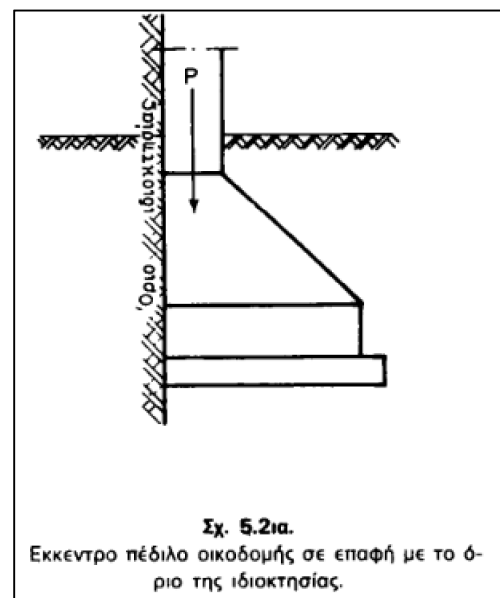
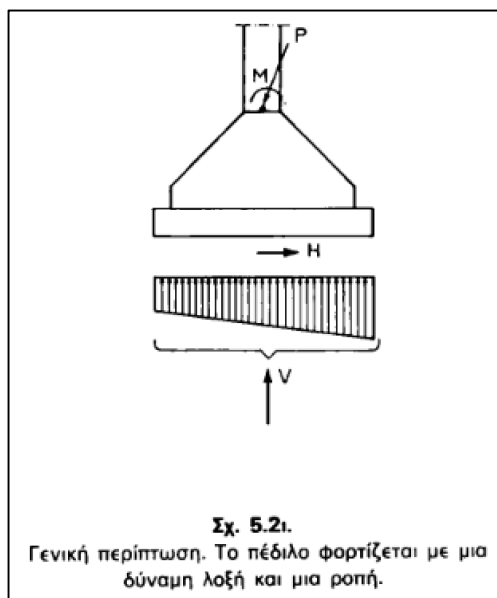


αυτόν τον τρόπο, ο οπλισμός δεν λερώνεται από χώματα κατά την τοποθέτηση του, και προφυλάσσεται καλύτερα από την υγρασία του εδάφους όταν τελειώσει το έργο. Το στρώμα του απλού - άοπλου σκυροδέματος, μπορεί να θεωρηθεί ως διαπλάτυνση του πέδιλου, και βοηθάει να μικρύνουν περισσότερο οι πιέσεις στην επιφάνεια του εδάφους, και να μην υπερβούν τις επιτρεπόμενες επιβαρύνσεις και τα ανεκτά όρια.

Με την διαπλάτυνση, μεγαλώνει ο βολβός των πιέσεων μέσα στο έδαφος, και η αύξηση των πιέσεων (λόγω φορτίων της ανωδομής διά μέσου των θεμελίων), μεταφέρεται σε βαθύτερα στρώματα, όπου είναι αναλογικά μικρή σε σχέση με τις προϋπάρχουσες πιέσεις, από τα ανώτερα στρώματα του εδάφους, με αποτέλεσμα να υπάρχουν μικρότερες καθιζήσεις. Η διαπλάτυνση βοηθάει σε ομοιόμορφη καθίζηση, άρα σε περιορισμό διαφορικών καθιζήσεων.

Η θέση του πέδιλου, σε σχέση με το σημείο εφαρμογής των φορτίων, επιλέγεται τέτοια ώστε οι πιέσεις του εδάφους, στην επιφάνεια έδρασης, να είναι το δυνατόν ομοιόμορφες και κάθετες με αυτή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εύκολα στα πέδιλα των εσωτερικών υποστυλωμάτων (κολώνες) που μεταφέρουν κατακόρυφα φορτία. Τότε οι κατακόρυφες πιέσεις είναι κάθετες με την οριζόντια επιφάνεια έδρασης. Αν φροντίσουμε το κατακόρυφο φορτίο να περνάει από το κέντρο βάρους της επιφάνειας έδρασης του πέδιλου, θα έχουμε και ομοιόμορφες πιέσεις.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα φορτία και οι πιέσεις που εφαρμόζονται σε κάθε πέδιλο, μεταβάλλονται ως προς το φορτίο και την διεύθυνση, κατά την λειτουργία του έργου (τα λεγόμενα κινητά φορτία, όπως άνθρωποι, έπιπλα κτλ) και όσα αναφέρθηκαν δεν ισχύουν με αυστηρότητα. Η γενική περίπτωση είναι εκτός από το κατακόρυφο φορτίο, μπορεί να εφαρμόζεται μια καμπτική ροπή. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται (α) η γενική περίπτωση με λοξή κατακόρυφη δύναμη & με ροπή, και (β) έκκεντρο πέδιλο οικοδομής.



Στην γενική περίπτωση με την λοξή δύναμη & την ροπή που αυτή παράγει, και στο έκκεντρο πέδιλο, οι πιέσεις στο έδαφος δεν είναι ομοιόμορφες, ούτε είναι κάθετες στην επιφάνεια έδρασης του θεμελίου. Προσπαθούμε οι παρεκκλίσεις αυτές να είναι το δυνατόν μικρότερες.

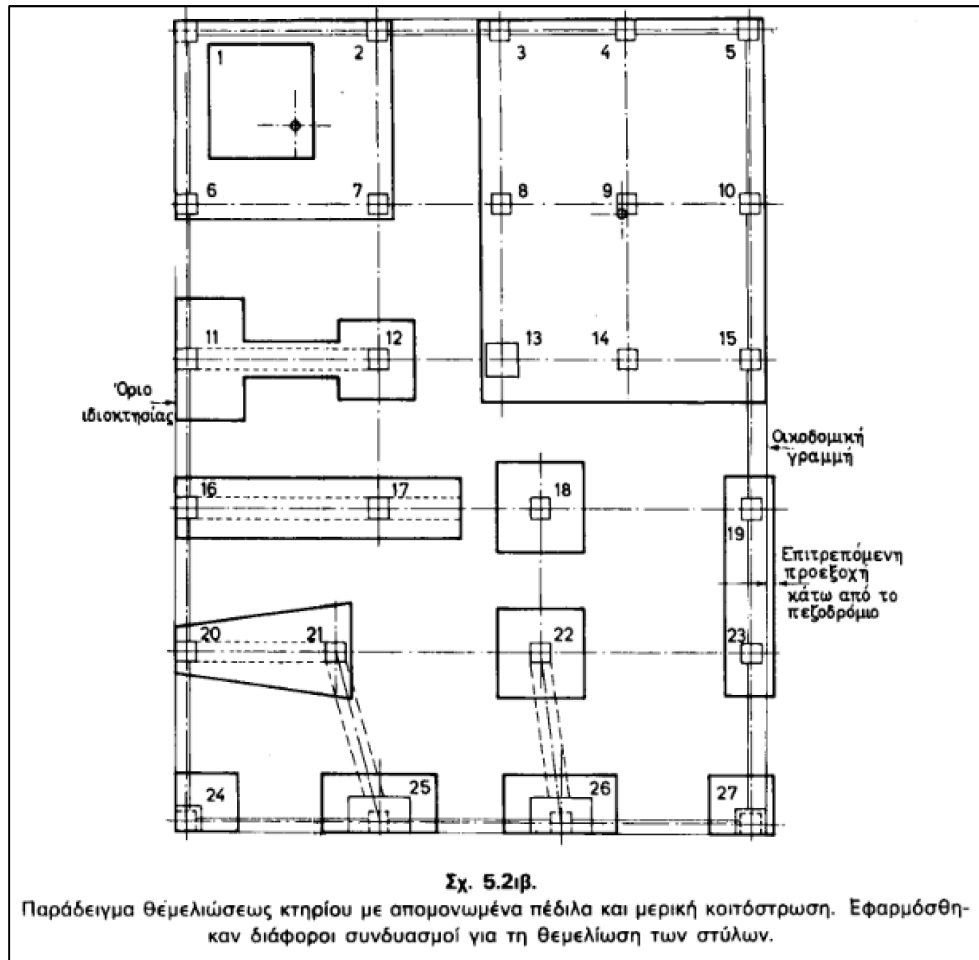
Στα οικοδομικά έργα, όταν υπάρχει το συνεχές οικοδομικό σύστημα (όπου μπορεί να χτίζεται μια οικοδομή κολλητά με την επόμενη), σχεδόν πάντα υπάρχουν πέδιλα, στα όρια του οικοπέδου. Αυτά τα πέδιλα φορτίζονται με δυνάμεις που και αυτές βρίσκονται στα πολύ κοντά στα όρια του οικοπέδου. Πρέπει ολόκληρα τα πέδιλα να βρίσκονται μέσα στα όρια του οικοπέδου, και τα πέδιλα αυτά κατασκευάζονται έκκεντρα, δηλαδή το κατακόρυφο φορτίο (συνισταμένη δυνάμεων) δεν περνάει από το κέντρο βάρους του της επιφάνειας έδρασης, αλλά προς τα άκρα αυτής. Σε αυτά τα πέδιλα, οι πιέσεις του εδάφους διαφέρουν από την μία άκρη τους στην άλλη. Τα έκκεντρα πέδιλα προκαλούν δυσμενείς επιβαρύνσεις στο έδαφος, και επίσης πρόσθετες επιβαρύνσεις στην ανωδομή, και πρέπει να αποφεύγονται τουλάχιστον στα σημαντικά έργα.

#### **6.1.2.2. μερική κοιτόστρωση, και πεδιλοδοκοί ή θεμελιοδοκοί**

Η μερική κοιτόστρωση είναι η πολλαπλή θεμελίωση, που σχηματίζεται με την κατασκευή κοινών θεμελίων, κάτω από 2 ή περισσότερα σημεία (κολώνες ή τοίχια από μπετόν ή τοίχους) όπου καταλήγουν τα φορτία της οικοδομής. Μερική κοιτόστρωση επιλέγεται όταν τα συγκεντρωμένα φορτία είναι πολύ μεγάλα, ή όταν οι επιτρεπόμενες επιβαρύνσεις του εδάφους είναι πολύ μικρές, ή όταν οι διαστάσεις των πέδινων από τους υπολογισμούς προκύπτουν πολύ μεγάλες. Η κατασκευή μερικής κοιτόστρωσης, απαλλάσσει από την χρήση έκκεντρων πέδινων, αν συνδυαστεί η θεμελίωση της κολώνας στο όριο της οικοδομής, με την θεμελίωση μιας άλλης γειτονικής κολώνας. **Στο σχήμα της επόμενης σελίδας**, φαίνεται θεμελίωση με μεμονωμένα πέδιλα, καθώς και μερική κοιτόστρωση (συνδυασμένα θεμέλια υποστυλωμάτων). Όπως φαίνεται στο σχήμα, η κάτοψη των στοιχείων της παρουσιάζει αρκετή ποικιλία.

Στην εφαρμογή της μερικής κοιτόστρωσης, πρέπει να γίνει προσπάθεια, ώστε οι πιέσεις (στην επιφάνεια έδρασης της), να είναι κάθετες προς την επιφάνεια έδρασης, και να είναι το δυνατόν ομοιόμορφες. Για να το πετύχουμε αυτό, πρέπει το κέντρο βάρους της επιφάνειας έδρασης, να συμπίπτει με το σημείο εκείνο, όπου περνάει η συνισταμένη των φορτίων της οικοδομής. Το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης των δυνάμεων, επειδή δεν είναι σταθερό (γιατί υπάρχουν κινητά φορτία) προσπαθούμε να βρούμε την μέση θέση του, και να φέρουμε την συνισταμένη των δυνάμεων, σε σύμπτωση με το κέντρο βάρους της επιφάνειας έδρασης.

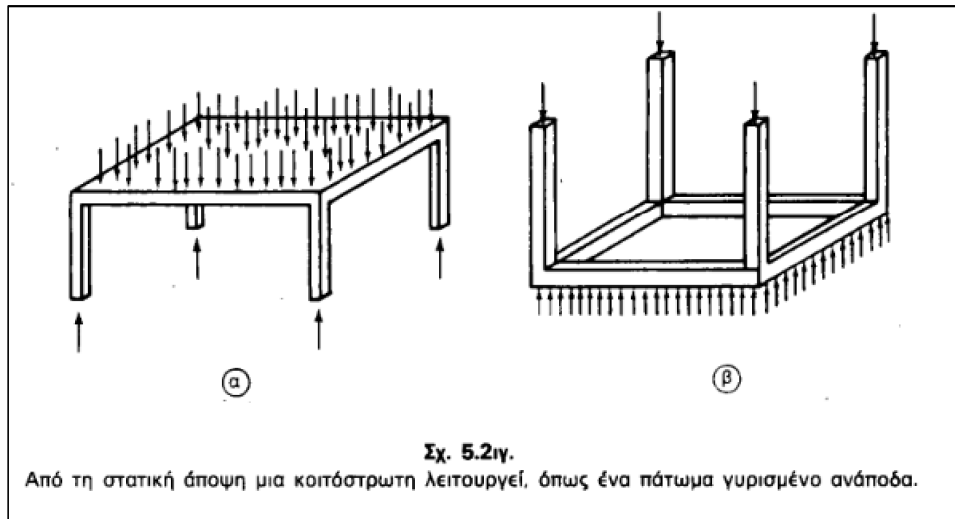
Για να μπορούν τα στοιχεία της μερικής κοιτόστρωσης, να πιέζουν το έδαφος σε όλη τους την έκταση, και όχι μόνο κάτω από τα σημεία που παραλαμβάνουν τα φορτία, θα πρέπει να είναι δύσκαμπτα. Για να γίνουν δύσκαμπτα, κατασκευάζονται σχεδόν πάντα με νευρώσεις, που ενώνουν τα στοιχεία της ανωδομής (της οικοδομής) τα οποία μεταφέρουν φορτία. Οι νευρώσεις αυτές λέγονται θεμελιοδοκοί ή πεδιλοδοκοί.



Η κοιτόστρωση, γενική και μερική, λειτουργεί στατικά περίπου σαν ένα πάτωμα γυρισμένο ανάποδα, όπως φαίνεται **στο σχήμα της επόμενης σελίδας**. Η επιφάνεια του συνδυασμένου θεμελίου (κοιτόστρωση) μπορεί να θεωρηθεί σαν μια πλάκα, η οποία δέχεται φορτία από κάτω του εδάφους, και φορτία από πάνω της ανωδομής. Τα φορτία από κάτω είναι οι αντιδράσεις του εδάφους, και είναι ίσες και αντίθετες με τις πιέσεις που ασκεί το συνδυασμένο θεμέλιο στο έδαφος. Το συνδυασμένο θεμέλιο στηρίζεται στις πεδιλοδοκούς. Τα στοιχεία της ανωδομής (κολώνες, τοιχία, τοίχοποιές) στηρίζονται επίσης στις πεδιλοδοκούς. Τα φορτία από πάνω της ανωδομής είναι οι αντιδράσεις στις στηρίξεις των πεδιλοδοκών. Έτσι κλείνει το σύστημα ισορροπίας του συνδυασμένου θεμελίου.

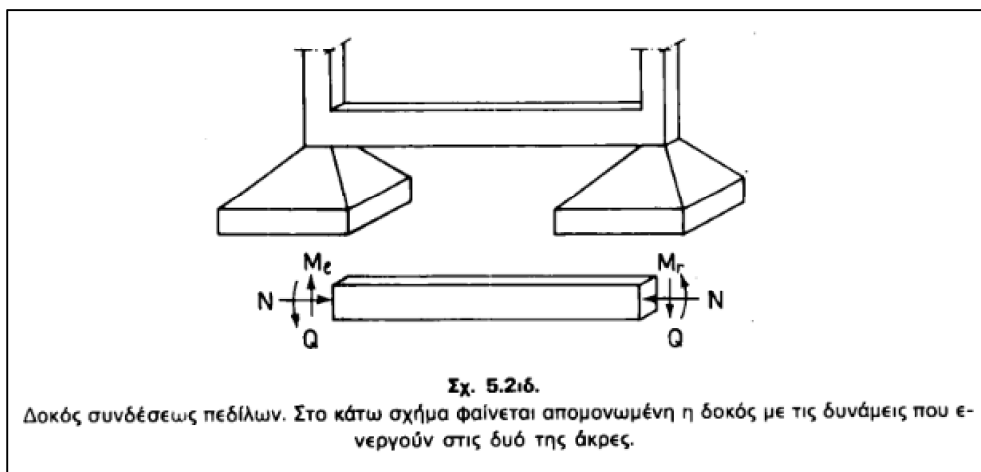
Το σύστημα της μερικής κοιτόστρωσης λειτουργεί σαν ισοστατικό, όταν περιλαμβάνει 2 σημεία εφαρμογής δυνάμεων, ή όταν περιλαμβάνει 3 στοιχεία αλλά όχι και τα 3 στην ίδια ευθεία. Τότε η αντιστροφή των ρόλων είναι όπως περιγράφηκε παραπάνω.

Όταν τα σημεία εφαρμογής των δυνάμεων-φορτίων είναι περισσότερα, τότε το σύστημα είναι υπερστατικό και πιο σύνθετο. Τα φορτία της ανωδομής διαφέρουν από τις αντιδράσεις, που θα βρίσκαμε εάν λύναμε το σύστημα, στατικά σαν ανάποδο πάτωμα. Υπάρχουν διάφορες θεωρητικές απόψεις, για να παρακάμψουμε αυτήν την ασυμφωνία, που οδηγούν σε πολύπλοκους υπολογισμούς.



Όταν οι νευρώσεις, που συνδέουν τα σημεία εφαρμογής των δυνάμεων της ανωδομής, έχουν μικρό πλάτος έδρασης στο έδαφος, λέγονται δοκοί σύνδεσης, και όχι πεδιλοδοκοί. Στο σχήμα 5.2.ιβ, δοκοί σύνδεσης είναι οι δοκοί που ενώνουν τα σημεία 15-19, 21-25, 22-26 και 23-27. Στατικά η δοκός σύνδεσης είναι πρακτικά αφόρτιστη σε όλο το άνοιγμα της. Δέχεται μόνο συγκεντρωμένες δυνάμεις και ροπές στα δύο άκρα της. Οι ροπές, εξισορροπούν τις διαφορές ανάμεσα στα φορτία της ανωδομής και στις τοπικές (συνισταμένες) αντιδράσεις του εδάφους. Το στατικό σύστημα της δοκού σύνδεσης φαίνεται **στο παρακάτω σχήμα**. Η πεδιλοδοκός στατικά φορτίζεται σε όλο το μήκος της, από τις αντιδράσεις του εδάφους.

Οι δοκοί σύνδεσης είναι σκόπιμο να κατασκευάζονται και ανάμεσα με μεμονωμένα πέδιλα, ιδιαίτερα όταν προβλέπεται ότι το έργο θα επιβαρυνθεί και από σεισμικές δονήσεις-φορτίσεις. Στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό προβλέπεται η κατασκευή δοκών σύνδεσης στις περισσότερες περιπτώσεις.



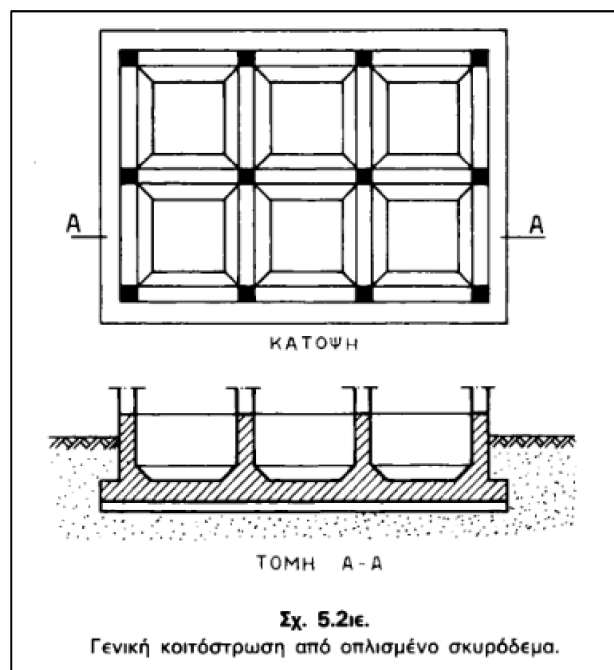
### 6.1.2.3. γενική κοιτόστρωση

Η γενική κοιτόστρωση, είναι η κατασκευή ενός μόνο θεμελίου, που το εμβαδόν του εκτείνεται σε όλη την κάτοψη του έργου, και στο οποίο στηρίζεται όλο το έργο. Χρησιμοποιείται όταν τα φορτία του έργου είναι πάρα πολύ μεγάλα, και η αντοχή του

εδάφους είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να χρειάζεται πολύ μεγάλη επιφάνεια για την θεμελίωση, με εμβαδόν που να πλησιάζει ή να ξεπερνάει την κάτοψη του έργου. Το θεμέλιο κατά κανόνα εξέρχεται από το περίγραμμα του έργου και σχηματίζει μια διαπλάτυνση. Η διαπλάτυνση αυτή είναι απαραίτητη όταν δεν φτάνει το εμβαδόν της κάτοψης για να θεμελιωθεί το έργο, χωρίς να ξεπεράσουν οι πιέσεις του εδάφους τα ανεκτά όρια.

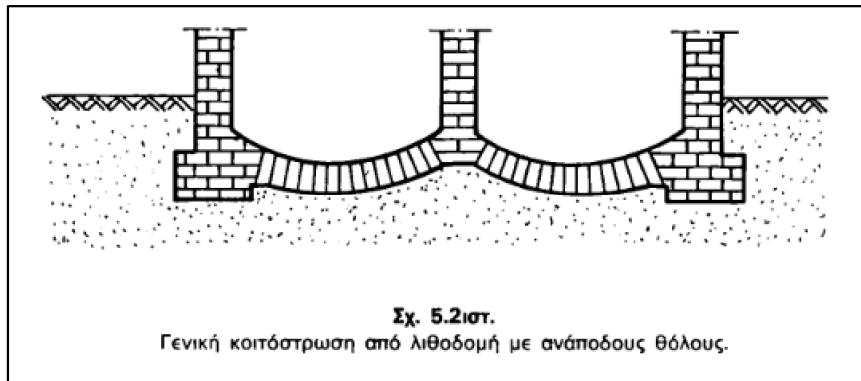
Κατασκευαστικά η γενική κοιτόστρωση, δεν διαφέρει από την μερική. Αποτελείται πάλι από πλάκα, ενισχυμένη με πεδילוδοκούς, οι οποίες είναι σκόπιμο να αποτελούν μια σχάρα, ακολουθώντας τις (δύο) κύριες διευθύνσεις του έργου. Στατικά η γενική κοιτόστρωση, ως σχάρα πεδילוδοκών, παρουσιάζει θεωρητικά προβλήματα στην επίλυση της, και εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, αρκετά πολύπλοκες, που δίνουν προσεγγιστικές λύσεις.

Για την γενική κοιτόστρωση, το πιο κατάλληλο υλικό είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα (beton arme ή reinforced concrete). Στο επόμενο σχήμα φαίνεται γενική κοιτόστρωση από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η διάστρωση του beton arme, πάνω σε μία στρώση από απλό μπετόν (μπετόν καθαριότητας) όπως γίνεται στα πέδιλα και στην μερική κοιτόστρωση.



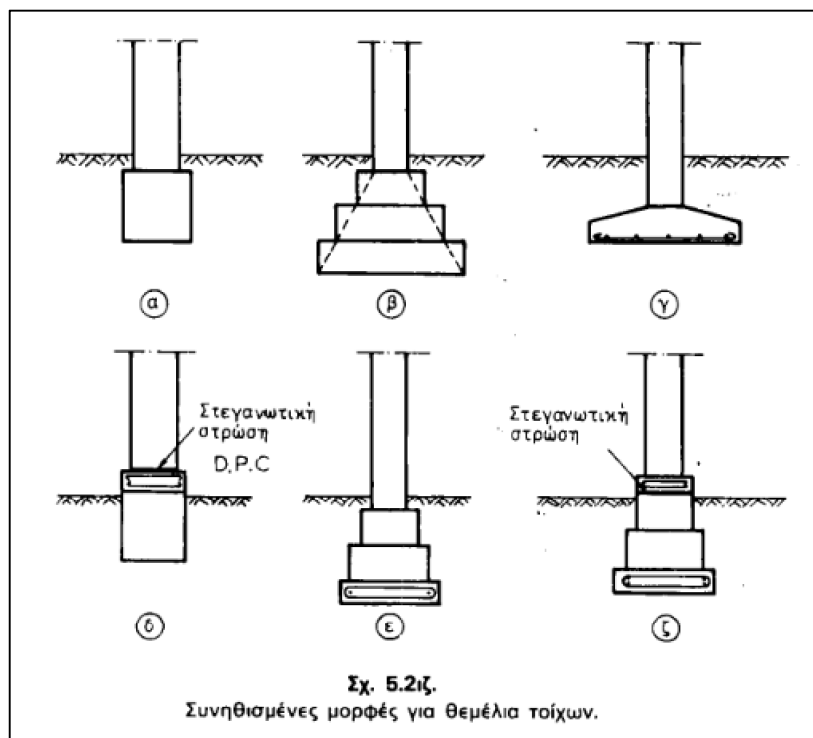
Γενική κοιτόστρωση μπορεί να κατασκευαστεί ακόμη με συνδυασμό οπλισμένου σκυροδέματος, με μεταλλική κατασκευή, ειδικά σε χώρες που οι μεταλλικές κατασκευές είναι σχετικά φτηνές.

Παλαιότερα κατασκευάζονταν γενική κοιτόστρωση με φυσικούς ή τεχνητούς λίθους, οι οποίοι σχημάτιζαν ανάποδους θόλους, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Σήμερα οι κατασκευές αυτές είναι δαπανηρές, και δεν συνηθίζονται.



#### 6.1.2.4. *συνεχή θεμέλια*

Συνεχή (συνεχόμενα) θεμέλια κατασκευάζονται όταν η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής του κτιρίου, αποτελείται από τοίχους ή άλλα παρόμοια συνεχόμενα στοιχεία. **Στο επόμενο σχήμα** φαίνονται συνηθισμένες μορφές για θεμέλια τοίχων. Στους τοίχους γενικά οι τάσεις - φορτίσεις είναι μικρές, σε σχέση με τα φορτία στις κολώνες, κτιρίου με σκελετό. Όταν οι τάσεις είναι μικρότερες από τις επιτρεπόμενες επιβαρύνσεις του εδάφους, οι τοίχοι μπορούν να θεμελιωθούν απευθείας πάνω στο έδαφος. Όταν οι τάσεις είναι μεγαλύτερες από τις επιτρεπόμενες του εδάφους, τότε γίνεται πλατύτερο το κάτω μέρος των τοίχων, ώστε οι φορτίσεις να διανεμηθούν σε μεγαλύτερη επιφάνεια, και οι πιέσεις στο έδαφος να γίνουν μικρότερες από τις επιτρεπόμενες.



Οι απαιτούμενες διαπλατύνσεις είναι συνήθως μικρές, και το θεμέλιο μπορεί να κατασκευαστεί με το ίδιο υλικό της ανωδομής. Οι πέτρινοι τοίχοι γενικά στηρίζονται σε πέτρινα θεμέλια. Αν η ανωδομή κατασκευάζεται από τεχνητούς λίθους, προτιμότερο η

θεμελίωση του να γίνεται με φυσικούς λίθους. Αν στην περιοχή του έργου, δεν υπάρχουν φυσικές πέτρες (τότε για να μην υπάρχει κόστους μεταφοράς), το θεμέλιο μπορεί να γίνει με τσιμεντόλιθους, ή με συμπαγή (χωρίς τρύπες) τούβλα. Οι τσιμεντόλιθοι πρέπει να είναι καλά συμπιεσμένοι και πολύ καλής ποιότητας. Τα τούβλα πρέπει να είναι καλά ψημένα ή παραψημένα, ώστε να έχουν αποκτήσει μερικώς τις ιδιότητες του γυαλιού.

Στα θεμέλια αυτά χρησιμοποιούνται κονιάματα. Στα κτιστά θεμέλια, πρέπει να χρησιμοποιούνται υδραυλικά κονιάματα, τα οποία πήζουν ακόμα και μέσα στο νερό, και όχι αερικά που χρειάζονται αέρα για να πήξουν και δεν θα μπορούν να πήξουν μέσα στην υγρασία του εδάφους. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν κονιάματα με θηραϊκή γη, και πιο πρόσφατα χρησιμοποιούνται τσιμεντοκονιάματα. Τα τσιμεντροκονιάματα είναι ταχύπηκτα, και δεν υπάρχει ανάγκη αναμονής να αποκτήσουν πρώτα τα θεμέλια αντοχή, και μετά να κτιστεί η ανωδομή, όπως γινόταν παλιότερα.

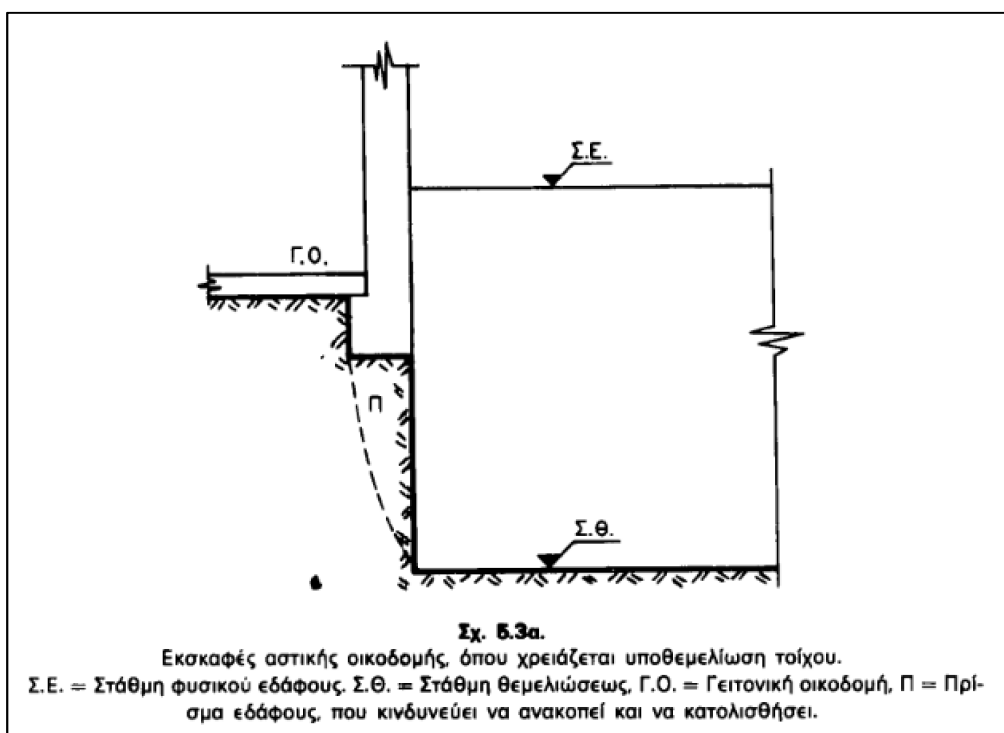
Συχνά χρησιμοποιείται απλό ή οπλισμένο σκυρόδεμα στο πάνω μέρος του θεμελίου, ιδιαίτερα όταν υπάρχει πρόβλεψη επιβάρυνσης από σεισμικές δυνάμεις. Ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός επιβάλλει στην χρήση σκυροδέματος σε τέτοια κατασκευή. Αυτή η στρώση, πρέπει να είναι ενισχυμένη με ασφαλότανο ή άλλο στεγανωτικό υλικό. Αυτό συμβαίνει για να προστατευτεί η ανωδομή από τριχοειδή αγγεία μέσω των οποίων μπορεί να ανεβεί η υγρασία του εδάφους στην ανωδομή, ακόμα και αν γίνεται η θεμελίωση σε στεγνό περιβάλλον. Αυτή η στεγανωτική στρώση λέγεται D.C.P. damp proof course, και σε πολλές χώρες είναι απαραίτητο στοιχείο της κατασκευής, όπως φαίνεται στις περιπτώσεις δ και ζ του προηγούμενου σχήματος. Στην Ελλάδα δεν συνιθίζεται, με αποτέλεσμα οι τοίχοι κοντά στο έδαφος να είναι υγροί, και να φουσκώνουν τα επιχρίσματα και χρώματα των τοίχων. Κάποιες φορές γίνεται και μια στρώση από απλό οπλισμένο σκυρόδεμα, και στο κάτω μέρος του θεμελίου, όπως στις περιπτώσεις ε και ζ του σχήματος. Είναι σκόπιμο να γίνεται όταν υπάρχει υποψία ότι το έδαφος μπορεί να εμφανίσει ανομοιόμορφες διαφορικές καθιζήσεις.

Όταν οι τοίχοι της κατασκευής της ανωδομής είναι από απλό ή οπλισμένο σκυρόδεμα, τα θεμέλια κατασκευάζονται από το ίδιο υλικό, δηλαδή σκυρόδεμα. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις που τα θεμέλια οπωσδήποτε από οπλισμένο σκυρόδεμα, ανεξάρτητα από το υλικό που κατασκευάζεται η ανωδομή. Τέτοιες περιπτώσεις είναι όταν α) η αντοχή του εδάφους είναι μικρή, και χρειάζονται μεγάλες διαπλάτυνσεις, και όταν β) συγχρόνως υπάρχουν υπόγεια νερά που καθιστούν ασύμφορη την αύξηση του βάθους έδρασης των θεμελίων. Με τέτοιες συνθήκες τα φορτία της ανωδομής δεν μπορούν να μοιραστούν ομαλά στα θεμέλια, και στα θεμέλια αναπτύσσονται πολύ μεγάλες ροπές κάμψης. Για να αντέξει το θεμέλιο αυτές τις μεγάλες ροπές, πρέπει να κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα όπως στην περίπτωση γ, ή να γίνει συνδυασμός σκυροδέματος και μεταλλικής κατασκευής.

## **6.2. Υποθεμελίωση (ντουλάπι) τοίχων και πέδινων**

Υποθεμελίωση ή αλλιώς ντουλάπι, είναι η θεμελίωση, με άοπλο σκυρόδεμα, του τοίχου του γειτονικού κτιρίου, κάτω ακριβώς από τον τοίχο αυτό, όταν η στάθμη εκσκαφής θεμελίων της οικοδομής που μελετάμε, είναι πιο χαμηλά από την στάθμη θεμελίωσης της γειτονικής οικοδομής. Η υποθεμελίωση - ντουλάπι λειτουργεί ως αντιστήριξη του σκάμματος εκσκαφής της οικοδομής που μελετάμε.

Στις περιοχές με συνεχές οικοδομικό σύστημα, όπου μια οικοδομή χτίζεται δίπλα ακριβώς στην γειτονική της (όμορη, όμοιο όριο), πολύ συχνά η στάθμη θεμελίων της υπό μελέτης οικοδομής, είναι πολύ βαθύτερα από την στάθμη θεμελίωσης της γειτονικής της. Εάν γίνει ολόκληρο το όρυγμα εκσκαφής της οικοδομής μας, το θεμέλιο της γειτονικής οικοδομής θα στηρίζεται πάνω στο έδαφος που βρίσκεται στο χείλος του ορύγματος, **όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα**. Το χείλος του ορύγματος αποτελεί το πρίσμα του εδάφους, βρίσκεται ακριβώς κάτω από τα γειτονικά θεμέλια, και κινδυνεύει να αποκοπεί από το υπόλοιπο έδαφος, να υποχωρήσει μέσα στο όρυγμα της οικοδομής μας, και να παρασύρει τον γειτονικό τοίχο που στηρίζεται πάνω του, ή ακόμα να παρασύρει ολόκληρη την γειτονική οικοδομή. Τέτοια φαινόμενα και ατυχήματα δυστυχώς είναι συχνά στην χώρα μας, τουλάχιστον σε παλαιότερες εποχές.

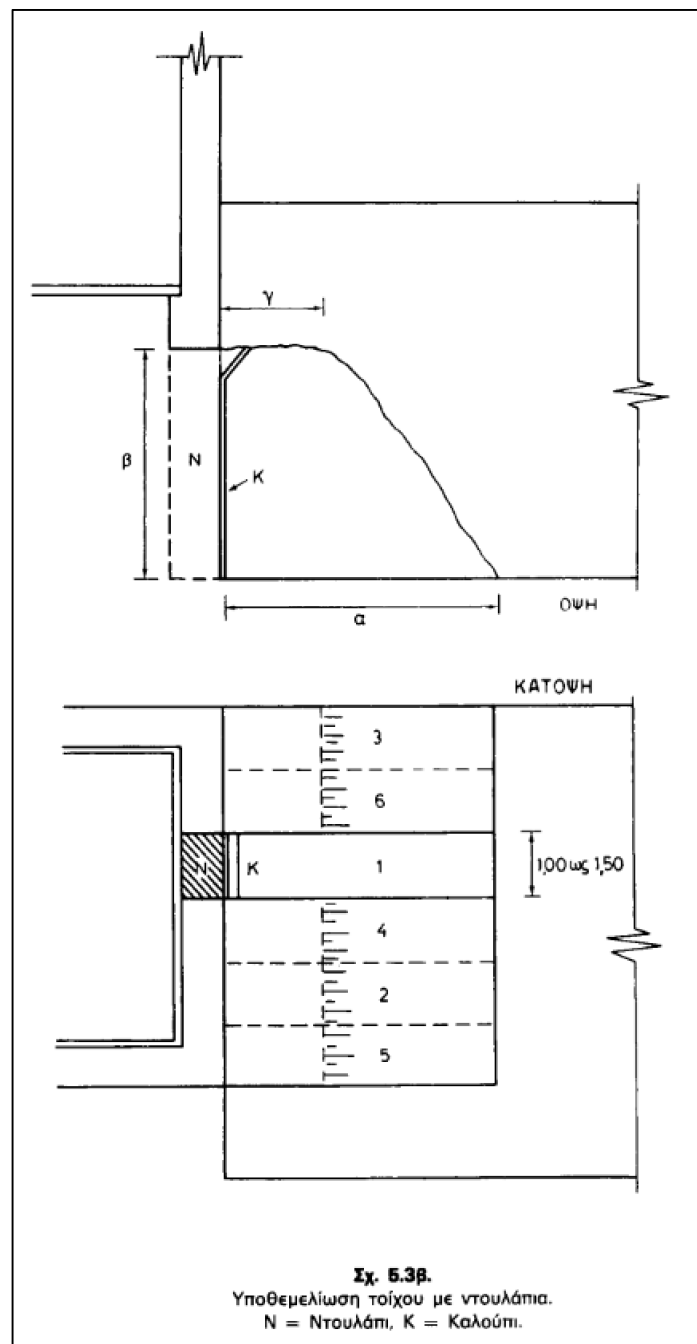


Πριν προχωρήσουμε στις εκσκαφές θεμελίων της οικοδομής μας, που θα έχουν χαμηλότερη στάθμη από την στάθμη θεμελίωσης της γειτονικής οικοδομής, πρέπει λάβουμε ορισμένα μέτρα και να γίνουν κάποιες ενέργειες. Οι ενέργειες είναι οι παρακάτω

1. γίνονται όλες οι εκσκαφές της νέας οικοδομής, ως την στάθμη θεμελίωσης της παλιάς - γειτονικής.
2. Συνεχίζονται οι εκσκαφές της νέας οικοδομής έως την στάθμη θεμελίωσης της, εκτός μια λωρίδα πλάτους  $\alpha$ , **όπως φαίνεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας**. Το πλάτος  $\alpha$  πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το  $\beta$  που είναι η διαφορά στάθμης της θεμελίωσης της παλιάς με την νέα οικοδομή. Το πλάτος  $\beta$  εξαρτάται επίσης από την ποιότητα του εδάφους, και σε μαλακά εδάφη μπορεί να φτάσει έως και  $2\beta$ . Για να μπορεί να σταθεί με ασφάλεια το πρηνές της εκσκαφής, αφήνεται μια οριζόντια λωρίδα πλάτους  $\gamma$ , που ισούται περίπου με  $\beta/2$ .



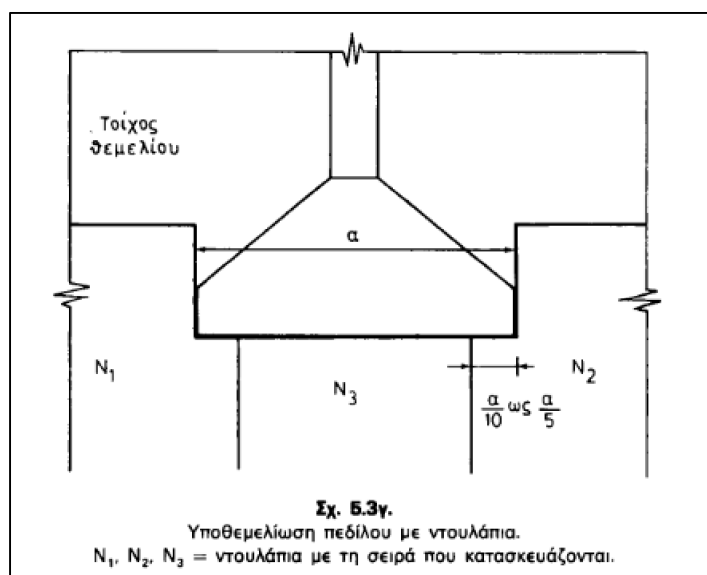
3. Σκάβεται στην συνέχεια μια λωρίδα εδάφους πλάτους 1,00 ως 1,50 μέτρο, κάθετη στον τοίχο της παλιάς οικοδομής, ως την στάθμη θεμελίωσης της νέας οικοδομής. Σκάβεται και κάτω από τον τοίχο, σε ολόκληρο το πάχος του, ώστε να σχηματιστεί μια κόγχη, που ονομάζεται ντουλάπι στην γλώσσα του εργοταξίου.
4. Κατασκευάζεται μετά ένα κατακόρυφο σανίδωμα, στην προέκταση της ορατής όψης του τοίχου προς τα κάτω, και στηρίζεται με ικριώματα ξύλινα ή μεταλλικά. Σχηματίζεται έτσι ένα καλούπι για τοίχείο, και το σανίδωμα στην κορυφή του γίνεται λοξό και αφήνεται αρκετό κενό, για να μπορέσει να περάσει από εκεί το σκυρόδεμα και να γεμίσει το ντουλάπι.



5. Στο κενό αυτό, χύνεται σκυρόδεμα της ποιότητας που καθόρισε ο υπεύθυνος πολιτικός μηχανικός του έργου. Πρέπει να γεμίσει καλά το ντουλάπι, χωρίς να αφεθούν κενά, και το σκυρόδεμα διαστρώνεται σιγά σιγά, και αν γίνεται με σωλήνα που να φτάνει στο σημείο διαστρώσεως, χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα δόνηση (για να μην μείνουν κενά). Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ειδικά στην τελευταία φάση, για να μην μείνουν κενά στο σκυρόδεμα κάτω από τον τοίχο.
6. Μετά την σκυροδέτηση του ενός ντουλαπιού, σκάβεται δεύτερη λωρίδα εδάφους και δεύτερο ντουλάπι, όχι όμως σε επαφή με το πρώτο που έγινε. Τα δύο ντουλάπια πρέπει να απέχουν τόσο, ώστε το ανάμεσα τους έδαφος να μπορεί να σταθεί χωρίς να υποχωρήσουν τα πρανή του. Για ασταθή εδάφη, πρέπει να γίνουν αντιστηρίξεις των πρανών, όπως στην περίπτωση α ή σπανιότερα στην περίπτωση β του σχήματος.
7. Όταν περάσει ο χρόνος (συνήθως 1 έως 3 εικοσιτετράωρα) που καθόρισε ο υπεύθυνος πολιτικός μηχανικός, ξεκαλουπώνεται το πρώτο ντουλάπι, και καθαιρείται όσο σκυρόδεμα προεξέχει από την επιφάνεια του τοίχου, προς το εσωτερικό του ορύγματος εκσκαφής.
8. Συνεχίζεται η ανωτέρω εργασία, στο 2ο ντουλάπι, ενώ ανοίγονται διαδοχικά τα υπόλοιπα ντουλάπια, ώστε να υπο-θεμελιωθεί ολόκληρος ο τοίχος της γειτονικής οικοδομής. Στο σχήμα, φαίνεται μια ενδεικτική σωστή σειρά προτεραιότητας κατασκευής των ντουλαπιών, για έναν τοίχο μήκους 6 έως 10 μέτρα. Για τοίχους μεγαλύτερου μήκους από 10 μέτρα, χωρίζονται σε τμήματα μήκους 8 μέτρων το καθένα, και οι εργασίες γίνονται ταυτόχρονα σε κάθε τμήμα.

Αυτή η μέθοδος υποθεμελίωσης, εφαρμόζεται κυρίως σε θεμέλια υφιστάμενων τοίχων από φυσικούς ή σπανιότερα τεχνητούς λίθους. Εάν το θεμέλιο της παλιάς οικοδομής είναι πεδילוδοκός από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρησιμοποιείται η ίδια μέθοδος, αλλά τα ντουλάπια μπορούν να έχουν μεγαλύτερο πλάτος, έως το διπλάσιο του πλάτους της πεδילוδοκού.

Εάν η παλιά οικοδομή, έχει σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα, και η κάθε κολώνα (που είναι ενσωματωμένη στον τοίχο που θα υποθεμελιωθεί) στηρίζεται σε μεμονωμένο πέδιλο, τα πράγματα γίνονται δυσκολότερα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Τότε πρέπει να γίνουν πρώτα τα ντουλάπια στις περιοχές ανάμεσα από τα πέδιλα, και να γίνουν τελευταία τα ντουλάπια κάτω από τα πέδιλα. Τα ντουλάπια αυτά πρέπει να έχουν πλάτος μικρότερο από το πλάτος του πέδιλου. Αυτό μπορεί να γίνει, αν τα γειτονικά τους ντουλάπια, που κατασκευάστηκαν ήδη, υποθεμελιώνουν και τις δύο άκρες του πέδιλου, σε λωρίδες ίσες με το 10 έως 20 % του πλάτους του πέδιλου. Αν το πέδιλο έχει μεγάλο πλάτος, από 2.50 έως 3.00 μέτρα, πρέπει να κατασκευαστούν 2 ή περισσότερα ντουλάπια από κάτω του.

### **6.3. Αβαθής (μη άμεση) θεμελίωση, σε στεγνό περιβάλλον, μετά από βελτίωση του εδάφους**

Όπως αναφέρθηκε,

- αβαθής θεμελίωση είναι αυτή που οι δύο εργασίες της θεμελίωσης, γίνονται σε 2 φάσεις, α) την προετοιμασία του εδάφους & εκσκαφή και β) την κατασκευή των θεμελίων.
- μη άμεση θεμελίωση είναι αυτή στην οποία, η 1η φάση των εργασιών (που είναι η προετοιμασία του εδάφους) χρειάζεται ποιοτική προετοιμασία του εδάφους με διάφορα μέσα, που λέγεται βελτίωση εδάφους.
- και γίνεται σε στεγνό περιβάλλον, δηλαδή χωρίς ύπαρξη νερού από ποταμό κτλ, και χωρίς την ύπαρξη υπογείων υδάτων.

Η βελτίωση του εδάφους μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως

- βελτίωση με μηχανικά μέσα
  - συμπύκνωση
  - δυναμική συμπύκνωση
  - προφόρτιση
  - αποστράγγιση
- βελτίωση με χημικά μέσα
  - ενέσεις ή ενέματα (πχ τσιμεντενέσεις)
  - χημική σταθεροποίηση
  - ηλεκτροφόρτιση
- χρήση γεωφασμάτων
- αντικατάσταση του εδάφους

Όταν το έδαφος της περιοχής θεμελίωσης είναι πολύ κακής ποιότητας, πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα βελτίωσης του. Εάν η λύση της βελτίωσης δεν συμφέρει τόσο, κατασκευάζεται βαθιά θεμελίωση με πασσάλους. Δεν αποκλείεται όμως με την βελτίωση του εδάφους, η κατασκευή της θεμελίωσης με αβαθή θεμέλια, να κατασκευαστεί φτηνότερα, έτσι ώστε να υπερκαλυφθούν οι πρόσθετες δαπάνες για την βελτίωση του εδάφους.

Χρειάζεται πάντα να γίνεται μια οικονομοτεχνική μελέτη, όπου συγκρίνονται οι διάφορες δυνατές λύσεις, και επιλέγεται η πιο οικονομική, η οποία παρέχει όμως την απαιτούμενη ασφάλεια.

Βελτίωση του εδάφους είναι κυρίως η συμπύκνωση του, ώστε οι καθιζήσεις να γίνουν το δυνατόν μικρότερες, όταν του επιβληθούν πρόσθετες επιβαρύνσεις από την θεμελίωση του έργου. Όταν προβλέπεται να γίνει χρήση βαθιών θεμελιώσεων, είναι περιττή η βελτίωση του εδάφους, γιατί περιορίζεται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Οπότε η βελτίωση αφορά τις αβαθείς θεμελιώσεις. Η αντοχή του εδάφους, μπορεί να βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό εάν αλλάξουν οι ιδιότητες του εδάφους, όπως είναι η γωνία τριβής, η συνοχή, και το ίδιο βάρος του εδάφους.

Οι εργασίες γίνονται σε 3 φάσεις, που είναι οι α) εκσκαφές, για τις οποίες ισχύουν όσα αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους, β) η βελτίωση του εδάφους, και γ) η κατασκευή των θεμελίων, για την οποία ισχύουν επίσης όσα αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους. Οι εργασίες της βελτίωσης του εδάφους γίνονται με διάφορες μεθόδους που αναφέρονται παρακάτω.

### **6.3.1. βελτίωση του εδάφους με μηχανικά μέσα**

Η βελτίωση του εδάφους με χρήση μηχανικών μέσων, έχει σκοπό να μειωθούν τα κενά που υπάρχουν μέσα στην μάζα του εδάφους, ώστε οι παραμορφώσεις του να είναι μικρότερες για την δεδομένη αύξηση πίεσης λόγω θεμελίωσης. Η μείωση των κενών μπορεί να γίνει α) με εξαναγκασμό των κόκκων του εδάφους, ώστε να πλησιάσουν ο ένας τον άλλον, β) με διείσδυση μεταξύ άλλων υλικών για να γεμίσουν τα κενά.

Η συμπύκνωση είναι η οικονομικότερη μέθοδος βελτίωσης εδάφους, και γίνεται με σκάψιμο του εδάφους, και με επανατοποθέτηση του σε 3 στρώσεις, που συμπυκνώνονται διαδοχικά, με κατάλληλα μέσα. Εργαστηριακά ελέγχεται η συμπύκνωση με χρήση σφύρας 25 N, που αφήνεται να πέσει από ύψος 30,5 εκατοστών, με 35 κτύπους ανά στρώμα.

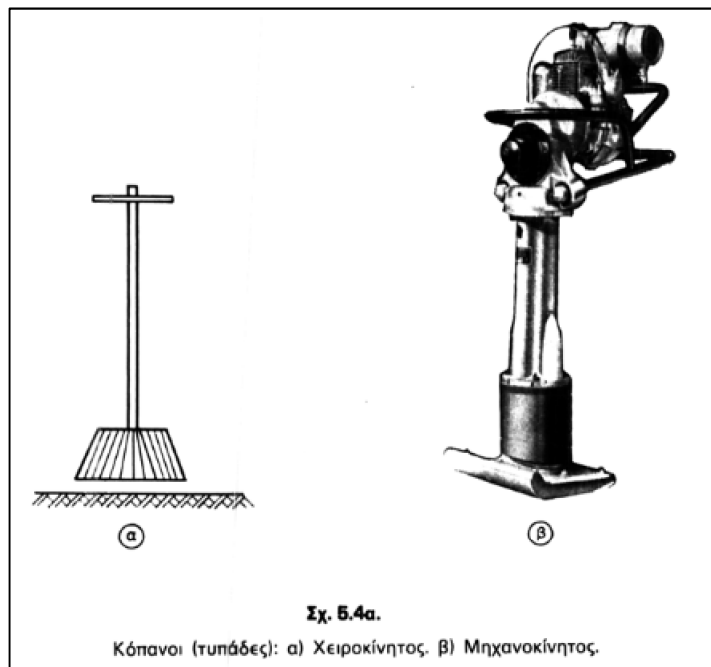
#### **6.3.1.1. βελτίωση χαλαρών-κοκκωδών εδαφών**

Στα χαλαρά κοκκώδη εδάφη, είναι εύκολο να τα κάνουμε να πλησιάσουν οι κόκκοι μεταξύ τους, αν επιβάλλουμε κατάλληλα φορτία στο έδαφος για μικρό σχετικά χρονικό διάστημα. Τα φορτία αυτά μπορεί να είναι στατικά ή δυναμικά. Και επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο η συμπύκνωση του εδάφους.

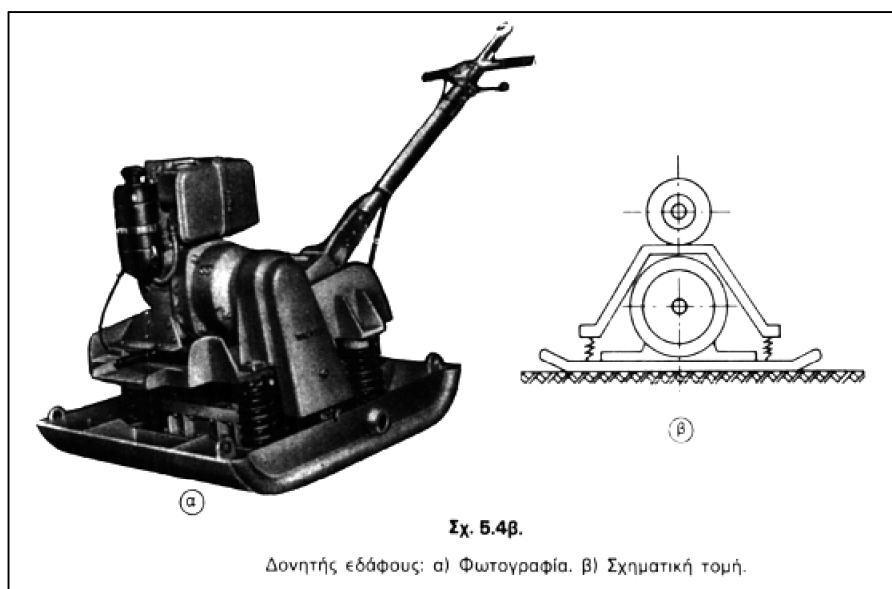
Στα στατικά φορτία, ο πιο απλός τρόπος είναι η επιβολή τέτοιων φορτίων, με συγκέντρωση των δομικών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του έργου, πάνω στο τμήμα του εδάφους που χρειάζεται βελτίωση. Σε σημαντικά έργα, αυτός ο τρόπος δεν είναι πρακτικός, γιατί χρειάζεται να συγκεντρωθούν μεγάλες ποσότητες υλικών, επίσης παρουσιάζονται φθορές και απώλειες των υλικών, τα αποτελέσματα είναι μέτρια, και δεν επιτυγχάνονται γρήγορα.

Στα δυναμικά φορτία, η βελτίωση γίνεται ευκολότερα, όπου εφαρμόζονται διαδοχικά φορτία σε μικρές επιφάνειες, και χωρίς να είναι μεγάλα τα φορτία, προκαλούνται σημαντικές πιέσεις στο έδαφος. Η εφαρμογή δυναμικών φορτίων γίνεται με κυρίως 3 τρόπους, που είναι το κοπάνισμα, η δόνηση, και η κυλίνδρωση, και η δυναμική συμπύκνωση με βοήθεια γερανού.

Το κοπάνισμα μπορεί να γίνει, όπως φαίνεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας, με το χέρι με χρήση ειδικών κόπανων (τυπάδες), καθώς πιο σύγχρονα με μηχανικούς κόπανους, βενζινοκίνητους ή πετρελαιοκίνητους.

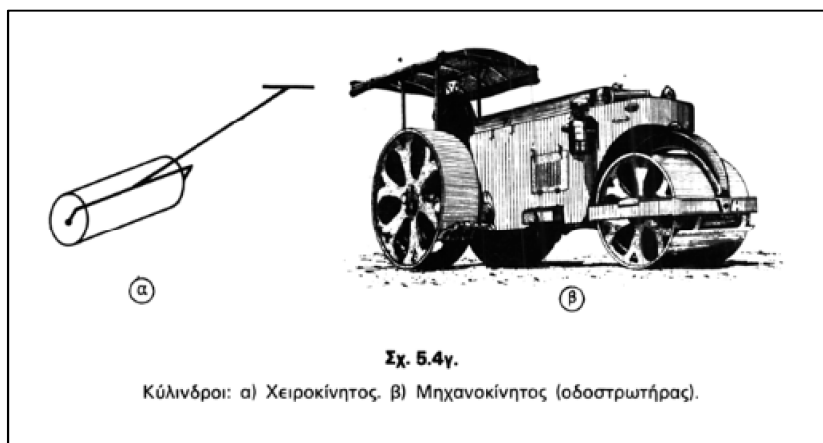


Η δόνηση γίνεται με μηχανικό δονητή, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Με την δόνηση εξουδετερώνονται οι τριβές που υπάρχουν ανάμεσα στους κόκκους και τους συγκρατούν, ώστε μετακινούνται λόγω του βάρους τους και της δόνησης σε νέες θέσεις με πιο ευσταθή ισορροπία. Έτσι τα κενά λιγοστεύουν και το έδαφος συμπυκνώνεται.

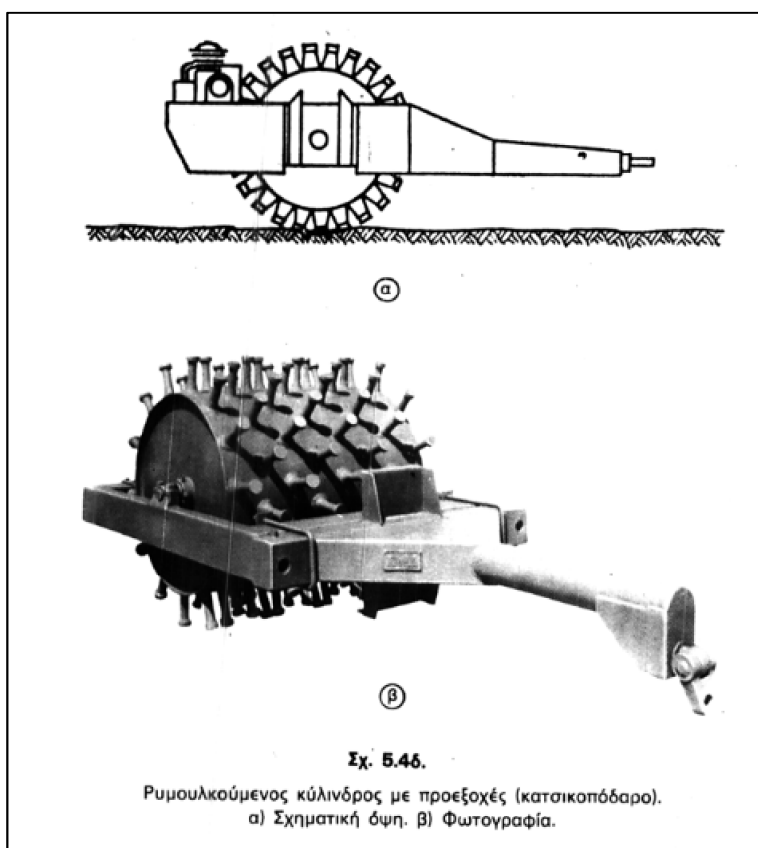


Η κυλίνδρωση εφαρμόζει τα φορτία λιγότερο απότομα, και δεν έχουν τόσο δυναμικό χαρακτήρα, όμως μπορεί να είναι μεγαλύτερα. Εφαρμόζεται γενικά στα επιχώματα και στα οδοστρώματα, και έχει σκοπό την βελτίωση των ιδιοτήτων τους, με την συμπύκνωση που

προκαλεί. Μπορεί να εφαρμοστεί επίσης σε εργασίες εκτεταμένης θεμελίωσης, για την βελτίωση του εδάφους. Η κυλίνδρωση εκτελείται με χειροκίνητους ή μηχανοκίνητους κυλίνδρους, οι οποίοι λέγονται αλλιώς οδοστρωτήρες, **όπως φαίνεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας**. Η κυλίνδρωση για τα χαλαρά κοκκώδη εδάφη, γίνεται με κυλίνδρους που έχουν διάταξη που προκαλεί δονήσεις στο έδαφος, και συμπυκνώνονται έτσι στρώματα πάχους 1,5 έως 2 μ.



Καλύτερη συμπύκνωση μπορεί να γίνει εάν η επιφάνεια των κυλίνδρων δεν είναι επίπεδη, αλλά έχει προεξοχές, που λέγονται κατσιοκοπόδαρα, και εισχωρούν στο έδαφος, **όπως φαίνεται στο σχήμα της επόμενης σελίδας**. Με τον τρόπο αυτό, αναπτύσσονται και κατακόρυφες πιέσεις, αλλά και οριζόντιες, και έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα, ιδιαίτερα σε εδάφη που έχουν κάποια πλαστικότητα.



Όλες οι ανωτέρω μέθοδοι συμπύκνωσης εδάφους, βελτιώνουν μόνο τα ανώτερα στρώματα του.

Η δυναμική συμπύκνωση με χρήση γερανού, είναι επέκταση της συνηθισμένης μεθόδου συμπύκνωσης. Ο γερανός ανυψώνει ένα βάρος 10 ή 20 τόνων, σε ύψος 10 έως 20 μέτρων, και το αφήνει να πέσει με ορμή στο έδαφος. Τα βάθος μέχρι το οποίο επιτυγχάνεται η συμπύκνωση, εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, το βάρος του φορτίου, και από το ύψος πτώσης. Για μη συνεκτικά εδάφη, το βάθος συμπύκνωσης είναι  $D = 0.5 * (W * h)^{1/2}$ , όπου W το βάρος σε τόνους, και h το ύψος σε μέτρα.

Αυτή η μέθοδος είναι οικονομική για έκταση 5000 έως 10000 μ<sup>2</sup>, και για μεγάλο βάθος του στρώματος. Εάν η στάθμη του υπογείου νερού είναι κοντά στην επιφάνεια, τοποθετείται ένα στρώμα κοκκώδους χαλαρού εδάφους, με πάχος 200 χιλιοστά έως 1 μέτρο, πάνω από το έδαφος που θέλουμε να συμπυκνωθεί.

#### **6.3.1.2. βελτίωση συνεκτικών εδαφών - εξυγίανση - αποστράγγιση - συμπύκνωση**

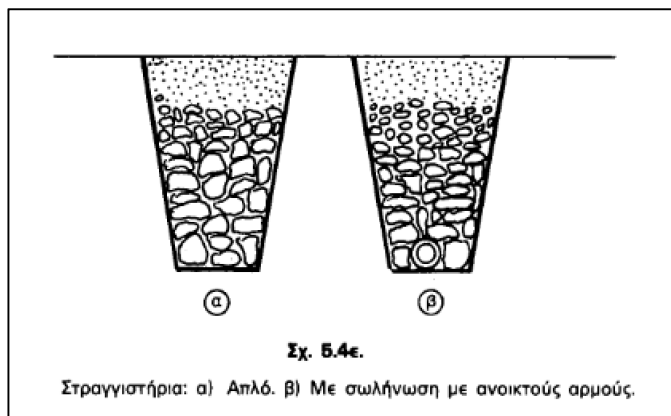
Στα συνεκτικά εδάφη, είναι δύσκολο να επιτευχθεί συμπύκνωση με την επιβολή προσωρινών φορτίων. Στα εδάφη αυτά, οι κόκκοι πλησιάζουν μεταξύ τους με πολύ αργούς ρυθμούς, όταν υπάρχει αύξηση πίεσης. Οπότε είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι για την βελτίωση τους.

##### Αποστράγγιση

Τα συνεκτικά εδάφη χρειάζονται να γίνει βελτίωση τους, όταν έχουν μικρή αντοχή και μεγάλες καθιζήσεις, κάτι που συμβαίνει όταν έχουν μεγάλο ποσοστό υγρασίας. Όταν το ποσοστό υγρασίας παρουσιάζει επίσης διακυμάνσεις, τότε το έδαφος παρουσιάζει το δυσμενέστερο χαρακτηριστικό του, που είναι η μεταβολή με τον καιρό η αντοχή και ο όγκος του. Τότε μιλάμε όχι για βελτίωση αλλά για εξυγίανση, και μπορεί να επιτευχθεί με τον περιορισμό της υγρασίας του, και την εξασφάλιση ότι η υγρασία θα παραμείνει σταθερή, κάτι που μπορεί να γίνει με αποστράγγιση του εδάφους. Σημειώνεται ότι στα κοκκώδη - χαλαρά εδάφη, η αποστράγγιση γίνεται με φυσικό τρόπο.

Για την αποστράγγιση του εδάφους, κατασκευάζεται ένα σύστημα αυλακιών με μεγάλο βάθος, μέσα στην περιοχή θεμελίωσης, και γύρω από αυτήν. Τα αυλάκια αυτά λέγονται στραγγιστήρια και γεμίζονται με πέτρες και χαλίκια. Στον πυθμένα τους συνήθως τοποθετείται μια σωλήνωση με ανοικτούς αρμούς, ώστε να συγκεντρώνονται εκεί τα νερά που θέλουμε να απομακρύνουμε, **όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα**. Ο πυθμένας των στραγγιστηρίων πρέπει να έχει κάποια μικρή κλίση, ώστε να φεύγει το νερό εκτός της περιοχής θεμελίωσης.

Τα νερά των στραγγιστηρίων, φεύγουν από την περιοχή θεμελίωσης, και καταλήγουν στην επιφάνεια του εδάφους ή σε κάποιον αποδέκτη - υποδοχέα, όπως υπόνομο, ποτάμι, λίμνη ή θάλασσα. Θα μπορούσε επίσης να γίνεται άντληση τους, αλλά δεν είναι καλή αυτή η λύση, γιατί η ασφάλεια του έργου θα στηρίζεται στην καλή λειτουργία των αντλιών, οι οποίες αν για κάποιο λόγο σταματήσουν, θα υπάρχει κίνδυνος να χαλάσει ξανά η ποιότητα του εδάφους.



### Αποστράγγιση με στερεοποίηση (επιφόρτιση, σταδιακή κατασκευή)

Η αποστράγγιση με στερεοποίηση, για συνεκτικά εδάφη, γίνεται με 2 τρόπους, την επιφόρτιση και την σταδιακή κατασκευή. Η επιφόρτιση είναι η απλούστερη μέθοδος βελτίωσης εδάφους στα συνεκτικά εδάφη. Επιβάλλεται προσωρινά στο έδαφος, ένα φορτό με μορφή επιχώματος ή άλλου φορτίου. Το έδαφος έτσι στερεοποιείται, μειώνεται η συμπιεστότητα του, και αυξάνεται η αντοχή του. Το νερό αποστραγγίζεται, και ο απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από το μήκος της διαδρομής που διανύει το νερό. Η σταδιακή κατασκευή, είναι η μέθοδος όπου η κατασκευή γίνεται σταδιακά, και το έδαφος στερεοποιείται με ρυθμό, που του εξασφαλίζει την αναγκαία αντοχή, που είναι απαιτούμενη για κάθε στάδιο φόρτισης. Τελικά το έδαφος αποκτάει την αναγκαία αντοχή για να μπορεί να παραλάβει με ασφάλεια το συνολικό φορτίο. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως στα επιχώματα.

### Συμπύκνωση με κοπάνισμα ή κυλίνδρωση

Για την συμπύκνωση των συνεκτικών εδαφών, τα κενά μπορούν να λιγοστέψουν γεμίζοντας τα με ξένα υλικά. Η πιο απλή εφαρμογή αυτής της μεθόδου, γίνεται προσθέτοντας πέτρες και χαλίκια πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. Συμπιέζονται με κοπάνισμα ή κυλίνδρωση, βυθίζονται μέσα στο έδαφος, και έτσι το συμπυκνώνουν. Προστίθενται και άλλες πέτρες και χαλίκια, με κοπάνισμα ή κυλίνδρωση κ.ο.κ. ώσπου το έδαφος να μην μπορεί να απορροφήσει άλλα. Τότε η αντοχή του έχει αυξηθεί ικανοποιητικά και έπαυσε να συμπιέζεται εύκολα με την προσθήκη των φορτίων. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή από την αρχαιότητα, και είναι πολύ αποτελεσματική σε υδαρή εδάφη.

Το μειονέκτημα της είναι ότι η βελτίωση γίνεται σε μικρό βάθος, και είναι ακατάλληλη όταν στην επιφάνεια υπάρχει στρώμα σχετικά καλού εδάφους, και τα από κάτω στρώματα είναι πολύ συμπιεστά. Δεν πρέπει να εφαρμόζεται επίσης όταν τα θεμέλια έχουν μεγάλες διαστάσεις, γιατί τότε οι αυξήσεις των πιέσεων προχωρούν σε μεγάλα βάθη, εκτός της ζώνης που φτάνει η βελτίωση του εδάφους.

Η συμπύκνωση των συνεκτικών εδαφών, με την βοήθεια κυλίνδρων με ελαστική επένδυση, μπορεί να φτάσει σε πάχος στρώσεων 150 έως 200 χιλιοστά. Για δυναμική συμπύκνωση με βοήθεια γερανού, για συνεκτικά εδάφη, το βάθος συμπύκνωσης είναι  $D = (W * h)^{1/2}$ , όπου W το βάρος σε τόνους, και h το ύψος σε μέτρα.



### Συμπύκνωση με πασσάλους

Στις δύο αυτές περιπτώσεις, δηλαδή σε επιφανειακό στρώμα καλό και συμπιεστά από κάτω, και σε θεμέλια μεγάλων διαστάσεων, μπορεί να συμπυκνωθεί το έδαφος μπήγοντας πασσάλους. Το μπήξιμο πασσάλων για συμπύκνωση, δηλαδή για βελτίωση του εδάφους, δεν υπάγεται στην βαθιά θεμελίωση με πασσάλους. Αυτό γιατί οι πάσσαλοι συμπύκνωσης δεν μεταβιβάζουν τα φορτία της ανωδομής στο έδαφος, και επίσης μπορεί να μην συνδέονται με τα θεμέλια. Χρησιμοποιούνται για να εξαναγκάσουν τους κόκκους του εδάφους να πλησιάσουν μεταξύ τους, και να συμπυκνωθεί το έδαφος. Το μπήξιμο των πασσάλων γίνεται με τον ίδιο τρόπο, όπως στην θεμελίωση με πασσάλους, οπότε δεν περιγράφεται ιδιαίτερα αυτή η μέθοδος στην παράγραφο αυτή

### **6.3.2. βελτίωση του εδάφους με χημικά μέσα**

Βελτίωση του εδάφους με χημικά μέσα μπορεί να γίνει α) με συμπλήρωση κενών εδάφους με κατάλληλα υλικά, και β) με καθαρά χημικές μεθόδους. Γενικά η βελτίωση του εδάφους με σκοπό την θεμελίωση ενός έργου, γίνεται σπάνια με χημικές μεθόδους. Η βελτίωση εδάφους με χημικά μέσα αυξάνει την αντοχή του εδάφους, αλλά αυξάνει κυρίως την στεγανότητα του, και για αυτό εφαρμόζεται συχνότερα σε φράγματα, μεταλλεία, σήραγγες κτλ.

#### **6.3.2.1. με συμπλήρωση κενών εδάφους με κατάλληλα υλικά**

Η βελτίωση του εδάφους με συμπλήρωση των κενών του με κατάλληλα υλικά, που έχουν την ιδιότητα κόλλας, θεωρείται χημική, επειδή όταν τα υλικά που προσθέτουμε στο έδαφος πήζουν, και γίνονται κάποιες χημικές αντιδράσεις, στις οποίες κάποιες φορές συμμετέχει το έδαφος, και σε κάποιες όχι. Όμως η συμπύκνωση είναι κυρίως μηχανική, γιατί στηρίζεται στην συμπλήρωση των κενών, και στην αύξηση της συνάφειας των κόκκων του εδάφους. Το υλικό που προτίθεται πρέπει να είναι υγρό, όταν φτάσει στην τελική του θέση, μπορεί να διεισδύει ανάμεσα στους κόκκους του εδάφους, να πήξει και να μετατρέπεται σε στερεό.

#### χρησιμοποιούμενα υλικά

Υλικά για πού χρησιμοποιούνται είναι τα παρακάτω:

- Το τσιμέντο είναι από τα πιο κατάλληλα υλικά, γιατί το έδαφος παίρνει την μορφή τσιμεντοκονιάματος ή σκυροδέματος, που είναι (γίνεται το έδαφος έτσι) υλικά με πολύ μεγαλύτερη αντοχή.
- Το πυριτικό νάτριο, ή αλλιώς υδρύαλος, εισχωρεί στο έδαφος με την μορφή διαλύματος (που περιέχει επίσης χλωριούχο ασβέστιο) και όταν πήξει, μετατρέπεται σε υλικό συγγενικό με το γυαλί (γι' αυτό λέγεται υδρύαλος). Υπάρχουν και άλλα υλικά παρόμοια, που κάποια προστατεύονται από δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, όπως το AM-9 (που είναι μίγμα από ακρυλαμίδη και μεθυμυλενοδιακρυλαμίδη). Η πρόοδος της τεχνολογίας των πλαστικών και της Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας γενικότερα θα προσφέρει πολλά υλικά με κατάλληλες ιδιότητες, για αυτόν τον σκοπό.
- Η άργιλος προστίθεται για να βελτιώσει το έδαφος, όχι μηχανικά, αλλά για να μειώσει την υδροπερατότητα του. Στα πολύ χαλαρά κοκκώδη εδάφη, προστίθεται άργιλος ώστε εκτός της μείωση υδροπερατότητας να αυξηθεί η συνεκτικότητα τους, και χρησιμοποιείται κατά κανόνα σε θεμελιώσεις φραγμάτων ή σε παρόμοια έργα.

- Επίσης γίνεται χρήση ασφάλτου ή ασφαλτικών υλικών, καθώς και άλλων υλικών της οικογένειας των πετρελαιοειδών.

#### τοποθέτηση επιφανειακή

Τα ανωτέρω υλικά για την χημική βελτίωση του εδάφους, μπορούν να προστεθούν επιφανειακά ή σε βάθος (τσιμέντο σε βάθος λέγεται τσιμεντενέσεις).

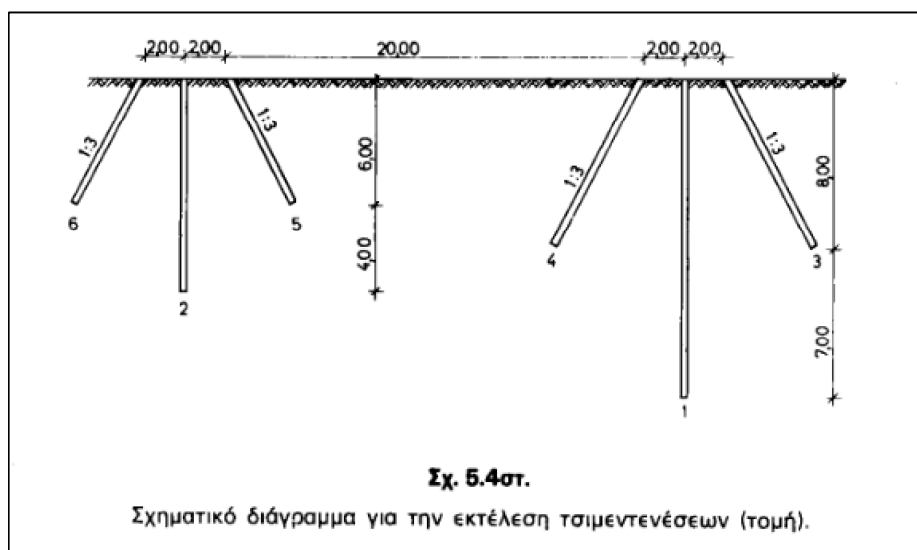
Επιφανειακά προστίθεται κυρίως τσιμέντο ή άσφαλτος, μετά από αναμόχλευση του εδάφους. Το έδαφος αναμοχλεύεται και θρυμματίζεται στο επιθυμητό βάθος με κατάλληλο μηχάνημα, και μετά ρίχνεται το υλικό που θα βελτιώσει το έδαφος. Ύστερα το έδαφος και το βελτιωτικό υλικό, με κατάλληλα μηχανήματα ανακατεύονται, διαστρώνονται και συμπυκνώνονται με κυλίνδρωση. Έτσι η βελτίωση του εδάφους περιορίζεται σε μικρό βάθος, και συνήθως δεν εφαρμόζεται σε θεμελιώσεις αλλά κυρίως στην οδοποιία.

#### τοποθέτηση σε βάθος (ενέσεις) πχ τσιμεντενέσεις

Πιο συνηθισμένα γίνεται σε βάθος γίνεται η προσθήκη υλικού για την χημική βελτίωση του εδάφους, και λέγονται ενέσεις. Ανάλογα με το υλικό καλούνται τσιμεντενέσεις, αργιλένεσεις κτλ. Για να γίνει η ένεση, πρέπει αρχικά να ανοιχτεί με γεωτρήπανο μια κυλινδρική τρύπα. Στην μελέτη του έργου καθορίζονται το μήκος και η διεύθυνση της τρύπας της ένεσης.

Οι ενέσεις γίνονται σε διάφορα εδάφη, όπως χαλαρά εδάφη, ασταθή εδάφη, αλλά και σε βράχους. Όταν γίνονται σε χαλαρά και σε ασταθή εδάφη, όσο προχωρά η γεώτρηση, τόσο προχωρά και ένας μεταλλικός σωλήνας, που ντύνει την τρύπα, και δεν αφήνει το έδαφος γύρω από αυτήν, να την ξαναγεμίσει, όταν βγει το στέλεχος του γεωτρήπανου. Οι ενέσεις που γίνονται σε βράχους, έχουν σκοπό α) να γεμίσουν διάφορες ρωγμές και άλλα κενά, και β) να στεγανοποιηθούν. Σε αυτές τις περιπτώσεις στους βράχους, η σωλήνωση δεν χρησιμοποιείται γιατί είναι περιττή.

Η βελτίωση του εδάφους, με χρήση ενέσεων και κυρίως τσιμεντενέσεων, συνοδεύεται πάντα από σχέδια, όπως στο επόμενο σχήμα, που δείχνουν τον αριθμό, το μήκος, την κατεύθυνση και την σειρά προτεραιότητας των ενέσεων.



### τσιμεντένεση (και ενέσεις γενικότερα) με ανερχόμενα βήματα

Στις ενέσεις με ανερχόμενα βήματα, τοποθετείται το γεωτρύπανο και ανοίγεται η τρύπα μέχρι το υπολογισμένο βάθος της από την μελέτη. Η αντλία μπορεί να στέλνει το σταθεροποιητικό υλικό μέσα στην γεώτρηση χωρίς διακοπή, αλλά μπορεί επίσης να σταματάει κάθε φορά που αλλάζει θέση η κατάληξη του τροφοδοτικού σωλήνα. Η σύνθεση του σταθεροποιητικού υλικού, και η πίεση του, μπορεί να μένουν σταθερές ή να αλλάζουν.

Στις τσιμεντενέσεις, η ένεση προχωράει από το κατώτατο σημείο, προς τα ανώτερα στρώματα. Όσο η ένεση ανεβαίνει, η πίεση του τσιμεντοπολλτού μικραίνει και γίνεται πιο πυκνός. Η βελτίωση του εδάφους παίρνει σχήμα παρόμοιο με το σχήμα που έχει ο βολβός των πιέσεων ενός θεμελίου. Στα κατώτατα στρώματα η βελτίωση του εδάφους δεν είναι τόσο έντονη, αλλά απλώνεται σε μεγαλύτερη έκταση. Αυτό γίνεται επειδή οι αυξήσεις των πιέσεων είναι μικρότερες σε αυτά τα στρώματα, αλλά επηρεάζουν μια πιο πλατιά περιοχή.

### τσιμεντένεση (και ενέσεις γενικότερα) με κατερχόμενα βήματα

Στην ένεση με κατερχόμενα βήματα, η διαδικασία γίνεται ανάποδα. Γίνεται πρώτα μια ρηχή γεώτρηση, η οποία κατά κανόνα δεν χρειάζεται επένδυση. Μετά γίνεται η πρώτη ένεση με πυκνό υλικό και χαμηλή πίεση, και όταν το έδαφος δεν μπορεί να απορροφήσει άλλο υλικό, η ένεση σταματάει. Επειδή η τρύπα γεμίζει από το υλικό, ανοίγεται με το γεωτρύπανο μια άλλη λίγο βαθύτερα, και γίνεται η 2<sup>η</sup> ένεση, με υλικό λίγο πιο αραιό, και πίεση λίγο πιο μεγάλη. Μετά ανοίγει και άλλη τρύπα με γεώτρηση λίγο πιο βαθιά, γίνεται η 3<sup>η</sup> ένεση, ώσπου να φράσει στο βάθος της μελέτης, με το υλικό να είναι κάθε φορά πιο αραιό και την πίεση πιο μεγάλη.

#### **6.3.2.2. με καθαρά χημικές μεθόδους**

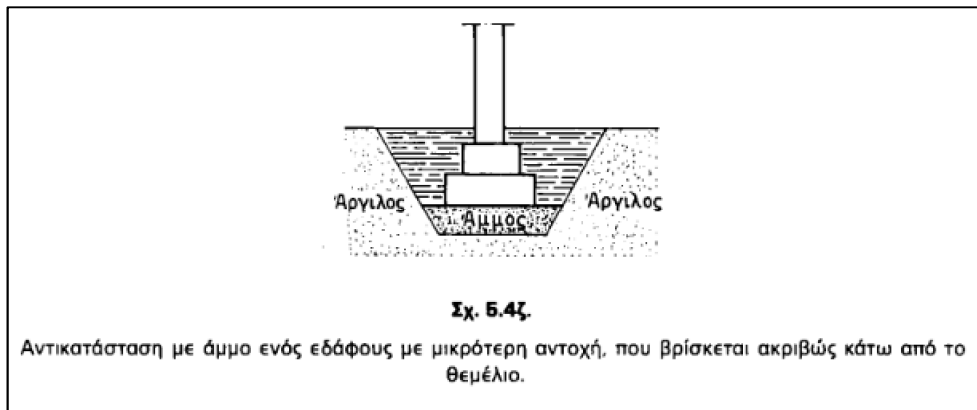
Εκτός από τις χημικές μεθόδους με ένεση υλικού, που είναι κυρίως μηχανική η βελτίωση, μετά από χημικές αντιδράσεις υλικού και εδάφους (για αυτό κατατάσσονται στις χημικές), υπάρχουν και οι καθαρά χημικές μέθοδοι βελτίωσης εδάφους. Μια από αυτές είναι η ηλεκτροχημική, με την έμπηξη 2 ηλεκτροδίων με διαφορά τάσεως στο έδαφος. Το νερό μέσα στο έδαφος περιέχει πάντα διάφορους ηλεκτρολύτες (οξέα, άλατα κ.α.) σε διάλυση, μετακινείται από το ένα ηλεκτρόδιο και συγκεντρώνεται στο άλλο. Με αυτόν τον τρόπο αποστραγγίζεται και συμπυκνώνεται το έδαφος. Μέθοδοι καθαρά χημικές σπάνια χρησιμοποιούνταν σε κατασκευή έργων, γιατί βρίσκονταν σε στάδιο εργαστηριακών ερευνών.

#### **6.3.2.3. αντικατάσταση του εδάφους**

Σε ορισμένες περιπτώσεις, αντί της βελτίωσης του εδάφους, συμφέρει η αντικατάσταση του, δηλαδή η αφαίρεση του και η αντικατάσταση με καλύτερο έδαφος.

Στην περίπτωση, με στρώμα μαλακής αργίλου ή μαλακού πηλού, με υψηλή υγρασία και μεγάλες καθιζήσεις, συμφέρει να αφαιρεθεί ένα στρώμα, και να αντικατασταθεί με ένα στρώμα άμμου. Όστε κάτω από το θεμέλιο μεσολαβεί στρώμα άμμου, ικανό να παραλάβει τα φορτία, **όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα**. Στην κάτω επιφάνεια του στρώματος αυτού, η αύξηση της πίεσης είναι αρκετά μικρότερη, και είναι ανεκτή για το μαλακό έδαφος. Το

πάχος του στρώματος άμμου υπολογίζεται τόσο ώστε οι πιέσεις στην κάτω επιφάνεια του, να μην είναι μεγαλύτερες από τις ανεκτές πιέσεις που έχει το αρχικό έδαφος, και είναι μερικές δεκάδες εκατοστά του μέτρου.



Στην περίπτωση, με μικρής αντοχής στρώμα, και με μεγάλης αντοχής κατώτερο στρώμα, αλλά ανώμαλης επιφάνειας, καλό είναι να αφαιρείται το μαλακό έδαφος, και να συμπληρώνονται οι λακκούβες του δυνατού κατώτερου στρώματος με άμμο. Με αυτόν τον τρόπο αποκτάμε ομαλή επιφάνεια για τα θεμέλια, χωρίς να χρειαστεί εκσκαφή στο σκληρό έδαφος.

Με την αφαίρεση των ανωτέρω αναφερομένων στρωμάτων, γίνεται προσθήκη άμμου ή άλλου εδάφους, που μεταφέρθηκε από αλλού. Η θεμελίωση πάνω σε στρώματα εδάφους τέτοια, πρέπει να γίνει με προσεκτική μελέτη. Σε σημαντικά οικοδομικά έργα καλό είναι η αντικατάσταση του εδάφους να γίνεται με σκυρόδεμα φτωχού σε τσιμέντο, ή με λιθόδεμα. Η τελευταία μέθοδος, εφαρμόζεται και σε περίπτωση που στην περιοχή των θεμελίων βρίσκονται βόθροι, παλιά πηγάδια, παλιές εκσκαφές, που έχουν επιχωματωθεί ή όχι. Αυτές οι παλιές εκσκαφές πρέπει να αδειάζουν τελείως από τα επιχώματα, σε βάθος τουλάχιστον διπλάσιο από το πλάτος των θεμελίων, ή σε όλο τους το βάθος. Μετά πρέπει να γεμιστούν με αραιό σκυρόδεμα, ή με λιθόδεμα, και επάνω σε αυτό να εδραστούν τα θεμέλια.

Εάν γεμιστούν οι παλιές εκσκαφές με πέτρες και χώματα (και όχι σκυρόδεμα ή λιθόδεμα), υπάρχει κίνδυνος να παρουσιαστούν μεγάλες καθιζήσεις, που θα προκαλέσουν στο έργο ζημιές, με δαπάνες πολύ μεγαλύτερες για επισκευή, από αυτές που κάποιοι θεωρούν ότι γλίτωσαν κάνοντας οικονομία στις εργασίες θεμελίωσης, μη αντικαθιστώντας με σκυρόδεμα η λιθόδεμα αλλά με πέτρες & χώματα.

#### **Βιβλιογραφία κεφαλαίου**

Σακελαρίου Μ., Σερέφογλου Β. & Μαραέβας Χ., (2009). *Κτιριακά έργα Ι*. Αθήνα: Ινστιτούτο εκπαιδευτικής πολιτικής

Δεϊμέζης Α., (1998). *Γενική Δομική Ι*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου

Αθανασόπουλος Χ., (2003). *Κατασκευή κτιρίων, σύνθεση και τεχνολογία*. Αθήνα: Παπασωτηρίου