.

Ο ελληνικός κανονισμός δίνει για την τιμή της εφελκυστικής αντοχής από τη θλιπτική το ακόλουθο πίνακίδιο:

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$f_{ctk, 0,05}$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
f_{ctm}	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0
$f_{ctk, 0,95}$	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2

Όπου f σημαίνει αντοχή και οι δείκτες c σκυρόδεμα, t εφελκυσμό, m τη μέση τιμή και την καμπτική αντοχή και k τη χαρακτηριστική αντοχή υπολογισμένη όπως προβλέπει ο κανονισμός.

Η αντοχή σε καμπτικό εφελκυσμό είναι περίπου διπλάσια. Αυτό συμβαίνει και λόγω του μικρότερου κρίσιμου όγκου και λόγω της βαθμιαίας πλαστικοποίησης του υλικού.

- *Πολυαξονική καταπόνηση*

Η συμπεριφορά του σκυροδέματος σε πολυαξονική καταπόνηση, ιδίως θλιπτική, είναι γενικά παρόμοια με τη συμπεριφορά των άλλων υλικών. Σε περίπτωση σύγχρονης παρουσίας εγκάρσιων θλιπτικών τάσεων, η θλιπτική αντοχή εμφανίζεται αυξημένη. Η παρουσία εγκάρσιας εφελκυστικής τάσεως μειώνει γρήγορα την αντοχή σε θλίψη κατά την άλλη διεύθυνση.

- *Επαναλαμβανόμενη καταπόνηση*

Επαναλαμβανόμενη καταπόνηση με το ίδιο φορτίο ή μεταβολή της δύναμης μεταξύ δύο ορίων F_{min} και F_{max} μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση του υλικού, έστω και αν η μέγιστη δύναμη F_{max} (και κυρίως η αντίστοιχη τάση) δεν υπερβαίνει τη στατική αντοχή του υλικού. Το φαινόμενο αυτό, όπως είναι γνωστό, ονομάζεται κόπωση του υλικού.

Για να συμβεί όμως η αστοχία, πρέπει η τάση σ_{max} να υπερβαίνει κάποιο όριο, που ονομάζεται όριο κοπώσεως. Στην προκειμένη περίπτωση αναφερόμαστε σε θλιπτικές μόνο καταπονήσεις. Το όριο αυτό στο σκυρόδεμα βρίσκεται στα 0,65-0,70 περίπου της στατικής αντοχής σε θλίψη.

Αντίθετα, όταν η μέγιστη τάση δεν υπερβεί το όριο αυτό, έχει παρατηρηθεί, ύστερα από ένα αριθμό επαναλήψεων, βελτίωση του σκυροδέματος, αύξηση δηλαδή της στατικής αντοχής (και της αντοχής σε κόπωση) έως 10% περίπου.

Διακοπή της καταπόνησεως για λίγα λεπτά έχει ως αποτέλεσμα να ανακτήσει το σκυρόδεμα μέρος της αντοχής του.

Η καταστροφή του σκυροδέματος κατά την επαναλαμβανόμενη καταπόνηση αποδίδεται σε βαθμιαία κατάλυση της συνάφειας κονιάματος και σκυροδέματος. Η απορροφούμενη ενέργεια εκδηλώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού.

Η κόπωση, πάντως, του σκυροδέματος είναι φαινόμενο που δεν αντιμετωπίζεται στις συνηθισμένες κατασκευές, εφόσον το όριο κοπώσεως είναι μεγαλύτερο από 0,65 της στατικής αντοχής, ενώ οι τάσεις που επιτρέπουμε ανέρχονται σε 0,33-0,57 της στατικής αντοχής.

14.2.14 Η ανάπτυξη της αντοχής με τον χρόνο

Η αντοχή είναι αποτέλεσμα της ενυδατώσεως του τσιμέντου και γι' αυτό η εξέλιξη της ακολουθεί τον ίδιο εκθετικό νόμο που ακολουθεί η χημική αντίδραση. Η ανάπτυξη της αντοχής όμως είναι διαφορετική για καθένα από τα βασικά συστατικά του τσιμέντου και γι' αυτό και η χρονική εξέλιξη της αντοχής, ιδιαίτερα στις μικρές ηλικίες, εξαρτάται από τη σύνθεση του τσιμέντου. Άλλοι παράγοντες είναι ο βαθμός αλέσεως του τσιμέντου δηλαδή το μέγεθος των κόκκων του καθώς και οι θερμοκρασιακές και υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος.

Για όλους αυτούς τους λόγους, η ακριβής ποσοτική εκτίμηση της εξελίξεως της αντοχής μόνο με δοκιμές με τον ίδιο τύπο τσιμέντου, τα ίδια υλικά και τις ίδιες συνθήκες συντηρήσεως μπορεί να γίνει.

Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό να γίνει, οι Κανονισμοί προβλέπουν ορισμένους συντελεστές που δίνουν ένδειξη του μεγέθους της αντοχής, για συνηθισμένες μέσες συνθήκες συντηρήσεως.

Ο Γερμανικός Κανονισμός DIN1045, έκδοση 1972, δίνει τις τιμές του πίνακα 14.3 και οι Κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Σκυροδέματος (C.E.B.) τις τιμές του πίνακα 14.4.

Κατηγορία Τσιμέντου	αντοχή 28 ημερών / αντοχή 7 ημερών
250	1.4
350L	1.3
350F και 450L	1.2
450F και 550	1.1

Πίνακας 14.3 Μεταβολή αντοχής για 7 & 28 ημέρες κατά DIN 1045-1972.

Ηλικία σκυροδέματος (ημέρες)	3	7	28	90	360
Τσιμέντο κανονικό	0.40	0.65	1.00	1.20	1.35
Τσιμέντο ταχύπηκτο	0.55	0.75	1.00	1.15	1.20
Εφελκυστική αντοχή/ Τσ. Κανον.	0.40	0.70	1.00	1.05	1.10

Πίνακας 14.4 Συντελεστής εξελίξεως αντοχής σκυροδέματος κατά CEB

14.2.15 Η μέτρηση της αντοχής

Επειδή η αντοχή εξαρτάται, όπως είδαμε, από το σχήμα και το μέγεθος του δοκιμίου επάνω στο οποίο μετρείται και επειδή επίσης επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων, είναι ανάγκη να καθορίσουμε κάποιον συμβατικό τρόπο μετρήσεως της, ώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους.

Για τους λόγους αυτούς καθορίζεται στους Κανονισμούς το σχήμα και οι διαστάσεις του δοκιμίου και περιγράφεται με κάθε λεπτομέρεια ο τρόπος παρασκευής, συντηρήσεως και μετρήσεως της αντοχής.

Αν για τον προσδιορισμό της αντοχής εφαρμοστεί διαφορετική μέθοδος ή χρησιμοποιηθούν δοκίμια διαφορετικού σχήματος ή μεγέθους από αυτά που καθορίζει ο Κανονισμός, το αποτέλεσμα της μετρήσεως πρέπει να αναχθεί στη «συμβατική αντοχή», δηλαδή στην αντοχή του δοκιμίου που καθορίζει ο Κανονισμός. Αν π.χ. χρησιμοποιηθούν δοκίμια πλευράς 40cm ή 10cm, η αντοχή των δοκιμίων αυτών πρέπει να μετατραπεί στην αντοχή που θα είχε το συμβατικό δοκίμιο πλευράς 20cm. Για να γίνει όμως η μετατροπή αυτή, έστω και αν τα αποτελέσματα προέρχονται από πειραματικά δεδομένα, εισάγεται ένα νέο στατιστικό σφάλμα, που κάνει την τιμή της αντοχής ακόμη περισσότερο αμφίβολη.

Τα φαινόμενα που εξαρτώνται από το μέγεθος και τη μορφή του δοκιμίου και τα οποία επιδρούν, με τη σειρά τους, στην αντοχή είναι συνοπτικά τα ακόλουθα:

- Η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια και η πρόοδος της ενυδατώσεως εξαρτώνται από την έκταση της επιφάνειας του δοκιμίου σε συσχέτισμό με τον όγκο του.
- Η επιφανειακή μικρορρηγμάτωση που οφείλεται στις διαφορετικές συστολές του δοκιμίου κατά την ξήρανση και την ενυδάτωσή του. Αν η μικρορρηγμάτωση αυτή θεωρηθεί περίπου σταθερή για κάθε μονάδα επιφάνειας, τότε είναι διαφορετική για κάθε μονάδα όγκου και είναι πολύ πιο έντονη η επίδρασή της στα μικρά δοκίμια.
- Η τριβή των πλακών θλίψεως κατά τη δοκιμή θραύσεως παρεμποδίζει την εγκάρσια διαστολή του δοκιμίου και επομένως επηρεάζει περισσότερο τα μικρά δοκίμια.
- Στατιστικοί λόγοι. Στα μεγαλύτερα δοκίμια υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθούν περιοχές μειωμένης αντοχής. Οι περιοχές αυτές παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην έναρξη της θραύσεως.

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

14.2.16 Εκτίμηση της αντοχής σκυροδέματος έργου

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

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

Στον Γερμανικό Κανονισμό (DIN1045, έκδοση 1972), “ονομαστική αντοχή” του σκυροδέματος ορίζεται η μικρότερη από τις αντοχές τριών δοκιμίων, ενώ ο μέσος όρος οφείλει να είναι μεγαλύτερος κατά 50kg/cm² από την τιμή αυτή.

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

Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος

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

α) Συμβολισμοί

f_{28} = Συμβατική αντοχή δοκιμίου σε θλίψη γενικά

f_{ck} = Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη

f_m = Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη

f_a = Απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη

X_n = Μέσος αριθμός συμβατικής αντοχής n δοκιμίων μιας δειγματοληψίας

X_i = Συμβατική αντοχή ενός δοκιμίου μιας δειγματοληψίας

S = Τυπική απόκλιση των συμβατικών αντοχών ενός αριθμού δοκιμίων

n = Αριθμός δοκιμίων

β) Ορισμοί

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- α) μετά από πλήρη ανάμιξη, με φορητά αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα – αναδευτήρες
- β) μετά από μερική ανάμιξη ή χωρίς να έχει γίνει εισαγωγή νερού, με αυτοκίνητα – αναμικτήρες.

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

γ) Δειγματοληψίες και έλεγχος συμμορφώσεως

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

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

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

Εργοστασιακό σκυρόδεμα

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

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

Κριτήριο Συμμορφώσεως Α:

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

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

Κριτήριο Συμμορφώσεως Β:

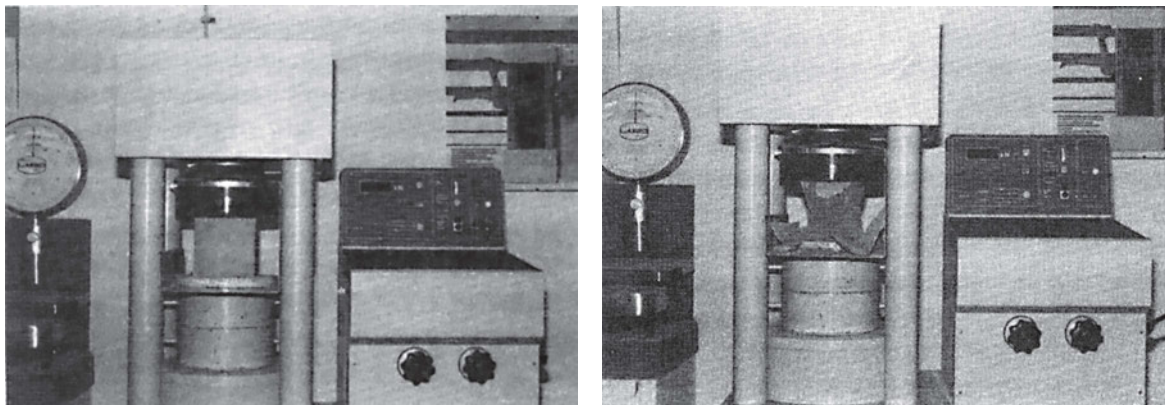
$$3^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_{12} \geq f_{ck} + 1,43s \quad (\text{MPa})$$

$$4^{\text{ος}} \text{ κανόνας } \bar{x}_2 \geq f_{ck} - 4 \quad (\text{MPa})$$

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

x_i : η αντοχή κάθε δοκιμίου

s : η τυπική απόκλιση της δειγματοληψίας



Φωτογραφία 14.1 Θραύση δοκιμίου σε πρέσα*.

Εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων

- Το σκυρόδεμα που διαστρώνεται σε μια μέρα αποτελεί μια «παρτίδα» και αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία 6 δοκιμίων.
- Αν η ποσότητα του σκυροδέματος που διαστρώνεται σε μια μέρα υπερβαίνει τα 150m³, τότε η δειγματοληψία περιλαμβάνει 12 δοκίμια.

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

Εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων

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

Κριτήριο Συμμορφώσεως Γ:

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

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

Κριτήριο Συμμορφώσεως Δ:

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

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

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

Επανελέγχοι σε σκληρυμένο σκυρόδεμα

A. Με δοκίμια πυρήνων (καρώτα)

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

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

B. Μη καταστρεπτικές δοκιμές

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

- α. Δοκιμή κρουσιμέτρου
- β. Ηχητικές δοκιμές
- γ. Μέθοδοι δι' ακτινοβολίας

14.2.17 ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

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

- Στα κοινά σκυροδέματα με ειδικό βάρος στην περιοχή $2,00-2,50\text{t/m}^3$.
- Στα ελαφρά σκυροδέματα με ειδικό βάρος $0,30-2,00\text{t/m}^3$.

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

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

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

Όσα έχουμε αναφέρει ως τώρα αφορούν, γενικά, μόνο τα κοινά σκυροδέματα. Πολλά όμως από αυτά ισχύουν με μικρές παραλλαγές και για τα δύο άλλα είδη σκυροδέματος.

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

14.2.17.1 ΕΛΑΦΡΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

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

Το πορώδες εξαρτάται από:

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

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

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

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

Από την άποψη της λειτουργίας διαχωρίζονται:

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

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

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

Τέλος, μια γενική παρατήρηση που πρέπει να κάνουμε είναι ότι, λόγω της μεγάλης ποικιλίας των υλικών, καθώς και των μεθόδων παρασκευής, η κατηγορία των ελαφρών

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

Σκυροδέματα με ελαφρά αδρανή

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

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

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

Κισηρομπετόν

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

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

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

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

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

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

Σκωριοκισηρομπετόν

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

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

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

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

Σπογγοκεραμομπετόν

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

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

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

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

Περλιτομπετόν

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

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

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

Ξυλομπετόν

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

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

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

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

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

Κυψελωτά σκυροδέματα

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

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

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

Τα κυψελομπετόν χωρίζονται σε **αεριομπετόν** και **αφρομπετόν**, ανάλογα με τον τρόπο που αναπτύσσονται οι φυσαλίδες.

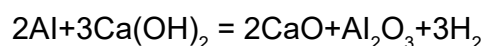
Στο αεριομπετόν οι φυσαλλίδες δημιουργούνται με τον εγκλεισμό αερίου που παράγεται από κάποια χημική αντίδραση, ενώ στο αφρομπετόν οι φυσαλλίδες δημιουργούνται με τον εγκλεισμό αέρα με τρόπο μηχανικό.

Αεριομπετόν

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

- Σκόνη από αλουμίνιο (Al)
- Σκόνη από σίδηρο (Fe)
- Υπεροξείδιο του υδρογόνου μαζί με υποχλωριώδες ασβέστιο ($H_2O_2 + CaCl_2 \cdot O_2$).
- Ανθρακικό ασβέστιο (CaC_2).

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



Οι ιδιότητες του αεριομπετόν είναι περίπου οι ακόλουθες:

Αντοχή σε θλίψη 10-100kg/cm²

Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη 5-20kg/cm²

Χρόνια συστολή 1 -2,5(4,0)mm/m

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

Αφρομπετόν

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

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

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

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

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

δεν επιτρέπει την εργοταξιακή παραγωγή.

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

14.2.17.2 ΒΑΡΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ

Σκυροδέματα με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από 3,00t/m³ περίπου τα ονομάζουμε **βαριά σκυροδέματα**. Τα σκυροδέματα αυτά παράγονται με τη χρησιμοποίηση αδρανών από βαρύτερα πετρώματα.

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

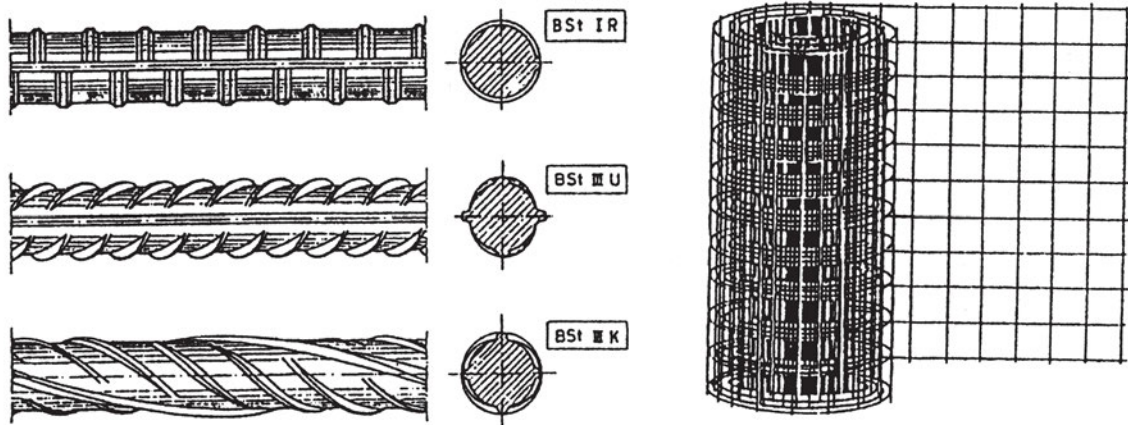
Γι' αυτό τον λόγο και επειδή τα αδρανή αυτά είναι κατά κανόνα δυσεύρετα και πιο ακριβά, τα βαριά σκυροδέματα χρησιμοποιούνται μόνο όπου είναι αναγκαίο μεγαλύτερο βάρος ή μεγαλύτερη πυκνότητα.

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

14.3. ΧΑΛΥΒΑΣ

14.3.1 Κατηγορίες χάλυβα

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



Σχήμα 14.4 Μορφές νευροχάλυβα και πλέγμα.

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

Οι χάλυβες διακρίνονται:

α. Ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής στις εξής κατηγορίες:

εξελασμένοι εν θερμώ χωρίς περαιτέρω επεξεργασία

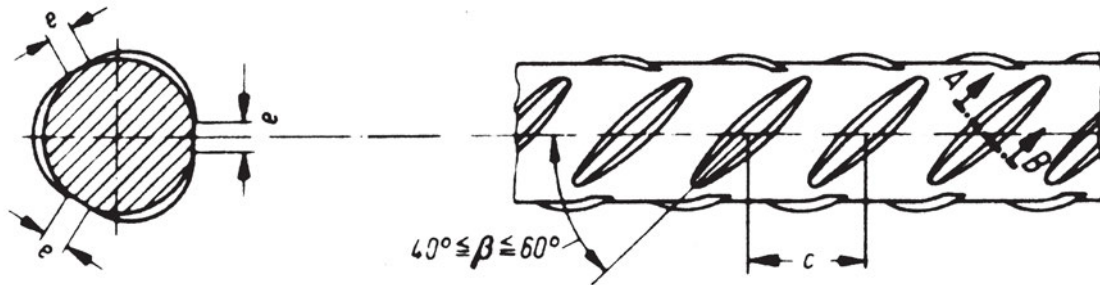
εξελασμένοι εν θερμώ με άμεση θερμική επεξεργασία

επεξεργασμένοι εν ψυχρώ με στρέψη ή και όλκηση

ειδικοί χάλυβες (π.χ. σκληρυμένοι χάλυβες)

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

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



Σχήμα 14.5 Λεπτομέρεια νευροχάλυβα.

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

S220 (χαρακτηριστική αντοχή 220 MPa)

S400, S400s (χαρακτηριστική αντοχή 400 MPa)

S500, S500s (χαρακτηριστική αντοχή 500 MPa)

δ. Ανάλογα με τη συγκολλησιμότητά τους στις εξής κατηγορίες:

συγκολλησιμοι (S220, S400s, S500s)

συγκολλησιμοι υπό προϋποθέσεις (S400, S500)

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

μεμονωμένες ράβδοι

δομικό πλέγμα ορθογωνικών ή τετραγωνικών βρόγχων

14.3.2 Μηχανικές Ιδιότητες

Οι βασικές μηχανικές ιδιότητες των χαλύβων οι οποίες ενδιαφέρουν είναι:

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

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

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

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

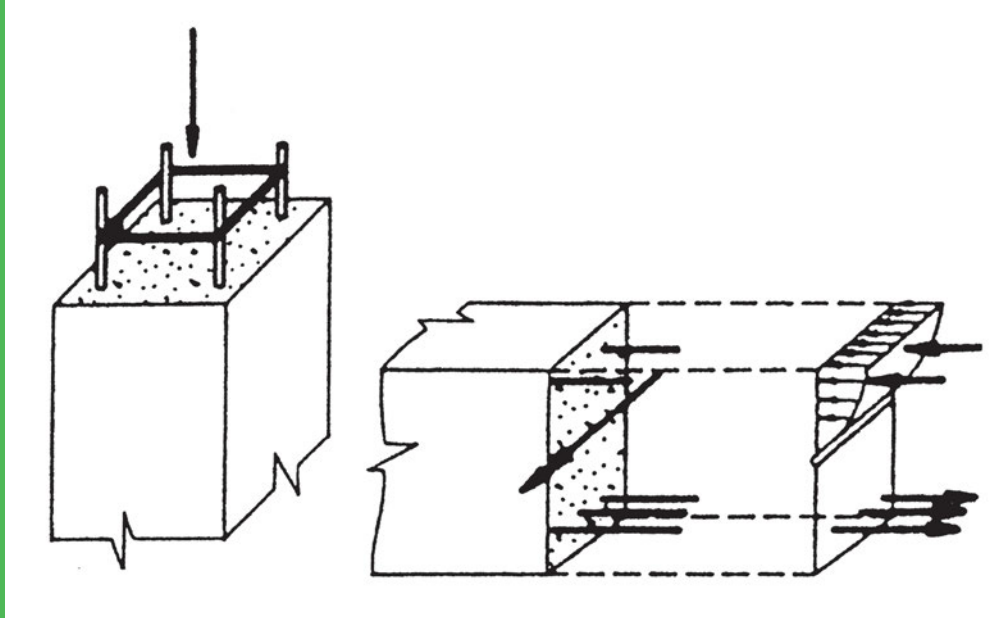
A. εναλλασσόμενη καταπόνηση με μικρό αριθμό επαναλήψεων με μεγάλες παραμορφώσεις (περίπτωση σεισμού)

B. μεγάλο αριθμό επαναλήψεων για μικρές ακραίες παραμορφώσεις

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

Πίνακας 14.5 Συνήθεις διάμετροι ράβδων οπλισμού

* σχήμα από το βιβλίο Χ. Οικονόμου, "Τεχνολογία του σκυροδέματος", Β' έκδοση, εκδόσεις Art of Text, 1993.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΟΠΛΙΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- Ισοστατικοί φορείς
- Κάμψη
- Διάτμηση
- Θλίψη
- Εφελκυσμός
- Όπλιση για συνδυασμό
Κάμψης-Διάτμησης-Θλίψης-Εφελκυσμού



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε:

- Να κάνετε επίλυση απλών ισοστατικών φορέων και διαγράμματα N, Q, M,
- Να ξεχωρίζετε τις διάφορες εντατικές καταστάσεις όπως προκύπτουν από τα διαγράμματα N, Q, M.
- Να αντιληφθείτε πού και γιατί τοποθετείται οπλισμός.

15.2 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Όπως γίνεται σαφές από τα δύο προηγούμενα κεφάλαια, οι χαλύβδινες ράβδοι οπλισμού τοποθετούνται στο σκυρόδεμα για να το ενισχύσουν στα σημεία όπου εκείνο θα ρηγματωθεί. Από τις ιδιότητές του είναι φανερό ότι, ενώ το σκυρόδεμα αντέχει σε θλίψη, η αντοχή του σε εφελκυσμό είναι αμελητέα. Έτσι γίνεται ξεκάθαρο ότι τουλάχιστον όπου εμφανίζεται εφελκυσμός θα πρέπει να τοποθετηθεί οπλισμός.

Αφού μελετηθούν οι βασικές περιπτώσεις καταπόνησης (κάμψη, διάτμηση, εφελκυσμός και θλίψη), θα γίνει ευκρινές ότι η κάμψη και διάτμηση μπορούν να αναχθούν τελικά τοπικά σε εφελκυσμό και θλίψη. Έτσι ο κανόνας τοποθέτησης οπλισμού στις εφελκυσόμενες περιοχές έχει και πάλι εφαρμογή. Επίσης, όταν η θλίψη είναι μεγαλύτερη από την αντοχή του σκυροδέματος, πάλι τοποθετείται οπλισμός για να ενισχύσει το σκυρόδεμα.

Πολλά χρόνια πειραματικής και θεωρητικής διερεύνησης παγκοσμίως έχουν οδηγήσει σε πολλά χρήσιμα συμπεράσματα ως προς τη σωστή όπλιση των δομικών στοιχείων και πλέον οι ελληνικοί κανονισμοί δίνουν σαφείς οδηγίες. Παρότι η γνώση για το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι προϊόν επιστημονικής διερεύνησης και πρακτικής εμπειρίας πολλών δεκαετιών, τα περισσότερα μπορούν να εξηγηθούν με γνώσεις απλής μηχανικής και αντοχής των υλικών. Επειδή το συγκεκριμένο βιβλίο απευθύνεται σε μαθητές που στερούνται αυτό το θεωρητικό υπόβαθρο, η παρουσίαση της όπλισης δομικών στοιχείων από σκυρόδεμα για διάφορες εντατικές καταστάσεις γίνεται όσο το δυνατό πιο απλά και με τους λιγότερους δυνατούς όρους και έννοιες από την τεχνική μηχανική.

Επίσης θα πρέπει να γίνει σαφές ότι η αναφορά στην επίλυση ισοστατικών φορέων και στον σχεδιασμό διαγραμμάτων N , Q , M (φορτίων διατομής) γίνεται απλώς για να γίνει δυνατή η σύνδεση αποτελεσμάτων της στατικής ανάλυσης με τον σχεδιασμό και ειδικότερα σε αυτή τη φάση με την τοποθέτηση του οπλισμού.

15.3 ΙΣΟΣΤΑΤΙΚΟΙ ΦΟΡΕΙΣ

15.3.1 Αντιδράσεις στηρίξεων και εσωτερικές δυνάμεις

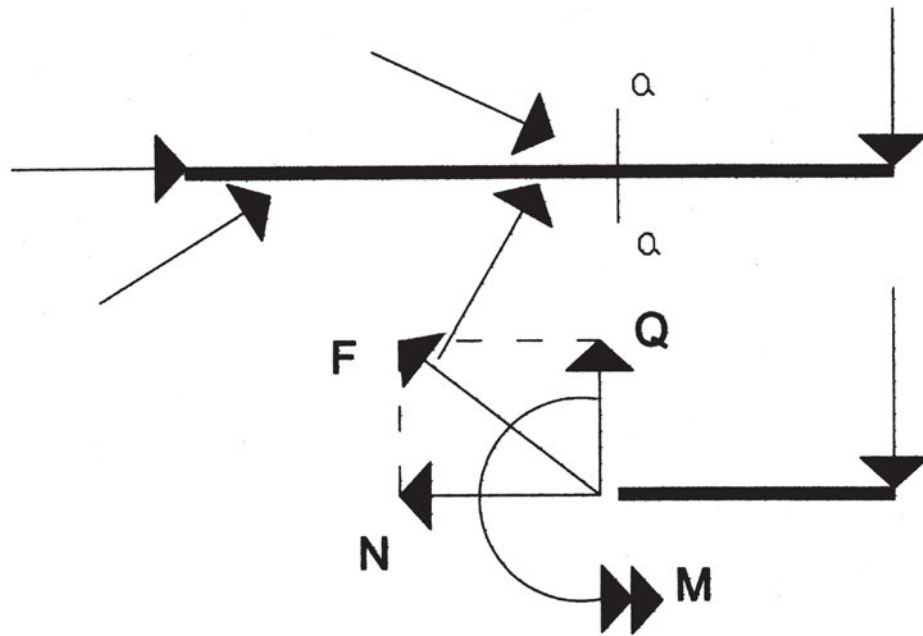
Αντικείμενο μελέτης είναι ο υπολογισμός των αντιδράσεων των στηρίξεων ενός δομικού στοιχείου ή μίας ομάδας στοιχείων (π.χ. ενός πλαισίου) και των εσωτερικών δυνάμεων.

Οι αντιδράσεις βρίσκονται σε αντιστοιχία με το είδος στήριξης (κύλιση, άρθρωση και πάκτωση) όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 13. Υπολογίζονται από εφαρμογή των εξισώσεων ισορροπίας:

$$\begin{array}{l} \sum F_x = 0 \\ \sum F_\psi = 0 \\ \sum M = 0 \end{array}$$

όπου F_x και F_ψ οι δυνάμεις κατά τον x και ψ άξονα αντίστοιχα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αντί των εξισώσεων ισορροπίας δυνάμεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραπάνω από μία εξισώσεις ροπών. Ο υπολογισμός των αντιδράσεων είναι πάντα το πρώτο βήμα επίλυσης.

Οι εσωτερικές δυνάμεις εξετάζονται μακροσκοπικά ως δυνάμεις και ροπές διατομής συνολικά. Έστω παραδείγματος χάρη ο φορέας του σχήματος 15.1. Σε αυτόν επιβάλλονται διάφορες δυνάμεις. Εάν κάνουμε μία τομή α-α και εξετάσουμε το ένα τμήμα μόνο, τότε καταλαβαίνουμε ότι υπάρχουν κάποιες εσωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στη διατομή που κόψαμε ώστε να υπάρχει ισορροπία. Όπως προκύπτει από την ανάγκη για ισορροπία, αυτές οι εσωτερικές δυνάμεις θα είναι μία δύναμη F και μία ροπή M . Η δύναμη F μπορεί να αναλυθεί σε δύο δυνάμεις Q και N . Η πρώτη είναι παράλληλη προς την εξεταζόμενη διατομή και κάθετη στον άξονα της δοκού, ενώ η N κάθετη στη διατομή και παράλληλη στον άξονα της δοκού. Έτσι προκύπτουν η αξονική δύναμη N , η διατμητική ή τέμνουσα Q και η καμπτική ροπή M . Αυτά ονομάζονται φορτία διατομής.



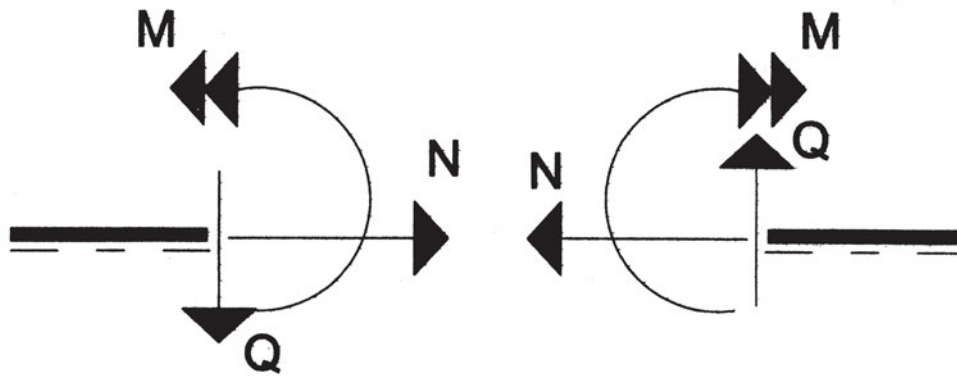
Σχήμα 15.1 Φορτία διατομής στη τομή α-α.

15.3.2 Προσήμανση των φορτίων διατομής

Προκειμένου να έχουμε μία ενιαία θεώρηση για τις φορές των φορτίων διατομής δίνουμε σε αυτές συμβατικά θετικά ή αρνητικά πρόσημα. Η προσήμανση αυτή γίνεται με βάση τη μία από τις δύο ακραίες ίνες, πάνω ή κάτω, της δοκού, την οποία και παίρνουμε ως ίνα αναφοράς. Κατόπιν αυτού δεχόμαστε ότι:

1. Η αξονική δύναμη N είναι θετική όταν είναι εφελκυστική, δηλαδή όταν τείνει να επιμηκύνει τη δοκό. Τούτο σημαίνει ότι η δύναμη N είναι θετική, όταν κατευθύνεται εκτός της δοκού, και αρνητική, όταν κατευθύνεται προς τη δοκό.
2. Η τέμνουσα δύναμη Q είναι θετική όταν, για το αριστερό τμήμα της δοκού κατευθύνεται προς την ίνα αναφοράς, ενώ για το δεξιό τμήμα της δοκού κατευθύνεται προς την αντίθετη πλευρά της ίνας αναφοράς.
3. Η καμπτική ροπή M , είναι θετική, όταν εφελκύει την ίνα αναφοράς, και αρνητική, όταν τη θλίβει. Έτσι, για κάτω ίνα αναφοράς η ροπή M είναι θετική, όταν για το αριστερό τμήμα είναι αντιωρολογιακή και για το δεξιό ωρολογιακή, αλλιώς είναι αρνητική. Τα αντίθετα ακριβώς ισχύουν για πάνω ίνα αναφοράς.

Τα φορτία διατομής που θεωρούνται θετικά φαίνονται στο σχήμα 15.2.



Σχήμα 15.2 Συμβατικές θετικές φορές φορτίων διατομής.

15.3.3 Υπολογισμός των φορτίων διατομής

Προκειμένου να προσδιορίσουμε τα φορτία διατομής N , Q , M σε μία τομή α - α μίας δοκού εργαζόμαστε ως εξής:

1. Υπολογίζουμε με τις εξισώσεις ισοροπίας τις αντιδράσεις στήριξης της δοκού και προσδιορίζουμε έτσι το σύνολο των εξωτερικών δυνάμεων που ασκούνται στη δοκό.
2. Ορίζουμε τη μία από τις δύο ακραίες ίνες της δοκού ως ίνα αναφοράς.
3. Απομονώνουμε το ένα από τα δύο τμήματα, αριστερό ή δεξιό, στα οποία χωρίζεται η δοκός με την τομή α - α και τοποθετούμε σε αυτό αφ' ενός τις εξωτερικές δυνάμεις που δρουν στο υπόψη τμήμα, αφ' ετέρου στη θέση τομής τα φορτία διατομής N , Q , M με θετική φορά. Από τα δύο τμήματα εκλέγουμε συνήθως εκείνο στο οποίο ενεργούν οι λιγότερες εξωτερικές δυνάμεις.
4. Εάν κάποιες εξωτερικές δυνάμεις δεν ενεργούν κατά τον άξονα ή κάθετα της δοκού, αλλά υπό διαφορετική γωνία, αναλύουμε αυτές κατά τους δύο άξονες. Εάν επί της δοκού ενεργούν κατανεμημένα φορτία, υπολογίζουμε τα συνιστάμενα (συγκεντρωμένα) φορτία.
5. Εφαρμόζοντας τις εξισώσεις ισοροπίας υπολογίζουμε τα φορτία διατομής.



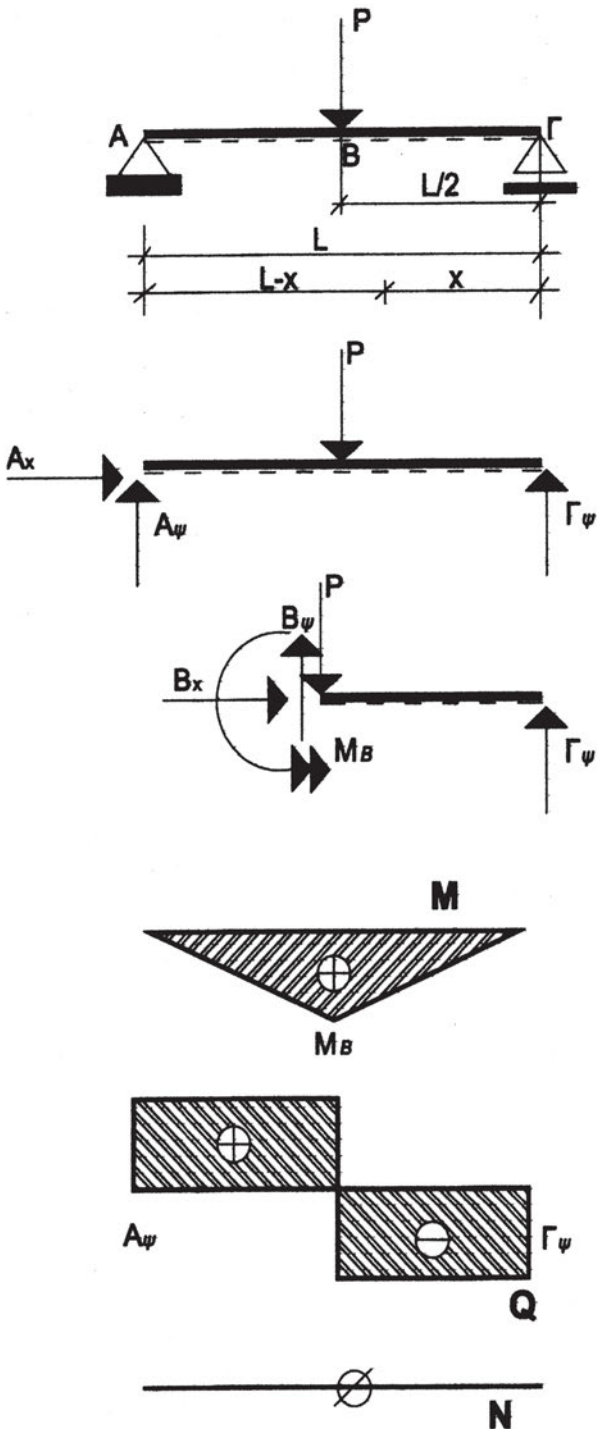
Όταν υπολογίζει κανείς τα φορτία διατομής, αρκεί να ορίσει μία φορά, η οποία για τους υπολογισμούς θα είναι θετική. Εάν προκύψει αρνητικό αποτέλεσμα, τότε η πραγματική φορά είναι η αντίθετη. Μετά κάνουμε την αναγωγή στη συμβατικά θεωρούμενη προσήμανση. Βέβαια έτσι είναι πιο πολύπλοκο. Ακολουθούν παραδείγματα.

15.3.4 Διαγράμματα N, Q, M

Οι τιμές των φορτίων διατομής N, Q, M μεταβάλλονται εν γένει από διατομή σε διατομή μίας δοκού, είναι δηλαδή συναρτήσεις της θέσης της διατομής. Η θέση μίας διατομής μπορεί να προσδιορισθεί με μία μεταβλητή τετμημένη X από κάποια αρχή αξόνων, που μετριέται πάνω στον άξονα της δοκού. Έτσι, τα φορτία διατομής N, Q, M είναι συναρτήσεις του X και ως τέτοιες μπορούν να παρασταθούν γραφικά κατά μήκος του άξονα της δοκού. Οι γραφικές παραστάσεις αυτές αποτελούν τα διαγράμματα N, Q, M.

Για την κατασκευή των διαγραμμάτων N, Q, M ως άξονας των X λαμβάνεται ο άξονας της δοκού, ενώ στον άξονα των Ψ λαμβάνονται ως τεταγμένες οι τιμές των N, Q, M. Έχει καθιερωθεί για εποπτικούς λόγους, στην περίπτωση της αξονικής δύναμης N και της τέμνουσας Q το θετικό ημιεπίπεδο των αξόνων να λαμβάνεται στην αντίθετη πλευρά της ίνας αναφοράς, ενώ στην περίπτωση της καμπτικής ροπής M το θετικό ημιεπίπεδο να λαμβάνεται προς το μέρος της ίνας αναφοράς. Τα διαγράμματα κατασκευάζονται πάντοτε σε κλίμακα.

Εφαρμογή 1 / Κεφ. 15



Έστω η αμφιέριστη δοκός του σχήματος. Η άρθρωση στο A ισοδυναμεί με τις δύο αντιδράσεις A_x και A_ψ , ενώ η κύλιση στο Γ με την αντίδραση Γ_ψ . Από τις εξισώσεις ισοροπίας έχουμε:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow A_x = 0$$

$$\sum F_\psi = 0 \Rightarrow A_\psi + \Gamma_\psi - P = 0 \Rightarrow$$

$$A_\psi + \Gamma_\psi = P$$

Ως προς το A έχουμε:

$$\sum M = 0 \Rightarrow PL/2 - \Gamma_\psi L = 0 \Rightarrow$$

$\Gamma_\psi = P/2$ και από την (1) έχουμε:

$$A_\psi = P/2$$

Αντίστοιχα κάνοντας την επίλυση για μεταβαλλόμενο μήκος τμήμα X της δοκού έχουμε:

α. για $x < L/2$:

$$M = xP/2$$

$$Q = -P/2$$

$$N = 0$$

β. για $x \geq L/2$:

$$M = P/2 \cdot L/2 - P(x - L/2) \Rightarrow$$

$$M = 3PL/4 - Px$$

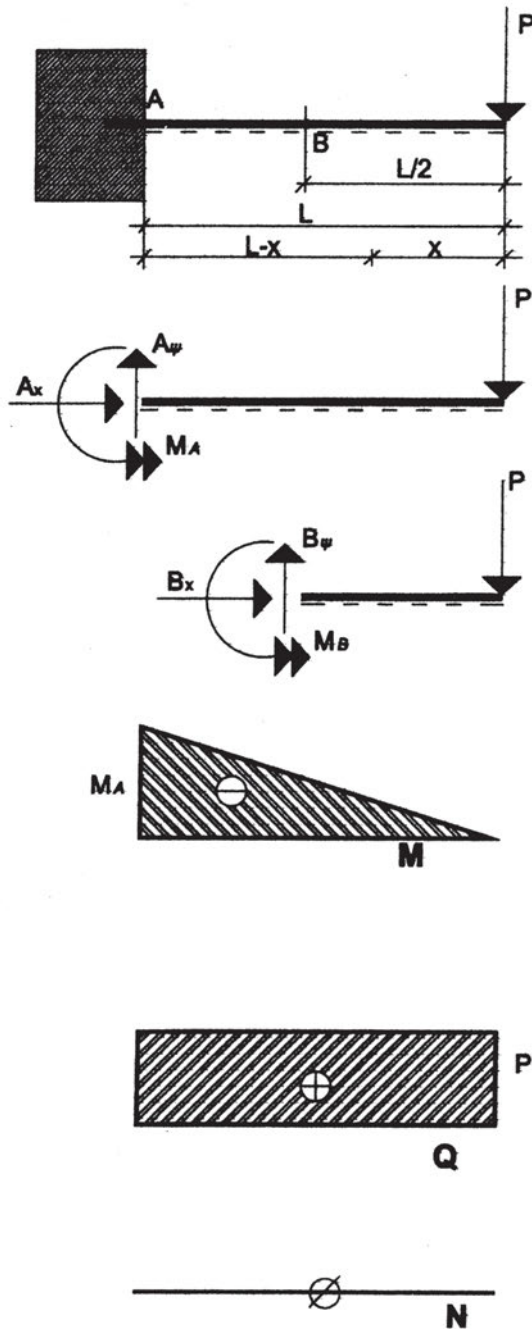
$$Q = P/2$$

$$N = 0$$

και έτσι προκύπτουν τα διαγράμματα N, Q, M.



Εφαρμογή 2 / Κεφ. 15



Στη στήριξη (πάκτωση) του προβόλου του σχήματος αντιστοιχούν οι αντιδράσεις A_x , A_y και M_A . Από τις εξισώσεις ισορροπίας έχουμε:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow A_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A_y - P = 0 \Rightarrow A_y = P$$

Ως προς το A:

$$\sum M = 0 \Rightarrow M_A - PL = 0 \Rightarrow M_A = PL$$

Αντίστοιχα για τμήμα X έχουμε:

$$M = -xP$$

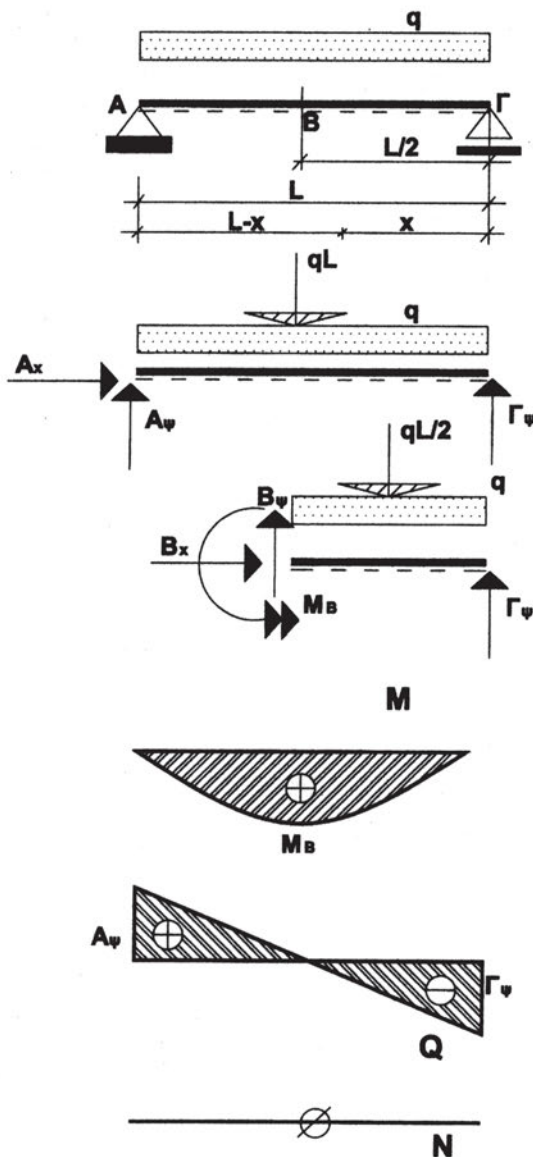
$$Q = P$$

$$N = 0$$

και έτσι προκύπτουν τα εικονιζόμενα διαγράμματα N, Q, M.



Εφαρμογή 3 / Κεφ. 15



Έστω η αμφιέριστη δοκός με ομοιόμορφα καταμεμημένο φορτίο q σε όλο το μήκος. Αντιστοιχούμε τις στηρίξεις με τις αντιδράσεις τους. Στο σχήμα απεικονίζεται και η ισοδύναμη του καταμεμημένου φορτίου συγκεντρωμένη δύναμη ίση με qL .

Από τις εξισώσεις ισορροπίας έχουμε:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow A_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A_y + \Gamma_y - qL = 0 \Rightarrow$$

$$A_y = qL - \Gamma_y \quad (1)$$

Ως προς το A

$$\sum M = 0 \Rightarrow qL \cdot L/2 - \Gamma_y L = 0 \Rightarrow$$

$$\Gamma_y = qL/2$$

και από την (1)

$$A_y = qL/2$$

Αντίστοιχα για τμήμα X της δοκού έχουμε:

$$N = 0$$

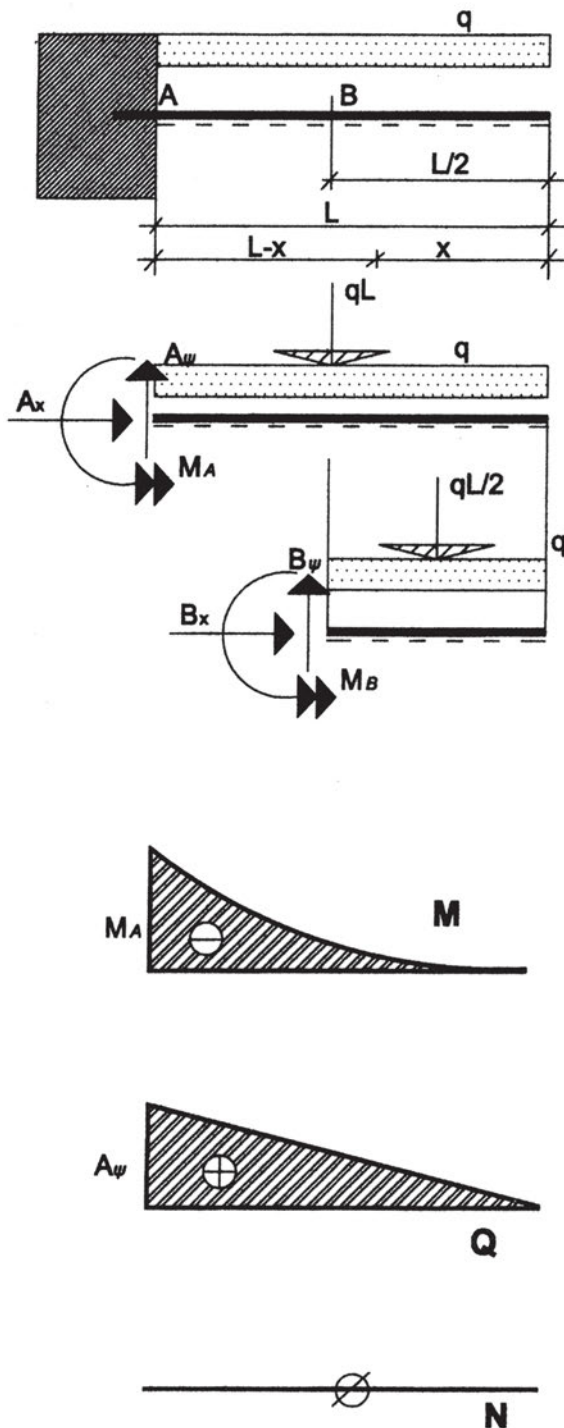
$$Q = qL/2 - qx$$

$$M = qL/2 \cdot x - qx^2/2$$

και έτσι προκύπτουν τα εικονιζόμενα διαγράμματα.



Εφαρμογή 4 / Κεφ. 15



Επιλύουμε τον πρόβολο με ομοιόμορφα καταμεμημένο φορτίο q . Από τις εξισώσεις ισορροπίας έχουμε:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow A_x = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A_y - qL = 0 \Rightarrow A_y = qL$$

$$\sum M = 0 \Rightarrow M_A - qL \cdot L/2 = 0 \Rightarrow$$

$$M_A = qL^2/2$$

Αντίστοιχα επιλύουμε για τμήμα της δοκού X και υπολογίζουμε τα N , Q , M .

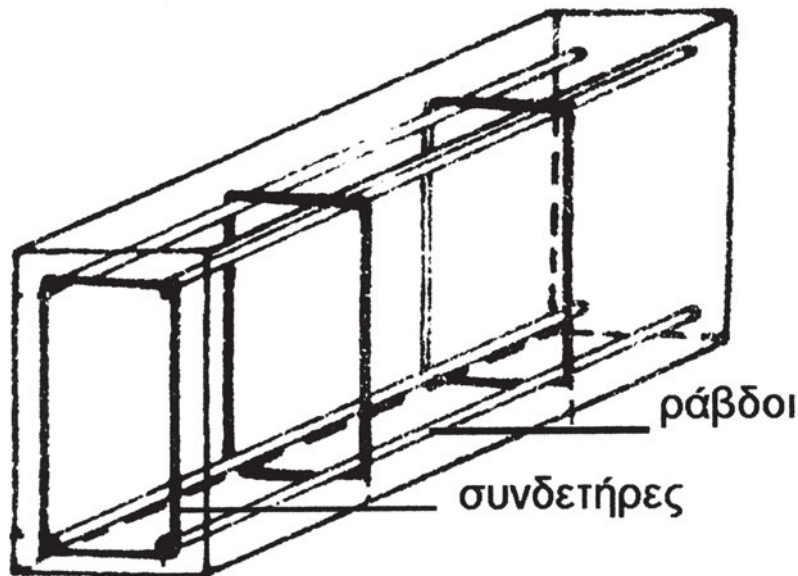
$$N = 0$$

$$Q = qx$$

$$M = -qx^2/2$$

15.4 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

α. Είδη οπλισμών



Σχήμα 15.3 Ενδεικτική δοκός. Διακρίνονται οι ράβδοι και οι συνδετήρες οπλισμού.

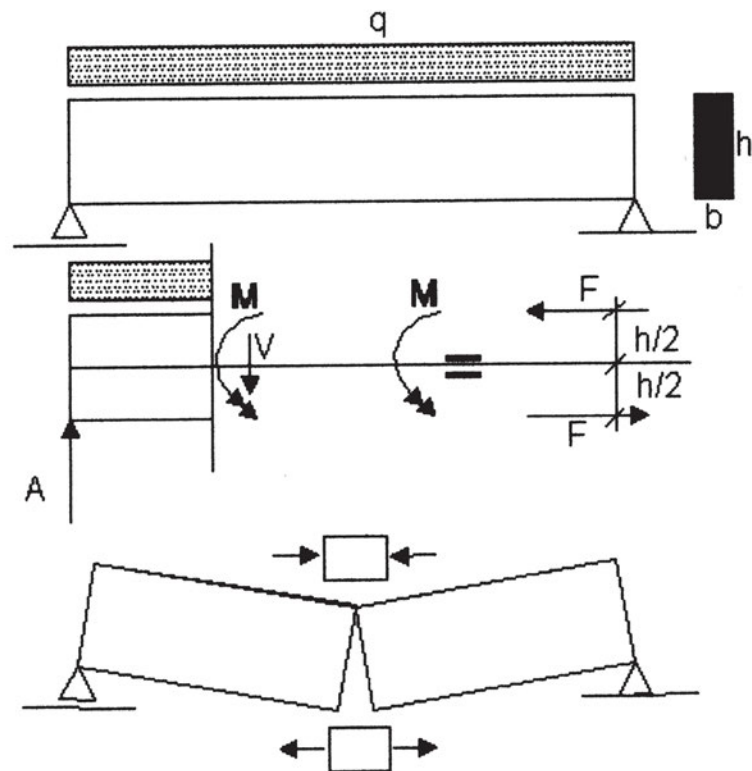
ράβδοι διαμήκους οπλισμού

Οι ράβδοι οπλισμού τοποθετούνται κατά μήκος της δοκού, όπως φαίνεται στο *σχήμα 15.3*. Οι ράβδοι οπλισμού μπορεί να είναι εφελκόμενοι ή θλιβόμενοι, ενώ μπορεί να τοποθετούνται για κατασκευαστικούς λόγους (οπλισμοί montage που θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο).

συνδετήρες

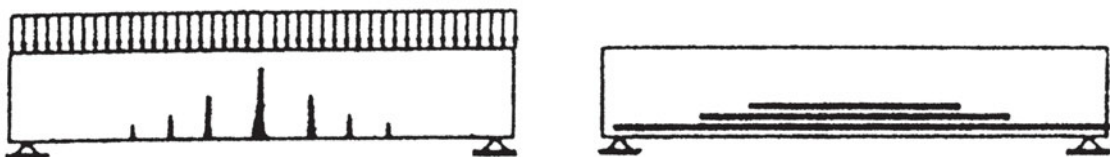
Οι συνδετήρες τοποθετούνται στην εγκάρσια διεύθυνση. Έχουν γενικά το σχήμα της διατομής του δομικού στοιχείου του οποίου τον οπλισμό εγκιβωτίζουν. Ο εγκιβωτισμός αυτός είναι πολύ σημαντικός για την αντοχή των δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα ακόμα και σε περίπτωση που το σκυρόδεμα ρηγματωθεί. Επιπλέον, οι συνδετήρες παραλαμβάνουν τη διάτμηση, όπως θα δούμε στις αμέσως επόμενες παραγράφους.

β. Κάμψη

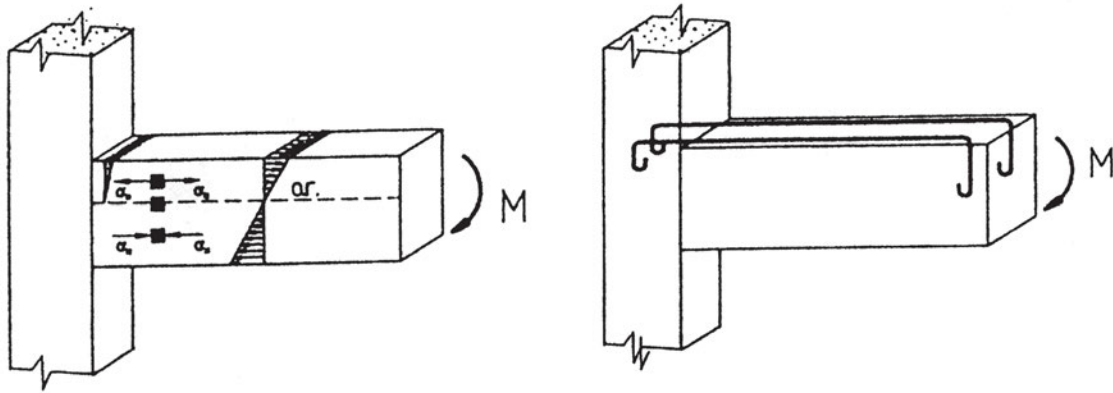


Σχήμα 15.4. Αμφιέριστη δοκός σε κάμψη.

Έστω μια αμφιέριστη δοκός με ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο σαν αυτή του σχήματος 15.4. Εάν κάνουμε μία κατακόρυφη τομή, στη διατομή εξασκούνται η εσωτερική δύναμη V και εσωτερική ροπή M . Αυτό μπορεί να εξακριβωθεί από τις εξισώσεις ισορροπίας. Όπως γνωρίζουμε από τη φυσική, η ροπή ισοδυναμεί με ένα ζεύγος δυνάμεων. Η προσομοίωση της ροπής με ζεύγος δυνάμεων δεν είναι ικανοποιητική σε αυτή τη περίπτωση, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή απλοποιητικά, για να γίνει κατανοητό ότι σε κάθε διατομή εξασκούνται δύο δυνάμεις. Η μία δύναμη είναι εφελκυστική, ενώ η άλλη θλιπτική. Η δύναμη που θλίβει παραλαμβάνεται γενικά από το σκυρόδεμα (αφού αυτό έχει ικανοποιητική αντοχή σε θλίψη), ενώ η δύναμη που εφελκύει από τον εγκάρσιο οπλισμό (δεδομένου ότι η αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό είναι πολύ μικρή). Έτσι, όταν η ροπή M είναι θετική, ο οπλισμός τοποθετείται στη μεριά της ίνας αναφοράς, ενώ όταν είναι αρνητική, ο οπλισμός τοποθετείται στην άλλη μεριά της ίνας. Έτσι στην αμφιέριστη δοκό ο οπλισμός τοποθετείται κάτω (σχήμα 15.5), ενώ στον πρόβολο τοποθετείται πάνω (σχήμα 15.6).



Σχήμα 15.5. Ρηγμάτωση σε κάμψη αμφιέριστης δοκού και τοποθέτηση οπλισμού.



Σχήμα 15.6. Πρόβολος σε καθαρή κάμψη. Ρηγμάτωση και τοποθέτηση οπλισμού.

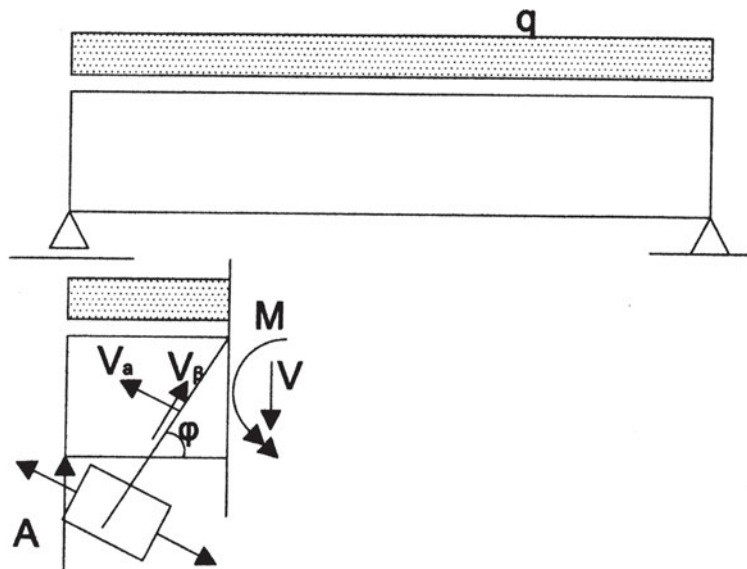


Συμπερασματικά, ο οπλισμός κάμψης τοποθετείται από τη μεριά της ίνας αναφοράς, όταν η ροπή στο διάγραμμα M είναι θετική.



Στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας μια δοκό από ψαθυρό υλικό, επιβάλετε διάφορα φορτία και παρατηρήστε τις ρωγμές λόγω κάμψης.

γ. Διάτμηση

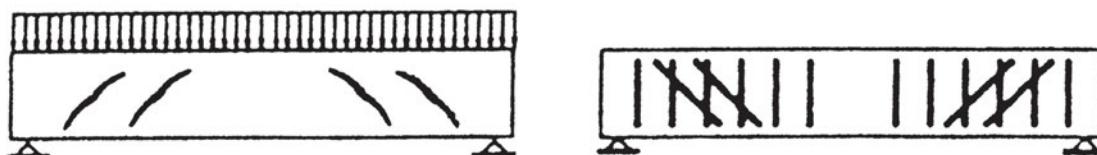


Σχήμα 15.7. Αμφιέριστη δοκός σε κάμψη και διάτμηση. Η δύναμη V αναλύεται, για τομή σε γωνία φ , σε δύο συνιστώσες.

Έστω πάλι ότι μελετάμε το ίδιο αμφιέριστο δοκάρι του σχήματος 15.7, το οποίο φορτίζεται με ομοιόμορφο φορτίο q . Έστω ένα τμήμα του μόνο και οι εξωτερικές, εσωτερικές δυνάμεις και ροπές καθώς και η αντίδραση της στήριξης ώστε να βρίσκεται σε ισορροπία. Έτσι εξωτερική δύναμη είναι το φορτίο q που επιβάλλεται στο μήκος της δοκού που μελετάμε, αντίδραση είναι η δύναμη A και εσωτερικές είναι η δύναμη V και η ροπή M στη διατομή που κόβουμε τη δοκό. Εκτός λοιπόν από τη ροπή, που οι επιπτώσεις της μελετήθηκαν στην κάμψη, υπάρχει η εσωτερική δύναμη V , που ονομάζεται τέμνουσα. Η τέμνουσα θα μπορούσε να ονομαστεί πολύ απλοποιητικά και δύναμη διάτμησης. Η καταπόνηση από τη δύναμη αυτή δεν φαίνεται να εμπίπτει στον κανόνα για τοποθέτηση οπλισμού καθώς δεν δημιουργεί εφελκυσμό.

Έστω τώρα ότι αντί για κατακόρυφη τομή κάνουμε μία τομή υπό γωνία φ . Τότε, όπως φαίνεται στο σχήμα 15.7, η δύναμη V μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες, μία κάθετη και μία παράλληλη προς το επίπεδο τομής. Η συνιστώσα V_{α} , που είναι κάθετη στο επίπεδο τομής, είναι δύναμη εφελκυστική. Έτσι η δοκός που μελετάμε θα ρηγματωθεί στο επίπεδο που η V_{α} γίνεται μέγιστη. Η εξήγηση αυτή είναι πάλι απλοποιητική. Για λόγους πληρότητας αναφέρεται ότι σε γωνία 45° μηδενίζονται οι διατμητικές τάσεις και μεγιστοποιούνται οι ορθές τάσεις, που σε αυτό το επίπεδο είναι κύριες. Στο μάθημα της αντοχής των υλικών θα μάθετε τι ακριβώς σημαίνει αυτό.

Τελικά, διαπιστώνεται ότι σε γωνία 45° , έχουμε εφελκυσμό λόγω διάτμησης. Έτσι, σε αυτή τη γωνία ανοίγουν ρωγμές, όπως φαίνεται στο σχήμα 15.8. Για να παραλειφθεί αυτός ο εφελκυσμός, θα έπρεπε να τοποθετήσουμε οπλισμό κάθετα στις ρωγμές. Όμως η γενικευμένη τοποθέτηση οπλισμού υπό γωνία είναι κατασκευαστικά δύσκολη. Η λύση είναι να τοποθετηθεί οπλισμός κατακόρυφος με μορφή συνδετήρων. Προσθέτως, κάποιες ράβδοι οπλισμού, που τοποθετήθηκαν για να παραλάβουν την κάμψη, μπορούν κοντά στη στήριξη να «σπάσουν» υπό γωνία 45° , αφού η κάμψη μειώνεται στην αμφιέριστη δοκό κοντά στις στηρίξεις. Η πιο σύγχρονη αντίληψη είναι το σύνολο της διάτμησης να παραλαμβάνεται από συνδετήρες, εφόσον αυτό είναι δυνατό.



Σχήμα 15.8 Δοκός ρηγματωμένη λόγω διάτμησης και ο οπλισμός που θα την παραλάβει.

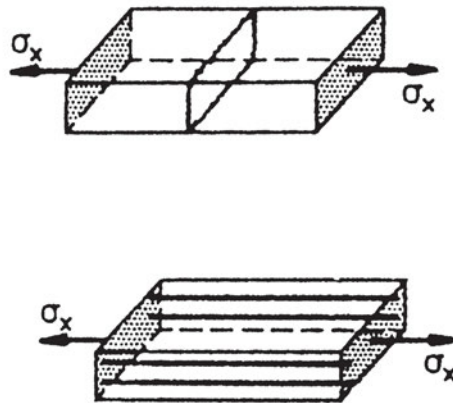


Επομένως, η διάτμηση παραλαμβάνεται κυρίως από τους συνδετήρες. Μέρος της διάτμησης μπορεί να παραληφθεί από οπλισμό υπό γωνία 45° . Αυτό μπορεί να γίνεται είτε γιατί οι συνδετήρες μπορεί να μην επαρκούν ή γιατί μπορεί να υπάρχουν ράβδοι οπλισμού που θα «σπάσουν» υπό γωνία και έτσι παραλαμβάνουν και τη διάτμηση.



Χρησιμοποιώντας δοκούς διαφόρων διαστάσεων, επιβάλετε συγκεντρωμένα φορτία και προσπαθήστε να εντοπίσετε τις συνέπειες της διάτμησης.

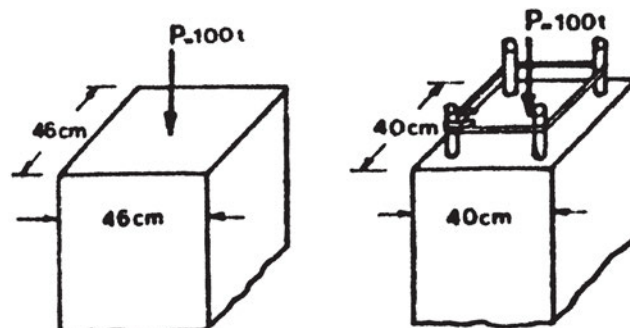
δ. Εφελκυσμός



Σχήμα 15.9. Στοιχείο σε εφελκυσμό, ρηγμάτωση και τοποθέτηση οπλισμού.

Όπως ξέρουμε, η αντοχή του σκυροδέματος θεωρείται αμελητέα για τον σχεδιασμό στοιχείων σε εφελκυσμό. Έτσι, σε ένα εφελκυσμένο δομικό στοιχείο σαν αυτό του σχήματος 15.9 τοποθετούνται ράβδοι οπλισμού παράλληλα προς τις εφελκυστικές δυνάμεις, έτσι ώστε να παραλάβουν πλήρως τον εφελκυσμό.

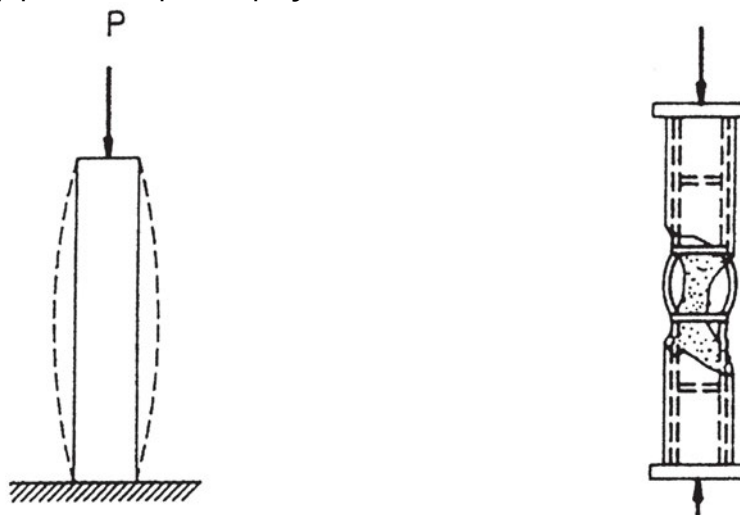
ε. Θλίψη



Σχήμα 15.10. Στοιχείο (υποστύλωμα) σε καθαρή θλίψη. Μείωση διαστάσεων με την τοποθέτηση οπλισμού.

Έχοντας κάποια υπόψη του ότι το σκυρόδεμα αντέχει σε θλίψη, θα θεωρούσε ότι δομικά στοιχεία όπως τα υποστυλώματα που είναι κυρίως θλιβόμενα δεν χρειάζονται καθόλου οπλισμό. Αυτό δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και αναφέρουμε μερικούς λόγους ενδεικτικά:

- με τη τοποθέτηση οπλισμού μειώνεται το μέγεθος του υποστυλώματος (σχήμα 15.10)
- το σκυρόδεμα είναι ψαθυρό υλικό και από τη στιγμή που θα ρηγματωθεί δεν έχει καμία ουσιαστική αντοχή, αντίθετα ο χάλυβας, ακόμα και εάν πάρει μεγάλες παραμορφώσεις, συνεχίζει να αντέχει και μπορεί να μην καταρρεύσει η κατασκευή (σχήμα 15.11)
- το θλιβόμενο στοιχείο αυξάνει διαστάσεις κάθετα στο θλιπτικό φορτίο (σχήμα 15.11), ενώ με την τοποθέτηση οπλισμού αυτό εμποδίζεται και αυξάνει η αντοχή του σκυροδέματος (δηλαδή το σκυρόδεμα είναι περισφυγμένο)
- όλα τα δομικά στοιχεία βρίσκονται σε κάμψη, έστω και εάν λόγω της έντονης θλίψης δεν εμφανίζεται εφελκυσμός, αλλά μπορεί σε μία ειδική περίπτωση (π.χ. στην περίπτωση σεισμού) να εμφανισθεί εφελκυσμός



Σχήμα 15.11 Αριστερά, υποστυλώμα σε θλίψη και η αύξηση της διατομής, ενώ δεξιά ρηγματωμένο υποστυλώμα ικανό να φέρει ακόμα μικρό φορτίο.



Συμπερασματικά, στα υποστυλώματα τοποθετείται τόσο διαμήκης όσο και εγκάρσιος οπλισμός (συνδετήρες). Και οι δύο μορφές οπλισμού είναι εξίσου σημαντικές για την αντοχή του υποστυλώματος, οι συνδετήρες δε είναι ιδιαίτερα κρίσιμοι σε περίπτωση σεισμού.



Στο εργαστήριο κάντε το εξής πείραμα: Έχοντας μία ράβδο από αφρολέξ ή παρόμοιο υλικό, εξετάστε τη μεταβολή της αντοχής του υλικού σε θλίψη όταν ασκείται ή όχι θλιπτική δύναμη περιμετρικά της ράβδου, όταν δηλαδή υπάρχει περισφυξη ή όχι.

15.5 ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΕΩΝ

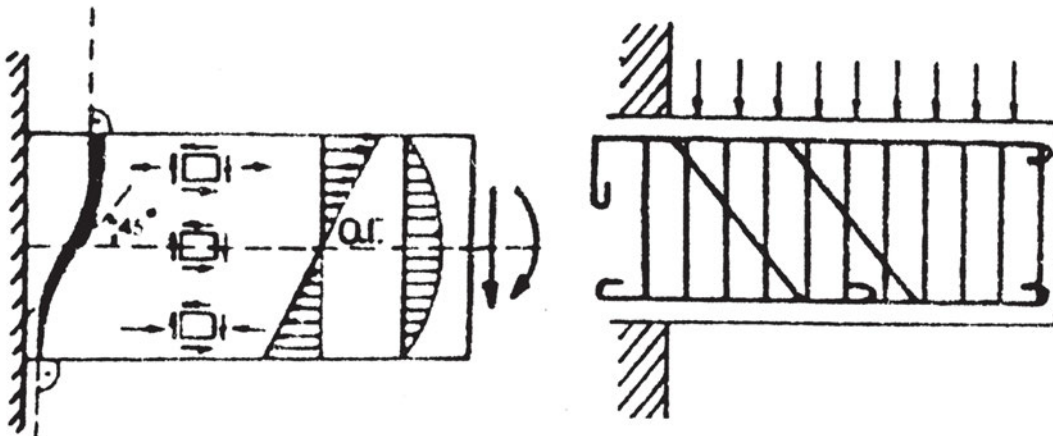
Στις περισσότερες περιπτώσεις παραπάνω από μία εντατικές καταστάσεις συνυπάρχουν σε κάθε μία διατομή ενός φορέα. Δηλαδή, τουλάχιστον δύο από τα φορτία διατομής N, Q και M είναι διάφορα του μηδενός. Έτσι, μαζί με την κάμψη μπορεί για παράδειγμα να έχουμε και διάτμηση. Μια τέτοια περίπτωση είναι η αμφιέριστη δοκός με διανεμημένο φορτίο (σχήμα 15.12).



Σχήμα 15.12 Αμφιέριστη δοκός ρηγματωμένη λόγω κάμψης και διάτμησης και ο αντίστοιχος οπλισμός

Λόγω της συνύπαρξης κάμψης και διάτμησης οι ρωγμές θα είναι αθροιστικά αυτές που είδαμε στα σχήματα 15.5 και 15.8 και θα έχουν τη μορφή των ρωγμών του σχήματος 15.12. Έτσι τοποθετούμε τους οπλισμούς που χρειαζόντουσαν για να παραλάβουν και την κάμψη και τη διάτμηση και καταλήγουμε στους οπλισμούς που φέρονται στο σχήμα 15.12, δηλαδή εγκάρσιο οπλισμό και συνδετήρες συγχρόνως. Αντίστοιχα, για τον πρόβολο βλέπουμε τόσο τη ρηγμάτωση όσο και τον οπλισμό που τελικά θα τοποθετηθεί στο σχήμα 15.13.

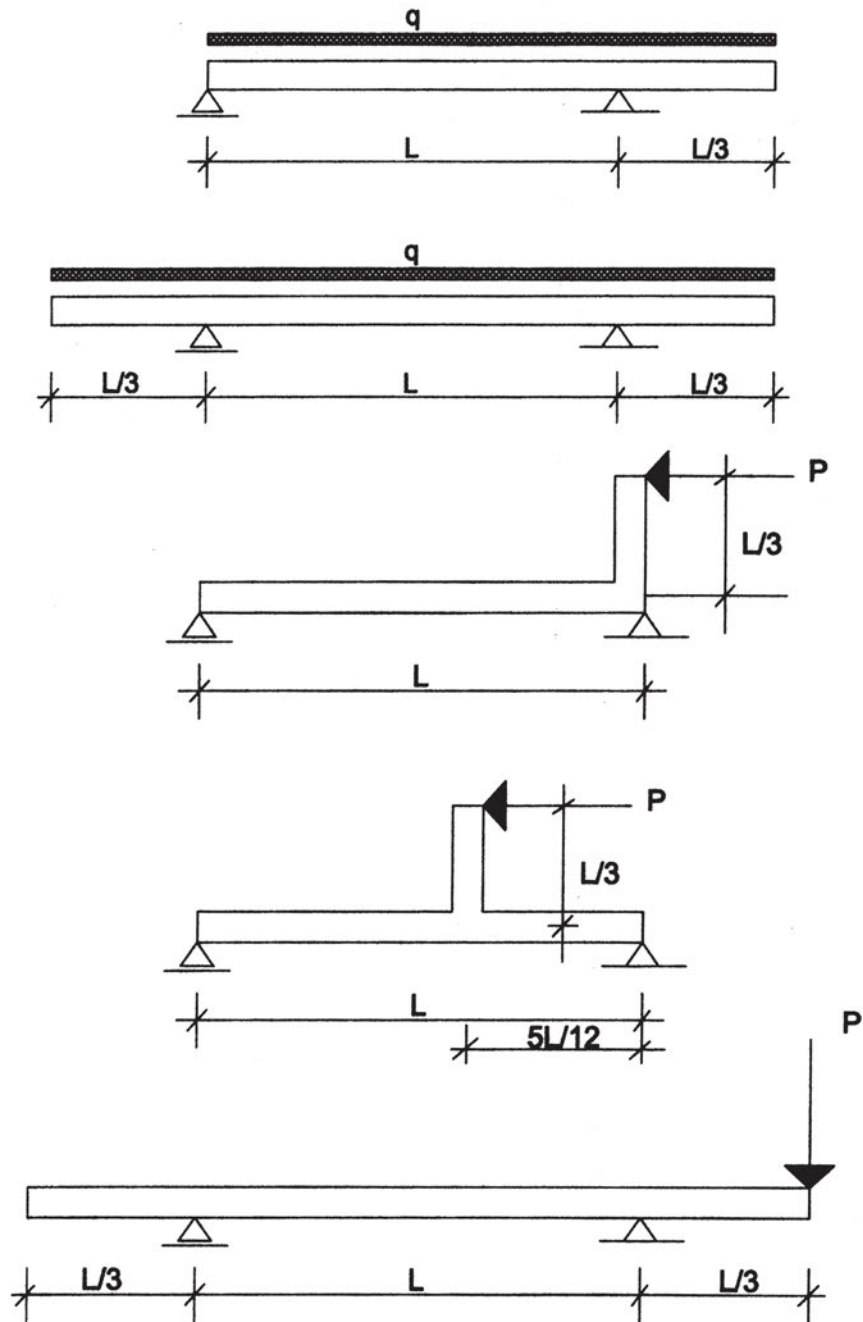
Σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να έχουμε άλλους συνδυασμούς φορτίων διατομής και αντίστοιχα οι οπλισμοί που θα τοποθετηθούν προκύπτουν από συνδυασμό των επί μέρους ζητούμενων. Στο μάθημα της αντοχής των υλικών θα γίνει πιο κατανοητό πώς οι δυνάμεις διατομής M και N αθροίζονται. Οι συνέπειες στον σχεδιασμό κατασκευών από την ταυτόχρονη επιβολή των φορτίων διατομής N, Q, M θα μελετηθούν στο μάθημα Κτηριακά Έργα II.

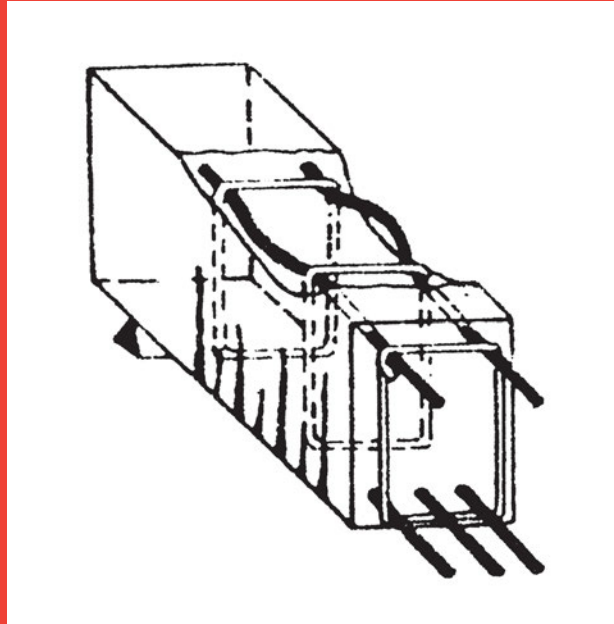


Σχήμα 15.13 Πρόβολος ρηγματωμένος λόγω κάμψης και διάτμησης και ο αντίστοιχος οπλισμός

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ

Στους παρακάτω φορείς κάντε στατική επίλυση και, αφού σχεδιάσετε τα διαγράμματα N , Q , M , προσδιορίστε ποιοτικά τη θέση του κύριου οπλισμού και τις περιοχές που θα τοποθετηθεί οπλισμός διάτμησης λόγω αυξημένης τέμνουσας Q .





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

- Αγκύρωση οπλισμού
- Επικάλυψη οπλισμού & αποστάσεις
- Οπλισμός συναρμολόγησης
- Διαμόρφωση & τοποθέτηση οπλισμού
- Παράγοντες μείωσης αντοχής



ΣΚΟΠΟΣ – ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα γνωρίζετε:

- Τα βασικά στοιχεία διαμόρφωσης οπλισμού.
- Στοιχειώδεις κατασκευαστικούς κανόνες και έννοιες που εισάγει ο κανονισμός.
- Τι σημαίνουν οι έννοιες οπλισμός συναρμολόγησης και αγκύρωση.τείται οπλισμός.

16.2 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Εκτός από τους οπλισμούς που η τοποθέτησή τους έχει άμεση σχέση με τα φορτία διατομής, στην κατασκευή εφαρμόζονται διάφορες διατάξεις του κανονισμού που οδηγούν σε μία σειρά κατασκευαστικών λεπτομερειών. Αυτές οι διατάξεις των κανονισμών είναι πολύ σημαντικές και, παρότι πολλοί αμελούν τη σχολαστική εφαρμογή τους, στις περισσότερες περιπτώσεις αυτές είναι οι πιο κρίσιμες για την αντοχή και αξιοπιστία της κατασκευής.

Εμπειρία πολλών χρόνων, τόσο από υπάρχουσες κατασκευές όσο και από εργαστηριακές έρευνες, έδειξε ότι το θέμα της συνεργασίας χάλυβα – σκυροδέματος είναι από τα πλέον κρίσιμα. Δηλαδή, χάλυβας και σκυρόδεμα πρέπει να δημιουργούν έναν συμπαγή μονόλιθο και τα υλικά να συνεργάζονται αρμονικά χωρίς να διαχωρίζονται. Για να διασφαλισθεί αυτή η συνεργασία, προβλέπονται μία σειρά από κατασκευαστικές οδηγίες. Το άλλο πρόβλημα είναι ότι ο οπλισμός μπορεί να διαβρωθεί με τα χρόνια και γι' αυτό θα πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα, ειδικά εάν η κατασκευή έρχεται σε επαφή με συγκεκριμένες ουσίες.

Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου δεν είναι να δώσει πλήρεις κατασκευαστικές οδηγίες ή να κάνει αναλυτική παρουσίαση του κανονισμού, αλλά να εισαγάγει τον μαθητή στις βασικές έννοιες και να τον προετοιμάσει για τα επόμενα μαθήματα.

16.3 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΧΑΛΥΒΑ - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

16.3.1 Συνάφεια - Αγκυρώσεις

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, η λειτουργία των δομικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα βασίζεται κυρίως στη συνάφεια των δύο επιμέρους υλικών που σχηματίζουν τελικά έναν μονόλιθο με ενιαία συμπεριφορά. **Ως συνάφεια μπορούμε να ονομάσουμε το σύνολο των αιτιών που παρεμποδίζουν την κίνηση των ράβδων του οπλισμού σε σχέση με το σκυρόδεμα το οποίο τις περιβάλλει.** Η συνάφεια αποτελεί μια μηχανική συνεργασία ανάμεσα στα δύο υλικά με την οποία μπορούν να μεταβιβάζονται δυνάμεις και τάσεις, απαιτείται δε πάντοτε η εξασφάλισή της.

Έστω ότι έχουμε μία ράβδο οπλισμού που το ένα άκρο βρίσκεται εντός σκυροδέματος και με κάποιο τρόπο τραβάμε τη ράβδο (σχήμα 16.1). Η δοκιμή αυτή ονομάζεται εξόλκευση

ράβδου. Κατά την εξόλκευση της ράβδου οπλισμού για μήκος a (μήκος μεταβίβασης) μεταφέρεται μέσα από τις τάσεις συνάφειας η δύναμη της ράβδου στο σκυρόδεμα. Στο μήκος μεταβίβασης a οι παραμορφώσεις των δύο υλικών δεν είναι ίσες. Συγκεκριμένα, οι παραμορφώσεις του χάλυβα είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του σκυροδέματος με αποτέλεσμα να παρατηρείται σχετική ολίσθηση ανάμεσα στα δύο υλικά.

Η ανάπτυξη των δυνάμεων συνάφειας οφείλεται:

- στην πρόσφυση του σκυροδέματος στον χάλυβα
- στην τριβή των κόκκων του σκυροδέματος στην επιφάνεια του χάλυβα και
- στη διατμητική καταπόνηση του σκυροδέματος, το οποίο ευρίσκεται μεταξύ των νευρώσεων, και η οποία αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό συνάφειας για τους νευροχάλυβες (σχήμα 16.2).



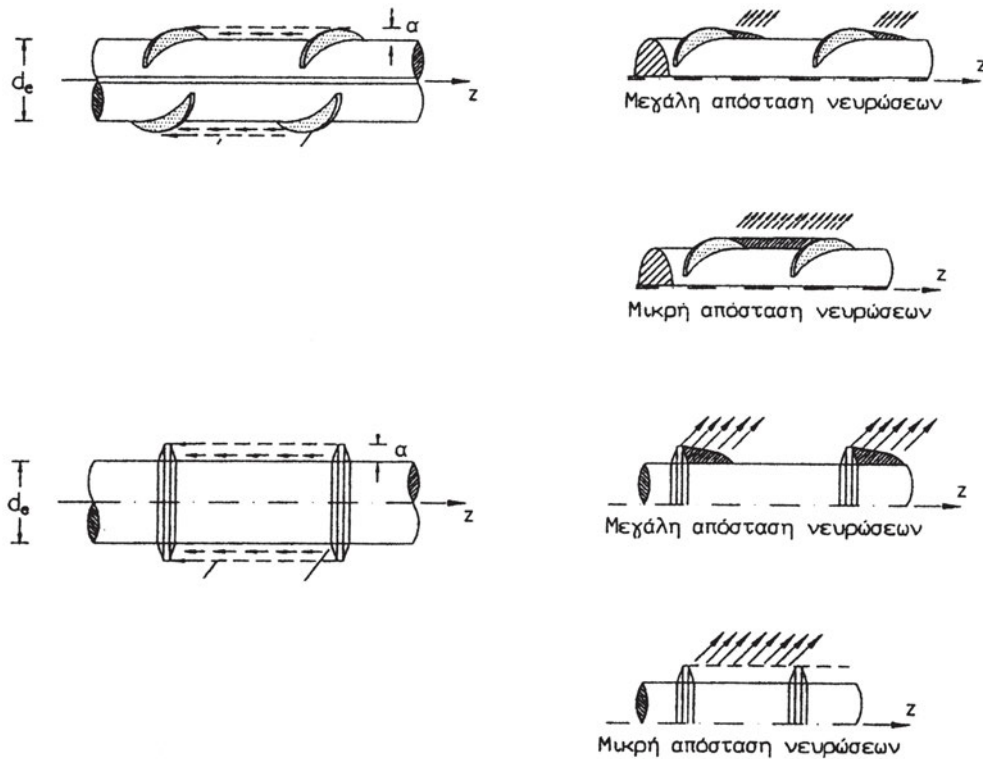
Σχήμα 16.1 Μεταβίβαση δυνάμεων κατά την εξόλκευση ράβδου οπλισμού.

Η λόγω της τριβής συνάφεια εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του οπλισμού και από την εγκάρσια προς τη ράβδο θλίψη, δηλαδή τη δύναμη που μεταβιβάζεται από το σκυρόδεμα στη ράβδο του οπλισμού. Αντίθετα, η λόγω της διατμητικής καταπόνησης του σκυροδέματος συνάφεια εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα του σκυροδέματος και τον λόγο ύψους προς απόσταση νευρώσεως (σχήμα 16.2). Η συνάφεια αυτή αυξάνει με βελτίωση της ποιότητας σκυροδέματος και όσο ο λόγος ύψους προς απόσταση τείνει στην τιμή 0.065.

Ως βασικοί παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν την δυνατότητα ανάπτυξης των τάσεων συνάφειας, θεωρούνται:

- η διεύθυνση και η θέση της ράβδου του οπλισμού ως προς τη γωνία σκυροδέτησης
- το πάχος της επικάλυψης του οπλισμού

Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς (ΝΚΩΣ) οι αναπτυσσόμενες τάσεις συνάφειας εξαρτώνται κυρίως από τη διάσταση του δομικού στοιχείου και από τη θέση και κλίση του οπλισμού, μπορούν δε για τον σχεδιασμό να θεωρηθούν με σταθερή τιμή κατά μήκος των ράβδων.



Σχήμα 16.2 Διατμητική μεταβίβαση τάσεων μέσω νευρώσεων.

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις συνθηκών συνάφειας:

- Περιοχή συνάφειας I (συνθήκες ευνοϊκές) όταν:

α. Το δομικό στοιχείο έχει πάχος κατά τη διεύθυνση σκυροδέτησης μικρότερο ή ίσο με 250 mm.

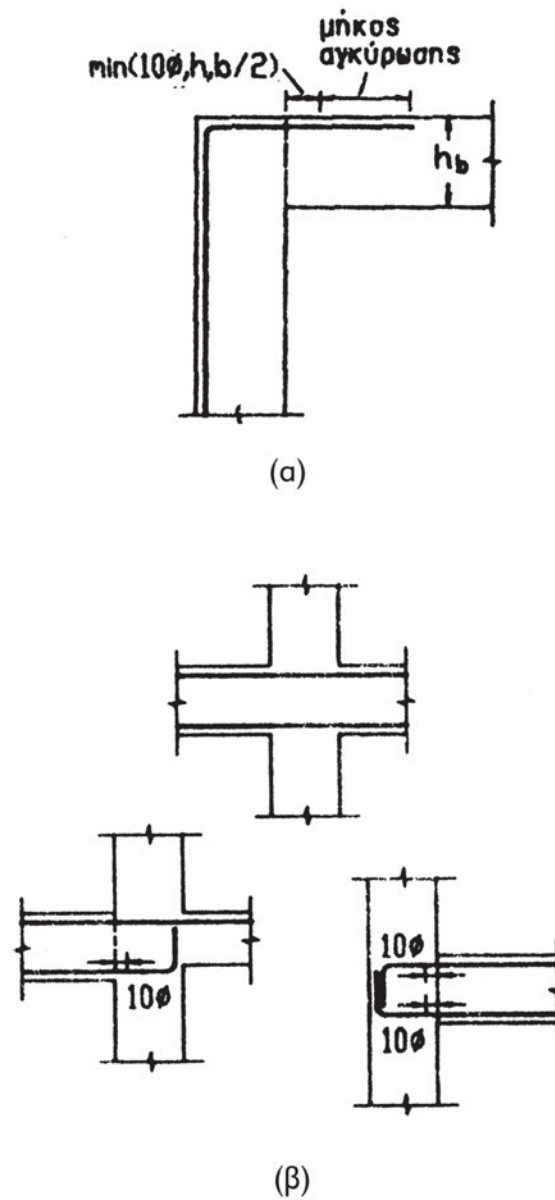
β. Οι ράβδοι οπλισμού έχουν κλίση 45° - 90° ως προς την οριζόντια (για κατακόρυφη σκυροδέτηση).

γ. Οι ράβδοι οπλισμού ευρίσκονται στο κατώτερο μισό πάχους του στοιχείου ή τουλάχιστον 300mm κάτω από το πάνω άκρο του.

δ. Υπάρχει ικανοποιητικός εγκιβωτισμός των ράβδων με εγκάρσιο οπλισμό.

- Περιοχή συνάφειας II (μη ευνοϊκές συνθήκες συνάφειας):

Όλες οι άλλες περιπτώσεις.



Σχήμα 16.3 Αγκύρωση οπλισμού (α) σε υποστύλωμα σε γωνιακό κόμβο και (β) σε δοκούς.

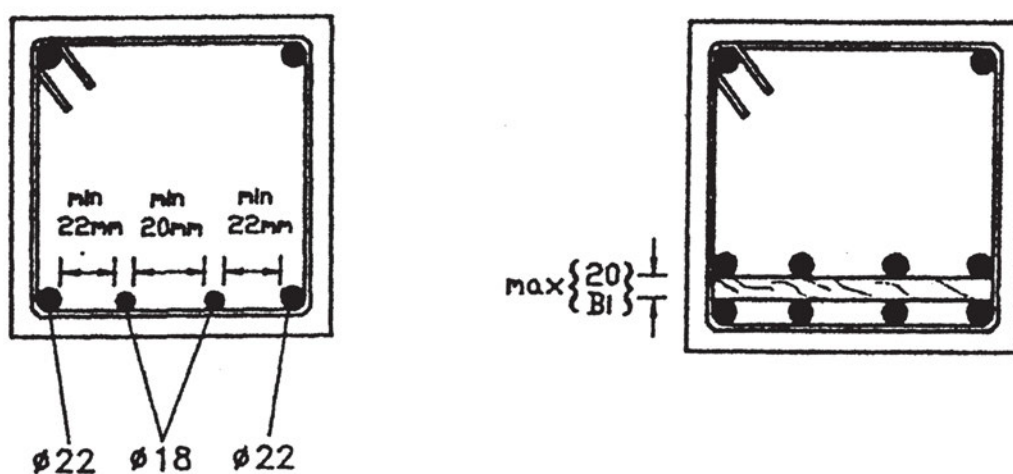
Για να διασφαλισθεί η καλή συνεργασία σκυροδέματος – οπλισμού και να μην υπάρξει ολίσθηση του οπλισμού σε σχέση με το σκυρόδεμα, ο κανονισμός προβλέπει ότι θα επεκτείνεται ο οπλισμός πέρα του σημείου, που χρειάζεται λόγω των φορτίων διατομής, κατά ένα μήκος που ονομάζεται «μήκος αγκύρωσης». Το μήκος αγκύρωσης εξαρτάται από τη διάμετρο της ράβδου, την κατηγορία σκυροδέματος και την κατηγορία χάλυβα. Ο κανονισμός επίσης προβλέπει διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες? ενδεικτικά κάποιες απεικονίζονται στο σχήμα 16.3.

16.3.2 Ελάχιστες αποστάσεις–μέγιστο και ελάχιστο ποσοστό οπλισμού

Για να είναι δυνατή η επαρκής μεταβίβαση τάσεων από τον χάλυβα στο σκυρόδεμα, απαιτούνται ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των ράβδων. Οι αποστάσεις μεταξύ των ράβδων οπλισμού καθορίζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται εκτός από την ανάπτυξη ικανοποιητικής συνάφειας και η κατάλληλη διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος. Η καθαρή απόσταση ανάμεσα σε παράλληλες ράβδους πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με (σχήμα 16.4):

- τη μεγαλύτερη διάμετρο των ράβδων

- 20mm



Σχήμα 16.4 Ελάχιστες αποστάσεις ράβδων οπλισμού.

Εάν οι ράβδοι οπλισμού απαιτείται να τοποθετηθούν σε περισσότερες από μία οριζόντιες στρώσεις, τότε τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη.

Επιπλέον, για να διασφαλισθεί η καλή συνεργασία μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος, ο κανονισμός θέτει ανώτατα και κατώτατα όρια οπλισμού ανάλογα με τη διατομή κάθε δομικού στοιχείου. Τα όρια αυτά εξαρτώνται από την κατηγορία χάλυβα και σκυροδέματος και ορίζονται ως ποσοστό επιφάνειας οπλισμού σε σχέση με τη συνολική διατομή.

16.4 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΡΚΕΙΑ - ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ

Κάθε κατασκευή θα πρέπει να σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και χρησιμοποιείται με τέτοιο τρόπο, ώστε για τις αναμενόμενες περιβαλλοντολογικές δράσεις να διατηρεί για ένα ικανοποιητικό χρονικό διάστημα την ασφάλεια και τη λειτουργικότητά της, χωρίς να απαιτείται σημαντικό κόστος για συντήρηση και επισκευή της. Για την εξασφάλιση της παραπάνω απαίτησης, πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα υπόψη οι εξής παράγοντες:

- η χρήση της κατασκευής (κατοικία, βιομηχανικός χώρος, κ.τ.λ.)
- τα βασικά κριτήρια σχεδιασμού
- οι συνθήκες περιβάλλοντος (ξηρό, υγρό, διαβρωτικό, κ.τ.λ.)
- η σύνθεση, οι ιδιότητες και η συμπεριφορά των επί μέρους υλικών
- η μορφολογία των δομικών στοιχείων και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες
- το επίπεδο του χρησιμοποιούμενου ποιοτικού ελέγχου και εργατικού δυναμικού
- τα τυχόν ειδικά προστατευτικά μέτρα
- η προβλεπόμενη συντήρηση κατά τη διάρκεια της ζωής της κατασκευής

Από τις βασικότερες παραμέτρους θεωρείται το περιβάλλον, η σωστή αξιολόγηση του οποίου έχει άμεση σχέση με την ανθεκτικότητα της κατασκευής σε διάρκεια. Ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος (δυνατότητα διάβρωσης) θα πρέπει να προβλεφθούν κατάλληλα προστατευτικά μέτρα με ουσιαστικότερο το πάχος της επικάλυψης του οπλισμού.

Σε σχέση με τον κίνδυνο διάβρωσης προβλέπονται τέσσερις κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος:

- Κατηγορία 1: *Ελάχιστα διαβρωτικό περιβάλλον*
 - εσωτερικοί χώροι κτηρίων κατοικιών ή γραφείων
 - χώροι όπου η σχετική υγρασία φθάνει σε υψηλή τιμή μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους (π.χ. σχετική υγρασία 60% για χρονικό διάστημα μικρότερο από το 20% του συνολικού χρόνου)
- Κατηγορία 2: *Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον*
 - εσωτερικοί χώροι κτηρίων όπου η σχετική υγρασία φθάνει σε υψηλά ποσοστά και όπου υπάρχει κίνδυνος πρόσκαιρης παρουσίας διαβρωτικών ατμών
 - τρεχούμενα νερά

- εξωτερικοί χώροι κτηρίων, κατοικιών ή γραφείων σε αγροτικές ή αστικές περιοχές με ατμόσφαιρα χωρίς υψηλή περιεκτικότητα σε διαβρωτικά αέρια

- συνήθη εδάφη

• Κατηγορία 3: *Παραθαλάσσιο περιβάλλον*

- παραθαλάσσιες περιοχές (απόσταση από την ακτή 1 km ή υποθαλάσσια έργα)

• Κατηγορία 4: *Πολύ διαβρωτικό περιβάλλον*

- Βιομηχανικές ζώνες, χώροι με υψηλή περιεκτικότητα σε χημικά προϊόντα (αέρια, υγρά ή ξηράς μορφής)

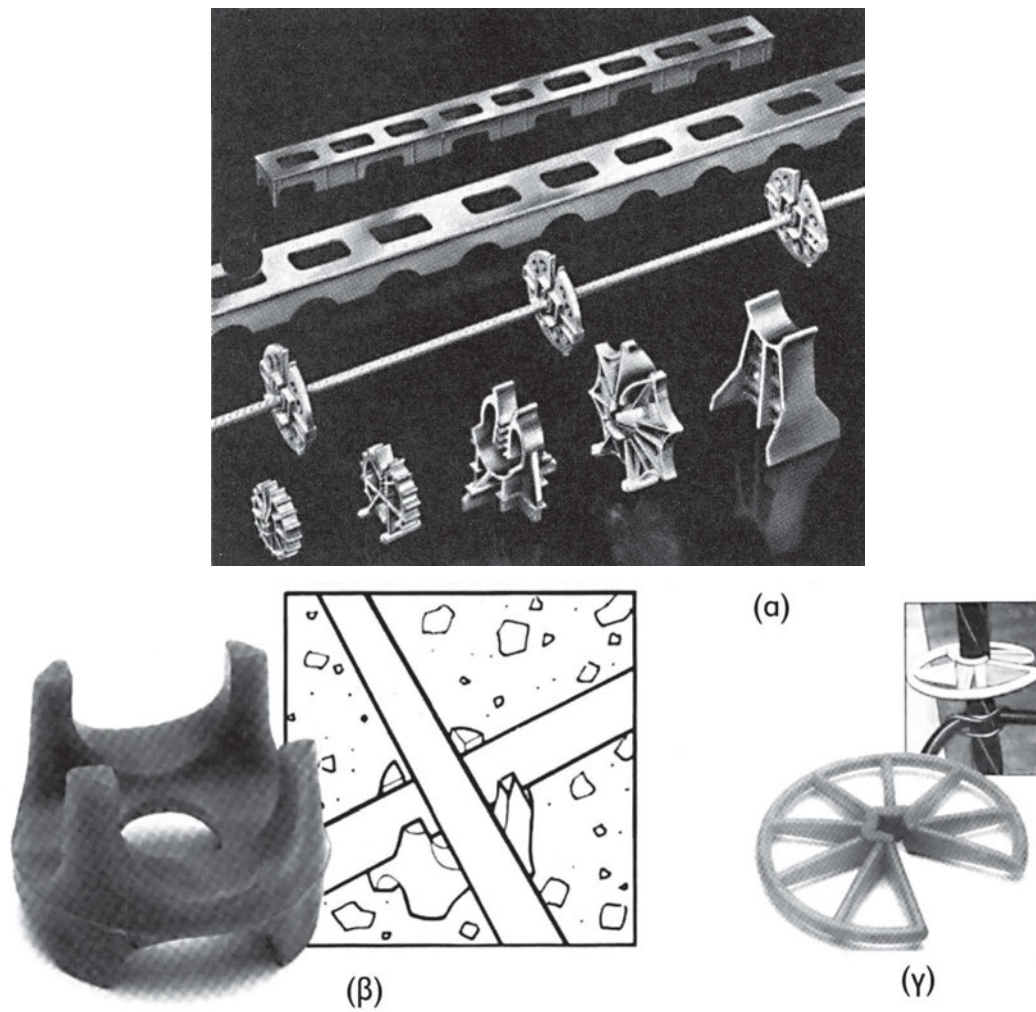
Η ελάχιστη απαιτούμενη επικάλυψη οποιασδήποτε ράβδου οπλισμού (απόσταση μεταξύ ράβδου και πλησιέστερης επιφάνειας σκυροδέματος) δίνεται στον *πίνακα 16.1* ως συνάρτηση της κατηγορίας περιβάλλοντος και του είδους του δομικού στοιχείου.

Η τελική τιμή της ελάχιστης επικάλυψης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση από 15mm, ενώ η ονομαστική τιμή της επικάλυψης προκύπτει από την τιμή της ελάχιστης αυξημένη κατά 5 mm.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ				ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΓΙΑ				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ				Πλάκες ή κελύφη	Προτανυόμενους τένοντες	Προεντετανυόμενους τένοντες	C12 - C20	C40-C50
1	2	3	4					
15	20	40	25-40*	-5	+5	+10	+5	-5

Πιν. 16.1 Ελάχιστες τιμές επικάλυψης σε mm

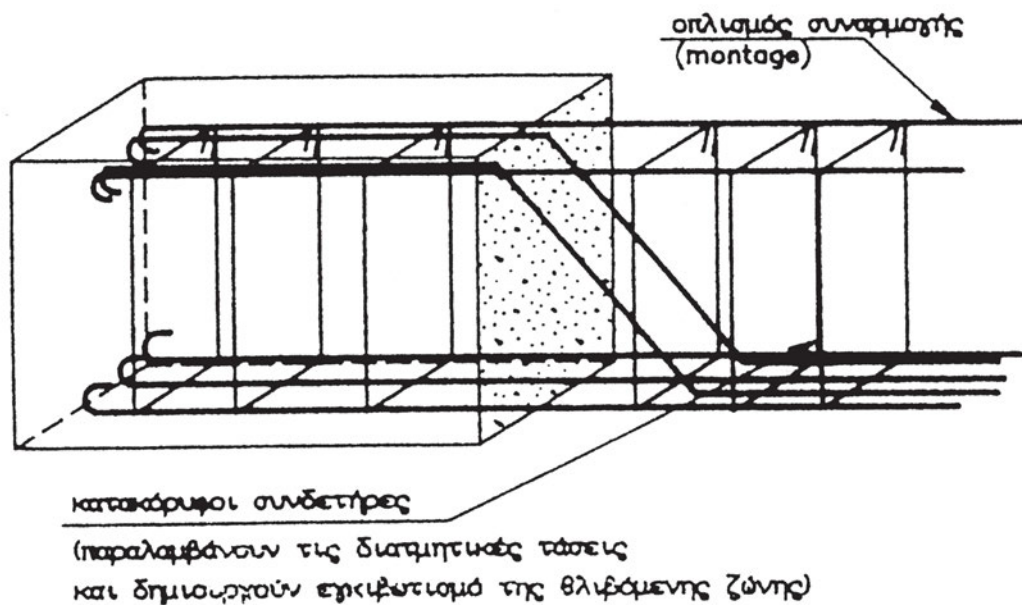
Για να εξασφαλισθεί η σωστή επικάλυψη, τοποθετούνται οι αποστασιοποιητές. Αυτοί κρατάνε κατά τη σκυροδέτηση τις ράβδους οπλισμού στη σωστή απόσταση από τον ξυλότυπο ή τον μεταλλότυπο, που είναι ουσιαστικά το «καλούπι» για τη σκυροδέτηση. Παρότι η χρήση αποστασιοποιητών δεν είναι υποχρεωτική, αυτοί είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι και διασφαλίζουν μία πιο ποιοτική κατασκευή. Μερικές μορφές αποστασιοποιητών φαίνονται στο *σχήμα 16.5*.



Σχήμα 16.5 (α) Μερικές μορφές αποστασιοποιητών, (β) και (γ) αποστασιοποιητής και τοποθέτηση.

16.5 ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

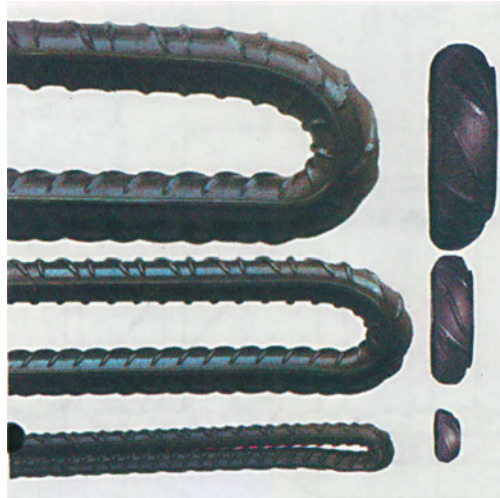
Όπως έχει γίνει σαφές στο προηγούμενο κεφάλαιο, συνδετήρες τοποθετούνται σε όλο το μήκος των δοκών. Αυτοί οι συνδετήρες μπορεί να είναι πυκνότεροι ή αραιότεροι ανάλογα με το μέγεθος της τέμνουσας V και τις διατάξεις του κανονισμού. Οι συνδετήρες τοποθετούνται έτσι ώστε να εγκιβωτίζουν τον διαμήκη οπλισμό. Έτσι τίθεται το ερώτημα, πώς θα τοποθετηθούν οι συνδετήρες αφού ο διαμήκης οπλισμός συνήθως είναι από τη μία μεριά της δοκού μόνο καθώς τοποθετείται συνήθως στην εφελκυσμένη ζώνη. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα τοποθετείται οπλισμός *montage*, που είναι κατασκευαστικός και τοποθετείται γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο. Τυπικά ως οπλισμός συναρμογής τοποθετούνται δύο ράβδοι διαμέτρου 14mm (2Φ14).



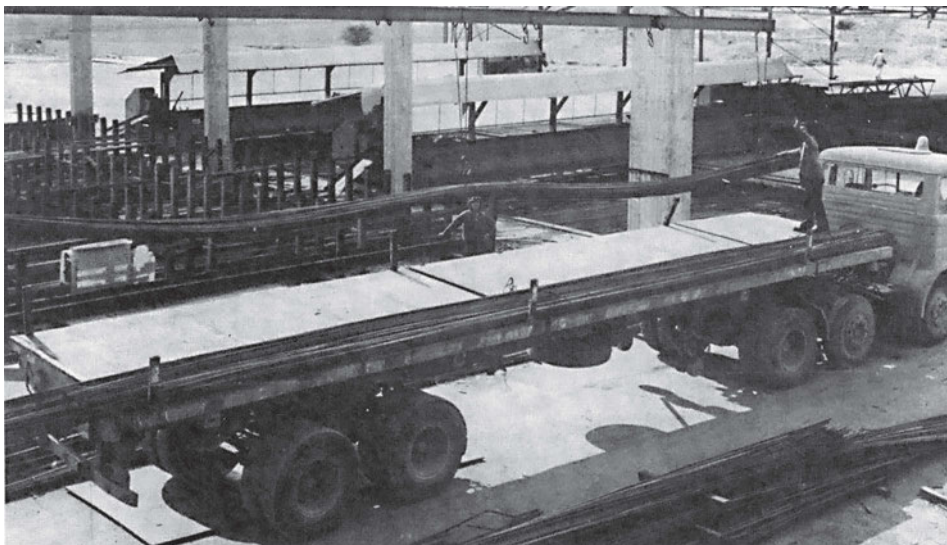
Σχήμα 16.6 Τοποθέτηση οπλισμού *montage*.

16.6 ΚΑΜΨΗ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο οπλισμός (διαμήκης ή συνδετήρες) για να τοποθετηθεί πρέπει να πάρει την απαραίτητη μορφή. Οι ράβδοι μεταφέρονται κατ' αρχάς ευθύγραμμοι (σχήμα 16.8) και στη συνέχεια κόβονται στο ζητούμενο μήκος. Μετά κάμπτονται οι οπλισμοί που θα τοποθετηθούν σπαστοί και οι συνδετήρες. Για να γίνει αυτό χρησιμοποιούμε ειδικό μηχάνημα (σχήμα 16.9). Ο χάλυβας έχει την ιδιότητα να μπορεί να καμφθεί μέχρι τις 180° , όπως φαίνεται στο σχήμα 16.7.



Σχήμα 16.7 Κάμψη οπλισμού κατά 180°



Σχήμα 16.8 Μεταφορά ράβδων οπλισμού στο εργοτάξιο.



Σχήμα 16.9 Κάμψη οπλισμού με το ειδικό μηχάνημα.



Σχήμα 16.10 Σκυροδέτηση σε εξέλιξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- E 102-84** Προδιαγραφές επί τόπου Δοκιμών Βραχομηχανικής
Φ.Ε.Κ. 70/8-2-1985.
- E 103-84** Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών
Βραχομηχανικής, Φ.Ε.Κ. 70/8-2-1985.
- E 104-85** Τεχνικές Προδιαγραφές Γεωλογικών Εργασιών
μέσα στα πλαίσια των μελετών Τεχνικών Έργων,
Φ.Ε.Κ. 29/11-2-1986.
- E 105-86** Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών
Εδαφομηχανικής, Φ.Ε.Κ. 95/31-12-86.
- E 106-86** Προδιαγραφές επί τόπου Δοκιμών
Εδαφομηχανικής, Φ.Ε.Κ. 95/31-12-86.
- Αναγνωστόπουλος Α., Παπαδόπουλος Β.: **Επιφανειακές
Θεμελιώσεις**, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα 1989.
- Αναγνωστόπουλος Α. :**Θεμελιώσεις με Πασσάλους**, Εκδόσεις
ΣΥΜΕΩΝ, Αθήνα 1990.
- Μαρκέτος Ε., **Μαθήματα Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων**,
Αθήνα 1990.
- Stiegler W. : **Το έδαφος στις θεμελιώσεις**, Εκδόσεις Μ.
Γκιούρδας, Αθήνα 1977.
- Β.Δ. 10/31-12-1945 (ΦΕΚ325Τ.Α): “Περί Κανονισμού Φορτίσεων Δομικών Έργων”.
- Β.Δ. 18.2/26-7-1954 (ΦΕΚ160Α): “Περί Κανονισμών δια την Μελέτην και Εκτέλεσιν Έργων
εξ Ωπλισμένου Σκυροδέματος”.
- Β.Δ. 19/26-2-1959 (ΦΕΚ36Α): “Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων”.
- ΦΕΚ 266/9-5-1985: “Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος”.
- ΦΕΚ Β 1068/31-12-1991: “Κανονισμός για τη Μελέτη και Κατασκευή Έργων από
Σκυρόδεμα”.
- ΦΕΚ Β 613/12-10-1992: “Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός”.
- ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83)”,
American Concrete Institute, Detroit, 1983.
- CEB-FIP: “CEB-FIP Model Code for Concrete Structures”, CEB, April 1978.
- CEB-FIP B.I. 190a: “Model Code 1990-First Predraft”, Dubrovnik, September 1988.
- CEB: “Model Code for Seismic Design of Concrete Structures”, B.I. No 165, Paris, April 1985.
- IABSE: “Structural Eurocodes”, Davos, 1992.

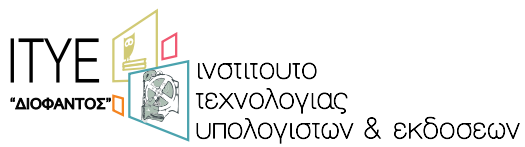
- Καλευράς Β., “Μαθήματα Ωπλισμένου Σκυροδέματος”, Ξάνθη, 1981.
- Τάσιος Θ., “Μαθήματα Ωπλισμένου Σκυροδέματος”, Αθήνα, 1984.
- Καραμπίνης Α., “Κατασκευές Ωπλισμένου Σκυροδέματος”, Τόμος Ι, Ξάνθη 1993..
- ACI: “Guide for Use of Admixtures in Concrete”, ACI 212.2R-71.
- ASTM: “Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials”, ASTM STP 169-A, 1975..
- Eurocode 2: “Concrete Structures”.
- IABSE-JCSS, “General Principles”, Zurich, 1981.
- Park R., Paulay T., “Reinforced Concrete Structures”, J. Wiley, 1975.
- Πενέλης Γ., “Μαθήματα Σιδηροπαγούς Σκυροδέματος”, τόμος Ι, Θεσ/νίκη, 1985.
- RILEM, CPC 4 “Compression Test”, 1975.
- ACI: “Steel Reinforcement-Properties and Availability”, ACI 439.2R-77.
- CEB: “Bending and Compression”, 1982.
- DIN 488: “Χάλυβας Ωπλισμένου Σκυροδέματος”.
- RILEM, RC 2, “Tensile test on reinforcement steels for reinforced concrete”.
- Wang C., Salmon C., “Reinforced concrete design”, 3rd Edition, 1979.
- Ελληνική Επιστημονική Εταιρεία Ερευνών Σκυροδέματος, “Βοήθημα – Για την χρήση του κανονισμού

ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (Για τα κεφάλαια 1,8,9,10,11,12)

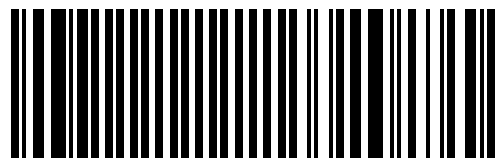
- ΙΤΣΑΚ: Σεισμοί της Καλαμάτας, Έκδοση ΤΕΕ.
- Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό, ΕΜΠ `81.
- Διατήρηση και ανάπτυξη παραδοσιακών οικισμών, εκδόσεις ΕΟΤ.
- Renovat-ceresit, συγκεντρωτικό εγχειρίδιο - νέα υλικά.
- Διαφημιστικά φυλλάδια αντίστοιχων εταιρειών.
- Φωτογραφίες από το προσωπικό αρχείο του Β. Σερέφογλου.

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.



Κωδικός βιβλίου: 0-24-0128
ISBN 978-960-06-2910-1



(01) 000000 0 24 0128 7