

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Τα στοιχεία θεμελίωσης είναι τα σημαντικότερα από πλευράς ασφάλειας στοιχεία του δομικού συστήματος. Τυχούσα αστοχία τους ή μη καλή μεταφορά των φορτίων στο έδαφος επιβάλλει να γίνει κατάλληλη ενίσχυσή τους. Τεχνικές και πρακτικές που έχουν αναπτυχθεί για την ενίσχυση των στοιχείων θεμελίωσης παρουσιάζουμε σε αυτήν την εργασία, καθώς και οπτικές ενδείξεις για την ανάγκη τέτοιων επεμβάσεων. Σε περιπτώσεις που δεν αστοχούν τα θεμέλια αλλά το έδαφος θεμελίωσης, εφαρμόζουμε μεθόδους ενίσχυσης του εδάφους, κάποιες από τις οποίες επίσης αναφέρονται συνοπτικά αν και δεν αποτελούν κάθε αυτό ενίσχυση των στοιχείων θεμελίωσης, εντούτοις είναι προϋπόθεση για τη σωστή μεταφορά των φορτίων η επαρκής αντοχή του εδάφους θεμελίωσης.*

### 1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ [1]

Εκτός από τις τεχνικές επέμβασης στα θεμέλια που έχουν υποστεί βλάβη, οι οποίες και θα αναφερθούν παρακάτω, θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά στις διάφορες μεθόδους ενίσχυσης του εδάφους το οποίο φέρει τη θεμελίωση. Θα αναφέρουμε:

- Βελτίωση του υπεδάφους με διαπότιση και αγκύρωση
- Αύξηση της ασφάλειας κατά θραύση του εδάφους

#### 1.1 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΔΙΑΠΟΤΙΣΗ ΚΑΙ ΑΓΚΥΡΩΣΗ

Η συγκεκριμένη μέθοδος συντελεί στην αύξηση της αντοχής του εδάφους και στην αποφυγή καθιζήσεων και ρωγμών οπότε από τη σκοπιά αυτή αποτελεί ενδεδειγμένη μέθοδο για την πρόληψη ακόμα βλαβών στα στοιχεία θεμελίωσης. Συνίσταται στη διαπότιση του εδάφους του υποκείμενου των στοιχείων θεμελίωσης με κατάλληλα διαλύματα, γαλακτώματα και αιωρήματα τα οποία δημιουργούν μια κατάσταση απολίθωσης και μεγαλώνουν την επιφάνεια έδρασης της θεμελίωσης. Αυτό οφείλεται στο ότι τα μέσα αυτά κλείνουν τα κενά του εδαφικού υλικού (πόροι, πτυχώσεις, ρωγμές, αρμοί) και έτσι η αντοχή του βελτιώνεται.

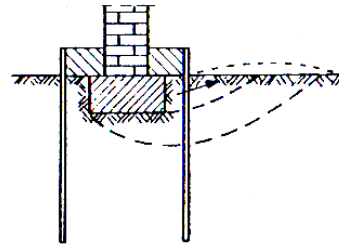
Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη διαπότιση του εδάφους ποικίλουν ανάλογα με το είδος του εδάφους και την κοκκομετρική του διαβάθμιση, και περιλαμβάνουν κοινό τσιμέντο με ή χωρίς άμμο, τσιμέντο αλεσμένο πολύ λεπτά, μίγματα τσιμέντου-μπετονίτη, χημικά διαλύματα όπως η ορυκτή γέλα, οργανικές ρητίνες ή ασφαλτικά γαλακτώματα. Τσιμεντενέσεις σε συνεκτικά εδάφη δεν είναι δυνατές. Βέβαια δεν επιδέχονται όλα τα εδάφη αυτή τη μέθοδο. Την επιδέχονται κατά βάση όλα τα εδάφη που διαρρέονται από νερά.

Οι διατρήσεις για την εκτέλεση των ενέσεων διαπότισης γίνονται έτσι ώστε οι περιοχές τους να είναι κλειστές για να μην απομένουν ασυμπιέστες ζώνες. Επίσης πρέπει να πυκναίνουν οι διατρήσεις σε περιπτώσεις μικρής διαπερατότητας του υπεδάφους, μεγαλύτερης οξύτητας του υλικού διαπότισης σε σχέση με το έδαφος, και χαμηλής πίεσης καταθλίψεως του υλικού μέσα στο έδαφος.

Καθοδηγητικό για την εκτέλεση των ενέσεων είναι το DIN 4093 (6/1962) «Θεμελιώσεις, καταθλίψεις στο υπεδάφος και δομικά έργα. Οδηγίες για το σχεδιασμό και εκτέλεση».

## 1.2 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΘΡΑΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Όταν ο κίνδυνος έγκειται στη θραύση του εδάφους, δεν εφαρμόζεται η βελτίωσή του αλλά η παρεμπόδιση της πλευρικής διαφυγής του λόγω διογκώσεως, δηλαδή της θραύσης του, με τη βοήθεια ασφαλιστικών διατάξεων εκατέρωθεν και κατά μήκος του συνεχούς θεμελίου. Μια τέτοια εφαρμογή είναι η έμπηξη πασσαλοσανίδων σε σειρά, οπότε μετατοπίζεται η επιφάνεια ολισθήσεως προς τα κάτω τόσο πολύ ώστε να δημιουργείται συνεργασία ενός μεγάλου σώματος γαιών σαν αντίβαρο προς το φορτίο μετακινήσεως (Σχ.1).



Σχήμα 1: Αύξηση της ασφάλειας κατά θραύση εδάφους με πασσαλοσανίδες [1]

## 2. ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ [4]

Στο εξωτερικό του σπιτιού, ενδείξεις αστοχίας των στοιχείων θεμελίωσης είναι ρωγμές που συνήθως εμφανίζονται στα πιο αδύναμα σημεία της τοιχοποιίας, δηλαδή γύρω από ανοίγματα. Ρωγμές τέτοιου είδους μπορούν να εμφανιστούν και σαν οριζόντιος διαχωρισμός λόγω της διαφορετικής καθίζησης των θεμελίων, βλ. Φωτ. 1. Επίσης, συνηθέστατη ένδειξη είναι τυχόν διαχωρισμός της καμινάδας από το υπόλοιπο κτίριο, βλ Φωτ. 2. Οι μεγάλες καμινάδες αντιπροσωπεύουν ευμεγέθη σημειακά φορτία στη βάση της θεμελίωσης, δηλαδή μεγάλο βάρος συγκεντρωμένο σε μικρή επιφάνεια. Άλλη ένδειξη είναι δημιουργία κενού, στα ανοίγματα (πόρτες και παράθυρα), μεταξύ του τοίχου και του κουφώματος, βλ. Φωτ. 3.

Στο εσωτερικό του σπιτιού, ενδείξεις αποτελούν διαγώνιες ρωγμές στις γωνίες στις κάσες πορτών και παραθύρων, καθώς και πόρτες που δεν κλείνουν, βλ. Φωτ. 4. Επίσης, ρωγμές στης διασταύρωση των τοίχων με το ταβάνι, μη επιπεδότητα των δαπέδων.



Φωτογραφία 1: Οριζόντια διαχωριστική ρωγμή σε εξωτερικό τοίχο ως ένδειξη αστοχία θεμελίου [4]



Φωτογραφία 2: Διαχωρισμός καμινάδας από τη στάθμη της στέγης [4]



Φωτογραφία 3: Δημιουργία κενού στο κάσωμα της πόρτας [4]



Φωτογραφία 4: Διαγώνιες ρωγμές σε εσωτερικό τοίχο [4]

### 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τους εξής τρόπους ενίσχυσης και επισκευής στοιχείων θεμελίωσης:

1. Αύξηση διαστάσεων των υπαρχόντων θεμελίων
2. Κατασκευή νέων θεμελίων πλησίον των υπαρχόντων
3. Κατασκευή υποθεμελίωσης
4. Αύξηση της ασφάλειας έναντι ανατροπής και ολίσθησης.

#### 3.1 ΑΥΞΗΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

Αυτή πραγματοποιείται κυρίως με τη χρήση μανδύα σκυροδέματος σε συνδυασμό με τοποθέτηση νέων οπλισμών. Παρακάτω αναπτύσσονται διάφορες τεχνικές.

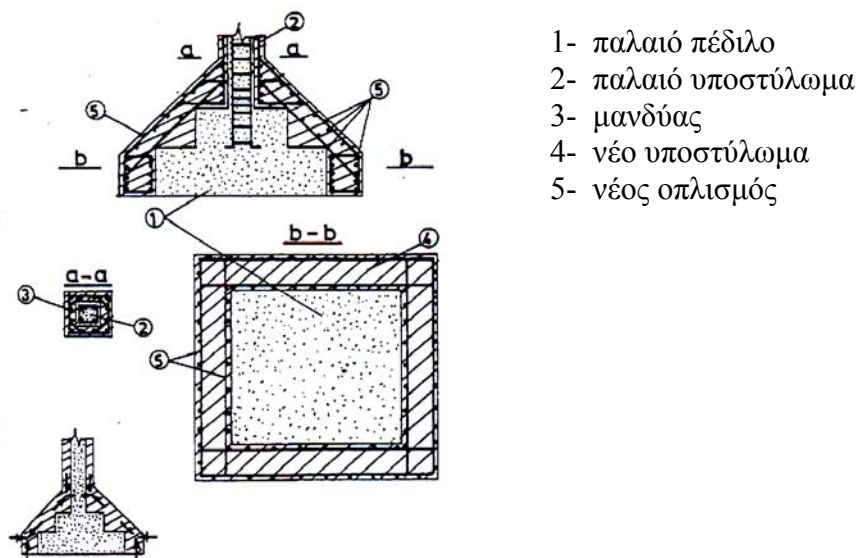
Στην περίπτωση που τα στοιχεία θεμελίωσης είναι πέδιλα και παράλληλα με αυτά ενισχύεται και το φέρον κατακόρυφο στοιχείο (υποστύλωμα ή τοίχωμα), η τεχνική επέμβασης φαίνεται στο Σχήμα 2. Ο μανδύας τοποθετείται περιμετρικά του πεδίλου κατά τρόπο ώστε να αυξάνονται οι διαστάσεις του σε όψη και κάτοψη. Έτσι στη βάση του πεδίλου μπαίνει σαν περιμετρικός δακτύλιος με κλειστούς συνδετήρες που λόγω του μεγάλου μήκους τους κατασκευάζονται με τμήματα υπερκαλυπτόμενα στα άκρα τους, ούτως ώστε να μπορούν να παραληφθούν οι δυνάμεις εκτροπής που δημιουργούνται για τη μεταφορά των αξονικών δυνάμεων του μανδύα στο έδαφος ή αντίστροφα των εδαφικών πιέσεων προς το μανδύα (βλ. Σχήμα 2). Επιπλέον απαιτείται και επαρκής αγκύρωση των οπλισμών στην περιοχή περιμετρικά της βάσης του παλαιού θεμελίου, για να μεταφερθούν επαρκώς οι προαναφερθείσες πρόσθετες κατακόρυφες αντιδράσεις του εδάφους καθώς και οι λοξές δυνάμεις εντός του μανδύα του πεδίλου. Αν χρησιμοποιηθούν διατμητικοί σύνδεσμοι (βλήτρα) στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου πεδίλου, η ανάγκη για παραλαβή των δυνάμεων εκτροπής είναι μειωμένη.

Στην περίπτωση που τα στοιχεία θεμελίωσης είναι πέδιλα ή και πεδιλοδοκοί και η τεχνική επέμβασης δεν περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου, ο χρησιμοποιούμενος μανδύας φαίνεται στο Σχήμα 3. Σε αυτήν την τεχνική, ο μανδύας επεκτείνεται και κάτω από το παλιό πέδιλο (ή πεδιλοδοκό) έτσι ώστε οι εδαφικές πιέσεις να μεταφερθούν απ' ευθείας σε αυτό το υπάρχον σώμα του παλαιού πεδίλου. Μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η δυσκολία στην εφαρμογή της καθώς απαιτείται περιμετρική εκσκαφή

κάτω από το παλιό πέδιλο οπότε και χρήση προσωρινών διατάξεων στήριξης που συνήθως είναι μεταλλικές διατομές διπλού ται που τελικά ενσωματώνονται στο τμήμα του νέου πεδίου.

Με βάση τις παραπάνω δύο μεθόδους και δεδομένων των κατασκευαστικών δυσκολιών της δεύτερης, θα μπορούσε να προταθεί η χρήση της πρώτης μεθόδου για όλες τις περιπτώσεις όπου απαιτείται αύξηση της επιφάνειας βάσης των στοιχείων θεμελίωσης, είτε αυτά είναι πέδιλα είτε πεδילוδοκοί, και ακόμα και όταν ο μανδύας δεν επεκτείνεται και στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία. Σε αυτή την πρώτη μέθοδο, πρέπει να χρησιμοποιηθούν διατμητικοί σύνδεσμοι ομοιόμορφα κατανομημένοι στις διεπιφάνειες παλαιού-νέου σκυροδέματος για να παραλάβουν το σύνολο της εδαφικής πίεσης που ασκείται στο νέο στοιχείο θεμελίωσης. [3]

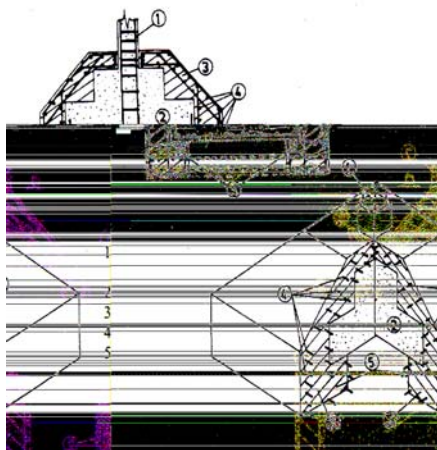
Υπάρχει και η δυνατότητα αύξησης των διαστάσεων του πεδίου χωρίς άμεση ενίσχυση του ίδιου, αλλά μέσω της σύνδεσης του μανδύα του υποστυλώματος στο πέδιλο. Στα Σχήματα 4 και 5 φαίνεται ο μανδύας σε περίπτωση βλάβης του υποστυλώματος του κατώτατου ορόφου, ο οποίος στην περίπτωση αυτή πρέπει να περιβάλλει και τα πέδιλα. Πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το μισό του ύψους του πεδίου και να περιλαμβάνει κλειστούς οριζόντιους συνδετήρες τουλάχιστον  $\varnothing 12/10$ . Για την αγκύρωση των οπλισμών του υποστυλώματος στο τέλος του μανδύα στο πέδιλο, κατασκευάζονται «φωλιές» όπου εγκιβωτίζονται οι οριζόντιοι οπλισμοί. [2]



Σχήμα 2: Ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδύων, όταν η επέμβαση περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου. [3]



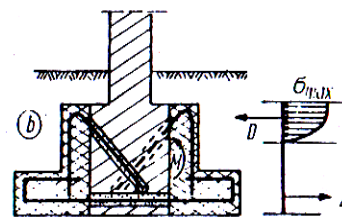
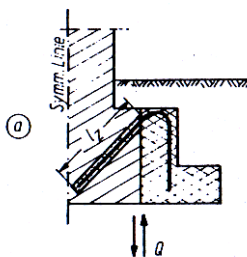
Σχήματα 4 και 5: Μανδύας πεδίου από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα [2]



- 1- παλαιό υποστύλωμα
- 2- παλαιό πέδιλο
- 3- νέο σκυρόδεμα
- 4- νέος οπλισμός
- 5- μεταλλική δοκός

Σχήμα 3: Ενίσχυση πεδίων με την τεχνική των μανδύων, όταν η επέμβαση δεν περιλαμβάνει και ενίσχυση του φέροντος κατακόρυφου στοιχείου. [3]

Αυτές οι μέθοδοι αύξησης των διαστάσεων των στοιχείων θεμελίωσης παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι υπάρχουν δυσχέρειες στην μεταβίβαση τεμνουσών δυνάμεων και ροπών, επιπλέον του γεγονότος ότι το έδαφος είναι προφορτισμένο από τα υπάρχοντα θεμέλια. Αυτές οι δυσχέρειες αντιμετωπίζονται με κατάλληλη τοποθέτηση οπλισμού. Για τη μεταβίβαση των τεμνουσών από τα νέα τμήματα του θεμελίου, που προτού δημιουργηθούν καθιζήσεις είναι ελεύθερα τάσεων, προς το παλιό θεμέλιο το οποίο συνήθως θα έχει λείες παρειές, δημιουργείται μια οδόντωση, βλ. Σχ. 6. Επίσης, ράβδοι χάλυβα οι οποίες θα τοποθετηθούν σε κανάλια που θα διατηρηθούν λοξά και χωρίς δονήσεις συμμετέχουν στη μεταβίβαση των τεμνουσών. Πρέπει κατάλληλα να εκλεγεί και το μήκος αγκύρωσης των ράβδων. Η μεταβίβαση των καμπτικών ροπών, που δημιουργούνται από την εκκεντρότητα των νέων τμημάτων του θεμελίου ως προς τον άξονα του υπερκείμενου τοίχου, γίνεται ξεχωριστά, αφού αναλυθούν σε ζεύγη δυνάμεων, βλ Σχ. 7. Η επάνω θλιπτική δύναμη μεταβιβάζεται εξ επαφής προς την πλευρά του θεμελίου, οπότε η τοιχοποιία θα περιορίσει με την σχετικώς μικρή επιτρεπόμενη πίεση την θλιπτική δύναμη και άρα και το πλάτος της ενίσχυσης. Η κάτω εφελκυστική δύναμη μεταβιβάζεται μέσω ράβδων χάλυβα που μπαίνουν ύστερα από διάτρηση και περιβάλλονται από μπετόν, και που μπορούν προκειμένου περί στενών θεμελίων να τεθούν μα ανάκαμψη. [1]



Σχήμα 6: Ανάλυση της τέμνουσας δύναμης [1]

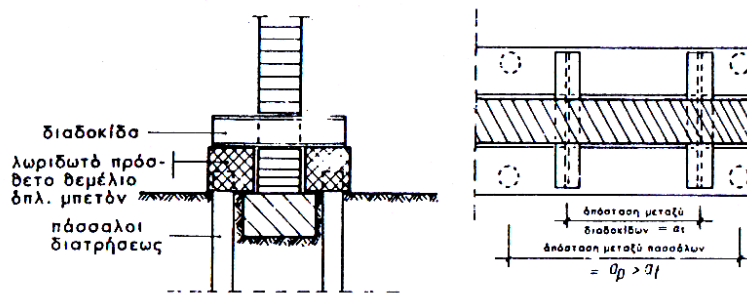
Σχήμα 7: Ανάλυση καμπτικής ροπής [1]

Όταν γίνεται χρήση μανδύων από σκυρόδεμα, πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής συνεργασία παλαιού και νέου σκυροδέματος, η οποία από κατασκευαστικής άποψης επιτυγχάνεται με την παρακάτω διαδικασία:

1. Αποκοπή της επιφανειακής στρώσης σκυροδέματος με βλάβες και διαμόρφωση κοιλότητων για να υποδεχτούν το νέο σκυρόδεμα.
2. Εκτράχυνση της επιφάνειας με μηχανικά μέσα
3. Πλύση της επιφάνειας με νερό υπό πίεση
4. Διαβροχή της επιφάνειας παλαιού σκυροδέματος μέχρι κορεσμού

### 3.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΝ

Συνήθως επιβάλλεται λόγω δημιουργίας πρόσθετων φορτίων τα οποία καλείται να αναλάβει η κατασκευή, κυρίως λόγω προσθήκης ορόφων. Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή της κατασκευής νέων θεμελίων είναι η υποστήριξη τοίχων με τη βοήθεια νέων πρόσθετων λωριδών θεμελίων εκατέρωθεν του υπάρχοντος. Τα πρόσθετα φορτία αναλαμβάνονται κατά μεγάλο μέρος από τα νέα αυτά λωριδωτά θεμέλια με τη μεσολάβηση χαλύβδινων διαδοκίδων που διαπερνούν την τοιχοποιία. Για το καινούριο θεμέλιο γίνεται χρήση πασσάλων διατήσεως των οποίων η κεφαλή δένεται μέσα στο σκυρόδεμα των συνδετήριων δοκών θεμελιώσεως, βλ. Σχ. 8. Αυτοί οι πάσσαλοι παρουσιάζουν μικρότερη μάζα καθίζσεως, αλλά επηρεάζουν σε κάποιο βαθμό τα υπάρχοντα θεμέλια λόγω της αναπόφευκτης χαλάρωσης του εδάφους και της αρνητικής τριβής.



Σχήμα 8: Υποστήριξη ενός διαμήκους τοίχου υπογείου [1]

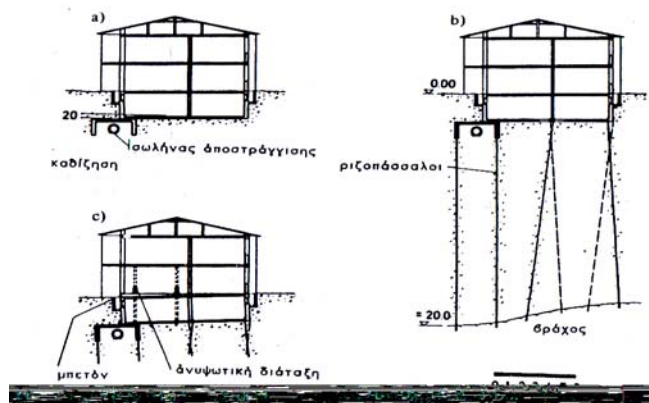
Μια ειδική περίπτωση πασσάλων διατήσεως είναι οι ριζοπάσσαλοι, δηλαδή μικροί πάσσαλοι με πάχη 12 έως 24 cm που δεν αναφέρονται στο DIN. Η έμπηξή τους γίνεται με τη μέθοδο της περιστροφικής διείδυσης και οπλίζονται με διαμήκεις ράβδους και ελικοειδή συνδετήρα, ενώ το μπετόν αφότου διαστρωθεί συμπυκνώνεται με αέρα. Ένα μέρος του τσιμεντοπολτού συμπιέζεται στο περιβάλλον έδαφος. Από κατασκευαστική άποψη, τα αναγκαία εργαλεία είναι μικρά και ελαφρά, τόσο που οι ριζοπάσσαλοι μπορούν να εμπεχθούν ακόμη και στο εσωτερικό υπογείων.

Ενίσχυση θεμελίωσης με ριζοπάσσλους έγινε στο Tegernsee σε κτίρια σε σειρά τα οποία ήταν θεμελιωμένα σε πασσάλους και παρουσίαζαν 4 χρόνια μετά το χτίσιμό τους διαφορετική καθίζηση 24 cm κατά τη διαγώνιο, βλ Σχ. 9. Τα κτίρια επαναθεμελιώθηκαν επί ριζοπάσσλων πάχους 15 cm που λόγω των χαλαρών ενδιάμεσων εδαφικών στρωμάτων έφθαναν μέχρι το στερεό έδαφος. Μετά την έμπηξη των πασσάλων δεν παρουσιάστηκαν άλλες καθιζήσεις. Έγινε επίσης και ανύψωση των σπιτιών, για να αρθούν οι διαφορετικές καθιζήσεις, με τη βοήθεια υδραυλικών γρύλων που στηρίχθηκαν στην άνω παρειά των πλακών οροφής υπογείων. [1]

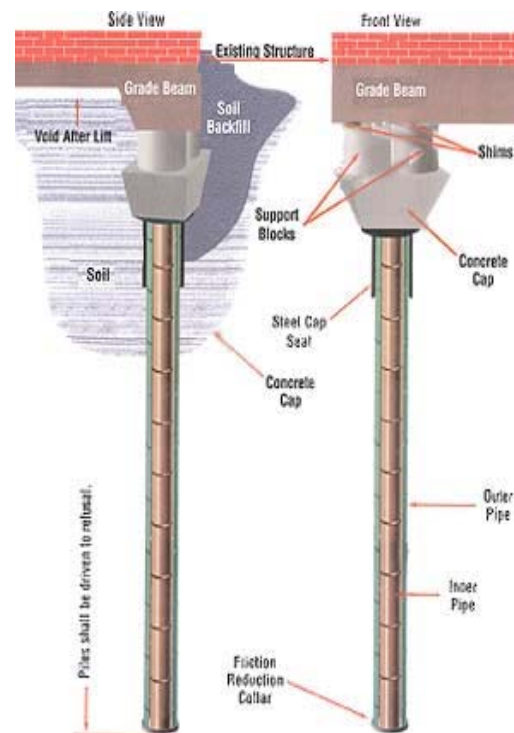
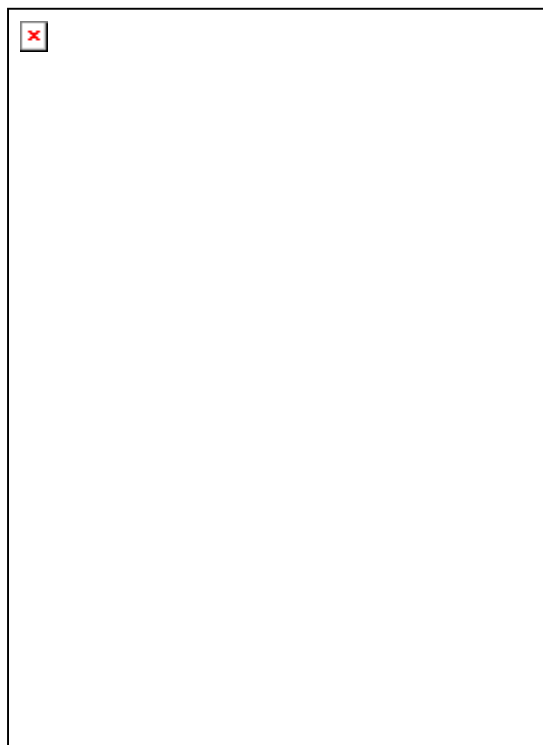
Η τεχνική της προσθήκης νέων θεμελίων είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη σε περίπτωση βλαβών στο σύστημα θεμελίωσης. Εξ αιτίας αυτού έχουν αναπτυχθεί από ιδιωτικά συνεργεία πολλές πατέντες που περιλαμβάνουν είτε χρήση πασσάλων είτε κιβώτια σκυροδέματος. Στη Φωτ. 7 φαίνονται κιβωτιοειδείς πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα, που προσφέρουν επαρκή στήριξη ακόμα και σε βαριές κατασκευές

Στη Φωτ. 5 φαίνεται ένα σύστημα πασσάλων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πάσσαλοι από σκυρόδεμα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα: αποτελούν μόνιμη λύση εάν σχεδιαστούν και εγκατασταθούν σωστά, έχουν αυξημένη δυνατότητα ανάληψης φορτίου λόγω αύξησης της διατομής στη βάση τους, το βάθος στο οποίο θα θεμελιωθούν μπορεί οπτικώς να πιστοποιηθεί και επίσης η ευθυγράμμιση τους μπορεί να είναι κατακόρυφη ή υπό γωνία.

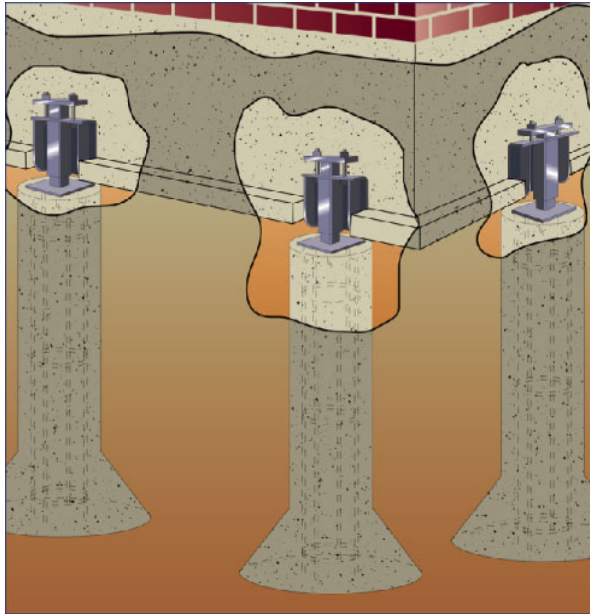
Έχουν όμως το μειονέκτημα η σωστή εγκατάστασή τους είναι χρονοβόρα και δύσκολη κατασκευαστικά και σχεδόν αδύνατη σε θέσεις στο εσωτερικό της κάτοψης του κτιρίου. Στη Φωτ. 6 φαίνονται χαλύβδινοι πάσσαλοι με προστασία έναντι διάβρωσης, ο οποίος έχουν τα εξής πλεονεκτήματα: γρήγορη εγκατάσταση, μικρή διάμετρο και λεία επιφάνεια άρα ευκολία στο να επιτευχθεί το μέγιστο επιθυμητό βάθος, που μάλιστα συχνά φτάνει στα βραχώδη στρώματα (Φωτ. 8), μεγάλη δυσκαμψία, προστασία έναντι διάβρωσης χάρη στο εξωτερικό στρώμα από PVC. [5],[6],[7]



Σχήμα 9: α)Μονόπλευρη καθίζηση β)Υποθεμελίωση με ριζοπάσσαλους γ)Ανύψωση [1]



Φωτογραφία 5: Σύστημα ενισχυμένων πασσάλων Φωτογραφία 6:Χαλύβδινοι πάσσαλοι με προστασία έναντι διάβρωσης [6]



Φωτογραφία 7: Κιβωτιοειδείς πάσσαλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα [6]



Φωτογραφία 8: Ενίσχυση θεμελίωσης κτιρίου με σύστημα πασσάλων [7]

### 3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Ο όρος «υποθεμελίωση» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη 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. Η υποθεμελίωση είναι κατασκευή κάτω από το θεμέλιο του κτιρίου, που θα παραλάβει τα φορτία της θεμελίωσης και θα τα διοχετεύσει χαμηλότερα. Η υποθεμελίωση βοηθά στην αντιμετώπιση της καθίζησης θεμελίωσης ή στην αύξηση της αντοχής ή στην δημιουργία κατασκευής υπογείου σε χαμηλότερη στάθμη, και δεν σημαίνουν ενίσχυση ή επισκευή στην κυριολεξία. 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 τη νέα θεμελίωση. Οι υποθεμελιώσεις μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες:

#### 3.3.1. ΑΒΑΘΕΙΣ ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή υποθεμελιώσεων, ενώ δε παρουσιάζουν στατικά ή θεωρητικά προβλήματα καθώς σε μικρό βάθος η ώθηση γαιών είναι μικρή. Περιλαμβάνει την κατασκευή οργυμάτων 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. Η κατασκευή υποθεμελίωσης αποτελείται από ντουλάπια τα οποία διατάσσονται σε σειρές πάνω στον τοίχο των θεμελίων. Για λόγους κατασκευαστικούς το πάχος της τοιχοποιίας



υποθεμελιώσεως εκλέγεται ίσο με το πάχος του θεμελίου. Τα κενά μεταξύ των ντουλαπιών εφάπτονται με τον τοίχο της υποθεμελίωσης. Το κάθε κενό έχει μήκος 1,2-1,5.

Συνήθως οι κανονισμοί επιβάλλουν ότι κατά τη διάρκεια κατασκευής της υποθεμελίωσης, η στάθμη της γειτονικής εκσκαφής πρέπει να βρίσκεται 0,5 m ψηλότερα από τη στάθμη της αρχικής θεμελίωσης.

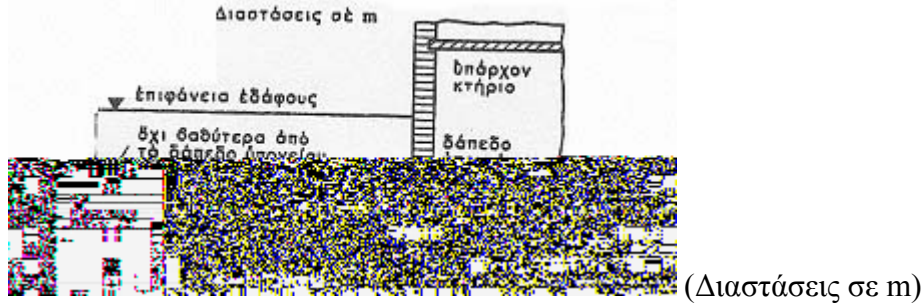
### 3.3.2. ΒΑΘΙΕΣ ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Αυτές απαιτούν πάντοτε στατική διερεύνηση γιατί η ώθηση γαιών αυξάνεται με το βάθος, και σαν μέτρο ασφάλειας χρειάζεται ενίσχυση της τοιχοποιίας υποθεμελιώσεως ή αγκύρωσή της. Για την κατασκευή βαθιών υποθεμελιώσεων χρησιμοποιούνται πάσσαλοι και διαφράγματα που εγκαθίστανται από την επιφάνεια του εδάφους. Η πιο συνήθης μέθοδος είναι οι υποθεμελιώσεις με μικροπασσάλους. Ως μικροπάσσαλοι ορίζονται πάσσαλοι διαμέτρου 100 mm έως 250 mm. Η ανάπτυξή τους έδωσε σημαντική ώθηση στις εφαρμογές των υποθεμελιώσεων. Η εγκατάστασή τους γίνεται με τη χρήση περιστροφικών γεωτρυπάνων πολύ μικρού μεγέθους. Όταν η διάτρηση φτάσει στο επιθυμητό βάθος, ανασύρεται η διατρητική στήλη και η γεώτρηση πληρώνεται με κατάλληλο τσιμεντοκονίαμα. Η είσοδος του τσιμεντοκονιάματος έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους και την ενίσχυση της θεμελίωσης. Στην συνέχεια ακολουθεί η εγκατάσταση του οπλισμού η οποία μπορεί να είναι μια κεντρική χαλύβδινη ράβδος διαμέτρου 25 mm έως 50 mm ή ο συνήθης 'κλωβός οπλισμών'. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπως για παράδειγμα όταν υπάρχουν οριζόντια φορτία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως οπλισμός σωλήνας κυκλικής διατομής. Επίσης χρησιμοποιείται η ενίσχυση των θεμελίων με ριζοπασσάλους, οι οποίοι εγκαθίστανται εκτελώντας τη διάτρηση διαμέσου των στοιχείων θεμελίωσης, η οποία σε αντίθεση με άλλες μεθόδους, δεν προξενεί βλάβες στην τοιχοποιία ούτε διαταράσσει το έδαφος θεμελίωσης. [1]

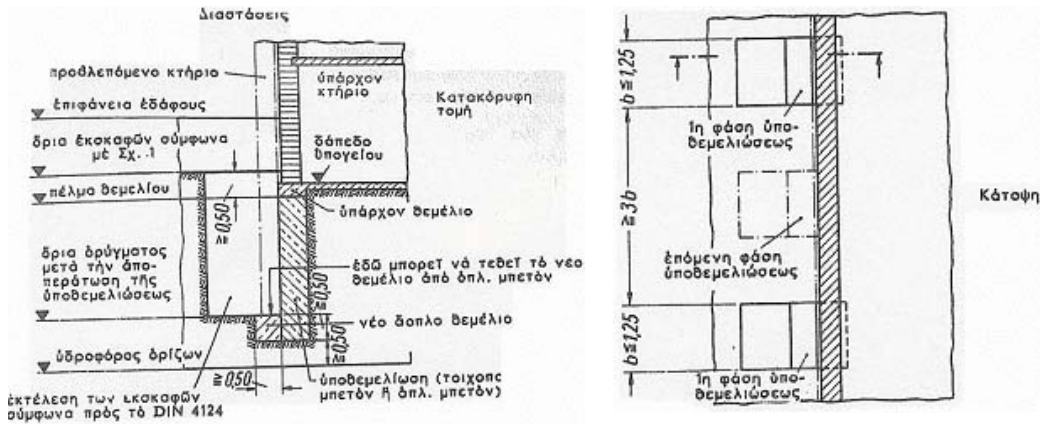
### 3.3.3 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Για υποθεμελιώσεις από μπετόν ή οπλισμένο μπετόν ισχύει το DIN 1045. Το πάχος της υποθεμελίωσης είναι τουλάχιστον ίσο με το πλάτος του θεμελίου ενώ η εκσκαφή πρέπει να φθάσει το πολύ εντός κάποιων επιτρεπόμενων ορίων, βλ. Σχ. 10, γεγονός που πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα όταν γίνεται χρήση μηχανικών εκσκαφών ή άλλων δομικών μηχανών. Η επιφάνεια εδράσεως δεν επιτρέπεται να είναι χαλαρή ή μαλακή. Η υποθεμελίωση θα κατασκευαστεί σε τμήματα του μήκους ίσα με το πλάτος των ορυγμάτων (το πολύ 1.25 m). Τα τμήματα του υπάρχοντος κτιρίου με το μέγιστο φορτίο πρέπει να υποθεμελιωθούν κατά προτεραιότητα. Τα νέα θεμέλια πρέπει να κατασκευάζονται τμηματικά εκ παραλλήλου με την υποθεμελίωση και να διαχωρίζονται από αυτήν με έναν αρμό, γι' αυτό και τα πέγματα πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο ύψος, βλ Σχ 11. Εάν τα νέα θεμέλια χρειάζονται διαμήκεις οπλισμούς πρέπει να κατασκευαστεί ένα οπλισμένο θεμέλιο ταυτόχρονα με την υποθεμελίωση. Το πέγμα του νέου άοπλου υποστρώματος πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο ύψος με το πέγμα θεμελίου της νέας υποθεμελίωσης, δηλαδή η υποθεμελίωση πρέπει να κατέβει τουλάχιστον 0.5 m βαθύτερα από του πέγμα του θεμελίου από οπλισμένο μπετόν. Πάνω στο άοπλο θεμέλιο θα κατασκευαστεί μετά το οπλισμένο σε όλο το μήκος του. [1]

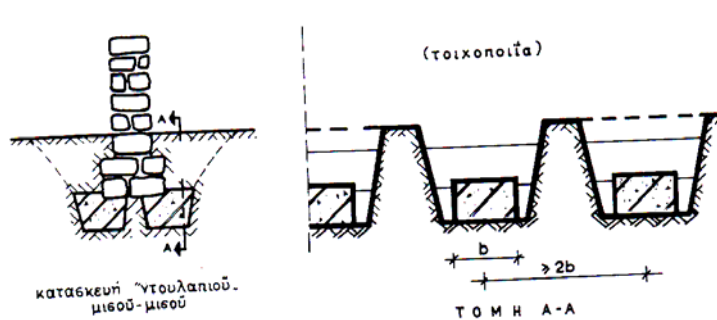
Στην περίπτωση που η θεμελίωση δεν συνορεύει με άλλη ιδιοκτησία δηλαδή είναι προσπελάσιμη και από την εσωτερική και από την εξωτερική πλευρά, προκειμένου να αντιμετωπισθεί η επανάληψη διαφορικών καθιζήσεων προτείνεται η κατασκευή υποθεμελιώσεων με «ντουλάπια» από σκυρόδεμα, μήκους 50 cm έως 1 m και με απόσταση μεταξύ των αξόνων τους μεγαλύτερη από το διπλάσιο του μήκους τους, Σχ. 12. [2]



Σχήμα 10: Όρια Εκσκαφών (DIN 4123) [1]



Σχήμα 11: Υποθεμελίωση υπαρχόντων θεμελίων [1]

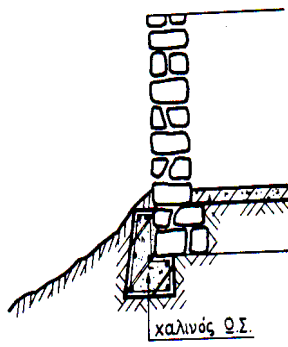


Σχήμα 12: Κατασκευή «ντουλαπιών» από σκυρόδεμα [2]

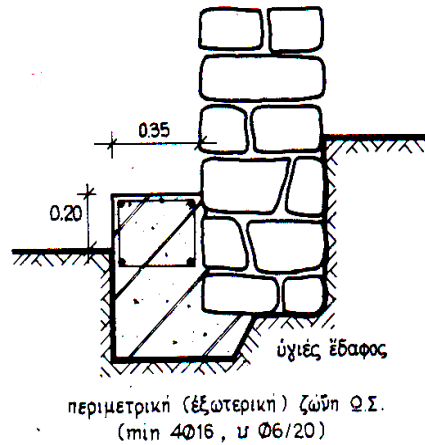
### 3.4 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ [2]

Για την αντιμετώπιση ολισθήσεων στη στάθμη της θεμελίωσης (ιδίως σε πολύ επικλινή εδάφη) προτείνεται η κατασκευή χαλινών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε μεγάλο βάθος μέσα στο έδαφος, κατόπη και σε επαφή με το χαμηλότερο σημείο των τοίχων που είναι παράλληλοι με τη γραμμή κλίσεως του εδάφους, βλ. Σχ 13.

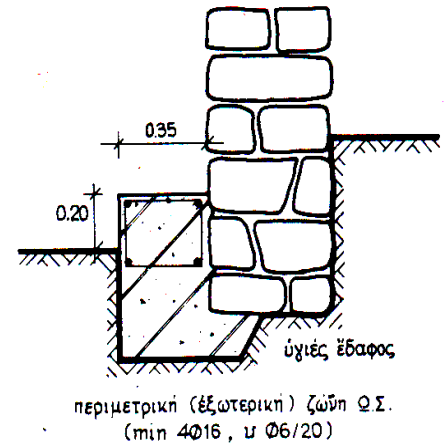
Εναλλακτικά είναι δυνατή η κατασκευή περιμετρικής ζώνης από οπλισμένο σκυρόδεμα γύρω από το κτήριο στη στάθμη θεμελίωσης και συνδετήρια δοκού, βλ. Σχ. 14 και 15.



Σχήμα 13: Κατασκευή χαλινών από οπλ. Σκυρόδεμα [2]



Σχήμα 14: Κάθε 2.5 m ξηλώνονται πλίνθοι ή λίθοι για την αγκύρωση της ζώνης στην τοιχοποιία με φωλιές Ο.Σ. [2]



Σχήμα 15: Περίπτωση θεμελιώσεως που έχει υποσκαφεί [2]

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] **Βλάβες Δομικών Έργων. Ανάλυση και βελτίωση.** R. Rybicki, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 1980, Τόμος 1<sup>ος</sup>, Σελίδες 166-168, 172-183
- [2] **Συστάσεις για τις επισκευές κτιρίων βλαμμένων από σεισμό.** Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, 7<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα 1988, Σελίδες 122-123, 170-171
- [3] **Ενισχύσεις/ Επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Διαδικασίες-Τεχνικές και Διαστασιολόγηση.** Σ. Η. Δρίτσος, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2005, Σελίδες 159-160
- [4] <http://brackettfoundation.com/failure.htm>
- [5] <http://www.premierfoundationrepair.com/what.htm>
- [6] <http://archfoundationrepair.com/repairs.htm>
- [7] [http://www.saberleveling.com/piering/pdf/saber\\_piering\\_insert.pdf](http://www.saberleveling.com/piering/pdf/saber_piering_insert.pdf)