

ΕΠΙΣΚΕΥΗ – ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

**ΑΤΣΙΔΑΚΟΥ ΑΝΤΩΝΙΑ
ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενίσχυση και η επισκευή της θεμελίωσης μετά την επίδραση εξωγενών παραγόντων, είναι ουσιαστική για την θωράκιση κάθε δομήματος. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης της υπάρχουσας θεμελίωσης. Αναφέρονται επίσης οι πιθανές ενδείξεις αστοχίας των θεμελίων, καθώς και τα αίτια που συντελούν σε τέτοιας μορφής αστοχίες.

1. ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ:

α) Ενδείξεις στο εσωτερικό του σπιτιού :

1. Μη ευθυγραμμισμένες πόρτες και παράθυρα
2. Ρωγμές στο ανώφλι
3. Πόρτες και παράθυρα που ‘κολλάνε’
4. Κλίση των πατωμάτων
5. Ρωγμές στο πάτωμα ή στα πλακάκια

β) Ενδείξεις στο εξωτερικό του σπιτιού :

6. Ρωγμές στα τούβλα
7. Κενά γύρω από τις πόρτες και τα παράθυρα
8. Ρωγμές στα θεμέλια
9. Απομάκρυνση φάσας στέγης.

γ) Ενδείξεις στο γκαράζ του σπιτιού :

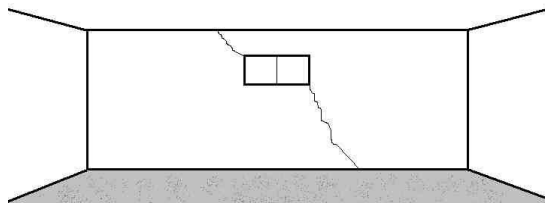
10. Απόκλιση της πόρτας από τους παραστάδες
11. Τοίχοι που γέρνουν προς τα έξω
12. Ραγισμένα τούβλα

δ) Ενδείξεις στη βάση του σπιτιού :

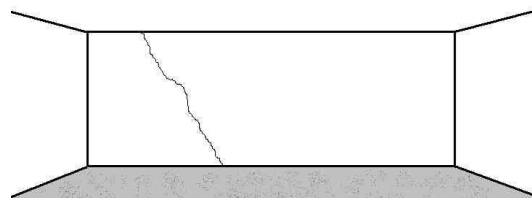
13. Τοίχοι που γέρνουν προς τα μέσα ή προς τα έξω
14. Ρωγμές στους τοίχους
15. Εισχώρηση νερού



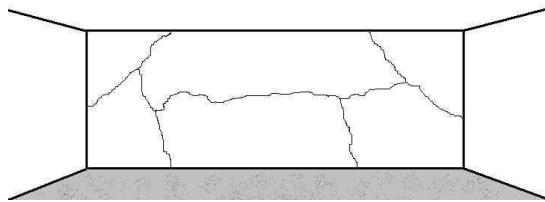
Μερικές ακόμα ενδείξεις για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η θεμελίωση μπορούμε να έχουμε από το είδος των ρωγμών που σχηματίζονται στους τοίχους.



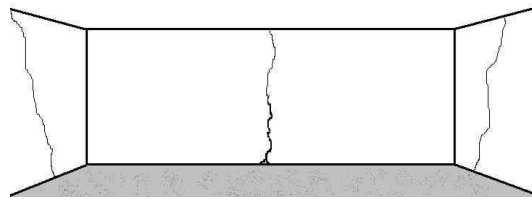
1. Καθίζηση θεμελίωσης



2. Καθίζηση θεμελίωσης



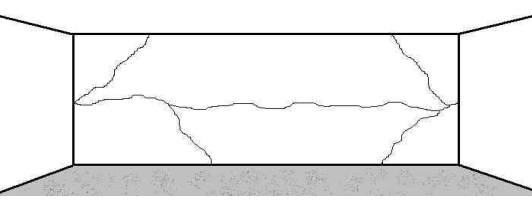
3. Κάμψη και καθίζηση



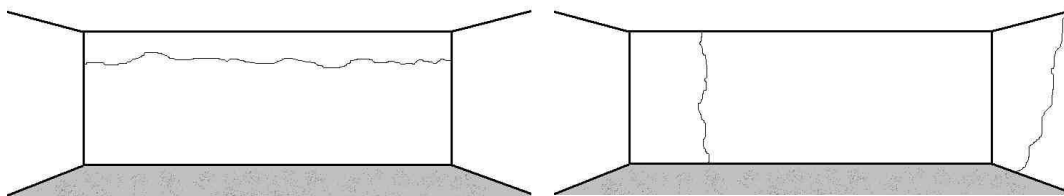
4. Κεντρική καθίζηση(μεγαλύτερη ρωγή στο κέντρο)



5.Κάμψη θεμελίωσης



6.Κάμψη θεμελίωσης



7. Διάβρωση σπλισμού ή θρυμματισμός σκυροδέματος θεμελίου

8. Καθίζηση θεμελίου λόγω υπερκείμενου βάρους.

2. ΛΟΓΟΙ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

Οι λόγοι αστοχίας των θεμελίων μπορούν να αποδοθούν κυρίως σε λόγους παραμόρφωσης του εδάφους θεμελίωσης.

Η πιο πιθανή αστοχία της θεμελίωσης προκαλείται όταν εδάφη υψηλής πλαστικότητας σε διαφορετικά τμήματα της θεμελίωσης μετακινούνται. Αυτή η κίνηση μπορεί να έχει τη μορφή συστολής ή διαστολής του εδάφους και να προκαλέσει καθίζηση ή ανύψωση αντίστοιχα. Όταν επικρατούν ξηρές συνθήκες το έδαφος χάνει την υγρασία του και συρρικνώνεται. Αντίστοιχα αύξηση της υγρασίας προκαλεί διόγκωση του εδάφους. Άσχετα με τη μορφή της κίνησης τα αποτελέσματα εκδηλώνονται με τη μορφή ρωγμών στους τοίχους θεμελίωσης, στους εξωτερικούς ή εσωτερικούς τοίχους της κατασκευής. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως **διαφορική καθίζηση**.

Εκτός από τη μετακίνηση του εδάφους λόγω ενδογενών παραγόντων, καθίζηση μπορεί να προκληθεί λόγω μεταβολών των φορτίσεων ή δονήσεων.

Ένας άλλος λόγος αστοχίας της θεμελίωσης είναι η **υδραυλική θραύση του εδάφους**, που συναντάται σε αργιλώδη εδάφη με ελάχιστη υδατοπερατότητα και συνοχή.

Το ίδιο βάρος του εδάφους και της κατασκευής δεν είναι ικανό να αντισταθμίσει τη δυναμική πίεση ενός υδάτινου ρεύματος.

Η υπερβολική **υγρασία** γύρω από τα θεμέλια προκαλεί συνεχή διάβρωση του εδάφους και απομάκρυνση ουσιαστών στοιχείων του, που μπορεί να έχει αποτέλεσμα μέχρι και την τελική αστοχία του θεμελίου.

Όταν το επιβαλλόμενο φορτίο ξεπεράσει την τιμή του φορτίου σχεδιασμού σχηματίζονται μέσα στο έδαφος επιφάνειες ολίσθησης όπου η αντοχή σε διάτμηση ξεπερνιέται. Η επικείμενη **θραύση του εδάφους** οδηγεί σε πλευρική διαφυγή και διόγκωση του κατά τις πλευρές του δομικού έργου. Σημαντικό ρόλο στην θραύση του εδάφους έχει το είδος του εδάφους. Για το λίγο αυτό θα πρέπει να αναφέρεται στην γεωτεχνική έκθεση το είδος του εδάφους που βρίσκεται στο σημείο της θεμελίωσης.

Εκτός από τους παραπάνω λόγους αστοχίας των θεμελίων που οφείλονται στην παραμόρφωση του εδάφους, αστοχία των θεμελίων συναντάμε και λόγω απώλειας της στατικής ισορροπίας της κατασκευής θεωρούμενη ως απολύτως στερεή. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι εξής περιπτώσεις:

Ανατροπή του θεμελίου συμβαίνει όταν η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων συναντάει την επιφάνεια εδράσεως του θεμελίου έξω από τα όρια του πυρήνα.

Όταν η κλίση της συνισταμένης υπερβεί κάποιο όριο, μπορεί να υπάρξει υπέρβαση της αντιστάσεως μεταξύ πέλματος και εδάφους και να συμβεί **ολίσθηση**. Το αποτέλεσμα

είναι ότι οι τοίχοι στην βάση και την στέγη του κτιρίου μετακινούνται οριζόντια ο ένας σε σχέση με τον άλλον. Οι διατμητικές αστοχίες προκαλούν διαγώνιες ή Χ ρωγμές που εμφανίζονται στο γύψο, το στόκο ή το σκυρόδεμα της κατασκευής. Όσο πιο βαρύ είναι το κτίριο τόσο μεγαλύτερες διατμητικές δυνάμεις αναπτύσσονται και πιο σημαντικές βλάβες παρουσιάζονται.

Τέλος όταν στον υπόγειο χώρο κάτω από τα θεμέλια παρουσιαστεί αύξηση των υδροστατικών πιέσεων υπάρχει κίνδυνος **ανύψωσης της κατασκευής** ως αποτέλεσμα αυτής της αύξησης.

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες φωτογραφίες που παρουσιάζουν τους παραπάνω λόγους αστοχίας.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Οι επεμβάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν για την ενίσχυση των βλαμμένων θεμελίων περιγράφονται στις παρακάτω μεθόδους:

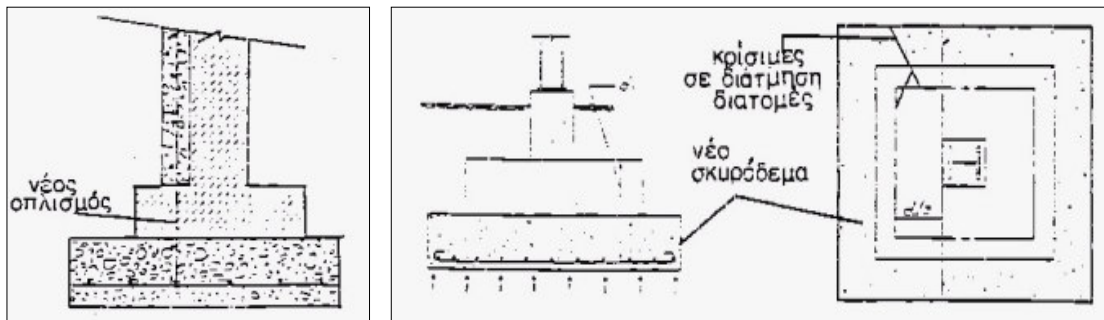
1. Μεγέθυνση των υπάρχοντων θεμελίων.
2. Κατασκευή νέων θεμελίων δίπλα στα υπάρχοντα.
3. Κατασκευή υποθεμελίωσης.
4. Βελτίωση υπεδάφους.
5. Αύξηση της ασφάλειας κατά θραύση εδάφους.
6. Αντιμετώπιση καθιζήσεων με μόνιμα σημεία ανύψωσης.
7. Αύξηση της ασφάλειας σε δυνάμεις ανατροπής και ολίσθησης

3.1. Μεγέθυνση των υπάρχοντων θεμελίων.

Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος επισκευής και ενίσχυσης των θεμελίων είναι η αύξηση των διαστάσεών τους που μπορεί να περιλαμβάνει:

- α) αύξηση του ύψους του πέλδου,
- β) αύξηση του πλάτους του πέλδου,
- γ) αύξηση και των δύο παραπάνω διαστάσεων.

3.1.α) Ένας τρόπος της αύξησης του ύψους του πέλδου είναι η τοποθέτηση ενός κύβου σκυροδέματος κάτω από την υπάρχουσα θεμελίωση. Είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλιστεί η σωστή συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος, κάτι που επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση νέου οπλισμού. Οι παρακάτω φωτογραφίες δείχνουν την εφαρμογή αυτής της μεθόδου. (σχήματα 1,2).



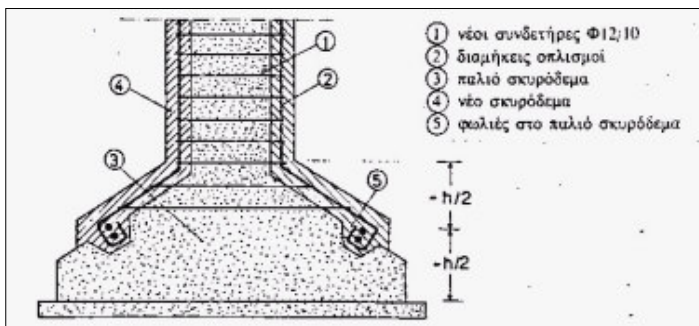
Ένας δεύτερος τρόπος γι' αυτή την ενίσχυση είναι η χρήση μανδύων από σκυρόδεμα. Και σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να εξασφαλιστεί η συνεργασία του παλαιού και νέου σκυροδέματος, αφού στη μεταξύ τους διεπιφάνεια πάουν να ισχύουν οι γνωστές θεωρίες κάμψης και διάτμησης. Η διατμητική αντοχή της διεπιφάνειας εξαρτάται από την δυνατότητα μεταφοράς διατμητικού φορτίου. Η παραπάνω συνεργασία επιτυγχάνεται ως εξής:

- α) Καθαίρεση του βλαμμένου σκυροδέματος και διαμόρφωση κοιλοτήτων για σωστό εγκιβωτισμό του νέου υλικού.
- β) Αποκάλυψη των παλαιών οπλισμών όπου χρειάζεται.
- γ) Μηχανική εκτράχυνση της επιφάνειας αναμονής του παλαιού σκυροδέματος.
- δ) Έκπλυση της επιφάνειας αναμονής με νερό υπό πίεση.
- ε) Διαβροχή παλαιού σκυροδέματος μέχρι κορεσμού πριν τη σκυροδέτηση.

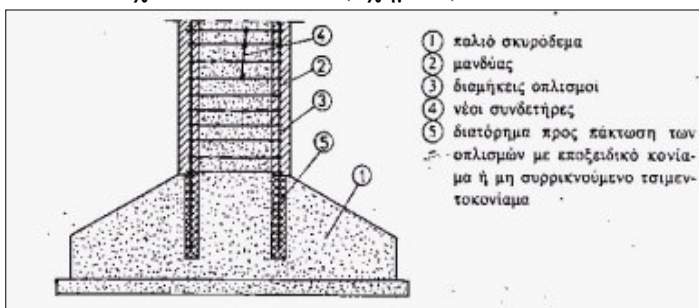
Η πυκνότητα του οπλισμού πρέπει να επιτρέπει τη διέλευση των χονδρών αδρανών και τη σωστή συμπίκνωση του σκυροδέματος. Η αντοχή του νέου σκυροδέματος πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή του παλαιού κατά 10MPa και τα χονδρά αδρανή δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 2cm συνήθως.

Ένας άλλος τρόπος αύξησης του ύψους του πεδύλου είναι η σύνδεση του μανδύα του υποστυλώματος σε πέδιλο χωρίς ενίσχυση του ίδιου του θεμελίου. Αυτό γίνεται είτε με το πέρασ του μανδύα στο πέδιλο, είτε με την αγκύρωση των οπλισμών του μανδύα του στύλου στο πέδιλο. Πρόκειται για μια μέθοδο που χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις βλάβης υποστυλωμάτων κατώτατου ορόφου.

Στην πρώτη περίπτωση ο μανδύας που φτάνει ως το πέδιλο πρέπει να καλύπτει το μισό του ύψους του πεδύλου. Για την αγκύρωση των οπλισμών του υποστυλώματος στο τέλος του μανδύα κατασκευάζονται οι λεγόμενες 'φωλιές' όπου εγκιβωτίζονται οι οριζόντιοι οπλισμοί. Οι κλειστοί οριζόντιοι συνδετήρες του μανδύα πρέπει να είναι τουλάχιστον Φ12/10. (σχήμα 3)

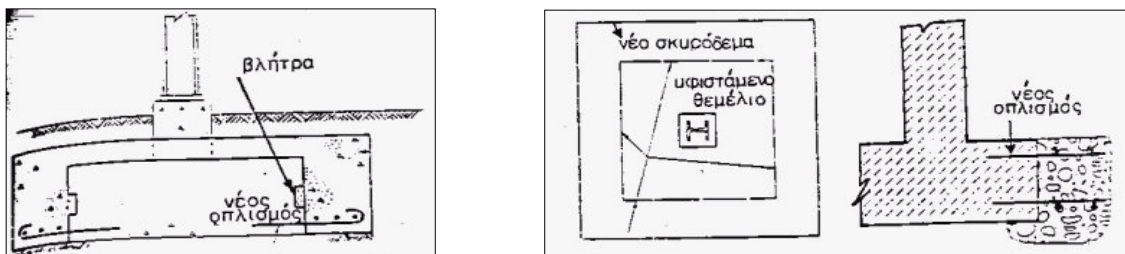


Στην δεύτερη περίπτωση ανοίγονται διατορήματα στο σημείο σύνδεσής τους με το υπερκείμενο υποστύλωμα ώστε να πακτωθούν οι διαμήκεις οπλισμοί του τελευταίου. Το μήκος του διατορήματος είναι ίδιο με το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης. Η πάκτωση των οπλισμών μπορεί να γίνει εποξειδικό κονίαμα ή συρρικνούμενο τσιμεντοκονίαμα ή με ρητίνη. (σχήμα 4)



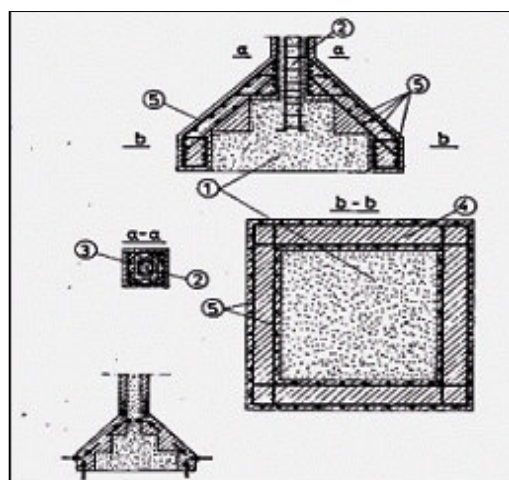
3.1.β) Το πλάτος του πεδύλου αυξάνεται με διάστρωση νέου σκυροδέματος περιμετρικά του υπάρχοντος θεμελίου. Η συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος εδώ, επιτυγχάνεται με τη χρήση βλήτρων ή με την τοποθέτηση νέου οπλισμού που αγκυρώνεται

μέσα στο νέο σκυρόδεμα. Τα βλήτρα τοποθετούνται στη συμβολή των δύο επιφανειών και συγκολλούνται με εποξειδωτικές ρητίνες. (σχήματα 5,6).

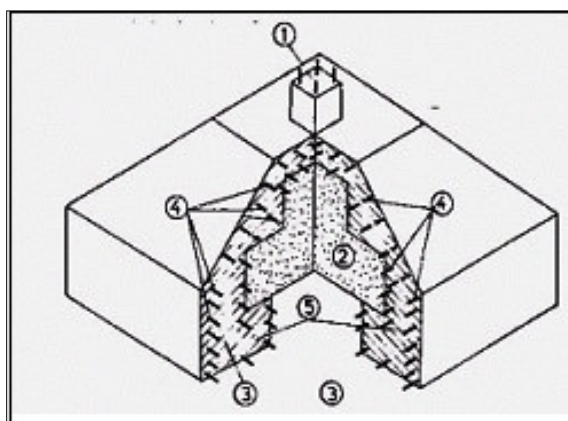


3.1.γ) Η συνολική αύξηση των διαστάσεων του πεδίου γίνεται με χρήση μανδύα σκυροδέματος ο οποίος είτε συνεχίζεται στο υπερκείμενο υποστύλωμα είτε όχι. Στην πρώτη περίπτωση η πρόσθετη τάση του εδάφους λόγω αύξησης της διατομής του πεδίου εξισορροπείται από τις λοξές δυνάμεις στον νέο μανδύα του υποστυλώματος. Η περιοχή στη βάση του θεμελίου μεταφέρει τις πρόσθετες αντιδράσεις του εδάφους και τις λοξές δυνάμεις στο μανδύα του πεδίου. (σχήμα 7).

1. υφιστάμενο θεμέλιο
2. υφιστάμενο υποστύλωμα
3. οπλισμένοι μανδύας
4. μανδύας πεδίου
5. πρόσθετος οπλισμός



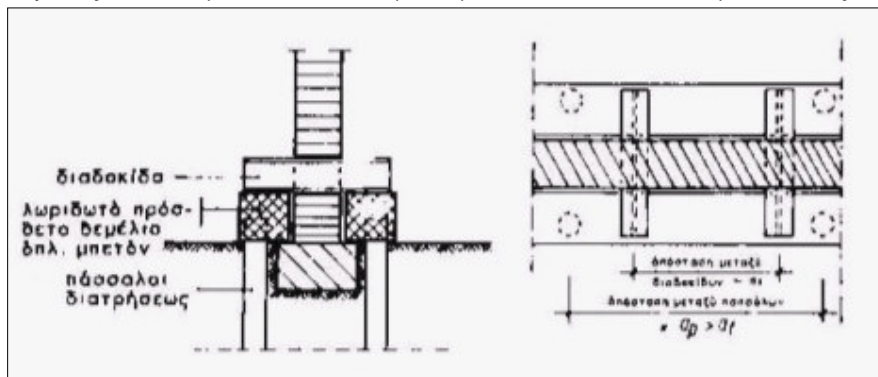
Για να αντιμετωπίσουμε προβλήματα που προκύπτουν λόγω λανθασμένης εκτίμησης της φέρουσας ικανότητας του εδάφους ή όταν έχουμε αύξηση των φορτίων του υποστυλώματος ο μανδύας δεν συνεχίζεται στο υποστύλωμα. Τα φορτία μεταβιβάζονται απευθείας στο πέδιλο με βλήτρα ή με κάποιες πρότυπες μεταλλικές διατομές που τοποθετούνται κάτω από τα άκρα του υπάρχοντος πεδίου. (σχήμα 8)



1. παλιό υποστύλωμα
2. παλιό πέδιλο
3. μανδύας πεδίου
4. νέοι οπλισμοί

3.2. Κατασκευή νέων θεμελίων δίπλα στα υπάρχοντα.

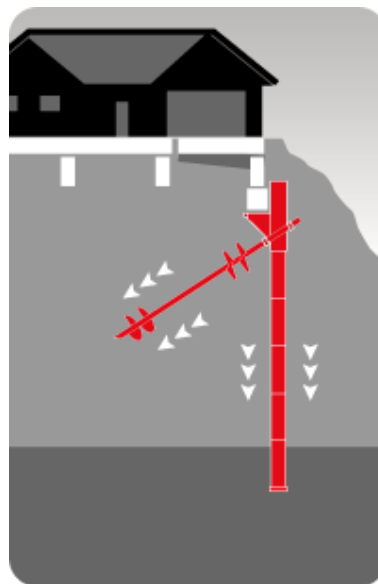
Η υποστήριξη τοίχων γίνεται με τη βοήθεια νέων προσθέτων λωριδών θεμελίων, εκατέρωθεν του υπάρχοντος. Τα νέα αυτά λωριδωτά θεμέλια αναλαμβάνουν κατά ένα μεγάλο μέρος τα νέα πρόσθετα φορτία με τη βοήθεια χαλύβδινων διαδοκίδων που διαπερνούν την τοιχοποιία. Τα μέχρι τώρα φορτία εξακολουθούν να φορτίζουν το παλιό θεμέλιο εξ ολοκλήρου. Για το καινούριο θεμέλιο γίνεται χρήση και πασσάλων διατρήσεως που η κεφαλή τους δένεται μέσα στο οπλισμένο μπετόν των δοκών θεμελίωσης. (σχήμα 9).



Οι ίδιοι οι πάσσαλοι αυτοί παρουσιάζουν μικρότερη μάζα καθιζήσεως, πλην όμως επηρεάζουν κάπως τα υπάρχοντα θεμέλια λόγω της αναπότρεπτης χαλάρωσης του εδάφους και της αρνητικής τριβής. Επιτυχώς χρησιμοποιούνται και ειδικοί πάσσαλοι μπετόν δια πίεσεως.

Μια ειδική περίπτωση πασσάλων διατρήσεως, είναι και οι ριζοπάσσαλοι, οι οποίοι είναι μικροί πάσσαλοι διατρήσεως με πάχη 10-24 cm, που δεν αναφέρονται στο DIN.

Μία ενδιαφέρουσα περίπτωση εφαρμογής των πασσάλων παρατηρούμε σε δομήματα που βρίσκονται σε πλαγιές. Τα δομήματα αυτά με αστοχία στη θεμελίωση θέτουν μερικές ενδιαφέρουσες και σύνθετες προκλήσεις. Δεν υπάρχει μόνο η ανάγκη κάθετης υποστήριξης της θεμελίωσης (ή και ενδεχόμενης ανύψωσης), αλλά και η ανάγκη να συγκρατηθεί το θεμέλιο στην κλίση για να αποτραπεί η οριζόντια μετακίνηση καθώς τα υπερκείμενα στρώματα του εδάφους γλιστρούν προς τα κάτω. Ένας συνδυασμός πασσάλων αντίστασης και πασσάλων ελικοειδούς μορφής παρέχουν μια λύση που αντιμετωπίζει και τα δύο ζητήματα. Οι πάσσαλοι αντίστασης εγκαθίστανται στη χαρακτηριστική μορφή, κατ' ευθείαν στα στρώματα που φέρουν το φορτίο και το θεμέλιο υποστηρίζεται ή ανυψώνεται πίσω στη θέση του. Κατόπιν, σε κάθε τοποθέτηση πασσάλων αντίστασης, ένας ελικοειδής πάσσαλος εμπήγνυται στο λόφο, βαθιά μέσα σε παχύ



και εύρωστο επιφανειακό στρώμα. Και οι δύο τύποι πασσάλων συνδέονται με ένα ενιαίο υποστήριγμα που στερεώνεται στο κατώτατο σημείο του θεμελίου. Ο πάσσαλος αντίστασης παρέχει την κάθετη υποστήριξη και ο ελικοειδής κρατά το θεμέλιο στο λόφο.

Μια άλλη διαδικασία ενίσχυσης είναι αυτή της υποστήριξης, κατά την οποία ένα υπάρχον σύστημα θεμελίωσης



επεκτείνεται στο κάτω από την επιφάνεια στρώμα που είναι βαθύτερο και σταθερότερο από το κοντινό χόμα επιφάνειας που υποστηρίζει το υπάρχον σύστημα θεμελίωσης. Αυτό γίνεται για να παρέχεται η κάθετη υποστήριξη που δεν υπάρχει στο υπάρχον σύστημα. Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν την επανακατασκευή της θεμελίωσης, των τοίχων και των οδηγούς των πασσάλων.



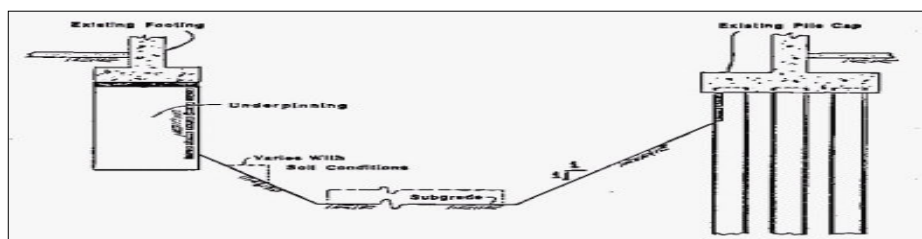
Η υποστήριξη, εάν σχεδιαστεί και εγκατασταθεί κατάλληλα, παρέχει τη βάση για να ανυψωθεί το δόμημα σε μια πιο αποδεκτή θέση, όπου θα του παρέχεται η απαιτούμενη κάθετη υποστήριξη που θα αποτρέψει την υποστηριγμένη περιοχή από καθίζηση.

3.3 Κατασκευή υποθεμελίωσης

Ο όρος 'υποθεμελίωση' χρησιμοποιείται για να περιγράψει την τροποποίηση μιας υφιστάμενης θεμελίωσης (με την προσθήκη νέων στοιχείων) ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα ή/και μεγαλύτερο βάθος θεμελίωσης, ώστε να παρακαμφθούν ακατάλληλα στρώματα εδάφους. Τα στοιχεία της υποθεμελίωσης αποτελούν πλέον τμήμα της νέας θεμελίωσης και είναι αυτονόητο ότι για να εκπληρώσει αυτή η νέα θεμελίωση τον προορισμό της, είναι απολύτως απαραίτητη η συνεργασία της υφιστάμενης με την νέα θεμελίωση. Οι υποθεμελίωσεις μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

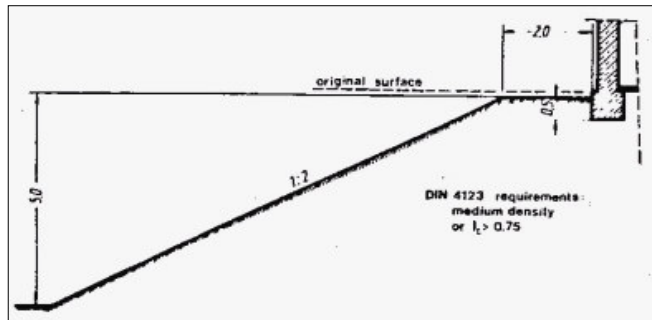
- α) αβαθείς υποθεμελίωσεις.
- β) βαθιές υποθεμελίωσεις.

3.3.α) Η πλέον συνήθης μορφή αβαθούς υποθεμελίωσης περιλαμβάνει την κατασκευή ορυγμάτων κάτω από την υφιστάμενη θεμελίωση και την πλήρωση με σκυρόδεμα (ντουλάπια σκυροδέματος). Η κατασκευή υποθεμελίωσης γίνεται επίσης αναγκαία όταν πρόκειται να γίνει εκσκαφή του εδάφους σε μικρή απόσταση από τη θεμελίωση μέχρι στάθμη χαμηλότερη από τη στάθμη της γειτονικής θεμελίωσης. (σχήμα 10).

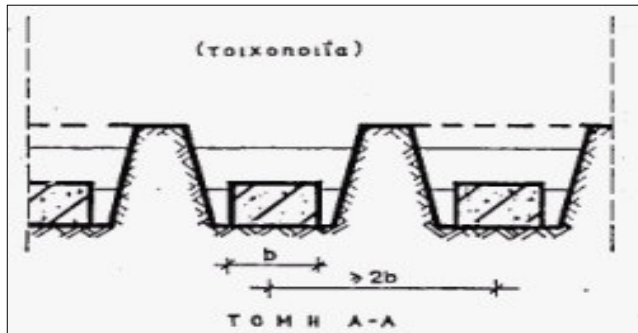
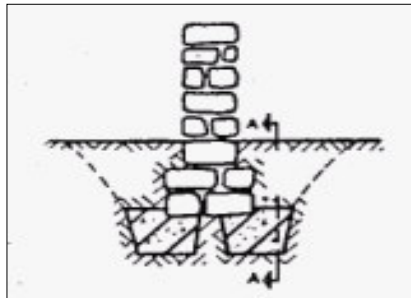


Επισκευή-Ενίσχυση Θεμελίων

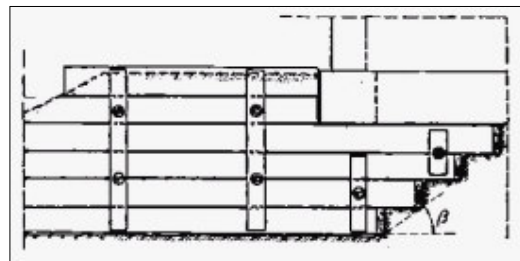
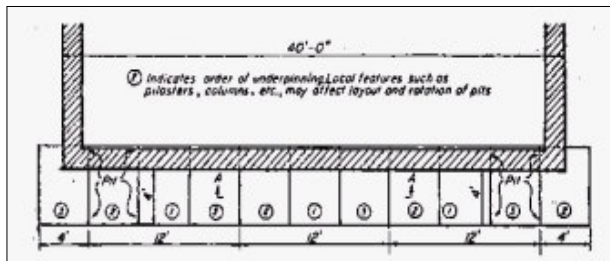
Συνήθως η κανονισμοί επιβάλλουν ότι κατά τη διάρκεια κατασκευής της υποθεμελίωσης, η στάθμη της γειτονικής εκσκαφής πρέπει να βρίσκεται 0.5 μέτρα ψηλότερα από την στάθμη της αρχικής θεμελίωσης. (σχήμα 11).



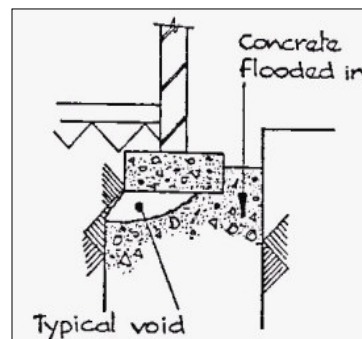
Σε περίπτωση που η θεμελίωση είναι προσπελάσιμη και από τις δύο πλευρές, εξωτερική-εσωτερική, είναι δυνατή η κατασκευή των ντουλαπιών σε δύο φάσεις(μισό-μισό). (σχήματα 12,13).



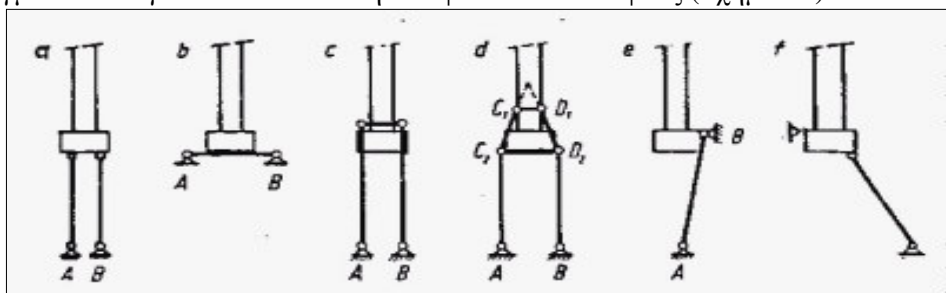
Η σειρά κατασκευής των ντουλαπιών πρέπει να αποφασίζεται με προσοχή και γενικά πρέπει να προηγούνται θέσεις στις οποίες καταλήγουν εγκάρσιες τοιχοποιίες. (σχήματα 14,15).



Κατά τη διαδικασία κατασκευής αβαθών υποθεμελίωσεων το υλικό 'σφήνωσης' στην κορυφή της υποθεμελίωσης είναι μείγμα τσιμέντου- άμμου (1:1) και ποσότητα νερού τόση ώστε να προκύπτει υλικό που να διατηρεί το σχήμα του όταν πλάθεται με το χέρι. Το υλικό αυτό τοποθετείται στο κενό μεταξύ ντουλαπιού και βάσης θεμελίου(μεγέθους 7.5cm περίπου) από 16 ώρες έως 3 ημέρες μετά τη σκυροδέτηση του ντουλαπιού. Έλλειψη προσοχής κατά την σκυροδέτηση του ντουλαπιού μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία κενών κάτω από το θεμέλιο. (σχήμα 16).



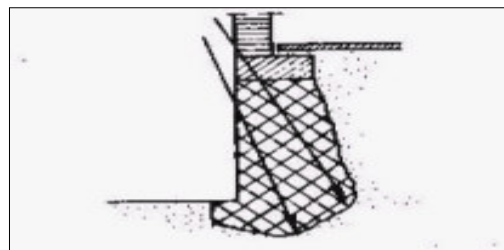
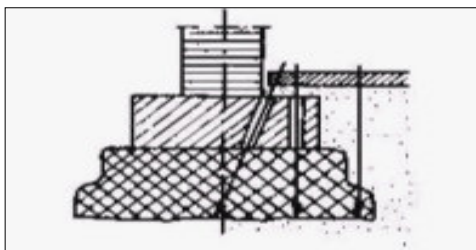
3.3.β) Για την κατασκευή βαθέων υποθεμελίωσης χρησιμοποιούνται πάσσαλοι και διαφράγματα που εγκαθίσταται από την επιφάνεια του εδάφους.(σχήμα 17).



- a : υποθεμελίωση με ζεύγος υποστυλωμάτων.
- b : υποθεμελίωση με δοκό υποθεμελίωσης κάτω από το θεμέλιο.
- c : υποθεμελίωση με δοκό υποθεμελίωσης πάνω από το θεμέλιο.
- d : υποθεμελίωση με δικτυωτό πλαίσιο.
- e, f: υποθεμελίωση με κεκλιμένους πασσάλους.

3.4 Βελτίωση υπεδάφους.

Η προσφορότερη μέθοδος, ακόμα και για την αρμονικότητα του υπάρχοντος κτιρίου, είναι αναμφισβήτητα η αύξηση αντοχής του εδάφους, οπότε αποφεύγονται καθιζήσεις, ρωγμές και διασεισεις. Δεν επιδέχονται όμως όλα τα εδάφη αυτή τη μέθοδο. Επιδεκτικά διαποτίσεως είναι βασικά όλα τα εδάφη που διαρρέονται από νερά. Πρόκειται για ένα πότισμα του εδάφους (που υπόκειται των υπ'όψη θεμελίων) με κατάλληλα μέσα που οδηγούν σε ένα είδος απολίθωσης και μεγαλώνουν την επιφάνεια εδράσεως.(σχήματα 18,19).



Με κατάθλιψη διαλυμάτων, γαλακτωμάτων και αιωρήσεων στο έδαφος, κλείνονται τα κενά (πόροι, πτυχώσεις, ρωγμές, αρμοί) και η αντοχή βελτιώνεται. ανάλογα με το είδος εδάφους και το μέγεθος κόκκων, ο διαποτισμός γίνεται με τσιμέντο (κάποτε και προσθήκη άμμου), κολλοειδές τσιμέντο (αλεσμένο πολύ λεπτά), μίγματα τσιμέντου-μπετονίτη ή χημικά διαλύματα όπως η ορυκτή γέλα, οργανικές ρητίνες ή ασφαλτικά γαλακτώματα. Συνήθως χρησιμοποιείται το λιγότερο χρησιμοποιήσιμο δαπανηρό υλικό διαποτισμού. Σε συνεκτικά εδάφη οι τσιμεντενώσεις δεν είναι δυνατές. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένα υλικά διαποτισμού για διάφορα είδη εδάφους.

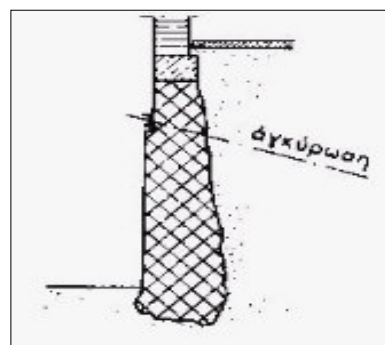
Είδος εδάφους.	Όρια διαμέτρου κόκκων.	Μέσον διαποτισμού.
Χαλίκι	1mm έως 10 mm	Τσιμέντο ενδεχ. λεπτά αλεσμένο.
Άμμος	0.06mm έως 0.6 mm	Υδρύαλος.
Ιλύς	0.02mm έως 0.2 mm	Χημικά μέσα.

Η σύνθλιψη όταν υπάρχει συντελεστής ασφαλείας 3 κατά θραύση εδάφους είναι περίπου 2%. Η εφικτές αντοχές του διαποτισμένου εδάφους είναι σε κάθε περίπτωση επαρκείς προς ενίσχυση θεμελίων υπό τη συνήθη γωνία κατανομής των 60°. Υπολείπεται μόνο ο έλεγχος της πίεσεως επαφής. Δεν συμβαίνει πρόσθετη καθίζηση ούτε υπάρχει φόβος να παρουσιαστούν νέες ρωγμές στην οικοδομή. Μεταβολές θέσεων και υψών δομικών έργων και περιοχών που μπορούν να προκληθούν από μεγάλες συμπίεσεις πρέπει να παρακολουθούνται με την αποκατάσταση σταθερών σημείων. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται προ κατά και μετά την κατάθλιψη των ενέσεων εδάφους. Η αντοχή της υπ' όψη περιοχής διαπιστώνεται με δοκιμές συμπίεσεως επιτόπου ή στο εργαστήριο βάση δειγμάτων εδάφους.

Οι διατρήσεις για την εκτέλεση των ενέσεων ρυθμίζονται, από άποψη αποστάσεων, βάθους και διεύθυνσης, κατά τρόπο ώστε οι περιοχές των ενέσεων να είναι κλειστές για να μην απομένουν ασυμπιεστές ζώνες. Οι διατρήσεις θα γίνουν τόσο πυκνότερα όσο:

- μικρότερη είναι η διαπερατότητα του υπεδάφους και συνεπώς η ακτίνα δράσεως της ενέσεως,
- μεγαλύτερη η ιξώδη του υλικού των ενέσεων,
- χαμηλότερη είναι η πίεση καταθλίψεως

Όταν ενισχυμένα δομικά μέλη, όπως οι τοίχοι αντιστήριξης, υποβάλλονται σε ώθηση γαιών τότε απαιτείται υπολογιστικός έλεγχος. Όταν πρόκειται για μεγάλο πλάτος και όχι πολύ μεγάλο πάχος της ενισχυτικής στρώσης, θα χρειαστεί ενδεχομένως να ενσωματωθεί και ένα περίζωμα δυσκαμψίας με κατάλληλη πίσω αγκύρωση. (σχήμα 20).



Οι βελτιώσεις εδάφους μέσω ενέσεων ανήκουν στα δύσκολα δομικά έργα και πρέπει να ανατίθενται σε ειδικές φίρμες ύστερα από συνεννόηση με ειδικό επιστήμονα.

Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν στην αντιμετώπιση του φαινομένου της ρευστοποίησης του εδάφους, του υποκείμενου στα στοιχεία θεμελίωσης το οποίο αποτελεί σημαντικό παράγοντα καταστροφής ή αστοχίας μιας κατασκευής κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Τα εδάφη τα οποία υφίστανται ρευστοποίηση είναι συνήθως τα λεπτόκοκκα τα οποία έχουν ταυτόχρονα και χαμηλή πυκνότητα.

Επειδή το φαινόμενο της ρευστοποίησης είναι σχετικό μόνο με τις ιδιότητες του εδαφικού υλικού, προκειμένου να μειώσουμε το ενδεχόμενο εμφάνισής του τροποποιούμε κατά το δυνατό αυτές τις ιδιότητες. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται προς αυτήν την κατεύθυνση είναι:

- η συμπύκνωση του εδάφους με πλήρωση των κενών του υλικού με ρευστό κονίαμα (για επί τόπου αύξηση της πυκνότητας)
- η χημική στερεοποίηση του εδάφους (για παρεμπόδιση της ροής του νερού μέσα από τους πόρους του υλικού).

3.5. Αύξηση της ασφάλειας κατά θραύση εδάφους

Πρόκειται για έναν ακόμα τρόπο αντιμετώπισης της αστοχίας ενός θεμελίου που αποτελεί σημαντικό αντικείμενο της εδαφομηχανικής. Εφαρμόζεται κυρίως όχι σε περιπτώσεις καθίζησης αλλά όταν έχει ξεπεραστεί η διατμητική αντοχή του εδάφους, λόγω υπερφόρτωσής του. Αυτό συμβαίνει σε συγκεκριμένες επιφάνειες ολίσθησης που δημιουργούνται και το αποτέλεσμα είναι η πλευρική διαφυγή του εδάφους και η διόγκωσή του κατά τις πλευρές του δομήματος. Το κτίριο καταποντίζεται μέσα στο έδαφος το οποίο παραμερίζει έστω και χωρίς περαιτέρω αύξηση του φορτίου. Μια ευκρινής ειδοποίηση για ανερχόμενη θραύση του εδάφους, είναι κάποια κύρτωση του αφόρτιστου περιβάλλοντος του κτιρίου. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού η καταλληλότερη λύση είναι η εμπόδιση της πλευρικής διαφυγής του εδάφους κατόπιν διογκώσεως με τη βοήθεια ασφαλιστικών διατάξεων εκατέρωθεν και κατά μήκος του συνεχούς θεμελίου. Παράδειγμα : με την έμπηξη πασσαλοσανίδων σε σειρά, μετατοπίζεται η επιφάνεια ολισθήσεως προς τα κάτω τόσο πολύ, ώστε να δημιουργείται συνεργασία ενός μεγάλου σώματος γαιών σαν αντίβαρο προς το φορτίο μετακινήσεως.

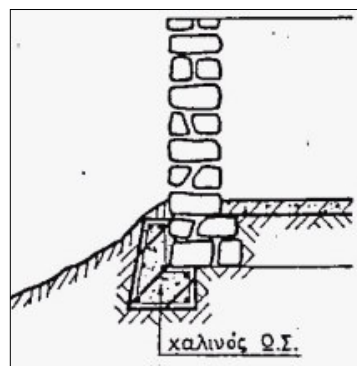
3.6. Αντιμετώπιση καθιζήσεων με μόνιμα σημεία ανύψωσης.

Η καθίζηση είναι ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα των θεμελίων. Με τον όρο καθίζηση εννοούμε την κάθετη μετατόπιση της επιφάνειας του εδάφους ,που δημιουργείται από την παραμόρφωση του εδάφους λόγω μεταβολών στη φόρτιση ή δονήσεων. Οι καθιζήσεις μπορεί επίσης να προκληθούν και από τη στερεοποίηση του εδαφικού στρώματος ,το οποίο είναι πολύ βαθύ για να παρακαμφθεί με τη βοήθεια πασσάλων, ή ακόμα και από την ύπαρξη γειτονικών κατασκευών που εμποδίζουν την κατανομή του φορτίου πλευρικά.

Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη μέθοδο της ανύψωσης. Η εγκατάσταση των μέσων που λαμβάνουν μέρος στην ανύψωση γίνεται σε μόνιμα σημεία. Ένα εύκολο ελεγχόμενο σύστημα επιπέδων αναφοράς δημιουργείται ώστε να διευκολύνεται ο καθορισμός των διαστημάτων στα οποία η ανύψωση είναι απαραίτητη.

3.7 Αύξηση της ασφάλειας σε δυνάμεις ανατροπής και ολίσθησης.

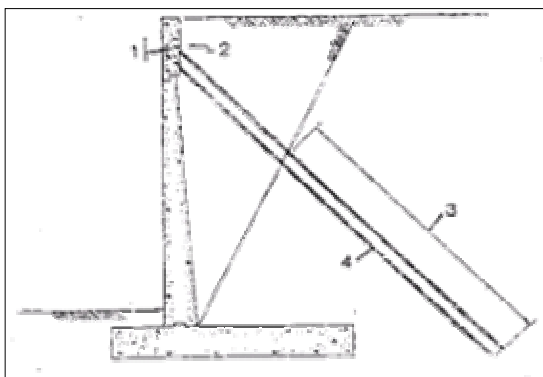
Συχνά συμβαίνει σε δομήματα όπου η κατασκευή δεν είναι σωστά 'βιδωμένη' στη θεμελίωση να παρατηρείται αστοχία λόγω ολίσθησης. Κατά συνέπεια μια κατασκευή μπορεί, στη διάρκεια ενός σεισμού, να αποκολληθεί εντελώς από τα θεμέλια της(συχνά παραμένοντας άθικτη). Τα προβλήματα ολίσθησης μπορούν να αποτραπούν συχνά με τη χρήση ειδικών μπουλονιών. Το πρόβλημα ολίσθησης σε πολύ επικλινή εδάφη μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση 'χαλινών'. Αυτό τον τρόπο αντιμετώπισης περιγράφει η παρακάτω εικόνα.(εικόνα 21).



Εκτός από τους κινδύνους ολίσθησης, συχνά αντιμετωπίζεται και πρόβλημα λόγω των δυνάμεων ανατροπής. Μέθοδοι που συντελούν στην αύξηση της αντίστασης σε ανατροπή είναι οι παρακάτω:

α) Μετατροπή της υπάρχουσας κατασκευής σε κατασκευή βαρύτητας. Αυτό επιτυγχάνεται όταν με κάποιο τρόπο ,όταν βέβαια υπάρχει διαθέσιμος χώρος ,προσθέτουμε βάρος σε μια κατασκευή αντιστήριξης .Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε να αυξήσουμε την αντίσταση σε πλευρική φόρτιση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια αντίσταση ιδίου βάρους που αποτρέπει την ανατροπή. Η νέα αυτή κατασκευή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση τάσεων, γι'αυτό θα πρέπει να ελεγχθεί συστηματικά. Συγκεκριμένα η αντίδραση τάσεων μπορεί να αυξηθεί σημαντικά.

β) Ένας δεύτερος τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι οι λεγόμενοι **πάσσαλοι εφελκυσμού**. η μέθοδος αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (22).



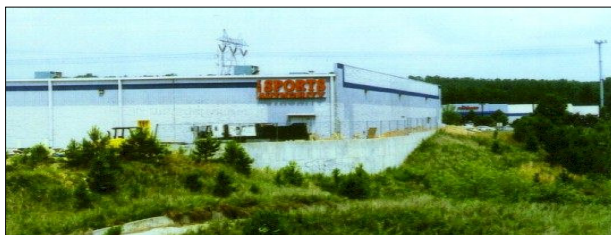
1. νέο σκυρόδεμα και πασσαλόζευγμα
2. σφήνα ενεργών πιέσεων
3. μήκος πασσάλου βάση του οποίου υπολογίζεται η αντίσταση του.
4. νέος πάσσαλος διατομής **H**

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο να υπάρχει το κατάλληλο κενό, ώστε να εξασφαλίζεται η ελευθερία κίνησης των πασσάλων κατά την διάρκεια της τοποθέτησης τους. Η επιλογή των κατάλληλων των διατομών των πασσάλων παίζει επίσης σημαντικό ρόλο, γιατί όσο πιο μικρή είναι τόσο μικρότερο εκτόπισμα εδάφους προκαλούν. Η καταλληλότερη διατομή είναι η τύπου **H**.

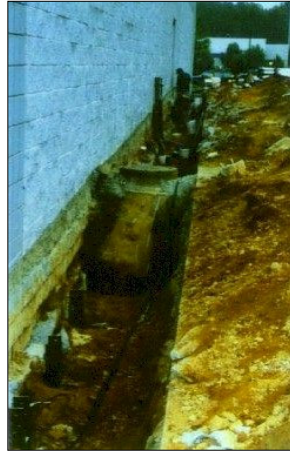
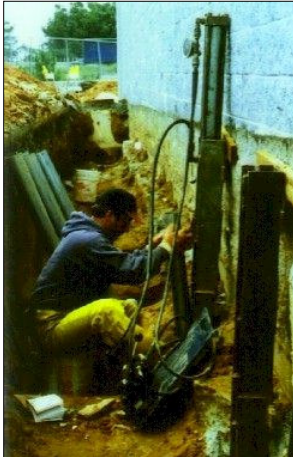
Εκτός από τη διατομή σημαντικό είναι και το μήκος να είναι τόσο όσο απαιτείται για την αγκύρωση τους πέρα από την ζώνη ενεργών πιέσεων στο επίχωμα πίσω από τον τοίχο. Για ένα τοίχο πρόβολο πρέπει να εξετάζεται η ανακατανομή των τάσεων που δημιουργείται λόγω της αντίδρασης από την αγκύρωση.

γ) Ένας τελευταίος τρόπος επέμβασης είναι η **κατασκευή αντιστηρίξεων**. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο όταν υπάρχει αρκετός χώρος για τη νέα κατασκευή. Οι αντιστηρίξεις στερεώνονται με σφήνες για να αποτρέπεται η κίνηση της κατασκευής, η οποία οφείλεται στην ανάληψη πρόσθετων φορτίων.

Ένα παράδειγμα που παρουσίαζε κίνδυνο ολίσθησης είναι το παρακάτω. Ένα αθλητικό κέντρο το οποίο ήταν χτισμένο σε πλαγιά



Μετά από λίγο καιρό το κτίριο παρουσίασε σημάδια αστοχίας όπως ρωγμές στους τοίχους ή κλίση των πατωμάτων. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν 57 πάσσαλοι περιμετρικά του κτιρίου, ενώ στη γύρω περιοχή μεταφέρθηκε χώμα για να γίνει η έμπηξη και αγκύρωση των πασσάλων. Φαίνεται επίσης και τελική μορφή του κτιρίου.



Βιβλιογραφία

1. Σ. Η. Δρίτσος (2004), « Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα », Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών, σελ. 158-160.
2. R.Rybicki, «Βλάβες δομικών έργων, ανάλυση και βελτίωση », Τόμος Ι, Εκδόσεις Μ . Γκιούρδα, Αθήνα 1980, σελ. 90, 172-175, 182, 183.
3. R.Rybicki, «Βλάβες δομικών έργων, ανάλυση και βελτίωση », Τόμος ΙΙ, Εκδόσεις Μ . Γκιούρδα, Αθήνα 1981, σελ. 115.
4. Γ. Α. Αθανασόπουλος (1992), « Συμβολή της Γεωτεχνικής Μηχανικής στην Προστασία και Αποκατάσταση Μνημείων και Κτιρίων Ειδικής Σημασίας », Σεμινάριο ΤΕΕ / Τμήμα Δυτικής Ελλάδας.
5. Σελίδες διαδικτύου :
 - B-level.
 - Bracket Foundation Support Systems.
 - Saber, Concrete & Foundation Leveling Solutions.
 - Town Park Construction.
 - Causes of Foundation Failure.
 - Atlas Systems.
 - Mechanisms of Foundation Failure.