

4

Θεμελιώσεις

4.1. Οι θεμελιώσεις ως δομικά στοιχεία

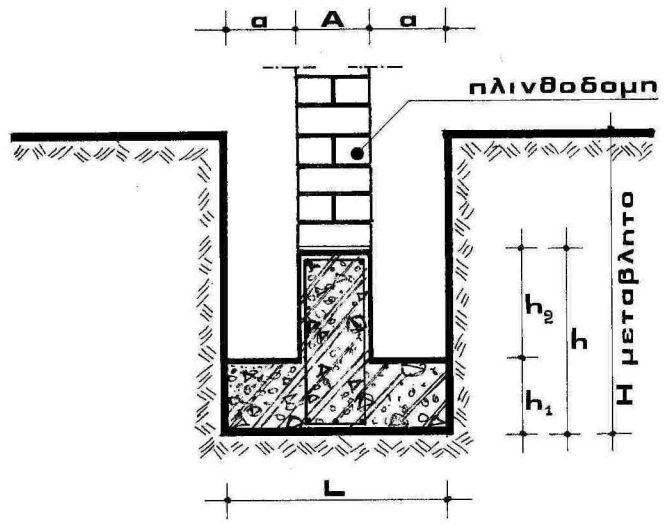
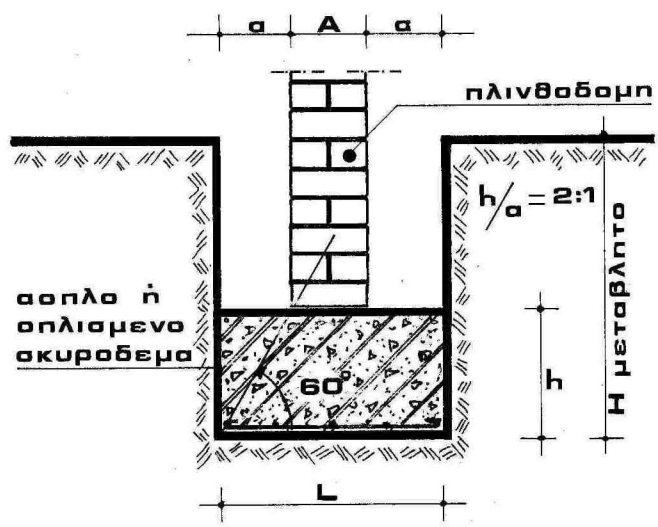
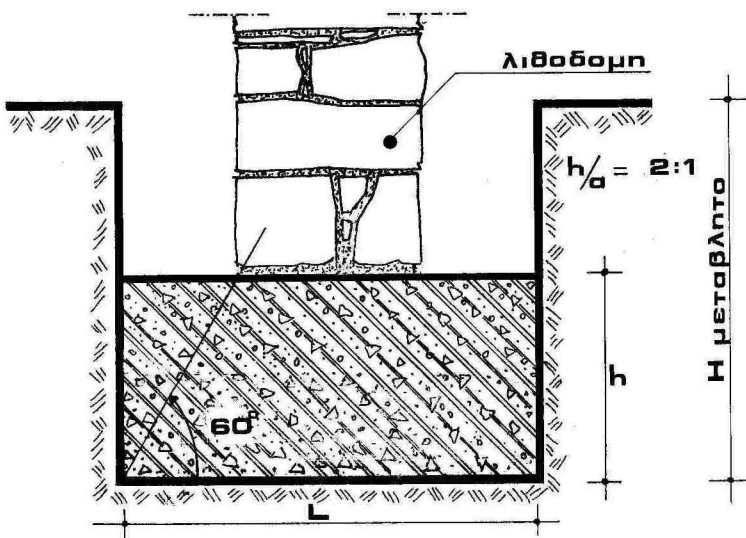
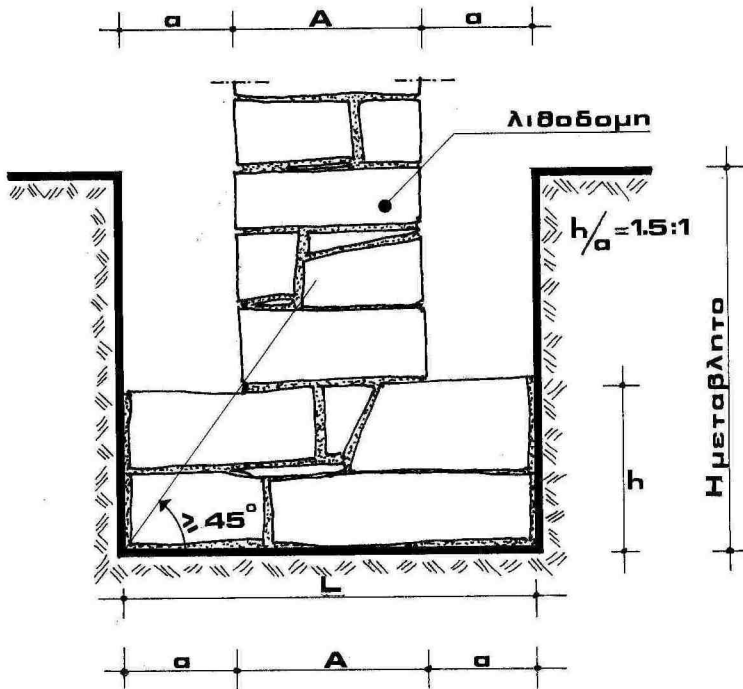
Θεμελιώσεις είναι τα δομικά στοιχεία εκείνα, που παραλαμβάνουν τα νεκρά (μόνιμα) και ωφέλιμα φορτία μιας κατασκευής και τα μεταβιβάζουν στη γη. Αποτελούν τα βασικότερα μέλη του φέροντα οργανισμού ενός δομικού έργου, γιατί μ' αυτά επιτυγχάνεται η ασφαλής και ομοιόμορφη στήριξη πάνω στο έδαφος. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται να σχεδιάζονται και να υπολογίζονται έτσι κατάλληλα, ώστε να είναι σε θέση να διανέμουν ομοιόμορφα τα κατακόρυφα φορτία που παραλαμβάνουν πάνω σε μια επαρκή οριζόντια επιφάνεια εδάφους. Πρέπει να μπορούν ακόμα να εξασφαλίζουν το Φ.Ο. από τις οριζόντιες ωθήσεις (σεισμούς) καθώς και τις απρόβλεπτες ή αναμενόμενες εδαφολογικές παραμορφώσεις (καθιζήσεις). Αποτελούν επομένως οι θεμελιώσεις σοβαρότατο αντικείμενο έρευνας και μελέτης με το οποίο ασχολούνται ιδιαίτερα οι κλάδοι της Δομικής Μηχανικής, της Εδαφομηχανικής και της Τεχνικής Γεωλογίας.

Η σύσταση του εδάφους καθορίζει και το ανώτατο όριο αντοχής του σε θλίψη. Το όριο αυτό ονομάζεται **επιτρεπόμενη τάση εδάφους** και είναι ο λόγος του φορτίου (N) προς την επιφάνεια θεμελίωσης (F) ($\sigma=N/F$): είναι δε η τάση αυτή ορισμένη από τους κανονισμούς, για τις διάφορες κατηγορίες εδάφους¹³.

Για μεγάλα τεχνικά έργα όμως είναι απαραίτητο να προσδιορίζεται η επιτρεπόμενη τάση όχι εμπειρικά, αλλά μετά από προσεκτική εδαφοτεχνική έρευνα και μελέτη, με γεωτρήσεις, εργαστηριακές μετρήσεις της αντοχής του εδάφους, υπολογισμούς και υπεύθυνες προτάσεις. Με τις προτάσεις αυτές καθορίζονται το είδος και ο τρόπος εκτέλεσης της θεμελίωσης, ανάλογα με την τάση που προέκυψε, ή οι ενδεχόμενοι τρόποι βελτίωσης της σύστασης του εδάφους, αν η τάση αυτή είναι ασύμφορα χαμηλή.

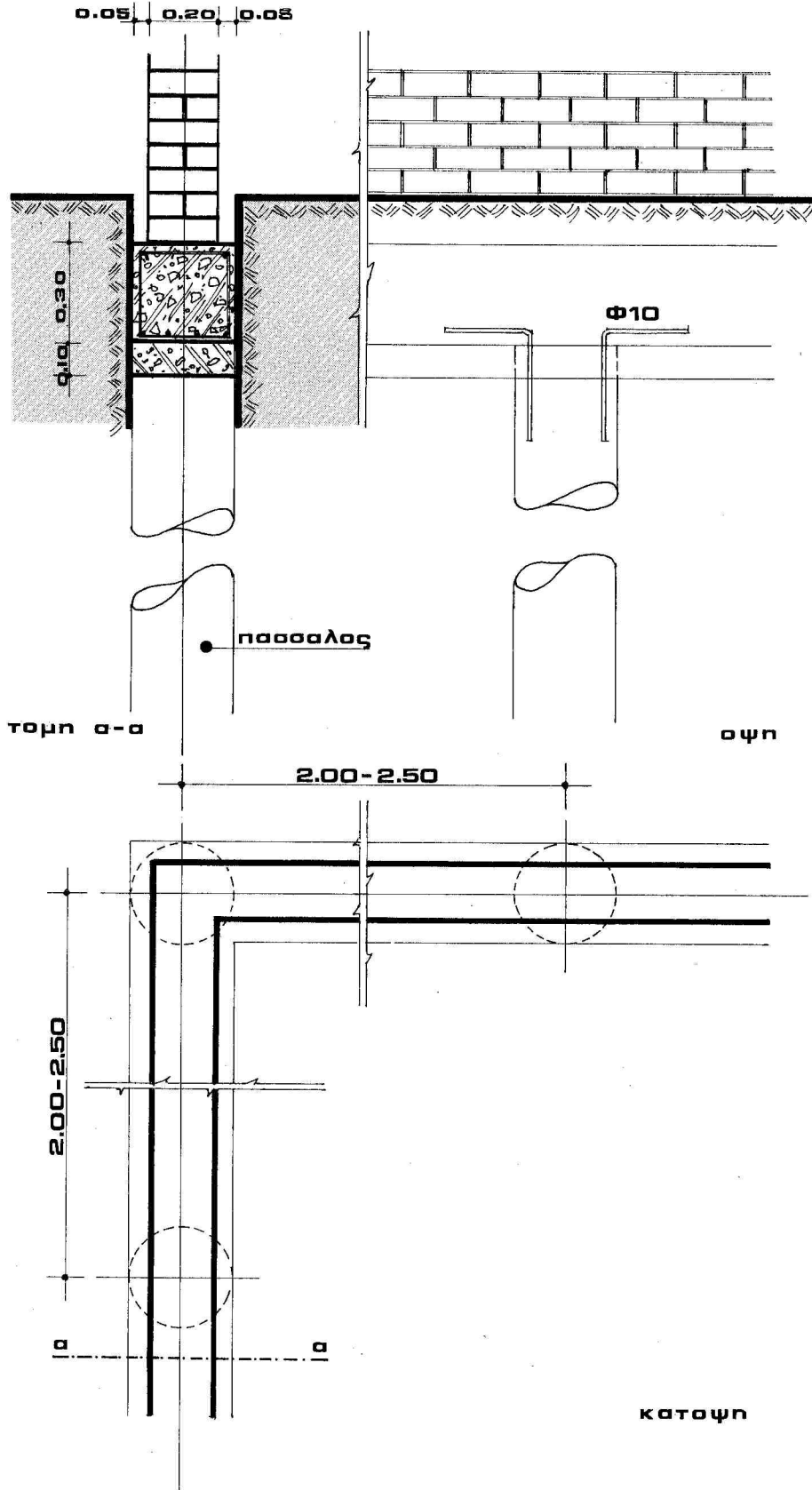
4.2. Είδη θεμελιώσεων

Υπάρχουν πολλά και διαφορετικά είδη θεμελιώσεων, ανάλογα με το σύστημα δομής του έργου και τη σύσταση του εδάφους, πάνω στο οποίο θα εδραστεί. Η σωστή επιλογή του κατάλληλου – για κάθε περίπτωση – είδους θεμελίωσης πρέπει να είναι αποτέλεσμα του ορθού συνδυασμού γνώσης, εμπειρίας και κατασκευαστικής διαίσθησης του μελετητή: ένα αποτέλεσμα που οδηγεί σε λύσεις γρήγορες και οικονομικές, και θα εξασφαλίζει στο έργο την απαραίτητη σταθερότητα και διάρκεια ζωής. Ανάλογα με το σύστημα δομής του Φ.Ο. τις θεμελιώσεις τις διακρίνουμε σε επιμήκεις, σε θεμελιώσεις σκελετού από οπλισμένο σκυρόδεμα και σε θεμελιώσεις μεταλλικών σκελετών.



κλ. 1:20

Πίνακας 9. επιρκεις θεμελιωσεις



κλ. 1:20

Πίνακας **10.** επιμηκείς βαθιές θεμελιώσεις

4.2.1. Επιμήκεις θεμελιώσεις

Με τις επιμήκεις θεμελιώσεις επιτυγχάνεται η έδραση μεγάλου μήκους σύνθετων ή ολόσωμων κατακόρυφων φερόντων δομικών στοιχείων. Τέτοια είναι οι λιθοδομές, οι τοιχοποιίες από τεχνητούς λίθους (πλινθοδομές, ή σιμεντοπλινθοδομές), οι χυτοί ή προκατασκευασμένοι τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι θεμελιώσεις αυτές μπορεί να προβλέπονται επιφανειακές ή σε μεγάλο βάθος, ανάλογα με τη φύση του εδάφους. Το ελάχιστο βάθος τους από την επιφάνεια του εδάφους δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0,80 ως 1,00 μ., ώστε να προφυλάγονται από τις επιδράσεις του παγετού. Η αρχή αυτή είναι γενική, όπως γενική είναι και η παραδοχή πως η κατανομή των πιέσεων στα θεμέλια δεν πρέπει να ξεπερνά τη γωνία των 45°, προκειμένου για λιθοδομές, και των 60° προκειμένου για σκυροδέματα (πιν. 9).

Αν το έδαφος έχει πολύ μικρή συνεκτικότητα, αν δηλαδή έχει μικρή επιτρεπόμενη τάση, τότε οι επιμήκεις θεμελιώσεις εδράζονται πάνω σε πασάλους που ενεργούν ως υποστυλώματα, τα οποία μεταφέρουν τα κατακόρυφα φορτία σε μεγαλύτερο βάθος, σε στρώματα υπεδάφους περισσότερο συνεκτικά (πιν. 10).

4.2.2. Θεμελιώσεις σκελετού από οπλισμένο σκυρόδεμα

Με τις θεμελιώσεις σκελετού από οπλισμένο σκυρόδεμα εξασφαλίζεται η έδραση των κατακόρυφων φερόντων μελών του Φ.Ο. (υποστυλώματα ή φέροντα τοιχώματα). Διακρίνονται στις εξής τρεις κατηγορίες και έχουν εφαρμογή μόνο στην περίπτωση **επιφανειακών** θεμελιώσεων:

- Τα **ανεξάρτητα πέδιλα**, στις περιπτώσεις που οι αποστάσεις μεταξύ των αξόνων των υποστυλωμάτων ή των τοιχωμάτων – και προς τους δυο άξονες συντεταγμένων – είναι τέτοιες, ώστε να είναι δυνατή η άνετη ανάπτυξη της αναγκαίας επιφάνειας του πεδίου έδρασής τους. Αναγκαία επίσης συνθήκη είναι να μη γίνεται αλληλοεπικάλυψη των επιφανειών επιρροής των πεδίων, για να αποφεύγονται έτσι οι ανομοιόμορφες καθιζήσεις. Η ίδια μέριμνα πρέπει να υπάρχει, σε περίπτωση που τα πέδιλα δεν εδράζονται στην ίδια στάθμη. Και για τις δυο αυτές περιπτώσεις είναι χρήσιμο να αναφερθεί πως η κατανομή των πιέσεων για τα γαιώδη εδάφη γίνεται με γωνία 30°, ενώ για τα βραχώδη με γωνία 60°. Ο αντισεισμικός κανονισμός επιβάλλει να συνδέονται πάντα τα ανεξάρτητα πέδιλα με συνδετήριες δοκούς, για να παραλαμβάνονται μ' αυτές οι οριζόντιες ωθήσεις που προκαλεί ένας ισχυρός σεισμός¹⁴ (πιν. 11).
- Τις **πεδιλοδοκούς**, στις περιπτώσεις που οι αποστάσεις μεταξύ των κατακόρυφων φερόντων δομικών στοιχείων είναι μικρές, ή ακόμα όταν η επιτρεπόμενη τάση του εδάφους είναι χαμηλή ή ανομοιόμορφη. Η έδραση ενός σκελετού είναι δυνατό να επιτευχθεί με τη συνδυασμένη εφαρμογή ανεξάρτητων πεδίων και πεδιλοδοκών, ανάλογα με τη διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων του· εφαρμόζονται τότε και πάλι όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σε ό,τι αφορά τις επιφάνειες επιρροής (πιν. 12).

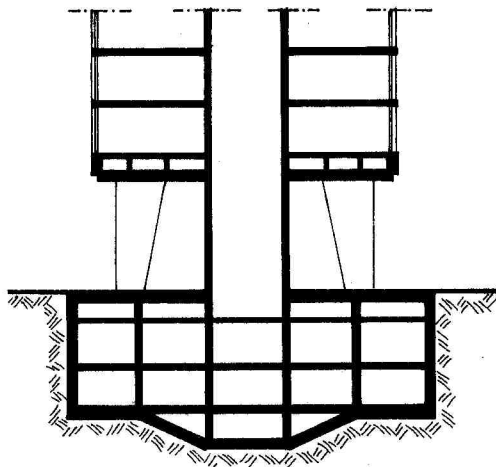
- Τις **κοιτοστρώσεις**, που εκτείνονται σε όλη την επιφάνεια του κτιρίου, στις περιπτώσεις που το έδαφος είναι χαλαρό και τα κατακόρυφα φορτία της ανωδομής αυξημένα. Όταν στο υπέδαφος υπάρχουν άφθονα υπόγεια νερά με υψηλό οριζόντα, η κοιτόστρωση διαμορφώνεται ως **στεγανολεκάνη**, μέσα στην οποία εδράζεται, προστατευμένο πια από την επίδραση των νερών, ολόκληρο το κτίριο. Φυσικά μια τέτοια αντιμετώπιση είναι πάντα πολυδάπανη, ιδιαίτερα όταν για την κατασκευή των περιμετρικών τοιχείων της στεγανολεκάνης απαιτούνται ισχυρές αντιστηρίξεις με προεντεταμένα στοιχεία αγκύρωσης ή με άλλες σύνθετες μεθόδους (πιν. 12). Πολύ συχνά, σε περιπτώσεις υψηλών κτιρίων, ολόκληρος ο όγκος των υπογείων αντιμετωπίζεται και μελετιέται ως ενιαίος στατικός φορέας, πάνω στον οποίο εδράζεται η ανωδομή (πιν. 11).

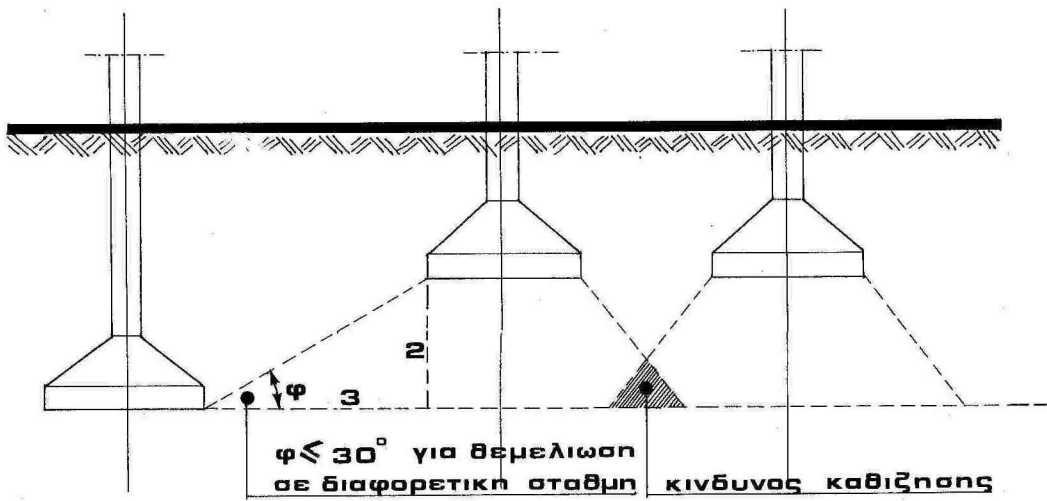
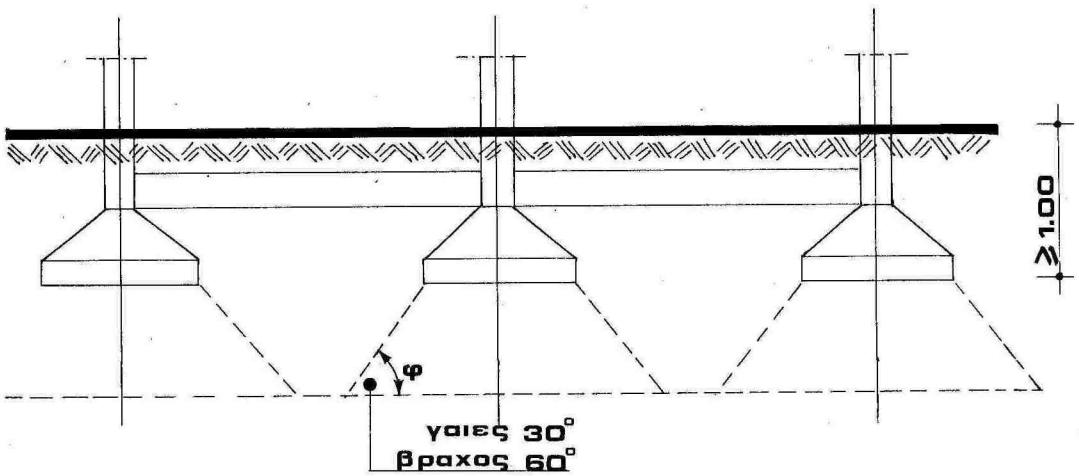
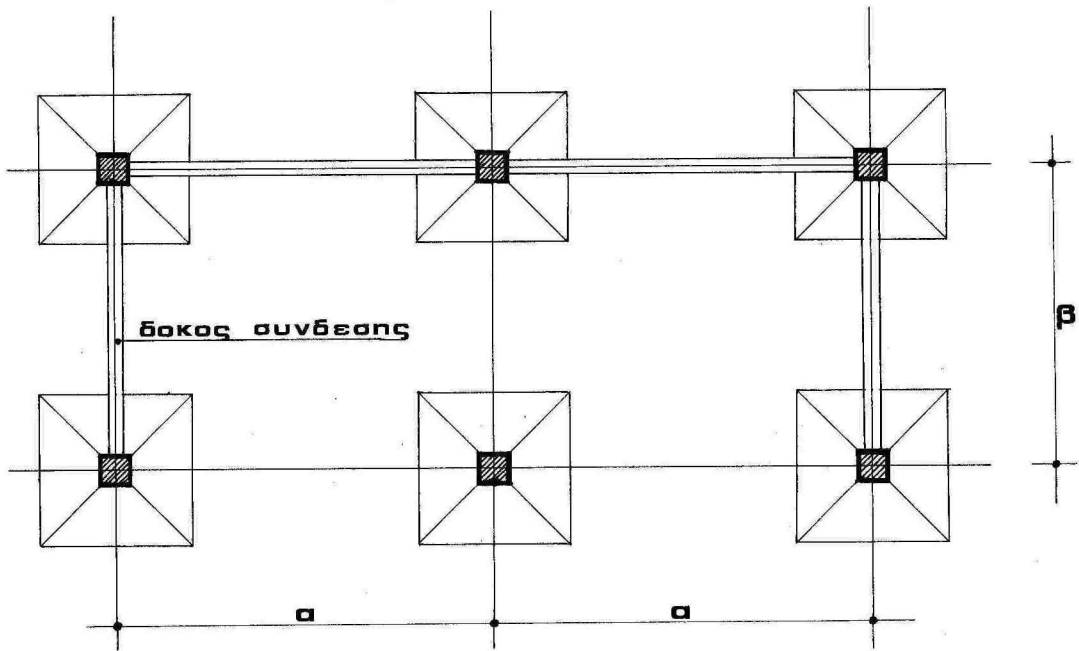
4.2.3. Βαθιές θεμελιώσεις

Όταν η αντοχή του εδάφους στα επιφανειακά στρώματα είναι πολύ μικρή, επιδιώκεται να θεμελιωθεί το κτίριο σε στρώματα βαθύτερα και ανθεκτικότερα, με αυξημένη επιτρεπόμενη τάση. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται η μέθοδος των βαθιών θεμελιώσεων που διακρίνονται στα:

- **Βάθρα** από λιθοδομή ή σκυρόδεμα, κατασκευές που εφαρμόζονται για βάθη μέχρι το πολύ 5,00 μ. και μόνο όπου δεν υπάρχουν υπόγεια νερά (πιν. 13.1).
- **Φρέατα**, που αφορούν θεμελιώσεις μέσα στο νερό, δηλαδή τεχνητά πηγάδια που διαμορφώνονται από κυλινδρικά κιβώτια, τα οποία τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο και βυθίζονται μέχρι να φτάσουν σε έδαφος συνεκτικό. Τα κιβώτια-φρέατα που είναι συνήθως μεταλλικά ή από σκυρόδεμα, εγκιβωτίζουν το νερό και χρησιμεύουν σαν καλούπια μέσα στα οποία θα χυθεί στη συνέχεια σκυρόδεμα υψηλής αντοχής, για να διαμορφωθεί έτσι ένα είδος βάθρου. Το νερό που υπάρχει μέσα στα φρέατα ή αντλείται ή εκτοπίζεται κατά τη διάρκεια της

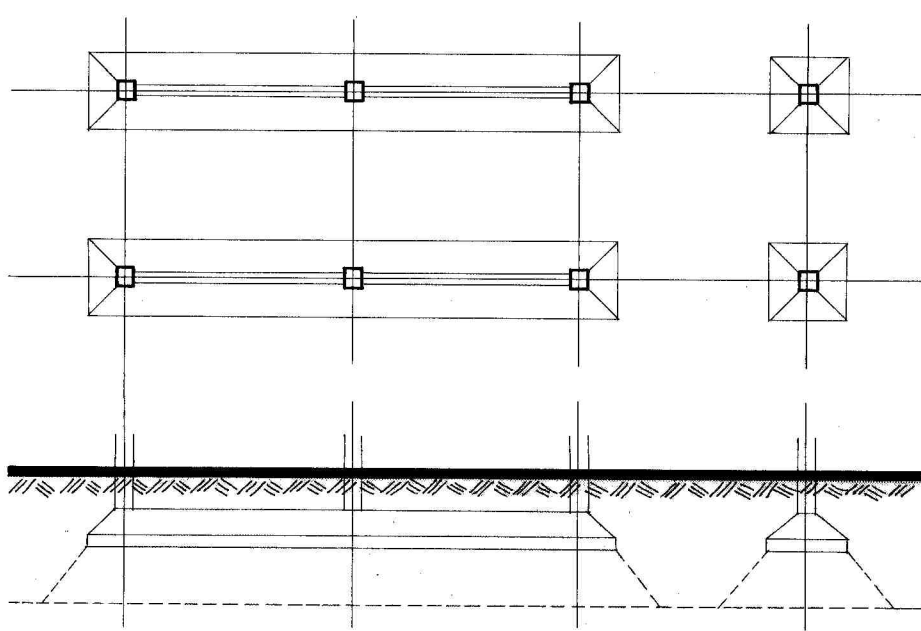
το υπογείο ως φορέας εδρασης



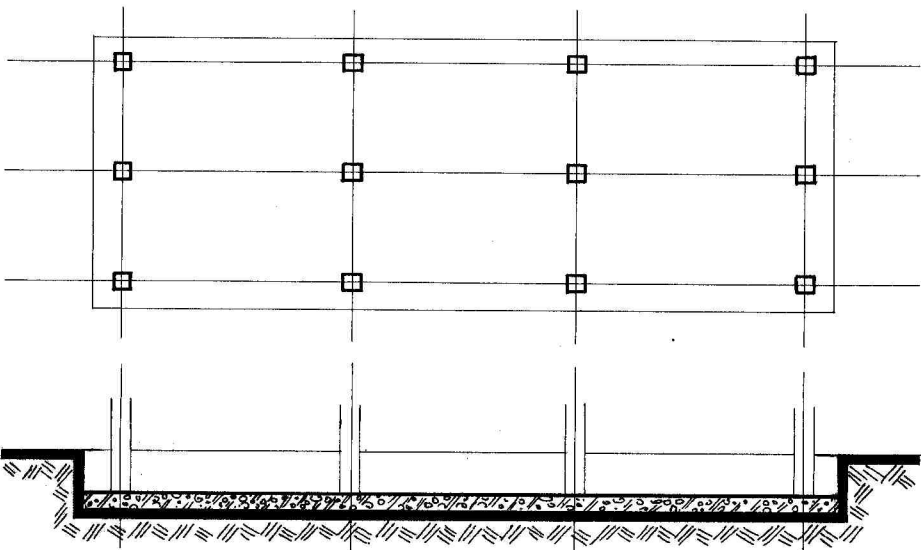


κλ. 1:100

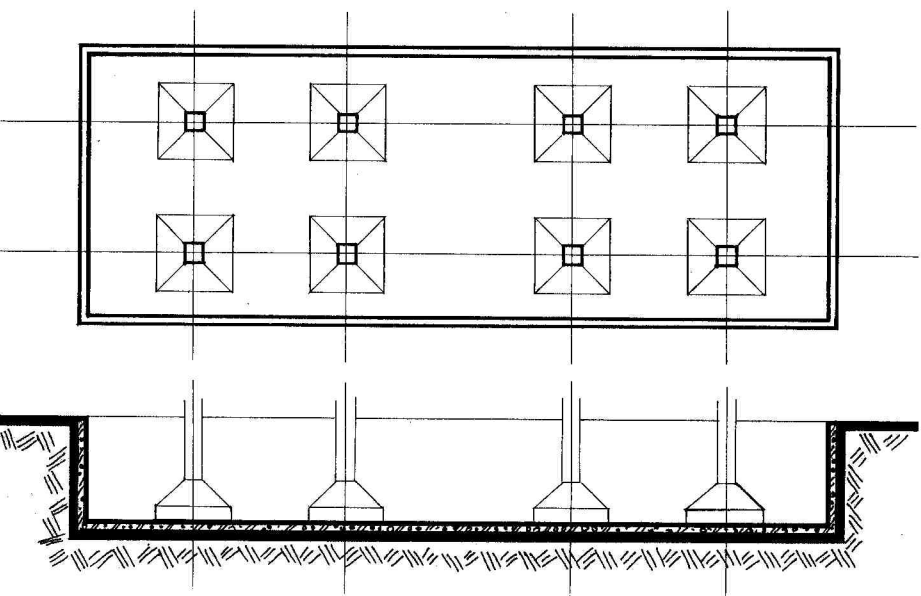
πίνακας 11. ανεξάρτητα πεδία



11.1 πεδιλοδοκος



11.2 κοιτοστρωση



11.3 στεγαναλεκανη

κλ. 1:200

σκυροδέτησης. Το οικονομικά παραδεκτό βάθος μιας τέτοιας κατασκευής δεν είναι περισσότερο από 25,00 μ. περίπου, και ενδείκνυται σαν λύση μόνο για περιπτώσεις μεγάλων, μεμονωμένων κατακόρυφων φορτίων (πιν. 13.1).

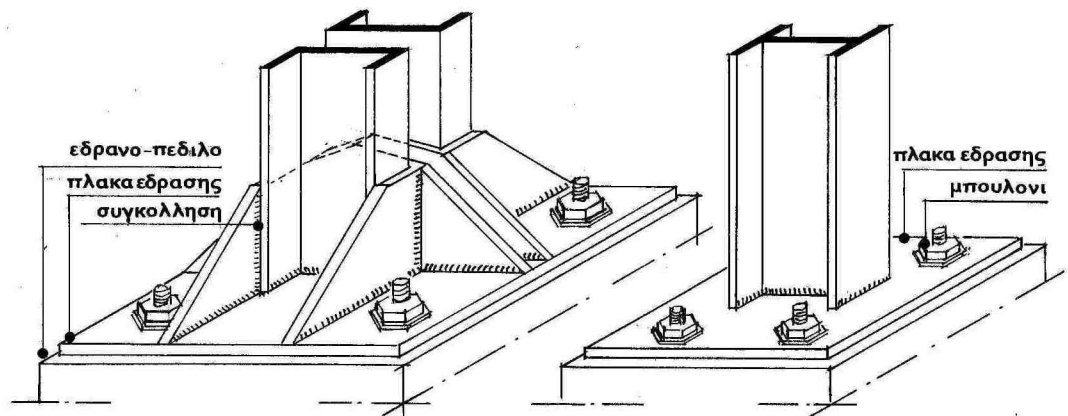
4.2.4. Θεμελιώσεις με πασσάλους

Το είδος αυτό θεμελίωσης εφαρμόζεται συχνά για να εδραστούν πάνω σε χαλαρό έδαφος πολυόροφα κτίρια ή μεγάλα τεχνικά έργα με σημαντικά κατακόρυφα φορτία. Με τους πασσάλους γίνεται κατορθωτό να αναζητηθούν σε μεγάλο βάθος στρώματα του υπεδάφους πιο συνεκτικά. Όταν οι πάσσαλοι σφηνωθούν τελικά σε συνεκτικό έδαφος, λειτουργούν ως **εδραζόμενοι**, μεταφέροντας τα φορτία της ανωδομής στα σημεία έδρασής τους. Μια τέτοια όμως κατασκευή, για να είναι εφικτή και οικονομικά υλοποιήσιμη, δεν πρέπει να ξεπερνά το βάθος των 50 μέτρων. Σε περιπτώσεις που δε συναντούμε συνεκτικό έδαφος μέσα στα όρια αυτά, είναι δυνατό να εφαρμοστεί η μέθοδος των **αιωρούμενων** πασσάλων, που λειτουργεί με βάση τις αρχές της τριβής.

Οι πάσσαλοι μπορεί να είναι ξύλινοι, μεταλλικοί ή από οπλισμένο σκυρόδεμα και να μεταφέρουν τα φορτία στο έδαφος, ανάλογα με το είδος της θεμελίωσης που θα εξυπηρετήσουν. Η επιλογή του είδους θεμελίωσης αποτελεί αποκλειστικό αντικείμενο έρευνας και μελέτης του κλάδου της Εδαφομηχανικής και των Θεμελιώσεων ο οποίος σε συνεργασία με τον κλάδο της Γεωλογίας, διερευνά βαθύτερα τις συνθήκες του υπεδάφους και προτείνει συγκεκριμένες λύσεις (πιν. 13.2-4).

4.2.5. Θεμελιώσεις μεταλλικών σκελετών

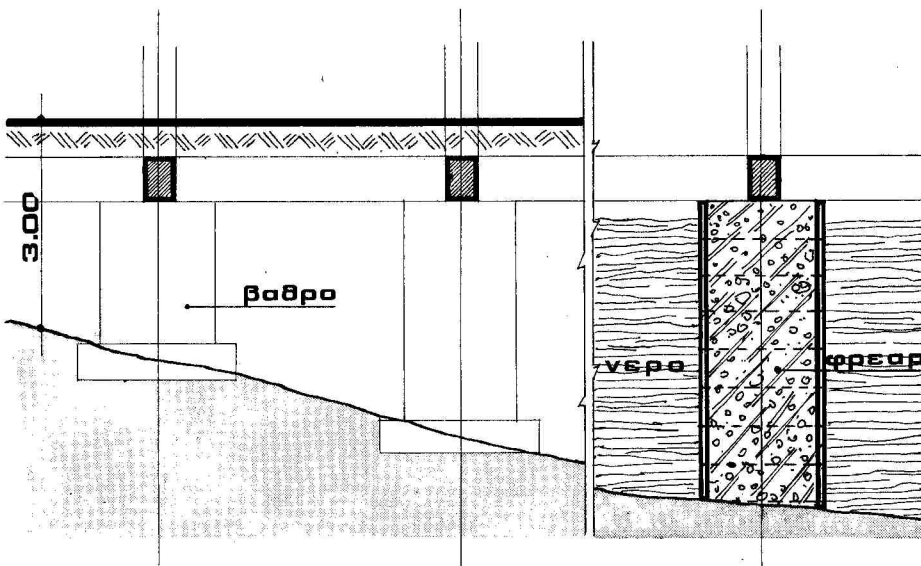
Όλα τα παραπάνω έχουν εφαρμογή και για τα κτίρια που κατασκευάζονται με χαλύβδινο σκελετό· ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους επιλέγεται τότε και ένα από τα γνωστά είδη θεμελίωσης που προσαρμόζεται καλύτερα στις ανάγκες του κτιρίου.



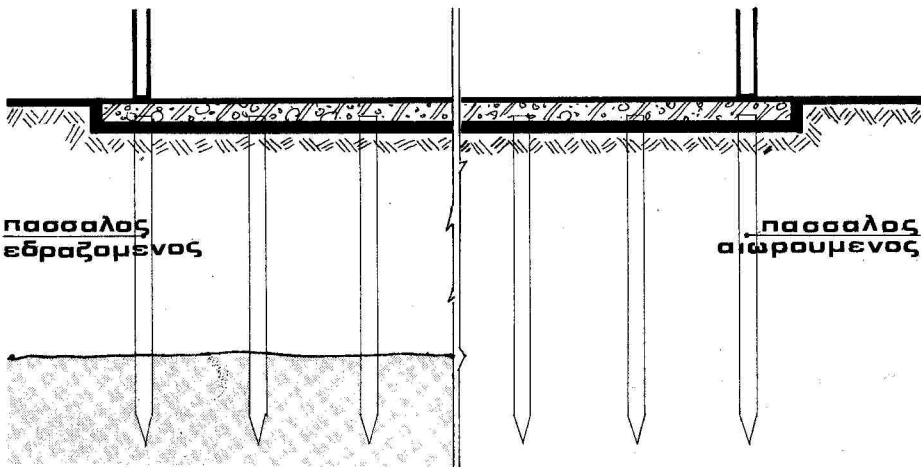
για διπλο υποστυλωμα

για μονο υποστυλωμα

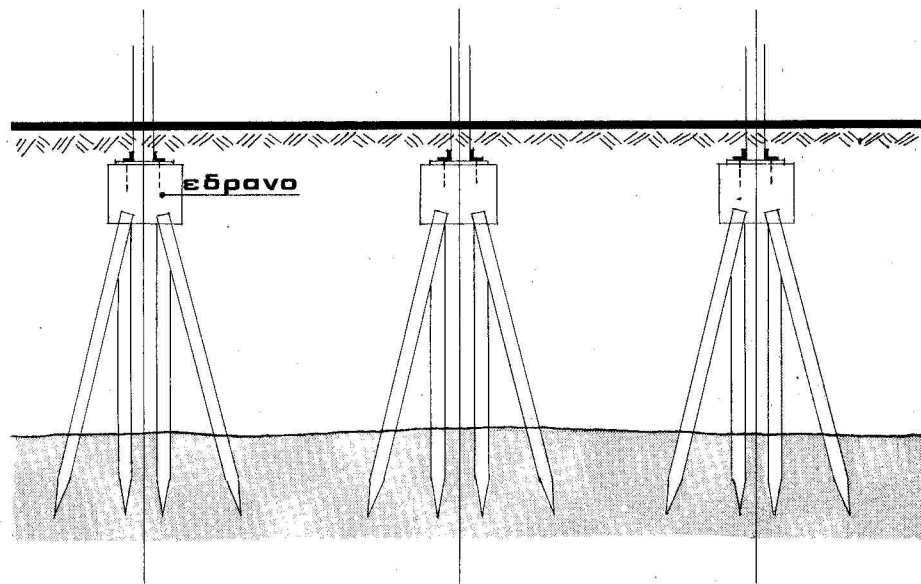
12.4 θεμελιωση μεταλλικων υποστυλωματων σε εδρανα - πεδιλα



12.1 θεμελίωση με
βαθρα ή φρεσάρ



12.2 θεμελίωση με
πασσαλούς



12.3 θεμελίωση με-
ταλλικής κατα-
σκευής πάνω σε
πασσαλούς

κλ. 1:100

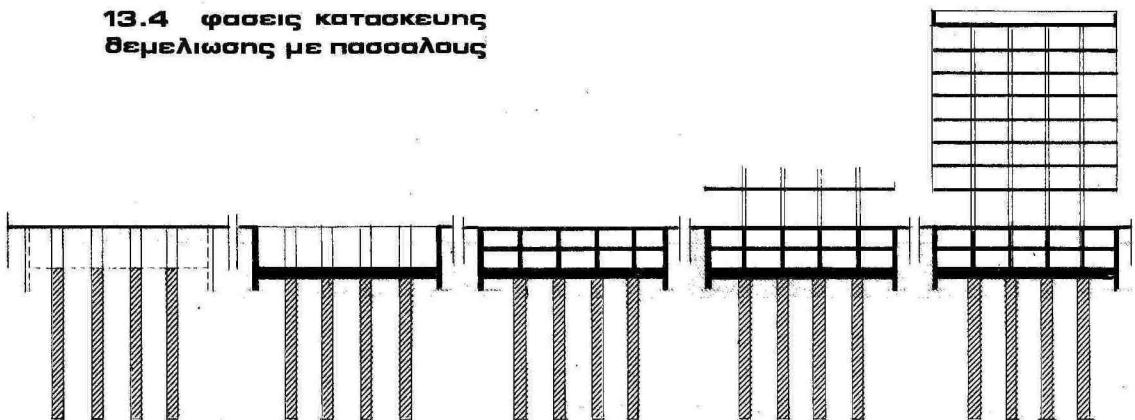
Οι μοναδικές διαφορές εμφανίζονται στη μορφή του πέδιλου – που διαμορφώνεται πλέον ως έδρανο – και στον τρόπο σύνδεσης και προσαρμογής του με το μεταλλικό υποστυλώμα. Η σύνδεση πραγματοποιείται με την παρεμβολή μιας χαλύβδινης πλάκας, που λειτουργεί σαν αμφιπροέχουσα δοκός και επιτρέπει τη διεύρυνση της επιφάνειας έδρασης του υποστυλώματος. Οι απαραίτητοι υπολογισμοί της μεταλλικής κατασκευής, σε συνάρτηση με τα φορτία, καθορίζουν τις διαστάσεις της πλάκας αυτής (πλάκα έδρασης), καθώς και τις απαραίτητες ενισχύσεις στη σύνδεσή της με το υποστυλώμα, έτσι ώστε να διατηρείται πάνω στο έδρανο η επιτρεπόμενη από τους κανονισμούς τάση. Για να αποφευχθούν οι οριζόντιες μετακινήσεις, η πλάκα έδρασης συνδέεται με το έδρανο-πέδιλο με μπουλόνια, που ενσωματώνονται σ' αυτό πριν από τη σκυροδέτησή του (πιν. 12.4 και 13.3).

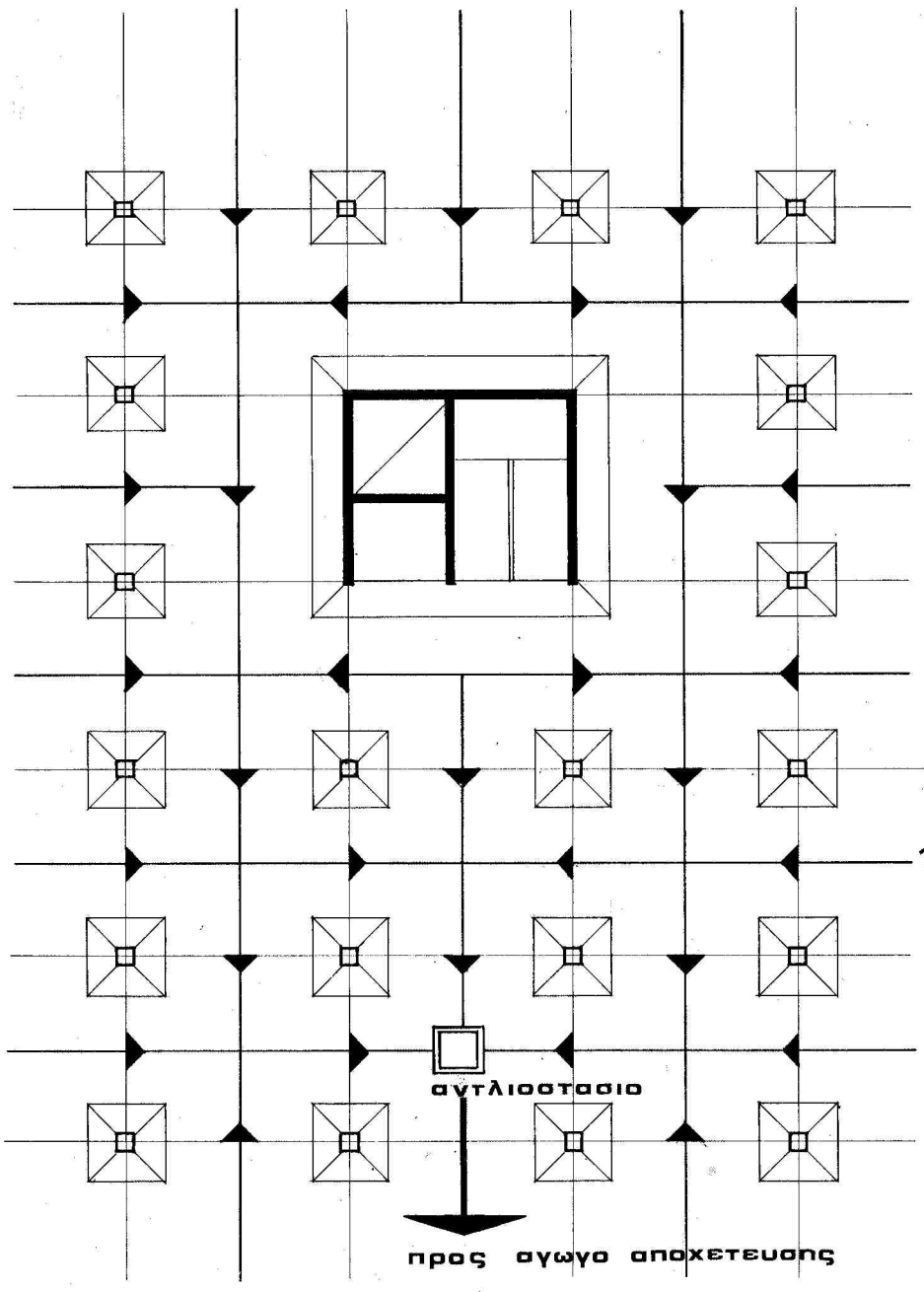
4.2.6. Βελτίωση της αντοχής του εδάφους

Ορισμένες φορές είναι δυνατό να ενισχυθεί ένα χαλαρό έδαφος έτσι κατάλληλα ώστε να μην είναι απαραίτητο να καταφύγει κανείς στις τόσο δαπανηρές λύσεις της βαθιάς θεμελίωσης με πασσάλους. Για το σκοπό αυτό ερευνάται πρώτα αν είναι εφικτό να βελτιωθεί η σύσταση του εδάφους και να αυξηθεί η αντοχή του, και κατά συνέπεια και η επιτρεπόμενη τάση του. Κάτι τέτοιο μπορεί να γίνει κατορθωτό με τους παρακάτω τρόπους:

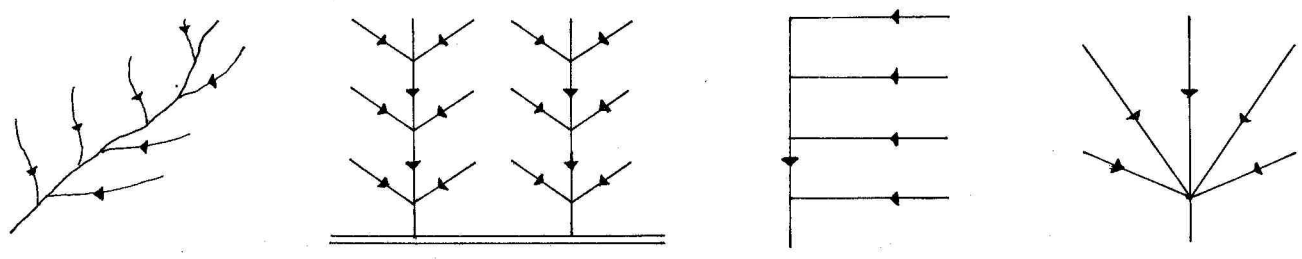
- με τη συμπίεση και συμπύκνωση του εδάφους με τη βοήθεια μηχανικού δονητή. Αποτελεί και τον πιο απλό τρόπο βελτίωσης, αρκεί η αρχική σύσταση του εδάφους (εδαφικός σχηματισμός) να επιτρέπει την εφαρμογή του. Ακολουθείται τότε η ίδια διαδικασία φάσεων εργασίας, που εφαρμόζεται γενικά και για τις επιχώσεις·
- με τη χρησιμοποίηση πασσάλων συμπύκνωσης (δονητικές βελόνες) με τους οποίους βελτιώνεται ο εδαφικός σχηματισμός, μια και συμπληρώνεται και ενισχύεται με καινούρια ξερά αμμοχάλικα, ανάλογα διαβαθμισμένα·
- με τη στερεοποίηση και συμπύκνωση του εδάφους με τη βοήθεια τσιμεντενέσεων ή διαλυμάτων χημικών ουσιών, ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους και το βαθμό συνεργασίας του με τις ουσίες αυτές.

13.4 φάσεις κατασκευής θεμελίωσης με πασσάλους





14.1 διαταξη στραγγιστηριου σε σχεση με τη θεμελιωση



14.2 γενικες διαταξεις στραγγιστηριων

κλ. 1:200

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. στραγγιστηρια

4.3. Προστασία από τα υπόγεια νερά

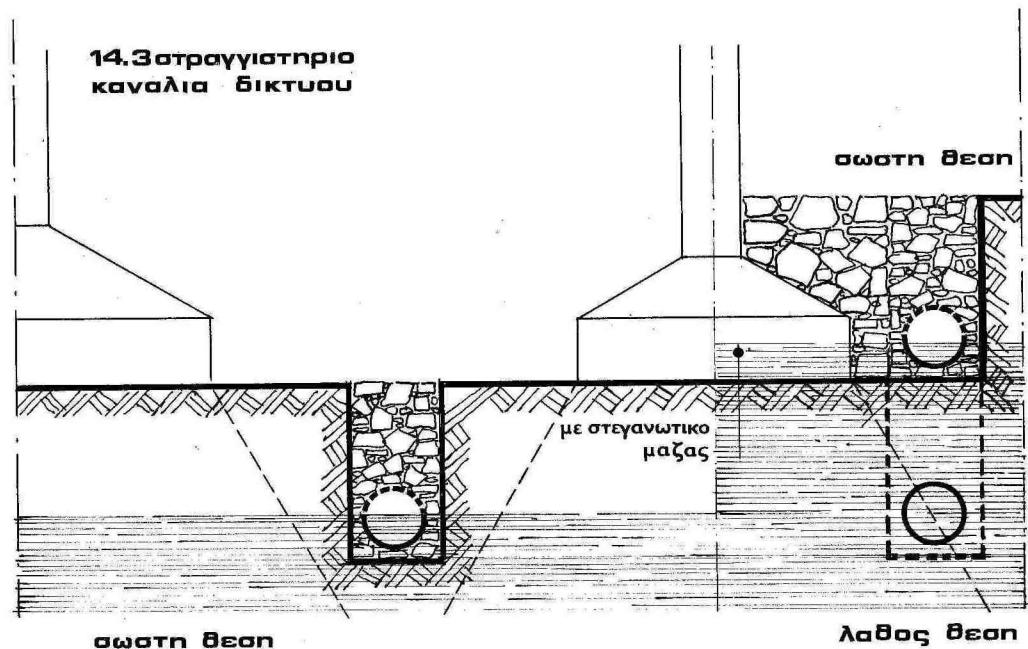
Η ύπαρξη υπόγειων νερών στο υπέδαφος του χώρου, όπου θα στηθεί ένα τεχνικό έργο, αποτελεί ένα πρόβλημα που επηρεάζει άμεσα την κατασκευή του και το τελικό του κόστος: το ύψος της στάθμης του υδάτινου οριζοντα κάνει το πρόβλημα αυτό λιγότερο ή περισσότερο σοβαρό.

Ανεξάρτητα πάντως από το πού θα είναι η στάθμη αυτή – που μεταβάλλεται άλλωστε με την κάθε εποχή – το γεγονός και μόνο ότι στο σκάμμα της γενικής εκσκαφής εμφανίστηκαν υπόγεια νερά επιβάλλει την εφαρμογή μιας σειράς κατασκευών κατάλληλων να προστατέψουν τα θεμέλια του έργου καθώς και το ίδιο το κτίριο από ανεπιθύμητες υγρασίες.

Το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπίζεται σε δυο φάσεις: με τη μέριμνα για μόνιμη απομάκρυνση των υπόγειων νερών από την περιοχή του έργου, και με την σχολαστικά επιμελημένη στεγανοποίηση όλων των επιφανειών του υπογείου, που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος.

Η μόνιμη απομάκρυνση των υπόγειων νερών, επιτυγχάνεται με τα **στραγγιστήρια**. Δηλαδή με τη δημιουργία ενός δικτύου απορροής, που δημιουργείται με κανάλια, στον πυθμένα των οποίων τοποθετούνται διάτρητοι σωλήνες (συνήθως τσιμεντοσωλήνες) που σκεπάζονται μετά με διαβαθμισμένους αργούς λίθους (λιθορριπή ή λιθοπλήρωση). Η λιθοπλήρωση είναι απαραίτητη για να προστατεύεται το δίκτυο από τις αποφράξεις που προκαλούν οι διάφορες φερτές ύλες που παρασύρουν τα υπόγεια νερά. Όταν το έδαφος είναι αρκετά συμπαγές, δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση σωλήνων· η λιθοπλήρωση και μόνο είναι αρκετή (πιν. 14).

Το δίκτυο διαμορφώνεται έτσι ώστε να διατρέχει όσο το δυνατό μεγαλύτερη επιφάνεια του οικοπέδου και διατάσσεται, κατά προτίμηση, ανάμεσα στα μεσοδιαστήματα των πεδίων και κάτω από τη στάθμη έδρασής τους. Αν όμως αυτό δεν



είναι δυνατό, αν δηλαδή τα κανάλια επηρεάζουν την κατανομή των πιέσεων που ασκούν τα πέδιλα στο έδαφος, τότε – για να αποφευχθεί ο κίνδυνος μικροκαθιζήσεων – το δίκτυο τοποθετείται σε υψηλότερη στάθμη. Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται να προστατεύονται τα πέδιλα, για να μη διαβρωθεί ο σφίλισμός τους από την υγρασία. Η προστασία επιτυγχάνεται, αν κατά τη φάση σκυροδέτησης προστεθεί στο σκυροκονίαμα που προορίζεται για τα πέδιλα ειδικό στεγανωτικό μάζας, με το οποίο θα περιοριστεί σημαντικά το πορώδες του σκυροδέματος και θα γίνει αδιαπέραστο από την υγρασία (πιν. 14.3).

Το δίκτυο μπορεί να έχει οποιαδήποτε διάταξη, ανάλογα με τη διάταξη των πεδίων, διαμορφώνεται όμως με μια γενική κλίση απορροής, που κατευθύνει τα νερά προς μια διέξοδο αποχέτευσής τους (ρέμα, υπόνομος). Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο είναι αδύνατο, τότε τα νερά συγκεντρώνονται σε ένα κεντρικό σημείο (πηγάδι ή βόθρο), από όπου με μηχανικό τρόπο κατευθύνονται στον υπόνομο, για να απομακρυνθούν έτσι από το κτίριο. Μοναδικός μηχανικός τρόπος είναι η **άντληση**, που επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση, μέσα στο βόθρο, μιας αντλίας ικανής δυναμικότητας για να καλύψει την παροχή των νερών που συγκεντρώνονται (πιν. 14.2).

Η αντλία αυτή μπορεί να είναι επιφανείας ή υποβρύχια· μπορεί ακόμα να είναι και ακαθάρτων, ώστε να εξυπηρετεί ταυτόχρονα και τη γενική αποχέτευση του κτιρίου, στις περιπτώσεις που το δίκτυο των υπονόμων του οικισμού βρίσκεται σε υψηλότερη στάθμη. Επιβάλλεται όμως να είναι αυτόματη, για να κρατά πάντα τα υπόγεια νερά σε μια σταθερή επιθυμητή στάθμη. Είναι επίσης προτιμότερο να τοποθετούνται δυο αντλίες· η δεύτερη εφεδρική, σε περίπτωση που η πρώτη πάθει κάποια βλάβη. Τέλος, όπως είναι ευνόητο, επειδή όλη αυτή η εγκατάσταση γίνεται για να εξυπηρετήσει το κτίριο, για όλη τη διάρκεια της ζωής του, είναι απαραίτητο να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στο χώρο των αντλιών, για να γίνεται συχνά συντήρηση και παρακολούθηση της κανονικής τους λειτουργίας.

Εκτός από τα παραπάνω μέτρα προστασίας είναι απαραίτητο να αντιμετωπίζεται η μόνιμη προστασία των υπόγειων κατασκευών, και γενικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου, που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, από όλες τις επιδράσεις της υγρασίας. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η πρόβλεψη μιας ολόκληρης σειράς κατασκευών προστασίας. Οι κατασκευές αυτές, οι μονώσεις, ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες υγρασίας που επικρατούν στο έδαφος και με το είδος του κτιρίου που θα προστατέψουν. Η αναλυτική εξέτασή τους όμως θα αποτελέσει αντικείμενο επόμενου κεφαλαίου.