

## ΕΠΙΣΚΕΥΗ-ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

### ΜΠΕΛΛΟΥ ΒΕΝΕΤΙΑ

#### Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να παρουσιασθούν οι κυριότεροι τρόποι ενίσχυσης και επισκευής των θεμελίων που έχουν υποστεί βλάβες. Επίσης θα παρουσιασθούν οι τρόποι αποτίμησης των βλαβών, οι πιθανές ενδείξεις αστοχίας των θεμελίων και τα αίτιά τους.

#### 1. ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

Υπάρχουν διάφορες ενδείξεις, τόσο στο εσωτερικό ενός κτηρίου όσο και στο εξωτερικό, οι οποίες μαρτυρούν την αστοχία.

##### *ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ:*

Ρωγμές στο πάτωμα.

Ρωγμές στο ανώφλι.

Κλίση των πατωμάτων.

Πόρτες και παράθυρα που έχουν “κολλήσει” και δεν ανοίγουν.

Πόρτες και παράθυρα μη ευθυγραμμισμένα.

##### *ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ:*

Ρωγμές στη θεμελίωση.

Ρωγμές στα τούβλα.

Ύπαρξη κενών γύρω από πόρτες και παράθυρα [2].

#### 2. ΑΙΤΙΑ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

Η αστοχία των θεμελίων οφείλεται κυρίως σε λόγους παραμόρφωσης του εδάφους θεμελίωσης.

Το έδαφος θεμελίωσης παραμορφώνεται από τις δυνάμεις που προκαλεί το φορτίο του κτηρίου ανάλογα προς την συμπίεστικότητα και την αντοχή του σε διάτμηση. Οι κατακόρυφες φορτίσεις των θεμελίων προκαλούν κυρίως κατακόρυφες μετατοπίσεις (**καθιζήσεις**). Όταν σημειώνεται αύξηση του φορτίου, παρατηρείται και πλευρική συμπίεση του εδάφους μέχρι να βυθιστεί το κτήριο στο έδαφος (**θραύση εδάφους**).

Ας αναφέρουμε αναλυτικά μιας προς μία κάθε είδος αστοχίας:

(1). Θραύση Εδάφους. Προκαλείται όταν το φορτίο στο έδαφος, πάνω στο οποίο υπόκεινται το κτήριο, αυξάνεται έτσι ώστε να σχηματισθούν μέσα σε αυτό επιφάνειες ολισθήσεως κατά τις οποίες έχει ξεπεραστεί η διατμητική αντοχή, τότε παρατηρείται διαφυγή του εδάφους πλευρικά και συγχρόνως διογκώνεται κατά τις πλευρές του δομικού έργου. Ο κίνδυνος θραύσης εδάφους αυξάνεται όσο το πλάτος της κατασκευής (ή του θεμελίου), το βάθος θεμελίωσης, καθώς και η διατμητική αντοχή του εδάφους μειώνονται. Επίσης αυξάνεται (κίνδυνος θραύσης εδάφους) όσο η εκκεντρότητα και η κλίση του φορτίου αυξάνουν. Η μορφή αυτή αστοχίας, είναι πολύ σπάνια, όταν τα κτήρια βρίσκονται υπό κανονική φόρτιση και έχουν βαθειά θεμελίωση [2].

(2). Διαφορική Καθίζηση. Είναι το φαινόμενο, το οποίο, προκαλείται όταν εδάφη με υψηλή πλαστιμότητα, σε διαφορετικά τμήματα της θεμελίωσης, μετακινούνται. Η

κίνηση αυτή μπορεί να εκδηλωθεί με τη μορφή συστολής ή διαστολής αντίστοιχα. Όταν το έδαφος χάνει την υγρασία του συρρικνώνεται, ενώ όταν η υγρασία του αυξάνεται το έδαφος διογκώνεται. Επίσης καθίζηση μπορεί να προκληθεί και λόγω μεταβολής των φορτίσεων ή δονήσεων. Ωστόσο σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η αστοχία εκδηλώνεται υπό τη μορφή ρωγμών τόσο στους εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους του κτηρίου, όσο και στους τοίχους θεμελίωσης. Οι καθιζήσεις είναι φαινόμενα φυσιολογικά και αναπόφευκτα, εφόσον πρόκειται για την αντίδραση του υλικού του εδάφους στο φορτίο της κατασκευής.

(3). Υδραυλική Θραύση Εδάφους. Συμβαίνει όταν σε αμμώδη εδάφη πολύ λεπτόκοκκα (όπως ρέουσα άμμος, ιλύς), τα οποία, έχουν ελάχιστη υδατοπερατότητα και συνοχή, δεν επαρκεί τόσο το ίδιο βάρος τους, όσο και το βάρος του κτηρίου, για να αντισταθούν στην δυναμική πίεση που τους ασκεί ένα υδάτινο ρεύμα. Η παραπάνω μορφή αστοχίας έχει σαν αποτέλεσμα η οικοδομή να καταποντίζεται μέσα στο έδαφος, το οποίο, συμπεριφέρεται πλέον σαν τελείως αβαρές. Τέτοια φαινόμενα όμως είναι πολύ σπάνια και συμβαίνουν μόνο υπό ειδικές υδάτινες συνθήκες.

Εκτός από τους λόγους αστοχίας των θεμελίων, που αναφέρονται παραπάνω, και οφείλονται στην παραμόρφωση του εδάφους, αστοχία των θεμελίων συμβαίνει και απώλειας της στατική ισορροπίας της κατασκευής.

(4). Ολίσθηση. Προκαλείται όταν η κλίση της συνισταμένης υπερβεί κάποιο συγκεκριμένο όριο, μπορεί να υπάρξει υπέρβαση της αντίστασης μεταξύ του πέλματος και του εδάφους. Ένα δομικό έργο ολισθαίνει όταν η οριζόντια συνισταμένη των δυνάμεων στη επιφάνεια δράσεως ξεπεράσει την τριβή ή την αντίσταση σε διάτμηση που αντιδρούν.

(5). Ανατροπή. Συμβαίνει όταν η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων συναντάει την επιφάνεια εδράσεως του θεμελίου έξω από τα όρια του πυρήνα της [2].

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

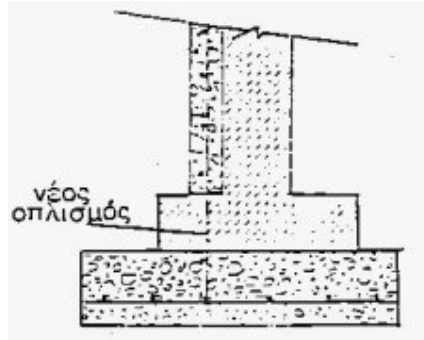
Η ενίσχυση των θεμελίων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τις παρακάτω μεθόδους:

- ❖ Μεγέθυνση των υπαρχόντων θεμελίων.
- ❖ Κατασκευή νέων θεμελίων δίπλα στα υπάρχοντα.
- ❖ Αύξηση της ασφάλειας κατά θραύση εδάφους.
- ❖ Βελτίωση υπεδάφους.
- ❖ Κατασκευή υποθεμελίωσης.
- ❖ Αντιμετώπιση των καθιζήσεων.

Μεγέθυνση Των Υπαρχόντων Θεμελίων. Έναν συχνό τρόπο επισκευής και ενίσχυσης των θεμελίων αποτελεί η αύξηση των διαστάσεων τους. Αυτή μπορεί να είναι: α) αύξηση του πλάτους του πέδιλου, β) αύξηση του ύψους του πέδιλου, γ) ο συνδυασμός των α,β.

(α) Αύξηση του πλάτους του πέδιλου. Το πλάτος αυξάνεται με τη διάστρωση νέου σκυροδέματος περιμετρικά του ήδη υπάρχοντος θεμελίου. Απαραίτητη είναι η συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος. Αυτό μπορεί να συμβεί τόσο με την τοποθέτηση νέου οπλισμού, ο οποίος αγκυρώνεται μέσα στο νέο σκυρόδεμα, όσο και με τη χρήση βλήτρων, τα οποία τοποθετούνται στη διεπιφάνεια των δύο σκυροδεμάτων (παλαιό και νέο).

(β). *Αύξηση του ύψους του πέδιλου.* Αυτό μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση ενός κύβου από σκυρόδεμα κάτω από την ήδη υπάρχουσα θεμελίωση. Όμως πρέπει να εξασφαλιστεί η σωστή συνεργασία μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση νέου οπλισμού (βλέπε Σχήμα 1) [2].



Σχήμα 1: Θέση νέου οπλισμού [2]

Ένας άλλος τρόπος, για να επιτευχθεί αυτή η μορφή ενίσχυσης, είναι η χρήση μανδύα από σκυρόδεμα. Όπως και στην παραπάνω περίπτωση έτσι και εδώ πρέπει να διασφαλιστεί η συνεργασία μεταξύ παλαιού και νέου σκυροδέματος καθώς και η συνάφεια της διεπιφάνειας, διότι στη διεπιφάνεια μεταξύ των δύο σκυροδεμάτων παύουν να ισχύουν οι γνωστές θεωρίες κάμψης και διάτμησης.

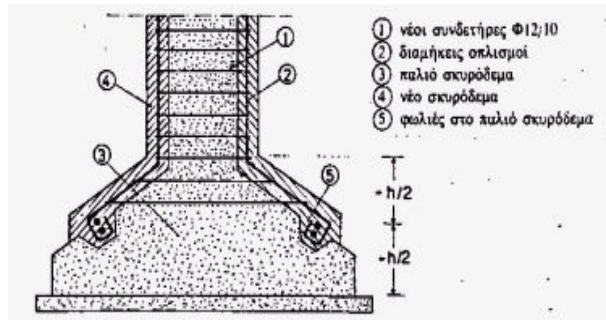
Για να επιτευχθεί αυτή η συνεργασία πρέπει κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και της σκυροδέτησης να τηρηθούν τα παρακάτω:

1. Καθαίρεση του βλαμμένου σκυροδέματος.
2. Διαμόρφωση κοιλιοτήτων για καλύτερο εγκιβωτισμό.
3. Αποκάλυψη των παλαιών οπλισμών και αγρίεμα της επιφάνειας όπου χρειάζεται.
4. Μηχανική εκτράχυνση της διεπιφάνειας.
5. Έκπλυση της επιφάνειας αναμονής με άφθονο νερό υπό πίεση για να φύγει η σκόνη.
6. Διαβροχή του παλαιού σκυροδέματος μέχρι κορεσμού πριν την σκυροδέτηση.
7. Μετά τη σκυροδέτηση να διατηρείται συνεχώς υγρή η επιφάνεια του στοιχείου, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση βρεγμένων λιναστών.

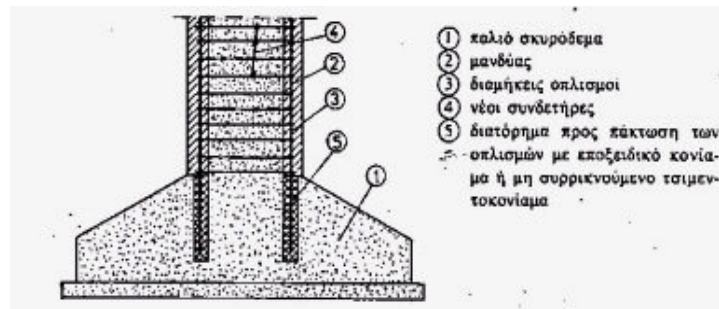
Επίσης θα πρέπει να εξασφαλισθούν και τα παρακάτω:

- Η πυκνότητα του σκυροδέματος να είναι τέτοια που να επιτρέπει την διέλευση των χονδρών αδρανών.
- Το σκυρόδεμα Το νέο σκυρόδεμα να έχει μεγαλύτερη αντοχή, τουλάχιστον κατά 5MPa, από το παλιό.
- να συμπυκνώνεται καλά.
- Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται, για την παρασκευή του νέου σκυροδέματος, δεν πρέπει να έχουν διάμετρο μεγαλύτερη από 2 cm.
- Κατά τη διάστρωσή του το σκυρόδεμα πρέπει να είναι ρευστό, διεισδυτικό και να έχει πλαστικότητα.
- Δημιουργία «φωλιών» στην διεπιφάνεια, στις οποίες οπλισμοί εγκλωβίζονται οι οριζόντιοι [2].
- Τοποθέτηση βλήτρων για να επιτευχθεί η καλή συνεργασία παλαιού και νέου υλικού.

Στην περίπτωση κατασκευής μανδύα, αυτός θα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό του ύψους του πέδιλου. Επίσης να έχει κλειστούς συνδετήρες, οι οποίοι θα είναι το ελάχιστο  $\Phi 12/10$ . Εάν όμως καλύπτεται με μανδύα και το υπερκείμενο του θεμελίου υποστύλωμα, θα πρέπει τόσο ο μανδύας όσο και οι νέοι οπλισμοί να συνεχιστούν έως το πέδιλο και να το καλύψουν. Στο σημείο σύνδεσης υποστύλωματος και πέδιλου δημιουργούνται διατρυπήματα (τα οποία έχουν μήκος όσο είναι και το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης) για να πακτωθούν οι διαμήκεις οπλισμοί. Η πάκτωση των οπλισμών γίνεται είτε με συρρικνούμενο κονίαμα, είτε με ρητίνη, είτε με εποξειδικό κονίαμα (βλέπε Σχήμα 3, Σχήμα 4) [2].



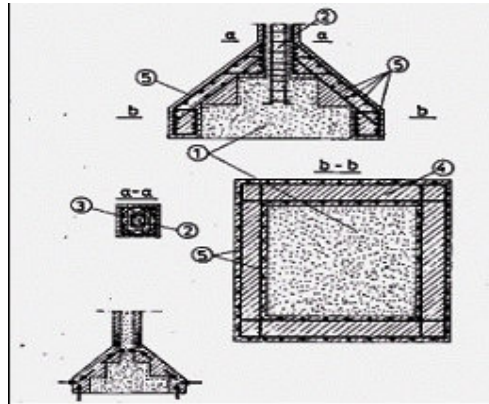
Σχήμα 2: Διαδικασία απόληξης μανδύα στα στοιχεία θεμελίωσης [4]



Σχήμα 3: Διαδικασία απόληξης μανδύα στα στοιχεία θεμελίωσης [4]

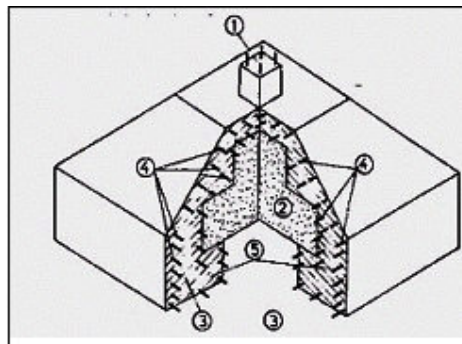
*Αύξηση και των δύο διαστάσεων.* Η ταυτόχρονη αύξηση τόσο του πλάτους όσο και του ύψους του πέδιλου γίνεται με τη χρήση μανδύα. Στην μέθοδο αυτή μπορεί να υπάρξουν δύο περιπτώσεις: 1. ο παραπάνω μανδύας να συνεχίζει και στο υπερκείμενο υποστύλωμα, 2. να μην συνεχίζει.

Στην πρώτη περίπτωση (1.) την πρόσθετη τάση του εδάφους, η οποία οφείλεται στην αύξηση της διατομής, την εξισορροπούν οι λοξές δυνάμεις που αναπτύσσονται στο νέο μανδύα του υποστύλωματος. Επιπλέον οι πρόσθετες τάσεις του εδάφους και οι λοξές δυνάμεις μεταφέρονται στον μανδύα του πέδιλου μέσω της περιοχής στη βάση του θεμελίου. Για τον λόγο αυτό άλλωστε απαιτείται ισχυρή όπλιση με επαρκή αγκύρωση και στην περιοχή αυτή (βλέπε Σχήμα 5) [2].



Σχήμα 4: 1.υπάρχων θεμέλιο 2.υπάρχων υποστήλωμα 3.οπλισμένος μανδύας 4.μανδύας πέδιλου 5.πρόσθετος οπλισμός [1]

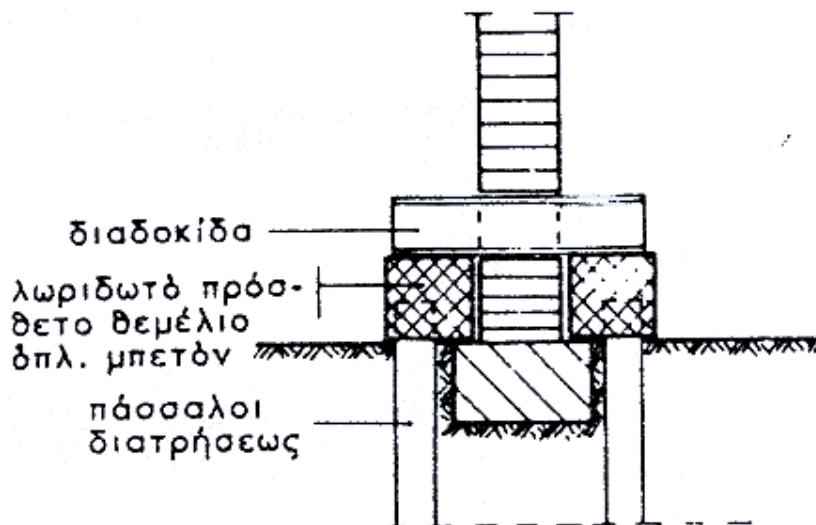
Στην δεύτερη περίπτωση (2.) φορτία του εδάφους μεταβιβάζονται απ' ευθείας στο πέδιλο. Η μεταβίβαση των φορτίων επιτυγχάνεται είτε με χρήση βλήτρων, είτε με χρήση κάποιων πρότυπων μεταλλικών διατομών, οι οποίες τοποθετούνται κάτω από τα άκρα του πέδιλου(βλέπε Σχήμα 6).



Σχήμα 5: 1.παλιό υποστήλωμα 2.παλιό πέδιλο 3.μανδύας πέδιλου 4.νέοι οπλισμοί 5.μεταλλικές διατομές 6.βλήτρα [1]

Κατασκευή Νέων Θεμελίων. Συνήθως η δημιουργία νέων πρόσθετων θεμελίων δίπλα στα υπάρχοντα οφείλεται στην αύξηση των φορτίων μιας κατασκευής (π.χ λόγω προσθήκης νέων ορόφων). Η ενίσχυση στην περίπτωση αυτή γίνεται κυρίως μέσω νέων πρόσθετων λωρίδων θεμελίων εκατέρωθεν του υπάρχοντος. Οι λωρίδες αυτές αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό των πρόσθετων δυνάμεων μέσω διαδοκίδων που διαπερνούν την τοιχοποιία. Στο καινούργιο θεμέλιο χρησιμοποιούνται επίσης και πάσσαλοι διατρήσεων, οι οποίοι δένονται μέσα στο οπλισμένο σκυρόδεμα των δοκών θεμελίωσης. Οι πάσσαλοι αυτοί παρουσιάζουν μικρότερη μάζα καθίζησης, ωστόσο επηρεάζουν τα υπάρχοντα θεμέλια. Αυτό οφείλεται στην αναπóτρεπτη χαλάρωση του εδάφους και στην αρνητική τριβή.

Εάν θέλουμε να περιορίσουμε την καθίζηση σε μερικά χιλιοστά (mm), τότε χρησιμοποιούμε μια ειδική διάταξη πασσάλων διάτρησης, οι οποίοι ονομάζονται ριζοπάσσαλοι. Η έμπηξή τους γίνεται με τη της περιστροφικής διείδυσης, οπλίζοντας με διαμήκη ράβδους και ελικοειδή μέθοδο συνδετήρα [2] .



Σχήμα 6 : Υποστήριξη ενός διαμήκους τοίχου υπογείου [2]

Αύξηση Της Ασφάλειας Κατά Θραύση Εδάφους. Εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις όπου έχει ξεπεραστεί η διατμητική αντοχή του εδάφους λόγω υπερφόρτωσης του. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει σε συγκεκριμένες επιφάνειες ολίσθησης που δημιουργούνται. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την πλευρική διαφυγή του εδάφους καθώς και την διόγκωσή του κατά τις πλευρές του κτηρίου. Το κτήριο βυθίζεται μέσα στο έδαφος το οποίο μετακινείται ακόμη και χωρίς την ύπαρξη περαιτέρω φορτίου.

Ένας τρόπος αντιμετώπισης του φαινομένου είναι η εμπόδιση της πλευρικής διαφυγής του εδάφους κατόπιν διογκώσεως με τη βοήθεια ασφαλιστικών διατάξεων τόσο εκατέρωθεν όσο και κατά μήκος του συνεχούς θεμελίου(π.χ η έμπηξη πασσαλοσανίδων σε σειρά, μετατοπίζει τη επιφάνεια ολίσθησης προς τα κάτω με αποτέλεσμα να δημιουργείται συνεργασία ενός σώματος γαιών ως αντίβαρο προς το φορτίο μετακίνησης).

Βελτίωση Υπεδάφους. Η πιο πρόσφορη μέθοδος, για την ενίσχυση των θεμελίων, είναι αύξηση της αντοχής του εδάφους με διαπότιση, διότι έτσι αποφεύγονται καθιζήσεις και ρωγμές. Όμως η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλα τα εδάφη. Επιδεκτικά διαποτίσεως είναι όλα τα εδάφη που διαρρέονται από νερό. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα πότισμα του εδάφους με κατάλληλα μέσα, έτσι ώστε να επιτευχθεί ένα είδος απολίθωσης και αύξηση της επιφάνειας εδράσεως (ένα παράδειγμα διαποτίσεως και αγκύρωσης ταυτόχρονα είναι η περίπτωση που έχουμε δομικά μέλη που υπόκεινται σε ώθηση γαιών. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρειασθεί να ενσωματωθεί και ένα περίζωμα δυσκαμψίας με αγκύρωση) .

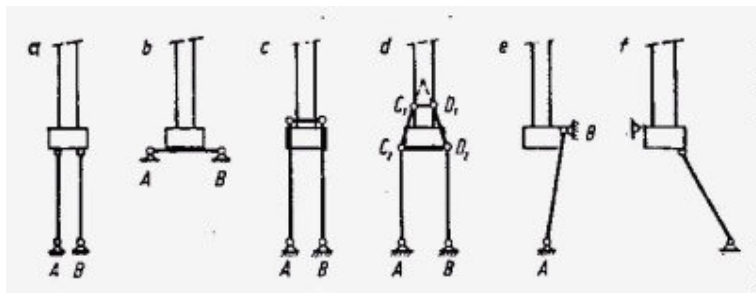
Με κατάθλιψη διαλυμάτων, γαλακτωμάτων και αιωρήσεων στο έδαφος κλείνονται τα κενά και η αντοχή βελτιώνεται, ανάλογα με το είδος του εδάφους και το μέγεθος των κόκκων. Ο διαποτισμός γίνεται με τσιμέντο, κολλοειδές τσιμέντο, μίγματα τσιμέντου-μπετονίτη ή χημικά διαλύματα( όπως π.χ ορυκτή γέλα, οργανικές ρητίνες κ.λ.π). Σε συνεκτικά εδάφη δεν είναι δυνατή η χρήση τσιμεντενέσεων [2].

Κατασκευή Υποθεμελίωσης. Με τον όρο υποθεμελίωση περιγράφεται η τροποποίηση μιας υφιστάμενης θεμελίωσης έτσι ώστε να υπάρξει μεγαλύτερη φέρουσα ικανότητα ή μεγαλύτερο βάθος θεμελίωσης, με σκοπό να παρακαμφθούν ακατάλληλα στρώματα εδάφους. Για να εκπληρωθεί όμως ο παραπάνω σκοπός είναι απαραίτητη η καλή συνεργασία της υφιστάμενης με την νέα θεμελίωση. Οι υποθεμελιώσεις μπορεί να είναι: 1.)αβαθείς 2.)βαθείς

1.)Στις αβαθείς θεμελιώσεις κατασκευάζονται ορύγματα κάτω από την ήδη υπάρχουσα θεμελίωση και πληρώνονται με σκυρόδεμα(ντουλάπια θεμελίωσης). Επίσης η υποθεμελίωση είναι αναγκαία στην περίπτωση όπου γίνει εκσκαφή του εδάφους σε στάθμη μικρότερη από αυτή της γειτονικής θεμελίωσης. Συνήθως η στάθμη της γειτονικής εκσκαφής πρέπει να βρίσκεται 0.5 m ψηλότερα από αυτή της αρχικής θεμελίωσης.

Κατά την κατασκευή αβαθών υποθεμελιώσεων το υλικό σφίνωσης, στην κορυφή της υποθεμελίωσης, αποτελείται από ένα μείγμα άμμου-τσιμέντου σε αναλογία 1:1 και τόση ποσότητα νερού ώστε το υλικό να διατηρεί το σχήμα του και να είναι εύπλαστο με το χέρι. Το παραπάνω υλικό τοποθετείται στο κενό μεταξύ της βάσης του θεμελίου και του ντουλαπιού, σε χρόνο 16 ώρες έως 3 ημέρες από τη σκυροδέτηση του ντουλαπιού. Εάν κατά τη σκυροδέτηση του ντουλαπιού δεν δοθεί η κατάλληλη προσοχή μπορεί να δημιουργηθούν κενά κάτω από το θεμέλιο.

2.)Στην κατασκευή βαθιών θεμελιώσεων γίνεται χρήση πασσάλων και διαφραγμάτων, τα οποία εγκαθίστανται από τη επιφάνεια του εδάφους [2].



Σχήμα 7: Διάφορες διατάξεις πασσάλων και διαφραγμάτων [4]

Αντιμετώπιση Των Καθιζήσεων. Το πιο σύνηθες πρόβλημα των θεμελίων είναι οι καθιζήσεις. Καθίζηση έχουμε όταν υπάρχει κάθετη μετατόπιση της επιφάνειας του εδάφους, η οποία δημιουργείται εξαιτίας της παραμόρφωσης του εδάφους λόγω μεταβολών στη φόρτιση ή λόγω δονήσεων. Επίσης καθιζήσεις μπορεί να δημιουργηθούν και από την στερεοποίηση του εδαφικού στρώματος καθώς και από την ύπαρξη γειτονικών κατασκευών που εμποδίζουν να κατανεμηθούν τα φορτία πλευρικά [2].

#### 4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Σ.Η Δρίτσος “Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα” Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών σελ. 158-160.
- [2] R.Rybicki “ Βλάβες δομικών έργων . Κατασκευές οπλισμένου μπετόν” Τόμος 1 Εκδόσεις Μ.Γκιούδας Αθήνα 1981 σελ.87-94, 166-183.
- [3] Φαρδής Ν. Μιχαήλ “Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος” Μέρος 3 Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών σελ.1
- [4] Σ.Η Δρίτσος “Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα” Έκδοση Πανεπιστημίου Πατρών σελ. 16-25, 108, 122.