

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Σ.Τ.ΕΦ

ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ
ΤΩΝ
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ & ΒΛΑΒΩΝ
ΣΤΑ
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ
στο σύστημα
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΕΔΑΦΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Βασιλόπουλος Μάριος (Πολ. Μηχανικός)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

Καραβασιλείου Νεκταρία - Χολέβας Νικόλαος

--- ΤΟΜΟΣ Ι ---

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Σ.Τ.ΕΦ

ΤΜΗΜΑ : ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ
ΤΩΝ
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ & ΒΛΑΒΩΝ
ΣΤΑ
ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ
στο σύστημα
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΕΔΑΦΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Βασιλόπουλος Μάριος (Πολ. Μηχανικός)

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

Καραβασιλείου Νεκταρία - Χολέβας Νικόλαος

--- ΤΟΜΟΣ Ι ---

TOMOS I

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά όσους συνέβαλλαν με καθοιονδήποτε τρόπο στην συγγραφή της εργασίας αυτής. Πρώτα απ'όλα ευχαριστούμε τον εισηγητή του θέματος της εργασίας μας, Πολ. Μηχανικό, κύριο Βασιλόπουλο Μάριο, ο οποίος μας βοήθησε πάρα πολύ, και του οποίου οι γνώσεις, υποδείξεις, συμβουλές και συστάσεις αποτέλεσαν τις βάσεις για την εκπόνηση του θέματος και για το αποτέλεσμα που ακολουθεί.

Επίσης ευχαριστούμε πολύ και άλλους συναδέλφους πολ. μηχανικούς του ελεύθερου επαγγέλματος για τις υποδείξεις και τα στοιχεία που μας πρόσφεραν, το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), το Ινστιτούτο Γεωτεχνικών Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), το ΥΠΕΧΩΔΕ, τα τεχνικά περιοδικά "ΚΤΙΡΙΟ", "ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ", και το Ενημερωτικό Δελτίο του Τ.Ε.Ε.

Με την βοήθεια όλων των παραπάνω καθώς και με την χρήση σημειώσεων και εγχειριδίων από το Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Τ.Ε.Ι. Αθήνας και το Ε.Μ.Π. κατορθώσαμε και ολοκληρώσαμε το έργο μας ελπίζοντας πως το θέμα με το οποίο ασχολείται και οι πληροφορίες που δίνει είναι πολύ χρήσιμες και αναγκαίες σε όλο τον τεχνικό πολιτισμό.

ΟΙ ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΚΑΡΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΝΕΚΤΑΡΙΑ
ΧΟΛΕΒΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΤΟΜΟΣ Ι

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ.....</u>	2
1. ΓΕΝΙΚΑ.....	3
2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ.....	3
3. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.....	6
4. Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	8
4.1. Η Εδαφομηχανική και το έδαφος.....	8
5. Η ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	13
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ..</u>	17
1. ΓΕΝΙΚΑ.....	18
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	20
3. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ.....	24
4. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ.....	26
5. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΜΕ ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΣΑ.....	28
6. ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΛΑΦΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ: JET GROUTING.....	33
6.1. Γενικά.....	33
6.2. Διαδικασία εφαρμογής με απλό εμποτισμό.....	38
6.3. Διαδικασία διπλής ενέργειας εμποτισμού.....	40
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ: ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ.....</u>	44
1. ΓΕΝΙΚΑ.....	45
2. ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ.....	45
3. ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.....	49
4. ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΝΩΔΟΜΗΣ.....	51
5. ΑΒΑΘΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ.....	52
5.1. Συνεχή θεμέλια τοίχων και τοιχείων.....	52
5.2. Μεμονωμένα πέδιλα.....	55
5.3. Πεδιλοδοκοί.....	58
5.3.1. Δοκοί συνδέσεως.....	58
5.3.2. Μερική κοιτόστρωση - πεδιλοδοκοί.....	60
5.4. Γενική κοιτόστρωση - συμπαγής.....	62
5.4.1. Γενική κοιτόστρωση με νευρώσεις.....	64

5.4.2. Γενική κοιτόστρωση - κυβοτιοειδής.....	65
6. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΣΕ ΒΑΘΟΣ.....	66
6.1. Καταδυόμενα φρέατα - βάθρα.....	68
6.2. θεμελιώσεις με πασσάλους.....	71
6.2.1. Εμπηγόμενοι πάσσαλοι.....	73
6.2.2. Πάσσαλοι εκκαφής (ή διάτρησης).....	74
6.2.3. Θλιβόμενοι πάσσαλοι.....	78
6.2.4. Εφελκυόμενοι πάσσαλοι.....	78
6.2.5. Εύκαμπτοι πάσσαλοι.....	78
6.2.6. Πάσσαλοι αιχμής.....	79
6.2.7. Πάσσαλοι τριβής.....	80
6.2.8. Κεφαλόδεσμοι πασσάλων.....	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ..... 85

1. ΓΕΝΙΚΑ.....	86
2. ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΙΧΩΝ.....	88
2.1. Μέτρα ασφαλείας.....	88
3. ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ.....	90
4. ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ.....	96
5. ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΝ.....	98
6. ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ.....	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ..... 103

1. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΑΜΜΟ ΚΑΙ ΣΕ ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΙΛΥ.....	104
1.1. Τα αμμώδη και χαλικώδη εδάφη με ποσοστό ιλύος και αργίλου 10 - 35%.....	108
1.2. Τα αμμώδη εδάφη που στερούνται ιλύος και αργίλου.....	108
2. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΑΡΓΙΛΟ ΚΑΙ ΣΕ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΙΛΥ.....	108
2.1. Σταθεροποίηση του αργίλου.....	110
2.2. Η έδραση πάνω σε διογκώσιμα εδάφη.....	111
3. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΛΑΣΠΩΔΗ ΕΔΑΦΗ.....	115
3.1. Οι πλωτές θεμελιώσεις.....	115
4. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ.....	116

4.1. Οι θεμελιώσεις πάνω σε τεχνητά επιχώματα...	117
5. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΜΑΡΓΕΣ.....	118
6. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΨΑΜΜΙΤΕΣ.....	121
7. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΕΣ Η ΦΥΛΛΙΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....	123
8. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ: ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ.....	128
1. ΓΕΝΙΚΑ.....	129
1.1. Η συμπεριφορά του εδάφους.....	130
1.1.1. Η μηχανική αντοχή του εδάφους.....	132
1.1.2. Η παραμόρφωση του εδάφους.....	136
1.2. Η συμπεριφορά της κατασκευής.....	139
1.2.1. Η περίπτωση των συνηθισμένων κτιρίων.....	140
1.2.2. Καθιζήσεις του εδάφους αποδεκτές στο σύνολο της κατασκευής.....	143
2. ΒΛΑΒΕΣ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΝ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΝΕΡΟ.....	144
2.1. Γενικά.....	144
2.1.1. Το νερό και η διαπερατότητά του σε φυσικά εδάφη.....	146
2.1.2. Η πίεση του νερού.....	147
2.2. Η μηχανική δράση του νερού.....	149
2.3. Η επίδραση του πάγου.....	
2.4. Η μεταβολή των χαρακτηριστικών των εδαφών από το νερό.....	152
2.5. Υδροστατικές πιέσεις και υποπίεσεις.....	159
3. ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΑ ΘΕΜΕΛΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ.....	164
3.1. Οι τεχνικές μέθοδοι εξάλειψης της υγρασίας.....	165
3.2. Η αποστράγγιση των τοίχων.....	167
3.3. Η κατασκευή και η πλήρωση της τάφρου.....	170
3.4. Νέες τεχνολογίες για την αποστράγγιση των τοίχων.....	171
4. ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΟ.....	175
4.1. Πενετρόμετρο.....	176

4.1.1. Στατικό πενетроμέτρο.....	177
4.1.2. Δυναμικά πενетроμέτρα.....	178

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ: ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ</u>	179
1. ΓΕΝΙΚΑ.....	180
2. ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ.....	181
3. ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΣ.....	182
4. ΕΦΙΠΠΙΟΕΙΑΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗ.....	194
5. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΝΗΘΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	197
5.1. Ομοιόμορφο έδαφος.....	198
5.2. Άνομοιόμορφο έδαφος.....	205
5.3. Διαφοροποιημένη θεμελίωση.....	206
5.4. Επιδράσεις στοών μεταλλείων.....	206
6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	207
7. ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	211
8. ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	215
9. ΠΙΝΑΚΕΣ.....	218

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ: ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ</u>	222
1. ΓΕΝΙΚΑ.....	223
1.1. Συμπεριφορά εδάφους θεμελίωσης.....	224
1.2. Θραύση του εδάφους.....	224
1.3. Κατολίσθηση.....	227
1.4. Υδραυλική θραύση εδάφους.....	227
1.5. Ανατροπή.....	228
1.6. Ολίσθηση.....	229
1.7. Διογκώσεις παγετού.....	230
2. ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	234
3. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ - ΒΛΑΒΕΣ.....	235
4. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΛΑΦΗ.....	236
4.1. Συνεκτικά εδάφη.....	236
4.2. Καθιζήσεις σε μη συνεκτικά εδάφη.....	238
5. ΕΛΑΦΙΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΑΝ ΕΛΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ.....	238
6. ΥΔΡΟΦΟΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ - ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ.....	239
7. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ - ΒΛΑΒΕΣ.....	241
8. ΒΛΑΒΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ.....	243
9. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ.....	245

8.1.1.	Ρωγμές μικρού πλάτους.....	301
8.1.2.	Πολλαπλά ρήγματα στην επιφάνεια της πλάκας.....	301
8.1.3.	Κατασκευή ενισχύσεως στην πάνω επιφάνεια της πλάκας.....	301
8.1.4.	Κατασκευή ενισχύσεως στην κάτω επιφάνεια της πλάκας.....	304
8.1.5.	Αποκατάσταση πλάκας τοπικά σε όλο το πάχος της.....	304
8.1.6.	Επισκευή εξωστών.....	305
8.1.7.	Επισκευή δοκών.....	306
8.1.8.	Εντονη ρηγμάτωση δοκού χωρίς αποδιοργάνωση του σκυροδέματος.....	307
8.1.9.	Εντονη ρηγμάτωση με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος.....	309
8.1.10.	Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού.....	310
8.1.11.	Σε περίπτωση βλάβης της δοκού σε κάμψη.....	313
8.2.	Επισκευή υποστυλωμάτων.....	314
8.2.1.	Απλή ρηγμάτωση.....	314
8.2.2.	Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος.....	315
8.2.3.	Σημαντική τοπική βλάβη - Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος.....	317
8.2.4.	Βλάβη σε όλο το ύψος του υποστυλώματος.....	318
8.2.5.	Επισκευή πεδίλων.....	318
8.3.	Επισκευή τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα.....	320
8.3.1.	Απλή ρηγμάτωση.....	320
8.3.2.	Αποδιοργάνωση του σκυροδέματος.....	320
8.4.	Επισκευή κόμβων.....	322
9.	ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ.....	323
9.1.	Γενικά.....	323
9.2.	Κατηγορίες βλαβών και γενικές κατευθύνσεις επισκευής.....	325
9.2.1.	Ελαφρές βλάβες.....	325
9.2.2.	Σοβαρές βλάβες.....	327
9.3.	Ορισμένες τυπικές μέθοδοι που συνήθως εφαρμόζονται στις επισκευές των τοιχοδομών.....	328

9.3.1.	Λεπτές ζώνες ραφής.....	328
9.3.2.	Ελαφρός οπλισμένος μανδύας.....	330
9.3.3.	Μονόπλευρος μανδύας τοιχοδομής.....	333
9.3.4.	Αμφίπλευροι μανδύες τοιχοδομών.....	333
9.3.5.	Κατάρρευση γωνιών.....	335
9.3.6.	"Άνοιγμα" μεταξύ κατά μήκος και εγκάρσιοι τοίχου.....	338
9.3.7.	Αποκατάσταση προεκκρίσεων.....	339
10.	ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΠΛΗΡΩΣΕΩΣ (Διαχωριστικά μη φέροντα τοιχώματα).....	342
10.1.	Ρήγματα στην ένωση του φέροντος οργανισμού με τα διαχωριστικά τοιχώματα.....	342
10.2.	Τρόποι επισκευής των ρωγμών στα στοιχεία πληρώσεως.....	342
10.2.1.	Περίπτωση ρωγμών μικρού πλάτους (μέχρι 1 cm).....	343
10.2.2.	Περίπτωση ρωγμών μεγαλύτερου πλάτους και εκτάσεως.....	343
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ.....</u>		345
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....</u>		350
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		354

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Νιώθοντας την ανάγκη να εστιάσουμε την προσοχή μας και το ενδιαφέρον κάθε τεχνικού, μελετητή μηχανικού, κατασκευαστή - και όχι μόνο - και θέλοντας να τονίσουμε τα επικίνδυνα προβλήματα και βλάβες που δημιουργούνται στο σύστημα "κατασκευή - έδαφος" από μία κακή εκτίμηση της μελέτης τόσο της κατασκευής όσο και του εδάφους.

Ξεκινήσαμε την εργασία μας δίνοντάς της τον τίτλο: "Ανασκόπηση των προβλημάτων και βλαβών στα οικοδομικά έργα στο σύστημα "κατασκευή - έδαφος".

Γνωρίζοντας ότι κάθε πρόβλημα θεμελίωσης απαιτεί τη γνώση της συμπεριφοράς του εδάφους και των παραμορφώσεών του και η συμπεριφορά της κατασκευής, και μιάς και αυτά τα δύο θέματα συνδέονται στενά, αφού καθένα από τα δύο μέλη, το έδαφος και το κτίριο αλληλεπιδρούν το ένα πάνω στο άλλο καθώς επίσης και ότι πρόκειται για ένα πολύπλευρο θέμα, αποφασίσαμε να συμπεριλάβουμε στην εργασία μας κεφάλαια - αρχίζοντας από την εδαφομηχανική και τις θεμελιώσεις θεωρώντας ότι είναι οι θεμελιώδεις αρχές που χρησιμοποιούνται περισσότερο κατά τη μελέτη των θεμελιώσεων.

Συνεχίζοντας συμπεριλάβαμε κεφάλαια που αφορούν:

- Τις βελτιώσεις του εδάφους θεμελίωσης.
- Τις υποθεμελιώσεις
- Τα προβλήματα των θεμελιώσεων σε διάφορους τύπους εδαφών.
- Την παθολογία των θεμελιώσεων
- Τις βλάβες από επίδραση εδάφους θεμελίωσης
- Τη μετατόπιση κτιρίων,
- Τις καθιζήσεις

Καθώς και το κεφάλαιο των επισκευών και των ενισχύσεων των βλαβέντων κτιρίων έτοι ώστε να παρουσιάσουμε ένα ολοκληρωμένο έργο.

Το ύφος της εργασίας μας προσπαθήσαμε να το κρατήσουμε όσο ήταν δυνατόν πιο απλό και κατανοητό. Ακόμη εμπλούτισαμε την εργασία με πολλά σχέδια και φωτογραφίες ώστε να είμαστε πολύ πιο περιγραφικοί.

ΚΑΛΩΣΗΛΕΞΙΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΕΙΝΑΙ ΚΤΕΛΟΥΣ
ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΡΩΣΤΩΝ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ

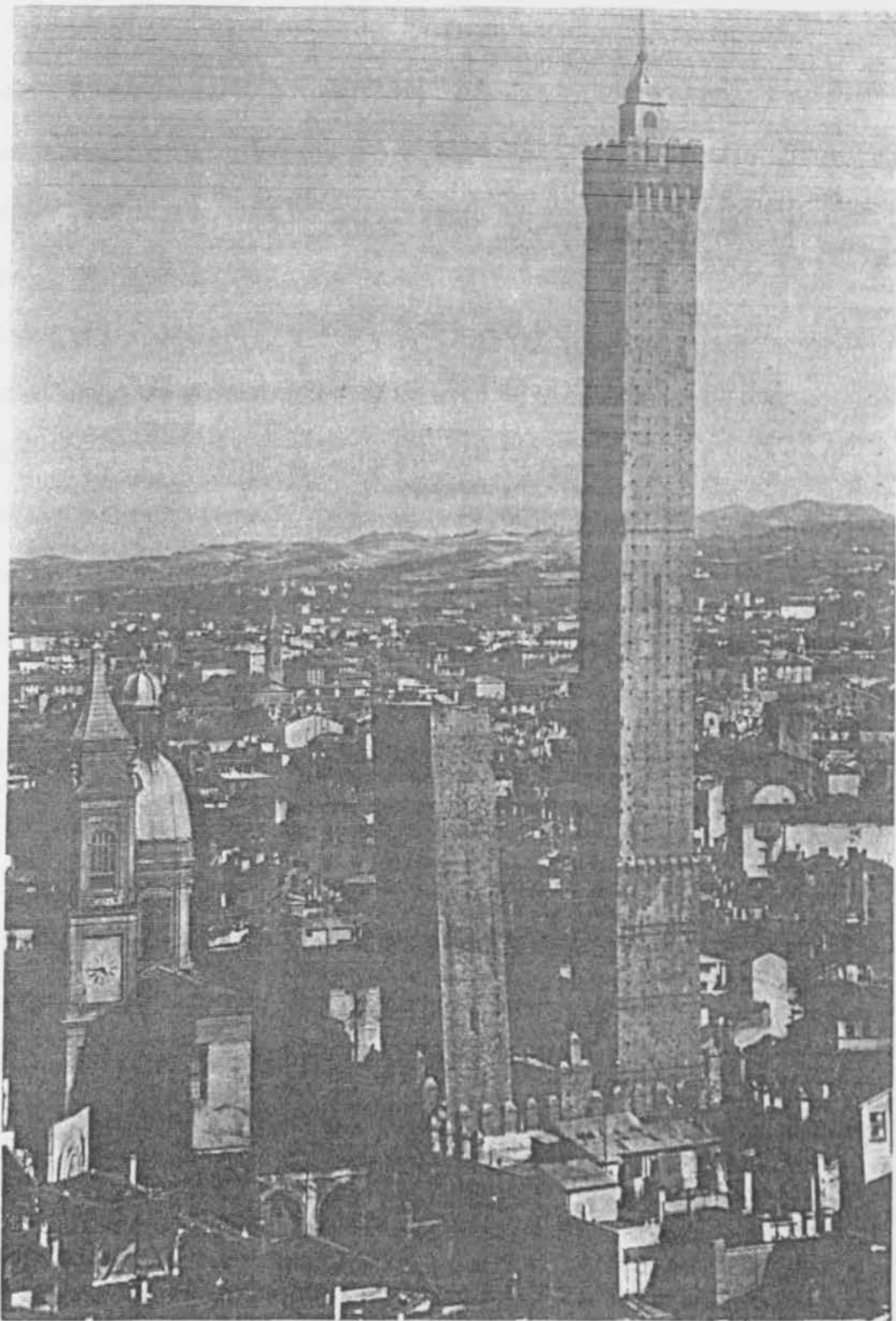
1. ΓΕΝΙΚΑ

Η εξέλιξη της τεχνικής των κατασκευών ήταν επόμενο να έχει επιπτώσεις και στα θέματα που σχετίζονται με το έδαφος, με αποτέλεσμα να αναπτυχθεί κατά τα τελευταία 45 με 50 χρόνια ιδιαίτερος κλάδος, η Εδαφομηχανική, η οποία υποδιαιρείται στη θεωρητική και την εφαρμοσμένη.

Η αντιμετώπιση των προβλημάτων της θεμελίωσης των κατασκευών και γενικότερα των σχετικών με το έδαφος παλαιότερα, και σε μερικές περιπτώσεις και σήμερα ακόμα, βασιζόταν σε εμπειρικούς κανόνες. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να δίνονται δαπανηρές λύσεις λόγω του αυξημένου συντελεστή ασφάλειας, που δικαιολογείται με την άγνοια των πραγματικών συνθηκών. Έτσι παλαιότερα οι κατασκευές των θεμελίων ήταν γενικά ανθεκτικότερες απ'ότι χρειαζόταν.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος αντιμετώπισε και έλυσε προβλήματα εφαρμοσμένης εδαφομηχανικής και ιδίως σε προβλήματα θεμελιώσεων (πχ. αρχαία Αίγυπτος).



Οι δύο πύργοι της BOLOGNA (Μπολόνια) που κτίστηκαν το 12ο αιώνα, παρουσιάζουν και οι δύο απόκλιση από την κατακόρυφη.

Οι πρώτες γνωστές συστηματικές μελέτες σε προβλήματα της Εδαφομηχανικής έγιναν κατά το τέλος του 17ου αιώνα. Πρόκειται για τις εργασίες του Γάλλου στρατάρχη VAUBAN, ο οποίος συνέταξε τυποποιημένα σχέδια τοίχων αντιστήριξης από λιθοδομή, σύμφωνα με τα οποία κατασκευάσθηκαν τα οχυρά του Λουδοβίκου XIV, πολλά από τα οποία παραμένουν σε χρήση σήμερα.

Μπορεί ασφαλώς να θεωρηθεί ότι ο πραγματικός ιδρυτής της θεωρητικής εδαφομηχανικής είναι ο COULOMB, ο οποίος το 1773 κατέθεσε στην Ακαδημία Επιστημών της Γαλλίας το περίφημο υπόμνημά του για τον υπολογισμό των ωθήσεων στους τοίχους αντιστήριξης.

Οι ιδέες του COULOMB αποτέλεσαν τη βάση όλων των εργασιών μέχρι το 1857, όταν ο Άγγλος RANKINE μελέτησε την εντατική κατάσταση του εδάφους τη στιγμή της θραύσης.

Λίγο αργότερα ο Γάλλος BOUSSINESQ (1882), έδωσε τη μαθηματική λύση του προβλήματος των ωθήσεων για όλες τις περιπτώσεις οριακών συνθηκών. Η ολοκλήρωση των διαφορικών εξισώσεων έγινε για ορισμένες περιπτώσεις από τον RANKINE, και για άλλες από τον CAGUOT, ο οποίο συνέταξε πίνακες των τιμών των ενεργών και παθητικών ωθήσεων (1948).

Το 1991 ο Σουηδός ATTERBERG έδωσε απλές πειραματικές μεθόδους με τις οποίες μπορεί να χαρακτηρισθεί, με τη βοήθεια μόνο αριθμών η πλαστική συμπεριφορά ενός συνεκτικού εδάφους. Το 1913 άλλος

Σουηδός ο FALLENIUS παρουσίασε μέθοδο ελέγχου της ευστάθειας των πρανών που εμπνέεται από τη μέθοδο του COULOMB.

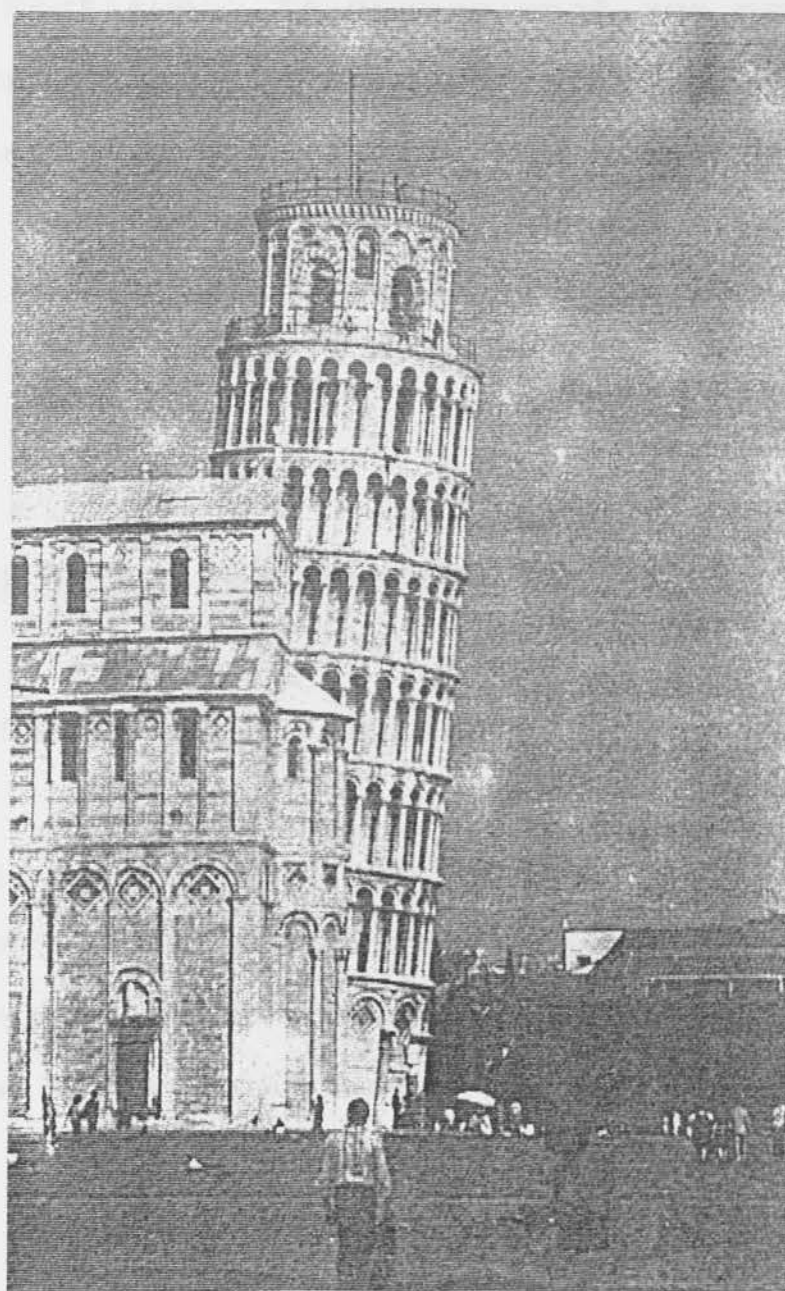
Αργότερα ο TERZAGHI (1925) δημοσίευσε το περίφημο σύγγραμμά του "Εδαφομηχανική", που αποτελεί το πραγματικό ξεκίνημα της σύγχρονης εδαφομηχανικής, γιατί προσφέρει νέο τρόπο αντιμετώπισης των προβλημάτων. Ακολούθησαν οι μελετητές HVORSLEY, SKEMPTON και BISHOP ενώ εξέχουσα φυσιογνωμία στην περιοχή της εδαφομηχανικής αποτελεί και ο PROCTOR (1933).

Από τη δεκαετία του 1970 παρατηρήθηκε ραγδαία εξέλιξη της εδαφομηχανικής με μία κοινή διαπίστωση: ότι αποτελεί ένα σύνολο ειδικών μεθόδων θεωρητικών ή εμπειρικών των οποίων η ανάπτυξη συνεχίζεται ολοένα με την πάροδο του χρόνου.

3. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Η εδαφομηχανική ασχολείται κυρίως με τη μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους, με στόχο τις εφαρμογές του πολιτικού μηχανικού. Για να κατασκευασθεί ένα δομικό έργο, χρειάζεται να αλλάξει η μορφή του εδάφους είτε με σκάψιμο, που δημιουργεί ορύγματα, είτε με μπάζωμα, που δημιουργεί επιχώματα.

Η νέα μορφή του εδάφους πρέπει να μπορεί να διατηρηθεί αμετάβλητη παρά τις δυσμενείς συνθήκες, που



Ο γνωστός πύργος της PISA (Πίζα), με την έντονη απόκλιση από την κατακόρυφη, που οφείλεται σε ανομοιόμορφη καθίζηση του εδάφους.

μπορεί να επικρατήσουν όπως πχ. αν το έδαφος υποστεί τα φορτία από τις κατασκευές ή από την κυκλοφορία οχημάτων ή αν βραχεί κτλ. Για να εξασφαλιστεί η ευστάθεια του εδάφους, πρέπει ο μελετητής και ο κατασκευαστής του

έργου να προβλέψουν τη συμπεριφορά του ανάλογα με τις συνθήκες, που μπορεί να παρουσιασθούν.

Βασικά όμως το αντικείμενο της εδαφομηχανικής είναι η εξέταση του εδάφους σαν φορέα δυνάμεων, η μελέτη δηλαδή της εντατικής κατάστασης λόγω της επιβολής φορτίων.

4. Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

4.1. Η Εδαφομηχανική και το έδαφος

Η Εδαφομηχανική είναι σχετικά πρόσφατη επιστήμη και η εξέλιξή της βασίζεται σε παρατηρήσεις που έγιναν και εξακολουθούν να γίνονται στις κατασκευές Πολιτικού Μηχανικού σε περιπτώσεις που η συμπεριφορά του φέροντα οργανισμού του συστήματος "κατασκευή - έδαφος" αστόχησε.

Η Επιστήμη της Εδαφομηχανικής αποτελεί την επέκταση της Επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού στη μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς του υλικού που ονομάζεται έδαφος και που προορίζεται πάντοτε να καταπονείται περισσότερο από κάθε άλλο υλικό που ενσωματώνεται στο σύστημα "κατασκευή - έδαφος".

Επρεπε να μελετηθούν πολλές περιπτώσεις αστοχιών για να γίνει οριστικά αντιληπτό ότι και το έδαφος είναι και αποτελεί δομικό υλικό, ανεξάρτητα από το αν

χρησιμοποιείται σε χωμάτινες κατασκευές όπως τα φράγματα και τα αναχώματα ή αν μεταφέρει φορτία από υπερκείμενες κατασκευές.

Υπάρχει όμως μία διαφορά μεταξύ του δομικού υλικού "έδαφος" και των άλλων δομικών υλικών. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι τα γνωστά υλικά της κατασκευής (σκυρόδεμα, χάλυβας, τούβλα κτλ.) κατασκευάζονται και ελέγχονται με πρότυπα και προδιαγραφές. Είναι δηλαδή τυποποιημένα, ενώ το έδαφος σαν υλικό είναι αδύνατο να τυποποιηθεί. Η φύση έχει δημιουργήσει ατέλειωτες ποικιλίες εδαφών και γι' αυτό σε κάθε περίπτωση κατασκευής το ελάχιστο που χρειάζεται είναι η συστηματική αναγνώριση - ταξινόμηση και στη συνέχεια - ανάλογα με τη μελέτη των άλλων δομικών υλικών - η μελέτη της μηχανικής του συμπεριφοράς στη συνεργασία "κατασκευή - έδαφος".

Η Εδαφομηχανική ενεργοποιείται στη φάση της μελέτης της κατασκευής και της πρόβλεψης της μελλοντικής συμπεριφοράς της, προκειμένου στη διάρκεια της ζωής της, η κατασκευή να είναι ευσταθής και έτσι να μην έχει ανάγκη από έξοδα συντηρήσεων, επισκευών ή και ανακατασκευών εξαιτίας βλαβών, ζημιών κτλ. από κακή συμπεριφορά ή αστάθεια.

Αξιοσημείωτο είναι ένα πλαίσιο γνωστών εργασιών και ενεργειών που γίνονται και όπου με τη συμβολή της εδαφομηχανικής περιορίζονται οι αστοχίες και πληθαίνουν οι επιτυχίες.



Ανοικτή και ανασφάλιστη εκοκαφή.

Στις πρώτες εργασίες υπάγεται η εκοκαφή χώρου θεμελίωσης η οποία και εγκυμονεί δυσκολίες ανάλογα με το χώρο, όπως πχ. εκοκαφή σε μαλακό έδαφος, ή όταν υπάρχουν υπόγεια νερά που πρέπει να απομακρυνθούν γιατί διαφορετικά θα έχει σαν αποτέλεσμα μία κατολίσθηση που θα έχει μία σειρά από ελαφρές ή σοβαρές συνέπειες, ή όταν η εκοκαφή γίνεται σε χώρο που περικλείεται από κτίσματα και με τυχαία περιστατικά και την προσθήκη των

συνθηκών βαρειάς κυκλοφορίας που επικρατούν στα αστικά κέντρα, θα αποτελέσει μεγαλύτερο κίνδυνο γιατί υποβαθμίζεται και η ευστάθεια των γειτονικών κατασκευών.

Σαφώς βέβαια δυσκολίες μπορούν να προκαλέσουν και άλλοι αστάθμητοι παράγοντες. Στην ιδανική περίπτωση η εκοκαφή μπορεί να γίνει σε χώρο ελεύθερο απ'όλες τις πλευρές με σκληρό έδαφος χωρίς προβλήματα.

Την εκοκαφή ακολουθεί η θεμελίωση της κατασκευής. Δύσκολες είναι οι στιγμές της "ταφής" όπου αρχίζουν να φαίνονται τα σφάλματα στη διάγνωση και στη θεραπεία δηλαδή στον τρόπο κατασκευής (μικρές ρηγματώσεις, αποκλίσεις της βάσης από την κατακόρυφη στάθμη, ρηγματώσεις από καθιζήσεις γύρω από την εκοκαφή, η παρατήρηση των ξυλοτυπάδων ότι "ξέφυγε το αλφάδι" και στη χειρότερη περίπτωση κάποια μεγαλύτερη ρωγμή που δεν σταματά με τίποτε). Στην ιδανική περίπτωση και πάλι το έδαφος όπου θα "καθίσουν" τα θεμέλια δείχνει γερό και ο υπεύθυνος με τα έμπειρα μάτια του κρίνει πως το έδαφος αντέχει και όλα είναι κανονικά.

Ακόμα και σήμερα το μέλημα για την μελέτη της συμπεριφοράς του συστήματος "κατασκευή - έδαφος" φορτώνεται στη συνείδηση και στην υπευθυνότητα αυτών που μελετούν και κατασκευάζουν.

Δεν είναι βέβαια λίγες οι περιπτώσεις όπου υπάρχουν δικαστικές υποθέσεις σχετικές με την αντίστοιχη ευθύνη των κατασκευαστών και των μηχανικών γι'αυτό άλλωστε και

η νομοθεσία βάσει στους κατασκευαστές σαφείς υποχρεώσεις σχετικά με τη μελέτη των συνθηκών που δημιουργεί η επέμβαση στο έδαφος (εκοκαφές, θεμελιώσεις κτλ.) σύμφωνα με τα άρθρα 91, 92 και 93 του Γ.Ο.Κ. 1985. Ειδικά στο άρθρο 92 αναφέρεται ότι απαιτείται εδαφολογική έρευνα όταν προβλέπονται μεγάλα φορτία και η αντοχή του εδάφους δεν είναι γνωστή. Ένας μεγάλος αριθμός κατασκευών θεωρείται "συνήθης" γιατί με λιγότερες ή περισσότερες διαφοροποιήσεις επαναλαμβάνεται (πχ. κατοικίες). Αυτός ο χαρακτηρισμός όμως μπορεί να είναι άτυχος και στην περίπτωση υψίκορφων κατασκευών που στα μεγάλα αστικά κέντρα έχουν συνήθως κοινό όριο, διαφορετικό χρόνο κατασκευής και σαν παράδειγμα η μεταγενέστερη προβλέπει βάθος θεμελίωσης μεγαλύτερο της προγενέστερης οπότε η βαθύτερη θεμελίωση της δεύτερης κατασκευής είναι δυνατό να επηρεάσει αρνητικά τη θεμελίωση της πρώτης. Ετσι διατυπώνεται η γνώμη ότι ο όρος "συνήθης" πρέπει να γίνεται αποδεκτός με πολύ μεγάλη περίσκεψη στο χαρακτηρισμό μίας θεμελίωσης. Η δαπάνη της εδαφολογικής έρευνας - όπως ήδη προαναφέρθηκε - είναι μεγέθους ίσου από 1 μέχρι 3% που προυπολογισμού του έργου, η οποία θεωρείται λογική γιατί αν μετά την εργασία της εδαφομηχανικής διατηρείται ο όγκος του έργου θεμελίωσης στο επίπεδο που βγήκε από τις αρχικές εκτιμήσεις, το όφελος εξασφαλίζεται από την αποφυγή δαπανών συντήρησης που δεν θα γίνουν στο μέλλον και που ενδεχομένως θα

ήταν μεγαλύτερα από 1 έως 3%. Αν πάλι τροποποιείται ο όγκος του έργου θεμελίωσης με μείωση σε σχέση με τις αρχικές εκτιμήσεις, το όφελος αυξάνει θεαματικά γιατί αποκλείονται μελλοντικές δαπάνες για ενισχύσεις, αποκαταστάσεις ζημιών, υποθεμελιώσεις και υποστηλώσεις.

Ετσι βγαίνει το ξεκάθαρο συμπέρασμα ότι η συμβολή της εδαφομηχανικής στην πληρότητα της μελέτης μίας κατασκευής - και ασφαλώς στην πληρότητα της υλοποίησής της - είναι όχι μόνο αναγκαία αλλά και μακροπρόθεσμα συμφέρει οικονομικά, ενώ παράλληλα με την εδαφοτεχνική έρευνα ο κατασκευαστής εξασφαλίζεται και έναντι της σημερινής Νομοθεσίας, όπου η παράλειψη μελέτης, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με βλάβες, ζημιές, ατυχήματα και αποζημιώσεις, κάθε άλλο παρά καλά αποτελέσματα προσιωνίζει.

5. Η ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

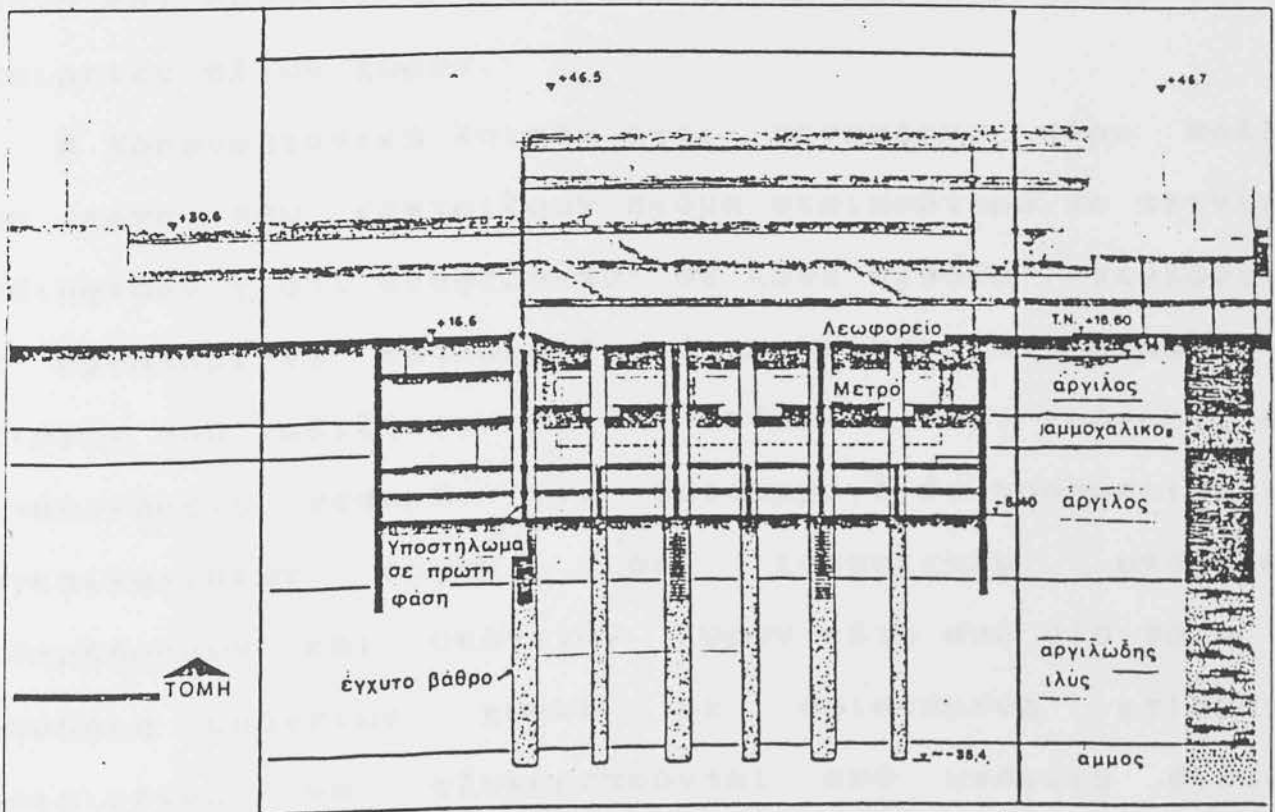
Η εφαρμογή της εδαφομηχανικής στη χώρα μας μπορεί να αναφερθεί ότι άρχισε ουσιαστικά κατά την 10ετία του '60, όπου δόθηκε η ευκαιρία σε ένα μικρό αριθμό Πολιτικών Μηχανικών να ειδικευθεί και να αναπτύξει αξιόλογη επιστημονική και τεχνική δραστηριότητα (μηχανικός και εργαστηριακός εξοπλισμός) στον τομέα αυτό ακόμα και έξω από τα σύνορα της χώρας. Η Ελληνική Εταιρεία Εδαφομηχανικής και θεμελιώσεων, εδρεύει στην

ήταν μεγαλύτερα από 1 έως 3%. Αν πάλι τροποποιείται ο όγκος του έργου θεμελίωσης με μείωση σε σχέση με τις αρχικές εκτιμήσεις, το όφελος αυξάνει θεαματικά γιατί αποκλείονται μελλοντικές δαπάνες για ενισχύσεις, αποκαταστάσεις ζημιών, υποθεμελιώσεις και υποστυλώσεις.

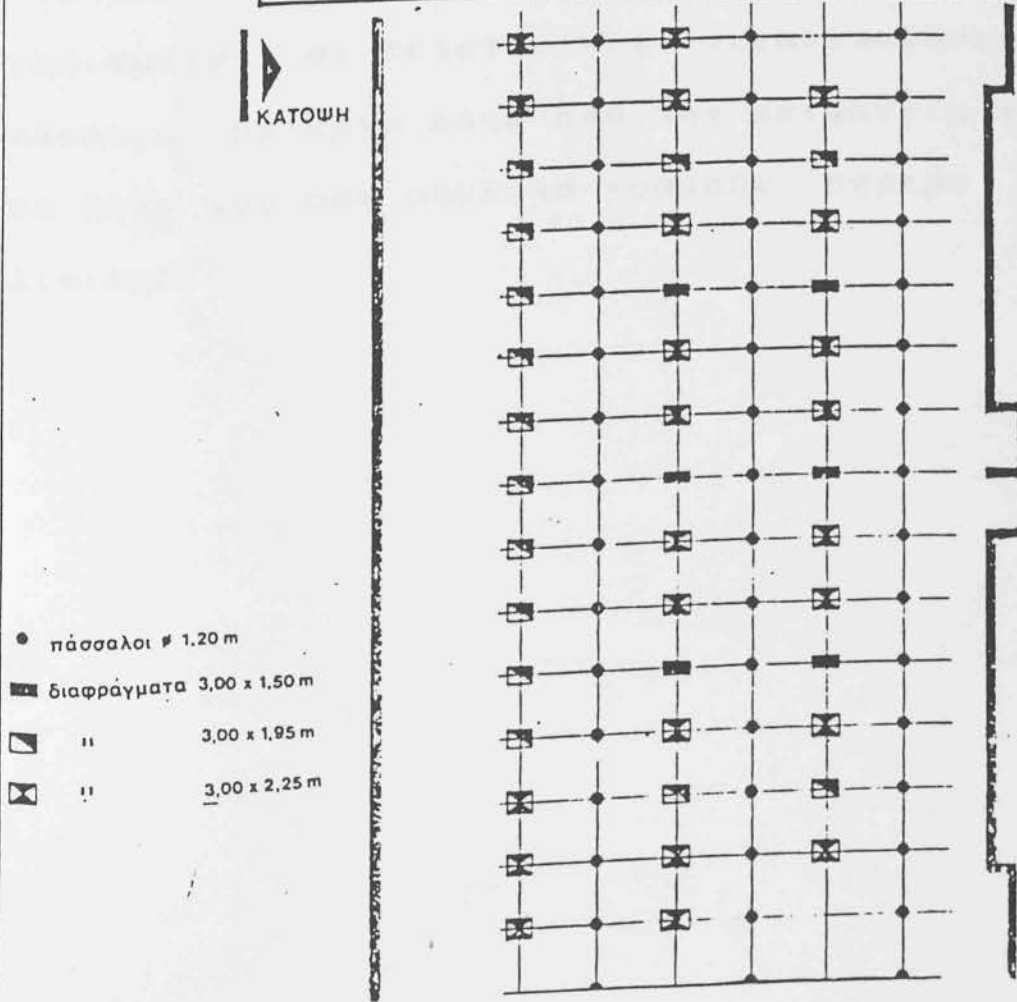
Έτσι βγαίνει το ξεκάθαρο συμπέρασμα ότι η συμβολή της εδαφομηχανικής στην πληρότητα της μελέτης μίας κατασκευής - και ασφαλώς στην πληρότητα της υλοποίησής της - είναι όχι μόνο αναγκαία αλλά και μακροπρόθεσμα συμφέρει οικονομικά, ενώ παράλληλα με την εδαφοτεχνική έρευνα ο κατασκευαστής εξασφαλίζεται και έναντι της σημερινής Νομοθεσίας, όπου η παράλειψη μελέτης, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με βλάβες, ζημιές, ατυχήματα και αποζημιώσεις, κάθε άλλο παρά καλά αποτελέσματα προσιωνίζει.

5. Η ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η εφαρμογή της εδαφομηχανικής στη χώρα μας μπορεί να αναφερθεί ότι άρχισε ουσιαστικά κατά την 10ετία του '60, όπου δόθηκε η ευκαιρία σε ένα μικρό αριθμό Πολιτικών Μηχανικών να ειδικευθεί και να αναπτύξει αξιόλογη επιστημονική και τεχνική δραστηριότητα (μηχανικός και εργαστηριακός εξοπλισμός) στον τομέα αυτό ακόμα και έξω από τα σύνορα της χώρας. Η Ελληνική Εταιρεία Εδαφομηχανικής και θεμελιώσεων, εδρεύει στην



ΚΑΤΩΨΗ

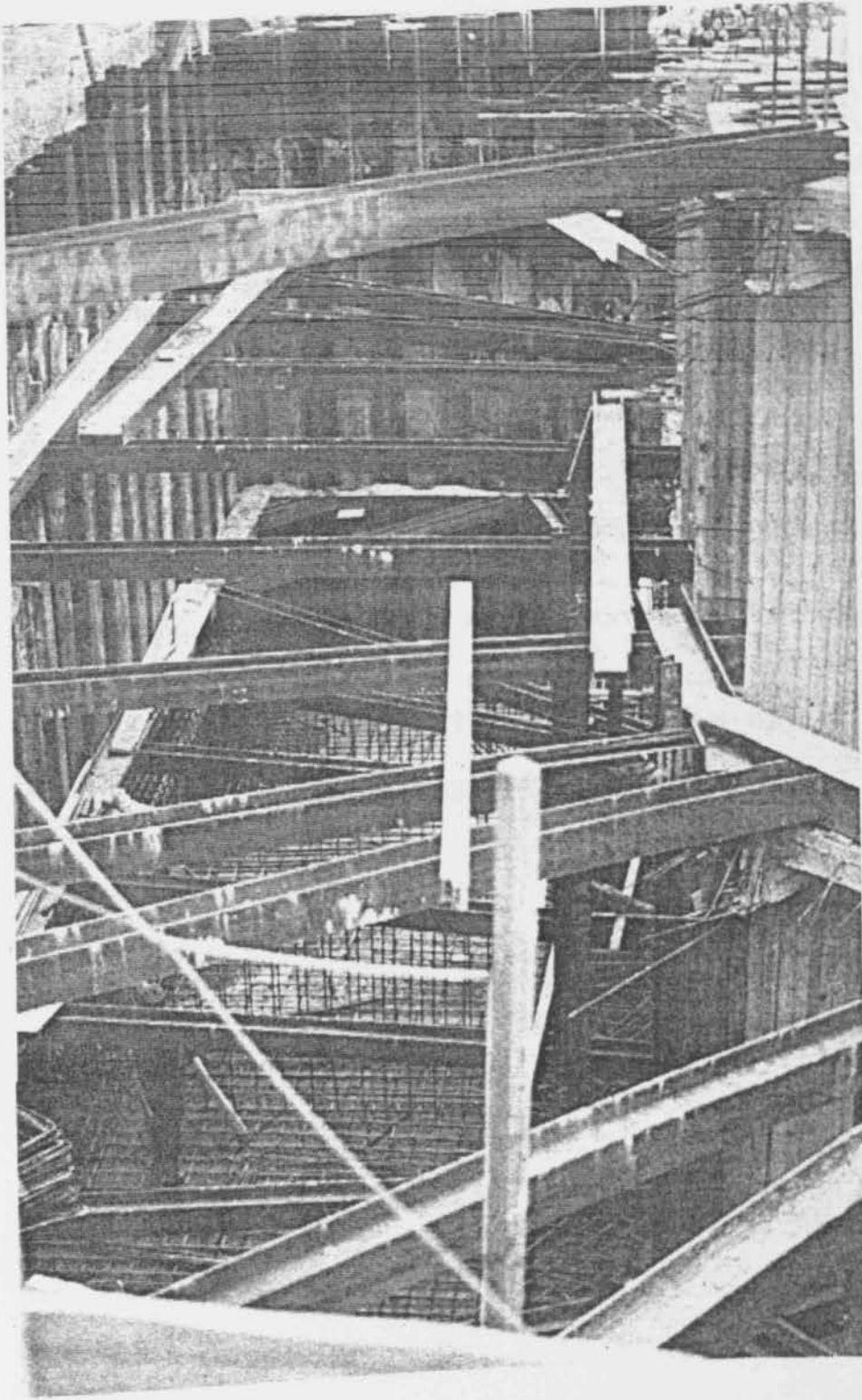


- πάσσαλοι \varnothing 1.20 m
- διαφράγματα 3,00 x 1,50 m
- ▣ " 3,00 x 1,95 m
- ⊠ " 3,00 x 2,25 m

Υπόγεια κατασκευή. θεμελιώσεις με πασσάλους.
 Σταθμός του Βορρά στις Βρυξέλλες. Τομή

Αθήνα και συνδέει τα μέλη της με ομόλογες επιστημονικές εταιρείες άλλων χωρών.

Η Εδαφομηχανική λοιπόν έχει προσφέρει πάρα πολλά στα έργα που κεντρίζουν ακόμα περισσότερο το τεχνικό ενδιαφέρον γιατί αναφέρονται σε κάθε είδους επεμβάσεις σε υφιστάμενες κατασκευές όπου είναι οι ανυψώσεις κτιρίων που καθιζάνουν με την πάροδο του χρόνου, οι μετακινήσεις γεφυρών για προσαρμογή σε τροποποιήσεις συγκοινωνιακών έργων, οι κατασκευές υπογείων σιδηρόδρομων και υπογείων χώρων κάτω από μία πόλη, η προσθήκη υπόγειων χώρων σε υφιστάμενα κτίσματα προκειμένου να εξυπηρετούνται από υπόγεια δίκτυα συγκοινωνιών, οι εκτεταμένες στεγανοποιήσεις μόνες ή σε συνδυασμό με έργα κάτω από την επιφάνεια του νερού και τόσα άλλα που σαν σύμβολα κοσμούν σήμερα τον τεχνικό πολιτισμό.



Εκκαφή με αντιστήριξη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Β Ε Λ Τ Ι Ω Σ Ε Ι Σ Τ Ο Υ Ε Λ Α Φ Ο Υ Σ
Θ Ε Μ Ε Λ Ι Ω Σ Η Σ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Όταν το έδαφος στην περιοχή του έργου ανήκει σε γεωλογικά νέους σχηματισμούς, προερχόμενο συνήθως από αποθέσεις και περιέχει σε μεγάλο ποσοστό οργανικά συστατικά, ο μηχανικός πρέπει να προσέξει ιδιαίτερα, επειδή τα εδάφη αυτού του είδους σχεδόν πάντα δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν στις εδαφοτεχνικές μας απαιτήσεις. Κοκκώδη (μη συνεκτικά) εδάφη με πολύ χαλαρή εναπόθεση και μαλακά συνεκτικά εδάφη παρουσιάζουν σημαντικές καθιζήσεις και περιορισμένη αντοχή. Τα εδάφη αυτά δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν ούτε να απομακρυνθούν ολοκληρωτικά για διάφορους λόγους, όχι μόνο οικονομικούς, και ο μηχανικός πρέπει να επιδιώξει να βελτιώσει τις εδαφομηχανικές τους ιδιότητες. Το είδος και η έκταση των μέτρων που θα εφαρμοστούν εξαρτώνται από το είδος του έργου και την επίδρασή του στο έδαφος. Γι'αυτό το λόγο άλλα μέτρα θα χρησιμοποιηθούν για αβαθείς θεμελιώσεις και θεμελιώσεις σε βάθος καθώς και για αναχώματα και φράγματα που καταπονούν περισσότερο και σε μεγαλύτερο βάθος το έδαφος, και άλλα για κυκλοφοριακά έργα οδούς, μεταφορικές ταινίες, πίστες αεροδρομίων, τα οποία έχουν

Βασικά επιφανειακή επίδραση στο έδαφος.

Όλα τα μέτρα βελτίωσης του εδάφους αποσκοπούν κατά βάση στη μείωση του δείκτη πόρων. Εκτός από την κύρια συνέπεια - περιορισμός ή και αποκλεισμός επιπλέον καθιζήσεων - και την βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους λόγω της αυξήσεως της διατμητικής αντοχής, προκαλείται σειρά ολόκληρη ευνοϊκών επιδράσεων. Πχ. μειώνεται η ικανότητα πρόσληψης του νερού, το έδαφος γίνεται περισσότερο αδιαπέρατο και κατά συνέπεια επιτυγχάνεται και ασφάλεια σε παγετό σε ορισμένο βαθμό.

Η ανάπτυξη της Εδαφομηχανικής και νέων δομικών μηχανημάτων παρέχουν την δυνατότητα εφαρμογής νέων μεθόδων θεμελιώσεων. Οι μελετητές και κατασκευαστές εκτός από τις γνώσεις Εδαφομηχανικής θα πρέπει να γνωρίζουν για τις φυσικές και για τις χημικές συνθήκες του εδάφους, καθώς και γνώση και ενημέρωση πάνω στα σύγχρονα δομικά μηχανήματα, ώστε να μπορούν πάντοτε να δώσουν ασφαλείς, άψογες και συγχρόνως οικονομικές λύσεις.

Αντίστοιχα προς τα είδη των έργων αναπτύχθηκαν σήμερα δύο περιοχές εφαρμογής των βελτιώσεων του εδάφους θεμελίωσης:

* Βελτιώσεις του εδάφους για κάθε είδους θεμελιώσεις

Μεθόδοι: Αντικατάσταση του εδάφους

Συμπύκνωση σε βάθος

Αποστράγγιση

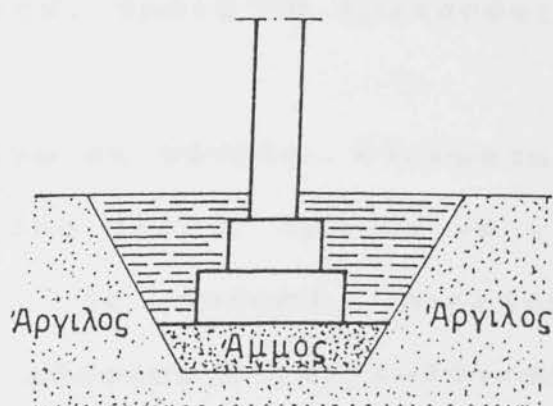
* Βελτιώσεις του εδάφους για τα συγκοινωνιακά έργα

Μεθόδοι: Επιφανειακή συμπύκνωση

Στερεοποίηση του εδάφους

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Σε ορισμένες περιπτώσεις συμφέρει αντί να βελτιώσουμε ένα ακατάλληλο έδαφος να το αφαιρέσουμε τελείως και να το αντικαταστήσουμε με κάποιο καλύτερο. Όταν πχ. το έδαφος θεμελιώσεως είναι μαλακή άργιλος ή μαλακός πηλός με υψηλή υγρασία και παρουσιάζει πολύ μεγάλες καθιζήσεις για σχετικά μικρά φορτία, μπορούμε να αφαιρέσουμε ένα στρώμα του και να το αντικαταστήσουμε με ένα στρώμα άμμου. Έτσι κάτω από το θεμέλιο μεσολαβεί ένα υπόστρωμα από άμμο, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Αντικατάσταση με άμμο ενός εδάφους με μικρή αντοχή, που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το θεμέλιο.

Το υπόστρωμα αυτό της άμμου που βρίσκεται κάτω από το θεμέλιο έχει αρκετή αντοχή για να παραλάβει τα φορτία του. Στην κάτω επιφάνεια αυτού του υποστρώματος οι αυξήσεις των πιέσεων είναι αρκετά μικρότερες, ώστε να είναι ανεκτές για το μαλακό έδαφος. Το πάχος του στρώματος υπολογίζεται ακριβώς έτσι, ώστε οι πιέσεις στην κάτω του επιφάνεια να μην ξεπερνούν τις ανεκτές πιέσεις για το αρχικό έδαφος. Το πάχος αυτό είναι συνήθως μερικά δέκατα του μέτρου.

Σκόπιμο είναι να γίνεται αντικατάσταση του εδάφους και όταν ένα έδαφος με πολύ μικρή αντοχή έχει από κάτω του έδαφος πολύ καλής ποιότητας, αλλά με ανώμαλη επιφάνεια. Μπορούμε τότε να αφαιρέσουμε το κακό έδαφος και να συμπληρώσουμε τις λακκούβες του καλού εδάφους με άμμο, ώστε να αποκτήσουμε ομαλή επιφάνεια για την έδραση του θεμελίου, χωρίς να χρειασθεί να σκάψουμε το οκληρό έδαφος.

Η θεμελίωση πάνω σε τέτοια στρώματα εδάφους, που έχει μεταφερθεί από αλλού, πρέπει να γίνεται μετά από προσεκτική μελέτη. Σε σοβαρά οικοδομικά έργα η αντικατάσταση του εδάφους είναι καλύτερο να γίνεται με οκυρόδεμα φτωχό σε τοιμέντο ή με λιθόδεμα.

Η τελευταία αυτή μέθοδος εφαρμόζεται και στην περίπτωση που βρίσκονται στην περιοχή των θεμελίων παλαιά πηγάδια, βόθρος και γενικότερα παλαιές εκοκαφές. Είτε αυτές έχουν επιχωματωθεί παλαιότερα είτε όχι. Οι παλαιές αυτές εκοκαφές πρέπει να αδειάζονται τελείως

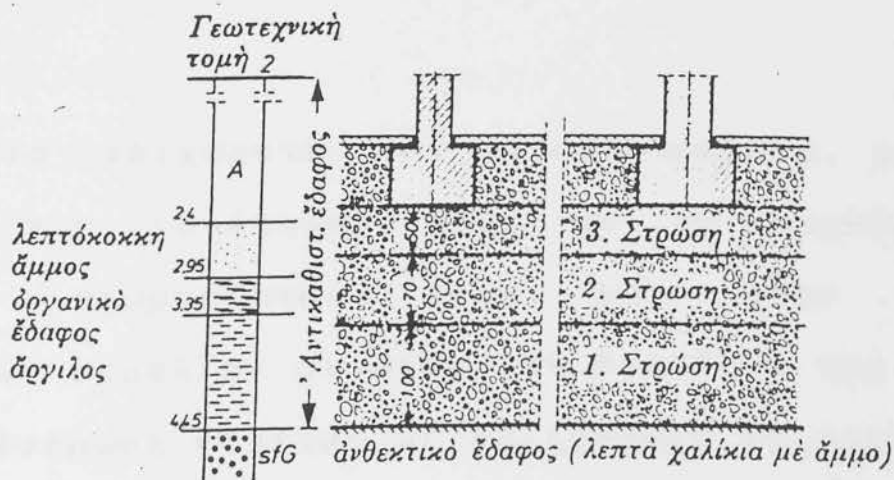
από τα επιχώματα σε όλο τους το βάθος ή τουλάχιστον σε βάθος διπλάσιο περίπου από το πλάτος των θεμελίων. Επειτα πρέπει να γεμίζονται με προσοχή με το σκυρόδεμα ή το λιθόδεμα και επάνω σε αυτό να στηρίζονται τα θεμέλια. Βέβαια είναι πολύ πιο οικονομικό να γεμίσουμε τις παλαιές εκκοκαφές με πέτρες και χώματα, αλλά τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να παρουσιασθούν μεγάλες καθιζήσεις και να προκαλέσουν στο έργο τέτοιες ζημιές ώστε να χρειασθούν πολύ μεγαλύτερες δαπάνες για την επισκευή τους από εκείνες που γλιτώσαμε κάνοντας μία μικρή οικονομία στα θεμέλια.

Όταν υπάρχει υπόγειο νερό, η αντικατάσταση του εδάφους γίνεται προβληματική επειδή πρέπει να συκρατηθούν τα νερά.

Στις περιπτώσεις αυτές καταφεύγουμε είτε σε ειδικά σκυροδέματα (πχ. έτοιμο σκυρόδεμα σε σάκκους - pre-packed), είτε προτιμούμε θεμελίωση σε βάθος. Αν κάτω από τον αρμό θεμελίωσης υπάρχει μόνο ένα σχετικά λεπτό στρώμα μαλακό, είναι δυνατό να αντικατασταθεί το έδαφος με σκυρόδεμα.

Το πλάτος του σκάμματος πρέπει να αντιστοιχεί περίπου στο πλάτος του θεμελίου.

Η βελτίωση γίνεται πολύ ευκολότερα, όταν τα φορτία είναι δυναμικά. Μπορούν τότε να εφαρμόζονται διαδοχικά σε μικρές επιφάνειες, ώστε να προκαλούν σημαντικές πιέσεις στο έδαφος, χωρίς να χρειάζεται να είναι εξαιρετικά μεγάλα. Η εφαρμογή των φορτίων μπορεί να



Αντικατάσταση εδαφικών στρώσεων περιορισμένης φέρουσας ικανότητας.

γίνει με τρεις κυρίως τρόπους:

- * Κοπάνισμα (τύπανση)
- * Δόνηση
- * Κυλίνδρωση

Το κοπάνισμα μπορεί να γίνει με το χέρι με ειδικούς κοπάνους (τυπάδες) σήμερα όμως χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανικοί κόπανοι, βενζιλοκίνητοι ή πετρελαιοκίνητοι.

Η δόνηση γίνεται πάντοτε με μηχανικό δονητή. Με τη δόνηση οι τριβές, που υπάρχουν ανάμεσα στους κόκκους του εδάφους και τους συγκρατούν στις θέσεις τους, εξουδετερώνονται. Το ίδιο βάρος των κόκκων τότε προκαλεί την μετακίνησή του προς νέες θέσεις με πιο ευσταθή ισορροπία. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα κενά, λιγοστεύουν και το έδαφος συμπυκνώνεται.

Με την κυλίνδρωση του εδάφους τα φορτία εφαρμόζονται λιγότερο απότομα, δεν έχουν δηλαδή τόσο δυναμικό χαρακτήρα, όπως τα προηγούμενα, μπορούν όμως να είναι πολύ μεγαλύτερα. Η κυλίνδρωση εφαρμόζεται

γενικά στα επιχώματα και τα οδοστρώματα, με σκοπό να βελτιώσει τις ιδιότητές τους με τη συμπύκνωση που προκαλεί, εφαρμόζεται όμως και στην περίπτωση εκτεταμένων θεμελίων με σκοπό τη βελτίωση του εδάφους.

Η κυλίνδρωση γίνεται με κυλίνδρους χειροκίνητους ή μηχανοκίνητους που λέγονται οδοστρωτήρες. Μπορούμε να πετύχουμε καλή συμπύκνωση του εδάφους όταν η επιφάνεια των κυλίνδρων δεν είναι ομαλή αλλά έχει προεξοχές (κατοικοπόδαρα) που εισχωρούν στο έδαφος και έτσι δεν αναπτύσσονται μόνο κατακόρυφες πιέσεις αλλά και οριζόντιες και δίνουν καλύτερο αποτέλεσμα συμπύκνωσης.

3. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΣΕ ΒΑΘΟΣ

Στην περίπτωση που οι αντοχές των εδαφικών στρώσεων είναι χαμηλές τότε απαιτούνται αυξημένες διαστάσεις θεμελίων. Έτσι όμως αυξάνεται το βάθος κατά το οποίο καταπονείται το έδαφος λόγω των τάσεων έδρασης, οι οποίες μηδενίζονται σε βάθη δύο ή τρεις φορές το πλάτος του θεμελίου.

Αν η εδαφική στρώση πάνω στην οποία θα θεμελιώσουμε δεν είναι κατάλληλη να αντέξει αυτές τις καταπονήσεις και έχει αρκετό πάχος, τότε αναπόφευκτα θα προκληθούν

καθιζήσεις που δύσκολα μπορεί να δεχθεί η ανωδομή. Εφόσον δεν χρησιμοποιηθεί κάποια μορφή θεμελίωσης σε βάθος, λύση μόνο μπορούμε να δώσουμε με την βελτίωση του εδάφους θεμελίωσης με συμπύκνωση και μάλιστα μέχρι το κατάλληλο βάθος που χρειάζεται.

Η βελτίωση του εδάφους θεμελιώσεως με συμπύκνωση σε βάθος έχει σκοπό να μειωθούν τα κενά, που υπάρχουν στη μάζα του εδάφους, ώστε οι παραμορφώσεις να είναι μικρότερες για την ίδια αύξηση των πιέσεων. Μπορούμε να πετύχουμε τη μείωση των κενών, είτε αν αναγκάσουμε τους κόκκους του εδάφους να πλησιάσουν ο ένας με τον άλλο, είτε αν ανάμεσα στους κόκκους εισδύουν άλλα υλικά και γεμίσουν ένα μέρος από τα κενά αυτά.

Στα χαλαρά εδάφη είναι εύκολο να αναγκάσουμε τους κόκκους να πλησιάσουν ο ένας με τον άλλο, αν επιβάλλουμε στο έδαφος κατάλληλα στατικά φορτία για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Ο πιο απλός τρόπος να επιβάλλουμε τέτοια φορτία είναι να συγκεντρώσουμε όλα τα δομικά υλικά, που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του έργου, πάνω στο τμήμα του εδάφους, που χρειάζεται βελτίωση. Ο τρόπος αυτός δεν είναι πρακτικός τουλάχιστον για σημαντικά έργα, γιατί χρειάζεται να συγκεντρωθούν μεγάλες ποσότητες υλικών, παρουσιάζονται φθορές και απώλειες υλικών, ενώ τελικά τα αποτελέσματα είναι μέτρια και δεν επιτυγχάνονται γρήγορα.

4. ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ

Στα μαλακά συνεκτικά ή οργανικά εδάφη τα εκτεταμένα φορτία της ανωδομής όπως αναχώματα, επιχώσεις, δεξαμενές πετρελαίου κα. - παράγουν πιέσεις στο νερό των πόρων, οι οποίες μειώνονται με πολύ αργό ρυθμό εξαιτίας της περιορισμένης διαπερατότητας αυτών των εδαφών. Οι καθιζήσεις αυτές είναι σημαντικές και αναπτύσσονται μετά από χρόνια.

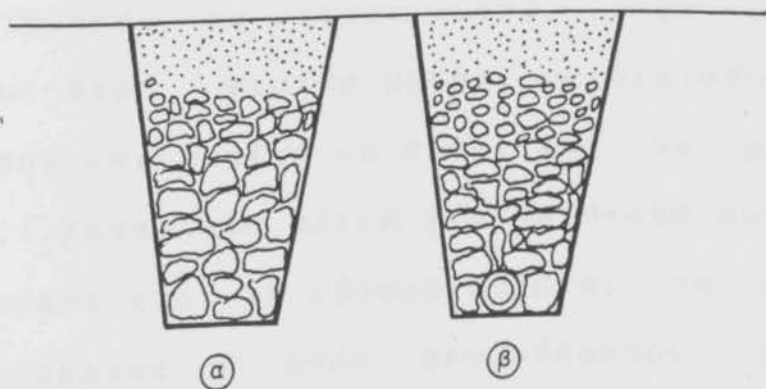
Τα συνεκτικά εδάφη χρειάζονται βελτίωση όταν παρουσιάζουν μικρή αντοχή και μεγάλες καθιζήσεις. Επειδή η μείωση της πίεσης του νερού των πόρων και συνεπώς και η ταχύτητα ανάπτυξης των συνολικών καθιζήσεων εξαρτώνται από τη διαπερατότητα του εδάφους και τον δρόμο εκροής που πρέπει να διατρέξει το νερό, η λύση του προβλήματος βρίσκεται στη βελτίωση αυτών ακριβώς των ιδιοτήτων. Οι χρόνοι των καθιζήσεων μειώνονται σημαντικά με την εγκατάσταση κατακόρυφων στραγγιστηρίων σε μικρές αποστάσεις, τα οποία προσφέρουν στο υπό πίεση νερό τον συντομότερο δρόμο εκροής και μέσω αυτών το νερό μπορεί να φτάσει στις ανώτερες ή κατώτερες στρώσεις μεγαλύτερης διαπερατότητας.

Συνήθως με αυτόν τον τρόπο οι καθιζήσεις παίρνουν την τελική τους τιμή σε ένα χρόνο.

Τα συνεκτικά εδάφη περιέχουν ψηλό ποσοστό υγρασίας και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυσμενή

προβλήματα όπως μεταβολή με τον καιρό τόσο η αντοχή όσο και ο όγκος των εδαφών αυτών. Βελτίωση λοιπόν ή μάλλον εξυγίανση αυτών των εδαφών μπορούμε να πετύχουμε μόνο, όταν περιορίσουμε την υγρασία τους και εξασφαλίσουμε ότι θα μείνει πάντα χαμηλή. Αυτό γίνεται με την αποστράγγιση του εδάφους.

Για να αποστραγγίσουμε το έδαφος, κατασκευάζουμε ένα σύστημα αυλακιών με μεγάλο βάθος μέσα και γύρω από την περιοχή της θεμελιώσεως, που τα γεμίζουμε με πέτρες και χαλίκια. Τα αυλάκια αυτά λέγονται στραγγιστήρια. Στον πυθμένα τους μπορούμε να τοποθετήσουμε και μία σωλήνωση με ανοικτούς αρμούς, ώστε να συγκεντρώνονται σε αυτή τα νερά, που θέλουμε να απομακρυνθούν. Ο πυθμένας των στραγγιστηρίων πρέπει να έχει μία μικρή κλίση για να φεύγει το νερό.



Στραγγιστήρια: α) Απλό β) Με σωλήνωση με ανοικτούς αρμούς.

Το νερό των στραγγιστηρίων πρέπει κάπου να καταλήγει, επομένως τα αυλάκια πρέπει να βγαίνουν στην

επιφάνεια του εδάφους ή να καταλήγουν σε κάποιο υποδοχέα (υπόνομο, ποτάμι, λίμνη, θάλασσα). Βέβαια θα μπορούσε κανείς να αντλεί το νερό των στραγγιστηρίων, αλλά αυτή η λύση δεν είναι καλή, γιατί η ασφάλεια του έργου θα στηρίζεται στη λειτουργία των αντλιών. Αν δηλαδή σταματήσει για οποιοδήποτε λόγο η λειτουργία των αντλιών υπάρχει κίνδυνος να χαλάσει και πάλι η ποιότητα του εδάφους.

5. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΜΕ ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΣΑ

Ενας άλλος τρόπος, για να πετύχουμε τη βελτίωση του εδάφους είναι να συμπληρώσουμε τα κενά του με ένα κατάλληλο υλικό, που να έχει τις ιδιότητες κόλλας. Το υλικό αυτό πρέπει να είναι υγρό, όταν φθάνει στην τελική του θέση, για να μπορεί να διεισδύσει ανάμεσα στους κόκκους και έπειτα να πήζει και να μετατρέπεται σε στερεό. Κατάλληλο υλικό για το σκοπό αυτό είναι το τσιμεντό, γιατί έτσι το έδαφος παίρνει τη μορφή ενός τσιμεντοκονιάματος ή ενός σκυροδέματος, δηλαδή ενός υλικού με πολύ μεγαλύτερη αντοχή.

Άλλο κατάλληλο υλικό είναι το πυριτικό νάτριο (υδρύαλος). Στο έδαφος εισχωρεί με τη μορφή διαλύματος, που περιέχει και χλωριούχο ασβέστιο, και όταν πήξει, γίνεται ένα υλικό πολύ συγγενικό με το γυαλί. Υπάρχουν και άλλα παρόμοια υλικά πχ. το AM-9 (μίγμα από

ακρυλαμίδη και μεθυλενοδιοακρυλαμίδη), που προστατεύονται από διπλώματα ευρεσιτεχνίας. Η πρόοδος της Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας και ιδιαίτερα της τεχνολογίας των πλαστικών έχει προσφέρει, και είναι βέβαιο ότι θα προσφέρει, πολλά υλικά με ιδιότητες κατάλληλες για το σκοπό αυτό.

Υπάρχουν και περιπτώσεις, που το έδαφος μπορεί να βελτιωθεί, αν του προσθέσουμε άργιλο. Αυτό γίνεται κυρίως, όταν τα εδάφη είναι πολύ χαλαρά, για να αποκτήσουν κάποια συνεκτικότητα. Πρέπει πάντως να σημειώσουμε ότι μία τέτοια βελτίωση δεν έχει ως κύριο σκοπό να αυξηθεί η αντοχή του εδάφους, αλλά να περιορισθεί η υδροπερατότητά του. Γι' αυτό κατά κανόνα εφαρμόζεται σε θεμελιώσεις φραγμάτων ή παρομοίων έργων.

Τέλος το έδαφος βελτιώνεται, αν του προσθέσουμε κάποιο ασφαλικό υλικό ή γενικότερα κάποιο υλικό από την οικογένεια των πετρελαιοειδών.

Θεωρούμε ότι η βελτίωση του εδάφους με τους τρόπους που αναφέραμε γίνεται με χημικά μέσα, επειδή, όταν τα υλικά που προσθέτουμε στο έδαφος πήζουν, συντελούνται ορισμένες χημικές αντιδράσεις, όπου άλλοτε συμμετέχει το έδαφος και άλλοτε όχι. Εν τούτοις η βελτίωση είναι κυρίως μηχανική, αφού στηρίζεται στη συμπλήρωση των κενών και στην αύξηση της συνάφειας μεταξύ των κόκκων του εδάφους.

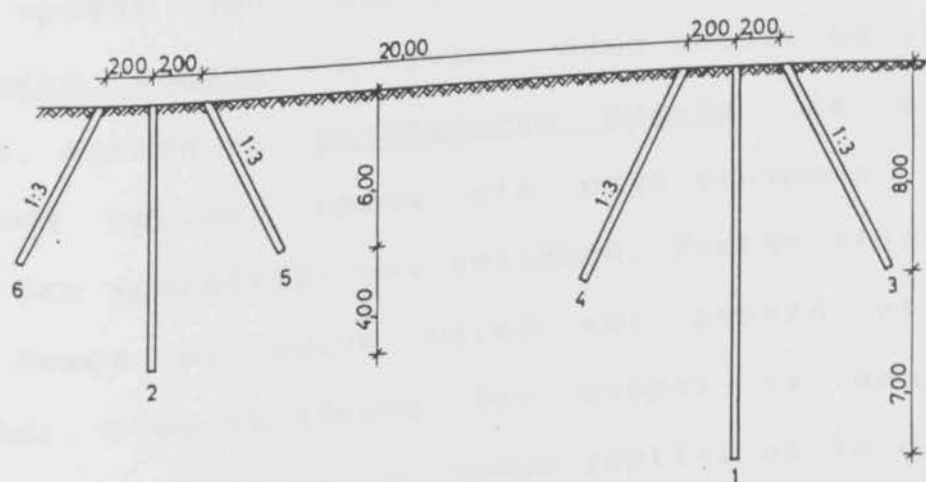
Τα υλικά για τη βελτίωση του εδάφους, ιδιαίτερα το τσιμέντο και η άσφαλτος, μπορούν να προστεθούν

επιφανειακά. Το έδαφος αναροχλεύεται και θρυμματίζεται στο βάθος που θέλουμε με ένα κατάλληλο μηχάνημα και ρίχνεται το υλικό που θα το βελτιώσει. Επειτα με κατάλληλα πάλι μηχανήματα υλικό και έδαφος ανακατεύονται, διαστρώνονται και κυλινδρώνονται. Με τον τρόπο αυτό η βελτίωση του εδάφους περιορίζεται σε πολύ μικρό βάθος και γι' αυτό δεν εφαρμόζεται συνήθως στις θεμελιώσεις, αλλά περισσότερο στην οδοποιία.

Ο συνηθισμένος τρόπος, για να προσθέσουμε στο έδαφος το υλικό που θα το βελτιώσει, είναι οι ενέσεις, που ανάλογα με το υλικό τις λέμε τοιμεντενέσεις, αργιλενέσεις κ.ο.κ. Για να γίνει μία ένεση, πρέπει πρώτα να ανοιχθεί μία κυλινδρική τρύπα με ένα γεωτρύπανο. Το μήκος και η διεύθυνση της τρύπας καθορίζονται από τη μελέτη του έργου. Όταν οι ενέσεις γίνονται σε χαλαρά ή γενικότερα σε ασταθή εδάφη, όσο προχωρεί η γεώτρηση, προχωρεί και ένας μεταλλικός σωλήνας, που ντύνει την τρύπα και δεν αφήνει το έδαφος να την ξαναγεμίσει, μόλις βγει το στέλεχος του γεωτρύπανου. Επειδή ενέσεις γίνονται και σε βράχους, με σκοπό να γεμίσουν διάφορες ρωγμές και άλλα κενά και έτσι να αυξηθεί η αντοχή τους ή με σκοπό να στεγανοποιηθούν, τότε βέβαια η σωλήνωση είναι περιττή.

Οι λεπτομέρειες για την εκτέλεση των ενέσεων διαφέρουν από τη μία περίπτωση στην άλλη και κυρίως από το ένα υλικό στο άλλο. Γενικά υπάρχει μία αντλία, για να διοχετεύει το υλικό, που έχει τη μορφή διαλύματος,

γαλακτώματος ή πολτού, μέσα από ακατάλληλες σωληνώσεις με πίεση ως το βάθος της γεωτρήσεως. Όταν το έδαφος δεν μπορεί πια να απορροφήσει άλλο υλικό, τραβάμε λίγο προς τα πάνω το σωλήνα τροφοδοτήσεως, αλλά και το σωλήνα επενδύσεως, αν υπάρχει, ώστε το υλικό να φθάσει στα πιο πάνω στρώματα του εδάφους. Η εργασία συνεχίζεται με αυτόν τον τρόπο, ώσπου να εμποτιστούν όλα τα στρώματα του εδάφους που προβλέπει η μελέτη. Η μελέτη για τη βελτίωση του εδάφους συνοδεύεται και από σχέδια που δείχνουν τον αριθμό, το μήκος, την κατεύθυνση και τη σειρά προτεραιότητας των ενέσεων.



Σχηματικό διάγραμμα για την εκτέλεση των τοιμεντενέσεων

Η αντλία μπορεί να στέλνει το σταθεροποιητικό υλικό μέσα στη γεώτρηση χωρίς διακοπή, μπορεί όμως και να σταματάει κάθε φορά, που αλλάζει η θέση, όπου καταλήγει ο τροφοδοτικός σωλήνας. Επίσης η σύνθεση του υλικού και

η πίεσή του μπορεί να μένουν σταθερές ή να αλλάζουν. Συγκεκριμένα στις τοιμεντενέσεις ο τοιμεντοπολιτός γίνεται πιο πυκνός, ενώ η πίεσή του μικραίνει, όσο η ένεση προχωρεί προς τα ανώτερα στρώματα. Ετσι στα κατώτερα στρώματα η βελτίωση του εδάφους δεν είναι τόσο έντονη, αλλά επεκτείνεται σε μεγάλη έκταση, επειδή ακριβώς και οι αυξήσεις των πιέσεων στα στρώματα αυτά είναι μικρότερες, αλλά επηρεάζουν μία πιο φαρδιά περιοχή. Με άλλα λόγια η βελτίωση του εδάφους παίρνει ένα σχήμα παρόμοιο με το σχήμα του βολβού των πιέσεων, που προκαλεί το θεμέλιο.

Ο τρόπος που περιγράψαμε λέγεται ένεση με ανερχόμενα βήματα. Η ένεση όμως μπορεί να γίνει και κατερχόμενα βήματα. Σε αυτή την ανάποδα, δηλαδή με κατερχόμενα βήματα. Σε αυτή την περίπτωση κάνουμε πρώτα μία ρηχή γεώτρηση, που κατά κανόνα δεν χρειάζεται και επένδυση. Επειτα γίνεται μία πρώτη ένεση με πυκνό υλικό και χαμηλή πίεση, που σταματάει, όταν το έδαφος δεν μπορεί να απορροφήσει άλλο υλικό. Βεβαίως η τρύπα γεμίζει με το υλικό και χρειάζεται να ξανοιχτεί με το γεωτρύπανο, που προχωρεί τώρα λίγο βαθύτερα. Ακολουθεί μία δεύτερη ένεση με υλικό λίγο αραιότερο και πίεση λίγο μεταλύτερη. Επειτα η γεώτρηση ανοίγεται και πάλι και προχωρεί ακόμα βαθύτερα. Ακολουθεί τρίτη ένεση, πάλι γεώτρηση κοκ, ώπου το υλικό να φθάσει στο βάθος, που προβλέπεται στη μελέτη. Το υλικό γίνεται συνεχώς αραιότερο και η πίεση μεγαλώνει.

Το έδαφος μπορεί να βελτιωθεί και με καθαρά χημικές μεθόδους. Μία από αυτές είναι η ηλεκτροχημική, όπου μπήγουμε στο έδαφος δύο ηλεκτρόδια με διαφορά τάσεως. Το νερό, που περιέχεται μέσα στο έδαφος και περιέχει πάντοτε σε διάλυση ορισμένους ηλεκτρολύτες (άλατα, οξέα κλπ.) μετακινείται φεύγοντας από το ένα ηλεκτρόδιο και συγκεντρώνεται κοντά στο άλλο. Έτσι το έδαφος αποστραγγίζεται και συμπυκνώνεται. Πάντως μέθοδοι καθαρώς χημικές σπάνια εφαρμόζονται στην κατασκευή των έργων, γιατί ακόμα βρίσκονται στο στάδιο των εργαστηριακών ερευνών.

Τέλος πρέπει να τονίσουμε ότι γενικά η βελτίωση του εδάφους με σκοπό τη θεμελίωση ενός έργου σπάνια πραγματοποιείται με χημικές μεθόδους. Η βελτίωση αυτού του είδους μπορεί να αυξάνει την αντοχή, κυρίως όμως αυξάνει τη στεγανότητα του εδάφους και ακριβώς γι'αυτό εφαρμόζεται συχνότερα σε φράγματα, σε σήραγγες, σε μεταλλεία κλπ.

6. ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΛΑΦΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ: JET GROUTING

6.1. Γενικά

Οι εξελίξεις στον τομέα των κατασκευών και η εκτέλεση έργων μεγάλης έκτασης με πολλά συγκεντρωμένα

φορτία στη θεμελίωση τα οποία απορροφούν τεράστια κεφάλαια, αναπόφευκτα υπαγορεύουν μεγάλους συντελεστές ασφαλείας. Οι συντελεστές αυτοί εξασφαλίζονται κυρίως από την αντοχή του εδάφους στο τμήμα της κατασκευής που αντιπροσωπεύει η θεμελίωση. Έτσι, οι συνθήκες επιβάλλουν είτε την αναζήτηση συγκεκριμένων εδαφικών χαρακτηριστικών σε μεγάλο βάθος είτε την εφαρμογή μεθόδων βελτίωσης των εδαφών με μηχανικά μέσα .



Μία από τις μεθόδους βελτίωσης των χαρακτηριστικών του εδάφους είναι και η μέθοδος εμποτισμού με μίγμα τσιμέντου με εκτόξευση JET GROUTING (γνωστή με τον αγγλικό τεχνικό όρο τζετ γκράουτινγκ).

Η μέθοδος JET GROUTING αντιπροσωπεύει μία από τις τελευταίες εξελίξεις στο θέμα της βελτίωσης των χαρακτηριστικών του εδάφους και ιδιαίτερα της αντοχής και της διαπερατότητας του. Η αντοχή αυτή αναφέρεται σε θλίψη δοκιμίου που πάρθηκε από το έδαφος, με ελεύθερη την πλευρική επιφάνεια. Η διαπερατότητα εκφράζει την δυνατότητα ροής του νερού μέσα στο εδαφικό στρώμα.

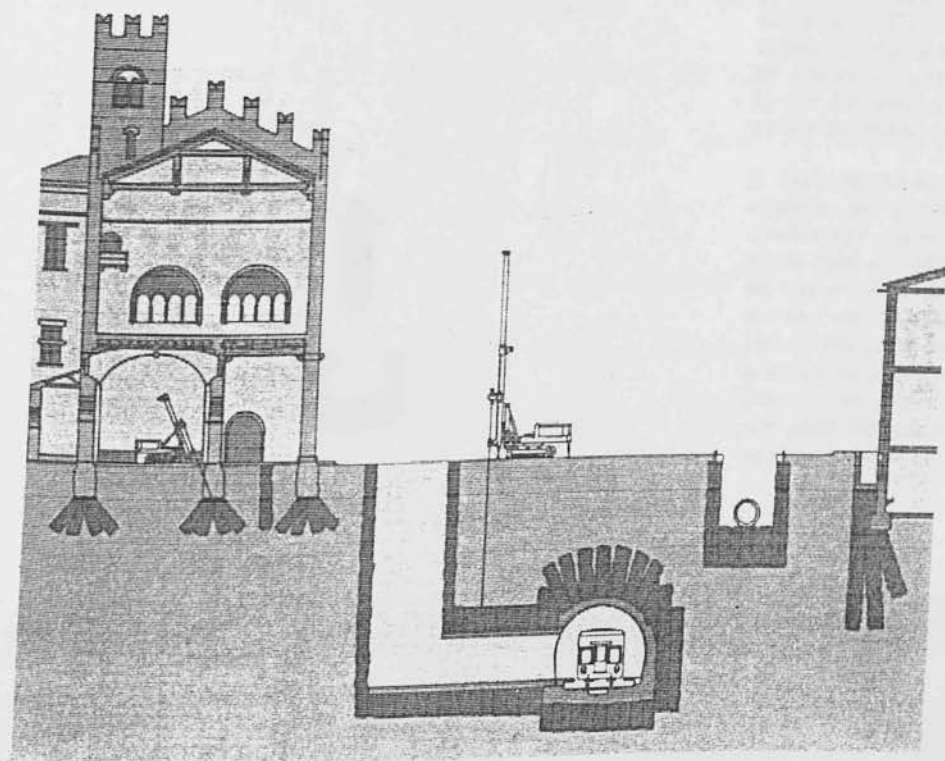
Με τη μέθοδο JET GROUTING το έδαφος αναμιγνύεται απευθείας με μίγματα συνδετικών υλικών όπως είναι το τσιμέντο, η ιπτάμενη τέφρα κα.

Τα μίγματα αυτά εκτοξεύονται με υψηλότερες πιέσεις ώστε να εξασφαλίζεται μία συνεχής και ομογενής βελτίωση του υπεδάφους χωρίς κινδύνους μόλυνσης του.

Με τις τελευταίες αναπτύξεις της μεθόδου, μπορεί να εξασφαλιστεί δυνατότητα επέμβασης σε μία πολύ μεγάλη ποικιλία εδαφών που μπορεί να είναι αργιλικά, με κάλικες ή και με κροκάλες. Είναι δηλαδή μία μέθοδος ευέλικτη που παρέχει πολλές δυνατότητες εφαρμογής, σε αντίθεση με άλλες λύσεις, όπως το πάγωμα των εδαφών, ή η εγκατάσταση πλαστικών διαφράγματα κτλ. που μπορούν να εφαρμοστούν με προϋποθέσεις.

Το πάγωμα των εδαφών επιτυγχάνεται με την υστεροκρυστάλλωση του νερού των πόρων του εδάφους με

αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση. Τα πλαστικά διαφράγματα είναι άοπλα ή οπλισμένα τοιχεία που έχουν ως στόχο τη στεγανοποίηση του χώρου της θεμελίωσης.



Οι ποικίλες δυνατότητες εφαρμογής της μεθόδου εμποτισμού με εκτόξευση εκτείνονται σε μεγάλο φάσμα έργων όπως είναι:

* Η ενίσχυση θεμελίων υφιστάμενου κτιρίου που γίνεται με τρύπημα του πεδίου και εκτόξευση με πίεση μίγματος συνδετικών υλών για ενίσχυση της αντοχής του εδάφους.

Η σταθεροποίηση του εδάφους γύρω από την επιφάνεια της σήραγγας.

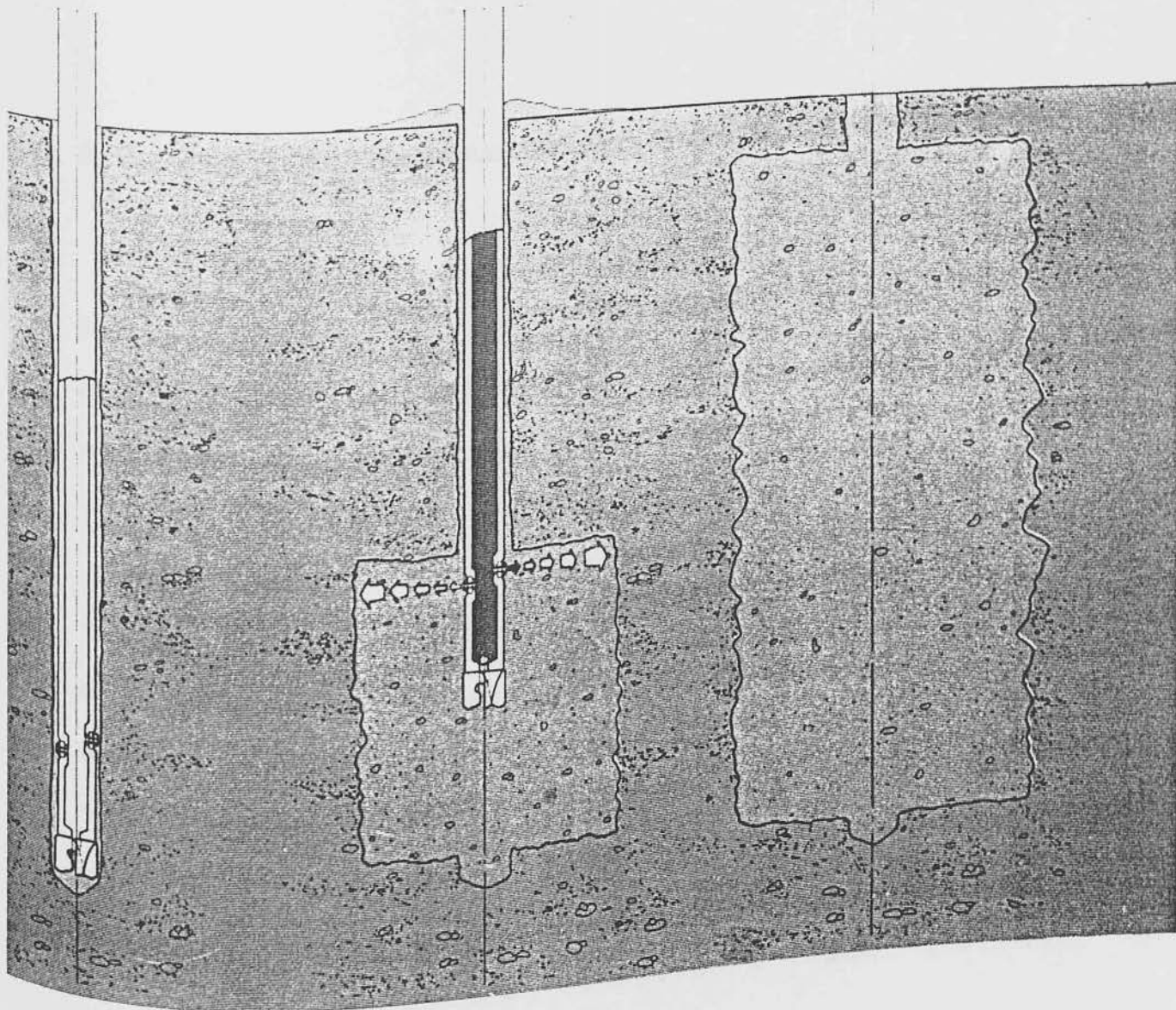
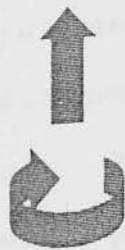
Η αντιστήριξη εδαφών σε περίπτωση εκοκαφής τάφρου για αγωγό.

Ως προς την εφαρμογή της μεθόδου JET GROUTING έχουν

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ ΑΠΛΟ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟ

1. Διάτρηση του υπεδάφους μέχρι το προβλεπόμενο βάθος. Γίνεται με περιστρεφόμενη κεφαλή για εδάφη αμμώδη και αργιλώδη, και με υδραυλική σφύρα και περιστροφή σε εδάφη με χάλικες και κροκάλες. Η διάτρηση γίνεται με ταυτόχρονη συμπίεση νερού.

2. Ελεγχόμενη άνοδος του μηχανήματος με εκτόξευση του διασυνδετικού μίγματος υπό υψηλή πίεση (500 ως 600 ατμόσφαιρες). Με την περιστροφή και άνοδο του σωλήνα και ανάμιξη του συνδετικού υλικού με το υλικό του υπεδάφους γύρω απ' το γεωτρήπανο δημιουργείται μια κυλινδρική στερεή μάζα διαμέτρου 53 ως 80 εκ. που σταθεροποιεί το έδαφος.



επικρατήσει σήμερα δύο διαδικασίες:

* Η πρώτη βασίζεται στην απλή εκτόξευση με πίεση ρευστού υλικού και ανάμιξη με το ίδιο το υπέδαφος σε πίεση 500 ως 600 ατμοσφαιρών. Η διάτρηση γίνεται με περιστροφικό ή και ταυτόχρονα κρουστικό γεωτρύπανο ειδικής μορφής για την εφαρμογή του JET GROUTING. Το τρύπημα υποβοηθείται με τη συμπίεση νερού με υψηλή πίεση κατά τη διάτρηση. Οι επιθυμητές αντοχές και το είδος της κατασκευής θα δώσουν μέτρο για το πόσες διατρήσεις και εμποτισμοί θα γίνουν σε ένα υπέδαφος.

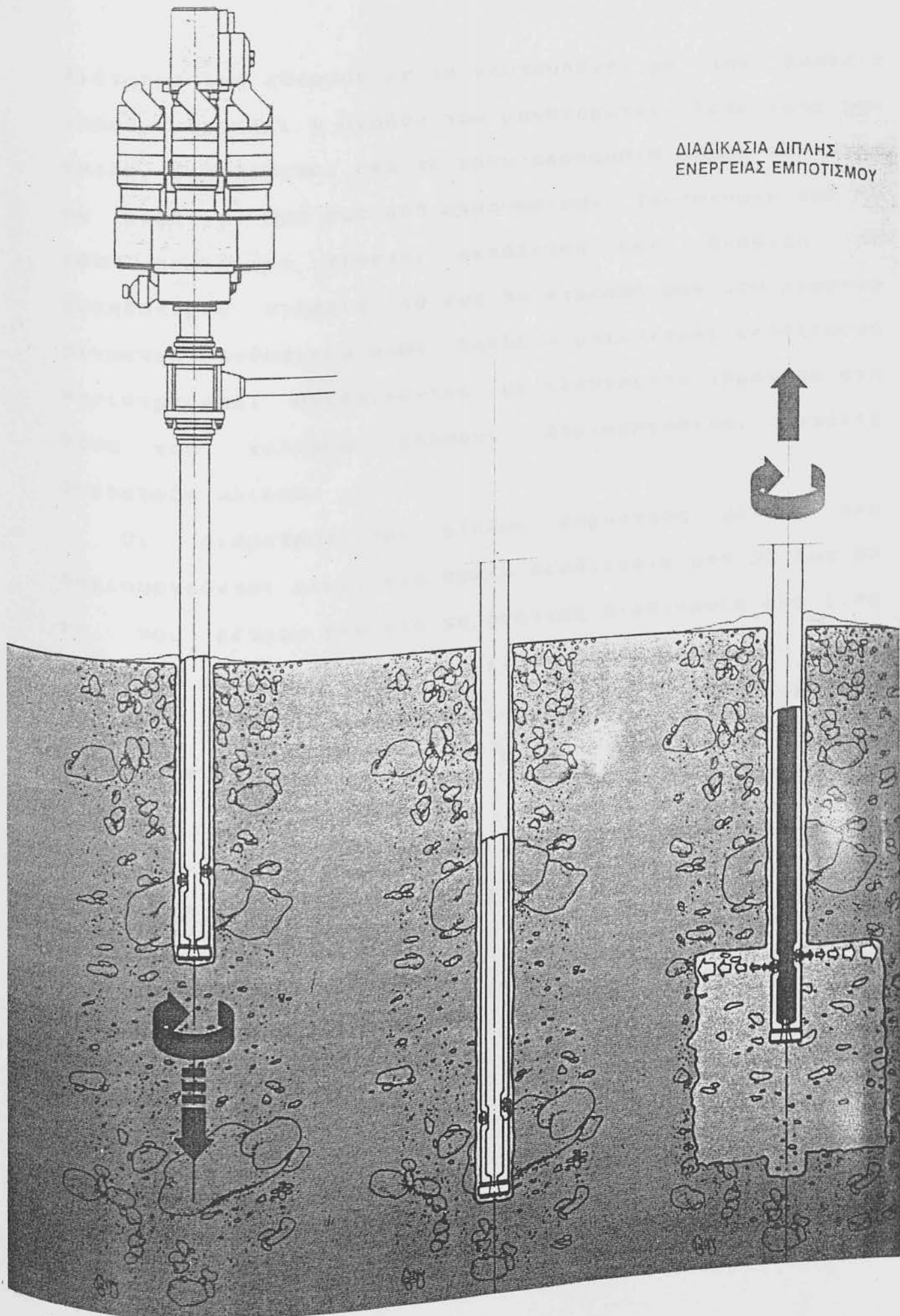
6.2. Διαδικασία εφαρμογής με απλό εμποτισμό

1. Διάτρηση του υπεδάφους μέχρι το προβλεπόμενο βάθος. Γίνεται με περιστρεφόμενη κεφαλή για εδάφη αμμώδη και αργιλώδη, και με υδραυλική σφύρα και περιστροφή σε εδάφη με χάλικες και κροκάλες. Η διάτρηση γίνεται ταυτόχρονη συμπίεση νερού.

2. Ελεγχόμενη άνοδος του μηχανήματος με εκτόξευση του συνδετικού μίγματος υπό υψηλή πίεση (500 έως 600 ατμόσφαιρες). Με την περιστροφή και την άνοδο του σωλήνα και ανάμιξη του συνδετικού υλικού με το υλικό του υπεδάφους γύρω από το γεωτρύπανο δημιουργείται μία κυλινδρική στερεή μάζα διαμέτρου 53 έως 80 εκ. που σταθεροποιεί το έδαφος.

* Με τη δεύτερη διαδικασία αφού τελειώσει η

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΠΛΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΜΠΟΤΙΣΜΟΥ



διάτρηση του εδάφους με το γεωτρύπανο, με την βοήθεια νερού, αρχίζει η άνοδος του μηχανήματος. Τότε κατά την άνοδο, εκτοξεύεται από το πάνω ακροφύσιο αέρας και νερό σε πιέσεις 500 έως 600 ατμοσφαιρών. Ταυτόχρονα από το κάτω ακροφύσιο γίνεται εκτόξευση και ανάμιξη με χαμηλότερες πιέσεις 40 έως 50 ατμοσφαιρών του ρευστού μίγματος συνδετικού υλών. Καθώς ο μηχανισμός εκτόξευσης περιστρέφεται ανεβαίνοντας με ελεγχόμενη ταχύτητα στη θέση του χαλαρού εδάφους δημιουργούνται στήλες συμπαγούς υλικού.

Οι διάμετροι των στηλών συμπαγούς υλικού που δημιουργούνται είναι για πρώτη διαδικασία από 35 έως 80 εκ. του μέτρου ενώ για τη δεύτερη διαδικασία από 1.40 έως 2.10 μέτρα. Το βάθος διεύδυσης μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο ανάλογα με τις ανάγκες επειδή το περιστροφικό γεωτρύπανο έχει μικρή διατομή.

6.3. Διαδικασία διπλής ενέργειας εμποτισμού

Το υπέδαφος μετά την εφαρμογή της μεθόδου JET GROUTING και την επεξεργασία αποκτά ορισμένες μηχανικές ιδιότητες οι οποίες εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως είναι:

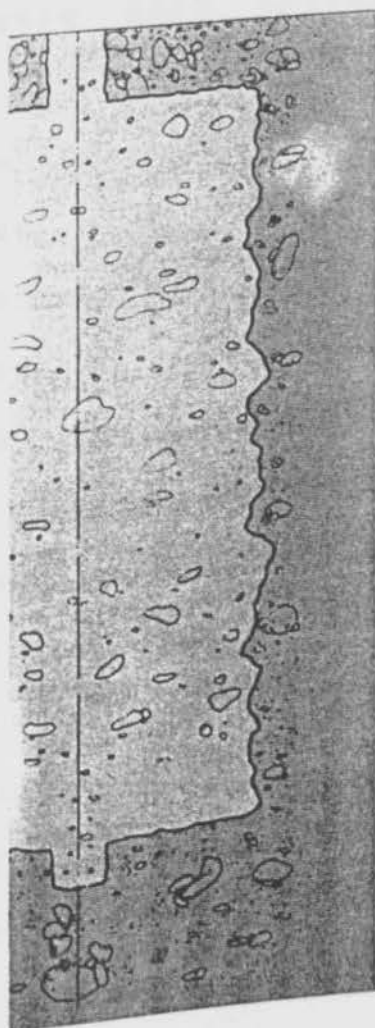
- * Ο τύπος του εδάφους
- * Η πίεση εκτόξευσης που εφαρμόστηκε
- * Η ταχύτητα περιστροφής και εξαγωγής του μηχανισμού

ΕΚΤΌΞΕΥΣΗΣ

* Η σύσταση του μίγματος για τη σταθεροποίηση.

Από διάφορα δοκίμια της στήλης επεξεργασμένου εδάφους που πάρθηκαν από διάφορα εργοτάξια μπορεί ενδεικτικά να προσδιοριστεί ότι η αντοχή σε ανεμπόδιστη πλευρικά θλίψη κυμαίνεται από 1-20 Μρα για εδάφη αργιλώδη και αμμοχαλικώδη αντίστοιχα.

Η τιμή της διαπερατότητας K ποικίλει από 0.0001 χιλ/δλ έως 0.000001 χιλ/δλ. και εξαρτάται από τη φύση του εδάφους στο οποίο γίνεται επεξεργασία.



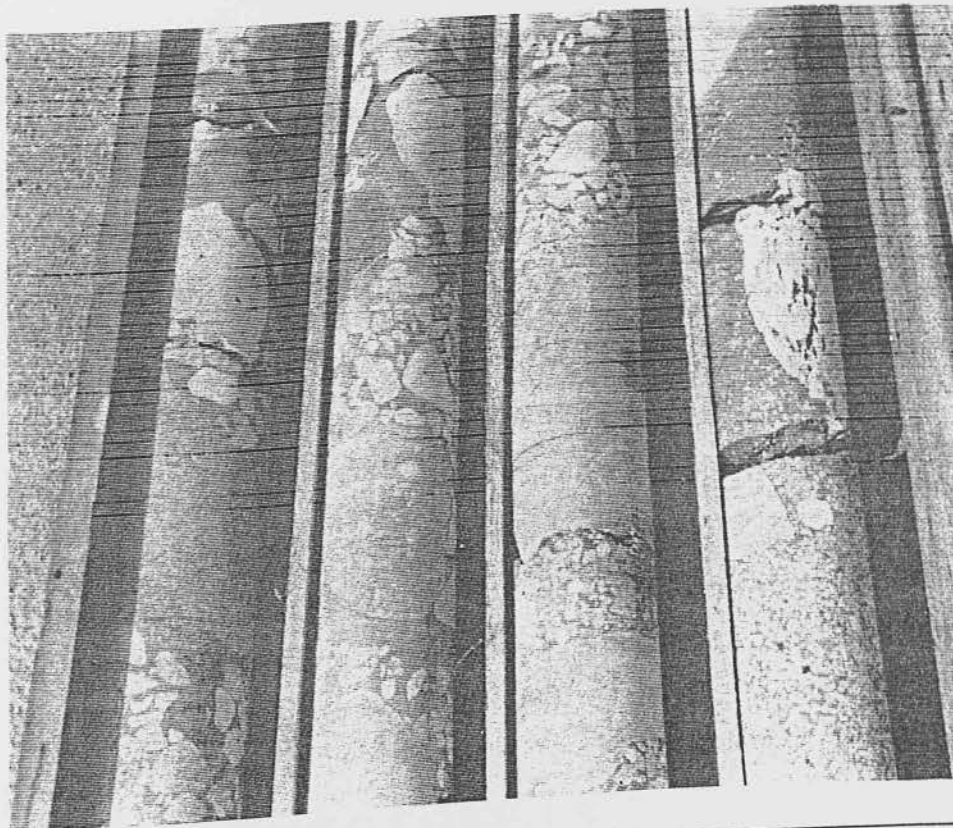
Η μέθοδος JET GROUTING με τις τελευταίες εξελίξεις των μηχανημάτων διάτρησης και εκτόξευσης μίγματος, μπορεί να εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία και απόδοση σε εργασίες υπόγειων θεμελιώσεων, σε σήραγγες και για ενίσχυση της θεμελίωσης υφιστάμενων κτιρίων.

1. Διείσδυση του γεωτρύπανου στο έδαφος. Γίνεται με περιστροφική κεφαλή σε εδάφη αμμώδη, αργιλώδη και ιλώδη και με κρουστικό σε εδάφη με χάλικες και κροκάλες. Η διείσδυση διευκολύνεται με εμφύσηση νερού με μεγάλη πίεση. Η μικρή διατομή της κεφαλής δίνει τη δυνατότητα προώθησης σε μεγάλα βάθη τρυπώντας ακόμα και σκληρό βράχο.

2. Εφαρμογή υψηλή πίεση (500-600 ατμόσφαιρες), με εκτόξευση αέρα με νερό που συμπιέζουν το υφιστάμενο έδαφος και διευκολύνουν στο μεγάλωμα της διαμέτρου της οπήλης. Ταυτόχρονη εκτόξευση από άλλη σωλήνωση υπό χαμηλή πίεση (40-50 Ατμ.) μίγματος συνδετικών υλών. Το γεωτρύπανο κατά την εκτόξευση υλικών ανεβαίνει με ελεγχόμενη ταχύτητα εξόδου. Αποτέλεσμα της εφαρμογής της μεθόδου είναι η δημιουργία οπήλης σταθεροποιημένου εδάφους διαμέτρου από 1.80 έως 2.10 μέτρων.

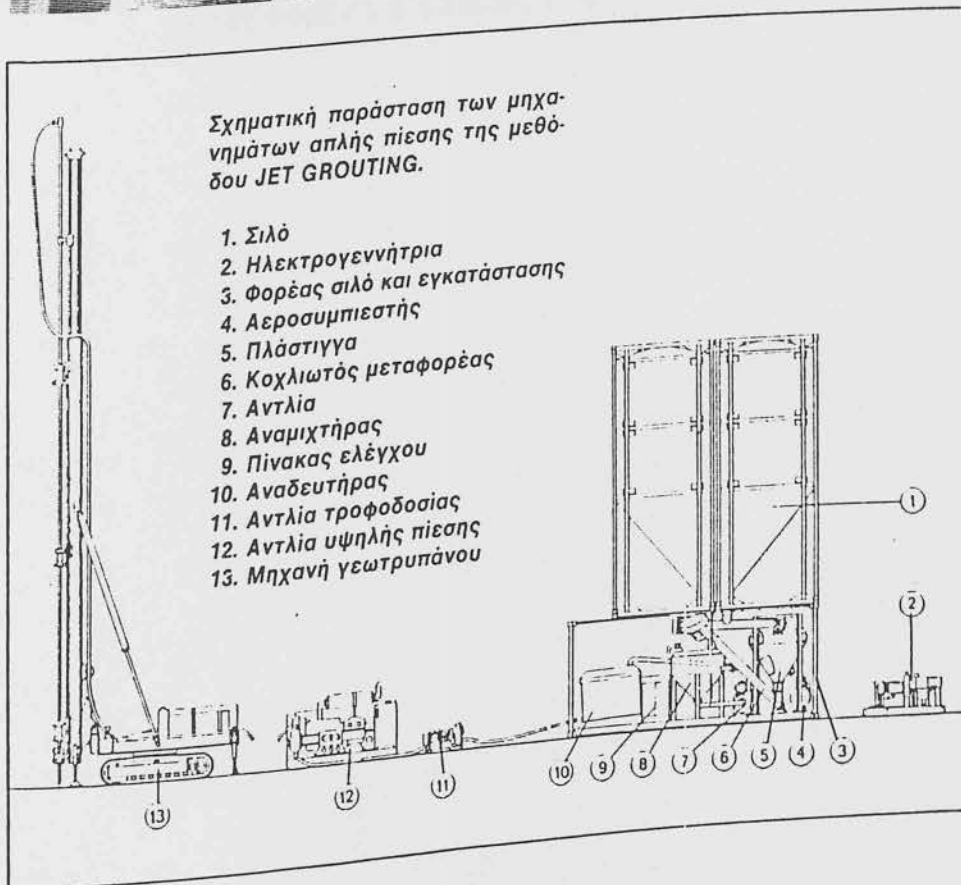
Δοκίμια εδάφους (καρότα) μετά την επεξεργασία του με τη μέθοδο JET GROUTING, θα ακολουθήσουν σε αυτά έλεγχοι αντοχής σε συμπίεση με ανεμπόδιση πλευρικά θλίψη και μέτρηση του συντελεστή διαπερατότητας K.

Δοκίμια εδάφους (καρότα) μετά την επεξεργασία του υπεδάφους με την μέθοδο JET GROUTING. Θα ακολουθήσουν σ' αυτά έλεγχοι αντοχής σε συμπίεση με ανεμπόδιση πλευρικά θλίψη και μέτρηση του συντελεστή διαπερατότητας κ.



Σχηματική παράσταση των μηχανημάτων απλής πίεσης της μεθόδου JET GROUTING.

1. Σιλό
2. Ηλεκτρογεννήτρια
3. Φορέας σιλό και εγκατάστασης
4. Αεροσυμπιεστής
5. Πλάστιγγα
6. Κοχλιωτός μεταφορέας
7. Αντλία
8. Αναμιχτήρας
9. Πίνακας ελέγχου
10. Αναδευτήρας
11. Αντλία τροφοδοσίας
12. Αντλία υψηλής πίεσης
13. Μηχανή γεωτρύπανου



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Θ Ε Μ Ε Λ Ι Ω Σ Ε Ι Σ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα θεμέλια είναι το τμήμα των κτιρίων που έρχεται σε άμεση επαφή με το έδαφος και μεταφέρει σε αυτό όλα τα φορτία του κτιρίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε και το βάθος θεμελίωσης να είναι το δυνατόν ελάχιστο, και να αποφεύγεται εντελώς η παραμόρφωση του υποκείμενου εδάφους.

2. ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

Οι θεμελιώσεις γενικά διαιρούνται σε δύο κατηγορίες:

- θεμελιώσεις που κατασκευάζονται σε υγρό ή ξηρό έδαφος ή και λίγο κάτω από φρεάτιο ορίζοντα.
- θεμελιώσεις που κατασκευάζονται κυρίως κάτω από την επιφάνεια του νερού (θάλασσας ή φρεάτιας στάθμης).

Στην πρώτη κατηγορία δε λαμβάνεται συνήθως καμία ειδική φροντίδα για να απομακρύνονται τα νερά.

Στη συνέχεια οι θεμελιώσεις ανάλογα με τον τρόπο που μεταβιβάζουν τα φορτία στο έδαφος, διακρίνονται σε: Μοναχικές ή θεμελιώσεις με πέδιλα ή θεμελιώσεις με πεδילוδοκούς και πεδילוσειρές, γενικές ή μερικές

κοιτοστρώσεις, κελυφωτές θεμελιώσεις κλπ.

Στη δεύτερη κατηγορία ο παράγοντας νερό είναι βασικός, οπότε ανάλογα με την περίπτωση τις διακρίνουμε σε:

- Βαθιές θεμελιώσεις που γίνονται με βαθιές εκοκαφές (οπότε παρουσιάζονται προβλήματα αγκυρώσεων, υποστηλώσεων, κατασκευής διαφραγμάτων, έμπηξης πασσαλοσανίδων) και
- θεμελιώσεις με πασσάλους.

Επίσης στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι θεμελιώσεις σε εδάφη που κατολισθαίνουν, όπου το νερό είναι η βασική αιτία ολίσθησης.

Τέλος οι θεμελιώσεις, τόσο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, όσο και σε γειτονικές περιοχές ποταμών και λιμνών, οι διανοίξεις σπράγγων, οι πολύ μεγάλες τομές του εδάφους, οι θεμελιώσεις μεγάλων χωμάτινων όγκων, αεροδρομίων, απαιτούν πολύ καλά γνώση της ροής ή της συμπεριφοράς του υπόγειου νερού, οπότε θα πρέπει κατά κάποιο τρόπο να ενταχθούν στη δεύτερη κατηγορία.

Το σύστημα και η μορφή της θεμελίωσης δεν είναι ίδια σε όλα τα δομικά έργα. Για να διαλέξουμε την κατάλληλη για κάθε έργο θεμελίωση πρέπει να εξετάσουμε τους ακόλουθους παράγοντες:

- α. Το είδος και τη μορφή του έργου, που πρόκειται να θεμελιωθεί.
- β. Το μέγεθος και κυρίως το ύψος του έργου, επειδή από αυτά εξαρτάται το μέγεθος των φορτίων, που πρόκειται

να μεταφέρουν τα θεμέλια στο έδαφος.

γ. Το είδος και κυρίως την αντοχή του εδάφους, επειδή αυτά καθορίζουν τις επιβαρύνσεις, που επιτρέπεται να επιβάλλουν τα θεμέλια στο έδαφος.

δ. Τη στάθμη των υπογείων νερών και το αν μπορούμε να τα αντλήσουμε επειδή από αυτό εξαρτάται αν οι εργασίες για τη θεμελίωση θα γίνουν κάτω από το νερό ή σε στεγνό περιβάλλον.

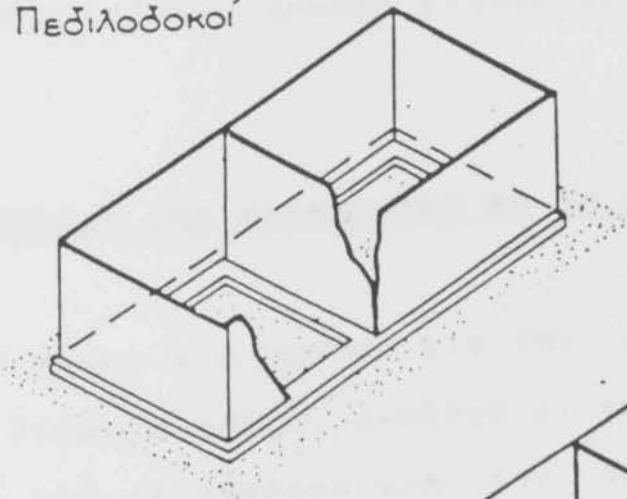
Οι δύο πρώτοι παράγοντες είναι σχετικοί μόνο με το έργο που πρόκειται να κατασκευασθεί, είναι λοιπόν γνωστοί στον μελετητή. Για να εξακριβωθούν και οι δύο τελευταίοι παράγοντες, χρειάζεται να συμπληρωθεί η έρευνα του εδάφους. Τότε μόνο ο μελετητής μπορεί να επιλέξει και να καθορίσει το σύστημα θεμελίωσης, που πρέπει να εφαρμοστεί.

Σε κάθε θεμελίωση διακρίνουμε δύο είδη εργασιών: Το πρώτο είναι η προετοιμασία της επιφάνειας του εδάφους, όπου το θεμέλιο θα μεταφέρει τα φορτία του έργου. Το δεύτερο είναι η κυρίως κατασκευή των θεμελίων, των δομικών στοιχείων δηλαδή, που έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους και μεταφέρουν σε αυτά τα φορτία του έργου.

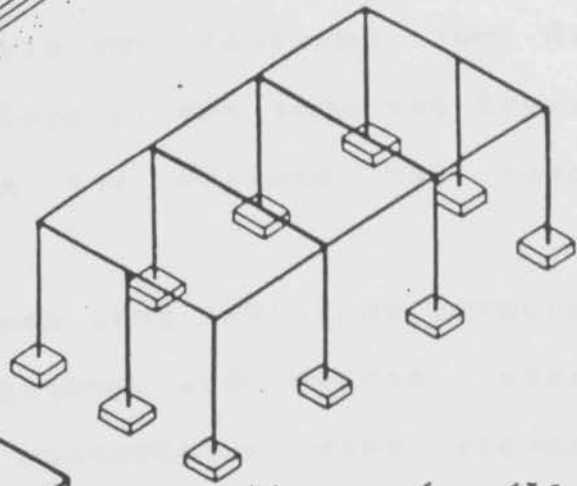
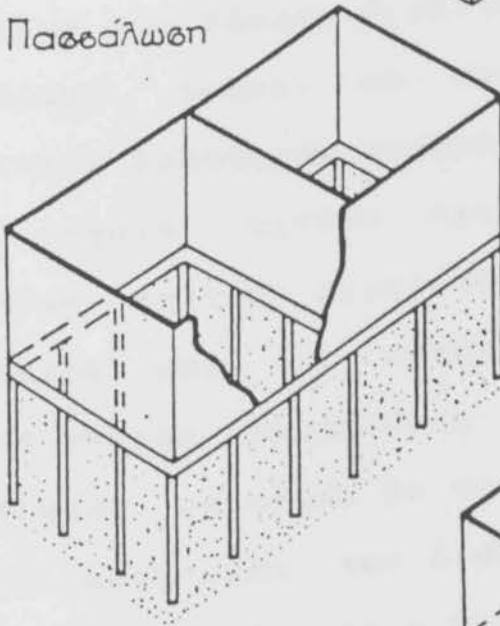
Στα συνηθισμένα συστήματα θεμελιώσεων τα δύο αυτά είδη εργασιών γίνονται σε δύο χωριστές φάσεις που ακολουθούν η μία την άλλη με τη σειρά που αναφέραμε. Αυτές οι θεμελιώσεις λέγονται αβαθείς.

Υπάρχουν όμως και θεμελιώσεις, που λέγονται βαθιές,

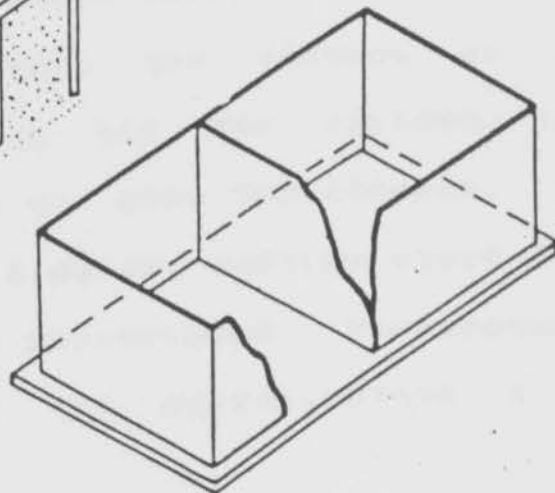
Πεδιλοδοκοί



Πασσαίωση



Μεμονωμένα πέλδια



Γενική κοιτόστρωση

Τύποι θεμελίωσης

όπου τα δύο είδη εργασιών γίνονται συγχρόνως. Αυτό γίνεται ακριβώς γιατί δεν συμφέρει να γίνονται χωριστά οι εργασίες του πρώτου είδους σε τόσο μεγάλο βάθος.

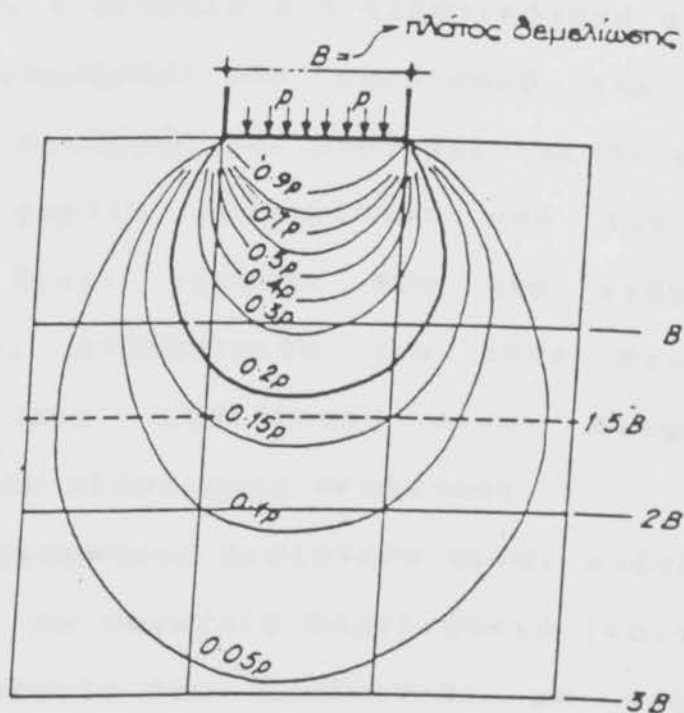
3. ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η γνώση του τρόπου για την κατανομή των δυνάμεων στα διάφορα εδάφη, ανάλογα με τον τύπο της θεμελίωσης, είναι μία προϋπόθεση για την επιλογή του τύπου της θεμελίωσης.

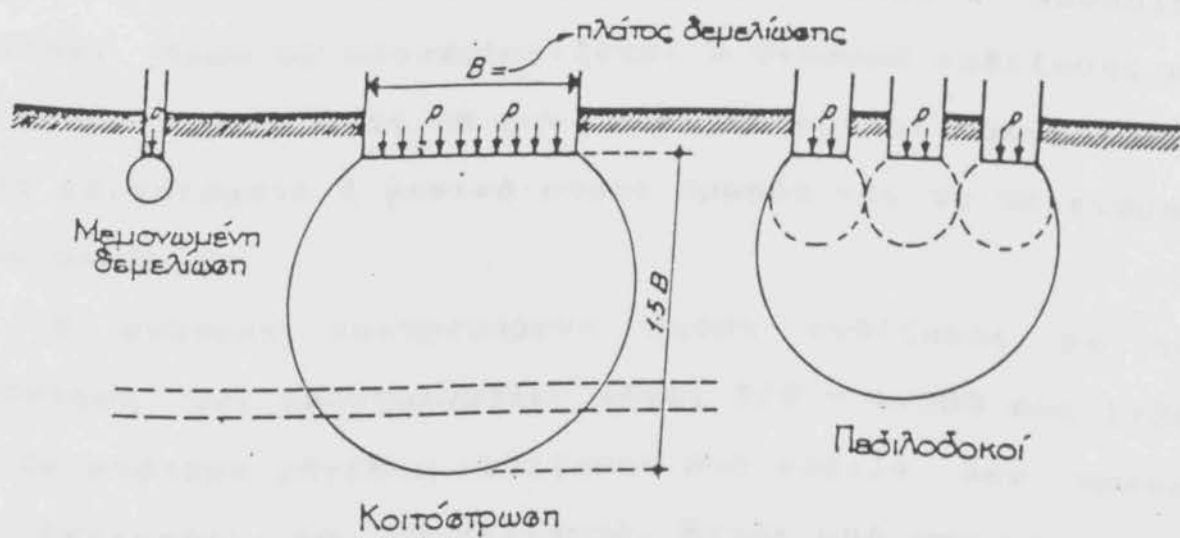
Εάν πχ. για τον σκοπό μίας καλύτερης κατανομής των δυνάμεων στο έδαφος διαλέξουμε μία αρκετά εκτεινόμενη θεμελίωση πρέπει να ανατρέξουμε στην εξέταση της ποιότητας βαθύτερων στρωμάτων στο υπέδαφος, γιατί, όσο πιο μεγάλη έκταση έχει η επιφάνεια έδρασης των θεμελίων, σε τόσο μεγαλύτερο βάθος πιέζεται το έδαφος.

Εκτός από την αντοχή του εδάφους σε καθίζηση αποφασιστικός παράγοντας για την επιλογή του τύπου θεμελίωσης, σε σχέση με την φύση του εδάφους, είναι ο τρόπος κατανομής των διαφόρων φορτίων στους διάφορους τύπους εδαφών. Βασικά η συμπεριφορά (παραμόρφωση) των εδαφών εξαρτιέται από την συνεκτικότητα ή όχι των μορίων τους.

κατανομή των δυναμewν στο εδαφος



Βολβός κατανομής δυνάμewν.



Κατανομή δυνάμewν στο έδαφος ανάλογα με το πλάτος θεμελίωσης.

4. ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΑΝΩΔΟΜΗΣ

Η μελέτη της συμπεριφοράς του εδάφους οδηγεί στο συμπέρασμα πως η ακαμψία ή η ελαστικότητα στου σκελετού της ανωδομής επηρεάζει τον σχεδιασμό της θεμελίωσης. Παράλληλα ο σκελετός της ανωδομής, εκτός από τα νεκρά και ωφέλιμα φορτία επηρεάζεται από τον τύπο της θεμελίωσης. Είναι γνωστό πως ένα ελάχιστο ποσόν καθίζησης είναι αναπόφευκτο για κάθε θεμελίωση. Τα αποτελέσματα της καθίζησης είναι διαφορετικά σε άκαμπτους και σε ελαστικούς σκελετούς.

Κτίρια με άκαμπτους σκελετούς είναι ενδεδειγμένο να φέρονται πάνω σε συνεχείς θεμελιώσεις (κοιτόστρωση) ή σε μεμονωμένα πέδιλα που συνδέονται με πεδιλοδοκούς, ώστε να εξασφαλίζεται ενιαία καθίζηση.

Σε κτίρια με ελαστικούς σκελετούς ενδεδειγμένη θεμελίωση είναι ασύνδετα μεμονωμένα πέδιλα ή πάσσαλοι. Πρέπει όμως να προυπολογίζεται η διαφορά καθίζησης στα διάφορα σημεία ώστε να μην δημιουργούνται ρηγματώσεις στα επιχρίσματα ή γενικά στους αρμούς και τα τελειώματα της ανωδομής.

Η ανώτερη επιτρεπόμενη σχέση καθίζησης με την απόσταση των υποστυλωμάτων είναι $D/S = 1/300$ έως $1/500$ το δε ανώτερο μέγεθος καθίζησης ανά πέδιλο δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 25 χιλιοστά. Εκτός από την κατασκευή του σκελετού σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον τύπο θεμελίωσης, είναι το ύψος του κτιρίου, και αυτό

γιατί οι οριζόντιες πλευρικές δυνάμεις από τον άνεμο δημιουργούν αντίστοιχα, πλάγιες καταπονήσεις στο περιβάλλον έδαφος των θεμελίων.

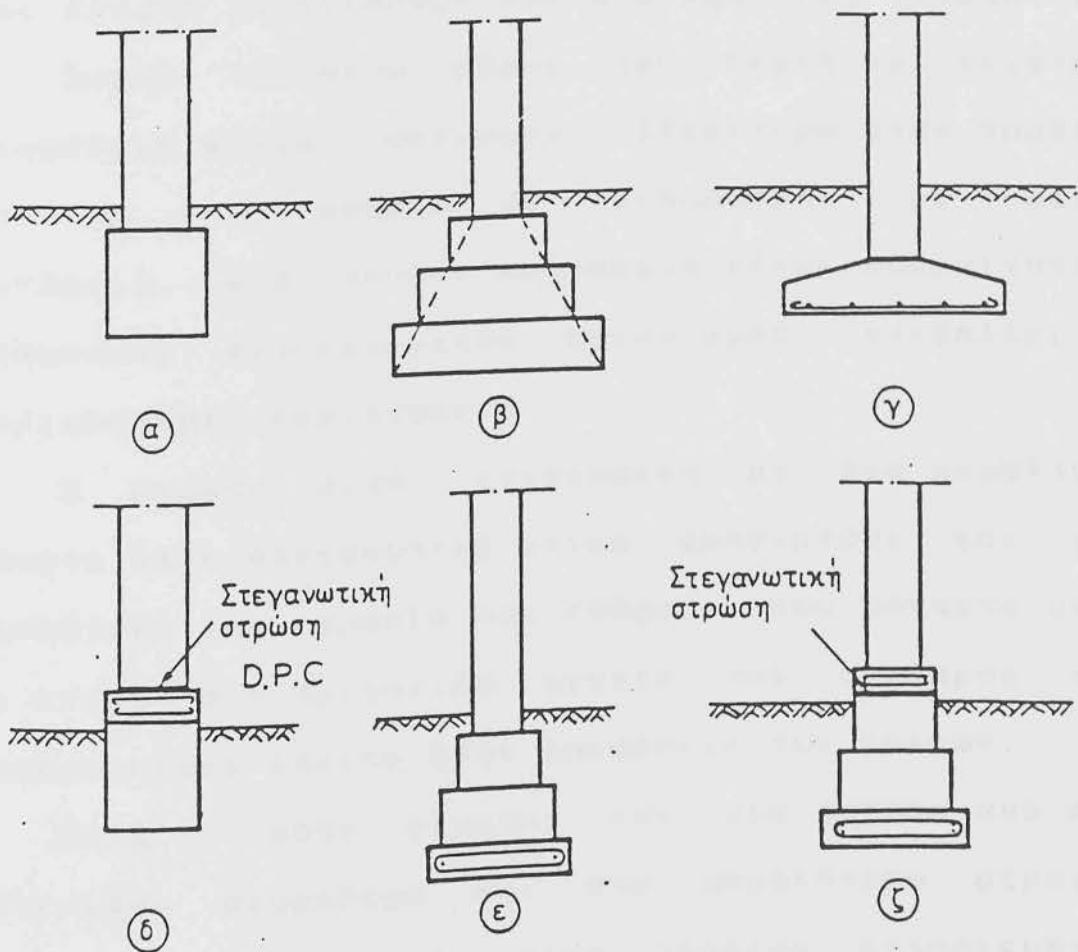
5. ΑΒΑΘΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

5.1. Συνεχή θεμέλια τοίχων και τοιχείων

Όταν η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής αποτελείται από τοίχους ή άλλα παρόμοια συνεχή στοιχεία (τοιχεία), τότε και τα θεμέλια είναι συνεχή. Κατά κανόνα στους τοίχους οι τάσεις είναι μικρές σε σύγκριση με αυτές που αναπτύσσονται σε υποστυλώματα. Μπορεί λοιπόν οι τάσεις αυτές να μην είναι μεγαλύτερες από τις ανεκτές επιβαρύνσεις του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή οι τοίχοι μπορούν να θεμελιωθούν απευθείας στο έδαφος.

Αν αντίθετα οι τάσεις των τοίχων είναι μεγαλύτερες από τις ανεκτές πιέσεις του εδάφους, το κάτω μέρος των τοίχων γίνεται πλατύτερο, ώστε οι δυνάμεις να κατανεμηθούν σε μεγαλύτερη επιφάνεια και οι πιέσεις να κατέβουν κάτω από τα ανεκτά όρια.

Οι διαπλατύνσεις που χρειάζονται είναι συνήθως μικρές και το θεμέλιο μπορεί να κατασκευασθεί με το ίδιο υλικό, όπως και η ανωδομή του έργου. Έτσι οι πέτρινοι τοίχοι σπρίζονται γενικά σε πέτρινα θεμέλια. Εν τούτοις όταν η ανωδομή γίνεται με τεχνητούς λίθους,



Συνηθισμένες μορφές για θεμέλια τοίχων

Είναι προτιμότερο το θεμέλιο να κτίζεται με φυσικούς.

Στα κτιστά θεμέλια πρέπει να χρησιμοποιούνται υδραυλικά κονιάματα, δηλαδή κονιάματα, που πήζουν ακόμα και μέσα στο νερό, επειδή τα αερικά κονιάματα μπορεί να μην πήξουν ποτέ μέσα στην υγρασία του εδάφους. Τα

κονιάματα αυτά είναι ταχύπηκτα και έτσι δεν χρειάζεται να περιμένουμε να αποκτήσουν πρώτα αντοχή τα θεμέλια και έπειτα να κτίσουμε την ανωδομή όπως γινόταν άλλοτε.

Συχνά το πάνω μέρος του θεμελίου γίνεται από σκυρόδεμα άοπλο ή οπλισμένο. Ιδιαίτερα όταν προβλέπεται ότι το έργο μπορεί να επιβαρυνθεί με σεισμικές δονήσεις, μία τέτοια κατασκευή είναι απαραίτητη και ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός επιβάλλει στις περισσότερες περιπτώσεις.

Η στρώση αυτή, ενισχυμένη με ένα ασφαλόπανο ή κάποιο άλλο στεγανωτικό υλικό, χρησιμεύει και για να εμποδίσει την υγρασία του εδάφους, που πάντοτε υπάρχει, να ανέβει στα τριχοειδή αγγεία της ανωδομής και να παρουσιασθεί έπειτα στην επιφάνεια των τοίχων.

Πότε - πότε γίνεται και μία στρώση από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα και στο χαμηλότερο μέρος του θεμελίου. Η πρόβλεψη μίας τέτοιας κατασκευής είναι σκόπιμη, όταν υπάρχουν υποψίες, ότι το έδαφος μπορεί να παρουσιάσει ανομοιόμορφες καθιζήσεις.

Όταν οι τοίχοι της ανωδομής είναι από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα, τα θεμέλια κατασκευάζονται και αυτά με το ίδιο υλικό. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που τα θεμέλια κατασκευάζονται απαραίτητα από οπλισμένο σκυρόδεμα ανεξάρτητα από το υλικό κατασκευής της ανωδομής.

Αυτό συμβαίνει, όταν το έδαφος έχει μικρή αντοχή και επομένως χρειάζονται μεγάλες διαπλατυνώσεις ενώ

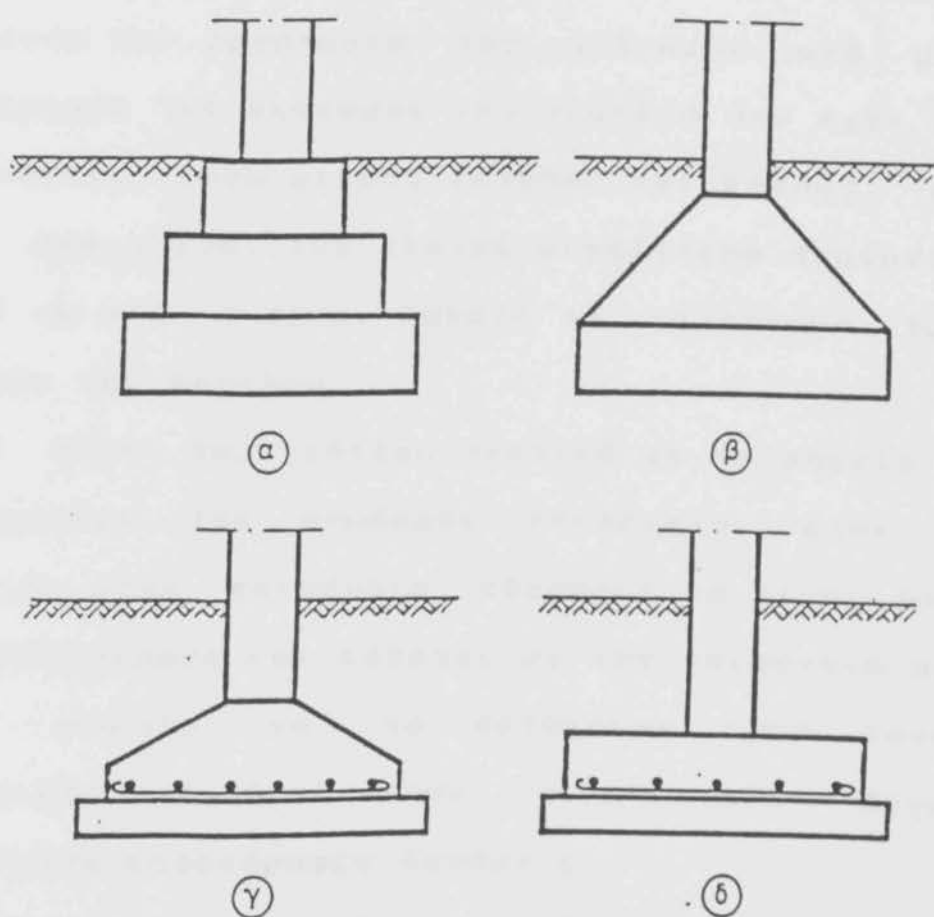
συγχρόνως άλλοι λόγοι, πχ. υπόγεια νερά καθιστούν ασύμφορη την αύξηση του βάθους των θεμελίων. Με αυτές τις συνθήκες δεν μπορούν να μοιραστούν ομαλά τα φορτία της ανωδομής, χωρίς να αναπτυχθούν στο θεμέλιο αξιόλογες ροπές κάμψης. Πρέπει λοιπόν το υλικό να μπορεί να αντέξει στην κάμψη αυτή, επομένως πρέπει να είναι οπλισμένο σκυρόδεμα ή κάποιος συνδυασμός σκυροδέματος και μεταλλικής κατασκευής.

Το ελάχιστο βάθος αυτών των θεμελιώσεων από την επιφάνεια του εδάφους δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 0.80 έως 1.00 μ. ώστε να προφυλάγονται από τις επιδράσεις του παγετού.

5.2. Μεμονωμένα πέδιλα

Τα μεμονωμένα πέδιλα κατασκευάζονται κάτω από τα σημεία, όπου καταλήγουν τα συγκεντρωμένα φορτία της ανωδομής, όταν η φέρουσα κατασκευή της έχει μορφή σκελετού. Για να διαλέξουμε μία τέτοια θεμελίωση, πρέπει η αντοχή του εδάφους να είναι τόσο μεγάλη και τα συγκεντρωμένα φορτία τόσο μικρά ώστε το μέγεθος της επιφάνειας που χρειάζεται κάθε πέδιλο για την έδρασή του να μην είναι υπερβολικό. Το μέγεθος του θεμελίου θεωρείται υπερβολικό, όταν απομένουν πολύ μικρές αποστάσεις ανάμεσα στα γειτονικά πέδιλα.

Συνήθως τα πέδιλα είναι μορφής τετραγωνικής ή



Απομονωμένα πέδιλα: α), β) Χωρίς οπλισμό. γ), δ) Με σιδερένιο οπλισμό.

ορθογωνικής και φέρουν ένα υποστύλωμα. Ο οπλισμός τοποθετείται στο κάτω μέρος και κατά τις δύο διευθύνσεις ώστε να αντιμετωπίζονται οι καμπτικές ροπές. Οπλισμός διάτμησης δεν προβλέπεται. Το πάχος του θεμελίου πρέπει να μειώνεται στις άκρες για οικονομία σε σκυρόδεμα. Η επιφάνεια έδρασης των πεδίων βρίσκεται σε βάθος που κυμαίνεται από 1.00 έως 2.00 μέτρα, ανάμεσα όμως στη βάση και το έδαφος παρεμβάλλεται,

συνήθως ένα στρώμα άοπλου σκυροδέματος πάχους 10-15 cm, με σκοπό την προστασία του οπλισμού από υγρασία. Η διαμόρφωση της εκκαφής του πεδίου δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις, λόγω μικρής έκτασης και βάθους, οπωσδήποτε όμως απαιτείται ένα πλάτος μεγαλύτερο περιμετρικά κατά 15-20 cm για να είναι δυνατό το καλούπωμα των γυρτών πλευρών του πεδίου.

Η θέση του πεδίου σχετικά με το σημείο εφαρμογής των φορτίων της ανωδομής επιλέγεται έτσι, ώστε οι πιέσεις στην επιφάνεια εδράσεως να είναι όσο γίνεται πιο ομοιόμορφες και κάθετες με την επιφάνεια αυτή. Αυτό είναι εύκολο να το πετύχουμε κατά κανόνα στις εσωτερικές κολώνες των οικοδομικών έργων, που μεταφέρουν κατακόρυφες δυνάμεις.

Τότε, αν η επιφάνεια εδράσεως είναι οριζόντια, οι πιέσεις που είναι κατακόρυφες, είναι κάθετες προς αυτή. Αν φροντίσουμε να περνάει και το κατακόρυφο φορτίο από το κέντρο βάρους της επιφάνειας εδράσεως τότε και οι πιέσεις θα είναι ομοιόμορφες.

Επειδή πρέπει όμως ολόκληρα πέδιλα να βρίσκονται μέσα στο οικόπεδο, δεν μπορούμε να τα μορφώσουμε έτσι ώστε να συνισταμένη των φορτίων να περνάει πάντοτε από το κέντρο βάρους της επιφάνειας εδράσεως.

Στα πέδιλα αυτά που ονομάζονται έκκεντρα, οι πιέσεις του εδάφους διαφέρουν πάρα πολύ από την μία άκρη τους στην άλλη. Τα έκκεντρα πέδιλα δημιουργούν δυσμενείς επιβαρύνσεις στο έδαφος, αλλά και πρόσθετες

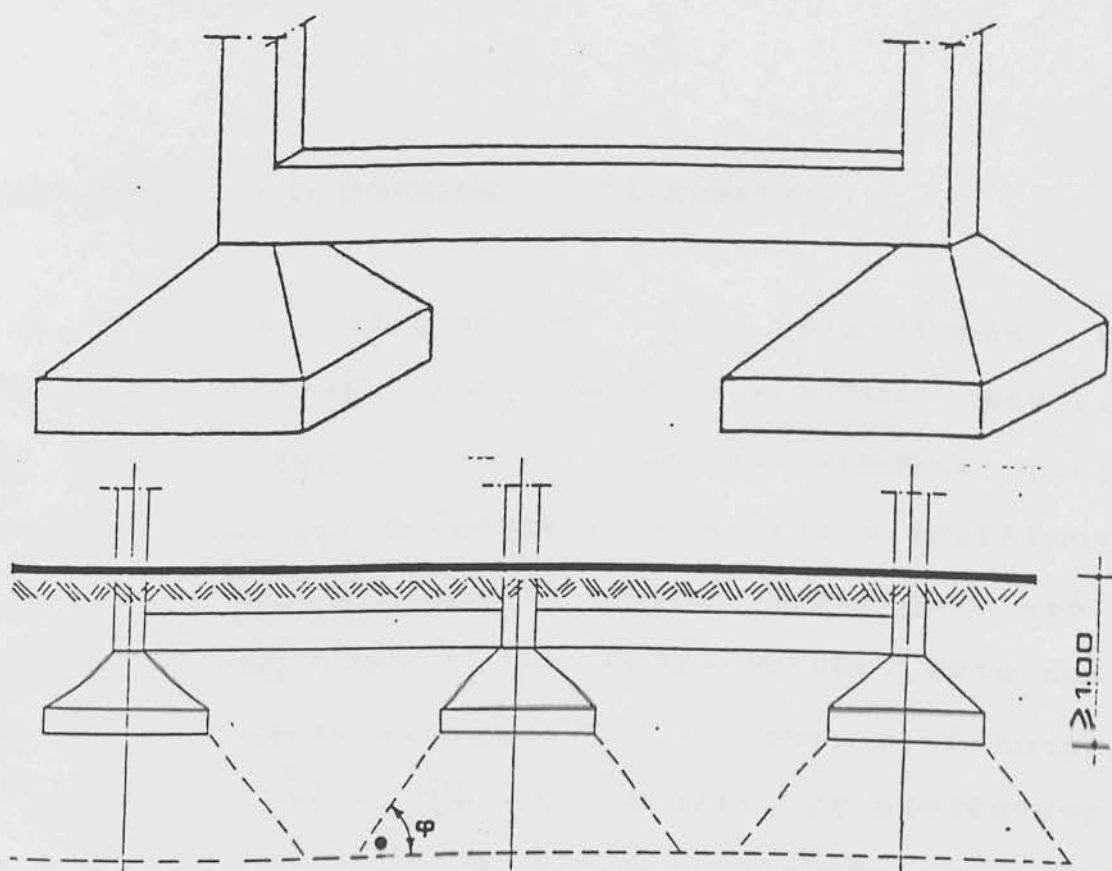
επιβαρύνσεις στην ανωδομή, γι' αυτό πρέπει να αποφεύγονται τουλάχιστον στα σοβαρά έργα.

5.3. Πεδιλοδοκοί

5.3.1. Δοκοί συνδέσεως

Αυτοί χρησιμοποιούνται σαν ενίσχυση της θεμελίωσης με μεμονωμένα πέδιλα. Δεν παραλαβαίνει σε όλο της το άνοιγμα αντιδράσεις του εδάφους. Ενεργεί στα άκρα της σαν δοκός εξισορρόπησης των διαφορών ανάμεσα στα φορτία της ανωδομής και παραλαμβάνει τις ροπές στρέψης, που αναπτύσσονται κυρίως σε πέδιλα που φορτίζονται έκκεντρα, συνδέοντάς τα με πέδιλα κεντρικά.

Οι ελάχιστες διαστάσεις της διατομής μίας συνδετήριας δοκού είναι 20/45 ή 30/30. Συνήθως η διατομή της συνδετήριας δοκού είναι ενιαία σε όλη τη θεμελίωση. Ο διαμήκης οπλισμός των συνδετήριων δοκών είναι συμμετρικός (πάνω και κάτω) και πρέπει να είναι επαρκώς αγκυρωμένος μέσα στα εκατέρωθεν πέδιλα (παραλαβή εφελκυστικής δυνάμεως). Ακόμα πρέπει να είναι επαρκής η επικάλυψη όλων των ράβδων οπλισμού με σκυρόδεμα λόγω της εδαφικής υγρασίας. Το πάχος επικάλυψης πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 cm. Η ελάχιστη διάμετρος των χρησιμοποιημένων ράβδων είναι $\Phi 12$.



Δοκοί συνδέσεως

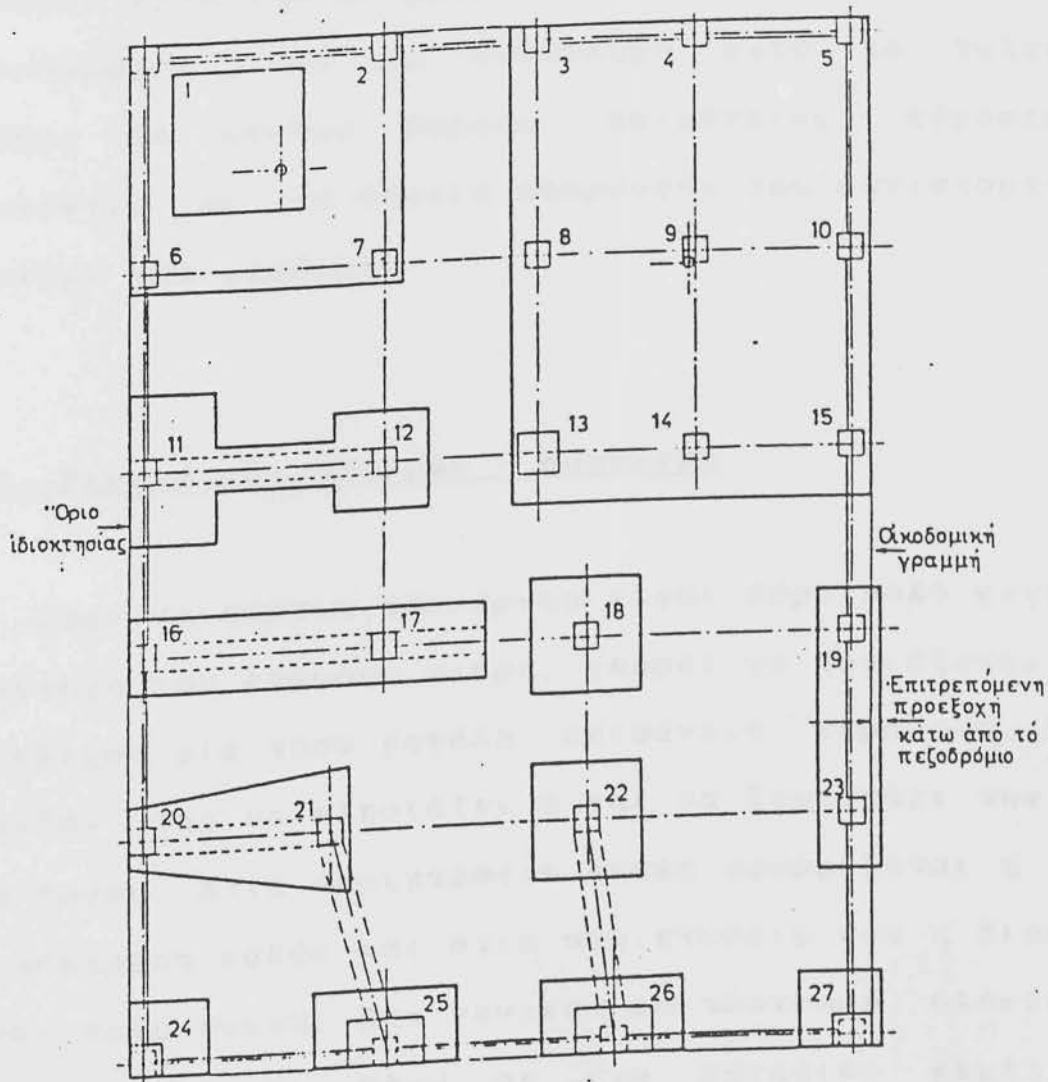
Σε περιπτώσεις όπου κάποιο εμπόδιο στο πέλαμα του υποστυλώματος εμποδίζει το θεμέλιο να βρίσκεται ακριβώς κάτω από το υποστύλωμα (πέδιλο διπλανού κτιρίου, ή υπόγειος οχετός) τότε χρησιμοποιούνται οι δοκοί στηρίξεως. Σε αυτή την περίπτωση το ένα άκρο της δοκού είναι πρόβολος (όπου πάνω στηρίζεται το υποστύλωμα), το πέδιλο που κατασκευάζεται στην πλησιέστερη δυνατή θέση, επενεργεί σαν υπομόχλιο για την παραλαβή των φορτίων, ενώ το άλλο άκρο της δοκού συνδέεται με το πέλαμα

μεσαίου υποστυλώματος.

5.3.2. Μερική κοιτόστρωση - πεδιλοδοκοί

Η λύση του προβλήματος της θεμελίωσης μίας κατασκευής με την χρησιμοποίηση πεδίων, δεν είναι πάντα δυνατή. Εξάλλου όσο η αντοχή του εδάφους γίνεται μικρότερη, τόσο πιο δαπανηρή γίνεται και η θεμελίωση με πέδιλα. Έτσι σε περιπτώσεις ισχυρά εκκέντρων πεδίων προτιμώνται θεμελιώσεις με πεδιλοδοκούς, έστω και αν έχουμε έδαφος καλής αντοχής. Το ίδιο όταν οι διαστάσεις των πεδίων γίνουν αρκετά μεγάλες, με αποτέλεσμα να αλληλοκαλύπτονται ή και οι απέναντι πλευρές των πεδίων να πλησιάζουν πάρα πολύ. Στη δεύτερη περίπτωση, ο έλεγχος των τάσεων του εδάφους μπορεί να είναι θετικός αμέσως κάτω από την επιφάνεια θεμελίωσης, αλλά σε μεγαλύτερο βάθος λόγω επιπροσθέσεως των τάσεων πιθανόν να υπερβαίνουμε την ανεκτή τάση εδάφους (συνήθως όταν η απόσταση των δύο πεδίων γίνει μικρότερη από το μισό της πλευράς των πεδίων).

Πεδιλοδοκός καλείται το κοινό θεμέλιο δύο ή περισσότερων υποστυλωμάτων, το οποίο έχει μορφή δοκού, ανεστραμμένο ταφ. Τα άνω πέλμα της πλακός δύναται να είναι οριζόντιο για μικρές διατομές ή κεκλιμένο για μεγαλύτερες. Στην δεύτερη περίπτωση για να αποφευχθεί η χρήση κεκλιμένου ξυλοτύπου, πρέπει η κλίση να είναι



Παράδειγμα θεμελίωσης κτιρίου με μεμονωμένα πέδιλα για μερική κοιτόστρωση. Εφαρμόστηκαν διάφοροι συνδυασμοί για τη θεμελίωση των στύλων.

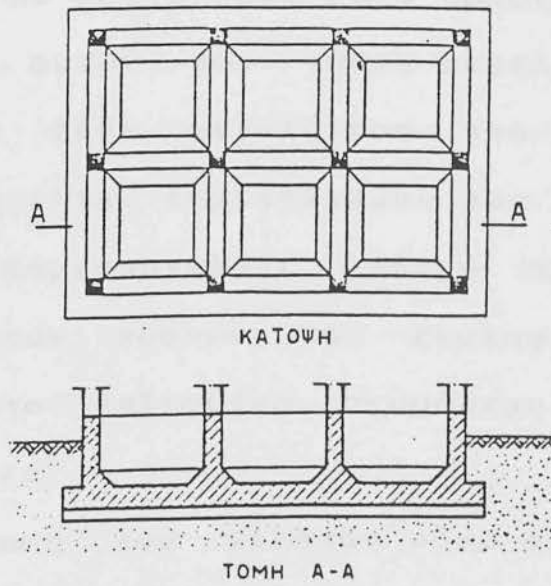
ηπιωτέρα από 2:1.

Η πολλαπλή θεμελίωση που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο λέγεται μερική κοιτόστρωση. Όταν εφαρμόζεται

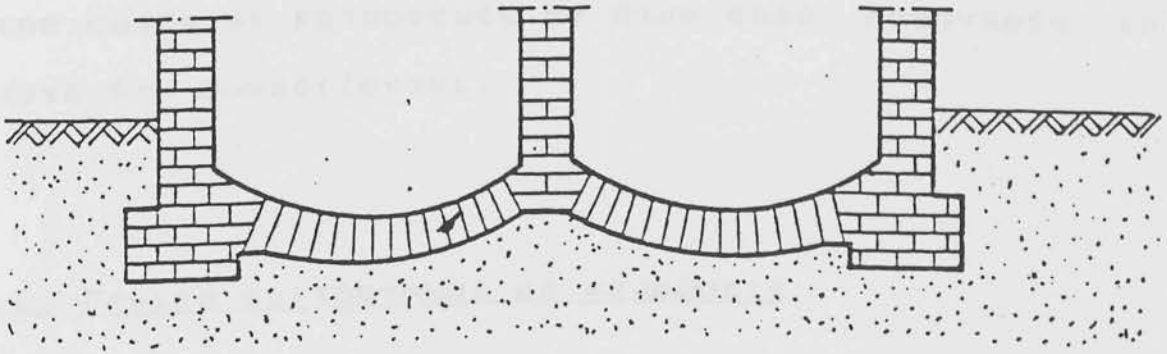
αυτός ο τρόπος θεμελίωσης, πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε οι πιέσεις στην επιφάνεια εδράσεως να είναι κάθετες προς την επιφάνεια αυτή και όσο γίνεται πιο ομοιόμορφες. Για να πετύχουμε αυτό το τελευταίο, πρέπει το κέντρο βάρους επιφάνειας εδράσεως να συμπίπτει με το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης των φορτίων της ανωδομής.

5.4. Γενική κοιτόστρωση - συμπαγής

Όταν τα φορτία του έργου είναι πάρα πολύ μεγάλα και η αντοχή του εδάφους μικρή, μπορεί να χρειάζεται για τη θεμελίωση μία τόσο μεγάλη επιφάνεια εδράσεως που το εμβαδόν της να πλησιάζει ή και να ξεπερνάει την κάτοψη του έργου. Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζεται η γενική κοιτόστρωση καθώς και στις περιπτώσεις που η διαστολή είναι πολύ πυκνή. Στη γενική κοιτόστρωση ολόκληρο το έργο στηρίζεται πάνω σε ένα μοναδικό θεμέλιο, που εκτείνεται σε όλη την κάτοψη του έργου. Κατά κανόνα μάλιστα το θεμέλιο εξέχει γύρω από το περίγραμμα του έργου σχηματίζοντας μία διαπλάτυνση. Η πλάκα της γενικής κοιτόστρωσης είναι ενισχυμένη με πεδιλοδοκούς, που είναι σκόπιμο να σχηματίζουν μία σχάρα ακολουθώντας και τις δύο κύριες διευθύνσεις του έργου. Ο στατικός υπολογισμός της σχάρας αυτής παρουσιάζει σοβαρά θεωρητικά προβλήματα, που δεν έχουν λυθεί ικανοποιητικά



Γενική κοιτόστρωση από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Γενική κοιτόστρωση από λιθοδομή με ανάποδους θόλους.

Εφαρμόζονται διάφοροι μέθοδοι, που είναι αρκετά πολύπλοκες, αν και δίνουν μόνο προσεγγιστικές λύσεις.

Η χρήση αυτού του τύπου θεμελίωσης δεν συμφέρει οικονομικά σε βάθη μεγαλύτερα από 5 μέτρα εφ'όσον βέβαια δεν ζητείται εκμετάλλευση των υπόγειων χώρων, κι αυτό γιατί δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα για την αντιστήριξη των πρανών της εκοκαφής. Για τη γενική κοιτόστρωση το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το πιο κατάλληλο υλικό.

Η διάστρωσή του γίνεται πάνω σε μία πρώτη στρώση από απλό σκυρόδεμα χαμηλής αντοχής, όπως ακριβώς περιγράψαμε και για τα πέδιλα. Σε χώρες όπου το σίδερο είναι φθηνό, γίνεται καμία φορά και συνδυασμός του οπλισμένου σκυροδέματος με μεταλλική κατασκευή. Παλαιότερα η γενική κοιτόστρωση γινόταν με λίθους φυσικούς ή τεχνητούς που σχηματίζουν ανάποδους θόλους. Σήμερα αυτές οι κατασκευές θα ήταν πολύ δαπανηρές και γι'αυτό δεν συνηθίζονται.

5.4.1. Γενική κοιτόστρωση με νευρώσεις

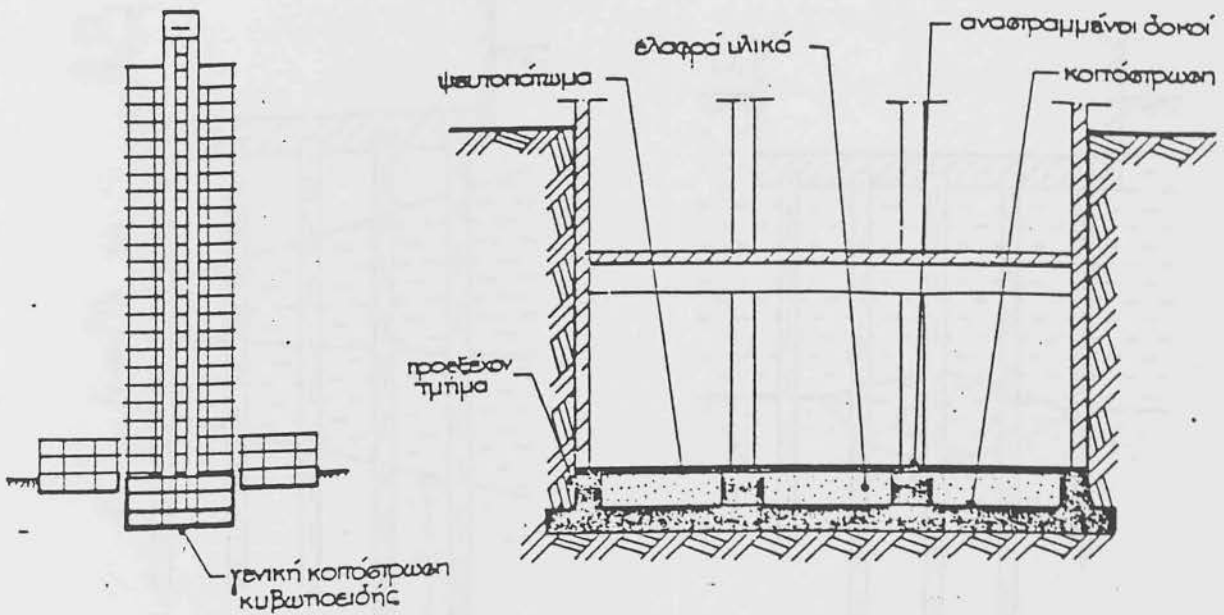
Εφόσον το μέγεθος των φορτίων ή ανάγκες ακαμψίας προυποθέτουν πάχος της γενικής κοιτόστρωσης μεγαλύτερο από 30 εκ. είναι οικονομικότερο να γίνεται ενίσχυση με κατασκευή αναστραμμένων δοκών. Δημιουργείται έτσι μία σχάρα αναστραμμένη. Το γέμισμα των τμημάτων μεταξύ των

δοκών γίνεται με ελαφρά υλικά ή ψευτοπάτωμα, εφόσον βέβαια, απαιτείται χρήση του κατώτατου πατώματος. Σε περιοχές όπου το μικρής αντοχής έδαφος καλύπτεται από ένα στρώμα ισχυρότερου εδάφους, τότε είναι δυνατό οι δοκοί και τοποθετούνται κάτω από την κοιτόστρωση, αποφεύγοντας έτσι την κατασκευή ψευτοπατώματος. Στην πρώτη περίπτωση, όπου η κοιτόστρωση βρίσκεται από κάτω, πρέπει να προεξέχει από την περιμετρική γραμμή των υποστρωμάτων ώστε να λιγοστεύει η ροπή κάμψης των εσωτερικών πλακοειδών τμημάτων.

5.4.2. Γενική κοιτόστρωση - κυβοτιοειδής

Οι λόγοι που επιβάλλουν αυτόν τον τύπο θεμελίωσης είναι τα εξαιρετικά μεγάλα φορτία, κι η ανάγκη για πολύ μεγάλη ακαμψία, οπότε, εφόσον οι αναστραμμένοι δοκοί έχουν ύψος μεγαλύτερο από 1 μέτρο κατασκευάζεται ένα κιβώτιο με εσωτερικούς δοκούς και κατά τις δύο διευθύνσεις. Η κυβοτιοειδής μορφή χρησιμοποιείται και στις περιπτώσεις, που θέλουμε να λιγοστεύσουμε το βάθος του κατώτατου πατώματος χωρίς να επαυξήσουμε τα φορτία, που επενεργούν στην κοιτόστρωση από το έδαφος που μεσολαβεί.

Αυτός ο τύπος θεμελίωσης χρησιμοποιείται, κυρίως σε

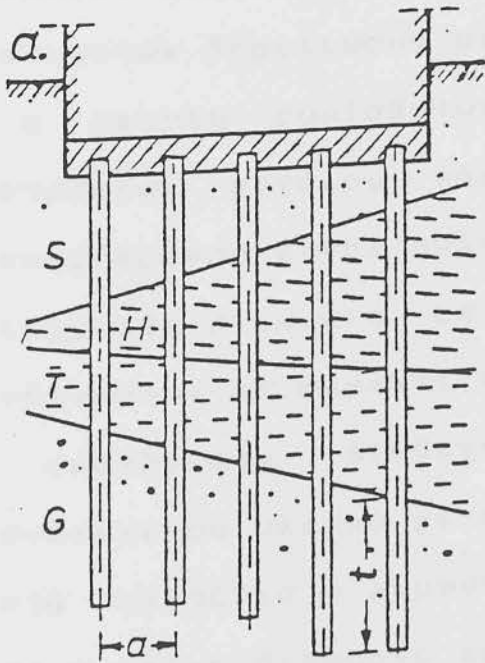


Γενική κοιτόστρωση κυβοτιοειδής - Γενική κοιτόστρωση με νευρώσεις

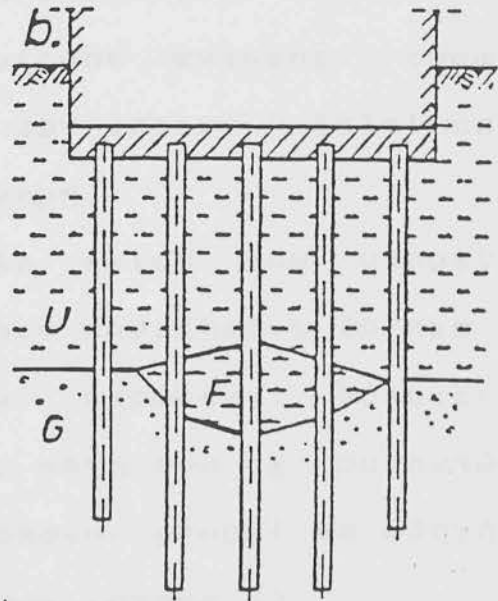
ουρανοξύστες παράλληλα δε εξασφαλίζει εξαιρετική μόνωση των υπογείων.

6. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΣΕ ΒΑΘΟΣ

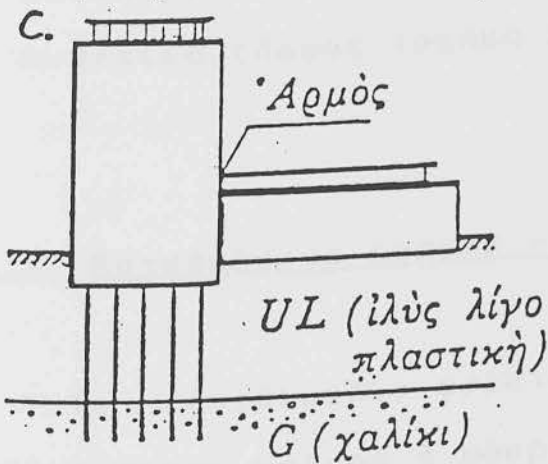
Η εισαγωγή και μεταβίβαση των φορτίων της ανωδομής σε εδαφικές στρώσεις που βρίσκονται βαθύτερα από τις στρώσεις που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το δομικό έργο, είναι δυνατό να γίνει κύρια κατά επιφάνειες (καταδυόμενα φρέατα, θεμελιώσεις με



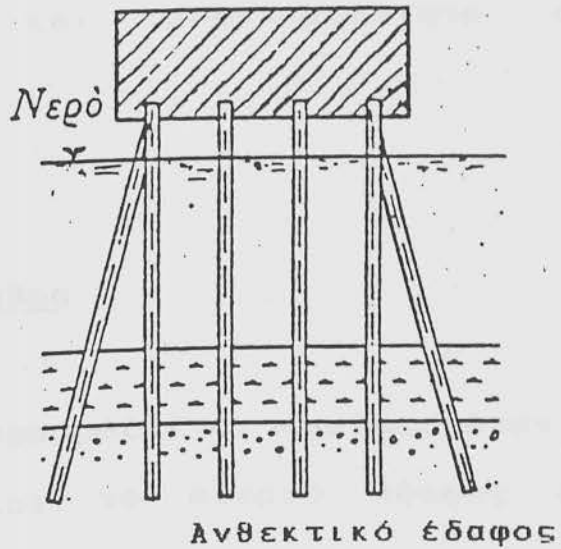
a. Εδ. στρώσεις με μεγάλη κλίση: χαμηλή πασσαλοεσχάρα



b. Θύλακες μη ανθεκτικού υλικού: χαμηλή πασσαλοεσχάρα



c. Δομικά έργα με διαφορετικές τάσεις έδρασης: χαμηλή πασσαλοεσχάρα



d. Υψηλή πασσαλοεσχάρα

πεπιεσμένο αέρα), είτε κύρια κατά σημεία (πάσσαλοι). Υπάρχουν πολλών ειδών λόγοι που επιβάλλουν την εφαρμογή συστημάτων θεμελίωσης σε βάθος όπως πχ.:

- η ύπαρξη ευαίσθητων ή μικρής αντοχής εδαφικών στρώσεων μεγάλου πάχους, των οποίων η βελτίωση ή η απομάκρυνση είναι πολύ δαπανηρή.
- εδαφικές στρώσεις με μεγάλη κλίση που μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές άνισες καθιζήσεις (σχήμα α),
- ακανόνιστη διαδοχή των στρώσεων, θύλακες μη ανθεκτικού υλικού με διάφορα πάχη που πχ. συναντώνται στα αλλούβια ή λιμνών, οι οποίοι μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες διαφορές καθιζήσεων (σχήμα β),
- φορτία ανωδομών γειτονικών κτιρίων που οι τιμές τους απέχουν πολύ μεταξύ τους, ψηλά κτίρια δίπλα σε χαμηλά, με σημαντική αμοιβαία αλληλεπίδραση των τάσεων στο έδαφος θεμελίωσης (σχήμα γ),
- έργα στο ανοικτό νερό, όπου απαιτείται τα φορτία να μεταφερθούν με ασφάλεια και οικονομικότητα στο ανθετικό έδαφος (σχήμα δ).

6.1. Καταδυόμενα φρέατα - βάθρα

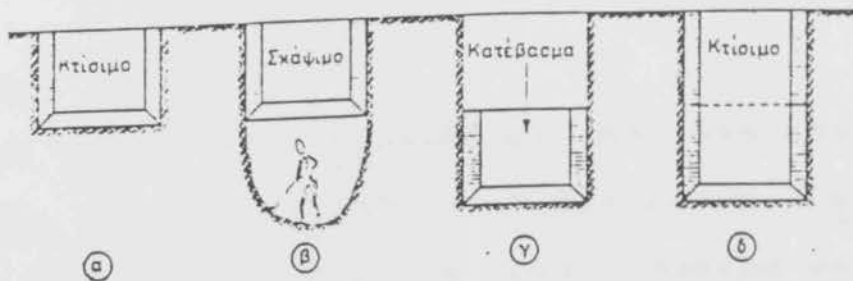
Τα καταδυόμενα φρέατα εφαρμόζονται κυρίως, όταν τα εδάφη είναι χαλαρά ή υδαρή και το στερεό έδαφος δεν βρίσκεται σε πολύ μεγάλο βάθος.

Οι οριζόντιες διαστάσεις τους είναι συνήθως 2 έως 3

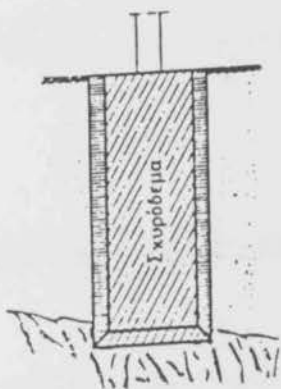
μ. και το βάθος τους 10 έως 15 μ. Η μέθοδος αυτή διαφέρει από τις αβαθείς θεμελιώσεις, επειδή το σκάψιμο για το θεμέλιο γίνεται σύγχρονα με την κατασκευή του και έτσι δεν χρειάζεται να αντιστηριχθούν τα πρανή. Εκτός από αυτό και ο όγκος των εκοκαφών περιορίζεται, επειδή δεν απαιτείται να δώσουμε κλίση στα πρανή. Το φρέαρ μπορεί να συμπληρωθεί με απλό σκυρόδεμα ή λιθόδεμα ή και να μείνει άδειο, αλλά να σκεπαστεί μόνο με μία χοντρή πλάκα από σκυρόδεμα, ανάλογα και με την ποιότητα του εδάφους, που βρίσκεται από κάτω του.

Επειδή η εκοκαφή των καταδυόμενων φρεάτων γίνεται σε μεγάλο βάθος, η εργασία είναι πάντοτε επικίνδυνη. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχει παροχή καθαρού αέρα, επειδή στο βάθος της εκοκαφής συγκεντρώνεται διοξείδιο του άνθρακος ή άλλα βαριά αέρια που μπορούν να προκαλέσουν συμπτώματα ασφυξίας. Είναι επίσης, σκόπιμο οι εργάτες να είναι δεμένοι με σχοινιά, ώστε να μπορούμε να τους ανασύρουμε, αν χάσουν τις αισθήσεις τους ή αν συμβεί κανένα ατύχημα από απρόβλεπτη κατολίωση χωμάτων.

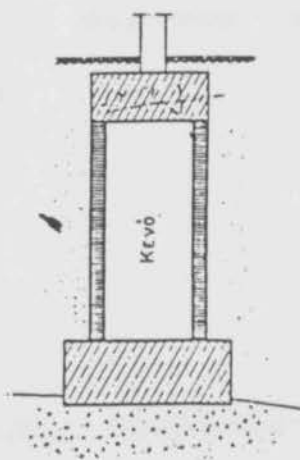
Όταν η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής έχει μορφή σκελετού, κατασκευάζεται ένα καταδυόμενο φρέαρ κάτω από κάθε σημείο, όπου καταλήγουν τα φορτία της ανωδομής. Όταν η φέρουσα κατασκευή είναι συνεχής κατασκευάζονται περισσότερα από ένα φρέατα κάτω από κάθε στοιχείο της και πάνω τους στηρίζεται μία θεμελιοδοκός που αποτελεί και τη χαμηλότερη ζώνη του στοιχείου της φέρουσας



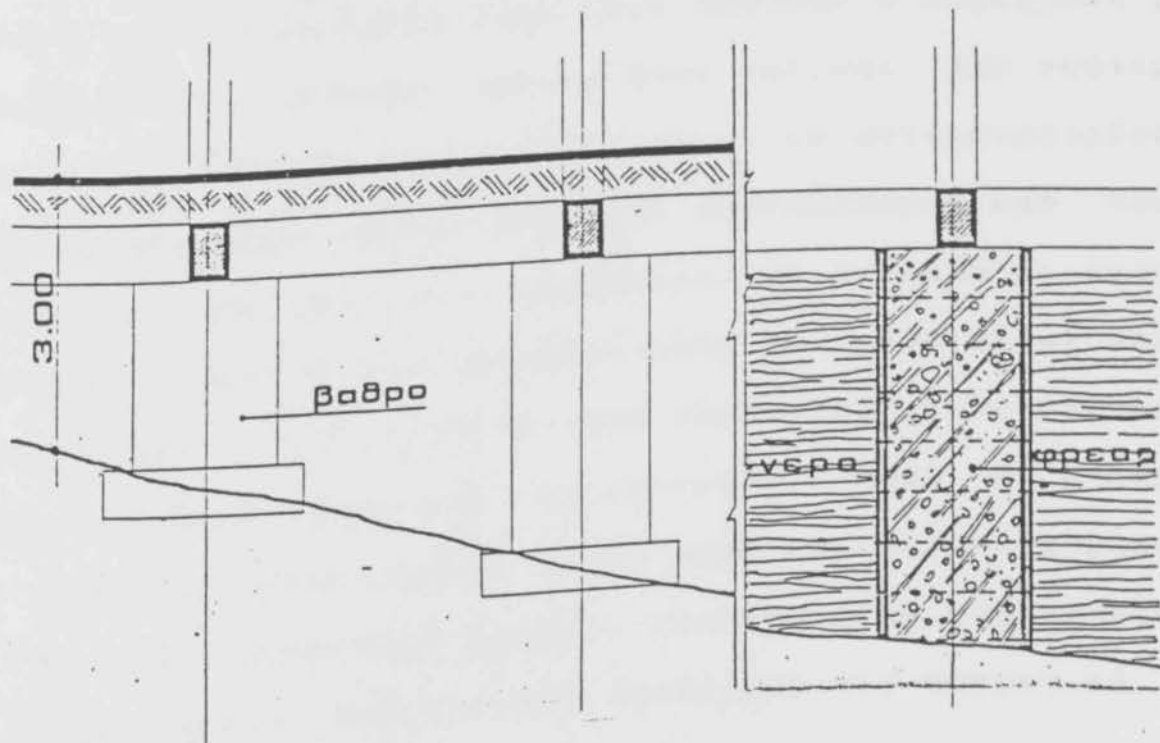
Διαδοχικές φάσεις εργασιών για την κατασκευή καταδυόμενου φρέατος.



Καταδυόμενο φρέαρ που στηρίζεται σε βραχώδες έδαφος. Ισοπεδώνεται ο βράχος και το φρέαρ συμπληρώνεται με σκυρόδεμα ή λιθόδεμα.



Καταδυόμενο φρέαρ που μένει άδειο, επειδή εδράζεται σε έδαφος με αντοχή σχετικά μικρή



Θεμελίωση με βάθρα ή φρέατα

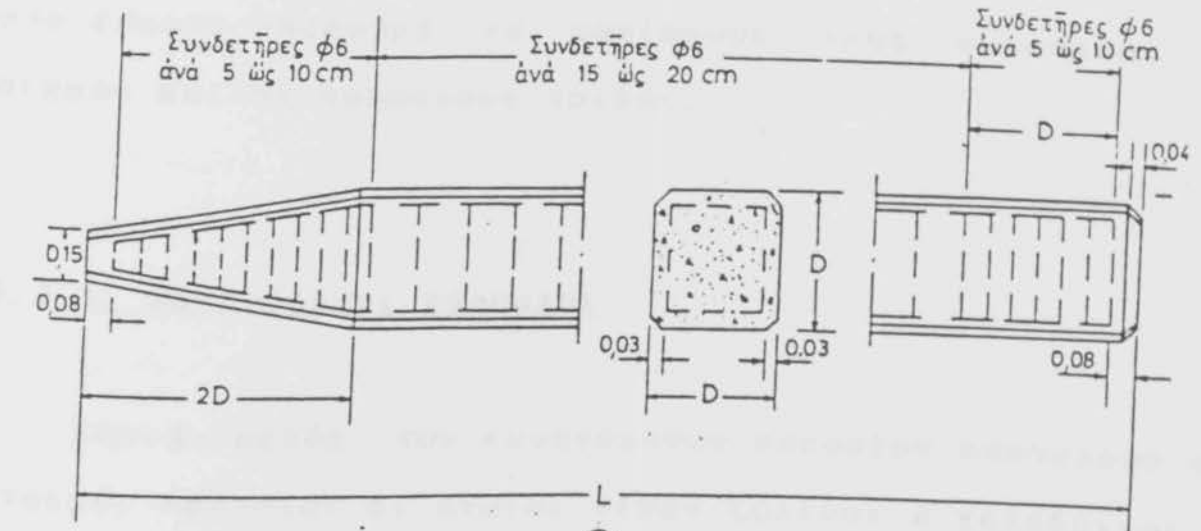
κατασκευής.

Πρέπει όμως να σημειώσουμε ότι όλο και λιγότερο εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος θεμελιώσεως, επειδή η πρόοδος της τεχνολογίας επιτρέπει σήμερα να γίνονται πασσαλώσεις με πασσάλους πολύ μεγάλης διαμέτρου, που λέγονται φρεατοπάσσαλοι και έχουν περίπου το ίδιο αποτέλεσμα με τα καταδυόμενα φρέατα.

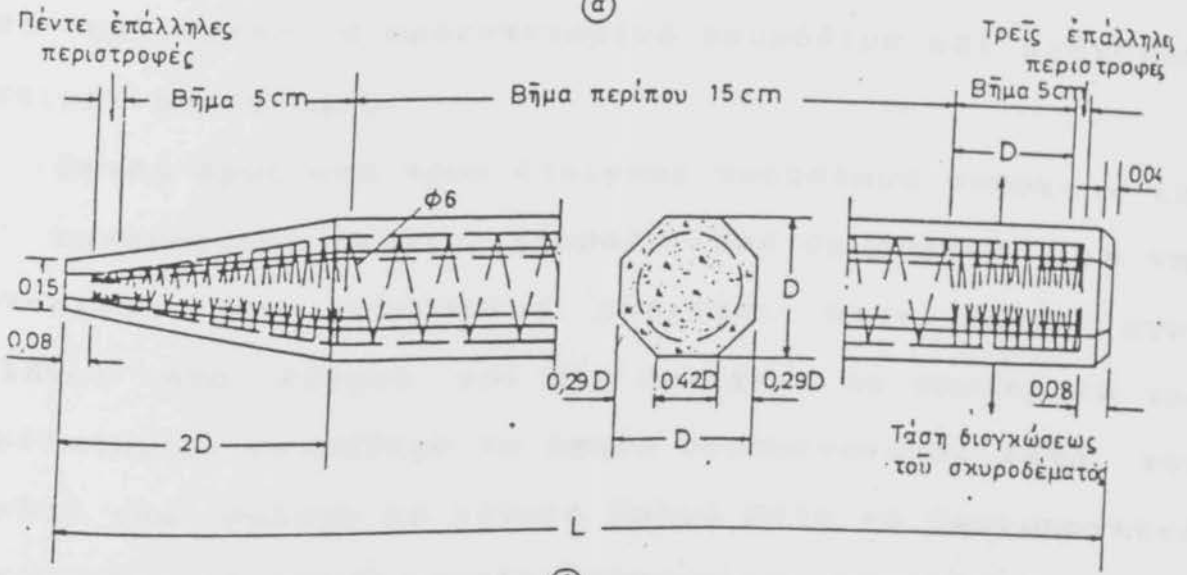
6.2. Θεμελιώσεις με πασσάλους

Η πασσάλωση ως μέθοδος κατασκευής εφαρμόζεται από πολύ παλιά. Οι προϊστορικές λιμναίες κατοικίες στηρίζονταν πάνω σε πασσάλους.

Γενικά σε περιοχές ελώδεις ή με εδάφη μαλακά και ασταθή η συνηθισμένη λύση ήταν πάντοτε η θεμελίωση με πασσάλους. Οι πάσσαλοι αρχικά ήταν ξύλινοι. Στα νεώτερα χρόνια οι ξύλινοι πάσσαλοι τείνουν να αντικατασταθούν εντελώς από τους μεταλλικούς και περισσότερο από τους πασσάλους από σπλισμένο σκυρόδεμα. Οι τελευταίοι έχουν το πλεονέκτημα να μην σαπίζουν ούτε να σκουριάζουν μέσα στο έδαφος, ενώ αντίθετα αυτό συμβαίνει στους άλλους, ιδιαίτερα όταν βρίσκονται σε περιοχές, όπου η στάθμη των υπογείων νερών άλλοτε είναι ψηλά και άλλοτε χαμηλά. Με τους πασσάλους γίνεται κατορθωτό να αναζητηθούν σε μεγάλο βάθος στρώματα του υπεδάφους πιο συνεκτικά.



α



β

Παραδείγματα πασσάλων προκατασκευασμένων από οπλισμένο σκυρόδεμα: α) Με διατομή τετραγωνική. β) Με διατομή οκταγωνική.

Ανάλογα με την μέθοδο κατασκευής μπορούμε να χωρίσουμε τους πασσάλους σε εμπηγόμενους και σε πασσάλους εκκοκαφής.

Ανάλογα με τον τρόπο που καταπονούνται οι πάσσαλοι

εφελκυόμενους και σε εύκαμπτους.

Τέλος ανάλογα με τον τρόπο μεταβίβασης των δυνάμεων στο έδαφος μπορούμε να χωρίσουμε τους πασσάλους σε αιχμής και σε πασσάλους τριβής.

6.2.1. Εμπηγόμενοι πάσσαλοι

Κύρια ομάδα των εμπηγόμενων πασσάλων αποτελούν οι έτοιμοι πάσσαλοι οι οποίοι είναι ξύλινοι ή χαλύβδινοι ή από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα και μπήγονται έτοιμοι στο έδαφος.

Εκτός όμως από τους έτοιμους πασσάλους υπάρχουν και οι εμπηγόμενοι έγχυτοι πάσσαλοι από σκυρόδεμα. Για την κατασκευή των τελευταίων μπήγεται στην αρχή ένας σωλήνας στο έδαφος και στη συνέχεια το εσωτερικό του γεμίζεται με σκυρόδεμα το οποίο συμπυκνώνεται κατά την έξοδο του σωλήνα με τέτοιο βαθμό ώστε να δημιουργηθεί μία εσωτερική επαφή μεταξύ εδάφους και σκυροδέματος. Οι πάσσαλοι αυτοί είναι δυνατό να οπλιστούν.

Οι πάσσαλοι μπήγονται στο έδαφος με ειδικά μηχανήματα, που ονομάζονται πασσαλοπήκτες. Υπάρχουν πολλών ειδών πασσαλοπήκτες. Μπορεί να είναι απλές πρόχειρες διατάξεις, που να επιτρέπουν σε ένα βάρος να πέφτει ελεύθερα και πολλές φορές πάνω στην κεφαλή του πασσάλου.

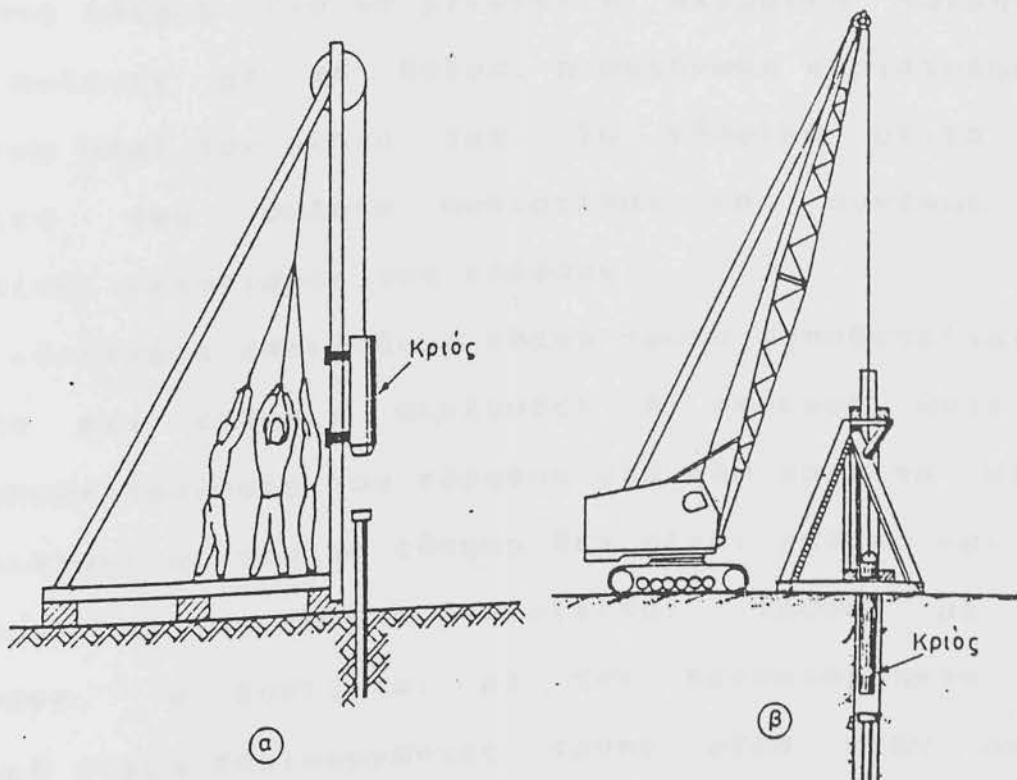
Μπορεί όμως να είναι και μεγάλα συγκροτήματα

Μπορεί όμως να είναι και μεγάλα συγκροτήματα ρυμουλκούμενα ή ιδιοκίνητα, που λειτουργούν με ατμό ή πεπιεσμένο αέρα. Οι πασσαλοπήκτες χρησιμεύουν κυρίως για την διεύθυνση προκατασκευασμένων πασσάλων για θεμελιώσεις, οι ίδιες όμως συσκευές χρησιμοποιούνται και στις δοκιμαστικές πασσαλώσεις, όπως και για την τοποθέτηση των χιτώνων, δηλαδή του περιβλήματος των πασσάλων, που κατασκευάζονται μέσα στο έδαφος.

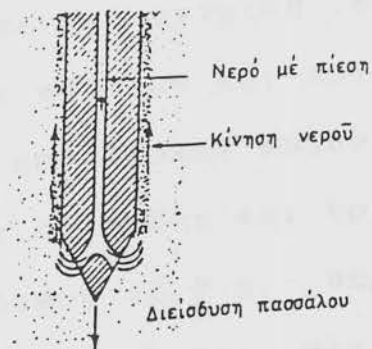
Οι πάσσαλοι μπορούν να καρφωθούν και με άλλους τρόπους. Αν μέσα από τον πάσσαλο περνάει νερό με μεγάλη πίεση και βγαίνει από τρύπες κοντά στην αιχμή του, τότε το νερό ξαναέρχεται στην επιφάνεια ακολουθώντας το εξωτερικό του πασσάλου. Έτσι το νερό από τη μία μεριά σκάβει το έδαφος ακριβώς κάτω από τον πάσσαλο και από την άλλη παίζει το ρόλο του λιπαντικού μέσου ανάμεσα στον πάσσαλο και το έδαφος. Με αυτόν τον τρόπο το βάρος του πασσάλου, με τη βοήθεια και κάποιου μικρού φορτίου, αν χρειάζεται, τον κάνει να βυθίζεται μέσα στο έδαφος. Βεβαίως η μέθοδος αυτή απαγορεύεται να εφαρμοστεί σε πασαλώση τριβής.

6.2.2. Πάσσαλοι εκοκαφής (ή διάτρησης)

Οι πάσσαλοι διάτρησης συνήθως κατασκευάζονται σαν έγχυτοι πάσσαλοι από σκυρόδεμα. Σπανιότατα και σε πολύ ειδικές περιπτώσεις τοποθετούνται έτοιμοι πάσσαλοι σε



Πασσαλοπήκτες: α) Χειροκίνητος. β) Μηχανοκίνητος με ερπύστριες.



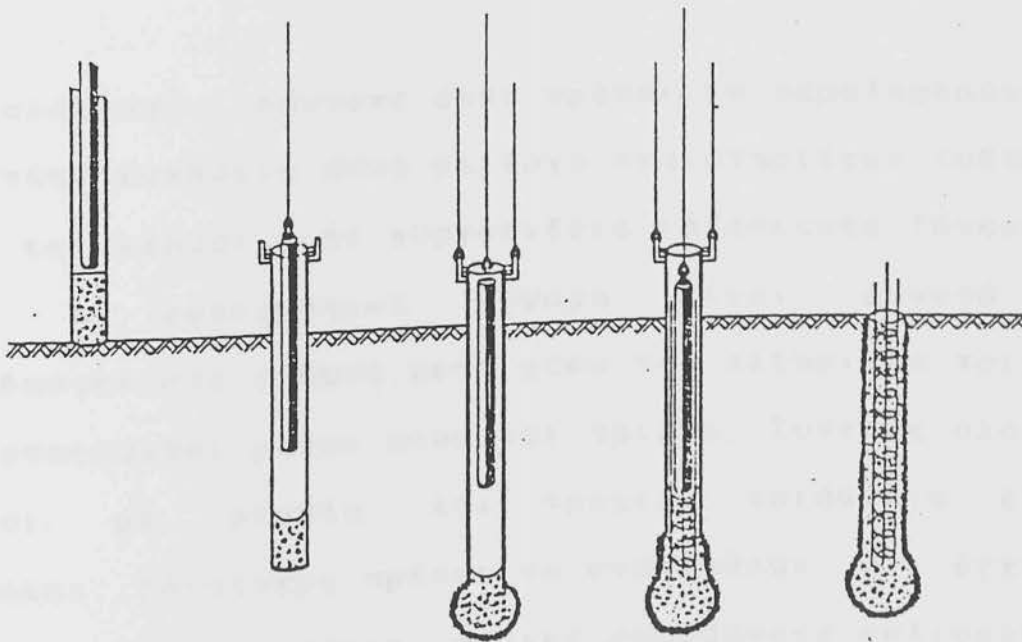
από πριν ανοιγόμενες οπές τις οποίες κλείνουν στη συνέχεια. Ο σωλήνας προώθησης εισέρχεται με υδραυλική

πίεση στο έδαφος. Για να μειωθεί η πλευρική τριβή, η οποία αυξάνει με το βάθος, η σωλήνωση περιστρέφεται υδραυλικά περί τον άξονά της. Το εδαφικό υλικό στο εσωτερικό του σωλήνα αφαιρείται και συνεπώς δεν προκαλείται εκτοπισμός του εδάφους.

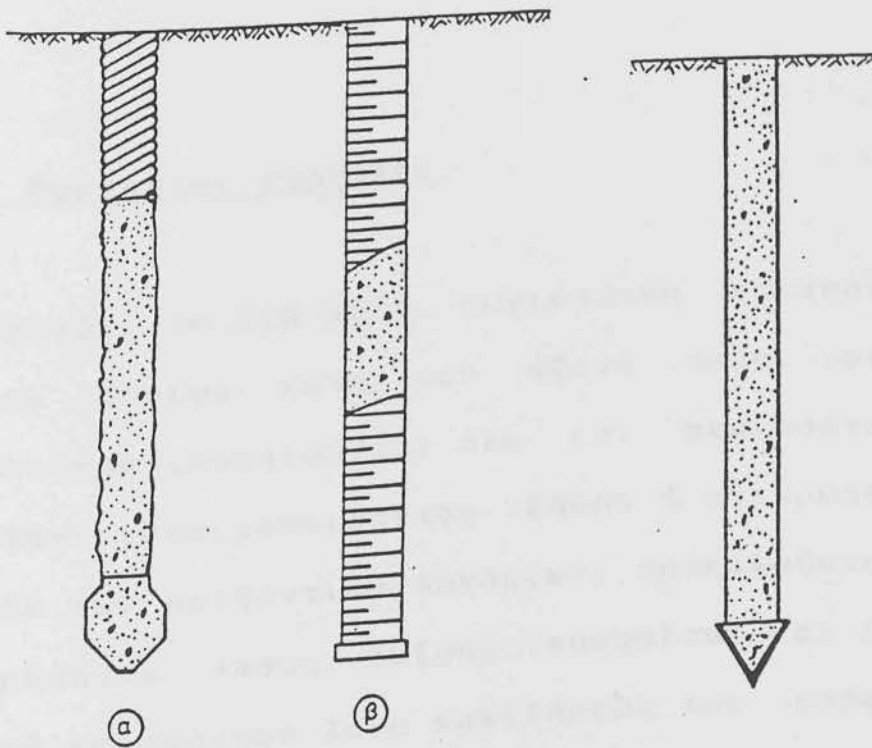
Σε ιδιαίτερα επικίνδυνα εδάφη πρώτα τοποθετείται η σωλήνωση και κατόπιν ακολουθεί η εκσκαφή ώστε να αποφευχθούν θραύσεις του εδάφους από έξω προς τα μέσα. Σε περιπτώσεις που το έδαφος δεν είναι μαλακό και δεν καταρρέουν τα τοιχώματα, ανοίγεται τρύπα με το γεωτρύπανο, ή βυθίζεται με τον πασσαλομπήκτη μία μεταλλική αιχμή δημιουργώντας τρύπα μέσα στην οποία τοποθετείται ο σιδερένιος σπλιισμός και στη συνέχεια γεμίζει με σκυρόδεμα.

6.2.3. θλιβόμενοι πάσσαλοι

Καταπονούνται σε κεντρική θλίψη. Χρησιμοποιούνται στις θεμελιώσεις κτιρίων και έργων υποδομής. Για λόγους περιορισμού των καθιζήσεων κατασκευάζονται κυρίως σαν πάσσαλοι αιχμής ή τριβής και πρέπει να εισδύουν αρκετά στο ανθεκτικό έδαφος (3.0 μ. περίπου). Ως θλιβόμενοι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται όλα τα είδη εμπηγόμενων πασσάλων ή πασσάλων διάτρησης με ή χωρίς ενίσχυση του κάτω άκρου.



Διαδοχικές φάσεις για την κατασκευή έγχυτου πασσάλου τύπου Franki.



α)

β)

Έγχυτοι πάσσαλοι με μόνιμο περίβλημα: α) Τύπου Western. β) Τύπου Mac Arthur

Έγχυτος πάσσαλος χωρίς περίβλημα τύπου Simplex

6.2.4. Εφελκυστικοί πάσσαλοι

Χρειάζονται πάντοτε όταν πρέπει να παραληφθούν και οριζόντιες δυνάμεις όπως σε έργα αντιστηρίξεων (ωθήσεις γαιών και νερού) ή σε πυργοειδείς κατασκευές (άνεμος). Επειδή η εφελκυστική δύναμη είναι δυνατό να μεταβιβαστεί στο έδαφος μόνο μέσω της πλευρικής τριβής, χρησιμοποιούνται μόνον πάσσαλοι τριβής. Συνεπώς όλοι οι πάσσαλοι με μεγάλη και τραχεία επιφάνεια είναι κατάλληλοι. Ιδιαίτερα πρέπει να αναφερθούν οι έγχυτοι πάσσαλοι από σκυρόδεμα, φυσικά οπωσδήποτε σπλιομένοι, και συχνά εφοδιασμένοι με ενίσχυση του κάτω άκρου ώστε να αξιοποιηθεί και το βάρος της σχηματιζόμενης χωμάτινης στήλης.

6.2.5. Εύκαμπτοι πάσσαλοι

Μολονότι το DIN 1054, συνιστά να καταπονούνται οι πάσσαλοι κυρίως κατά τον άξονά τους, οι εύκαμπτοι πάσσαλοι χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο. Ακόμη και όταν χρησιμοποιούνται βάθρα ή αγκυρώσεις για την παραλαβή των οριζόντιων δυνάμεων, προκαλούνται αθέλητες εκκεντρότητες στους λοξούς πασσάλους και συνεπώς και καμπτική καταπόνηση λόγω καθιζήσεων του εδάφους, λόγω πάκτωσης του άνω άκρου και λόγω αναπόφευκτων ανακριβειών κατά την έμπηξη. Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη

και χρήση μεγάλων πασσάλων αυξάνει άλλωστε την τάση να χρησιμοποιούνται οι κατακόρυφοι πάσσαλοι για την παραλαβή τόσο οριζόντιων όσο και κατακόρυφων δυνάμεων ή και ροπών. Οι διαστάσεις του πασσάλου - δηλαδή ο λόγος $D/L =$ διάμετρος προς βάθος είσοδου - καθορίζουν αν ο πάσσαλος θα συμπεριφερθεί δύσκαμπτα (ο οποίος στρέφεται απαραμόρφωτος στο έδαφος), ή σαν δοκός με ελαστική στήριξη.

6.2.6. Πάσσαλοι αιχμής

Γενικά ένα τμήμα του φορτίου του πασσάλου μεταβιβάζεται στο έδαφος μέσω της αντίστασης κατά την αιχμή του πασσάλου και το υπόλοιπο μέσω της τριβής κατά την πλευρική του επιφάνεια. Αν η μεταβίβαση του φορτίου επιτυγχάνεται κυρίως με την αντίσταση αιχμής και την πλευρική τριβή στην περιοχή της αιχμής ο πάσσαλος λέγεται πάσσαλος αιχμής. Στην περίπτωση αυτή επιδιώκεται περιορισμένη και λεία επιφάνεια και συγχρόνως μεγάλη διατομή.

Οι απαιτήσεις αυτές ικανοποιούνται με πασσάλους συμπαγείς, σωληνωτούς ή κιβωτισειδείς. Η φέρουσα ικανότητα αυξάνει σημαντικά αν αυξηθεί η διατομή και η πλευρική επιφάνεια στην περιοχή της αιχμής.

Σχετικά είναι δυνατά τα εξής μέτρα:

- Κατασκευή προχύτων πασσάλων με ενισχυμένη αιχμή.

- Επιουγκόλποη πτερυγίων σε χαλύβδινους πασοάλους.
- Διεύρυνση του κάτω άκρου εγχύτων πασοάλων.

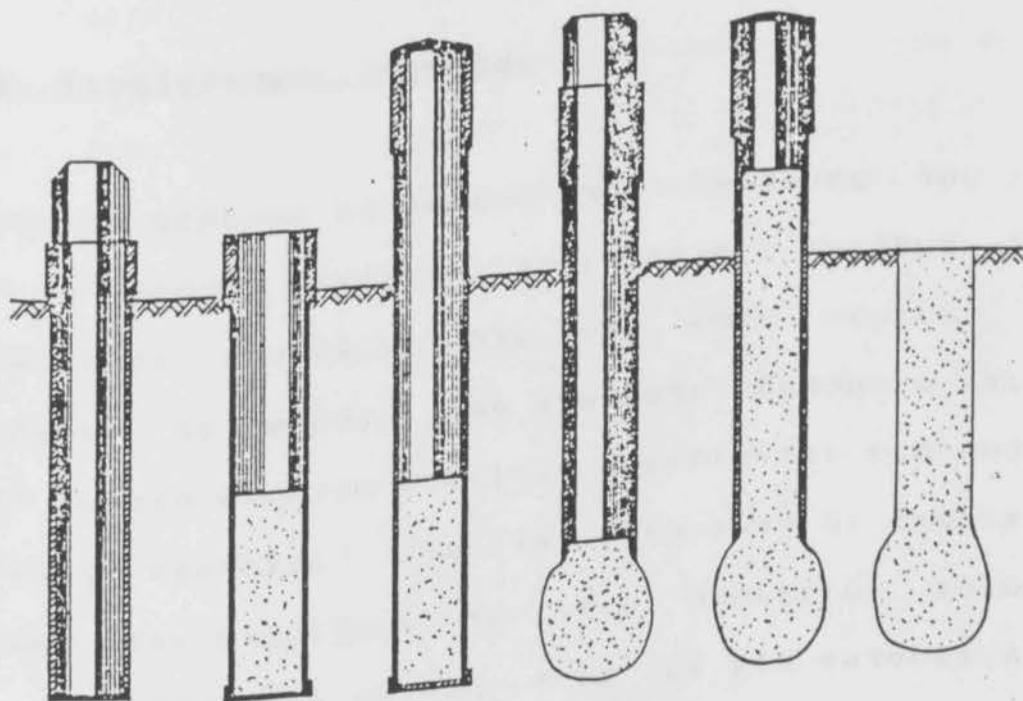
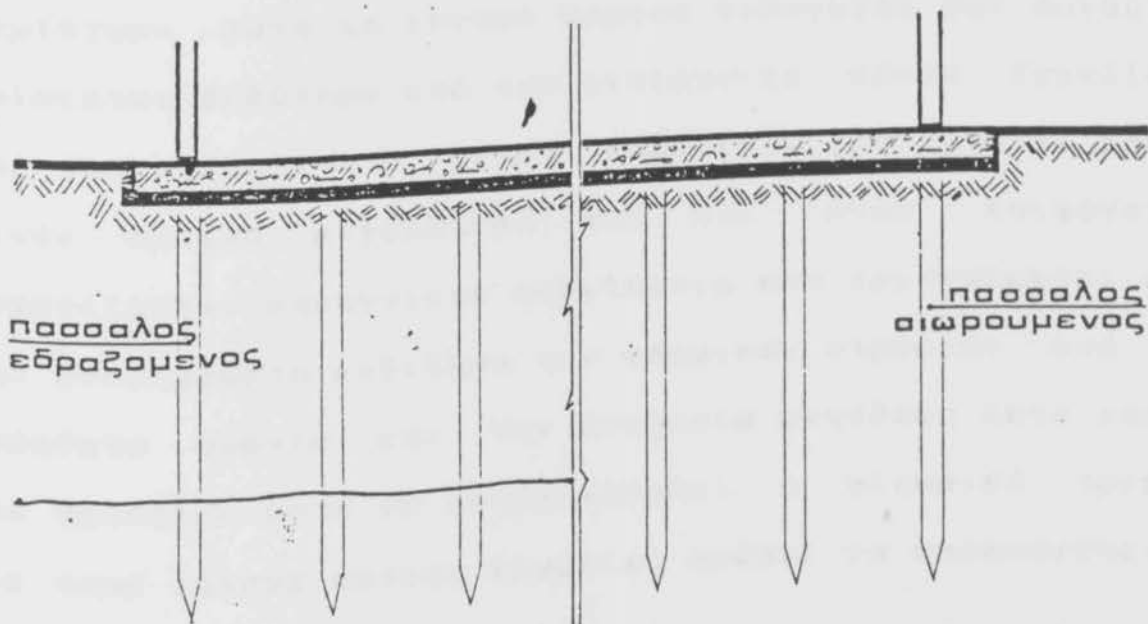
Τα μέτρα αυτά δεν πρέπει να αυξήσουν τις αντιστάσεις εισόδου των εμπηγόμενων πασοάλων στις ανώτερες εδαφικές στρώσεις. Συνεπώς η εφαρμογή τους περιορίζεται μόνο στις περιπτώσεις με μαλακά επιφανειακά εδάφη.

6.2.7. Πασοάλοι τριβής

Όταν το φορτίο του πασοάλου μεταβιβάζεται κύρια μέσω της πλευρικής τριβής, ο πάσοαλος χαρακτηρίζεται πάσοαλος τριβής. Προφανώς απαιτούνται τότε μεγάλες πλευρικές επιφάνειες με σημαντική τραχύτητα. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται από έγχυτους πασοάλους ή χαλύβδινους πασοάλους μορφής δοκού.

Πάντοτε πρέπει να επιδιώκεται οι πάσοαλοι να μεταφέρουν τα φορτία τους σε κάποια στρώση επαρκούς αντοχής στην οποία εισδύουν σε αρκετό βάθος. Οι καθιζήσεις αυτών των εδραζομένων πασοάλων παραμένουν σε ανεκτά όρια. Η μορφή αυτή είναι η κανονική. Αν όμως το ανθεκτικό έδαφος βρίσκεται σε τέτοιο βάθος, ώστε να μην είναι αποδεκτή οικονομικά η παραπάνω λύση, χρησιμοποιείται κατ'εξαιρέση η μορφή του αιωρούμενου πασοάλου.

Τότε τα φορτία των πασοάλων μεταφέρονται κύρια μέσω



Διαδοχικές φάσεις εργασιών για την κατασκευή πασσάλων
μέσα στο έδαφος. α. Χωρίς μόνιμη επένδυση.

της πλευρικής τριβής σε βαθύτερες, περισσότερο στερεοποιημένες στρώσεις ανεκτικού εδάφους. Αν και στην περίπτωση αυτή το κέντρο βάρους εισαγωγής των δυνάμεων βρίσκεται βαθύτερα από την αντίστοιχη αβαθή θεμελίωση και οπωσδήποτε το μέτρο συμπίεσης σε αυτό το βάθος είναι αρκετά μεγαλύτερο από ότι στην επιφάνεια, εμφανίζονται σημαντικές καθιζήσεις που ερμηνεύονται από την αναπόφευκτη καθίζηση των εδαφικών στρώσεων υπό το πρόσθετο φορτίο και την αναγκαία μετάθεση κατά μήκος του πασσάλου ώστε να ενεργοποιηθεί η πλευρική τριβή. Για τους λόγους αυτούς κανονικά πρέπει να αποφεύγεται η αιωρούμενη θεμελίωση.

6.2.8. Κεφαλόδεσμοι πασσάλων

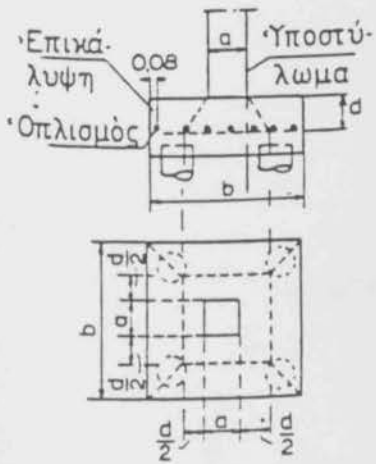
Όταν η φέρουσα κατασκευή της ανωδομής του έργου έχει τη μορφή σκελετού χρειάζονται συνήθως δύο ή περισσότεροι πάσσαλοι κάτω από κάθε σημείο, όπου καταλήγουν τα φορτία της ανωδομής. Παρόμοια και κάτω από τα συνεχή φέροντα στοιχεία χρειάζονται περισσότεροι από ένας πάσσαλοι. Για το λόγο αυτό οι κεφαλές των πασσάλων, που στηρίζουν το ίδιο στοιχείο, κολώνα ή τοίχο, συνδέονται μεταξύ τους με μία κατασκευή, που ονομάζεται πασσαλοεσχάρα ή κεφαλόδεσμος.

Σχεδόν πάντοτε οι κεφαλόδεσμοι των πασσάλων διαμορφώνονται αρθρωτοί. Στους θλιβόμενους πασσάλους η

άρθρωση επιτυγχάνεται αν περιορίσουμε το βάθος του πασσάλου μέσα στην πλάκα σε 15 έως 20 cm.

Οι πάσσαλοι μπαίνουν με τέτοιο τρόπο ώστε οι κεφαλές τους να παίρνουν μία συμμετρική διάταξη γύρω από το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης των φορτίων της ανωδομής, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε ότι οι πασσαλοεσχάρες έχουν περίπου τη μορφή των απομονωμένων πεδίων ή των συνεχών θεμελίων, ανάλογα με την περίπτωση.

Πράγματι η μόνη διαφορά είναι ότι από κάτω δέχονται τις συγκεντρωμένες αντιδράσεις των πασσάλων, αντί να δέχονται τις μοιρασμένες αντιδράσεις του εδάφους. Επειδή οι πασσαλώσεις χρησιμοποιούνται σε ασταθή εδάφη και υπάρχει πάντα η πιθανότητα να παρουσιασθούν διαφορετικές καθιζήσεις στα διάφορα σημεία της θεμελιώσεως, είναι σωστό να συνδέονται όλες οι πασσαλοεσχάρες μεταξύ τους. Η σύνδεση γίνεται ή με ένα σύστημα δοκών συνδέσεως ή με μία συνεχή πλάκα.



Πλήθος πασσαλίων	Κάτοψη	Πλήθος πασσαλίων	Κάτοψη
5		11	
6		12	
7		13	
8		14	
9		15	
10		16	

Τυπικές μορφές για πασσαλοεσοχές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Υ Π Ο Θ Ε Μ Ε Λ Ι Ω Σ Ε Ι Σ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Λέγοντας υποθεμελίωση εννοούμε την κατασκευή υποστήριξης ενός θεμελίου με ένα άλλο σε χαμηλότερη στάθμη, με την οποία αποσκοπούμε στην ενίσχυση της θεμελιώσεως. Μπορούμε να διαχωρίσουμε τις

υποθεμελιώσεις σε προληπτικές και σε επισκευαστικές.

Οι προληπτικές έχουν σκοπό την ενίσχυση διαμορφωμένων κατασκευών για την υποδοχή μεγαλύτερων φορτίων (προσθήκες), ή την αντιμετώπιση αλλαγών στις συνθήκες του υπεδάφους. Η τελευταία περίπτωση

εμφανίζεται όταν πρόκειται να θεμελιωθεί γειτονική κατασκευή σε βάθος μεγαλύτερο από το βάθος άλλης που υπάρχει. Οι επισκευαστικές υποθεμελιώσεις αποσκοπούν στην αποκατάσταση βλαβών ή την διακοπή φαινομένων που εγκυμονούν κινδύνους για την ανωδομή.

Πριν από την εκτέλεση της υποθεμελίωσης γίνεται από αρμόδιο τεχνικό - που συνοδεύεται και από εξουσιοδοτημένο αντιπρόσωπο του ιδιοκτήτη - μία ακριβής αποτύπωση της κατάστασης της κατασκευής. Καταγράφεται κάθε ένδειξη, ή σημείο βλάβης, ή αστοχίας (ρωγμές, υποχωρήσεις, καταπτώσεις κλπ.). Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται νομικές διαφορές, μετά την εκτέλεση της υποθεμελίωσης, αλλά συγκεντρώνονται και πληροφορίες για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς της

κατασκευής.

Οι εργασίες υποθεμελίωσης απαιτούν προσεκτική προετοιμασία με σκοπό να διασφαριστούν τελείως οι εδαφικές και κατασκευαστικές λεπτομέρειες των γειτονικών κτιρίων. Εδώ σημαντική βοήθεια μπορούν να προσφέρουν τα αρχεία των πολεοδομικών γραφείων, όπου υπάρχουν οι στατικές μελέτες και οι έλεγχοι θεμελιώσεων.

Σε μερικές περιπτώσεις πριν αρχίσει η κατασκευή υποθεμελίωσης φροντίζουμε, ώστε το τμήμα που υποθεμελιώνεται να απαλλάσσεται από τα φορτία που φέρει μεταφέροντάς τα με ικριωματική κατασκευή σε μία απόσταση από το σημείο υποθεμελίωσης.

Η προσωρινή υποστήριξη γίνεται με ποικίλους τρόπους: Ανάλογα με το είδος και το υλικό του φέροντος στοιχείου και την κατάσταση του υπεδάφους.

Στο σχήμα φαίνεται η μέθοδος προσωρινής υποστήριξης.

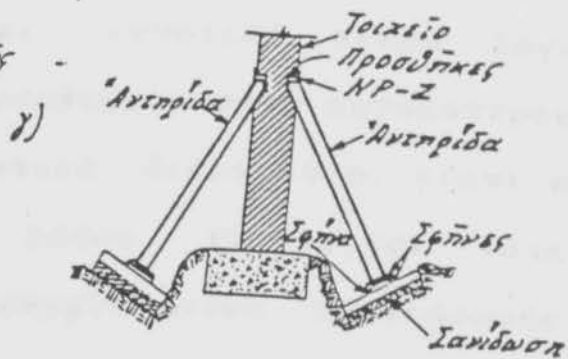
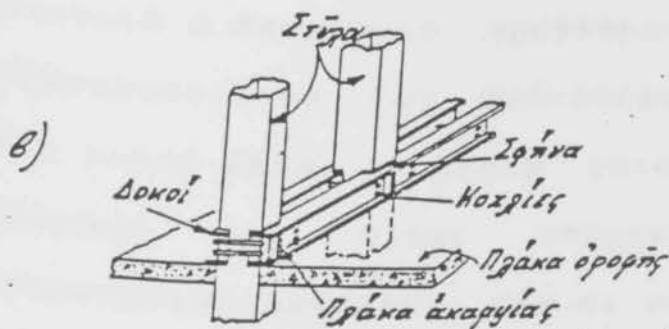
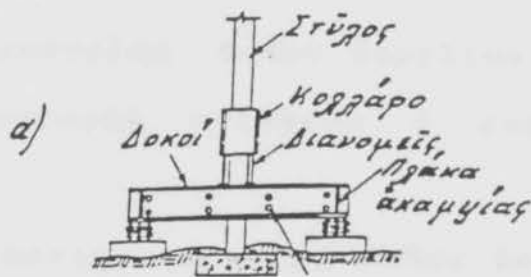
α. Ενός υποστυλώματος,

β. Δυό υποστυλωμάτων και

γ. Τοιχείου.

Τα φέροντα αυτά στοιχεία είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και σε όλες τις περιπτώσεις τα φορτία τους μεταφέρονται (μετά την κοπή) πλευρικά ή σε άλλα φέροντα στοιχεία.

Ετσι ελευθερώνεται ο χώρος για την απομάκρυνση της παλιάς κατασκευής και την διαμόρφωση νέας ενισχυμένης.



Προσωρινές υποστηρίξεις

Το δεύτερο στάδιο είναι η κατασκευή της νέας θεμελίωσης. Γίνεται σταδιακά με αύξηση της επιφάνειας έδρασης, ή και ταυτόχρονη αύξηση του βάθους έδρασης, για τον εντοπισμό ανθεκτικότερου εδάφους.

2. ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΙΧΩΝ

2.1. Μέτρα ασφαλείας

Οι υποθεμελιώσεις τοίχων υπογείων κατά την

εκβάθυνση του υπογείου ή των θεμελίων του γειτονικού κτιρίου δεν σημαίνουν ενίσχυση ή επανόρθωση κατά κυριολεξία.

Οι υποθεμελιώσεις σε μικρό βάθος δεν παρουσιάζουν στατικά ή θεωρητικά προβλήματα και η ποιότητά τους εξαρτάται από την δεξιότητα και την καλή εκτέλεση. Στα μικρά βάθη η ώθηση γαιών είναι χωρίς σημασία, άλλωστε και διότι υπάρχει εντατική πίεση λόγω κατακόρυφων δυνάμεων, ενώ οι υποθεμελιώσεις μεγαλύτερου βάθους απαιτούν πάντοτε στατική διερεύνηση, γιατί η ώθηση γαιών αυξάνεται με το βάθος. Χρειάζεται τότε ενίσχυση της τοιχοποιίας υποθεμελιώσεως ή αγκύρωσής της. Υπενθυμίζεται εν σχέσει προς αυτό η κατάρρευση της Στατιστικής Υπηρεσίας στις Βρυξέλλες το 1952 λόγω ελλειπούς οριζοντίας αντιστήριξης της υποθεμελιώσεως όταν έγινε εκοκαφή του γειτονικού ορύγματος θεμελιώσεως (17 νεκροί).

Μπορεί να απαιτηθούν τα επόμενα μέτρα ασφαλείας όταν γίνεται αποκάλυψη των θεμελιώσεων και υποθεμελιώσεων κατά μήκος ενός τοίχου, ιδιαίτερα όταν δεν υπάρχει επαρκής σύνδεσμος του τοίχου μετά των συνεχόμενων δομικών τμημάτων, προ της ενάρξεως των εργασιών, αφού όμως προηγουμένως γίνει επαρκής αναγνώριση του εδάφους, των υφισταμένων δομικών έργων και των ενεργουσών δυνάμεων (των οριζοντίων επίσης πχ. πλαίσια):

- Βελτίωση ή διασφάλιση του συνδέσμου μεταξύ του

υποθεμελιωμένου τοίχου και των συναφών εγκάρσιων τοίχων και πλακών.

- Οπισθοαγκύρωση επικινδύνων δομικών στοιχείων προς άλλα δομικά στοιχεία που δεν βρίσκονται στην περιοχή επιρροής των προγραμματισμένων εργασιών.
- Αντιστήριξη τοίχων των οποίων η λειτουργία σαν δίσκων βρίσκεται σε αμφιβολία πχ. χτίσιμο ανοιγμάτων ή τοποθέτηση λαβίδων.
- Αντιστήριξη επικινδύνων δομικών τμημάτων με αντηρίδες, όταν τόσο στην κεφαλή όσο και στον πόδα μεταδίδονται ή μεταβιβάζονται από αυτά κατακόρυφες ή οριζόντιες δυνάμεις (στο ύψος πλάκας ή από εγκάρσιους τοίχους).
- Αντιστήριξη ή αγκύρωση του υπάρχοντος κτιρίου ως προς νέα ανεγερθέντα τμήματα νέας οικοδομής.

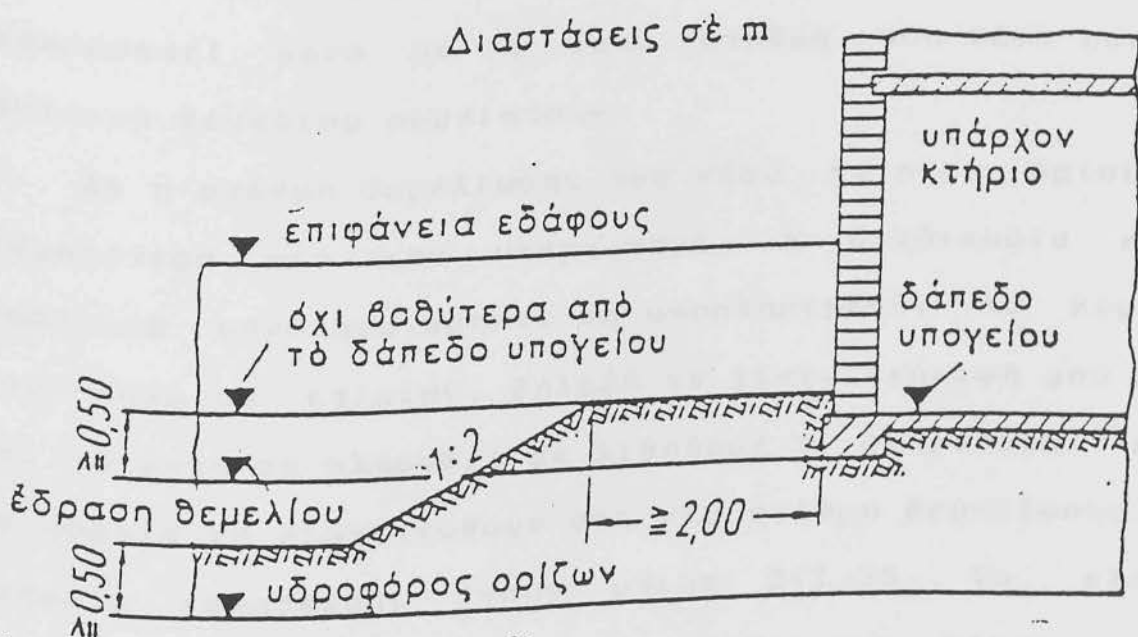
Κατά τις υπόθεμελιώσεις πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η δυνατότητα καθιζήσεως του υπάρχοντος κτιρίου λόγω της πρόσθετης φορτίσεως του εδάφους θεμελιώσεως.

3. ΣΥΝΕΧΕΙΣ ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ

Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται κυρίως για υποθεμελιώσεις τοιχείων ή πεδιλοδοκών και εκτελείται με σταδιακές υποσκαφές (ντουλάπια) σε αποστάσεις μεταξύ τους και με πλάτη ανάλογα, ώστε τα μετέωρα τμήματα της υπάρχουσας θεμελίωσης να κατανέμονται με ισομέρεια σε

όλο το μήκος του τοιχείου που υποθεμελιώνουμε.

Για να αποφευχθεί μία θραύση του εδάφους κάτω από το υπάρχον θεμέλιο προς την πλευρά της εκκοκαφής, η εκκοκαφή δεν πρέπει να φτάνει ακριβώς μέχρι το θεμέλιο. Αφήνεται παράλληλα προς το θεμέλιο μία λωρίδα εδάφους πλάτους τουλάχιστον 2.0 μ., ένας αναβαθμός, με πρανές προς την πλευρά εκκοκαφής το πολύ 30°. Η άνω στάθμη του αναβαθμού βρίσκεται στο ύψος του δαπέδου του υπογείου και πάντως τουλάχιστον 50 cm πάνω από τη στάθμη θεμελίωσης.

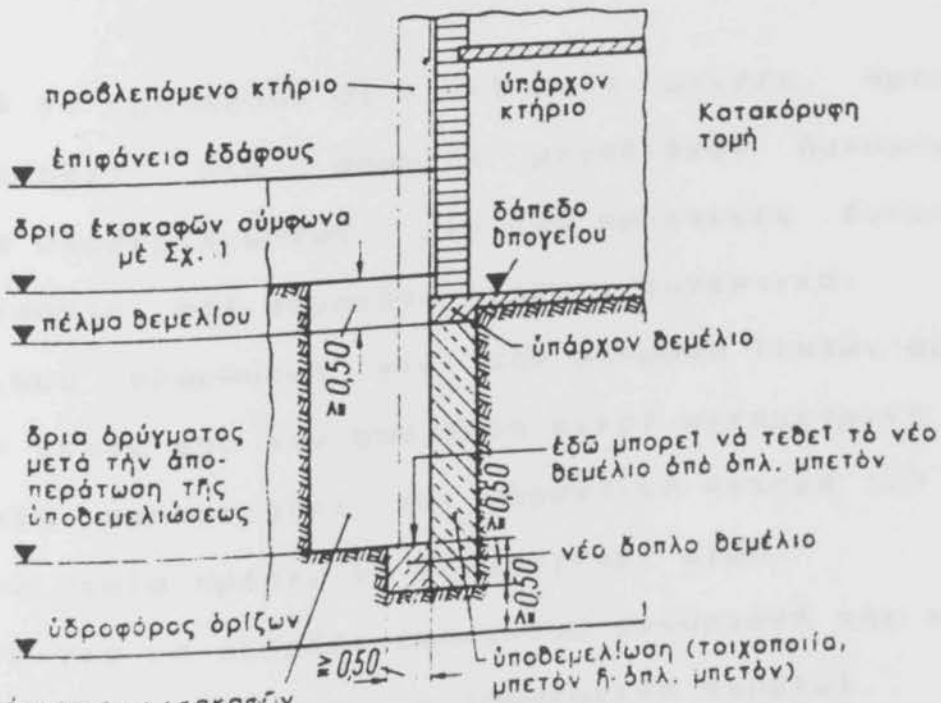


Όρια εκκοκαφών (σύμφωνα με το DIN 4123).

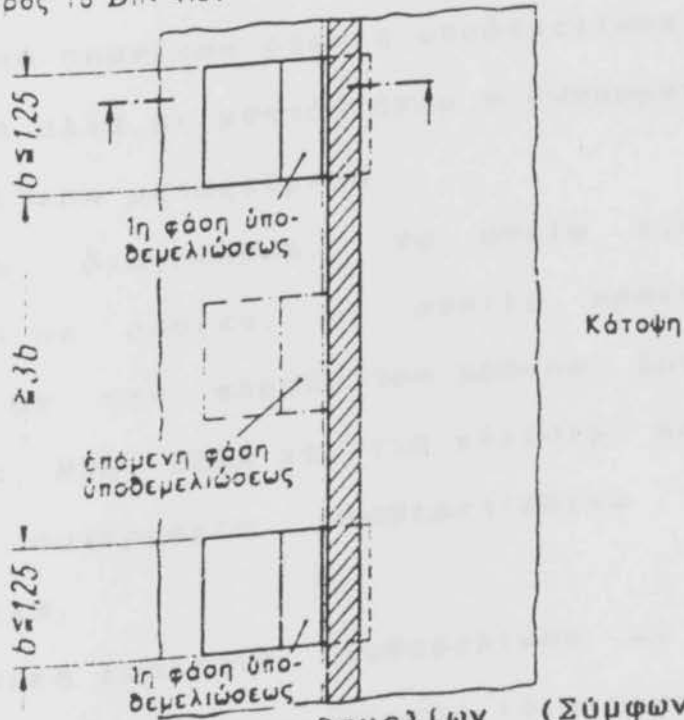
Στον αναβαθμό αυτό κατασκευάζεται τμηματικά το νέο θεμέλιο. Τα τμήματα της εκοκαφής (ντουλάπια), ανάλογα με τα φορτία της ανωδομής, έχουν μήκος που κυμαίνεται ανάμεσα στο $1/4$ και $1/6$ του μήκους του τοιχείου, πάντως το πλάτος κάθε τμήματος δεν μπορεί να υπερβαίνει το $1.25 \mu.$ ($B=1.25 \mu.$). Ανάμεσα σε δύο γειτονικές εκοκαφές παραμένει εδαφικός πυρήνας μήκους τουλάχιστον $3B$. Αφού ολοκληρωθεί η υποθεμελίωση των πρώτων τμημάτων, στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο προχωράμε, έως ότου συμπληρωθεί το σύνολο. Η σύνδεση των τοιχείων της υποθεμελίωσης μεταξύ τους γίνεται με οπλισμό αναμονής.

Με τον τρόπο αυτό το θεμέλιο δεν βρίσκεται ποτέ ολόκληρο εκτεθειμένο. Η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μόνο αν η κάτω στάθμη του νέου και του παλαιού θεμελίου συμπίπτουν.

Αν η στάθμη θεμελίωσης του νέου κτιρίου βρίσκεται χαμηλότερα από του υπάρχοντος, η διαδικασία είναι παρόμοια, μόνο που πρέπει να υποστηριχθούν τα θεμέλια του παλαιού κτιρίου, δηλαδή να γίνει εκοκαφή από κάτω και το κενό να πληρωθεί με λιθοδομή ή σκυρόδεμα, ώστε τα φορτία να διοχετευθούν στη νέα στάθμη θεμελίωσης. Τα τμήματα κατασκευής έχουν μήκος $B < 1.25$. Το πλάτος ακολουθεί το πλάτος του θεμελίου σεν κάποιο χώρο εργασίας. Το πάχος του θεμελίου της υποστήριξης υπολογίζεται από τις στατικές απαιτήσεις. Μετά την αποτύπωση αποκαθίσταται η μεταβίβαση των δυνάμεων με χαλύβδινες σφήνες ή υδραυλικές πρέσες και ο αρμός που



έκτέλεση των έκοκαφών σύμφωνα πρós τó DIN 4124



Υποθεμελίωση υπαρχόντων θεμελίων (Σύμφωνα με το DIN 4123).

δημιουργείται πληρώνεται με τσιμεντοκονία. Είναι σκόπιμο η υποστήριξη να αρχίζει από σημεία όπου αναμένονται τα μεγαλύτερα φορτία, δηλαδή στις γωνίες και όπου υπάρχουν εγκάρσιοι τοίχοι.

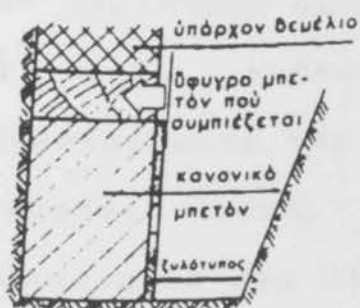
Για να κρατηθούν οι καθιζήσεις μικρές, πρέπει να δημιουργηθεί μία ασφαλής μεταβίβαση δυνάμεως στο σύστημα υποθεμελιώσεως, μερικές πρακτικές δυνατότητας περιγράφονται στα παρακάτω σχήματα συνοπτικά:

- Κονίαμα πληρώσεως για την πλήρωση λεπτών αρμών το οποίο εκτός από την απαιτητή μικρή ογκομετρική αρχική συστολή παρουσιάζει και σημαντική αντοχή (20 N/mm^2) και το οποίο πρέπει να συντηρείται υγρό.
- Σφήνες για να υπάρξει εφαρμοστή συναρμογή της νέας με την υπάρχουσα τοιχοποιία (οφηνοειδή τούβλα).
- Μπετόν από συμπίεση όταν η υποθεμελίωση δεν γίνεται με τοιχοποιία αλλά με μπετόν όπου η συναρμογή χρειάζεται πάλι ιδιαίτερη μεταχείριση.
- Τοιμέντο διογκώσεως, το οποίο είναι τοιμέντο περιεκτικό σε ουσίες, οι οποίες προκαλούν κάποια διογκωση με την πάροδο του χρόνου. Χρησιμοποιείται στη Γαλλία, ΗΠΑ, ΕΣΣΔ κα. για κλείσιμο αρμών με πλήρη εφαρμογή, συναρμογές, υποθεμελιώσεις, ενισχυτικές εργασίες κλπ.

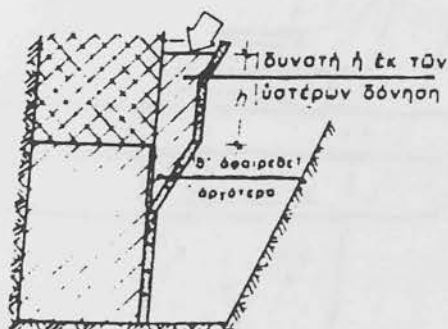
Η τμηματική λωριδωτή υποθεμελίωση με λίθους από τοιμεντοκονίαμα δεν είναι τίποτα ιδιαίτερο, χρειάζεται μόνο υπόδειξη ως προς τον επάνω αρμό συναρμογής. Ενδείκνυται να κλείσει αυτός ο αρμός μόνο αφού συντελεσθεί η καθίζηση της υπόλοιπης υποθεμελιώσεως και επέλθει η σκλήρυνση. Πρέπει να τονισθεί τέλος πως το θεμέλιο του νέου κτιρίου πρέπει να κατασκευασθεί συγχρόνως με την υποθεμελίωση.



Υποθεμελίωση με σφηνοειδή τούβλα κατά Kirgis



Υποθεμελίωση με μπετόν υπό συμπίεση στην απομένουσα λωρίδα.

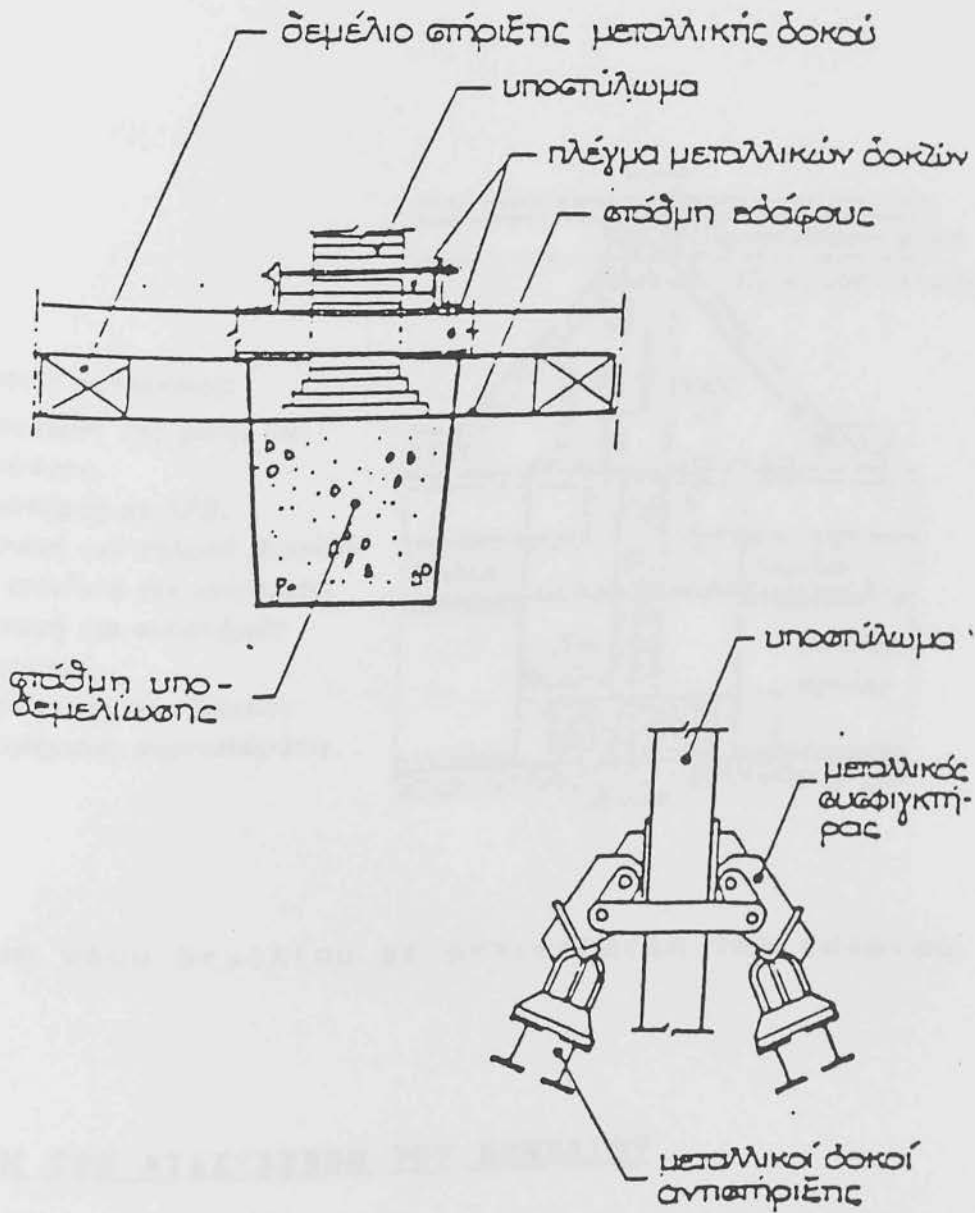


Υποθεμελίωση με χωνί για συμπύεση του μπετόν.

4. ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

Στην περίπτωση αυτή πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο παραλαβής των φορτίων του υποστυλώματος κατά την διάρκεια της υποθεμελίωσής του. Μία μέθοδος είναι η παραλαβή των φορτίων του υποστυλώματος με ένα πλέγμα δοκών, που τοποθετούνται σε επαφή με την περίμετρο του υποστυλώματος σε οριζόντια έννοια και στηρίζονται σε τοιμεντένια βάθρα, έξω από το περίγραμμα της υποσκαφής.

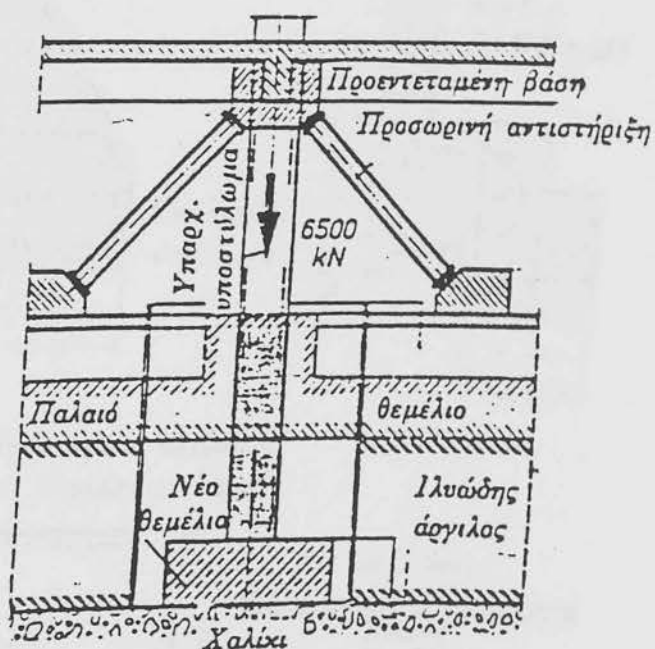
Μία άλλη μέθοδος είναι η προσαρμογή στη βάση του υποστυλώματος μεταλλικών σφικτήρων, σχεδιασμένων έτσι ώστε με ένα σύστημα μοχλών να σφίγγουν περισσότερο



Υποθεμελιώσεις υποστυλωμάτων.

όσο παραλαβαίνουν τα φορτία του υποστυλώματος. Οι αμοφικτήρες αυτοί στηρίζονται στο έδαφος με μεταλλικούς ή τοιμεντένιους δοκούς αντιστήριξης.

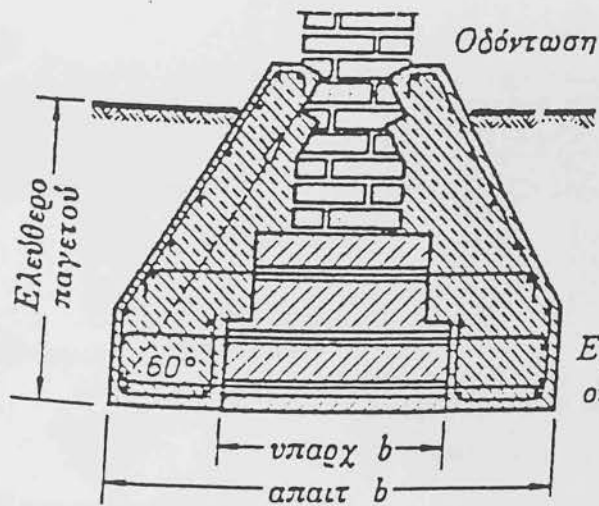
- Διαδικασία κατασκευής:
1. Κατασκευή της βάσης και προένταση.
 2. Αντιστήριξη με IPB.
 3. Αποκοπή του παλαιού θεμελίου και επένδυση του ορύγματος.
 4. Εξοκαφή και αντιστήριξη ορύγματος.
 5. Σκυροδέτηση νέου θεμελίου και τμήματος υποστύλωματος.



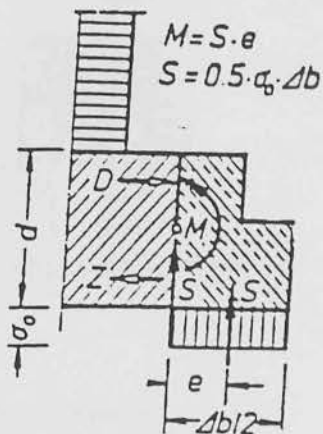
Κατασκευή νέου θεμελίου με αντιστήριξη του παλαιού.

5. ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΘΕΜΕΛΙΟΥ

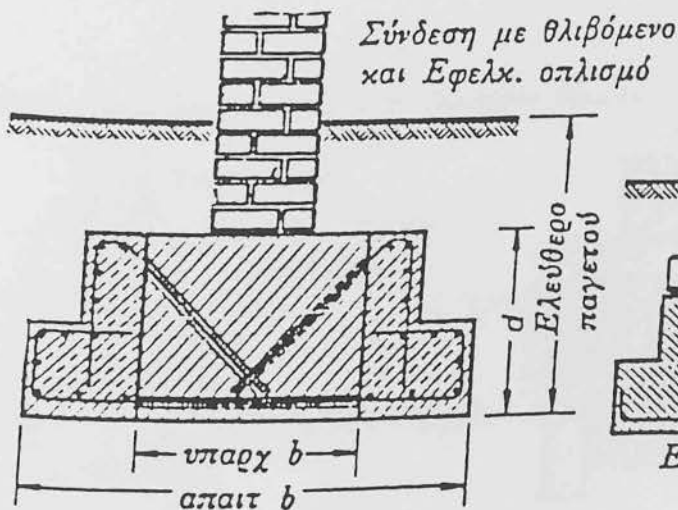
Η αύξηση των διαστάσεων του θεμελίου δικαιολογείται μόνο σε εδάφη με μεγάλη ικανότητα, δηλαδή σχετικά πυκνά μη συνεκτικά ή στέρεα συνεκτικά εδάφη, που δείχνουν μικρές τάσεις προς καθίζηση. Η επέκταση των θεμελίων γίνεται πλευρικά, οι δε τέμνουσες μεταφέρονται με οδόντωση, οπλισμό ή δοκίδωση.



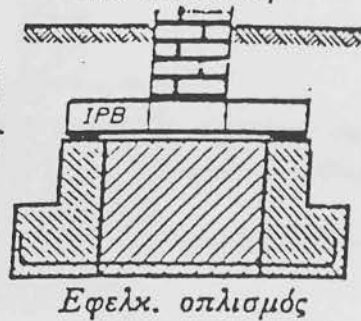
Δυνάμεις



Εφελκυσμός



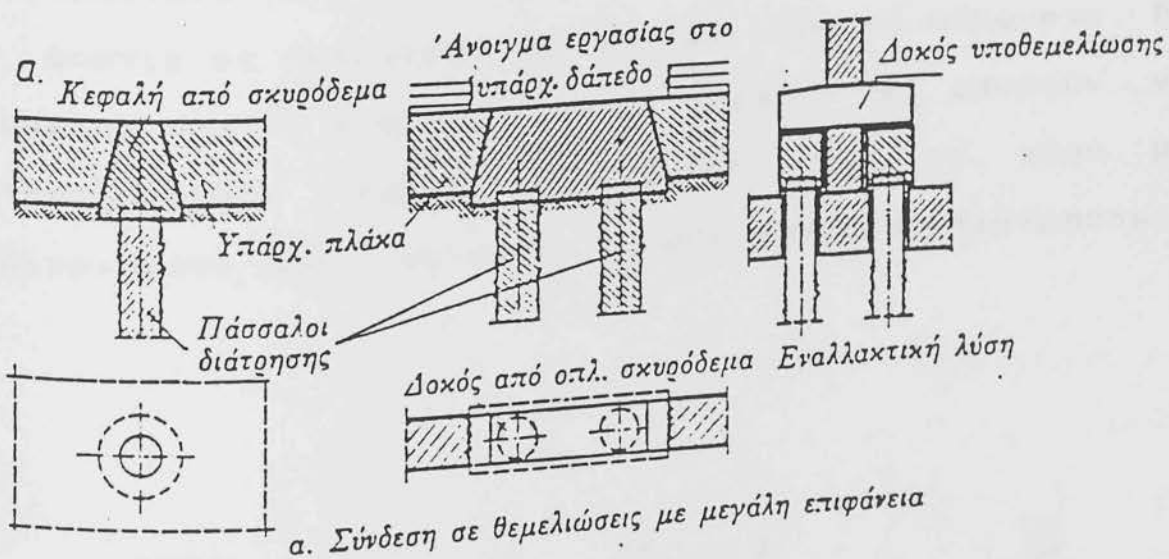
Με δοκίδωση



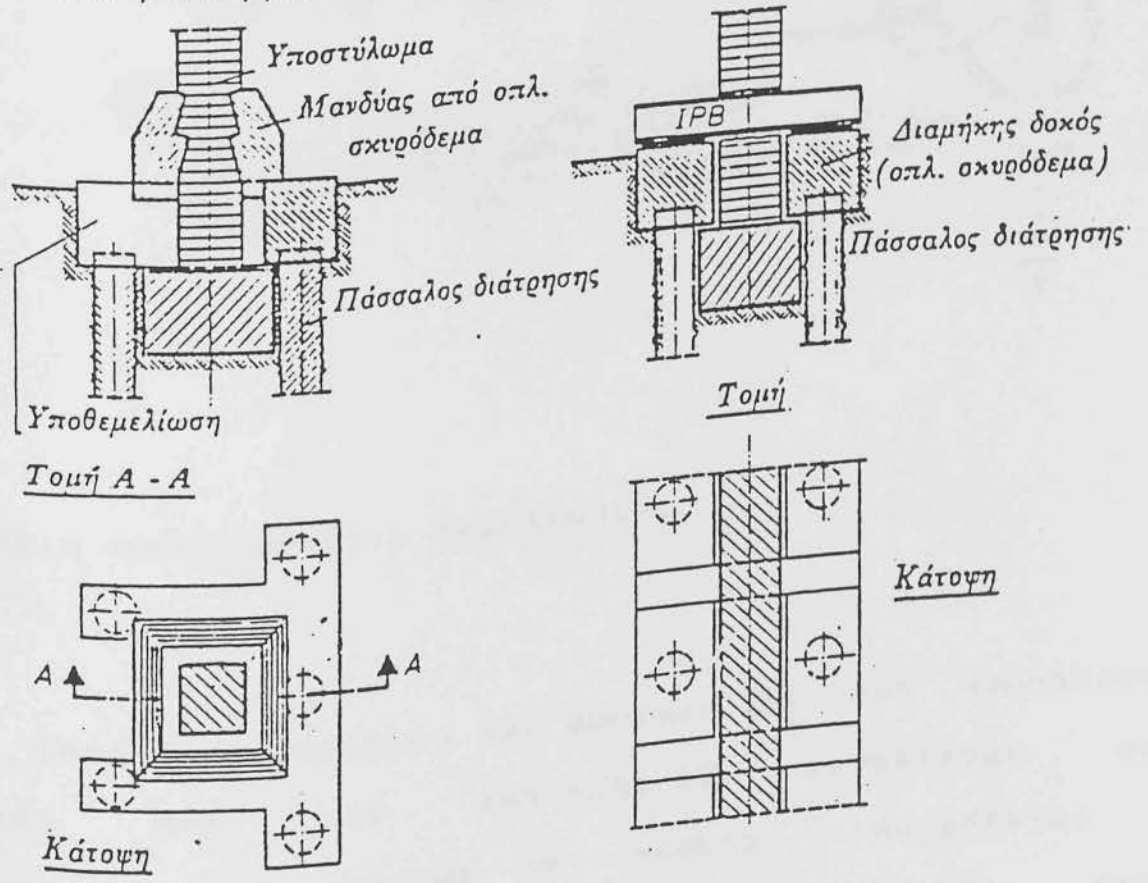
Αύξηση των διαστάσεων θεμελίου

6. ΥΠΟΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

Αν τα εδάφη στη στάθμη της θεμελίωσης είναι τέτοια που η αύξηση των διαστάσεων του θεμελίου να προηπνύει καθιζήσεις σε βαθμό επικίνδυνο για το κτίριο, πρέπει η

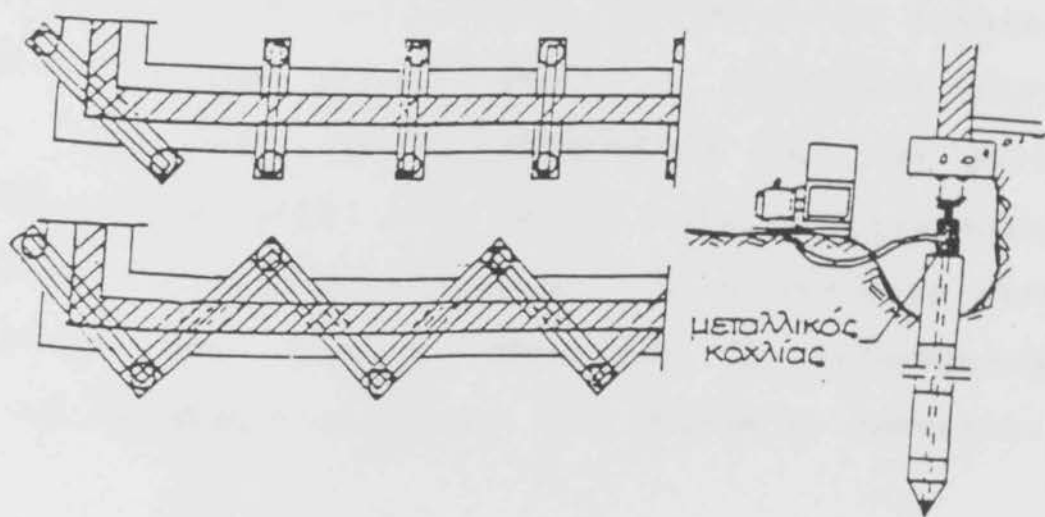


β. Υποθεμελίωση μεμονωμένων και επιμήκων θεμελίων



Υποθεμελίωση με πασσάλους.

υποθεμελίωση να γίνει με πασσάλους που θα μεταβιβάσουν τα φορτία σε βαθύτερα, ισχυρότερα εδαφικά στρώματα. Οι πάσσαλοι που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να μπορούν να κατασκευαστούν χωρίς κραδασμούς και σε χώρο με περιορισμένο ύψος, να είναι δηλαδή πάσσαλοι διάτρησης.



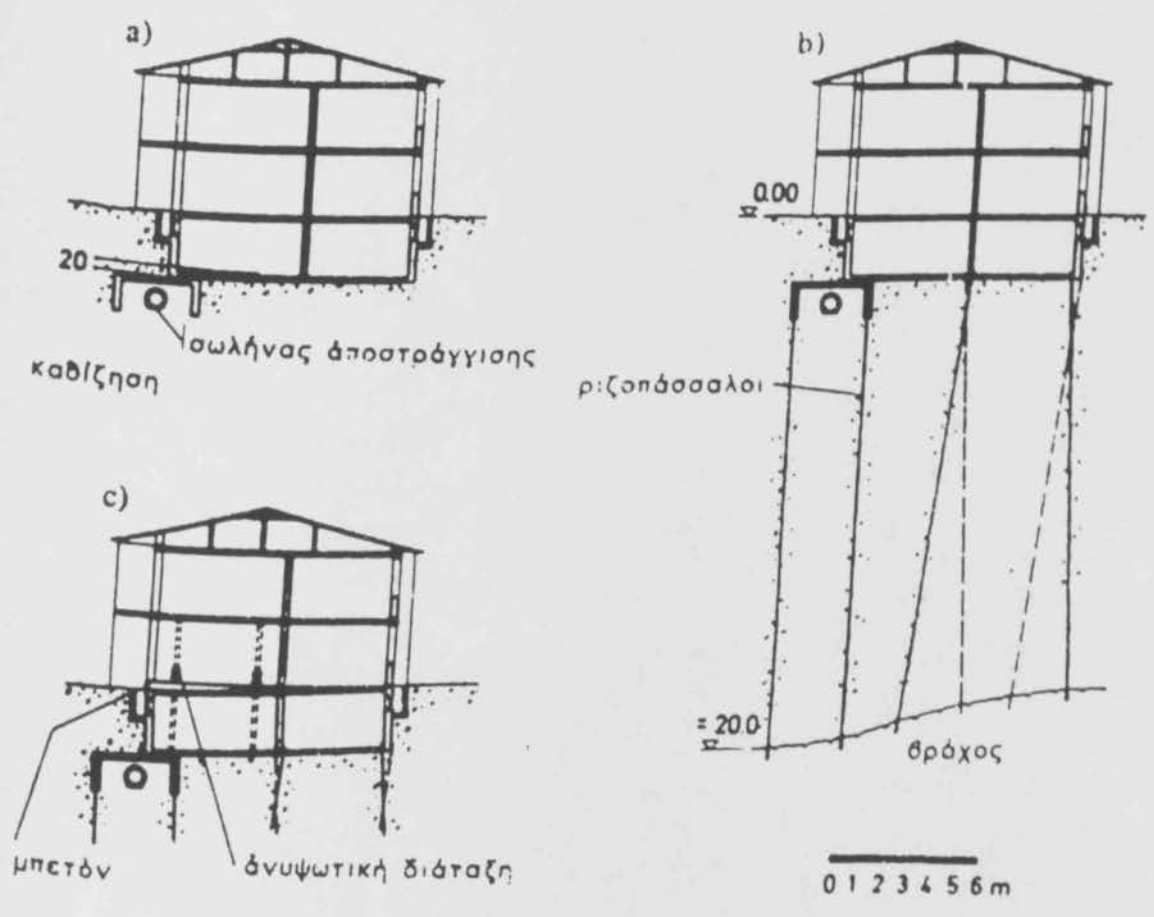
θέσεις πασσάλων στις θεμελιώσεις.

Κατά τη μεταβίβαση των φορτίων από τους πασσάλους, εκτός από την κατ'ευθείαν μεταβίβαση που χρησιμοποιείται κυρίως σε πλάκες, εφαρμόζεται η μεταβίβαση μέσω δοκού υποθεμελίωσης. Αυτή κατασκευάζεται δίπλα ή γύρω από το θεμέλιο πάνω από τις κεφαλές των πασσάλων, από οπλισμένο σκυρόδεμα και

συνδέεται με την υπάρχουσα κατασκευή με οδόντωση ή δοκίδωση.

Στην περίπτωση υποθεμελιώσεως βλαβέντων κτιρίων από καθιζήσεις του εδάφους έχει χρήση και η λεγόμενη ριζοπασσάλωση με την οποία επιτυγχάνεται η μεταφορά των φορτίων σε μεγάλα βάθη.

Ριζοπάσσαλοι είναι μικροί πάσσαλοι διατήσεως με πάχη 12 έως 24 cm. Η έμπηξή τους γίνεται με τη μέθοδο της περιστροφικής διείδυσης, σπλίζονται με διαμήκεις ράβδους και ελικοειδή συνδετήρα, η διάστρωση μπετόν γίνεται με την μέθοδο KONTRAKTOR και το μπετόν συμπυκνώνεται με αέρα. Ένα μέρος του τσιμεντοπολτού συμπιέζεται στο περιβάλλον έδαφος. Τα αναγκαία εργαλεία είναι μικρά και ελαφρά, τόσο που οι ριζοπάσσαλοι μπορούν να εμπηχθούν ακόμη και στο εσωτερικό υπογείων.



Μεθύτερη θεμελίωση οπιτιών σε σειρά (πηγή Held και Franck, Οικοδομική Α.Ε., Μόναχον).
 α) Μονόπλευρη καθίζηση β) Υποθεμελίωση με ριζοπασσάλους γ) άνύψωση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α Θ Ε Μ Ε Λ Ι Ω Σ Ε Ω Ν Σ Ε Δ Ι Α Φ Ο Ρ Ο Υ Σ Τ Υ Π Ο Υ Σ Ε Λ Α Φ Ω Ν

1. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΑΜΜΟ ΚΑΙ ΣΕ ΜΗ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΙΛΥ

Ο άμμος μπορεί να χαρακτηριστεί ως το πιο δύσκολο εδαφικό υλικό για θεμελίωση. Συνήθως, τις κατασκευές που εδράζονται πάνω σε αυτόν τις χαρακτηρίζει μία ανασφάλεια, γιατί ο άμμος αντιδρά ελάχιστα στις μεταβολές της φυσικής του κατάστασης. Πολλά προβλήματα γύρω από τη μηχανική του συμπεριφορά λύθηκαν τελευταία, όταν οι μηχανικοί του διαστήματος έπρεπε να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της προσελήνωσης των διαστημοπλοίων.

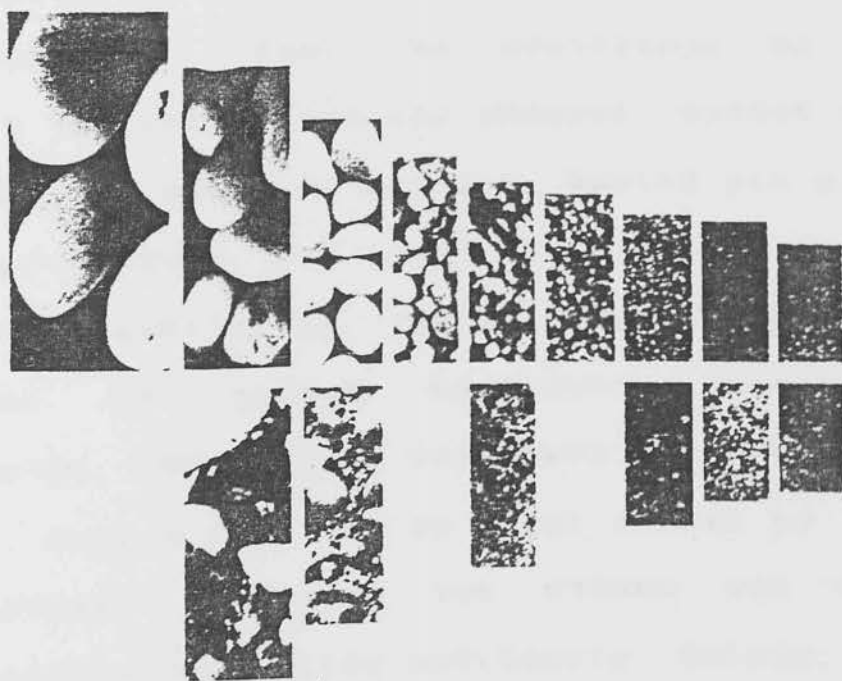
Πάντως, αν το έδαφος είναι αμμώδες, η θεμελίωση μπορεί να είναι:

- Απλή (πέδιλα, γενική κοιτόστρωση, πάσσαλοι, λιθοριπή).
- Σύνθετη

Η εκλογή του τύπου θεμελίωσης εξαρτάται κυρίως από τη σχετική πυκνότητα του άμμου και από το βάθος του φρεατίου ορίζοντα.

Η σχετική της πυκνότητας καθορίζει τη φέρουσα ικανότητα και τις καθιζήσεις της θεμελίωσης.

Η γνώση όμως της θέσης του φρεατίου ορίζοντα έχει βασική σημασία, γιατί, εκτός από το ότι ασκεί επίδραση



Διαβάθμιση σε μη συνεκτικά εδάφη: α) σε χαλαρή και β) σε τοιμεντοποιημένη διάταξη.

στη φέρουσα ικανότητα και στις καθιζήσεις της κατασκευής ή του πασσάλου, κάθε εκκοπή κάτω από το φρεάτιο ορίζοντα απαιτεί αποστραγγίσεις και επομένως αύξηση του κόστους κατασκευής της θεμελίωσης. Πραγματικά όταν η φρεάτια στάθμη κατεβεί, το ενεργό βάρος του εδάφους, που βρίσκεται ανάμεσα στην αρχική και την τελική στάθμη, αυξάνεται σε σχέση με το αντίστοιχο βάρος του εδάφους που βρίσκεται βυθισμένο ολόκληρο μέσα στο νερό. Το γεγονός αυτό συντελεί στην αύξηση της τάσης μεταξύ των κόκκων, σε σχέση με εκείνη που αντιστοιχεί στην αρχική στάθμη του φρεάτιου ορίζοντα. Τότε, οι παραμορφώσεις που θα επακολουθήσουν

θα εκφράζονται σύμφωνα με τη σχέση "τάσεις - παραμορφώσεις". Έτσι, το αποτέλεσμα θα είναι μία καθίζηση της επιφάνειας του εδάφους, σχεδόν ανάλογη με την πτώση της φρεάτιας στάθμης. Φυσικά μία μικρή αύξηση της ενεργού τάσης στη μάζα του άμμου δεν προκαλεί σημαντικές καθιζήσεις, γιατί ο άμμος, ακόμα και όταν βρίσκεται σε χαλαρή κατάσταση είναι σχετικά ασυμπίεστος. Μόνο στην περίπτωση που είναι εξαιρετικά χαλαρός, ώστε η δομή του να είναι εύκολο να αστοχήσει, τότε μπορεί εξαιτίας της πτώσης της στάθμης να δημιουργηθούν σημαντικές καθιζήσεις. Επίσης, το συχνό ανεβοκατέβασμα της στάθμης μπορεί να προξενήσει αύξηση των καθιζήσεων, γιατί οι παραμορφώσεις του άμμου αυξάνονται με τις επαναλαμβανόμενες φορτίσεις.

Στην περίπτωση που πρόκειται να εδραστεί ένα χωμάτινο φράγμα ή ένα φράγμα από λιθοριπή, θα πρέπει να κατασκευαστούν ένα ή περισσότερα διαφράγματα που θα φτάνουν σε ικανοποιητικό βάθος να τοποθετηθούν εγκάρσια προς την κοιλάδα, και να εφοδιαστούν πλήρως με αδιαπέραστο υλικό για να εμποδίσουν την υδατοδιαφυγή.

Σχετικά με τον τρόπο αύξησης της φέρουσας ικανότητας του άμμου, απαιτείται η χρήση πασσάλων τριβής. Οι πάσσαλοι αυτοί πρέπει να παίρνουν τέτοια μορφή, ώστε να μπορούν να παραλάβουν όλο το φορτίο της κατασκευής. Για τη διακοπή της υπόγειας ροής μέσα στον άμμο, θα πρέπει στα ανάντη να κατασκευάζεται ένα διάφραγμα από πασσαλοσανίδες, εφόσον φυσικά είναι

δυνατή η έμπηξή τους.

Παλαιότερα είχαν γίνει αρκετές προσπάθειες για τη σταθεροποίηση του άμμου και των χαλικιών με τσιμέντο, χωρίς πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Μολονότι η επιτυχία των τσιμεντενέσεων εξαρτάται από τη διαπερατότητα του εδάφους και από την πίεση της εκτόξευσης του ενέματος, ωστόσο δεν πετυχαίνουμε πολλές φορές καλά αποτελέσματα στον άμμο, γιατί σχεδόν πάντα μία μάζα ενέματος ουσωρεύεται στην άκρη του σωλήνα.

Σήμερα, χάρη στον μπετονίτη, που είναι ένας φυσικός άργιλος με μεγάλη περιεκτικότητα σε νατρίουχο μοντμοριγιονίτη, μπορούμε να σταθεροποιήσουμε και στρώσεις από λεπτό άμμο που είναι βασικά αδιαπέραστες, ακόμα και από πολύ υδαρές τσιμεντένεμα.

Ακόμα, ασφαλικά για γαλακτώματα (bitumen) από πολύ λεπτόρευστα διαλύματα, είναι δυνατόν να εισχωρήσουν ως ενέματα μέσα σε άμμο που έχει μέση ως χονδρή διαβάθμιση. Πριν από την ένεση του γαλακτώματος, θα πρέπει να προστεθεί σε αυτό ένα δεύτερο υλικό, συνήθως ένας οργανικός πολυεστέρας, που θα πολυμερίσει το γαλάκτωμα μεταβάλλοντάς του τη συνεκτικότητα. Η επιτυχία βασίζεται στην εύρεση της κατάλληλης αναλογίας. Όταν πρόκειται για παραθαλάσσια έργα δεν είναι εύκολο να πετύχει κανείς μία σταθερή αναλογία, γιατί το γαλάκτωμα δέχεται την επίδραση των διαλυμένων αλάτων του θαλασσινού νερού.

1.1. Τα αμμώδη και χαλικώδη εδάφη με ποσοστό ιλύος και αργίλου 10-35%

Αυτά είναι τα πιο κατάλληλα εδάφη για σταθεροποίηση και απαιτούν τα μικρότερα ποσοστά ενέματος. Κονιοποιούνται και αναμιγνύονται εύκολα με το τσιμέντο και το νερό, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικά σε μεγάλες διακυμάνσεις των καιρικών συνθηκών.

1.2. Τα αμμώδη εδάφη που στερούνται ιλύος και αργίλου

Ο θαλάσσιος άμμος και ο άμμος από αιολικές αποθέσεις είναι εξίσου κατάλληλοι για σταθεροποίηση με τσιμέντο, με τη διαφορά ότι απαιτούν λίγο περισσότερο τσιμέντο.

2. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΑΡΓΙΛΟ ΚΑΙ ΣΕ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΙΛΥ

Στα αργιλικά εδάφη, το πρώτο βήμα μετά από μία γεωλογική έρευνα είναι ο καθορισμός της τελικής φέρουσας ικανότητας και ενός συντελεστή ασφαλείας, που μπορεί να είναι περίπου 3, αν στις τελικές καθιζήσεις πρόκειται να συμπεριληφθούν και οι καθιζήσεις που θα γίνουν λόγω της στερεοποίησης. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει, ανάλογα με τον τύπο της θεμελίωσης, να

σχηματισθεί και το διάγραμμα της κατανομής των τάσεων. Η φέρουσα ικανότητα στον άργιλο σε σχέση με τον άμμο είναι σχετικά μικρή. Πραγματικά, στον άμμο η τελική φέρουσα ικανότητα είναι γενικά πολύ μεγάλη και μπορούν να παραληφθούν τα φορτία της θεμελίωσης με κριτήριο τις επιτρεπόμενες καθιζήσεις, εκτός βέβαια από τις περιπτώσεις θεμελίωσης ειδικών τεχνικών έργων, πχ. σιδηροδρόμων, αεροδρομίων κλπ. Επίσης, στον πυκνό άμμο οι καθιζήσεις λόγω της στερεοποίησης είναι ελάχιστες και δε λαβαίνονται υπόψη, αλλά για βαριά φορτία θα πρέπει να υπολογίζονται. Στις περιπτώσεις που η στρώση του αργίλου δεν είναι ομοιογενής, απαιτείται μία πλατιά έρευνα σχετικά με το ρόλο που παίζουν οι μικροεσοχές του αργίλου ή του άμμου, γιατί επηρεάζουν τη διαπερατότητα που παίζει σημαντικό ρόλο στη στερεοποίηση.

Στους αργίλους η φέρουσα ικανότητα είναι περίπου 5 ως 6 φορές μεγαλύτερη από την τελική αντοχή τους σε διάτμηση. Για ένα ομοιογενές έδαφος η τιμή αυτή είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος της θεμελίωσης, έτσι ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί μόνο ένας συντελεστής ασφάλειας. Αν το φορτίο υπερβεί την οριακή τιμή, η θεμελίωση βυθίζεται μέσα στο έδαφος που αρχίζει να ανυψώνεται γύρω από τα άκρα της θεμελίωσης.

Κατά την κατασκευή πολύ σημαντικών έργων θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον παράγοντα νερό. Έτσι, η άντληση ή το κατέβασμα του φρεάτιου ορίζοντα θα

πρέπει να γίνεται πριν από την κατασκευή του έργου. Η εκτίμηση της ποσότητας του νερού γίνεται με βάση το συντελεστή διαπερατότητας, το βάθος όπου θα κατέβει η φρεάτια στάθμη και το εμβαδόν της ανοικτής εκοκαφής.

2.1. Σταθεροποίηση του αργίλου

Το πρόβλημα είναι πως μπορεί να μεταβάλλει κανείς τη δομή του αργίλου, ώστε να είναι δυνατόν να δέχεται μεγάλα φορτία.

Η φυσική στερεοποίηση εφαρμόζεται πάρα πολύ συχνά για τους πολύ μαλακούς αργίλους και τις ιλύς. Η μέθοδος της στερεοποίησης βασίζεται στο να ρυθμίσει κανείς την ταχύτητα της κατασκευής ή της φόρτισης του έργου κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το έδαφος της θεμελίωσης να στερεοποιείται με την αύξηση της διατμητικής του αντοχής χωρίς αστοχία. Τούτο μπορεί να επιτευχθεί με κατακόρυφους αμμοπασσάλους. Οι αμμοπάσσαλοι συντομεύουν την στερεοποίηση κατά την κατακόρυφη έννοια, λόγω της ειδικής συμπεριφοράς της στρωματοδιάπλασης των αλλουβίων. Επίσης, για να αυξήσουμε τη φέρουσα ικανότητα ενός εδάφους από άργιλο προσπαθούμε: Να το συμπυκνώσουμε με κατοικοπόδαρα ή να αυξήσουμε τεχνικά τη συνεκτικότητά του με τσιμεντοενέσεις ή με χημικές ενέσεις. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση της διατμητικής του αντοχής. Τις περισσότερες

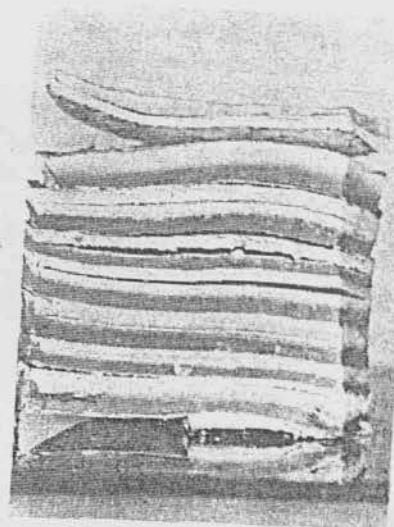
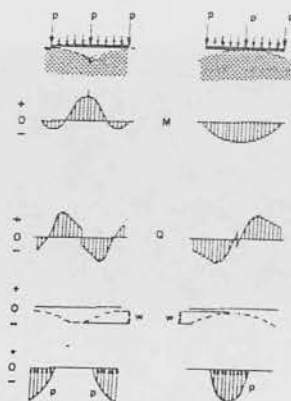
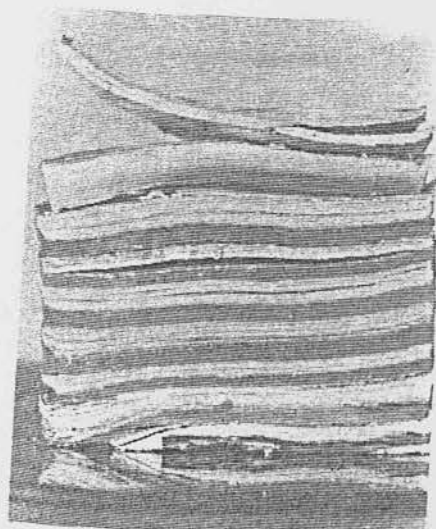
όμως φορές είναι σχεδόν αδύνατο να χρησιμοποιηθούν οι τσιμεντοενέσεις στον άργιλο. Τότε, για να μεγαλώσουμε το μέτρο της συμπίεσης χρησιμοποιούμε, τη διοχέτευση μεγάλων ποσοτήτων ενέματος με μεγάλη πίεση.

Οι χημικές ενέσεις έχουν ως βάση την αλλαγή των ιόντων προκειμένου να αλλάξουν οι ιδιότητες της αργίλου. Έτσι, ο άργιλος μπορεί να αλλάξει τη σύνθεσή του αν βραχεί με ισχυρό διάλυμα άλατος με διαφορετική βάση. Επίσης, ένας οργανικός άργιλος μπορεί να γίνει πιο σκληρός με τη διαβροχή του με θαλασσινό νερό, όταν το Ca του αργίλου αντικατασταθεί από το Na του θαλασσινού νερού.

2.2. Η έδραση πάνω σε διογκώσιμα εδάφη

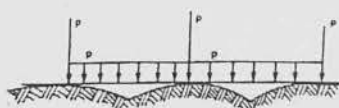
Σε περιοχές όπου υπάρχουν διογκώσιμοι άργιλοι, όπως ο μοντμοριγιονίτης που έχει μεγάλο δείκτη πλαστικότητας, κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων τα εδάφη διογκώνονται. Το γεγονός αυτό, κυρίως γύρω από το περίγραμμα της οικοδομής, εκδηλώνεται με μία ανύψωση των εξωτερικών τοίχων στις γωνίες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών ρωγμών. Εκεί μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η διογκωση ισοδυναμεί με την αύξηση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους, που φτάνει ως το όριο της αντοχής σε διάτμηση.

Πάντως, σε περιπτώσεις που η θεμελίωση έχει μεγάλο



Διαγράμματα: ροπών κάμψης, τερνουσών, ελαστικής γραμμής και πιέσεων στο έδαφος για μία θεμελίωση που εδράζεται πάνω σε μία ελαστική βάση από διογκώσιμα εδάφη. Ειδικότερα διακρίνεται:

- α) Διόγκωση στα άκρα της θεμελίωσης
- β) Διόγκωση στο κέντρο της θεμελίωσης



Μεταβολή στον τρόπο στήριξης μίας θεμελίωσης εξαιτίας της μεταβολής του μήκους κύματος της διογκωσης

Σχήματα 1, 2

$$w = \sigma h (1 + \nu) (1 - 2\nu) / (1 - \nu) E$$

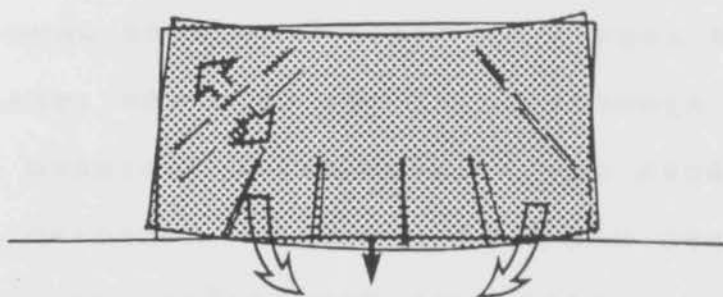
όπου:

h είναι το βάθος της έδρασης

σ είναι η ομοιόμορφη τάση έδρασης

E είναι το μέτρο ελαστικότητας

ν είναι ο δείκτης του Poisson.



Ρήγματα που προέρχονται από τη διόγκωση ενός εδάφους στα άκρα της θεμελίωσης.

Εκτός από τους υπολογισμούς για μία πιθανή διόγκωση, η κυριότερη προστασία από τη διόγκωση στις περιπτώσεις αυτές, είναι η αποστράγγιση του νερού μακριά από τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου ή η επικάλυψη της θεμελίωσης με αδιαπέραστα υλικά.

Από θεωρητικές και πειραματικές μελέτες της φυσικοχημείας, έχει αποδειχθεί ότι το νερό έχει την τάση να μετακινείται από το θερμό περιβάλλον στο πιο ψυχρό: Το φαινόμενο αυτό λέγεται θερμοώσμωση.

Στα θερμά κλίματα για κατασκευαστικούς λόγους το κτίριο μονώνει την επιφάνεια έδρασης και επομένως ψύχει τα στρώματα που βρίσκονται κάτω από αυτό. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μετακίνηση του νερού, η διόγκωση του ύφους αργίλου, και η ανύψωση της επιφάνειας του εδάφους κάτω από το κτίριο. Μία άλλη εξήγηση είναι ότι το κτίριο εμποδίζει την εξάτμιση του

νερού που βρίσκεται κάτω από το έδαφος.

Επειδή υπάρχουν οι κίνδυνοι αυτοί, η διαμόρφωση μιας θεμελίωσης πάνω σε διογκώσιμο έδαφος θα πρέπει να αντιμετωπίζεται πάντα με ιδιαίτερη προσοχή.

Βασικά, υπάρχουν τρεις μέθοδοι που αποβλέπουν στον ελαττωθεί η επίδραση της διόγκωσης πάνω στην κατασκευή. Αυτές στηρίζονται ειδικότερα στις εξής προϋποθέσεις:

1. Μόνωση της κατασκευής από το διογκώσιμο άργιλο.
2. Διαμόρφωση της κατασκευής με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται από τη διόγκωση.
3. Απόσβεση της διόγκωσης.

Στις περιπτώσεις αυτές, όπως και σε πολλές άλλες που έχουν σχέση με την κατασκευή υπόγειων ουράγγων ή με αντλήσεις νερού, η επιφάνεια του εδάφους παίρνει τη μορφή ενός κύματος που μετακινείται με την ίδια ταχύτητα που μετακινείται και η υπόγεια παραμόρφωση. Η μετακίνηση του εδάφους δεν είναι μόνο κατακόρυφη, αλλά και οριζόντια καθώς το κύμα ανεβαίνει από κάτω προς τα πάνω. Οι παραμορφώσεις που προέρχονται από τέτοιου είδους μετακινήσεις είναι αρκετά μεγάλες.

Η προστασία των εδαφών μπορεί να γίνει είτε με μία γενική κοιτόστρωση είτε με αρθρώσεις.

3. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΛΑΣΠΩΔΗ ΕΔΑΦΗ

3.1. Οι πλωτές θεμελιώσεις

Στις περιπτώσεις αυτές ως κύρια λύση θεμελίωση χρησιμοποιούνται οι γενικές κοιτοστρώσεις. Οι θεμελιώσεις αυτές έχουν ως σκοπό τον καταμερισμό του φορτίου της κατασκευής σε όσο το δυνατό μεγαλύτερη επιφάνεια έδρασης, ώστε με τον τρόπο αυτό να απαιτηθεί ένα μικρότερο μέτρο ακαμψίας στην ανωδομή. Πάντως, μία λίγο μεγαλύτερη από το κανονικό ακαμψία της κατασκευής συντελεί στο να μειωθούν οι απρόβλεπτες διαφορικές καθιζήσεις. Η αρχή του σχεδιασμού μιας πλωτής θεμελίωσης βασίζεται στο να εδράσει κανείς την κατασκευή του σε τέτοιο βάθος, ώστε το βάρος του εδάφους που θα αφαιρεθεί να είναι σχεδόν το ίδιο με το βάρος της κατασκευής.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν η θεμελίωση προσθέτει ένα βάρος 0.25 kg/cm^2 , τότε το ύψος και το βάρος της κατασκευής θα πρέπει να υπολογιστούν κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αναπτυχθεί μία τελική τάση έδρασης μέχρι 0.50 kg/cm^2 ή αν πρόκειται για ένα κτίριο μονολιθικό που έχει διαστάσεις $20 \times 20 \text{ μ}$, θα πρέπει το βάρος του να είναι περίπου 3.000 t . Έτσι, το κτίριο δε θα διατρέχει ουσιαστικά κανέναν κίνδυνο καθίζησης. Μία άλλη αναγκαιότητα στις πλωτές θεμελιώσεις είναι να προφυλάξει κανείς την κατασκευή από την άνωση από τον

κίνδυνο ανατροπής και από τις οριζόντιες μετακινήσεις.

Κίνδυνος πλεύσης της θεμελίωσης παρατηρείται μόνον σε πολύ λασπώδη εδάφη ή σε πολύ μαλακή ιλύ ή μαλακό άργιλο. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής μπορεί να αποφευχθεί η πλεύση της κατασκευής, αν κρατηθεί φρεάτιος ορίζοντας χαμηλά με Well - points ή με άλλη μέθοδο.

Σε μερικές κατασκευές μπορεί κανείς να λύσει το πρόβλημα της πλεύσης της κατασκευής μεγαλώνοντας τη βάση, ώσπου η κατασκευή να έχει υψωθεί αρκετά, ώστε να αποκτήσει νεκρό βάρος αρκετό για να αντισταθεί στην άνωση. Σε περιπτώσεις, όμως, που η κατασκευή βυθίζεται αρκετά μέσα στο έδαφος, θα πρέπει να εξασφαλιστεί με αγκυρώσεις ή με πασσάλους τριβής.

Αλλά αν η έδραση του κτιρίου δεν γίνεται σε βράχους, μπορεί να σχεδιαστεί μία μεικτή μέθοδος πασσάλων και αγκυρώσεων. Τότε μέσα από τους πασσάλους δημιουργούνται τρύπες από τις οποίες περνά το αγκύριο που προεκτείνεται στην συνέχεια, ανάλογα με τις δυνάμεις που πρόκειται να φέρει η κατασκευή.

4. ΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΑ ΕΛΑΦΗ

Μέχρι τελευταία, οι θεμελιώσεις πάνω σε συμπυκνωμένα εδάφη ήταν απαράδεκτες. Η ανάγκη, όμως, να μειώσει κανείς το κόστος της θεμελίωσης επιβάλλει

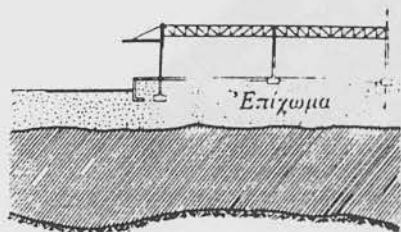
πολλές φορές και αυτή τη λύση. Αλλά έρευνες στο εργαστήριο και η θεωρητική ανάλυση της συμπεριφοράς των χαλαρών και ετερογενών εδαφών, πολλές φορές οργανικών και τεχνικών, είναι οι πιο δύσκολες που μπορεί να διενεργήσει ένας μηχανικός. Συνήθως το πρόβλημα θα πρέπει να το ερευνά κανείς τόσο μέσα στο πλαίσιο της ακαμψίας της κατασκευής, όσο και σε σχέση με το ρόλο που παίζει το νερό.

Πραγματικά στο εργαστήριο μπορεί κανείς να υπολογίσει την ικανότητα ενός συμπυκνωμένου εδάφους στις καθιζήσεις ή ακόμα στο φυσικό έδαφος, με τη βοήθεια της δοκιμαστικής πλάκας. Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην έρευνα της ποιότητας του εδάφους.

4.1. Οι θεμελιώσεις πάνω σε τεχνητά επιχώματα.

Οι θεμελιώσεις των θεμελίων που δημιουργούνται από την έδραση πάνω σε υλικά επιχωμάτων μπορούν να δημιουργηθούν με τους εξής τρεις τρόπους:

- Λόγω της στερεοποίησης των συμπιεστών υλικών της επίχωσης εξαιτίας του βάρους της κατασκευής.
- Λόγω της στερεοποίησης του εδάφους που βρίσκεται κάτω από το επίχωμα.
- Λόγω της στερεοποίησης των συμπιεστών υλικών της επίχωσης εξαιτίας του βάρους του επιχώματος.



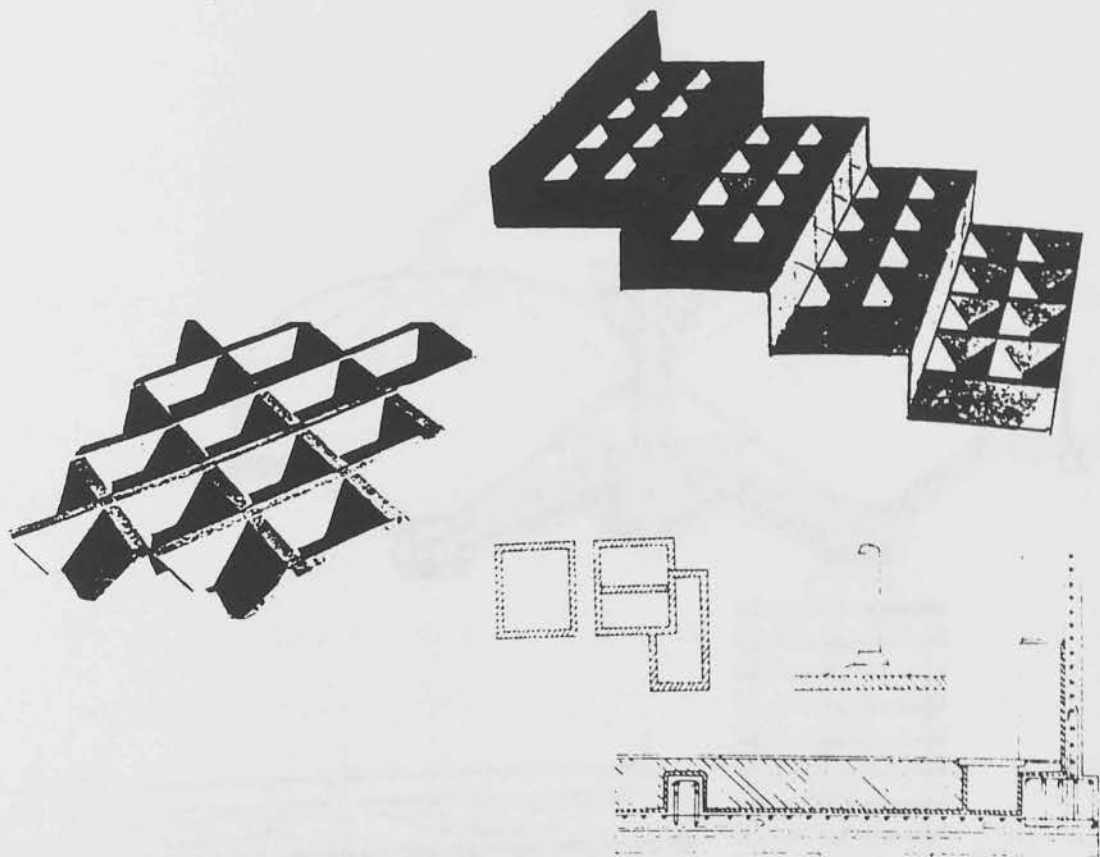
Διάταξη μίας θεμελίωσης που εδράζεται πάνω σ'έν
επίχωμα.

Τελικά όλες οι θεμελιώσεις πάνω σε λασπώδη εδάφη
γίνονται με κοιτοστρώσεις. Υπάρχουν δύο ειδών
κοιτοστρώσεις: Είναι οι απλές και οι γενικές που και
αυτές ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής και τη
χρησιμότητά τους χωρίζονται σε:

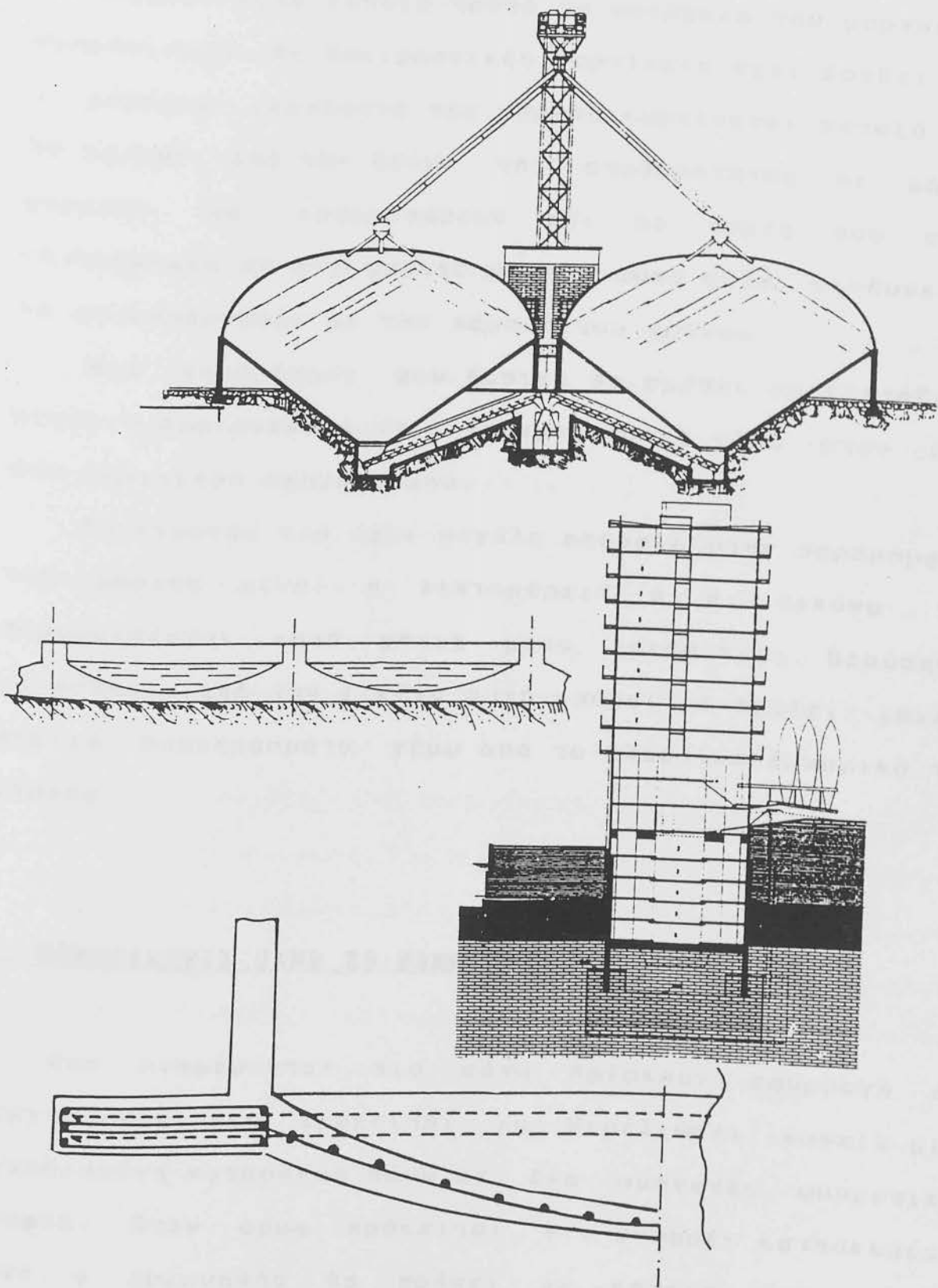
- Επίπεδες κοιτοστρώσεις.
- Κοιτοστρώσεις με νευρώσεις.
- Κελυφωτές κοιτοστρώσεις.

5. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΜΑΡΓΕΣ

Είναι πάρα πολύ δύσκολο να βρει κανείς τη φέρουσα
ικανότητα της μάργας. Η δυσκολία αυτή βασικά οφείλεται
στο μεταβλητό βάθος της διάβρωσης που έχει υποστεί και
στο ποσοστό των ψαμμητών ή άλλων σχηματισμών που



Διατάξεις των νευρώσεων μιας γενικής κοιτόστρωσης με νευρώσεις.



Διάταξη και οπλισμός μίας κελυφωτής θεμελίωσης.

διακόπτουν κατά κάποιο τρόπο τη συνέχεια του μαργαϊκού σχηματισμού. Με δοκιμαστικές φορτίσεις έχει βρεθεί ότι η φέρουσα ικανότητα της μάργας κυμαίνεται μεταξύ 40-50 kg/cm². Από την άποψη της σταθερότητας οι μάργες μπορούν να ισορροπήσουν και σε τομές που είναι κατακόρυφες σε ένα αρκετά μεγάλο ύψος αλλά κινδυνεύουν να αποσαρθρωθούν με την πάροδο του χρόνου.

Μία παράμετρος που βασικά θα πρέπει να εξετάζεται είναι η ομοιογένεια στις παραμορφώσεις μέσα στον όγκο του μαργαϊκού σχηματισμού.

Το γεγονός που έχει μεγάλη σημασία στην παραμόρφωση της μάργας είναι η λεπτομέρεια ή η εικόνα που παρουσιάζεται κατά μήκος μίας επιφάνειας θραύσης ή ολίσθησης. Από την εικόνα αυτή μπορεί να βγάλει κανείς μερικά συμπεράσματα γύρω από το πλαστικό δυναμικό της μάργας.

6. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΨΑΜΜΙΤΕΣ

Όσα αναφέρονται πιο κάτω βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις που πρόκειται να θεμελιώσει κανείς μία συνηθισμένη κατασκευή πάνω σε ένα ομογενές ψαμμιτικό έδαφος. Όταν όμως πρόκειται για σοβαρές κατασκευές, τότε ο ερευνητής θα πρέπει με κάποια μέθοδο να υπολογίσει τη φέρουσα ικανότητα του ψαμμιτικού εδάφους. Συνήθως το υλικό του ψαμμίτη είναι νευτώνιο και οι

τάσεις που αναπτύσσονται εξαιτίας της διάτρησης εξαρτώνται από τη συνεκτικότητα, την επίδραση των ορθών τάσεων και την ιστορία του. Επίσης, σε άλλες περιπτώσεις υποτίθεται ότι το υλικό είναι ασυμπίεστο ομογενές και ισότροπο. Η αντοχή στους φαμμίτες εξαρτάται κυρίως από το βαθμό της τοιμέντωσης τους και από τον τύπο του υλικού που τους έχει τοιμεντώσει. Συνήθως οι φαμμίτες είναι ένα αρκετό κατάλληλο έδαφος θεμελίωσης, αλλά θα πρέπει να γνωρίζει κανείς το βάθος μέσα στο οποίο φτάνει η αποσάρθρωσή του.

Βέβαια, το βάθος και ο τρόπος της αποσάρθρωσης εξαρτώνται από το υλικό της τοιμέντωσης του φαμμίτη. Ετσι αν το υλικό της τοιμέντωσης του είναι άργιλος, τότε ο φαμμίτης είναι γενικά ένα υλικό που έχει πολύ μικρή αντοχή λόγω του ότι το υλικό της τοιμέντωσης επηρεάζεται άμεσα από το νερό και τον παγετό. Αν το υλικό της τοιμέντωσης του είναι ασβεστικό, τότε μπορεί να έχουν τοιμεντοποιηθεί με έναν ακανόνιστο τρόπο, δημιουργώντας έτσι τοπικούς θύλακες. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται όταν κάνουμε γεωτρήσεις σε φαμμιτικές περιοχές. Ετσι, οι κρουστικές γεωτρήσεις θα πρέπει να αποφεύγονται και να προτιμούνται οι περιστροφικές με τύπο κορόνας N ή H και με τύπο K στην περίπτωση που ο φαμμίτης είναι αποσαθρωμένος.

7. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΕΣ Η ΦΥΛΛΙΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Πολύ σπάνια γίνεται θεμελίωση πάνω σε σχιστόλιθους. Συνήθως στην Ελλάδα οι σχιστόλιθοι βρίσκονται σε επαφή με ασβεστολιθικές στρώσεις ή διαχωρίζουν τους ασβεστόλιθους από άλλους σχηματισμούς.

Τα περισσότερα προβλήματα με τους σχιστόλιθους αφορούν στην ευστάθεια των πρανών κατά τη διάνοιξη των δρόμων, ή τις περιπτώσεις μεγάλων εκοκαφών. Και τούτο επειδή είναι λατυποπαγείς και έχουν μεγάλη τάση να ολισθαίνουν μεταξύ των στρώσεων. Αυτό βέβαια συμβαίνει όταν βραχεί η επιφάνεια που βρίσκεται ανάμεσα σε αυτές.

Πάντως η βασική εργασία του μηχανικού συνίσταται, πρώτο στο να υπολογίσει την ύπαρξη και την κατεύθυνση των πιθανών τάσεων μέσα στο σχιστολιθικό σχηματισμό πάνω στο οποίο πρόκειται να θεμελιώσει το έργο, ή στο να υπολογίσει την ολική φέρουσα ικανότητά του για τη δεδομένη φόρτιση και επιφάνεια έδρασης της κατασκευής. Έτσι, το πρόβλημα βασικά περιορίζεται στην εύρεση της λιθοστατικής πίεσης και των επιπέδων των μέγιστων και ελάχιστων διατμητικών τάσεων που θα αναπτυχθούν στο επίπεδο της θεμελίωσης.

Θα πρέπει επίσης να ερευνάμε τη διάρκεια που ο σχιστόλιθος βρίσκεται σε επαφή με το νερό, επειδή με την επαφή αυτή ο σκληρός σχιστόλιθος πολλές φορές γίνεται μαλακός, γιατί χάνει, λόγω της ροής, τον άργιλο

ή την ιλύ που υπάρχει στα ενδιάμεσα των λεπτών φύλλων.

Β. ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΠΑΝΩ ΣΕ ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μία ενδιαφέρουσα ανάπτυξη της βραχομηχανικής. Οι άλλοτε προβληματικές ασβεστολιθικές περιοχές χρησιμοποιούνται σήμερα για τη θεμελίωση γιγαντιαίων κατασκευών και αυτό γιατί οι ανασφαλείς εδαφικές συνθήκες μπορούν να ξεπεραστούν με μία προσεκτική μελέτη. Μία ασφαλής θεμελίωση, εφόσον οι συνθήκες το επιτρέπουν, πρέπει να εδράζεται απευθείας πάνω στο βραχώδες υπόστρωμα, ώστε να αποφεύγονται μεγάλες διαφορικές καθιζήσεις. Το πρόβλημα είναι πολύπλοκο και θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά για κάθε περίπτωση. Πραγματικά, ο βράχος πολλές φορές έχει ορισμένες ιδιομορφίες, τεκτονικής κυρίως φύσης, στις οποίες θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία.

Ετσι, τα προβλήματα που δημιουργούνται από τους βράχους είναι πολύ ειδικά και η τεχνική της μελέτης τους διαφέρει από εκείνη που απαιτείται για την μελέτη των ευκολομετακίνητων εδαφών (άργιλοι, άμμοι κλπ.).

Συνήθως μπορούμε να χαρακτηρίσουμε μία βραχώδη μάζα από τις εξής ιδιότητες:

- Την πετρογραφική φύση του βασικού στοιχείου που συνιστά το βράχο.
- Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του βράχου.

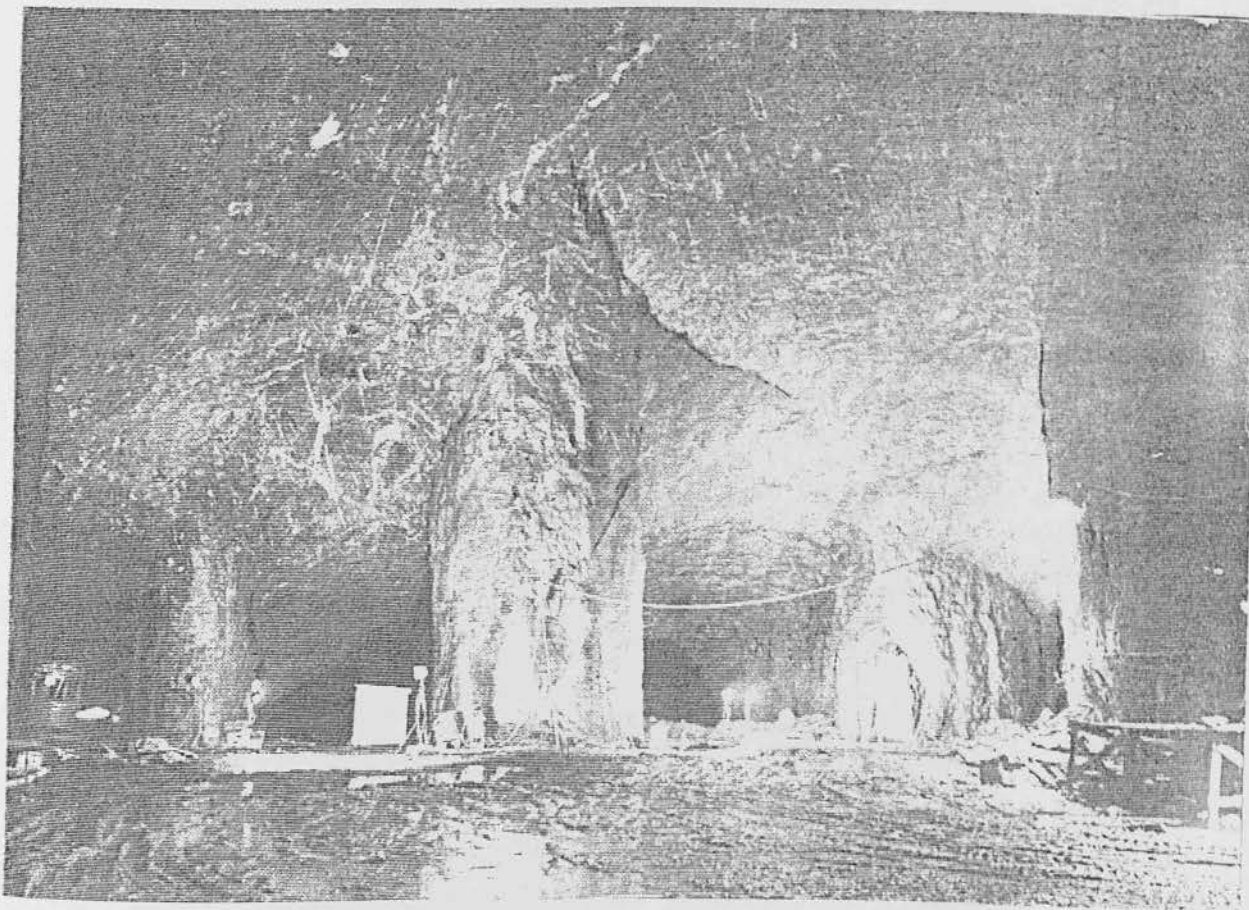
- Την ευκολία του σε μία πιο πέρα διαγένεση ή εξέλιξη.
- Την ρηγμάτωσή του ή τις διακλάσεις του.

Τα πιο πάνω στοιχεία πρέπει να προσέχει ιδιαίτερα ο γεωλόγος στην μελέτη του αλλά και ο μηχανικός προκειμένου:

- Να επινοηθεί η πιο κατάλληλη μέθοδος εξόρυξης για την κατασκευή του έργου.
- Να χρησιμοποιηθεί ο βράχος ως υλικό παρασκευής των αδρανών υλικών τόσο για την οδοποιία όσο και για το σκυρόδεμα.
- Να υπολογιστεί η κλίση των πρανών κλπ.
- Να εδραστεί με ασφάλεια η κατασκευή.

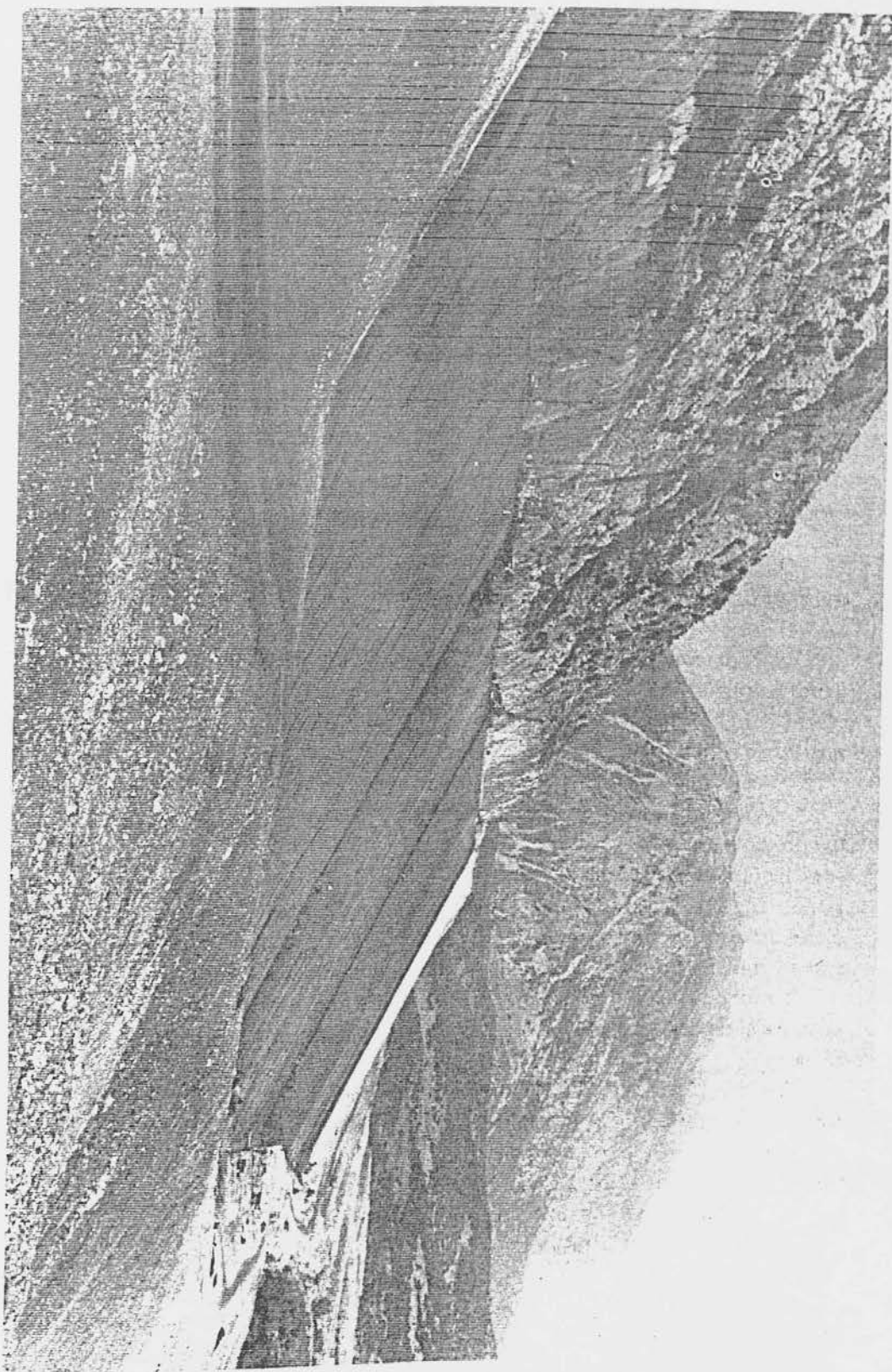
Υπενθυμίζουμε την ευστάθεια ενός βραχώδους πρανούς παρουσιάζει τις πιο κάτω μορφές:

- Ευστάθεια σε βάθος. Αυτή επαληθεύεται μόνο με τη στρωματογραφική ανάλυση από φυσικές τομές του εδάφους που ήδη υπάρχουν, καθώς και με τη μελέτη των διακλάσεων, εφόσον βέβαια αυτές παρουσιάζουν μία πραγματική ιδιομορφία μελέτης.
- Επιφανειακή ευστάθεια, που έχει σχέση με τα προβλήματα της επιφάνειας αποσάθρωσης, όπως πχ. παγετός, βροχοπτώσεις, άνεμοι, θερμοκρασία κλπ.
- Ασφάλεια. Η πτώση ενός βράχου είναι δυνατόν να έχει καταστροφικές συνέπειες και θα πρέπει να αποφεύγεται ή να εμποδίζεται με ένα σχετικό έργο, πχ. δεντροφύτευση, εκοκαφή, σουρματόπλεγμα, αγκύρωση, στέγαστρα κλπ.



Εξόρυξη βράχου

Στεγανοποίηση σε μία ασβεστολιθική περιοχή, που γίνεται με
ασφαλτική επένδυση (Φράγμα Μόρνου).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ

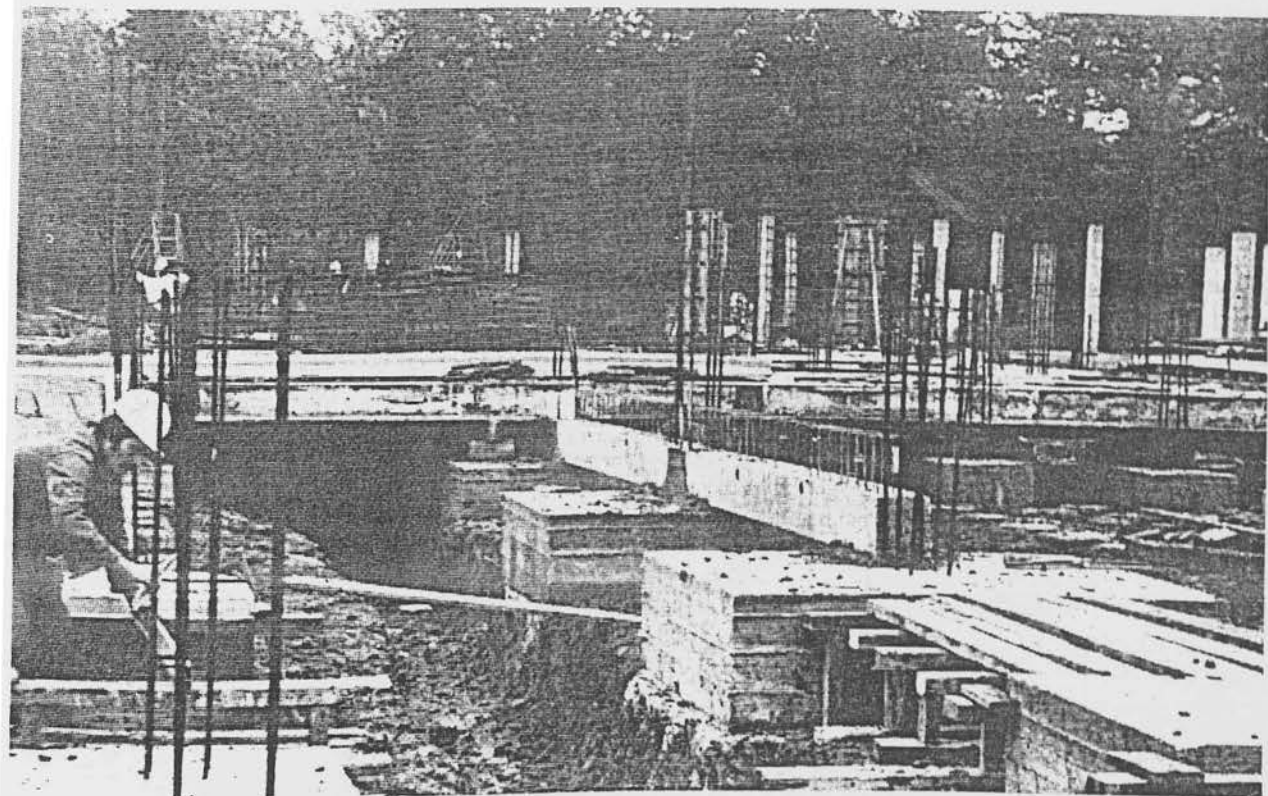
1. ΓΕΝΙΚΑ

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις προβλημάτων σε κατασκευές θεμελιωμένες σε εδάφη σταθερά, που η συμπεριφορά τους όμως δεν προβλέφθηκε σωστά από τους κατασκευαστές. Τα προβλήματα αυτά ταξινομούνται για λόγους τακτικής σε δύο μεγάλες κατηγορίες και για τον λόγο αυτό θα πρέπει να ελέγχεται η συμπεριφορά των εδαφών καθώς και η διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται για την αντιμετώπιση του προβλήματος της θεμελίωσης των κατασκευών.

Κάθε πρόβλημα θεμελίωσης απαιτεί τη γνώση:

- της συμπεριφοράς του εδάφους και ιδιαίτερα των παραμορφώσεών του.
- της συμπεριφοράς της κατασκευής.

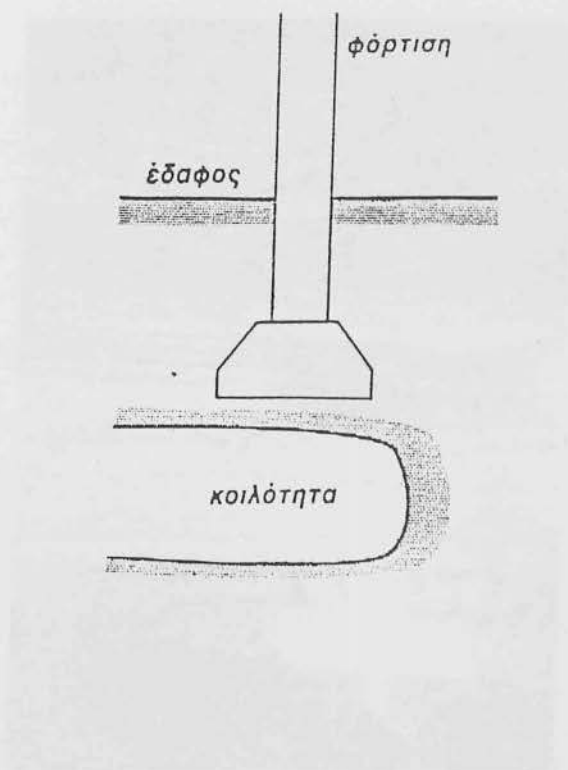
Αυτά τα δύο θέματα συνδέονται στενά, αφού καθένα από τα δύο μέλη, το έδαφος και το κτίριο, αλληλεπιδρούν το ένα πάνω στο άλλο. Από το γεγονός αυτό, κάθε κατασκευαστής οδηγείται λογικά στην εξέταση της συμπεριφοράς τόσο του εδάφους όσο και της συμπεριφοράς της κατασκευής.



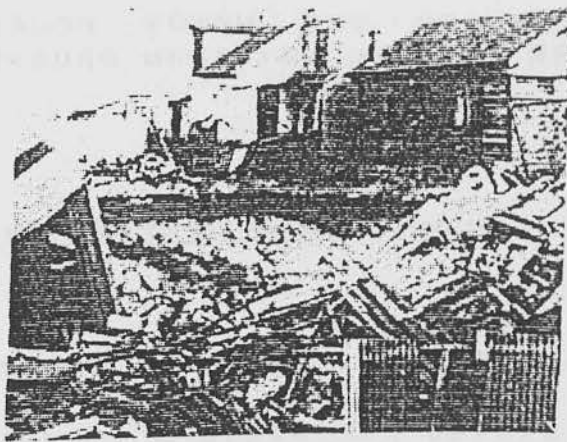
1.1. Η συμπεριφορά του εδάφους

Για να εξεταστεί σοβαρά η συμπεριφορά του εδάφους θεμελίωσης, πρέπει να απαντηθούν δύο βασικά ερωτήματα:

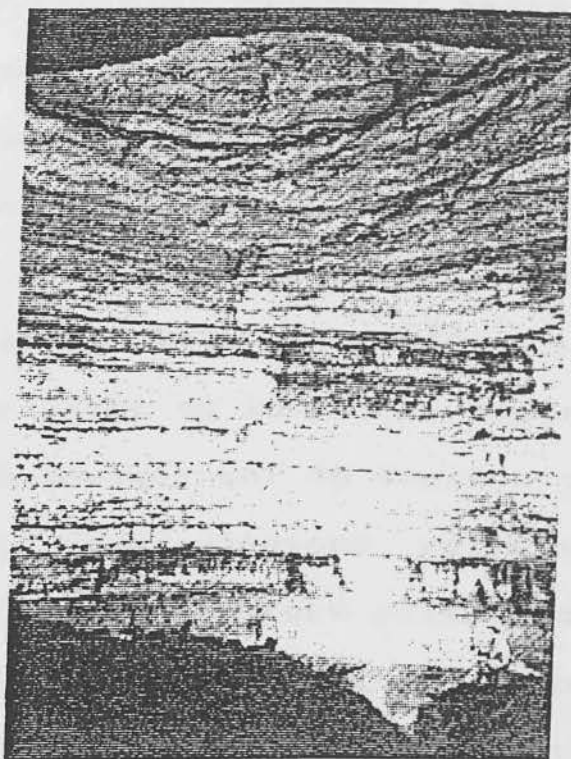
- Κατά πόσο το έδαφος πάνω στο οποίο πρόκειται να γίνει η κατασκευή, έχει ικανοποιητική μηχανική αντοχή ώστε να μη θραυστεί κάτω από τα φορτία της;
- Πως θα παραμορφωθεί το έδαφος κάτω από την κατασκευή;



Περίπτωση όπου θα υπάρξει πρόβλημα.



Κατάρρευση κατασκευών στη Γαλλία πάνω από υπόγειες κοιλότητες παλιών ορυχείων.



Τεράστια απόπλυση γύψου που αποκαλύφθηκε κατά τις εργασίες κατασκευής υπόγειου σταθμού METRO στο Παρίσι.

1.1.1. Η μηχανική αντοχή του εδάφους

Ας θεωρηθεί αρχικά η ειδική αλλά δυστυχώς πιθανή περίπτωση 1, όπου η θεμελίωση βρίσκεται ακριβώς πάνω από κοιλότητα του εδάφους (παλιό ορυχείο, κοιτάσματα γύψου που έχουν αποπλυθεί).

Τέτοιες περιπτώσεις είναι σπάνιο να μην

δημιουργήσουν προβλήματα, αν και δεν έχουν πάντα τις τραγικές συνέπειες της καταστροφής του CLAMART της Γαλλίας (Φωτ.1). Όλοι θυμούνται ακόμη αυτό που συνέβει σε αυτή την πόλη τον Ιούνιο του 1961, όπου μία ζώνη περίπου 60 στρεμμάτων πάνω από παλιά ορυχεία, έπαθε μεγάλη καθίζηση παρασύροντας μέσα στην κοιλότητα 25 μονοκατοικίες και ένα τριώροφο εργοστάσιο. Μέσα στη μεγάλη οπή, μέσου βάθους 5-6 μέτρων, που σε μερικά σημεία βάραινε μέχρι τα 10 μέτρα, θάφτηκαν πολλά άτομα, σημειώθηκαν 20 θάνατοι και 40 περίπου τραυματισμοί.

Ετσι λοιπόν όπου υπάρχουν κοιλότητες στο έδαφος (φωτ.2) απαιτείται επιπλέον μελέτη και η απάντηση στο πρώτο ερώτημα θα προκύψει από τα χαρακτηριστικά της κοιλότητας του εδάφους, που θα διαπιστωθούν μετά από γεώτρηση. Από τα χαρακτηριστικά αυτά θα υπολογιστεί, με τη χρήση ενός κατάλληλου συντελεστή ασφαλείας, η επιτρεπόμενη επιφόρτιση του εδάφους, δηλαδή η φέρουσα ικανότητά του ή οι εργασίες που επιτρέπεται να εκτελεστούν πάνω σε αυτό.

Για να καθοριστεί η επιφόρτιση αυτή δεν λείπουν τα μέσα. Ετσι μπορούν να γίνουν υπολογισμοί (με την βοήθεια παραμέτρων μετρημένων στο εργαστήριο ή στο εργοτάξιο), δοκιμές στο εργαστήριο ή επί τόπου (δοκιμές σε τράπεζα, πενετρόμετρο κτλ.) και επί πλέον υπάρχει και η εμπειρική μέθοδος εξαγωγής συμπερασμάτων από περιπτώσεις σε ανάλογα εδάφη.

Για κάθε μία από αυτές τις μεθόδους υπάρχει ένα

περιθώριο λάθους. Αλλά είτε χρησιμοποιείται εμπειρική, είτε πιο επιστημονική μέθοδος, το περιθώριο λάθους, υπάρχει πάντα και εξαρτιέται κατά πολύ από τη φύση των εδαφών στην κάθε περίπτωση.

Μία χοντρική ταξινόμηση διακρίνει τα εδάφη (άσχετα από το αν περιλαμβάνουν βραχώδη τμήματα) σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Εδάφη που τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους αλλοιώνονται λίγο από την παρουσία νερού.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν κυρίως τα εδάφη που αποτελούνται από χονδρόκοκκα αδρανή όπως η άμμος (εκτός από τις πολύ λεπτόκοκκες), τα χαλίκια, οι κροκάλες κλπ.

- Εδάφη που τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να αλλοιωθούν ριζικά από την ύπαρξη νερού: ασβεστόλιθοι, σχιστόλιθοι, άργιλοι και αργιλώδη εδάφη (μάργες, μολάσες).

Πολύ σπάνια γίνονται λάθη στην εκτίμηση των επιφορτίσεων που μπορούν να επιβληθούν πάνω σε εδάφη της πρώτης κατηγορίας και σπάνια παρουσιάζονται καταστροφές. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με τη δεύτερη κατηγορία. Στην πράξη όταν οι εργασίες θεμελίωσης γίνονται σε περίοδο ξηρασίας, μερικοί κατασκευαστές δύσκολα φαντάζονται ότι θα μπορούσε μία σκληρή άργιλος που έχει σχεδόν την αντοχή βράχου, να μεταμορφωθεί ολοκληρωτικά με την επίδραση του νερού σε έδαφος μαλακό με μικρή αντοχή. Στο κλασικό σύγγραμμα

των TERZAGHI και PECK "Εφαρμοσμένη Εδαφομηχανική" που χρησίμευε ως οδηγός σε γενιές εδαφομηχανικών μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, προτείνονται επιτρεπόμενες επιφορτίσεις που μπορούν να επιβληθούν πάνω σε διαφορετικά εδάφη. Παρατηρείται ότι για μία άργιλο η φέρουσα ικανότητα μπορεί να πολλαπλασιαστεί από 1 μέχρι 15 ανάλογα με το αν η άργιλος είναι πολύ μαλακή ή σκληρή. Το περιθώριο είναι πολύ μεγάλο και είναι πολύ εύκολο, όταν η εκτίμηση είναι αισιόδοξη ή δεν υπάρχει εμπειρία, να ξεπεραστεί ο βαθμός ασφαλείας που κανονικά είναι της τάξης του 3. Αν πρόκειται για αργιλώδες έδαφος, η απάντηση στην πρώτη ερώτηση προϋποθέτει τη γνώση της σύστασης της άργιλου, άρα την πιθανότητα κατακράτησης νερού στο μέλλον, σε όλη τη διάρκεια της προβλεπόμενης ζωής του κτιρίου.

Για την μετατόπιση του προβλήματος της επιλογής υπάρχουν δύο τρόποι:

- Να γίνει προσπάθεια πρόβλεψης της μέγιστης συγκράτησης νερού από την άργιλο κατά την πάροδο του χρόνου και να επιτραπούν αντίστοιχες επιφορτίσεις. Η λύση εμφανίζει μειονεκτήματα όπως:

* Να θεμελιωθεί το κτίριο πάνω σε μία άργιλο στην οποία η κατακράτηση νερού θα ποικίλλει σημαντικά από την μία εποχή στην άλλη, δηλαδή σε υπέδαφος που θα παρουσιάζει περισσότερο ή λιγότερο σημαντικές μεταβολές όγκου (διόγκωση, συρρίκνωση) και το κτίριο θα κινδυνεύει να τις αντιμετωπίσει.

- * Να προκύψουν από τον υπολογισμό θεμέλια αντισοικονομικά, μια και θα έχουν υπολογιστεί μεγάλες οι διαστάσεις τους.
- Να εξασφαλιστεί ότι η άργιλος δεν μπορεί να υποστεί χαλάρωση κάτω από τα θεμέλια, δηλαδή να απομακρυνθεί από αυτά το νερό. Στην πιο συνηθισμένη περίπτωση που τα νερά προέρχονται από επιφανειακή απορροή, υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι θεραπείας. Η πιο συνηθισμένη είναι οίγουρα η αποστράγγιση στην περίμετρο των κτιρίων που αποτελεί τον κατ'εξοχήν τρόπο αποφυγής της καθίζησης του υπεδάφους. Αφού το πρόβλημα της φέρουσας ικανότητας του εδάφους λυθεί, ο κατασκευαστής πρέπει να εξετάσει την παραμόρφωση του εδάφους από την επενέργεια της κατασκευής.

1.1.2. Η παραμόρφωση του εδάφους

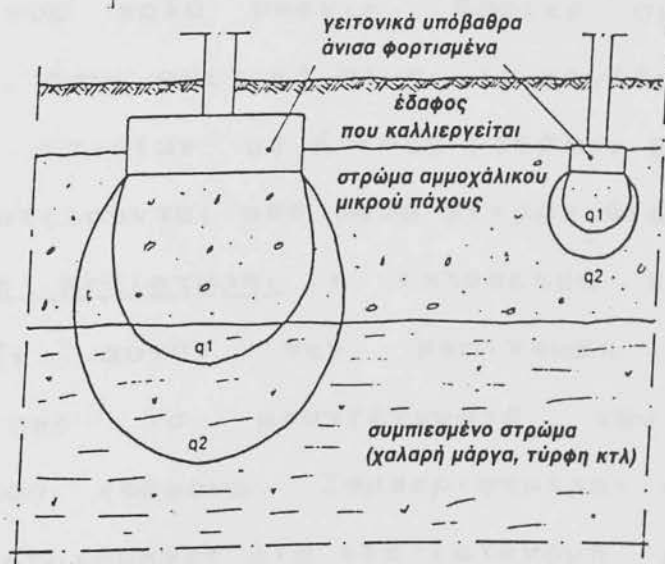
Όλα ανεξαιρέτως τα εδάφη παθαίνουν καθίζηση. Μερικά όμως εδάφη καθιζάνουν περισσότερο. Η καθίζηση οφείλεται σε ένα πολύ απλό φαινόμενο. Ας θεωρηθεί η περίπτωση ενός αμμώδους εδάφους. Όλα τα εδάφη αυτά αποτελούνται από κόκκους μικρούς ή μεγάλους και διαφόρων σχημάτων. Οι κόκκοι αυτοί μπορεί να είναι μάλλον σφαιρικοί στις θαλάσσιες και ποτάμιες άμμους ή πλατυσμένοι στους άργιλους. Ανάμεσα στους κόκκους υπάρχουν κενά, που ανάλογα με την περίπτωση γεμίζουν με αέρα ή νερό.

Όταν η θεμελίωση βρίσκεται πάνω σε ένα παρόμοιο έδαφος, προκαλείται αύξηση των φορτίσεων μέσα σε αυτό. Η πίεση αυτή εξαρτιέται όχι μόνο από την επιφανειακή πίεση αλλά και από τις διαστάσεις του θεμελίου. Οι πιέσεις αυτές προκαλούν τη σύσφιξη των κόκκων του εδάφους μεταξύ τους. Φυσικά, ανάλογα με το σχήμα των κόκκων υπάρχουν πάντα μερικά ασυμπύεστα κενά, αλλά οι κόκκοι θα καταλάβουν τελικά μικρότερο όγκο από αυτόν που είχαν πριν επιφορτισθούν με τη θεμελίωση με συνέπεια το έδαφος να παθαίνει καθίζηση και η θεμελίωση να κατεβαίνει. Στον υπολογισμό της καθίζησης πρέπει να είναι γνωστό εκτός από τη σχέση ανάμεσα στην πίεση που ασκείται στο έδαφος και στη μείωση των διαστάσεων που προκαλείται και το μέτρο συμπίκνωσης. Ιδιαίτερα αν το έδαφος είναι λεπτόκοκκο και κορεσμένο, η συμπίκνωση θα μπορέσει να γίνει μόνο μετά την απομάκρυνση του περιεχόμενου νερού (σκλήρυνση), άρα θα γίνει με τόσο αργότερο ρυθμό, όσο μικρότερη είναι η διαπερατότητα του εδάφους. Αυτός είναι ο λόγος που μερικές καθιζήσεις σταθεροποιούνται μετά από πολλά χρόνια. Έτσι υπάρχουν παραδείγματα κτιρίων που παθαίνουν καθιζήσεις ακόμη και μετά από 17 χρόνια.

Συμπερασματικά, για ένα δοσμένο έδαφος - όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα - κάθε διαφορά στη φόρτιση δύο θεμελίων οδηγεί σε διαφορετικές καθιζήσεις.



Σε περιπτώσεις αυτής της μορφής, οι διαφορικές καθιζήσεις είναι μάλλον απίθανες, οποιαδήποτε και αν είναι η κατασκευή.



Σε τέτοιες περιπτώσεις οι διαφορικές καθιζήσεις είναι αναπόφευκτες αν η κατασκευή δεν είναι κατάλληλα μελετημένη.

1.2. Η συμπεριφορά της κατασκευής

Μετά τα προηγούμενα τίθεται το ερώτημα: Πως πρόκειται να αντιδράσει η κατασκευή στην περίπτωση διαφορετικών καθιζήσεων;

Η απάντηση είναι πολύ σχετική: εξαρτιέται από τις πιθανότητες παραμόρφωσης της κατασκευής. Σχηματικά, η συμπεριφορά της κατασκευής βρίσκεται ανάμεσα σε δύο άκρα:

- Πρώτη περίπτωση: η κατασκευή είναι τελείως ελαστική. Το αποτέλεσμα θα είναι να ακολουθήσει η κατασκευή τις κινήσεις του εδάφους. Αν ο σκελετός είναι αρκετά εύκαμπτος και η κατασκευή δεν έχει κανένα εύθραστο υλικό πλήρωσης, δεν θα συμβεί καμία καταστροφή. Μία ιδανική κατασκευή αυτής της μορφής είναι προφανώς πολύ σπάνια. Μερικά όμως κτίρια την προσεγγίζουν, όπως σχετικό είναι το παράδειγμα μερικών βιομηχανικών κτιρίων με δοκούς μεγάλων ανοιγμάτων και όψεις που αποτελούνται από πάνω μικρών διαστάσεων.

- Δεύτερη περίπτωση: η κατασκευή είναι εντελώς άκαμπτη. Σε αυτήν την περίπτωση η κατασκευή επηρεάζεται από τα αποτελέσματα των διαφορετικών καθιζήσεων του εδάφους. Συμπεριφέρεται έτσι ως δοκός διανομής που δημιουργεί μία νέα κατανομή τάσεων. Όταν δεν υπάρχουν διαφορικές καθιζήσεις, δεν υπάρχουν αστοχίες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα κτίρια που έχουν κατά τους δύο άξονες συνεχή δομικά στοιχεία από

οπλισμένο σκυρόδεμα με επαρκή οπλισμό ώστε να μπορούν να παίξουν το ρόλο του διανομέα των καθιζήσεων. Ανάμεσα στις δύο αυτές περιπτώσεις βρίσκονται τα συνηθισμένα κτίρια που οι τοίχοι τους είναι κτιστοί (φέροντες ή πλήρωσης) ή από άοπλο σκυρόδεμα (ή με στοιχειώδη οπλισμό)

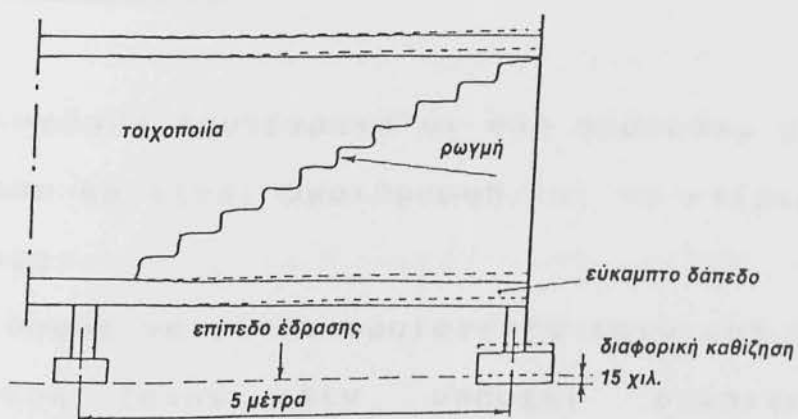
1.2.1. Η περίπτωση των συνηθισμένων κτιρίων

Οι τοίχοι από τούβλα ή χυτό σκυρόδεμα, που συνήθως έχουν αρκετή ακαμψία για να αντισταθούν στις φορτίσεις του ανέμου, που επιδρά στα συνηθισμένα κτίρια, δεν μπορούν να αντιδράσουν χωρίς καταστροφές στις διαφορικές καθιζήσεις των θεμελίων τους. Για να υπολογιστεί η σχετική παραμόρφωση ενός τοίχου, συχνά χρησιμοποιείται ένας πολύ βολικός όρος, η γωνιακή παραμόρφωση έστω και αν δεν ανταποκρίνεται απόλυτα στην πραγματικότητα. Μία τιμή που συνήθως δεν πρέπει να ξεπερνιέται είναι το $1/1000$ για τοίχους κτιστούς ή από χυτό σκυρόδεμα και η τιμή $1/500$ όταν το κτίριο δεν έχει κτιστούς τοίχους ή χωρίσματα. Φαίνεται ίσως παράδοξο το γεγονός ότι οι σύγχρονες τοιχοποιίες είναι πιο εύθραστες από τις παλιές. Το παράδοξο είναι όμως επιφανειακό: οι παλιές τοιχοποιίες που αποτελούνται από σχετικά μικρά δομικά στοιχεία συναρμολογημένα μεταξύ τους με ελαστικό κονίαμα, φέρουν πολύ καλύτερα τις διαφορικές καθιζήσεις από τις σύγχρονες τοιχοποιίες που

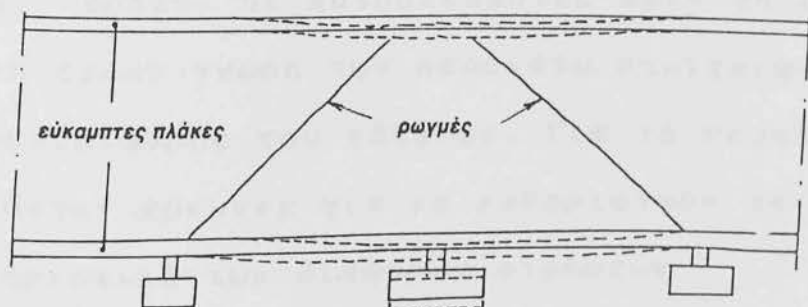
τα στοιχεία τους είναι όλο και πιο μεγάλα και, επειδή δένονται με υδραυλικά κονιάματα, εμφανίζουν αρμούς με περιορισμένη δυνατότητα παραμόρφωσης.

Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι ευθύγραμμες και κλιμακωτές ρωγμές που οφείλονται σε διαφορικές καθιζήσεις. Υπάρχουν σήμερα πολύ εξελιγμένες μέθοδοι υπολογισμών με τις οποίες μπορεί να γίνει πρόβλεψη των συνεπειών της αλληλεπίδρασης εδάφους - κατασκευής. Αν και οι κανονισμοί επιτρέπουν απλοποίηση των υπολογισμών αυτών, πολλοί κατασκευαστές τους απορρίπτουν και χρησιμοποιούν, χωρίς σοβαρές συνέπειες, την παλιά καλή μέθοδο να υπολογίζουν τις καθιζήσεις ανεξάρτητα από την κατασκευή και να επαληθεύουν στη συνέχεια κατά πόσο η κατασκευή αυτή είναι ικανή να φέρει τέτοιες καθιζήσεις χωρίς αστοχίες. Στην αντίθετη περίπτωση υπάρχουν δύο δυνατές αντιμετώπισεις:

- να κατασκευαστεί πιο άκαμπτη κατασκευή έτσι ώστε οι παραμορφώσεις να φτάνουν τις αποδεκτές τιμές.
- να αναζητηθεί καλύτερο έδαφος θεμελίωσης σε μεγαλύτερο βάθος, αν δεν υπάρχει δυνατότητα να αλλάξει ο τύπος της κατασκευής.



Αποτέλεσμα διαφορικής καθίζησης σε κτιστή τοιχοποιία



Αποτέλεσμα διαφορικής καθίζησης σε τοίχο από χυτό σκυρόδεμα.

1.2.2. Καθιζήσεις του εδάφους αποδεκτές στο σύνολο της κατασκευής

Αν ισχύουν ταυτόχρονα οι δύο παρακάτω προϋποθέσεις, η καθίζηση θα είναι ομοιόμορφη και το κτίριο θα κατέβει κατακόρυφα:

* Το έδαφος να είναι ομοιογενές κάτω από ολόκληρη την κατασκευή (όταν δεν υπάρχει συμπιεστή στρώση διαφορετικού πάχους ή βάθους).

* Η φόρτιση που δημιουργεί το κτίριο είναι ομοιόμορφη (όταν για παράδειγμα το κτίριο δεν έχει στη μία πλευρά 2 και στην άλλη 10 ορόφους).

Από όλες τις προηγούμενες αναφορές μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι εξαιτίας των κινδύνων που κρύβει το έδαφος, πρέπει οι κατασκευαστές πριν να αρχίζουν ένα έργο να έχουν γνώση των παρακάτω στοιχείων:

* Της συμπεριφοράς του εδάφους. Για το σκοπό αυτό συχνά απαιτούνται έρευνες για να καθοριστούν τα πάχη και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων στρώσεων.

* Της συμπεριφοράς του κτιρίου. Γι' αυτό συχνά δεν επαρκούν μόνο οι γνώσεις της εδαφομηχανικής και χρειάζεται η συμβουλή ενός ειδικού στην αλληλεπίδραση εδάφους - κατασκευής.

Είναι απαραίτητο λοιπόν στην παθολογία των θεμελιώσεων, πριν από την εξέταση των συνεπειών των καταστροφών, να συνειδητοποιούνται οι αιτίες τους. Ετσι θα αποφευχθούν τα ατυχήματα που τις περισσότερες φορές

δεν προκύπτουν από κακούς υπολογισμούς αλλά από λανθασμένες εκτιμήσεις.

Αν οι κατασκευαστές γνώριζαν τις απλές και λίγες βασικές αρχές που καθορίζουν τη συμπεριφορά των εδαφών και των θεμελιώσεων, έστω και χωρίς να γνωρίζουν όλες τις λεπτόμερειες θα αποφεύγονταν το 80% των αστοχιών. Γ'αυτό και η υπενθύμιση μερικών βασικών αρχών κρίθηκε απαραίτητη.

2. ΒΛΑΒΕΣ ΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΝ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

2.1. Γενικά

Το 71% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από νερό. Τα εδάφη που καλύπτουν το νερό είναι σχεδόν άγνωστα και μόλις εδώ και μερικά χρόνια έχει αρχίσει μία εντατική προσπάθεια για την έρευνα της γεωλογικής τους δομής και την εξέταση των μηχανικών τους ιδιοτήτων.

2.1.1. Το νερό και η διαπερατότητά του σε φυσικά εδάφη

Οι αποθέσεις φυσικών εδαφών περιέχουν ένα ορισμένο ποσοστό υγρασίας που προέρχονται από βροχές, από χιόνι και από διάφορες μορφές μετακίνησης του φρεάτιου ορίζοντα. Κοντά στην επιφάνεια του εδάφους οι πόροι

είναι ακόρεστοι, ενώ σε μεγαλύτερο βάθος, τόσο οι αλλούβιες αποθέσεις, όσο και οι βράχοι είναι τελείως κορεσμένοι.

Ανάλογα με τη στρωματογραφική διάπλαση της περιοχής, το νερό ή βρίσκεται σε ακινησία ή σε κάποια κίνηση, και η ταχύτητα της ροής του εξαρτάται από τις εδαφικές συνθήκες. Είναι επίσης δυνατόν η κίνησή του να είναι τόσο αργή, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί στάσιμο. Από την άποψη των θεμελιώσεων το νερό είναι και αυτό μία φέρουσα φάση, που παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους.

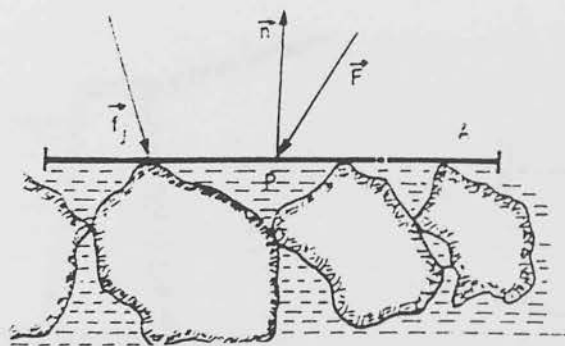
Όταν είναι το στάσιμο, μπορούμε με τη μέθοδο του Terzaghi να υπολογίσουμε το ποσοστό της τάσης σε αυτό που παραλαμβάνεται από τους κόκκους, σε σχέση με την ολική τάση που ασκείται από το θεμέλιο στο έδαφος. Η μέθοδος του Terzaghi σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα βασίζεται στη σχέση: $F = \sum F_i + (A - \sum a_i) p \cdot n$ όπου: A είναι το εμβαδόν πάνω στο οποίο ενεργεί η δύναμη F .

p είναι η πίεση του νερού.

$\sum F_i$ είναι η τάση που αναπτύσσεται μεταξύ των κόκκων

$\sum a_i$ είναι το εμβαδόν της επαφής των κόκκων.

n είναι το μοναδιαίο διάνυσμα της διεύθυνσης της δύναμης που ασκεί το νερό.

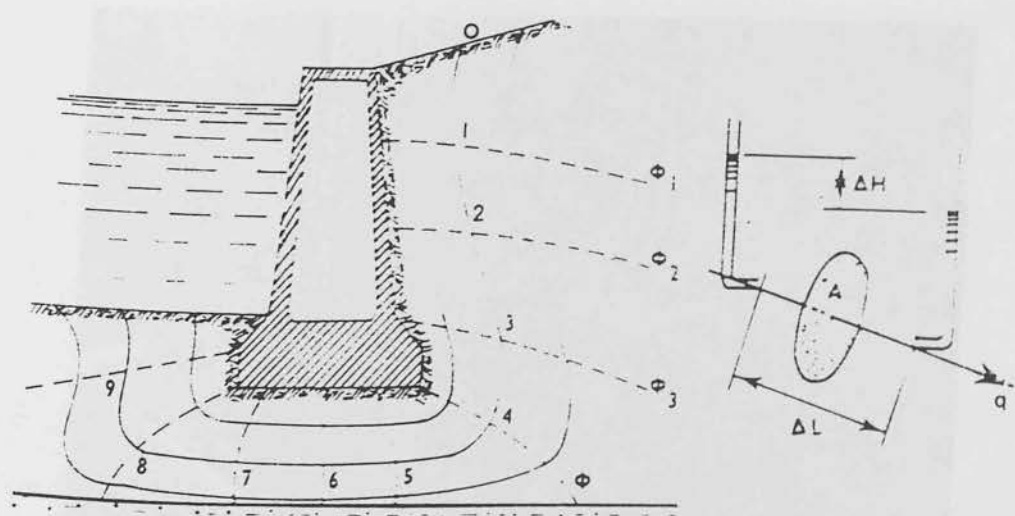


Δυνάμεις που ασκούνται πάνω σε ένα απειροστό εδαφικό στοιχείο.

2.1.2. Η πίεση του νερού

Κατά τη διάρκεια μιας βροχής, το έδαφος πίσω από έναν τοίχο αντιστήριξης συγκεντρώνει μία μεγάλη ποσότητα νερού. Αν δεν έχουμε προβλέψει την αποστράγγισή του, τότε το νερό διηθείται κάτω από τον τοίχο αντιστήριξης με τον τρόπο που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η επίδραση του νερού είναι μία από τις κύριες αιτίες αστοχίας των θεμελιώσεων. Το νερό αποτελεί ένα βασικό συστατικό του περιβάλλοντος των κτιρίων. Επίδρα πάνω σε αυτά με διάφορες μορφές που μπορεί να λάβει στη φύση και συνιστά έναν από τους κύριους παράγοντες καταστροφής τους. Ειδικά στη θεμελίωση των κτιρίων, το νερό μπορεί να επηρεάσει με διάφορους τρόπους και να



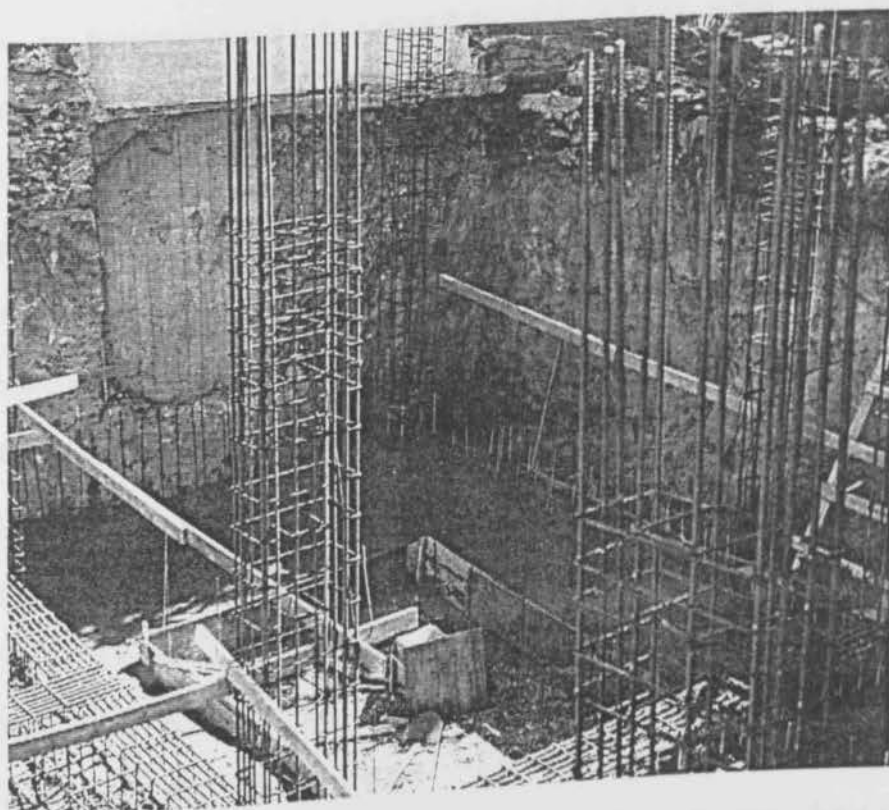
Διήθηση κάτω από ένα τοίχο αντιστήριξης.

επιφέρει ανάλογες ζημιές.

2.2. Η μηχανική δράση του νερού

Τα θεμέλια που δεν έχουν αρκετό βάθος ή δεν προστατεύονται αποτελεσματικά μπορεί να προσβληθούν από τη μηχανική δράση του νερού που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους. Το νερό που μπορεί να ξεχειλίσει από ένα ποτάμι ή χείμαρρο μεταφέρει φερτές ύλες που προσκρούουν στη βάση των κτιρίων.

Ένα κανάλι απορροής στη συναρμογή του δρόμου με ένα κτίριο, αν δεν είναι σωστά σχεδιασμένο, επιβάλλει



συνεχή επίδραση του νερού στη βάση της κατασκευής. Το νερό παρασύρει σταδιακά το έδαφος πλήρως γύρω από τα θεμέλια και τα αφήνει εκτεθειμένα στην επίδραση των συνθηκών του περιβάλλοντος. Μειώνει τη σταθερότητα της οστήριξής τους και μπορεί να προκαλέσει συνολικές ή διαφορικές καθιζήσεις, ρηγματώσεις ή και κατάρρευση της κατασκευής. Ιδιαίτερο πρόβλημα υπάρχει αν τα θεμέλια δεν εδράζονται σε αρκετό βάθος και αν το έδαφος θεμελίωσης παρουσιάζει μειωμένη αντοχή και συμπύκνωση ή προέρχεται από επιχωμάτωση.

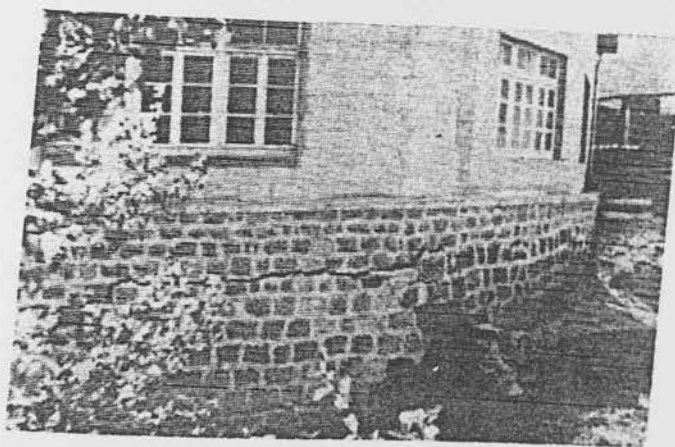
2.3. Η επίδραση του πάγου

Όταν η θερμοκρασία κατεβαίνει κάτω από το μηδέν σε ένα υγρό περιβάλλον, τότε το νερό μετατρέπεται σε πάγο με αύξηση του όγκου του. Αν το φαινόμενο αυτό εμφανιστεί σε υπέδαφος με χονδρούς κόκκους, υγρό αλλά όχι κορεσμένο, για παράδειγμα ένα έδαφος με αμμοχάλικο ή με κροκάλες, οπότε το νερό παραμένει ανάμεσα στους υγρούς κόκκους, υπάρχει αρκετός χώρος ώστε η διόγκωση του πάγου να μπορεί να γίνει ελεύθερα. Το υπέδαφος δε διογκώνεται και τα θεμέλια που στηρίζονται σε αυτό δεν υφίστανται μετακινήσεις.

Αντίθετα όταν το φαινόμενο εμφανίζεται σε ένα έδαφος που αποτελείται από λεπτόκοκκα υλικά τότε τα τριχοειδή κενά γεμίζουν με νερό και αν δημιουργηθεί πάγος δεν μπορεί να διογκωθεί ελεύθερα χωρίς να καταστρέψει τη συνοχή του εδάφους οπότε και αυτό διογκώνεται.

Κατά το ξεπάγωμα συμβαίνει το αντίθετο φαινόμενο. Τα ελαφρά θεμέλια που είναι τοποθετημένα σε ένα τέτοιο έδαφος σε μικρό βάθος, ανυψώνονται κατά το πάγωμα και καθιζάνουν κατά το ξεπάγωμα.

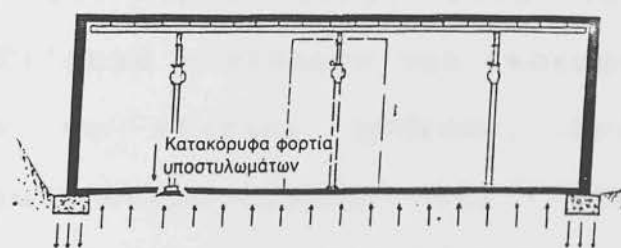
Μία πολύ πιθανή βλάβη που μπορεί να παρουσιαστεί ως συνέπεια αυτών των φαινομένων είναι η ακόλουθη. Κατά το πάγωμα, η διόγκωση του εδάφους προκαλεί ανύψωση της κατώτατης πλάκας δαπέδου, μεγαλύτερη από την ανύψωση των πεδίων των υποστυλωμάτων τα οποία δέχονται



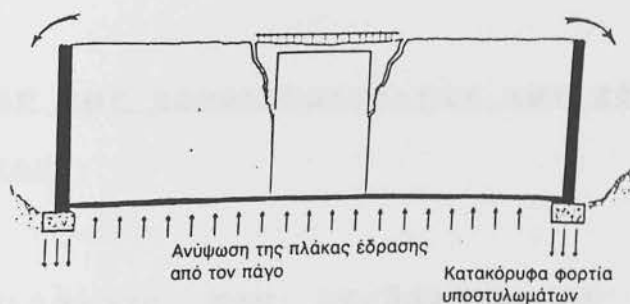
Καταστροφή της βάσης του τοίχου από πέτρες που μεταφέρθηκαν από το επιφανειακό νερό που ξεχείλισε από γειτονικό χείμαρρο.



Το βάθος θεμελίωσης δεν ήταν αρκετό ώστε τα θεμέλια να μην επηρεάζονται από την επίδραση του πάγου, έτσι κατά το ξεπάγωμα προκλήθηκε κλιμακωτή ρωγή στον τοίχο.



Διάτρηση της πλάκας έδρασης στα σημεία των υποστυλωμάτων.



Ρηγμάτωση του τοίχου

Βλάβες κτιρίων από την επίδραση του πάγου στο έδαφος θεμελίωσης.

μεγαλύτερες κατακόρυφες φορτίσεις. Η δράση αυτή μπορεί να προκαλέσει διάτρηση του δαπέδου στα σημεία των υποστυλωμάτων ή ρηγμάτωση των τοίχων.

Για να αποφεύγονται τέτοια φαινόμενα, τα κτίρια πρέπει να θεμελιώνονται σε αρκετό βάθος, όπου δεν εμφανίζεται πάγος. Το βάθος αυτό είναι συνάρτηση του είδους του κτιρίου και των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή. Συνήθως περιλαμβάνεται ανάμεσα σε μισό και ένα μέτρο που είναι αρκετό σε ορεινές περιοχές.

Προσοχή πρέπει επίσης να δίνεται μήπως τα θεμέλια,

παρότι θεμελιωμένα σε αρκετό βάθος, επηρεαστούν από τον πάγο αν μείνουν απροστάτευτα κατά το στάδιο της κατασκευής. Γι' αυτό η πλήρωση της εκοκαφής γύρω από τα θεμέλια πρέπει να γίνεται γρήγορα, αμέσως μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος και γενικά εργασίες θεμελίωσης να αποφεύγονται κατά το χειμώνα.

2.4. Η μεταβολή των χαρακτηριστικών των εδάφων από το νερό

Η περιεκτικότητα του υπεδάφους σε νερό έχει αμελητέα επίδραση στη συμπεριφορά των χονδρόκοκκων υπεδαφών, δηλαδή σε αυτά που έχουν κροκάλες αλλά σημαντική επίδραση στη συμπεριφορά των λεπτόκοκκων υπεδαφών και ειδικά των αργιλοδών. Αυτά αποτελούνται από κόκκους της τάξης του 1/1000 χιλ. που περιλαμβάνουν τριχοειδή κενά μεταξύ τους. Στα αργιλώδη υπεδάφη η διακύμανση της περιεκτικότητας σε υγρασία προκαλεί διάφορα φαινόμενα:

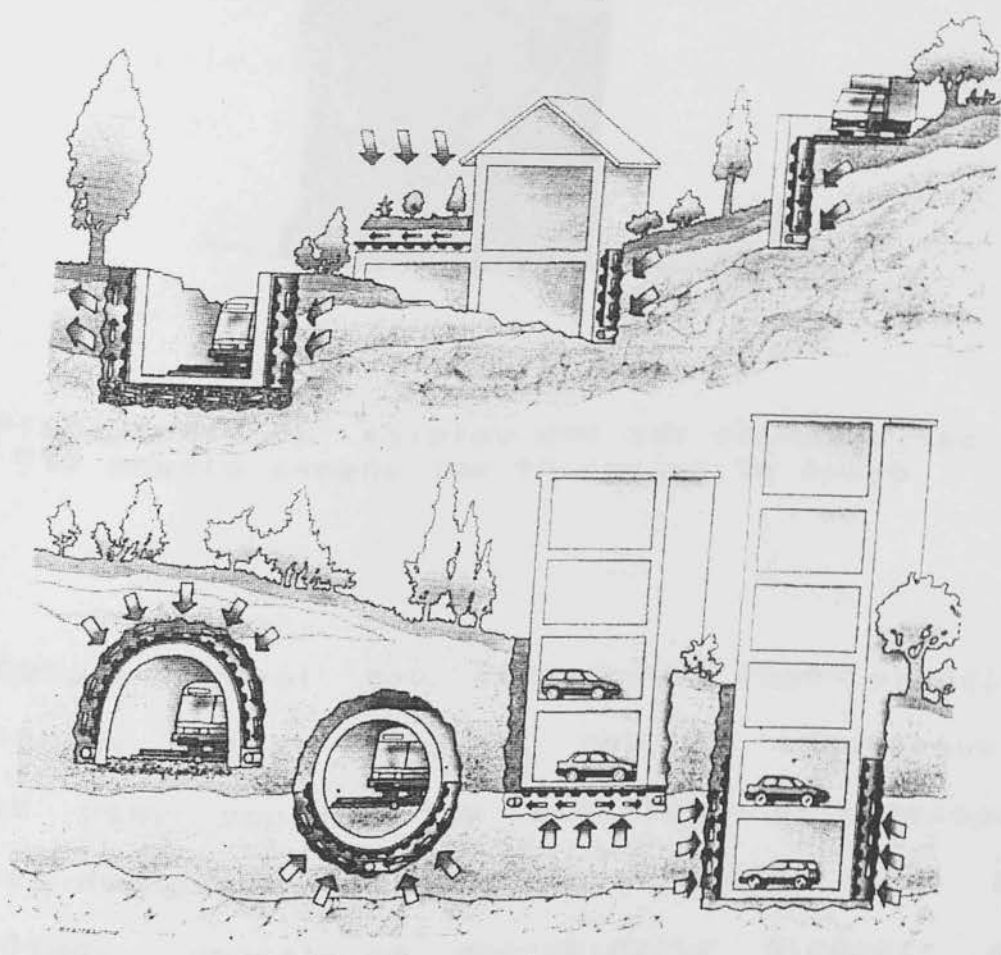
* Διόγκωση και συρρίκνωση. Όταν ένα αργιλώδες μη κορεσμένο υπέδαφος υφίσταται την παρουσία του νερού, για παράδειγμα από ανύψωση του υδροφόρου ορίζοντα, το νερό εισχωρεί στα τριχοειδή κενά και απορροφιάται από τους κόκκους, έτσι η άργιλος διογκώνεται. Το αντίθετο φαινόμενο συμβαίνει κατά τη μείωση της περιεκτικότητας του νερού από χαμήλωμα του υδροφόρου ορίζοντα ή από

έντονη εξάτμιση. Προκαλούνται έτσι στα θεμέλια οι ίδιες επιδράσεις που προκαλούνται από τον πάγο. Μπορεί να αντιμετωπιστούν με τη θεμελίωση σε αρκετό βάθος ώστε να μην επηρεάζεται από υγρομετρικές μεταβολές. Επίσης πρέπει να αποφεύγεται η έδραση πλακών σε αργιλώδη εδάφη ή επιχωματώσεις και σε τέτοιες περιπτώσεις τα κτίρια να κατασκευάζονται με μικρό μέγεθος και καλά "δεμένο". Στα κορεσμένα αργιλώδη εδάφη όπου ο υδροφόρος ορίζοντας κατεβαίνει σταδιακά, υπάρχει ανάλογη σταδιακή βύθιση των θεμελίων των κτιρίων. Τα θεμέλια του ίδιου κτιρίου ή γειτονικών, ανάλογα με την κατασκευή, το βάθος και τη φόρτισή τους μπορεί να υποστούν ανόμοιες καθιζήσεις, με αποτέλεσμα ρηγματώσεως των κατασκευών.

* Μεταβολή της αντοχής του εδάφους. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αργιλωδών εδαφών εξαρτιούνται κατά πολύ από την παρουσία νερού.

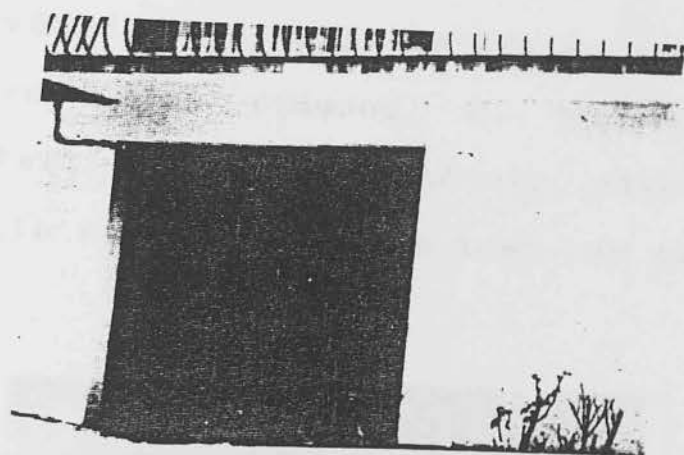
Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των αργίλων σε νερό, τόσο η συνοχή και η γωνία τριβής τους μεταβάλλεται σημαντικά. Η μείωση της αντοχής μπορεί να εμφανιστεί με πολλούς τρόπους.

Όταν υπάρχει συνεχής και σημαντική επιφανειακή ροή νερού, ενώ δεν υπάρχει κατάλληλη διαμόρφωση για την απομάκρυνσή του από τα θεμέλια, αυτό να παραούρει τις επιχωματώσεις γύρω τους ή να ελαττώσει την αντοχή του εδάφους κάτω από αυτά. Η επίδραση του νερού και η συμπεριφορά των θεμελίων δεν είναι ομοιόμορφη σε όλα τα θεμέλια του ίδιου κτιρίου. Το φαινόμενο αποφεύγεται με



Απαραίτητη είναι η σωστή αντιμετώπιση του νερού στη μελέτη μίας θεμελίωσης.

τη διαμόρφωση κατάλληλων καναλιών απορροής στο οικόπεδο, με την αποφυγή της πλήρωσης των εκοκαφών θεμελίων με αργιλώδεις επιχωματώσεις και με την προστασία τους με ειδικά φύλλα και αγωγούς αποστράγγισης.

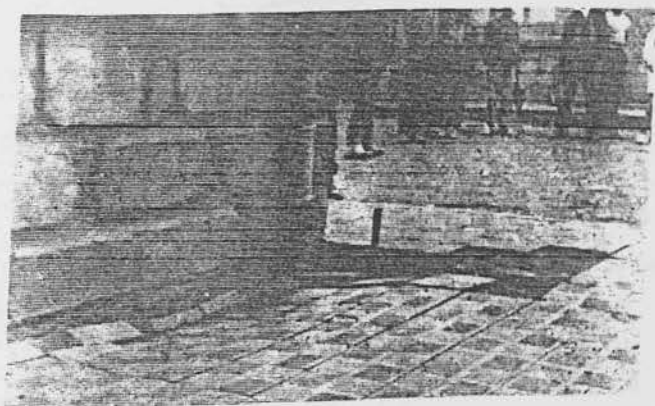


Διαφορική καθίζηση κτιρίου από την επίδραση της ροής νερού στο σημείο επαφής του τοίχου με το δρόμο.

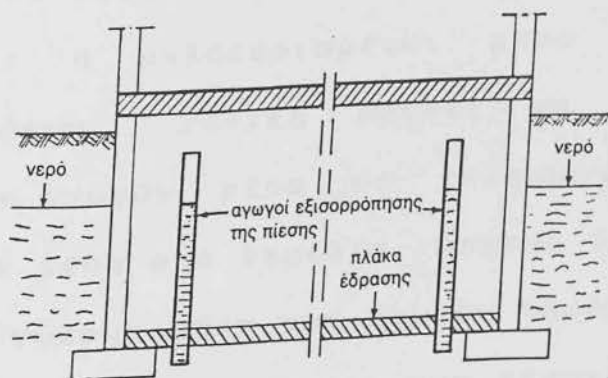
Διάφοροι αγωγοί που μεταφέρουν νερό μπορεί να παρουσιάσουν επίσης διαφυγές που θα επηρεάσουν το υπέδαφος στην περιοχή των θεμελίων. Οι κατακόρυφες υδρορροές που οδηγούν το νερό από τη στέγη ή το δώμα στο έδαφος, μπορεί να παρουσιάσουν διαρροές στις συνδέσεις ή να τρυπήσουν, οπότε το νερό "γλύφει" τον τοίχο και επιδρά άμεσα στη βάση του κτιρίου.

Εξάλλου η έξοδος του νερού από την υδρορροή στην επιφάνεια του εδάφους πρέπει να συνεχίζεται μέσα σε στεγανό αγωγό με κατάλληλη μικρή κλίση στην επιφάνεια του εδάφους και να οδηγείται σε ειδικά κανάλια απορροής. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει συνεχής επίδραση του νερού στη βάση του κτιρίου. Τα προβλήματα αυτά αποφεύγονται με προκατασκευασμένες μεταλλικές, πλαστικές ή χτιστές υδρορροές, σχεδιασμένες σωστά, με

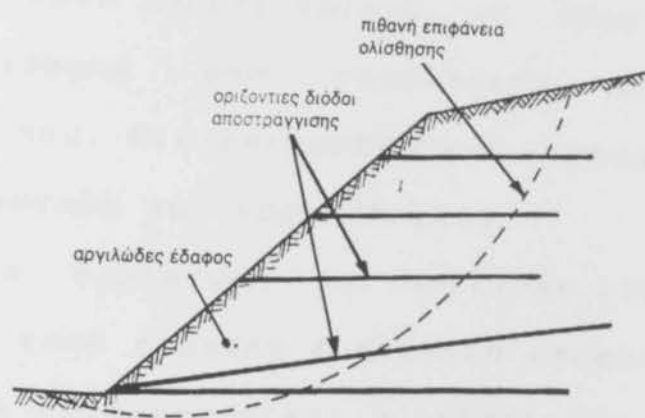
στεγανές συνδέσεις και πρόβλεψη απομάκρυνσης του νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Οι προκατασκευασμένες υδρορροές πρέπει να είναι ακλόνητα στερεωμένες στα δομικά στοιχεία και στην απόληξή τους στο έδαφος.



Η κατακόρυφη υδρορροή μεταβιβάζει το νερό ελεύθερα στο έδαφος και αυτό επηρεάζει τη βάση του κτιρίου. Στο σημείο εξόδου του νερού η πλακόστρωση έχει καταστραφεί.



Αποφόρτιση της υποπίεσης που ασκεί το υπόγειο νερό στην πλάκα έδρασης του κτιρίου.



Προληπτική αποφόρτιση του υδροφόρου ορίζοντα μίας αργιλώδους πλαγιάς.

Οι υπόγειοι αγωγοί ύδρευσης ή αποχέτευσης του κτιρίου, μπορεί να παρουσιάσουν διαρροές που να επηρεάζουν το υπέδαφος στην περιοχή των θεμελίων. Οι βλάβες των αγωγών μπορεί να προέρχονται από κινήσεις του εδάφους και ειδικά των επιχωματώσεων από διάφορες αιτίες, που οι αγωγοί δεν μπορεί να τις καλύψουν γιατί είναι άκαμπτοι ή μπλοκαρισμένοι μέσα στο σκυρόδεμα των θεμελιώσεων. Γενικά πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση των αγωγών μέσα σε επιχωματώσεις και η παρεμβολή τους μέσα στα θεμέλια. Επίσης να αποφεύγονται τα μεγάλα ευθύγραμμα μήκη των αγωγών παράλληλα με τις όψεις του κτιρίου. Οι συνδέσεις των τεμαχίων των αγωγών πρέπει να είναι στεγανές, κατά προτίμηση με ελαστικούς δακτυλίους παρά με άκαμπτα κομμάτια ή κονιάματα. Οι αγωγοί χρειάζονται τακτική επίβλεψη και συντήρηση από

προσχεδιασμένες διόδους.

* Κατολίθηση μπορεί επίσης να σημειωθεί σε ένα αργιλώδες έδαφος από σημαντικές μεταβολές των επιφορτίσεων του. Μία επιχωμάτωση ή εκκοκαφή αλλάζει την εντατική κατάσταση του γύρω εδάφους.

Σε τέτοια περίπτωση τα αργιλώδη εδάφη μπορεί να κατολιθώσουν κατά καμπύλη ή επίπεδη επιφάνεια.

Ενας άλλος κίνδυνος είναι η μετακίνηση επιφανειακής στρώσης αργιλώδους εδάφους από ερπυσμό. Εξαιτίας της ρευστοποίησής τους από ανάμιξη με το νερό.



Κατολίθηση του αργιλώδους εδάφους από επιχωμάτωση που έγινε πριν ολοκληρωθεί ο τοίχος αντιστήριξης.

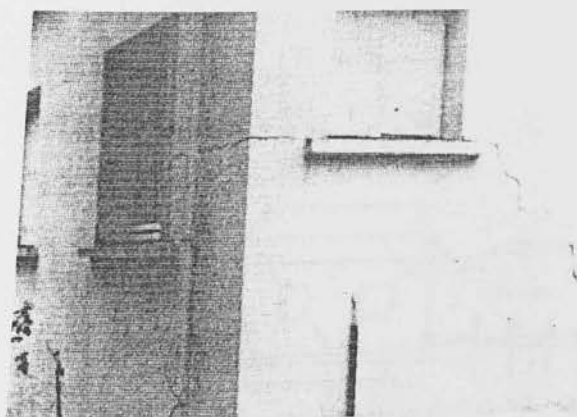


Το κτίριο ήταν θεμελιωμένο σε δύο διαφορετικά είδη εδαφών (γρανίτης και άργιλος). Η απότομη διακύμανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα προκάλεσε την κατάρρευση του τμήματος που ήταν θεμελιωμένο στο αργιλώδες έδαφος.

2.5. Υδροστατικές πιέσεις και υποπιέσεις

Οι υδροστατικές πιέσεις μπορεί να έχουν βλαβερή επίδραση στη συμπεριφορά μερικών θεμελιώσεων. Όταν ένα κτίριο είναι θεμελιωμένο σε έδαφος, κάτω από το επίπεδο του συνηθισμένου υδροφόρου ορίζοντα, υπάρχει επίδραση υδροστατικών πιέσεων στις κατακόρυφες επιφάνειες των θεμελίων και υποπιέσεων στην κάτω πλάκα δαπέδου. Οι

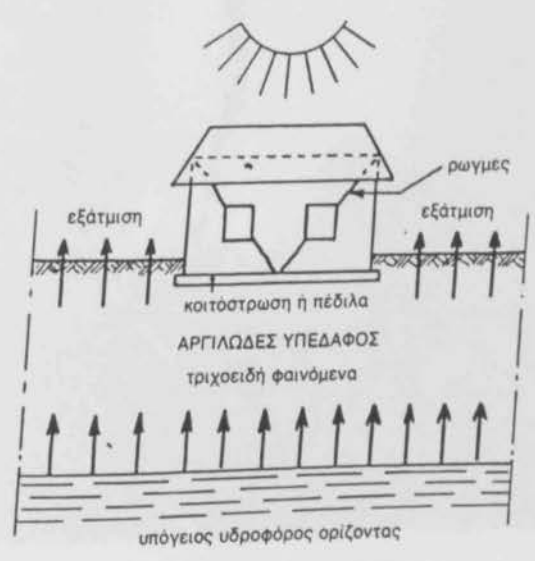
πιέσεις αυτές πρέπει να συνυπολογιστούν ως μέσες τιμές με τις άλλες φορτίσεις που δέχονται τα θεμέλια. Εξάλλου η μεταβολή των πιέσεων αυτών ως συνέπεια της διακύμανσης του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να αποτελέσει την αιτία αστοχίας των θεμελίων. Η κατάσταση γίνεται ιδιαίτερα επικίνδυνη αν υπάρχει κανάλι άρδευσης ή δεξαμενή συγκέντρωσης νερού γειτονικά του κτιρίου.



Διαφορική καθίζηση του κτιρίου από διαδοχική διόγκωση και συρρίκνωση του αργιλώδους εδάφους θεμελίωσης.

Το φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπιστεί αν στις γωνίες της πλάκας του δαπέδου δημιουργηθούν οπές και τοποθετηθούν κατακόρυφοι κενοί αγωγοί. Όταν ο υδροφόρος ορίζοντας ανεβαίνει, η υποπίεση της πλάκας αποφορτίζεται μερικά με την άνοδο της στάθμης του νερού μέσα σε αυτούς τους αγωγούς. Εξάλλου με την παρακολούθηση της στάθμης του νερού μέσα στους αγωγούς, παρακολουθείται η διακύμανση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα.

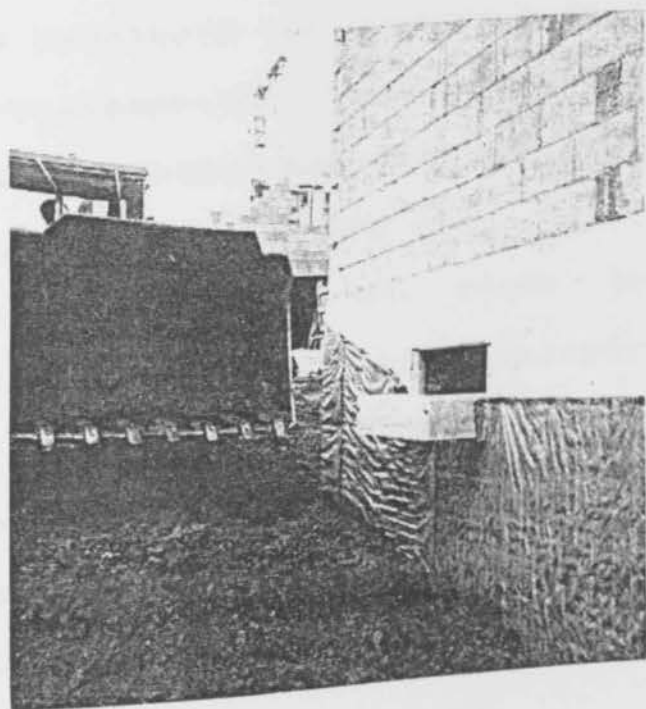
Τα κτίρια και ειδικά οι δεξαμενές που είναι θεμελιωμένες κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα του εδάφους κινδυνεύουν επίσης να ανυψωθούν ή να στραφούν από την επίδραση του άνωσης. Το φαινόμενο μπορεί να προληφθεί με τη θεμελίωση σε αρκετό βάθος ή με την αγκύρωση της κατασκευής σε ελκυστήρες που στερεώνονται σε μεγάλο βάθος ή σε σταθερά πετρώματα.



Επίδραση της μεταβολής του όγκου αργιλώδους εδάφους σε κτίριο με επιφανειακή θεμελίωση.



Βαθιά ρωγμή στον τοίχο από διαφορεική καθίζηση της θεμελίωσης



Και το σκυρόδεμα παρουσιάζει ευαισθησία σε ουσίες που μπορεί να περιέχονται στο νερό. Είναι αναγκαία η προστασία του.

Το υπόγειο νερό μπορεί επίσης να επηρεάσει το υλικό κατασκευής των θεμελίων, ειδικά αν μεταφέρει διαβρωτικές ουσίες. Οι ξύλινοι πάσσαλοι μπορεί να σαπίσουν, τα μεταλλικά στοιχεία να διαβρωθούν, ακόμη και το σκυρόδεμα μπορεί να επηρεαστεί από χημικές ουσίες διαλυμένες στο νερό, ειδικά αν είναι πορώδες.

Γενικά η επίδραση του νερού είναι άμεσα ή έμμεσα υπεύθυνη για πολλές βλάβες των θεμελίων. Όταν το έδαφος θεμελίωσης μίας κατασκευής είναι ευαίσθητο στο νερό (άργιλος, μάργα κλπ.) χρειάζεται γεωτεχνική προμελέτη

και λήψη ορισμένων μέτρων προφύλαξης.

* Για την προστασία των κτιρίων χρειάζεται πρόβλεψη συστήματος περιφερειακής αποστράγγισης, αύξηση της ακαμψίας τους, πρόβλεψη αποφόρτισης στην πλάκα έδρασης, αγκύρωσή τους κατά την ανύψωση κτλ.

* Για την προστασία του ιδίου του εδάφους από κατολισθήσεις, ειδικά αν είναι κεκλιμένα χρειάζεται συχνά να σχεδιαστούν αγωγοί αποφόρτισης με μικρή κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

Εξάλλου πρέπει να ελέγχεται η σύσταση του υπόγειου νερού για λόγους υγιεινής και φθοράς του υλικού των θεμελίων.

3. ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΑ ΘΕΜΕΛΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ

Γενικά:

Όταν εμφανίζεται υγρασία στους τοίχους ενός κτιρίου, είναι φυσικό ότι το πρώτο βήμα για την καταπολέμησή της είναι η αναγνώριση της αιτίας που την προκαλεί. Στη συνέχεια - μετά την αναγνώριση - γίνεται προσπάθεια για την εξάλειψη της πηγής της υγρασίας ενώ ταυτόχρονα λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα προστασίας των τοίχων από τη συγκεκριμένη αιτία.

Ετσι αν διαπιστωθεί ότι η υγρασία στους τοίχους προέρχεται από νερό που ρέει ή συγκεντρώνεται στην

επιφάνεια του εδάφους γύρω από το κτίριο, πρέπει αρχικά να διερευνηθεί η δυνατότητα εξάλειψής του. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε μπορεί να εφαρμοστεί μία από τις τεχνικές μεθόδους που το εμποδίζουν να φτάσει στους τοίχους.

3.1. Οι τεχνικές μέθοδοι εξάλειψης της υγρασίας

Οι τεχνικές μέθοδοι εξάλειψης της πηγής της υγρασίας σε ένα κτίριο ποικίλουν πολύ ανάλογα με το είδος της. Οι τεχνικές μέθοδοι που εμποδίζουν το νερό να φτάσει στους τοίχους είναι συγκεκριμένες και δεν εξαρτιούνται από το είδος της πηγής.

Προυπόθεση για να εφαρμοστούν είναι η απλή αρχή της δημιουργίας μίας "τάφρου" με τις κατάλληλες κλίσεις κατά μήκος της βάσης του υγρού τοίχου, έτσι ώστε το έδαφος που περιβάλλει τον τοίχο να μην είναι υγρό και κατά το δυνατόν ο τοίχος να μην εφάπτεται με αυτό.

Στην απλούστερη περίπτωση η τάφρος αυτή παραμένει ανοιχτή. Άλλες φορές γεμίζεται με σκύρα και στο βάθος της τοποθετείται ένα διάτρητος σωλήνας στο οποίο συγκεντρώνεται το νερό και οδηγείται μακριά από το κτίριο. Αναγκαίο είναι ανάμεσα στα σκύρα και το χώμα να εφαρμοστεί στρώμα γεφυρώματος ώστε τα σκύρα να παραμένουν καθαρά.

Οι διαστάσεις της περιμετρικής τάφρου είναι

σχετικές με το μέγεθος του έργου και με την υγρασία. Μπορεί να απαιτηθεί η τάφρος να ξεπερνά σε βάθος το ένα μέτρο και αν πρόκειται για αστικό περιβάλλον, να χρειάζεται να επικαλυφθεί. Για να βρεθεί το απαραίτητο βάθος της τάφρου, πρέπει να διαπιστωθεί το βάθος του υγρού ορίζοντα γύρω από την κατασκευή. Γ' αυτό είναι σκόπιμο να γίνεται μία δοκιμαστική μικρή εκοκαφή στο υγρό έδαφος.



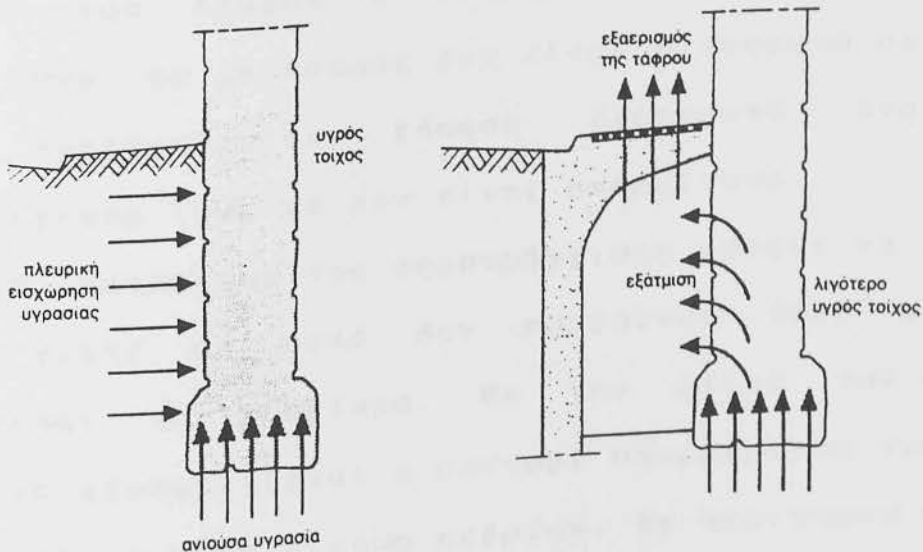
Διάτρητος σωλήνας στον οποίο συγκεντρώνεται το νερό και οδηγείται μακριά από το κτίριο.

Βέβαια η δημιουργία μιας τάφρου γύρω από ένα κτίριο και κατά μήκος της βάσης των τοίχων δεν προστατεύει από την ανιούσα υγρασία που επηρεάζει τους τοίχους και μπορεί να προέρχεται από τη βάση των θεμελίων.

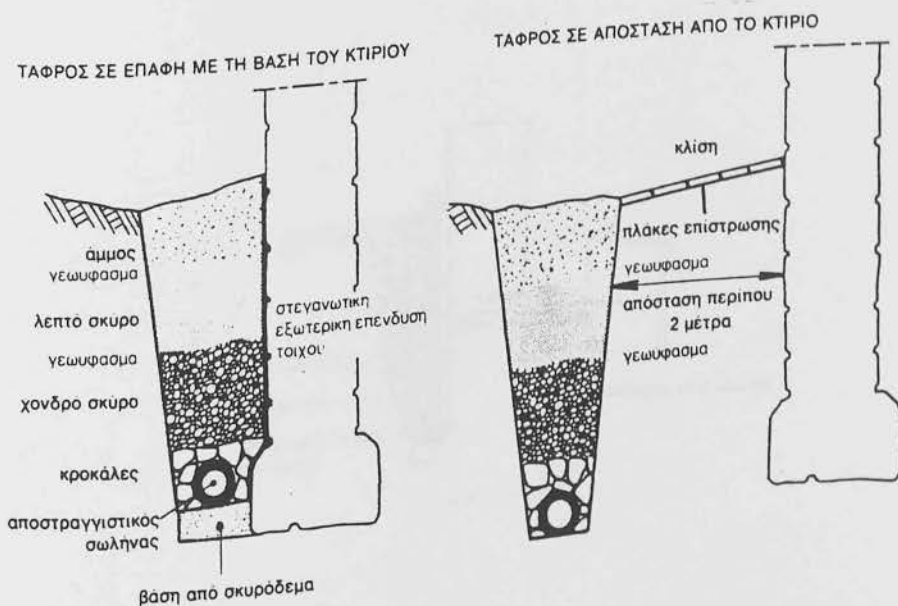
Διευκολύνει όμως την εξάτμιση της ανιούσας υγρασίας από τις ελεύθερες πλευρικές επιφάνειες. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο είναι αναγκαία μία σφραγιστική στεγανωτική επάλειψη της επιφάνειας των τοίχων. Για την εξάτμιση της υγρασίας είναι απαραίτητο η τάφος να παραμείνει ανοιχτή από το πάνω μέρος ή να σκεπάζεται με διάτρητο κάλυμμα ή τουλάχιστο να έχει ανοίγματα εξαερισμού κατά διαστήματα. Η τάφος μπορεί να κατασκευαστεί είτε σε επαφή με τον τοίχο είτε σε μικρή απόσταση από αυτόν, το πολύ σε δύο μέτρα. Η δεύτερη λύση επιλέγεται ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να επηρεαστεί η σταθερότητα του κτιρίου, ειδικά στην περίπτωση που αυτό είναι θεμελιωμένο σε μικρό βάθος ή σε ασταθές έδαφος.

3.2. Η αποστράγγιση των τοίχων

Η διαδικασία κατασκευής για την αποστράγγιση του χώρου γύρω από ένα κτίριο που δε διαφέρει είτε αυτή γίνεται για την αντιμετώπιση υφιστάμενου προβλήματος υγρασίας, είτε γίνεται προληπτικά.



Η περιφερειακή τάφρος εμποδίζει την πλευρική εισχώρηση υγρασίας στον τοίχο αλλά δεν εμποδίζει την ανιούσα υγρασία.

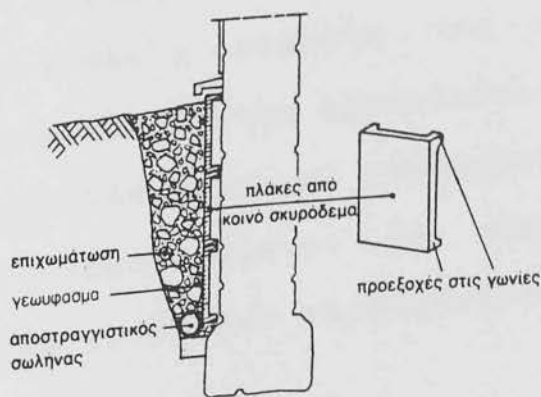


Κατασκευή και πλήρωση αποστραγγιστικής τάφρου.

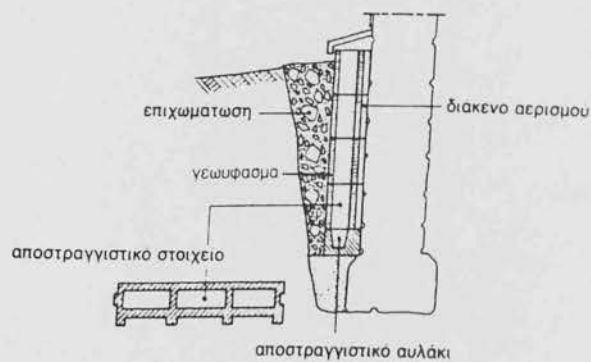
Για τη σωστή κατασκευή της αποστράγγισης πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη ότι:

* Σε υγρό έδαφος η αποστράγγιση έχει ιδιαίτερο νόημα μόνο αν το έδαφος δεν είναι διαπερατό σε μεγάλο βάθος. Αντίθετα, σε έδαφος διαπερατό ένα έργο αποστράγγισης ίσως να μην είναι απαραίτητο.

* Η κατασκευή της αποστράγγισης πρέπει να γίνεται σωστά, γιατί αν αυτό δεν συμβαίνει τότε αντίθετα επιτείνεται το πρόβλημα. Με την κλίση των σωλήνων πρέπει να εξασφαλίζεται η σύντομη απομάκρυνση των νερών από το κτίριο προς δίκτυο ομβρίων. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει δίκτυο ομβρίων στην περιοχή, το νερό πρέπει να συγκεντρώνεται σε μία δεξαμενή χαμηλής στάθμης από όπου να απομακρύνεται με αντλίες. Βέβαια οι αντλίες αποστράγγισης αποτελούν μία δαπανηρή λύση και όχι πάντοτε αποτελεσματική.



Προστασία του τοίχου από την υγρασία του εδάφους με ειδικές πλάκες από σκυρόδεμα.



Ειδικά αποστραγγιστικά στοιχεία από πορώδες σκυρόδεμα

3.3. Η κατασκευή και η πλήρωση της τάφρου

Αν η περιμετρική τάφρος κατασκευαστεί σε επαφή με τον υγρό τοίχο, τότε στο τμήμα του τοίχου που αποκαλύπτεται μπορεί να γίνουν επιδιορθώσεις ή νέες αρμολόγημα. Η εξωτερική επιφάνεια των τοίχων στεγανοποιείται με τα κατάλληλα υλικά ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος διείσδυσης υγρασίας.

Για να αποφεύγεται η απόφραξη της τάφρου και να διευκολύνεται η αποστράγγιση χρησιμοποιούνται στρώματα από σκύρα που επικαλύπτονται με γεωφύλαγμα. Τα σκύρα που χρησιμοποιούνται τοποθετούνται σε στρώσεις μέσα στη τάφρο και γύρω από το σωλήνα αποστράγγισης στον πυθμένα της τάφρου.

Για να αποφεύγεται η επαφή του τοίχου με τα υλικά πλήρωσης της τάφρου και να διευκολύνεται ο αερισμός του τοίχου από το μέσα μέρος και του νερού από το έξω

μέρος, χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά όπως: αυλακωτές πλάκες μεγάλων διαστάσεων, ειδικές τοιμεντόπλακες - συνήθως τετράγωνες - κατασκευασμένες με προεξοχές στις γωνίες, πλαστικές επιστρώσεις με εξογκώματα κτλ. Τόσο οι αυλακώσεις όσο και οι γωνιακές προεξοχές χρησιμεύουν για να δημιουργούν διάκενο αερισμού σε επαφή με τον τοίχο.

Η δυσκολία που παρουσιάζεται στην εφαρμογή αυτών των βιομηχανοποιημένων υλικών είναι ότι πρέπει να γίνεται προσαρμογή τους στις διαστάσεις των τοίχων.

3.4. Νέες τεχνολογίες για την αποστράγγιση των τοίχων

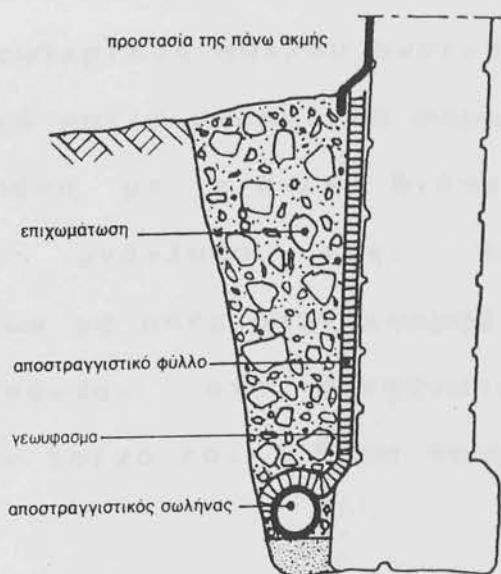
Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί υλικά που διευκολύνουν την αποστράγγιση των υγρών τοίχων. Αυτά τα υλικά εφαρμόζονται σε επαφή με τον τοίχο. Ο υπόλοιπος χώρος της τάφρου γεμίζεται με αποστραγγιστικό υλικό όπως ήδη αναφέρθηκε.

* Αποστραγγιστικά στοιχεία: Στην τομή μπορεί να τοποθετηθούν τοιμεντόπλακες ή τοιμεντόλιθοι από πορώδες σκυρόδεμα με ειδική κοκκομετρία.

Τα αποστραγγιστικά στοιχεία εφαρμόζονται χωρίς κονίαμα με τη βοήθεια των εγκοπών και προεξοχών που έχουν περιμετρικά. Είναι εσωτερικά κενά και από την μία όψη τους σχηματίζουν μικρή εσοχή. Όταν τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο, τα εσωτερικά κενά σχηματίζουν έναν

κατακόρυφο σωλήνα και οι εσοχές ένα διάκενο αερισμού σε επαφή με τον τοίχο. Ο κατακόρυφος σωλήνας συνδέεται στη βάση του με ένα αποστραγγιστικό αυλάκι από σκυρόδεμα.

* Αποστραγγιστικά φύλλα: Αυτά αποτελούνται συνήθως από δύο φύλλα από διαφορετικό υλικό, επικολλημένα μεταξύ τους.



Ειδικό σύνθετο αποστραγγιστικό φύλλο.

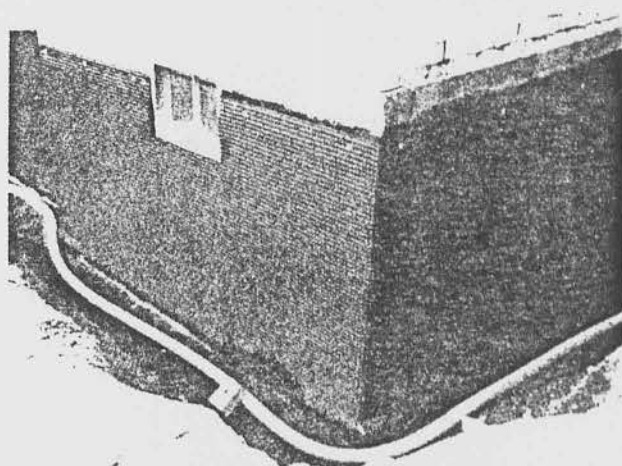
Το εξωτερικό φύλλο, προς την πλευρά της επιχωμάτωσης είναι ένα λεπτό, συνθετικό μη υφασμένο γεωύφασμα, συνήθως από πολυεστέρα. Το ειδικό αυτό ύφασμα παίζει το ρόλο του φίλτρου, κατακρατώντας τις φερτές ύλες και επιτρέποντας να περάσει μόνο το νερό.

Το εσωτερικό φύλλο που βρίσκεται σε επαφή με τον τοίχο μπορεί να είναι μία μάζα από συνθετικές ίνες ανοιχτής δομής, συνήθως πολυπροπυλενίου. Έχει πάχος περίπου ενός εκατοστού και λόγω της μεγάλης διαπερατότητας που παρουσιάζει, χρησιμεύει για να οδηγήσει το νερό μέσα από τη μάζα του στη βάση του τοίχου, στο σωλήνα αποστράγγισης τον οποίο επικαλύπτει. Η αποστραγγιστική ικανότητα του φύλλου εξαρτιέται από το πάχος του εσωτερικού φύλλου ανοικτής δομής.

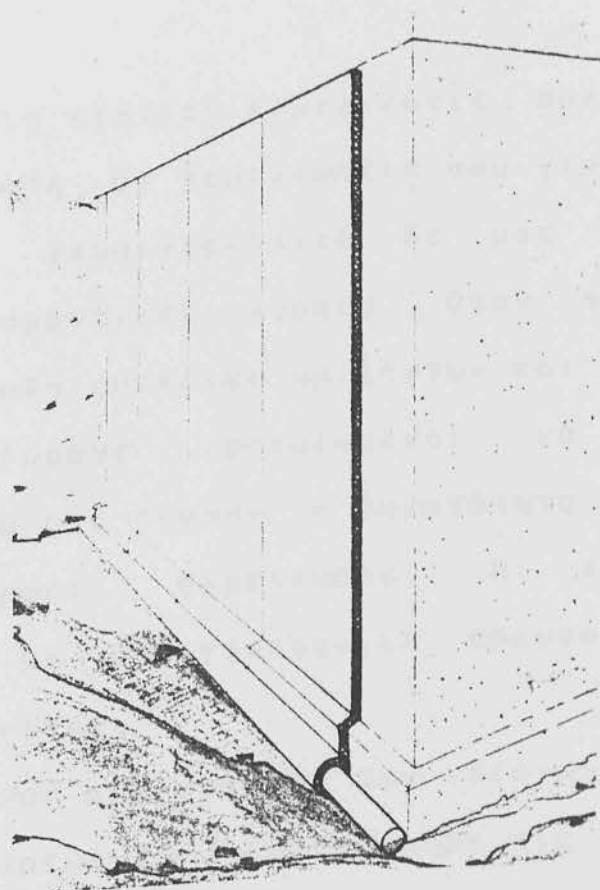
Το εσωτερικό φύλλο μπορεί ως παραλλαγή να είναι μία ανθεκτική μεμβράνη με ειδική διάτρητη και ανάγλυφη επιφάνεια. Το ανάγλυφο έχει την μορφή μικρών συμμετρικών κώνων με σπές στην κορυφή. Οι κορυφές των κώνων επικολλούνται στη στεγανωτική μεμβράνη που εφαρμόζεται στον τοίχο και η βάση τους επικολλιέται στο φίλτρο.

Το νερό κυκλοφορεί ανάμεσα από τους κώνους, μεταφέρεται στη βάση του φύλλου και διοχετεύεται στον αποστραγγιστικό σωλήνα τον οποίο επικαλύπτει. Η αποστραγγιστική ικανότητα του φύλλου εξαρτιέται από τις διαστάσεις των κώνων και των σπών του ανάγλυφου φύλλου.

Και στις δύο περιπτώσεις, η πάνω ακμή του αποστραγγιστικού φύλλου πρέπει να προστατεύεται από υλικά που μπορεί να ειοχωρήσουν και να αποφράξουν το διάκενο αποστράγγισης. Βασικό πλεονέκτημα τους αποτελεί η εύκολη εφαρμογή και η καθορισμένη αποστραγγιστική ικανότητα. Μειονέκτημά τους είναι ότι μετά από πολλά



Εχουν αναπτυχθει τύποι υλικών που εκτός από αποστράγγιση προσφέρουν και θερμομόνωση στον τοίχο θεμελίων που περιβάλλουν.



Προστασία των θεμελίων με αποστραγγιστικά φύλλα και σωλήνα απομάκρυνσης των νερών.

χρόνια περιορίζεται η αποστραγγιστική ικανότητα από απόφραξη του γεωυφάσματος και η ύπαρξη ενός μόνιμα υγρού σώματος σε επαφή με τον τοίχο.

4. ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΟ

Μιλώντας για ειδικές θεμελιώσεις πρέπει να πούμε ότι αναφερόμαστε σε θεμελιώσεις που γίνονται σε εδάφη των οποίων τα χαρακτηριστικά δε μας επιτρέπουν να εφαρμόσουμε συμβατικές λύσεις. Όταν τα έδαφος είναι χαλαρό, με ύπαρξη υπογείων οριζόντων και μικρή φέρουσα ικανότητα είμαστε υποχρεωμένοι να αναζητήσουμε στρώσεις που να μας δίνουν τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε ασφαλείς μορφές θεμελίωσης. Η επιδίωξη αυτή επιτυγχάνεται με τη γεωτεχνική έρευνα. Στόχοι της έρευνας αυτής είναι:

- * Η διάγνωση και μέτρηση των ιδιοτήτων του εδάφους που θα μας επιτρέψουν να εκτιμήσουμε τις καθιζήσεις και τις επιτρεπόμενες τάσεις.

- * Διεύρυνση της ύπαρξης και του βάθους των υπόγειων

οριζόντων. Επιλογή μεθόδου αντιμετώπισης των προβλημάτων κατά την κατασκευή της θεμελίωσης (αντλήσεις - αντιστηρίξεις εκοκαφών - εξυγιάνσεις εδάφους).

* Η γεωτεχνική έρευνα εξετάζει επίσης τις μορφές θεμελίωσης και προτείνει τον ασφαλέστερο και οικονομικότερο για κάθε περίπτωση τρόπο αντιμετώπισης.

Η εκτέλεση της έρευνας περιλαμβάνει δύο φάσεις εργασιών:

- Πρώτη είναι η φάση των επί τόπου εργασιών
- Δεύτερη είναι η εργαστηριακή φάση.

4.1. Πενετρόμετρο

Μία λύση γρήγορη, οικονομική και με ασφαλή αποτελέσματα είναι η πενετρομέτρηση. Μέθοδος η οποία καθορίζει τα χαρακτηριστικά αντοχής των εδαφικών στρώσεων και τους συντελεστές συμπίεστότητας. Η μέθοδος έχει σαν αποτέλεσμα τον καθορισμό του εδαφικού προφίλ και τη μεταβολή της φέρουσας ικανότητας σε συνάρτηση με το βάθος. Η λύση της πενετρομέτρησης με επιτόπου δοκιμές είναι σαφώς οικονομικότερη τόσο από άποψη κόστους όσο και χρόνου. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων δεν είναι τόσο μεγάλη όσο μίας πλήρους γεωτεχνικής έρευνας. Παρόλα αυτά οι αποκλίσεις δεν είναι σημαντικές για την

ασφάλεια της κατασκευής, διότι λαμβάνονται υπόψη οι δυσμενέστερες συνθήκες. Η δοκιμή με πενετρομέτρηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τις πασσαλοπήξεις επειδή έχουμε την ακριβή εικόνα της μεταβαλλόμενης τάσης. Το όργανο με το οποίο γίνεται η δοκιμή ονομάζεται πενετρόμετρο και μπορεί να είναι στατικό ή δυναμικό.

4.1.1. Στατικό πενετρόμετρο

Στην περίπτωση δοκιμής με στατικό πενετρόμετρο η αιχμή του οργάνου εισχωρεί στο έδαφος εξαιτίας της δύναμης που εφαρμόζεται και η οποία αυξάνεται προοδευτικά. Η πίεση ασκείται πάνω σε ένα κώνο με μικρή βάση εμβαδού 10cm. και γωνία κορυφής 60°. Ο κώνος τοποθετείται στο άκρο μίας ράβδου που καλύπτεται από ένα σωλήνα. Στη δοκιμή ωθούνται στο έδαφος εναλλάξ (με υδραυλικό ή ηλεκτρικό μηχανισμό) ο κώνος και ο σωλήνας επένδυσης της ράβδου με σταθερή ταχύτητα 2 cm/sec και καταγράφονται οι αντίστοιχες πιέσεις. Το πενετρόμετρο μεταφέρεται στον τόπο δοκιμής με κατάλληλο όχημα (φορτηγό) που αγκυρώνεται στο έδαφος και δρα σαν αντίβαρο. Τα αποτελέσματα της δοκιμής παρουσιάζονται αυτόματα από ηλεκτρονικό καταγραφέα σε διάγραμμα, όπου ο κατακόρυφος άξονας δίνει την αντοχή αιχμής R_p σε kg/cm^2 και την ολική αντοχή Q σε kg που αντιστοιχούν στο σημείο εκείνο του εδάφους. Πολλές φορές

χρησιμοποιείται αιχμή ειδικής μορφής εφοδιασμένη με μεταλλικό μανδύα. Τα στατικά πενετρόμετρα χρησιμοποιήθηκαν πολύ στο Βέλγιο και στην Ολλανδία.

4.1.2. Δυναμικά πενετρόμετρα

Στα δυναμικά πενετρόμετρα η διείδουση γίνεται με πτώση σφύρας βάρους 73 kg από το ύψος 75 cm από τον άξονα του οργάνου. Στη δοκιμή αυτή μετριέται ο αριθμός των χτύπων που αντιστοιχεί σε έμπηξη 30 cm.

Ετοι ανάλογα με τον αριθμό των χτύπων υπάρχουν σχέσεις που μας δίνουν την αντοχή αιχμής R_p .

Οι δυνατότητες του πενετρομέτρου στην πράξη μπορούν να φανούν από τις δοκιμές που έχουν γίνει σε διάφορες περιοχές (πχ. Νέα παραλία στο ύψος του Αρχαιολογικού Μουσείου στη Θεσσαλονίκη προκειμένου να κατασκευαστεί δημοτικό αναψυκτήριο) με επιτυχή πάντα αποτελέσματα τόσο από οικονομική άποψη όσο και από άποψη ασφάλειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΚΑΘΙΣΗΣΕΙΣ

Κ Α Θ Ι Ζ Η Σ Ε Ι Σ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Το DIN 4107 κάνει διάκριση μεταξύ καθιζήσεων και βυθίσεων. Καθίζηση είναι η κατακόρυφη συνιστώσα μετακινήσεως ενός δομικού έργου ή σημείου της επιφανείας εδάφους, που δημιουργείται από παραμόρφωση του εδάφους θεμελιώσεως λόγω μεταβολών στην φόρτιση ή δονήσεων (στατική φόρτιση από βάρος οικοδομής, δυναμικές επιδράσεις, επιδράσεις υπογείου ύδατος). Βύθιση είναι η κατακόρυφη συνιστώσα μετακινήσεως σημείου του κτιρίου ή σημείου της επιφανείας του που οφείλεται στον παραμερισμό του εδαφικού υλικού του υπεδάφους (σπλαιώση και χαλάρωση, χημικές και φυσικές επιδράσεις). Εδώ όμως θα χρησιμοποιήσουμε για όλες τις περιπτώσεις τον όρο καθίζηση.

2. ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

Οι διαφορικές καθιζήσεις μπορούν να περιοριστούν στο ελάχιστο με κατάλληλα κατασκευαστικά μέτρα. Οι αιτίες τους μπορεί να είναι:

1. Ανωμαλίες στο υπέδαφος (αργιλικά ενθέρματα, ρεύματα νερού κλπ.).

2. Στρώματα με διάφορα πάχη ή συμπιεστότητα μέσα στην κάτοψη του κτιρίου.
3. Ανομοιόμορφα φορτία (πύργος δίπλα σε χαμηλό τμήμα)
4. Ανομοιόμορφα συστήματα θεμελίωσης (επίπεδες θεμελιώσεις δίπλα σε πασσάλους), ή ανομοιόμορφα βάθη θεμελίωσης στην ίδια κατασκευή.
5. Η αμοιβαία επίδραση γειτονικών θεμελίων της ίδιας γειτονικών κατασκευών
6. Το γεγονός ότι το μέγεθος των καθιζήσεων εξαρτάται και από το σχήμα και το μέγεθος των θεμελίων, ακόμη και όταν η τάση του εδάφους είναι η ίδια.

Επιμήκη και με εύκαμπη θεμελίωση κτίρια δεν ακολουθούν ενιαία αλλά κατά τμήματα καθίζηση. Έτσι, το κτίριο χάνει τη συνέχειά του: σχηματίζονται τμήματα που ακολουθούν ξεχωριστή το καθένα προς τα κάτω κίνηση.

Η ρωμή που θα συμβεί εδώ είναι η κατακόρυφη λόγω καθίζησης σχεδόν γραμμική και χωρίς λοξές και οριζόντιες παρεκκλίσεις με πολύ μικρό και αμετάβλητο πλάτος από πάνω ως κάτω. Κάθε άλλη μορφή ρωγμών σημαίνει ότι υπάρχει καμπυλότητα πέλματος. Η μορφή αυτή ρωγμών ευνοείται από προυπάρχοντα αδύνατα σημεία, όπως είναι αρμοί διαστρώσεως σε προκατασκευασμένα πετάσματα τοίχων ή κατακόρυφοι δεσμοί παραθύρων, καθώς και από εμπόδιση των λοξών διατμητικών ρωγμών λόγω περιορισμού των ανοιγμάτων μέσω δύσκαμπτων ορθοστατών από χάλυβα ή οπλισμένο μπετόν. Η λεπτή κατακόρυφη ομοιόμορφου πλάτους ρωγή μαρτυρεί, ότι τα δύο συνορεύοντα δομικά

τμήματα έχουν υποστεί διαφορετικές μετακινήσεις κατά την κατακόρυφη έννοια (και ενδεχομένως ότι θα εξακολουθήσουν) και όχι το ένα από τα δύο μετακινείται ενώ το άλλο διατηρείται ακίνητο. Τέλος, δεν ενδιαφέρει τόσο το απόλυτο μέτρο μετακινήσεως, όσο η διαφορά της μεταξύ τους καθίζησης.

3. ΚΑΜΠΥΛΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΣ

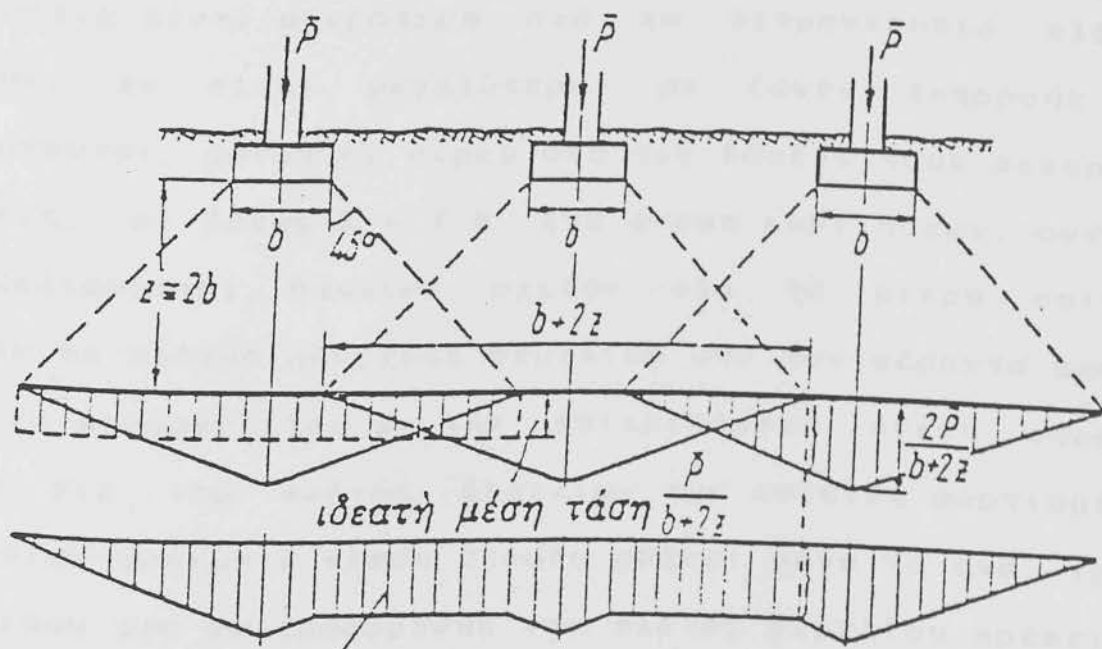
Σε κατά τα λοιπά ανεπηρέαστα εδάφη, σχηματίζονται για όλα σχεδόν τα δομικά έργα, λόγω επικαλύψεως τάσεων εδάφους με συνέπεια τη συμπίεση βαθύτερων εδαφικών στρωμάτων, καμπύλες επιφάνειες καθιζήσεως που εκτείνονται πολύ πέρα από τα όρια του έργου. Αυτές ενισχύονται ή παραμορφώνονται από τοπικές μεσολαβήσεις συνεκτικών εδαφών (αργιλικά φακοειδή) που όχι μόνον ακολουθούν βραδύτερα την καθίζηση, αλλά σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό. Σε διαφορετικές καθιζήσεις οδηγεί επίσης πάντοτε η παραβίαση του κανόνος αναλογίας εμβαδών πελμάτων, σύμφωνα με τον οποίον, διαφορετικού μεγέθους θεμέλια πρέπει να δέχονται διαφορετικές πιέσεις επαφής. Πράγματι, συχνά υπολογίζονται τα θεμέλια των εσωτερικών υποστυλωμάτων για πιέσεις επαφής ίσες προς των εξωτερικών, που έχουν το μισό μόνο περίπου φορτίο, και συνεπώς πολύ μικρότερη επιφάνεια εδράσεως.

Μία πρόχειρη εξάρτηση της καθίζησης είναι:

Αυξάνεται: - γραμμικά με τη φόρτιση και
- με την τετραγωνική ρίζα του πλάτους θεμελίου B .

Ελαττώνεται: - κατά υπερβολική συνάρτηση με το λόγο βάθους θεμελίου T προς το πλάτος θεμελίου B .

Τα φορτία που μεταφέρονται στο έδαφος μέσω των θεμελίων διαχέονται μέσα σε αυτό με ορισμένο τρόπο. Για να αποσαφηνίσουμε τα βασικά σημεία, υποθέτουμε σε πολύ μεγάλη απλούστευση ότι σε θεμελιολωρίδα άπειρου μήκους, η διάδοση των τάσεων στο βάθος γίνεται υπό γωνία 45° , όμοια όπως στα στερεά δομικά υλικά, και ότι σε οριζόντιο επίπεδο σε απόσταση Z κάτω από τη βάση της λωρίδας η κατανομή των κατακόρυφων τάσεων είναι τριγωνική, σύμφωνα με το σχήμα.



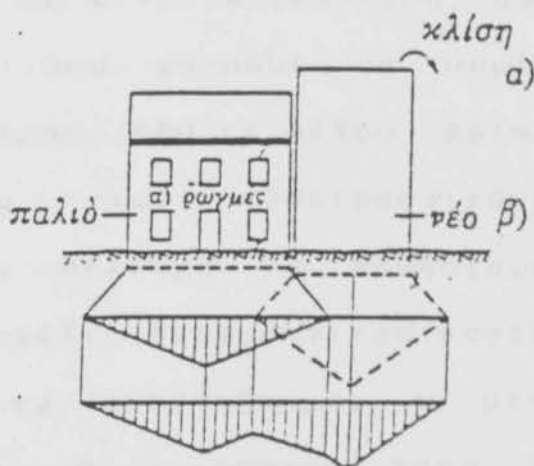
Συνιστοταμένο διάγραμμα τάσεων

Το συνιστάμενο διάγραμμα τάσεων δείχνει, ότι το μεσαίο θεμέλιο θα πάθει μεγαλύτερη καθίζηση. Για ανάλογες αιτίες, επιμήκεις κατασκευές σε ενδοτικά εδάφη κινδυνεύουν να κάμπτονται στη μέση, αν δεν έχουν αρκετή ακαμψία. Γι' αυτό θα προσπαθούμε να έχουμε κάτω από τα μεσαία θεμέλια μικρότερες τάσεις από τα ακραία.

Γειτονικά θεμέλια μπορούν να εξιδανικεύονται σε γραμμικά ή σημειακά φορτία και να προσδιορίζεται η επίδρασή τους σε υπάρχουσα κατασκευή. Αισθητή γίνεται όμως η επίδραση αυτή μόνο σε βάθος 2 - 3 φορές το πλάτους του εξεταζόμενου θεμελίου και σχεδόν παύει να υπάρχει, όταν ο γείτονας είναι σε απόσταση μεγαλύτερη από το πάχος του συμπιεστού στρώματος. Σαν εμπειρικό κανόνα αναφέρουμε ότι, μία έρευνα της αμοιβαίας επιρροής έχει νόημα μόνο όταν η απόσταση ανάμεσα στα θεμέλια είναι μικρότερη από το τετραπλάσιο πλάτους τους. Αν είναι μεγαλύτερη, οι ζώνες επιρροής δεν τέμνονται, μόνον οι άκρες από τις βάσεις τους ακουμπάνε μόλις, σε βάθος $Z = 2 B$. Από άποψη καθιζήσεων, συνήθως θεμελιώνονται σφαλερά σχεδόν όλα τα μικρά σπίτια, όταν το πλάτος συνεχούς θεμελίου υπό τον φέροντα μεσαίο τοίχο υπολογίζεται με την επιτρεπόμενη πίεση επαφής, ενώ για ίσο πλάτος θεμελίων των ασθενώς φορτισμένων ακραίων τοίχων η πίεση επαφής φθάνει μόνο το ένα τρίτο περίπου της επιτρεπόμενης (το πλάτος θεμελίου πρέπει να είναι τουλάχιστον = πάχος τοίχου + 10 CM > 50 CM.)

Επίσης, η "αμοιβαία κλίση" δυό κτιρίων που

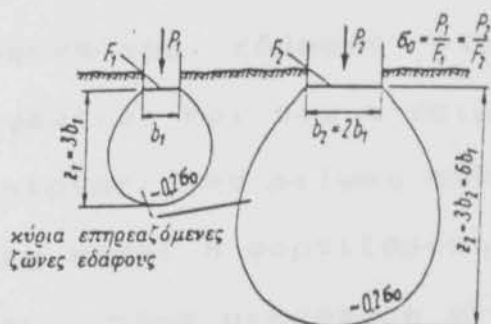
κατασκευάζονται ταυτόχρονα και που τα χωρίζει ένα όχι πολύ πλατύ κενό, έχει την ίδια αιτία. Ακόμα μπορεί ένα παλιό κτίριο, που μέχρι τώρα δεν εμφάνισε ζημιές, να αρχίσει ξαφνικά να υποφέρει από την κατασκευή ενός νέου γείτονα.



Συνιστάμενο διάγραμμα τάσεων

α) Εδαφος κάτω από το παλιό κτίσμα ακόμα συμπιεστό, γ'αυτό κάθετα το δεξί του τμήμα.

β) Εδαφος κάτω από το παλιό κτίσμα όχι άλλο συμπιεστό, γι'αυτό κλίση του νέου προς τα δεξιά.

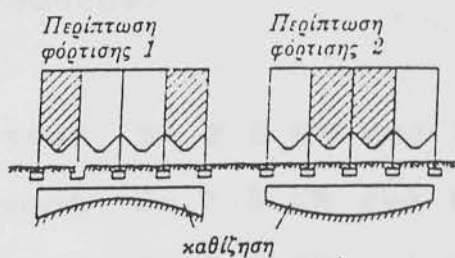


Αμοιβαία επίδραση γειτονικών κτιρίων

Συγκρίνοντας την σε βάθος ενέργεια δύο βάσεων θεμελίων με διαφορετικό πλάτος, αλλά με την ίδια μέση τάση εδάφους στο ίδιο έδαφος, εύκολα διαπιστώνουμε, ότι της μεγαλύτερης βάσης F2 είναι μεγαλύτερη. Από όπου έπεται, ότι παρά την ίδια μέση τάση εδάφους, η καθίζηση της επιφάνειας F2 θα είναι μεγαλύτερη, αφού ο συνολικός όγκος των κενών που μπορούν να συμπιεστούν είναι σημαντικά μεγαλύτερος. Εδώ εξ άλλου βρίσκεται και το σοβαρό ελάττωμα των δοκιμαστικών φορτίσεων. Συμπεραίνουμε: αν θέλουμε να αποφύγουμε διαφορικές καθιζήσεις σε θεμέλια διαφορετικού μεγέθους βάσης στο ίδιο έργο, πρέπει να φροντίζουμε, η μεγαλύτερη βάση θεμελίου να έχει τη μικρότερη τάση. Συνεπώς όχι οι τάσεις, αλλά οι καθιζήσεις πρέπει να είναι ίσες. Όμως κάτω από ένα ορισμένο εμβαδόν φορτιζόμενης επιφάνειας (περίπου $45 * 45$ CM αντίστοιχα διάμετρο 40 CM), αντιστρέφονται οι όροι, η μικρότερη φορτιζόμενη επιφάνεια βυθίζεται περισσότερο από τη μεγαλύτερη, με το ίδιο σ₀. Μιλάμε για δράση πασσάλου, που προκαλείται από πλευρική διαφυγή του εδάφους στην περίμετρο της φορτιζόμενης επιφάνειας και που η επιρροή της στο μέτρο της καθίζησης ξεπερνάει την μείωση των κενών.

Όσο μεγαλύτερη είναι η φορτιζόμενη επιφάνεια και το βάθος θεμελίωσης, τόσο μικρότερη είναι η επιρροή της πλευρικής διαφυγής στην περίμετρο πάνω στο μέγεθος των καθιζήσεων σε σχέση με την επιρροή της συμπίεσης. Η πλευρική διαφυγή μεγαλώνει με την αύξηση της

περιεκτικότητας σε νερό και την μείωση της γωνίας εσωτερικής τριβής. Σημασία όμως ακόμα έχει και το σχήμα της φορτιζόμενης επιφάνειας, ή καλύτερα ο λόγος του εμβαδού F προς την περίμετρο U . Το σχήμα με την μέγιστη τιμή F/U είναι το ευνοϊκότερο, δηλαδή ο κύκλος. Συνεπώς θα προτιμάμε κανονικά σχήματα για βάσεις θεμελίων: κύκλο, οκτάγωνο και εξαγώνο, τετράγωνο, και θα αποφεύγουμε ορθογώνια, που βυθίζονται περισσότερο από τα κανονικά σχήματα με το ίδιο F και $σ_0$. Αν και οι ομοιόμορφες καθιζήσεις γενικά δεν απαιτούν καθόλου κατασκευαστικά μέτρα, ωστόσο προβλέπονται για μία ορισμένη περίπτωση φόρτισης. Σε κανονικές αρχιτεκτονικές κατασκευές, όπως πολυκατοικίες, κτίρια γραφείων και καταστημάτων, σχολεία, νοσοκομεία, εκκλησίες κλπ. η μεταβλητότητα των φορτίων έχει πολύ μικρή σημασία, αφού τα κινητά φορτία είναι μικρά σε



Περίπτώσεις φορτίσεων και καθιζήσεις

σχέση με τα μόνιμα. Σε βιομηχανικές κατασκευές, σιλό, γερανογέφυρες κλπ. πρέπει αντίθετα να εξετάζονται ορισμένες κύριες περιπτώσεις φόρτισης (πχ. πλήρωση

διαφόρων κυψελών κατά το σχήμα) και να υπολογίζονται οι αναμενόμενες καθιζήσεις και οι διαφορές τους.

Αυτές καταπονούν το έργο πρόσθετα, πράγμα που πρέπει να παίρνεται υπόψη.

Ακόμη μία αιτία για πρόσθετες πέραν από τις προκαθορισμένες καθιζήσεις, πρέπει να επισημανθεί (δεν είναι τόσο γνωστή γιατί είναι βραχυπρόθεσμη). Κατά τη χρήση μηχανικού εκοκαφέως, είναι πρακτικώς αδύνατο να πραγματοποιηθεί παντού το προκαθορισμένο βάθος. Τα ύψη σημειώνονται, ο εκοκαφέας όμως δεν οδηγείται στο ακριβές βάθος. Τα σημεία που έγινε υπερβολική εκοκαφή, πρέπει κατόπιν να ξαναπληρωθούν για να υπάρξει επίπεδο πέλαμα θεμελίου. Και η μιν άμμος και χαλίκι (ύφυγρα) μπορούν τότε να συμπυκνωθούν κατά βούληση, αλλά ο πηλός και η άργιλος δεν μπορούν, έστω και με βαρεία μηχανικά μέσα. (Τιμές πρόσθετων καθιζήσεων στην περίπτωση τέτοιων ισοπεδώσεων:

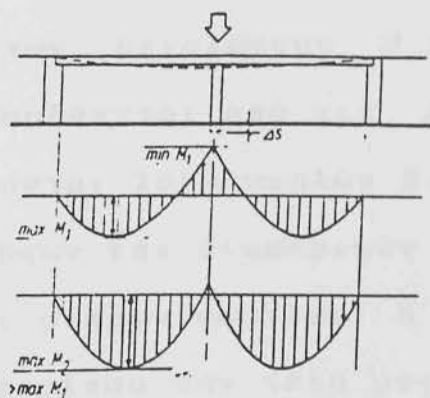
Χαλαρή τοποθέτηση	$S = 4.0$ CM ανά 10 CM πληρώσεως
Ελαφρά συμπύκνωση	$S = 1.5$ CM ανά 10 CM πληρώσεως
Στερεά συμπύκνωση	$S = 0.4$ CM ανά 10 CM πληρώσεως

Σε μερικές περιπτώσεις δεν υπάρχει άλλη λύση παρά η συμπλήρωση των υπερβολικών εκοκαφών με ισχυρό μπετόν, τουλάχιστον κάτω από τα μεμονωμένα θεμέλια και στις γωνίες του δομικού έργου. Ίδια ερωτήματα ανακύπτουν όταν κατά τη διάρκεια βροχής δημιουργηθούν αυλάκια από

τροχοφόρα. Δεν αρκεί φυσικά η απλή επιπεδοποίηση με το φτυάρι.

Τοπικές αφυδατώσεις συνεκτικών εδαφών (αποστραγγιστήρες, αυλάκια, ρίζες δένδρων) συνιστούν άλλες αιτίες. Ένας υποβιβασμός του υδροφόρου ορίζοντα ενεργεί σαν μία πρόσθετη φόρτιση του εδάφους και αυτό οφείλεται σε μείωση της ανώσεως.

Όταν σχηματίζεται καμπύλη επιφάνεια καθιζήσεων κάτω από το κτίριο, αυτό σημαίνει, ότι ένα μέρος του κατακόρυφου φορτίου δεν μεταβιβάζεται απευθείας προς το



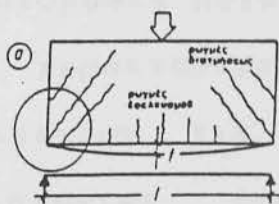
Μείωση των ροπών στηρίξεως λόγω μεγαλύτερης υποχώρησης της εσωτερικής στήριξης, οδηγεί σε σημαντική επαύξηση των ροπών ανοιγμάτων: κίνδυνος.

υποκείμενο έδαφος, αλλά με καμπυλότητα λόγω κάμψης του κτιρίου σαν αμφιέρειστου φορέα. Μεταβιβάζεται δε και στη γύρω περιοχή που κατακάθεται και αυτή. Τα συνήθη κτίρια από τοιχοποιία με πλάκες μπετόν, συνιστούν ένα σύστημα ούτε απόλυτα άκαμπτο ούτε χαλαρό. Είναι μερικώς παραμορφώσιμα. Η δημιουργούμενη καμπύλη επιφάνεια

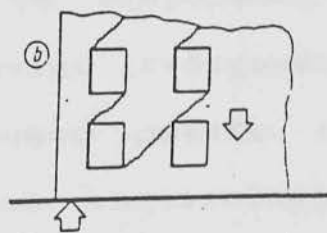
μπορεί να αντιμετωπισθεί κατά τρεις τρόπους:

- α) Διαμόρφωση άκαμπτου κτιρίου: αυτό είναι δυνατόν σε ειδικές περιπτώσεις, όταν πρόκειται για μικρού μήκους οικοδομή και το ένα ή τα δύο υπόγεια κατασκευασθούν σαν κιβώτια από οπλισμένο μπετόν. Υπό ομαλές συνθήκες είναι πολύ δαπανηρό.
- β) Να ληφθούν υπόψη κατά τον υπολογισμό μεγαλύτερα φορτία. Σε όλα τα συνεχή συστήματα, οι ροπές στηρίξεως διαφορίζονται λόγω ανίσου υποχώρησης των στηρίξεων. Με την μείωση των ροπών στηρίξεως, οι ροπές ανοιγμάτων μεγαλώνουν. Η επίδραση υποχώρησης των στηρίξεων αυξάνεται από τις δυσμενείς συνθήκες που διαμορφώνονται λόγω υψηλών διατομών των φορέων, μεγάλων καθιζήσεων και διαφορικών καθιζήσεων, μικρών ανοιγμάτων και μικρών φορτίων. Η επίδραση αυτή στις ροπές, φθάνει περίπου την τάξη μεγέθους των αρχικών ροπών και δεν πρέπει να αγνοείται για κανένα λόγο. Η υποχώρηση των στηρίξεων λαμβάνεται συνήθως υπόψη κατά τον υπολογισμό γεφυρών, για μεγάλες όμως τιμές της χρειάζεται προς τούτο μεγάλη ποσότητα πρόσθετου χάλυβος οπλισμού.
- γ) Εκλογή στατικώς ορισμένων συστημάτων. Για την γεφυροποιία και τη δομική (υπόστεγα, βιομηχανικά κτίρια), αυτό είναι οπωσδήποτε δυνατόν και σύνηθες, σε ορισμένες περιοχές υποκαμμένες από στοές μεταλλείων, στις οποίες συμβαίνει επαλληλία των καθιζήσεων που φθάνουν έτοι σε επάκρως μεγάλες

τιμές. Με στατικώς ορισμένο σύστημα, οι υποχωρήσεις των στηρίξεων και οι αποκλίσεις δεν προκαλούν νέες δυνάμεις και δεν παραβιάζουν την κατασκευή. Ως επί το πλείστον, προβλέπονται κατά την ανέγερση διατάξεις που επιτρέπουν, βάσει πίεσεως, τη ρύθμιση της στάθμης των στηρίξεων. Οι διατάξεις όμως αυτές μπορούν να ισχύουν για ραβδόμορφα μόνον συστήματα και όχι για τοιχοποιίες.



- a) Σχηματισμός ρωγμών βάσει τροχιών τάσεων ενταντικής κατάστασης I.



- b) Απόκομμα αριστερής γωνίας. Τα επάνω πέρατα ρωγμών δείχνουν προς την κατεύθυνση του δομικού τμήματος που υποχώρησε.

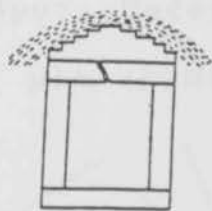
--Καμπύλη επιφάνεια καθιζήσεων

Τα ποσοστά φορτίου που μεταδίδονται στις γειτονικές των στηρίξεων περιοχές, προκαλούν ροπές κάμψης, τέμνουσες δυνάμεις και καθαρά διάτμηση στην κατασκευή.

Οι τοιχοποιίες όμως δεν αντέχουν σε τέτοιου είδους καταπονήσεις, συμβαίνουν υπερβάσεις των ανεκτών τάσεων και δημιουργούνται ρηγματώσεις που αντιστοιχούν κατά κάποιο τρόπο στις τροχιές τάσεων της αμφιέρειστης δοκού στην κατάσταση I (κατακόρυφες ρωγμές στην περιοχή των μεγίστων εφελκυστικών τάσεων, λοξές ρωγμές στην περιοχή των μεγίστων διατμητικών τάσεων). Τα επάνω πέρατα των ρωγμών κατευθύνονται πάντοτε προς την πλευρά που κοιλαίνεται. Οι κατακόρυφες ρωγμές δεν είναι συνήθως σημαντικές. Τυπικά χαρακτηριστικά καθιζήσεων είναι οι λοξές ρωγμές. Διατρέχουν τις περιοχές ανοιγμάτων τοίχων, συχνά διαγωνίως προς τις γωνίες των υπερκείμενων αλλήλων παραθύρων στις τοιχοποιίες προσόψεων, αρχίζοντας από τις στηρίξεις ανωφλίων. Δεν είναι πλατύτερες στο επάνω παρά στο κάτω τμήμα της οικοδομής. Κατά τη διαμόρφωση καμπύλης επιφάνειας καθιζήσεων εμφανίζονται ενδεχομένως στο κάτω μεσαίο τμήμα και κατακόρυφες ρωγμές, ενώ αυτό δεν συμβαίνει ποτέ στην περίπτωση κατολισθήσεων γιατί τότε δεν υπάρχουν παρά μόνον θλιπτικές τάσεις. Η μορφή των ρωγμών από θραύση ενός ανωφλίου παραθύρου σε τοιχοποιία παρουσιάζει εντελώς διαφορετική εικόνα, αποκόλληση δηλαδή ενός μέρους του τοίχου σε σχήμα κυκλικού τμήματος κάτω από έναν νεοσχηματιζόμενο θόλο. Η ρωγμή δεν επεκτείνεται.

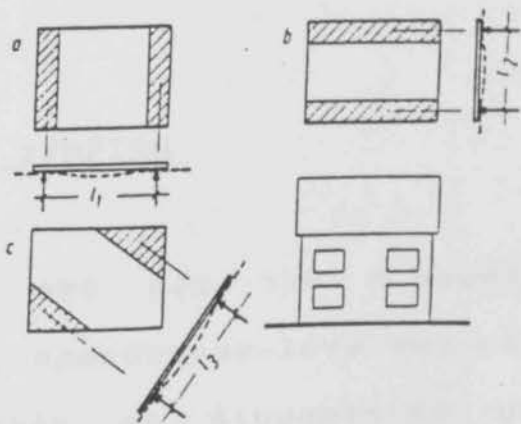
Όταν τα ανοίγματα θυρών και παραθύρων δεν παρουσιάζουν υπερβολικά εμπόδια και όταν ο λόγος μήκος

προς ύψος κτιρίου δεν είναι πολύ μεγάλος, μπορεί συχνά να δημιουργηθεί στους τοίχους πάνω από την ρηγματωμένη περιοχή, ένας θόλος θλιβόμενος. Επιβαρυντικό είναι το γεγονός ότι η καμπυλότητα δεν διατρέχει πάντοτε αξονικά ως προς το κτίριο και παράλληλα ως προς τους τοίχους, αλλά κατά τυχαία κατεύθυνση, οπότε μπορούν να

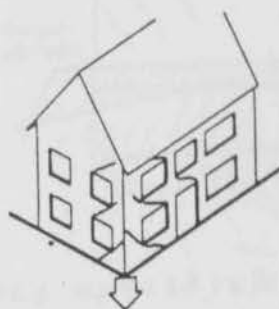


Διαδρομή ρωγμών σε περίπτωση θραύσεως ανωφλίου

διαμορφωθούν ποικιλότροπες αμφιέριστες στηρίξεις, ακόμη και διαγώνιες. Οι καθιζήσεις δεν περιορίζονται κατά το επίπεδο ενός μόνον τοίχου αλλά εκτείνονται σε ένα ολόκληρο τμήμα του κτιρίου, επομένως και οι ρωγμές δεν είναι δυνατό να παρουσιασθούν σε έναν μόνον τοίχο. Αν υποτεθεί ότι η γενέτειρα της επιφανείας καθιζήσεων



εκτείνεται κάθετα προς τον διαμήκη άξονα του κτιρίου, τότε θα υπάρξουν ίδιες μορφής ρωγμές σε όλους τους τοίχους που είναι παράλληλοι προς αυτή την διεύθυνση (προσόψεως, μεσαίου διαμήκους τοίχου, οπισθίας όψεως). Αν τουναντίον εκτείνεται διαγωνίως, θα υπάρξουν λοξές ρωγμές στους τοίχους που συναντά με κατεύθυνση προς τη γωνία του σπιτιού (Σχήμα). Πρέπει ακόμα να ειπωθεί ότι οι τοίχοι επάνω σε μία καμπύλη επιφάνεια καθιζήσεων



υφίστανται, όπως κάθε υψίκορμη δοκός, θλιπτικές τάσεις στην επάνω περιοχή τους και τείνουν να διογκωθούν για να τις παραμερίσουν. Λόγω της ευεργετικής οριζοντίας δυσκαμπτικής ενέργειας των πλακών, αυτό εμποδίζεται υπό ομαλές συνθήκες. Κίνδυνος απειλεί μόνον τους τοίχους που εκτείνονται παράλληλα σε ασύνδετα με πλάκες ζευκτά,

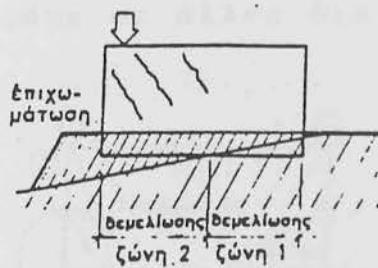
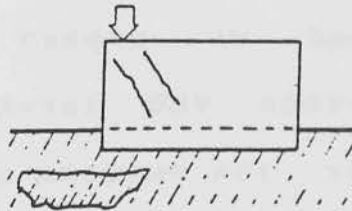
4. ΕΦΙΠΠΙΟΕΙΑΔΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗ

Προεξέχοντα από μία την ή αμφότερες τις πλευρές τμήματα κτιρίων, προκύπτουν λόγω των εξής αιτιών:

- Εδαφικές περιοχές με διαφορετικά μέτρα καθιζήσεων

κάτω από το κτίριο.

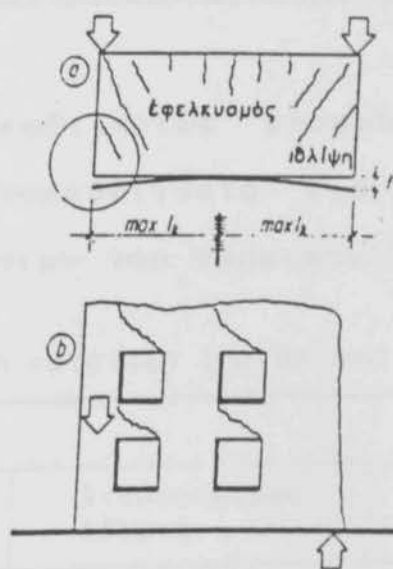
- Ανισοϋψείς επιχωματώσεις, πχ. πάνω σε προηγούμενο κεκλιμένο έδαφος.



Παλαιό ρυάκι φακοειδές αργιλλικό με άλλο παρόμοιο

- Παρακείμενα οικοδομήματα με μεγάλη διαφορά ύψους και φορτίων. Του μικρού κτιρίου η επιφάνεια καθιζήσεων εξέχει σαν πρόβολος πάνω από την επιφάνεια καθιζήσεων του μεγάλου κτιρίου. Οι διαφορετικές καθιζήσεις αποφεύγονται αν η ανέγερση του μεγάλου προηγηθεί του μικρού, επί όσον χρόνο χρειάζεται ώστε να έχουν ολοκληρωθεί οι καθιζήσεις του μεγάλου όταν κτίζεται το μικρό.
- Προσθήκες σε προυπάρχον κτίριο ή ανέγερση κτιρίου μεταξύ δύο προυπαρχόντων, προκαλεί προεξοχές επιφανειών καθιζήσεως των προυπαρχόντων. Οι ρωγμές από καθίζηση είναι τότε αναπόφευκτες. Μπορούν πάντως

να περιορισθούν με την αποφυγή πρόσθετης φόρτισης των τοίχων από αετώματα ή με δημιουργία μεγαλύτερων επιφανειών θεμελιώσεώς τους, ώστε να υπάρξουν μικρότερες πιέσεις επαφής. Οι προεξοχές επιφανειών καθιζήσεως εκτείνονται σαν πρόβολοι και τα κτίρια υπόκεινται σε ροπές κάμψεως και τέμνουσες δυνάμεις, όπως άλλωστε και όταν βρίσκονται επάνω στην επιφάνεια καθιζήσεως, αλλά τότε σε άλλες διατομές και με άλλες διευθύνσεις.



Εφιπιοειδής στήριξη

Στην επάνω περιοχή του κτιρίου δημιουργούνται λόγω των ροπών κάμψεως εφελκυστικές τάσεις και όταν εξαντληθεί η αντοχή της τοιχοποιίας, το κτίσμα ακολουθεί την μορφή της επιφάνειας εδράσεως με σύγχρονη εμφάνιση ρωγμών που αντιστοιχούν και πάλι στις τροχιές εφελκυστικών τάσεων (στον πρόβολο), δηλαδή κατακόρυφες

ρωγμές πάνω και λοξές ρωγμές στην περιοχή των υψηλών διατμητικών τάσεων. Μοιάζουν με τις ρωγμές που οφείλονται στην καμπύλη επιφάνεια καθιζήσεων αλλά έχουν αντίθετη διεύθυνση. Ισχύει και εδώ ο κανόνας ότι οι ρωγμές ανέρχονται κατευθυνόμενες προς την έδρα που κοιλάινεται. Θόλοι θλίψεως δεν δημιουργούνται.

5. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΝΗΘΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Οι συνθήκες καθιζήσεως μπορούν να παρασταθούν σε μερικά ενδεικτικά παραδείγματα. Για την κατάταξή τους ισχύει το σχήμα αιτιών του παρακάτω πίνακα:

Σχηματική κατάταξη ζημιών από καθίζηση

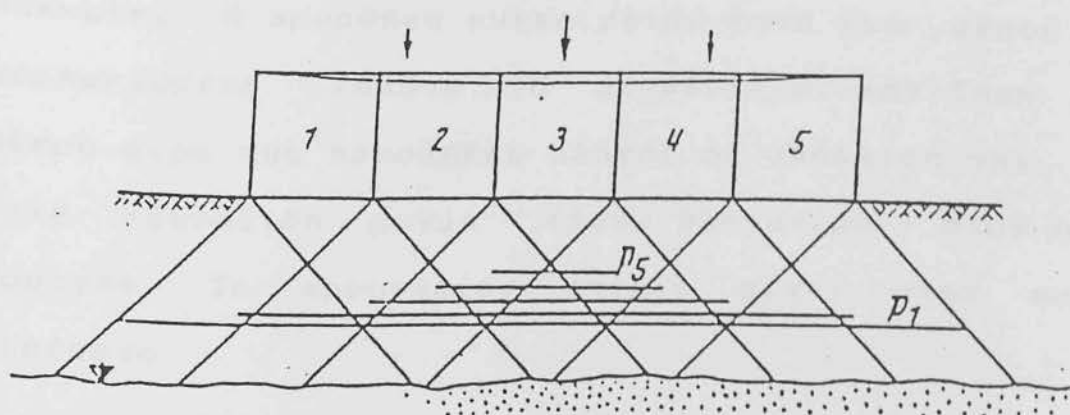
Ομοιόμορφο έδαφος	Ανομοιόμορφο έδαφος	Διαφοροποιημένη θεμελίωση
Κάμψη επιμήκ. κτηρίων Επήρεια γειτονικών οικοδομών Νέα ανέγερση κοντά σε προϋπάρχοντα ή μεταξύ προϋπαρχουσών Υψηλό κτήριο κοντά σε χαμηλό Λοξοί πύργοι	Σφηνοειδ. μαλακό στρώμα Αργιλικά φακοειδή εντοπίσεις ιλύος Επιχώματα (λάκκοι μικρές λίμνες) Φρέατα, υπόγειες στοές Επιδράσεις μεταλλείων Υποβιβασμός υδροφόρου ορίζοντα Απομύζηση νερού από δέντρα	Μερική ύπαρξη υπογ. θεμελίωση επίπεδη και επί πασσάλων Μεμονωμένα θεμέλια και πλάκα θεμελιώσεως Διαφορετικά βάθη επιδράσεων Πάσσαλοι διαφορετικού μήκους

Οι ζημιές συμβαίνουν κυρίως σε ανομοιόμορφο έδαφος (που δεν επιδέχεται διερεύνηση), οπότε και δεν προκαλούν έκπληξη. Επίσης συμβαίνουν σε διαφοροποιημένες θεμελιώσεις που επιβάλλονται είτε από οικονομικούς λόγους, είτε από λόγους σχεδιασμού. Τέλος - κάτι απροσδόκητο - συμβαίνουν και σε ομοιόμορφα εδάφη.

5.1. Ομοιόμορφο έδαφος

Εδώ οι ζημιές οφείλονται σε ανομοιομορφία επικαλύψεως θλιπτικών τάσεων.

Περίπτωση 1η: Κάμψη επιμήκων κτιρίων. Για να καταφανεί η επίδραση της εξάπλωσης των θλιπτικών τάσεων, θα υποθεθεί προσεγγιστικά ότι η κατανομή γίνεται υπό γωνία 49° . Οι μεγαλύτερες πιέσεις ισχύουν κάτω από το μέσον του κτιρίου και το ίδιο συμβαίνει με τη συμπίεση των εδαφικών λωρίδων. Δημιουργείται μία καμπύλη επιφάνεια καθιζήσεων, προς την οποία συμμορφώνεται το κτίριο παθαίνοντας κάμψη και κατά συνέπεια ρωγμές.



Εδαφος μη ευαίσθητο
σε καθιζήσεις

Επικάλυψη θλιπτικών τάσεων
κάτω από το μέσον οικοδομής
καμπύλη καθιζήσεων + κάμψη

Αυτή η περίπτωση ζημιών, συχνή σε παλαιά κτίρια, δεν παρουσιάζεται σήμερα, γιατί τα επιμήκη κτίρια υποδιαιρούνται με αρμούς διαστολής.

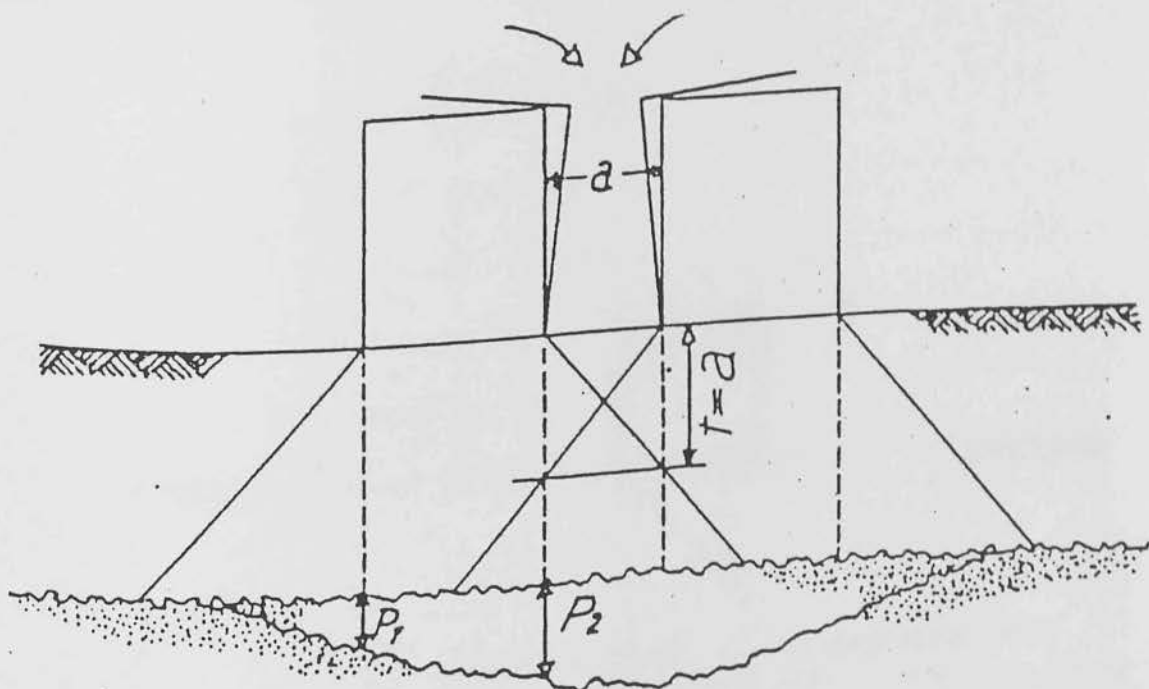
Περίπτωση 2η: Αλληλοεπίδραση γειτονικών κτιρίων. Από τον ίδιο λόγο της επικάλυψης θλιπτικών τάσεων, μπορούν να υποστούν άνιση καθίζηση και ισοβαρείς αλλά χωρισμένες οικοδομές, όταν βρίσκονται σε μαλακό έδαφος. Κλίνουν η μία προς την άλλη. Επηρεάζονται τα εδαφικά στρώματα που είναι βαθύτερα από όση είναι η απόσταση μεταξύ των οικοδομών.

Θεραπεία δεν μπορεί να υπάρξει ούτε με μείωση των πιέσεων επαφής στις γειτονικές πλευρές, όπως πχ. με την τοποθέτηση μαλακότερων χωμάτων στις εξωτερικές πλευρές.

Περίπτωση 3η: Νέα κτίρια κοντά στα προϋπάρχοντα.

Περίπτωση 3α). Ελαφρά μικρή προσθήκη με προϋπάρχον μεγάλο κτίριο. Κοντά στο παλαιό κτίριο, το έδαφος έχει

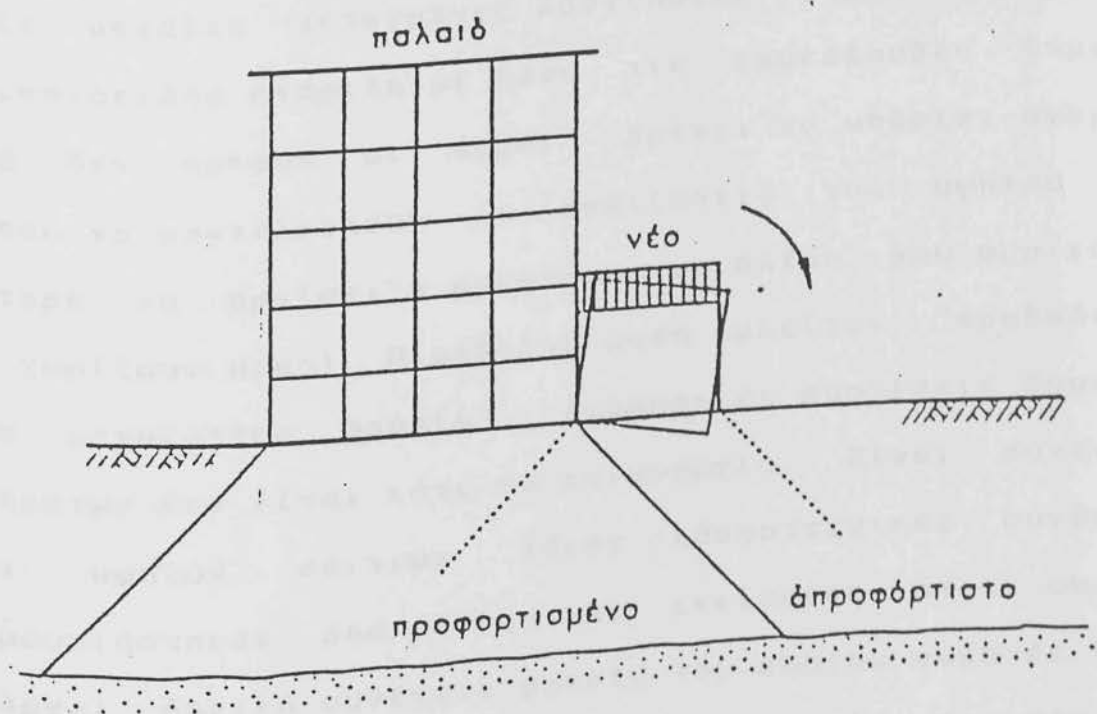
συμπυκνωθεί. Η προσθήκη ανεγείρεται κατά ένα μέρος σε προσυμπυκνωμένο έδαφος. Η μεγαλύτερη καθίζηση στο ελεύθερο άκρο της προσθήκης οδηγεί σε απόκλιση της και σε μία σφηνοειδή ρωγμή - επάνω πλατύτερη - στον αρμό συναρμογής. Το προυπάρχον κτίριο μένει στην ουσία ανεπηρέαστο.



Σχήμα: Περίπτωση 2η

Περίπτωση 3β). Η αμοιβαία επίδραση γειτονικών κτιρίων, είναι ιδιαίτερα μειονεκτική για ένα προυπάρχον ελαφρύ κτίριο, όταν ανεγείρεται δίπλα του μία σύγχρονη

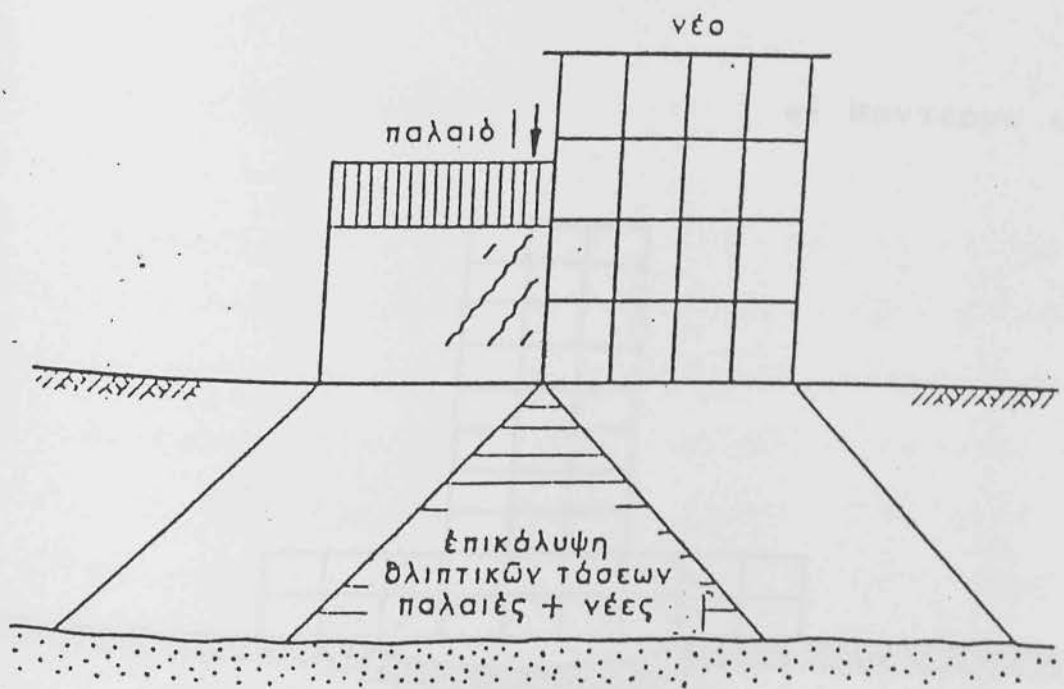
βαρειά οικοδομή. Οι μέχρι τώρα καθιζήσεις του προυπάρχοντος, αντίστοιχες προς το βάρος του, ήταν μικρές και προπαντός ομοιόμορφες που με την πάροδο του χρόνου σταθεροποιήθηκαν. Με την καινούργια κατασκευή, ανανεώνεται η φόρτιση του εδάφους, που συμπιέζει ακόμη και μέχρι κάτω από την προυπάρχουσα. Αποτέλεσμα είναι ότι δημιουργούνται νέες, προπάντων ανομοιόμορφες καθιζήσεις, καθώς και ζημιές στο παλαιό κτίριο.



Η επίπεδη θεμελίωση ενός μεμονωμένου κτιρίου, μπορεί να είναι επαρκής εφόσον εξακολουθούν οι ίδιες εδαφικές συνθήκες. Η επέκταση όμως προκαλεί βλάβες (λοξές αποκλίνουσες ρωγμές, σε ελαφρές περιπτώσεις μία μόνον διατμητική αποχωριστική ρωγή, ενδεχομένως δύο κατακόρυφες ρωγμές προσόψεων), οι οποίες θα μπορούσαν να αποφευχθούν εάν η επέκταση γινόταν εκεί επί

πασσάλων. Το νέο κτίριο θα υποστεί τότε φυσικά κάπως διαφορετική καθίζηση λόγω άνισης προφόρτισης του εδάφους, με κίνηση αποκλίσεως από το προ υπάρχον, αλλά αυτό έχει μικρή σημασία.

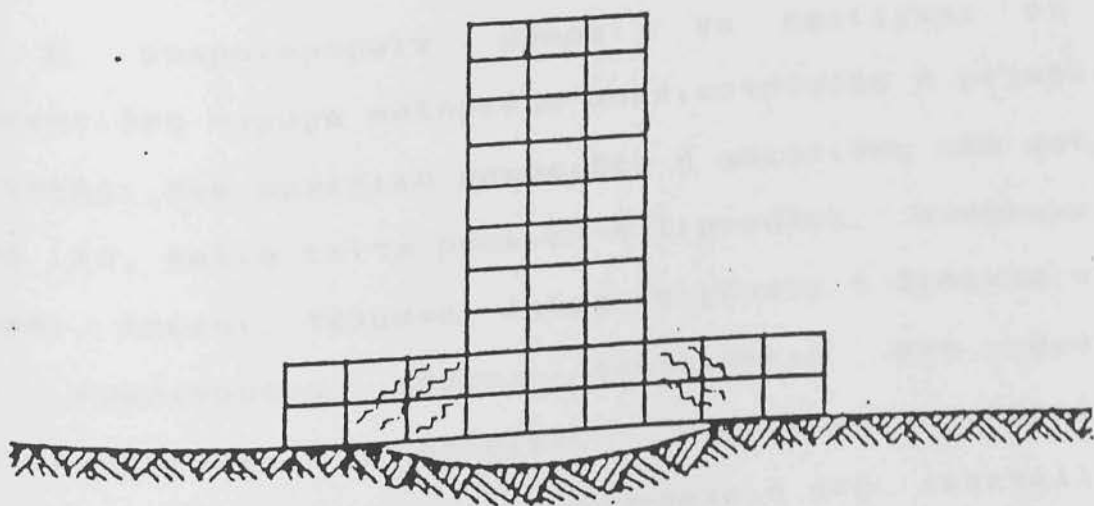
Περίπτωση 4η: Διαφορετικές φορτίσεις εδάφους, δηλαδή κατά κανόνα, υψηλό κοντά σε χαμηλό κτίριο. Κατά την σύγχρονη τακτική ανεγέρσεως πολυόροφου κτιρίου και συνεχόμενων ολιγόροφων πτερύγων, τα ολιγόροφα εμπίπτουν στις μεγάλες τεταγμένες καθιζήσεως. Ισχύει για αυτά η επιπλοισιδήσ στήριξη με όλες τις επακόλουθες ζημιές. Εδώ δεν αρκούν οι αρμοί. Πρέπει να υπάρξει αναμονή ώσπου να συντελεστούν οι καθιζήσεις του υψηλού και ύστερα να αρχίσει η ανέγερση του άλλου, που φυσικά θα τα χωρίζουν αρμοί. Η μέθοδος αυτή καλείται "προβάδισμα στο μεγαλύτερο φορτίο". Διαφορικές φορτίσεις δομικών τμημάτων δεν είναι κάτι το καινούργιο. Είναι συνέπεια των υψηλών σπιτιών. Ιδιες εδαφοτεχνικές συνθήκες παρουσιάστηκαν από πάντα σε εκκλησίες στις οποίες υπάρχει δομική συνέχεια μεταξύ του κυρίου σώματός τους και του καμπαναριού. Όταν βρίσκεται κανείς σε τέτοιες εκκλησίες μπορεί να παρατηρήσει τυπικές ζημιές καθιζήσεων. Οι πλοιοίεστεροι προς το καμπαναριό θόλοι παρουσιάζουν πολλαπλές ρωγμές καθώς και οι αψίδες παραθύρων στους εξωτερικούς τοίχους. Δεν πρέπει να συγχέονται αυτές οι ζημιές στους θόλους που οφείλονται σε διαφορετικές καθιζήσεις με κεκλιμένους πύργους. Ούτε με λοξά ή περιστραμμένα κράνη πύργων.



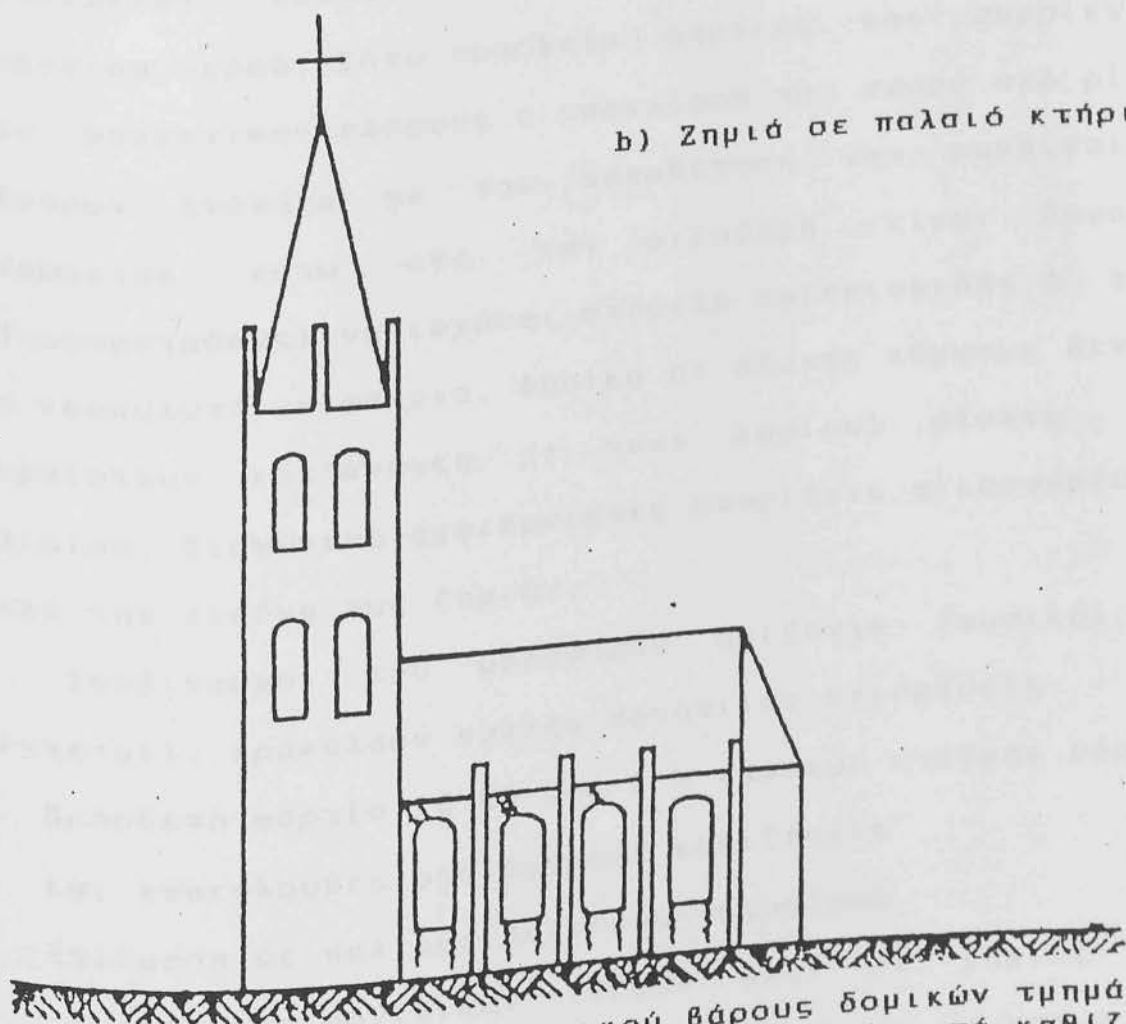
Σχήμα: Περίπτωση 3β.

Περίπτωση 5η: Κεκλιμένοι πύργοι. Οι πύργοι που μεταφέρουν μεγάλα φορτία σε μικρές επιφάνειες θεμελίων, υπόκεινται, για μαλακά εδάφη, σε σημαντικές καθιζήσεις που στην αρχή είναι ομοιόμορφες. Υστερα από μία μικρή έστω ἐκκεντρη δύναμη (μονόπλευρη διεύθυνση ανέμων, θερμική παραμόρφωση λόγω ηλιακών ακτίνων), δημιουργείται μία μικρή κλίση, που πλέον ασκεί λόγω ἐκκεντρότητας ανομοιόμορφες πιέσεις και καθιζήσεις - έστω και εάν το έδαφος είναι ομοιογενές. Θα καταλήξει ενδεχομένως σε κατάσταση ευσταθούς ισορροπίας ή σε ανατροπή.

a) Μοντέρνο κτήριο



b) Ζημιά σε παλαιό κτήριο



Σύγχρονη ανέγερση διαφορετικού βάρους δομικών τμημάτων
-> διαχωρισμός τους με αρμούς άλλως ρωγμές από καθίζηση

5.2. Ανομοιομορφο έδαφος

Η ανομοιομορφία μπορεί να οφείλεται σε ένα σφηνοειδές στρώμα αυξημένης συμπιεστότητας ή μεταβλητής αντοχής: ένα αργιλικό φακοειδές ή φακοειδές από χούμο ή από ιλύ, παλιά κοίτη ρυακιού ή λιμνούλας, ανασκαμμένοι τάφοι, λάκκοι, τέλματα. Ακόμη επιχώματα ή διάχυτα υλικά με κυμαινόμενο πάχος, σπηλαιώσεις από φυσικές κατακρημνίσεις, σήραγγες υπόγειες, απορρίψεις εκχωματώσεων από γειτονικά ορύγματα ή από εκμετάλλευση μεταλλείων. Τέλος, μονόπλευρη μεταβολή των συνθηκών υπόγειου νερού, λόγω προσθέτου φορτίου και συρρίκνωση του συνεκτικού εδάφους ή απομύζηση του νερού από ρίζες δέντρων. Ανάλογα με την τοποθέτηση του συμπίεσιμου στρώματος κάτω από την οικοδομή, είναι δυνατόν (διαφοροτρόπως) να ισχύσει στήριξη επιππισειδής ή πάνω σε καμπυλωτή επιφάνεια. Φυσικά οι άξονες κάμψης δεν θα συμπίπτουν κατ'ανάγκη με τους κυρίους άξονες του κτιρίου. Διαγώνιες αμφιέρειστες στηρίξεις χειροτερεύουν πολύ την εικόνα των ζημιών.

Υποβιβασμοί του υδροφόρου ορίζοντα (φυσικοί ή τεχνητοί), προκαλούν πολλές αρνητικές επιδράσεις:

1. Πρόσθετο φορτίο 10 KN ανά 1 M πτώσεως στάθμης ύδατος και επακόλουθες ομοιομορφες καθιζήσεις.
2. Επίδραση σε παλιούς ξύλινους πασσάλους.
Συρρίκνωση αργιλικών εδαφών μαζί με ζημιές και καθιζήσεις θα συμβεί οπωσδήποτε μία φορά το χρόνο από

την ξηρασία και κυρίως λόγω απορύζησης νερού από τις ρίζες δέντρων.

5.3. Διαφοροποιημένη θεμελίωση

Σήμερα δεν δημιουργείται τέτοια περίπτωση χωρίς να προβλεφθούν αρμοί. Είναι πια γνωστό στους μελετητές και στους αρχιτέκτονες πως συμβαίνουν διαφορετικές καθιζήσεις μεταξύ ρηχών και βαθειών ή μεταξύ άκαμπτων και ελαστικών θεμελιώσεων. Φυσικά, η χρήση πασσάλων για μία καινούργια κατασκευή δίπλα σε μία παλιά θεμελιωμένη σε επίπεδα, πιθανόν να αποτελεί τη μόνη λύση. Αν όμως ένα μέρος της νέας κατασκευής γίνει επί πασσάλων και το υπόλοιπο σε επίπεδα θεμέλια, θα υπάρξουν ρηγματώσεις. Αυτό ισχύει και για πασσαλώσεις με διαφορετικά μήκη πασσάλων.

Πρέπει να λεχθεί πως ένα είδος διαφοροποιημένης θεμελίωσης είναι και η κατασκευή υπογείου που δεν καταλαμβάνει παρά μόνον ένα μέρος εμβαδού μονοκατοικίας. Το διαφορετικό βάθος θεμελιώσεως πρέπει να καταστεί, με κατασκευαστικά μέσα, αβλαβές.

5.4. Επιδράσεις στοών μεταλλείων

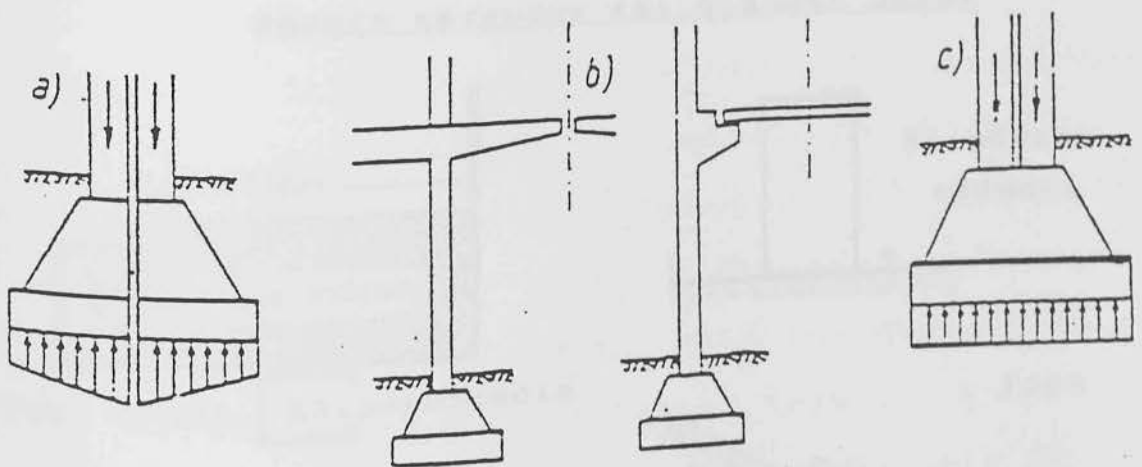
Οι κοιλότητες που δημιουργούνται στα

γαιανθρακωρυχεία, φθάνουν σε μεγάλα βάθη κατά την εκμετάλλευση. Τα αμέσως υπερκείμενα στρώματα παθαίνουν κάποια καθίζηση μέχρι ενός οριακού βαθμού, ενώ υψηλότερα στρώματα ακολουθούν την καθίζηση χωρίς να θραυθούν. Ενδεχομένως θα υπάρξουν υποχωρήσεις της υπερκείμενης επιφάνειας εδάφους. Ακόμη πρέπει να ληφθεί υπόψη η δυνατότητα πολλών υπερκειμένων κοιτασμάτων. Οι κοιλότητες ξανακλείνουν και μόνες τους έστω και εν μέρει, οπότε κάθε μεμονωμένο σημείο των υπερκειμένων πετρωμάτων μετακινείται περίπου προς το κέντρο βάρους του αφαιρεθέντος κοιτάσματος.

6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ

ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Ευνοικότερο είναι έργα που στην περιοχή τους αναμένονται ανομοιόμορφες καθιζήσεις, να διαμορφώνονται είτε απόλυτα "άκαμπτα" ή τελείως "εύκαμπτα". Ένα άκαμπτο έργο μένει ανεπηρέαστο από ζημιές (αν εξαιρέσει κανείς την λοξότητα), αλλά είναι πανάκριβο, ιδίως όταν δεν έχει συμμαζεμένη κάτοψη. Συνεπώς, μονολιθικές κατασκευές χωρίς αρμούς, θα περιορίζονται μόνο σε περιπτώσεις που και μόνο το λειτουργικό τους σχήμα συντελεί στην ακαμψία (πχ. υψηλές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα), αλλά κατασκευές μεγάλου μήκους θα διαιρούνται σε πολλά άκαμπτα τμήματα με αρμούς που θα

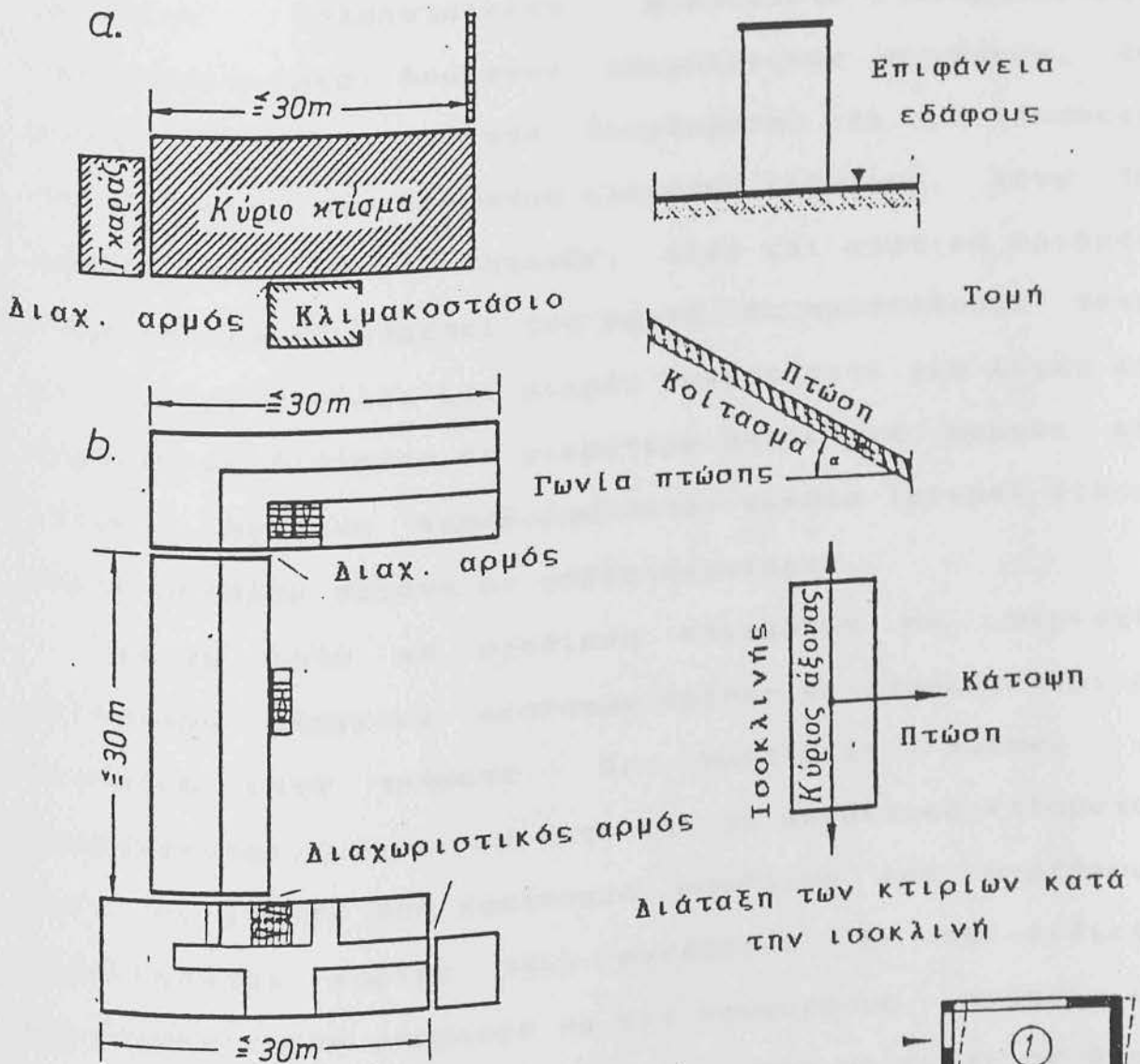


περνάνε μέσα από όλη την κατασκευή και τα θεμέλια. Ωστόσο, οι κατασκευαστικές δυσκολίες μεγαλώνουν σε διαμορφώσεις όπως του σχήματος α λόγω της έκκεντρης εφαρμογής του φορτίου, η κατανομή των τάσεων του εδάφους ανατρέπεται, χωρίς να μπορεί να επιτευχθεί πραγματικά ο αρμός να "δουλεύει". Σε περιπτώσεις με μεγάλες σχετικά διαφορές στη φόρτιση ή την υφή του υπεδάφους.

θα προτιμάμε συνεπώς προβόλους και από τις δύο μεριές ή διαμορφώσεις όπως του σχήματος Z. Αντίθετα, σε αρμούς διαστολής (θερμοκρασία, ξήρανση), τα θεμέλια θα παραμένουν αδιαίρετα (Σχήμα C).

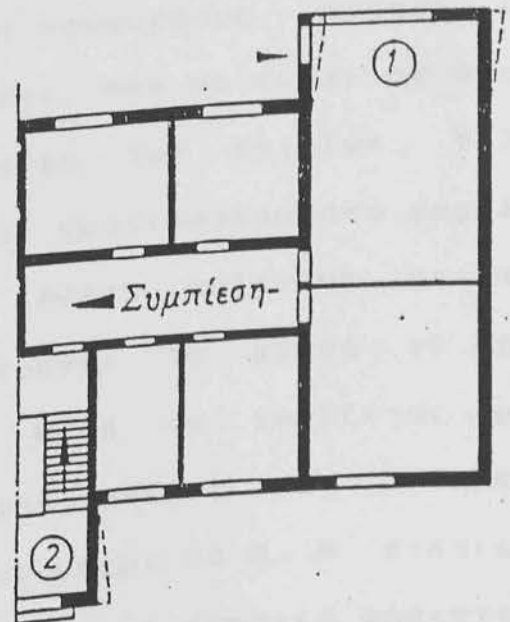
Απόλυτα ενδοτικότητα πετυχαίνουμε με στατικά ορισμένες κατασκευές: δοκοί GERBER αντί συνεχών, τριαρθρωτά τόξα αντί πακτώσεων κλπ. Έχουν όμως το μειονέκτημα, ότι μόλις αστοχήσει ένα τμήμα της κατασκευής, μπορεί να καταρρεύσει όλο το οικοδόμημα. Από την μελέτη κιόλας μπορούν να προβλέπονται φωλιές για την τοποθέτηση υδραυλικών πρεσών, για να

Μορφές κατόψεων και διάταξη αρμών



Οι προεξοχές στα κτίρια κατά το δυνατό να αποφεύγονται. Παραμορφώνεται με τη συμπίεση κατά την έννοια που δείχνεται, με τον εφευκισμό αντίθετα.

Κάτοψη



αποκαθίστανται τυχόν μετατοπίσεις του έργου. Όταν σε συνήθεις πολυκατοικίες, φοβούμαστε ανομοιόμορφες καθιζήσεις λόγω δυσμενών εδαφολογικών συνθηκών, δεν αντιμετωπίζεται άκαμπτη διαμόρφωση, πχ. με κατασκευή του υπόγειου σαν άκαμπτου κλειστού κιβώτιου, λόγω των δυσανάλογα υψηλών δαπανών, αλλά και στατικά ορισμένη στήριξη δεν εξυπηρετεί τον σκοπό. Θα προσπαθούμε τότε, να έχουμε πολλές και μικρές ρωγμές αντί για λίγες και μεγάλες με διαίρεση σε μικρότερα μπλόκ με αρμούς και τοίχους που να παραμορφώνονται εύκολα (μικροί λίθοι, αρμοί μεγάλου πάχους με ασβεστοκονίαμα).

Ακόμα κατά τη σχεδίαση κτιομάτων σε περιοχές επίδρασης υπογείων εκκοκμών πρέπει να αποφεύγονται οι κατόψεις κατά τμήματα. Οι προεξοχές πρέπει να αποφεύγονται, όπως επίσης και τα συνδετικά κτίσματα, γιατί οι ζημιές από εφελκυσμό, σύνθλιψη και στρέβλωση εμφανίζονται κυρίως στις συνδέσεις. Αν σε ειδικές περιπτώσεις δεν μπορούμε να τις αποφύγουμε, πρέπει να προβλέπονται αρκετά πλατείς αρμοί, που να είναι σε θέση να παρακολουθήσουν τις κινήσεις των κτιρίων. Ψηλά κτίρια με μικρές κατόψεις είναι προτιμότερα από χαμηλά με μεγάλη επιφάνεια, γιατί οι βλάβες αυξάνουν με το μήκος. Για το λόγο αυτό, πρέπει το μήκος να μην υπερβαίνει τα 30 Μ, το πολύ 35 Μ ή να χωρίζεται με αρμούς σε τμήματα αυτού του μήκους. Οι σιδηρές κατασκευές μπορεί να έχουν μήκος μέχρι 50 Μ. Η στατική ορισμένη έδραση να προτιμάται από τη στατικά αόριστη.

Οι κύριοι άξονες ενός κτιρίου και συγκεκριμένα ο μακρύτερος, γερανογέφυρες ή άλλου είδους τροχιές, να διατάσσονται κάθετα στη διεύθυνση της κλίσης του εδάφους, γιατί οι βλάβες ελέγχονται έτσι καλύτερα.

7. ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Όπως ειπώθηκε, για τη δημιουργία ζημιών δεν έχουν σημασία οι απόλυτες αλλά οι διαφορικές καθιζήσεις. Οριακές τιμές διαφορικών καθιζήσεων για τις οποίες το δομικό έργο εξακολουθεί να παραμένει ελεύθερο από βλάβες, μπορούν να προσδιορισθούν μόνον από την αξιοποίηση παρατηρήσεων σε υπάρχοντα δομικά έργα.

Σε περιπτώσεις στατικώς σαφών συστημάτων, είναι δυνατόν με μεγάλη δαπάνη χρόνου να υπολογισθεί η επίδραση διαφορικής καθιζήσεως και να ληφθεί υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση.

Οι συνήθεις οικοδομές είναι σε θέση όπως απόδειξε επιτόπιος πείρα, να αναλάβουν την καταπόνηση που τους προκαλούν ακόμη και σημαντικές παραμορφώσεις, χωρίς να υποστούν βλάβες. Συμπέρασμα ότι τα δομικά έργα μπορούν να ανεχθούν μεγαλύτερες παραμορφώσεις όταν προέρχονται από συμπίεση του εδάφους (καθίζηση), παρά από κάμψεις προερχόμενες από βυθίσεις του εδάφους. Δυνατοί λόγοι που δικαιολογούν αυτή την άποψη είναι οι εξής:

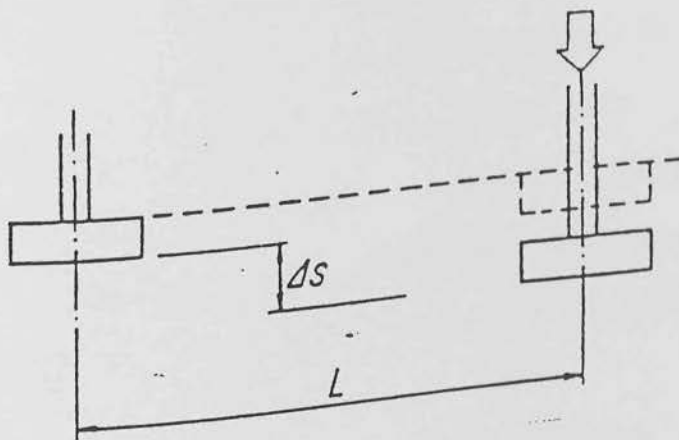
- Η βύθιση κτιρίου συντελείται πιο γρήγορα παρά η

καθίζηση.

- Η βύθιση αφορά στο έτοιμο δομικό έργο, που δεν ανέχεται τόσες παραμορφώσεις όσες στην κατάσταση ανεγέρσεως.

Από τη μορφή της καμπύλης καθιζήσεων και από την παρακολούθηση του χρονικού ρυθμού των καθιζήσεων, δικαιολογείται ότι οι ρηγματώσεις δομικών έργων σε συνεκτικά εδάφη αργούν περισσότερο να εμφανιστούν παρά σε αμώδη.

Οριακές τιμές $\Delta s/L$	Ζημιές καθιζήσεων
1/1000	χωρίς ζημιές ευαίσθητες μηχανές πλαίσια με διαγωνίους όρια ασφαλείας για ανεπιθύμητες ρωγμές, οφθαλμοφανείς ζημιές Ρωγμές τοίχων, όρια για κτήρια με γερανούς Φανερή απόκλιση πυργωτών κατα- σκευών. Σημαντικές ρωγμές τοίχων, γενικές κατασκευαστικές ζημιές
1/750	
1/600	
1/500	
1/300	
1/250	
1/150	



Λοξότητες μέχρι περίπου 0.3% του ύψους του κτιρίου σε συνήθεις κατασκευές δεν επιφέρουν ζημιές. Ακόμα και για μεγαλύτερες κλίσεις δεν υπάρχει κίνδυνος για την ευστάθεια, αλλά μπορεί να επηρεαστεί η αποχέτευση, εκτός από τις ψυχολογικές επιδράσεις.

Σε οικοδομές και παρόμοια κτίρια σημασία έχει η κλίση των πλακών (δεν ταυτίζεται με την κλίση του κτιρίου), μαζί με την χαλαρότητα, σαν κυριότερα κριτήρια της μειονεκτικότητας τους. Η κλίση αυτή θεωρείται απαράδεκτη σε κατοικίες όταν υπερβαίνει τα 2 MM/M, δηλαδή 1:500, για δε εργαστήρια με ευαίσθητες μηχανές τα 0.5 έως 1 MM/M ήτοι 1:2000 έως 1:1000. Για 50MM/M, δηλαδή 1:20, το κτίριο θεωρείται εκτός χρήσεως γιατί δεν προσφέρει πια δυνατότητα κατοικήσεως διότι όλες οι λειτουργικές δυνατότητες του οικοδομήματος εκλείπουν και ακόμη:

- Κλίση δαπέδων αντιστοιχούσα σε διαφορά στάθμης 50 CM κατά την έννοια του πλάτους όλης της οικοδομής ή κατά την έννοια του ύψους (αναφέρεται σε κάτοψη 20 * 10 M).
- Κλίση τοίχων 15 CM ανά ύψος ορόφου.
- Βαθμίδες λοξές κατά 5% στα πατήματα και στα ρίχτια.
- Όλα τα παράθυρα να μην κλείνουν πλέον.
- Όλες οι πόρτες να κολλούν ή να μην εφαρμόζουν.
- Ρωγμές στα τζάκια (οξύς κίνδυνος από καπνό)
- Υδατοπερατή στέγη από μετατόπιση τειγίδων, επιτειγίδων ή ζευκτών.
- Χαίνουσες ρωγμές τοίχων επιτρέπουσες τη διείσδυση

ανέμου και βροχής.

- Αποκόλληση επιχρισμάτων και οροφокονιαμάτων με συνεχή ρύπανση των δωματίων
- Τι μπορεί να θεωρείται ανεκτό, μπορεί να αποφασίσει μόνον ο μελετητής, έχοντας υπόψη την αποστολή του έργου. Τα μεγέθη όμως αυτά δεν είναι σταθερές, γιατί επηρεάζονται από πάρα πολλούς παράγοντες με αίτια στο έδαφος και την κατασκευή. Καμιά φορά η αξιολόγηση παρατηρήσεων και ζημιών από καθιζήσεις επιτρέπει εμπειρικές τιμές. Ζημιές στον φέροντα οργανισμό βέβαια δεν επιτρέπονται σε καμιά περίπτωση, αντίθετα σε βιομηχανικές κατασκευές μπορεί να είναι οικονομική η αποδοχή μικρών, καθαρά αρχιτεκτονικών ζημιών, ώστε να πέφτει το κόστος.

Ενας κατάλογος ζημιών που απομειώνουν την αξία των κτιρίων:

- Κλίση του κτιρίου, δηλ. των πλακών και ενδεχομένως των τοίχων.
- Χαλάρωση τοιχοποιίας και επιχρισματος.
- Μεταβολές εντατικής καταστάσεως
- Μείωση διάρκειας ζωής
- Γήρανση
- Μείωση φορτοικανότητας
- Αύξηση δαπανών συντηρήσεως
- Μείωση υποθηκευτικής αξίας
- Μείωση δυνατότητας πωλήσεως
- Απώλεια οικοδομικού ρυθμού

Β. ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Οι Kogler και Scheidig συνιστούν τα επόμενα μέτρα για την περιορισμό των καθιζήσεων, στα οποία όμως συχνά αντιτίθενται ο παράγων δαπάνης όπως και άλλοι παράγοντες που φαίνονται στον πίνακα.

- * Απομάκρυνση των μαλακών εδαφικών στρωμάτων: μέθοδος υποκατάστασης εδάφους, πραγματοποιήσιμη μόνον για λεπτά "μαλακά" στρώματα.
- * Θεμελίωση επί πασσάλων μέχρι του στερεού εδάφους.
- * Εξασφάλιση του εδάφους από πλευρικές διαφυγές: πασσαλοσανίδες περί το κτίριο ή κατά μήκος οδοντώματος του εδάφους.
- * Μικρές τάσεις εδάφους δηλαδή μείωση των φορτίων και όχι αύξηση διαστάσεων θεμελίων.
- * Ενίσχυση των υποχωρήσιμων εδαφικών στρωμάτων και μάλιστα με άμμο και χαλίκι: ενέσεις τοιμέντου, στερεοποίηση με χημικά μέσα, συμπύκνωση με δόννη ή πάσσαλοι συμπυκνώσεως. Για πολύ λεπτή άμμο και ιλύ: μόνον η αποστράγγιση, που μπορεί να επιτευχθεί με προφόρτιση του εδάφους. Για άργιλο και παρόμοια: συμπύκνωση με γαρμπίλη και δόννη.
- * Υπερφόρτιση: απομάκρυνση έστω και πρόσκαιρη.
- * Ανακούφιση του εδάφους με αφαίρεση χωμάτων ή και δημιουργία δεύτερου υπογείου.
- * Ανέγερση με αργό ρυθμό.

Μέτρα κατά των καθιζήσεων και συνέπειες:

Ένέργεια σε	Περιορίζονται οι καθιζήσεις όταν γίνουν τα κάτωθι	
Έδαφος θεμελιώσεως	<p>Υποκατάσταση εδάφους : συμπυκνωμένο στρώμα άμμοχαλικού με $t \geq b$. Συμπύκνωση εδάφους : ενέσεις τσιμέντου, όδοστρωτήρ, δόνηση, πάσσαλοι συμπυκνώσεως, δόνηση με συμπίεση. Βελτίωση εδάφους: ενέσεις, αποστράγγιση με καθέτους στραγγιστήρες</p>	
Θεμελίωση	<p>Θεμελίωση διά πασσάλων σε βάθος, μέχρι το φορτοϊκανόν έδαφος. Απόσταση από υπάρχον θεμέλιο. Προσυμπίεση για πιέσεις εκ των κάτω. Ένιαίο σύστημα θεμελιώσεως.</p>	<p>Ίσες καθιζήσεις βάσει διαφορετικών πιέσεων. Όπλισμός πεδίλου. Υπερυψώσεις και άνισο-πεδώσεις.</p>
Δομικό έργο	<p>Μικρό συνολικό φορτίο</p>	<p>Στατικώς όρισμένες κατασκευές. Εύκαμπτοι δίσκοι τοιχοποιίας. Μείωση μήκους με άρμούς. Χωρισμός φορτίου. Ακαμπτο υπόγειο Υπολογισμός με πρόσθετα φορτία.</p>
Κατά την ανέγερση	<p>Προφόρτιση επί μη συνεκτικών εδαφών. Αποστράγγιση επί συνεκτικών εδαφών. Κατανομή των μεγάλων φορτίων. Προσοχή κατά τον προσδιορισμό των όρυγμάτων. Βραδύς ρυθμός ανέγερσεως.</p>	

*Επιτρεπόμενες διαφορικές καθιζήσεις (κατά [57]) για να μην υπάρχουν ζημίες σε φέροντες τοίχους κτηρίων

Όριακή τιμή για	Μεμονωμένα θεμέλια	Πλάκα θεμελίωσης	
Γωνιακή περιστροφή τα $\alpha = \Delta s : l$, είναι ή διαφορική καθίζηση δύο γειτονικών στύλων ή τοίχων με απόσταση l	$1/300$ (1/500 όταν $\nu = 1,5$) δηλ. όταν $l = 5,0 \text{ m} \rightarrow \Delta s = 500/300 = 1,7 \text{ cm}$		
Μεγίστη διαφορική καθίζηση μεταξύ δύο τυχόντων (τό ένα μακριά από το άλλο) σημείων του δομικού έργου	*Αργίλλος	4,5 cm (4,0 όταν $\nu = 1,25$)	
	*Άμμος	3,0 cm (2,5 όταν $\nu = 1,25$)	
Μεγίστη απόλυτη καθίζηση ενός τυχόντος σημείου κάτω από ένα δομικό έργο	*Αργίλλος	7,5 cm (6,0 όταν $\nu = 1,25$)	7,5 — 12,5 cm (6,0 — 10)
	*Άμμος	5 cm (4 όταν $\nu = 1,25$)	5 — 7,5 cm (4 — 6)

9. Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

Τρόπος μετακίνησης της κατασκευής	Κύριοι λόγοι της μετακίνησης της κατασκευής	Μέγιστες τιμές των καθιζήσεων
ΚΑΘΟΛΙΚΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ	Λόγω υδρομάστευσης Λόγω υπερφόρτωσης Λόγω πιθανότητας μη ομοιόμορφης καθίζησης Τοιχοποιίες Πλαισιωτές κατασκευές Καπνοδόχοι - σιλό - αντένες	15-30 cm 30-60 cm 2.5-5 cm 5-10 cm 7.5-30 cm
ΑΠΟΚΛΙΣΗ	Ευστάθεια λόγω ανατροπής Επιτρεπόμενες κλίσεις καπνοδόχων, πύργων Επιτρεπόμενες κλίσεις καπνοδόχων Πύργων Βαγόνια μεταφοράς Αποθήκες εμπορευμάτων Αποθήκες μηχανών Αποθήκες με τουρμπογεννήτριες Γερανοί (cranes) Υδρομάστευση δαπέδων Ψηλοί τοίχοι από οπτοπλινθοδομή Μονόροφος τοίχος από οπτοπλινθοδομή Στοιχεία από γύψο ή από πλαστικές ύλες Στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα Μεταλλικά στοιχεία, συνεχείς δοκοί Μεταλλικά στοιχεία πλαίσια	Εξαρτώνται από το μήκος και το πλάτος της κατασκευής 0.004 α 0.01 α 0.01 α 0.003 α 0.002 α 0.003 α (0.1-0.2) α (0.0005-0.001) α (0.001-0.002) α 0.001 α 0.003 α 0.002 α 0.005 α
ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ		

όπου α είναι η ελάχιστη διάσταση της κάτοψης της θεμελίωσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

ΟΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΡΩΣΙΚΟΥΣ
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

α/α		Υπέδαφος	
		Άμμος και σκληρή άργιλος	Πλαστική Άργιλος
1.	Θεμελιώσεις για γερανογέφυρες	0.003	0.300
2.	Καθιζήσεις σε οικοδομές και βιομηχανικά κτίρια. - Για μεταλλικές κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα >> >>	0.002 0.001 0.005	0.002 0.001 0.005
3.	Ακαμπτες θεμελιώσεις για συνδυασμένες φορτίσεις	0.004	0.009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

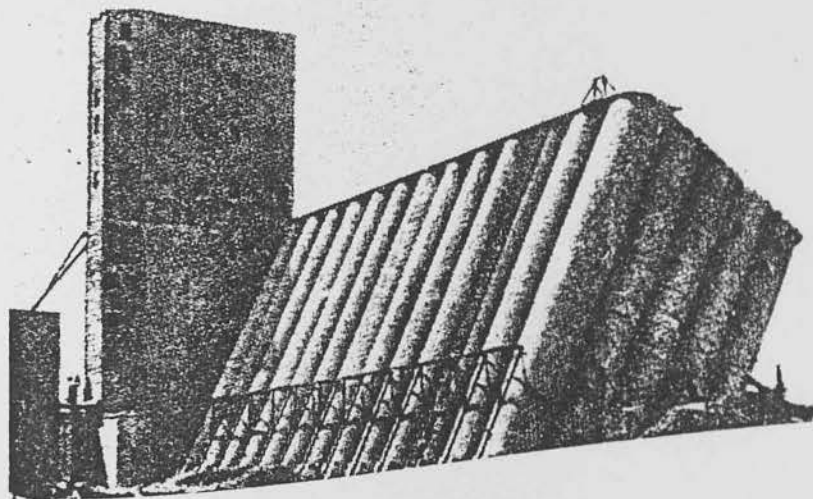
ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΡΩΣΙΚΟΥΣ

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ (1995)

α/α	Είδος κτιρίου και τύπος θεμελιώσεως	Μέση τιμή της καθίζησης σε cm
1.	Κτίρια με τοίχους από οπτοπλινθοδομή που εδράζονται πάνω σε συνεχείς δοκούς ή μεμονωμένα πέδιλα όπου το μήκος του τοίχου προς το ύψος H είναι: $L/H < 2.5$ $L/H > 2.5$	8 10
2.	Κτίρια με τοίχους από οπτοπλινθοδομή εδράζονται πάνω σε δοκούς από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι καθιζήσεις είναι ανεξάρτητες από το λόγο L/H	15
3.	Πλαισιωτές κατασκευές	10
4.	Κατασκευές από σιλό, καπνοδόχους, υδατόπυργους κλπ.	30



Φωτογραφία μίας κατασκευής που έχει υποστεί ολική καθίζηση χωρίς να υποστεί εξαιρετικές ζημιές. Τις περισσότερες φορές για να μην προξενούν ζημιές οι ολικές καθιζήσεις θα πρέπει τα φέροντα στοιχεία της κατασκευής να είναι τελείως άκαμπτα.



Κλασσικό παράδειγμα καθίζησης μίας παλιάς κατασκευής χωρίς να υποστεί βλάβες ο φορέας της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Για να λειτουργεί κανονικά μία θεμελίωση είναι προφανές ότι πρέπει να ανταποκρίνεται πολύ καλά προς το έδαφος επάνω στο οποίο εδράζεται. Όταν το έδαφος είναι κακής ποιότητας και δεν λαμβάνονται όλα τα μέτρα εκείνα που να βελτιώνουν τον χώρο όπου πάνω στον οποίο θα θεμελιωθεί κάποιο οικοδομικό έργο, τότε δημιουργούνται δυοάρεστα προβλήματα στην κατασκευή που πολλές φορές φτάνουν μέχρι και την καταστροφή της. Επίσης σημαντικότερη αιτία για να προκληθούν ζημιές στην ανωδομή είναι η κακή εκτίμηση της συμπεριφοράς του εδάφους από τον μελετητή μηχανικό και αυτό επιφέρει σημαντικά προβλήματα - βλάβες στην ανωδομή.

Η επίδραση του εδάφους και της θεμελίωσης σε κτιριακές βλάβες μπορεί να εκτιμηθεί μόνο με κάποια δυσχέρεια. Τα περισσότερα προβλήματα που εμφανίζονται στο σύστημα έδαφος - κατασκευή οφείλονται σε σημαντικά λάθη θεμελίωσης είτε από εδαφοτεχνικής πλευράς είτε από κατασκευαστικής πλευράς.

1.1. Συμπεριφορά εδάφους θεμελίωσης

Το έδαφος παραμορφώνεται από τις δυνάμεις που προκαλεί το φορτίο του κτιρίου ανάλογα προς την συμπιεστότητα και την αντοχή του σε διάτμηση. Οι κατακόρυφες φορτίσεις των θεμελίων προκαλούν κυρίως κατακόρυφες μετατοπίσεις (καθιζήσεις).

Όταν αυξάνει το φορτίο, το έδαφος συμπιέζεται και πλευρικά, μέχρις ότου, όταν υπάρξει το φορτίο θραύσεως να βυθιστεί το κτίριο στο έδαφος, που μπορεί να διαφύγει και πλευρικά (θραύση εδάφους). Στην περιοχή υπογείων στοών μεταλλείου, το έδαφος επιδρά και ενεργεί πάνω στο κτίριο (στρεβλώσεις, πιέσεις).

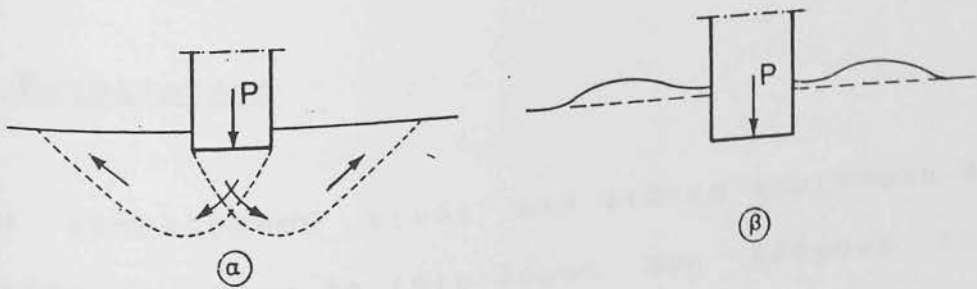
1.2. Θραύση του εδάφους

Όταν σε ένα στερεό σώμα οι εσωτερικές τους τάσεις, εφελκυστικές, θλιπτικές ή διατμητικές ξεπεράσουν ορισμένες κρίσιμες τιμές, το σώμα σπάει, θραύεται. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και στο έδαφος, με τη διαφορά ότι κατά κανόνα δεν αντιλαμβανόμαστε τη θραύση του εδάφους, επειδή τα προϊόντα της είναι εγκιβωτισμένα μέσα στο έδαφος, που τα περιβάλλει, και δεν μπορούν να φύγουν από την θέση τους.

Το φαινόμενο της θραύσεως εμφανίζεται όταν το έδαφος που υπόκειται του κτιρίου φορτισθεί εντατικά,

ώστε να σχηματισθούν μέσα σ' αυτό επιφάνειες ολισθήσεως κατά τις οποίες η αντοχή σε διάτμηση έχει ξεπεράσει το όριο, τότε συμβαίνει πλευρική διαφυγή του εδάφους και διόγκωση του κατά τις πλευρές του δομικού έργου. Το κτίριο καταποντίζεται μέσα στο έδαφος που συγχρόνως παραμερίζει έστω και χωρίς περαιτέρω αύξηση του φορτίου. Ο κίνδυνος θραύσεως του εδάφους αυξάνεται όσο το πλάτος του δομικού έργου (ή του θεμελίου), το βάθος θεμελιώσεως και η αντοχή του εδάφους σε διάτμηση είναι μικρότερα και όταν η εκκεντρότητα και η κλίση του είναι μεγαλύτερες. Ο κίνδυνος θραύσεως του εδάφους αυξάνεται επίσης όσο περισσότερο τα συνεκτικά εδάφη πλησιάζουν τον βαθμό κορεσμού σε νερό, γιατί η αντοχή σε διάτμηση δεν αυξάνει ανάλογα με τις θλιπτικές τάσεις που αναπτύσσονται λόγω της πίεσεως του νερού των πόρων. Τέλος, αυξάνεται ο κίνδυνος θραύσεως με την άνοδο του υδροφόρου ορίζοντα και με τη μείωση του ειδικού βάρους του εδάφους.

Η θραύση του εδάφους εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή μίας πλευρικής διαρροής των κόκκων του εδάφους, που μπορεί ακόμα να έχει σαν αποτέλεσμα το ανέβασμα της επιφάνειας του εδάφους γύρω από την περιοχή όπου φορτίζεται. Συνήθως αυτό το φούσκωμα της επιφάνειας μας ειδοποιεί ότι το έδαφος έσπασε.



Μηχανισμός θραύσεως σε συνεκτικό έδαφος
 α) Πριν το φαινόμενο. β) Μετά το φαινόμενο

Η θραύση του εδάφους είναι πολύ σπάνια για τα περισσότερα κτίρια υπό κανονική φόρτιση και βαθιά θεμελίωση. Σε ένα σιλό σιτηρών στη Νότια Τρανσβα στην Μονίτοβα του Καναδά, παρουσίασε κλίση 27° λόγω θραύσης του εδάφους κατά την πλήρωσή του. Ένα σιλό 15.000 t στο Fargo της North Dakota, έγειρε το 1955 και καταστράφηκε λόγω των μεγάλων φορτίων του, σε πύργους όπως Πίζα, αλλά επίσης σε αποθήκες και εργοστάσια ζυθοποιίας, στα οποία έγιναν προσθήκες ορόφων και αυξήθηκε το ωφέλιμο φορτίο χωρίς να γίνει ενίσχυση των θεμελίων, έχουν συμβεί αρκετές τέτοιου είδους καταστροφές. Κατά τον Grasshoff, μία θραύση εδάφους εκδηλώνεται συνήθως με σημαντικές καταποντίσεις και αποκλίσεις καθώς και με οριζόντιες μετατοπίσεις. Μία ευκρινής ειδοποίηση για ανερχόμενη θραύση του εδάφους, είναι κάποια κύρτωση του αφόρτιστου περιβάλλοντος του κτιρίου.

1.3. Κατολίσηση

Η κατολίσηση είναι μία ειδική περίπτωση θραύσης του εδάφους. Όταν το ίδιο βάρος του εδάφους και του κτιρίου υπερσχύουν της αντοχής σε διάτρησής προς μία επιφάνεια ολισθήσεως κατά την έκταση της οποίας συμβαίνει η κατολίσηση. Δημιουργούνται κατολισθήσεις σε πρανή αναχωμάτων και σε χαράδρες. Οι κατολισθήσεις γίνονται πιο ευνοϊκές σε εδάφη που έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκη άμμο και ιλύ, κυρίως όταν δεν έχουν συμπυκνωθεί με δόνηση, με τέτοιο τρόπο ώστε να διαποτίζονται σε μεγάλο βαθμό από τις νεροποντές. Τέτοιες ζημιές συμβαίνουν σπάνια.

1.4. Υδραυλική θραύση εδάφους

Η υδραυλική θραύση του εδάφους εμφανίζεται σε αμμώδη εδάφη πολύ λεπτόκοκκα (ρέουσα άμμος μέχρις ιλύος) με ελάχιστη υδατοπερατότητα και συνοχή. υπόκεινται στη δυναμική πίεση ενός υδάτινου ρεύματος χωρίς να επαρκούν, σαν αντίσταση, το ίδιο βάρος τους και το ίδιο βάρος του κτιρίου. Η οικοδομή καταποντίζεται μέσα στο έδαφος που συμπεριφέρεται σαν εντελώς αβαρές.

Τέτοια εδάφη μπορούν να διαλυθούν ή να επιπλεύσουν στα υπόγεια νερά κατόπιν μεγάλου ύψους βροχής ή λόγω

της ελάχιστης υδατοπερατότητάς τους και δημιουργείται έτσι η λεγόμενη ρέουσα άμμος.

1.5. Ανατροπή

Όταν η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων συναντάει την επιφάνεια εδράσεως του θεμελίου έξω από τα όρια του πυρήνα της, σχηματίζεται ένας "χαίλων αρμός" και μία αιχμή θλιπτικών τάσεων που αυξάνει γρήγορα με την απομάκρυνση της συνισταμένης. Στη θεωρητική περίπτωση του ανυποχώρητου υπεδάφους, το θεμέλιο θα περιστραφεί περί την εξωτερική του παρυφή, μόλις η συνισταμένη την ξεπεράσει, χωρίς παραμόρφωση ή θραύση του εδάφους. Ο κίνδυνος ανατροπής των θεμελίων αντιμετωπίζεται με τον προσδιορισμό μιας επιτρεπόμενης εκκεντρότητας της δυνάμεως και με την απαιτητή ασφάλεια κατά θραύση.

Η ασφάλεια κατ'ανατροπή ολόκληρου του δομικού έργου ή των υπερκείμενων θεμελίων δομικών τμημάτων, παραμένει έτσι ανέπαφη (πχ. σε έναν ιστό που τα τέσσερα μεμονωμένα θεμέλια του διατηρούνται ασφαλή, ο ίδιος δεν αποκλείεται να ανατραπεί). Μπορεί επίσης, όταν η λυγηρότητα του δομικού έργου είναι μεγάλη ή όταν τα δομικά τμήματά του εκτείνονται σε μεγάλο ύψος, να υπάρχει μεν ασφάλεια κατ'ανατροπή, η οποία όμως μπορεί να εκλείψει αν μεσολαβήσει ανομοιόμορφη καθίζηση.

1.6. Ολίσθηση

Αν η κλίση της συνισταμένης υπερβεί κάποιο ορισμένο όριο, μπορεί να υπάρξει υπέρβαση της αντιστάσεως μεταξύ πέλματος και εδάφους (ή και μεταξύ εδαφικών στοιβάδων) και να συμβεί ολίσθηση.

Το δομικό έργο ολισθαίνει όταν η οριζόντια συνιστώσα της συνισταμένης των δυνάμεων που ενεργούν στην επιφάνεια εδράσεως, γίνει μεγαλύτερη από την τριβή ή την αντίσταση σε διάτμηση που αντιδρούν.

Ο κίνδυνος ολίσθησης μειώνεται από την αντίσταση γαιών που βρίσκονται μπροστά στο δομικό έργο.

Πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη προσοχή αν η παθητική αυτή αντίσταση ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό ασφαλείας σε ολίσθηση. Δημιουργείται κίνδυνος στην περίπτωση μελλοντικής αφαιρέσεως των χωμάτων, έστω και σε μικρή έκταση για να τοποθετηθεί ένα καλώδιο ή να εκτελεστεί κάποια άλλη εργασία. Η ασφάλεια κατά ολίσθηση σε περιπτώσεις έργων χωρίς αξιόλογη κατακόρυφη φόρτιση (τοίχος αντιστηρίξεως, υπόγειες εισοδοί γκαράζ) δημιουργεί προβλήματα στον μελετητή, μολονότι οι ζημιές από τον λόγο αυτό είναι σπάνιες γιατί υπεισέρχεται και η συνοχή του εδάφους που αγνοείται μεν κατά τον υπολογισμό, φθάνει όμως για μερικά εδάφη σε υπολογίσιμη τιμή και αντιτίθεται στην ώθηση γαιών.

1.7. Διογκώσεις παγετού

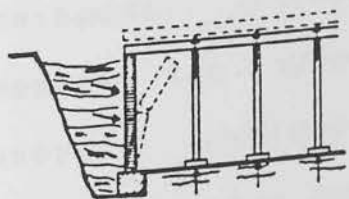
Ο παγετός στερεοποιεί το νερό των πόρων που βρίσκεται στη μάζα του εδάφους.

Ασφαλή εδάφη λόγω του παγετού είναι χαλίκι και άμμος ελεύθερα πληρωδών προσμίξεων. Παγώνουν εξ' ολοκλήρου χωρίς επιβλαβείς διογκώσεις. Διατηρούν την φορτοικανότητά τους και με παγετό. Η ευστάθεια παγωμένων πρανών τέτοιων εδαφών διατηρείται τον χειμώνα όπως το καλοκαίρι.

Σε κατάσταση παγετού παρουσιάζουν συχνά μεγαλύτερη μάλιστα αντοχή. Δεν συνιστάται όμως η εκμετάλλευση αυτού του γεγονότος για μεγαλύτερες κλίσεις πρανών. Κατά την τήξη που μπορεί να επέλθει από μία ηλιακή ακτινοβολία, θα συνέβαινε τότε κατολίθωση.

Επικίνδυνα λόγω παγετού εδάφη (πηλός, άργιλος, ιλύς, μάργα), σχηματίζουν χωριστά στρώματα, κατά την κατάψυξη, από εδαφικό υλικό και παγοκρυστάλλους (αντίθετα από τα μη συνεκτικά εδάφη) που παρουσιάζονται σαν φακοειδείς σχηματισμοί κάθετοι προς την διεύθυνση του παγετού. Το υπόγειο νερό ανυψώνεται τριχοειδώς και τροφοδοτεί τα παγωμένα φακοειδή που προκαλούν διόγκωση του εδάφους προς τα άνω καθώς και πλευρική (το νερό όταν καταψύχεται αυξάνει τον όγκο του κατά 9%). Επικίνδυνα κατά παγετό είναι όλα τα εδάφη που περιλαμβάνουν κόκκους κάτω των 0.02 mm σε αναλογία βάρους 3 έως 10%.

Τα στηρίγματα ξυλοτύπων και οι ενισχύσεις τους, μπορεί τότε να ανυψωθούν, να μετατεθούν ή να λυγίσουν. Ολόκληρες θεμελιώσεις, τοίχοι υπογείων και αναχώματα, καθώς και πλάκες καλύψεως υπογείων, μπορεί να καταστραφούν ή να λοξοδρομήσουν.



Ορθοστάτες ξυλοτύπων επί παγετού κάνουν τις επάνω στηρίξεις άχρηστες. Παγωμένες οπισθοπληρώσεις συμπιέζουν τον ελεύθερο πλέον ιστάμενο τοίχο.

Κατά την έναρξη του παγετού η φορτοικανότητα των εδαφών αυτών ελαττώνεται σημαντικά. Συχνά η φορτοικανότητα δεν υπάρχει καθόλου.

Τα πρανή των ορυγμάτων θεμελίων κατολισθαίνουν σχεδόν πάντοτε κατά το λιώσιμο του πάγου. Πρέπει γι' αυτό να διαμορφώνονται με ήπιες κλίσεις. Όταν το όρυγμα φθάνει τον τοίχο υπογείου ή τα θεμέλια γειτονικού κτιρίου, ή ακόμα όταν τα αποκαλύπτει πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε ο παγετός να μην διεισδύει κάτω από αυτά. Δεν αρκεί το πέλας του θεμελίου να μείνει ανεπηρέαστο από παγετό μέχρι την σκλήρυνση του μπετόν, αλλά πρέπει να μείνει ανεπηρέαστο για όλη τη διάρκεια ανεγέρσεως. Επίσης δεν πρέπει να υπάρξει πλευρική εισχώρηση του παγετού κάτω από τους τοίχους

του υπογείου. Γι' αυτό το λόγο επιβάλλεται οπισθοπλήρωση, αλλά όμως πριν από τη διάστρωση της πλάκας καλύψεως υπογείου.

Σχετικά εύκολα αναγνωρίζεται ο παγετός σαν αιτία ρωγμών και άλλων ζημιών. Συμπεραίνεται από τη χαμηλή θερμοκρασία που επικρατεί, καθώς και την εκτεθειμένη στο κρύο θέση των σημείων της ζημιάς. Τέτοιος κίνδυνος απειλεί ιδίως υπόγεια ανοιχτά κατά τη διάρκεια ανεγέρσεως και περισσότερο ακόμη όταν τα φορτία είναι πολύ μικρά. ο δε παγετός εισχωρεί κάτω από τα αβαθή συνήθως θεμέλια τοίχων, χωρίς να εμποδίζεται από υπερκείμενα βάρη ή διόγκωση του εδάφους και το ανασήκωμα του πέλματος.

Κατά τον ίδιο τρόπο μπορούν να αποκλίνουν στύλοι και τοίχοι περιφράξεων και να υποχωρήσουν τοίχοι υπογείων.

Σύμφωνα με τις ρωσικές προδιαγραφές, οι ανυψώσεις θεμελίων λόγω παγετού αντιμετωπίζονται με γραμμικά φορτία τουλάχιστον ίσα προς $\rho = 120$ έως 150 KN/m . Στη Γερμανία ο παγετός δεν φθάνει σε βάθος τα 80 cm που επιτάσσεται από το DIN 1054 σαν ελάχιστο βάθος θεμελιώσεως. Για μεγάλα όμως υψόμετρα χρειάζεται βάθος 1.20 m . Συνιστάται επιφανειακή φόρτιση $\rho = 150 \text{ KN/m}^2$ σε υπόγειες διαβάσεις, δάπεδα ψυκτικών εγκαταστάσεων και λοιπά εκτεθειμένα στο κρύο δρομικά τμήματα.

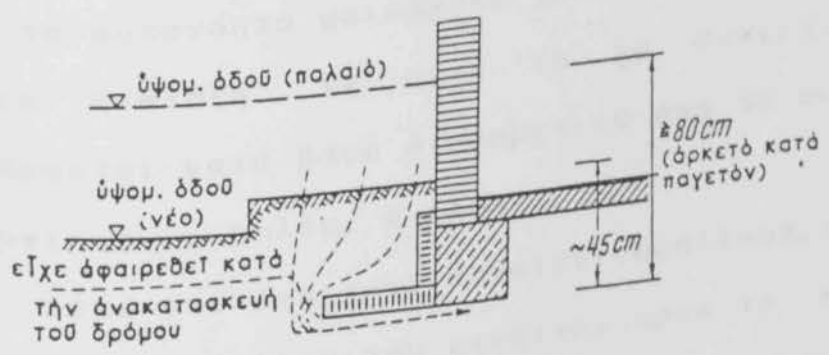
Όταν δεν υπάρχει υπόγειο και το βάθος πέλματος θεμελίου μειώθηκε σε επικίνδυνο κατά παγετού σημείο

επειδή χαμήλωσε ο δρόμος ύστερα από ανακατασκευή, μπορούν τότε να παρθούν τα εξής προληπτικά μέτρα:

* Υποκατάσταση του εδάφους (κατά τμήματα) υπό το συνεχές θεμέλιο, με μη συνεκτικό υλικό που δεν κινδυνεύει από παγετό.

* Υποθεμελίωση μέχρι βάθους που ενδείκνυται κατά παγετού στην υπόψη περιοχή.

- Επιμήκυνση της διαδρομής παγετού με τοποθέτηση ειδικού προφυλακτικού διαφράγματος, από ειδικά υλικά (έχουν τελευταία μεγάλη βιομηχανική εξέλιξη), όπως ακολουθεί στο παρακάτω σχήμα.



Επιμήκυνση διαδρομής παγετού παρά το συνεχές θεμέλιο.

Κατά τις διογκώσεις εδάφους λόγω παγετού δεν έχουν προκύψει οξείς κίνδυνοι κατάρρευσης. Παρατηρούνται ζημιές οφθαλμοφανείς. Προσοχή απαιτείται σε τοίχους υπογείων που υπόκεινται σε ώθηση γαιών και που έχασαν το επάνω οριζόντιο στήριγμά τους, ύστερα από την μεγάλη απόκλιση της πλάκας καλύψεως λόγω απώλειας των

ερεισμάτων καλουπιών, εσωτερικοί τοίχοι, ύστερα από παγετό.

2. ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Βασικά οι καθιζήσεις ενός δομικού έργου είναι φαινόμενα φυσιολογικά και αναπόφευκτα, ακριβώς όπως τα βέλη κάμψεως ενός φορέα ή η σύνθλιψη ενός υποστυλώματος. Πρόκειται για την αντίδραση του υλικού του εδάφους εναντίον του φορτίου της κατασκευής.

Αυτό το αυτονόητο φαινόμενο το αντικρύζουμε συχνά με κάποια έκπληξη. Σε αυτό τα μη συνεκτικά εδάφη συμπεριφέρονται κατά βάση διαφορετικά από τα συνεκτικά, όπως η άργιλος, ο πηλός, η ιλύς.

Όταν λέμε ότι ένα έργο παθαίνει καθίζηση, εννοούμε ότι η βάση των θεμελίων του κινείται προς τα κάτω υπό την επίδραση του ιδίου βάρους και των κινητών του φορτίων. Αιτία της κίνησης μπορούν να είναι: συμπίεση του εδάφους από στατικά (ηρεμούντα) φορτία, πλευρική διαφυγή στην περίμετρο των θεμελίων, δυναμικές επιδράσεις κυκλοφορίας και κρούσεις ή δονήσεις μηχανών, σχηματισμός υπόγειων κενών λόγω ορυχείων, εκπλύσεις και αλλαγές στις συνθήκες των υπογείων νερών με ρυθμίσεις ποταμών, κατασκευές διορύγων, ξηρασία, ταπείνωση της στάθμης του Υ.Υ.Θ. σαν προσωρινό κατασκευαστικό μέτρο ή για ύδρευση, συρρικνώσεις, ζημιές από παγετό ή τήξη.

3. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΝ-ΒΛΑΒΕΣ

Οι καθιζήσεις των θεμελίων, εκτός από ρωγμές, μετατοπίσεις, αποκλίσεις, ανατροπή, θραύση εδάφους, παρουσιάζουν βλάβες ειδικής μορφής που αναφέρονται παρακάτω:

- * Λόγω διαφορικών καθιζήσεων δύσκαμπτων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, τροποποιείται πάντοτε το στατικό σύστημα των συνεχών δοκών: Οι καθιζήσεις υποστυλωμάτων σημαίνουν σημαντική τροποποίηση των ροπών. Αυτό ενδέχεται να εξουδετερωθεί κατά ένα μέρος από τον ερπυσμό, όταν πρόκειται για συνεκτικό έδαφος, πάντοτε όμως φθάνει σε τέτοιες διαστάσεις, ώστε να συμβούν ζημιές.
- * Οι σημειακές στηρίξεις (αρθρώσεις σε αρμούς δοκών, φουρούσια) εκθέτονται πάντοτε σε μεγάλο κίνδυνο λόγω ανακατάταξης των φορτίων που προκαλούν οι διαφορικές καθιζήσεις. Η θραύση επέρχεται τότε απροειδοποίητα.
- * Τα προκατασκευασμένα στοιχεία με τις τυπικές βραχείες στηρίξεις και τις οικονομικές συνδέσεις, εκθέτονται σε κίνδυνο κατάρρευσης εάν υπάρξουν παραμορφώσεις από μεταλλευτικές υποσκαφές. Οι οικοδομικές άδειες αποκλείουν τη χρησιμοποίηση προκατασκευασμένων σε περιοχές υπογείων μεταλλευτικών έργων ή επιτάσσουν ιδιαίτερα μέτρα. Εδώ οι ζημιές εξελίσσονται αυξανόμενες φανερά μέχρι την κατάρρευση. Οι οικοδομές όμως μπορούν να προφυλαχθούν και να εξασφαλισθούν.

ακόμη και μετά την εμφάνιση της ζημιάς.
* Οι δεξαμενές εάν αποκλίνουν από την κατακόρυφο, παρουσιάζουν άλλη μορφή φορτίσεως τοιχωμάτων και μπορούν ακόμη να εξωλισθήσουν (χρειάζεται περιοριστικός δακτύλιος). Σε δεξαμενές επί ορθοστατών, οι ροπές των στύλων επαυξάνονται κατά την οριζόντια συνιστώσα τους, ενδεχομένως μέχρι τη θραύση. Ο κίνδυνος αποφεύγεται αν κατασκευάσουμε εκ των υστέρων άκαμπτους δίσκους.

4. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

4.1. Συνεκτικά εδάφη

Τα συνεκτικά εδάφη έχουν μία κυψελωτή ευλυγισία και οφείλουν την αντοχή τους στην μοριακή σύνθεση των πολύ μικρών εδαφικών σωματιδίων. Η διάμετρος κόκκων της ιλύος ανέρχεται σε 0.06 έως 0.002 mm και της αργίλου σε λιγότερο από 0.002 mm. Όταν τεθούν υπό πίεση, ο όγκος των συνεκτικών εδαφών περιορίζεται εφόσον το νερό των πόρων έχει τρόπο να διαφύγει. Συγχρόνως η ανάληψη του φορτίου μετατίθεται από το νερό προς τους κόκκους. Η συμπίεση είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πιο κορεσμένη είναι η άργιλος και εξακολουθεί τόσο βραδύτερα, όσο λιγότερο διαπερατό είναι το περιβάλλον έδαφος, δηλαδή όσο βραδύτερα θα κατορθώσει να διαφύγει το υπερβάλλον νερό.

Μία άργιλος τόσο στερεοποιημένη ώστε στον χώρο των πόρων της να μην υπάρχει πλέον υδροστατική υπερπίεση, και της οποίας η περιεκτικότητα σε νερό έχει εξαντληθεί λόγω της φορτίσεως, δεν πρόκειται να κάνει χρήση της δυνατότητας να εμπλουτιστεί σε νερό, γιατί η ενεργός πίεση δεν επιτρέπει τη διόγκωση του υδάτινου περιβλήματος των κόκκων. Μόνο αν μερολαβήσει ανακούφιση από άποψη πιέσεως, το φαινόμενο γίνεται εν μέρει αναστρεπτό. Τότε το νερό αναβλύζει.

Η διάρκεια της καθιζήσεως των συνεκτικών εδαφών μπορεί να διαρκέσει μερικά χρόνια αν υπάρχει εμπόδιση διαφυγής του νερού των πόρων. Η καθίζηση είναι σχεδόν ανεπηρέαστη από δυναμικές ή μικρής διάρκειας επιδράσεις. Την επηρεάζει μόνο η αύξηση του φορτίου. Οι συμπυκνωτικές συσκευές που είναι αποτελεσματικές για μη συνεκτικά εδάφη, δεν ισχύουν εδώ. Βοηθούν μόνο μέτρα προς επιτάχυνση της διαφυγής νερού πχ. αποστραγγίσεις.

Δεδομένου ότι για συνεκτικά εδάφη οι καθιζήσεις συμβαίνουν βραδύτερα, είναι ευκολότερα ανεκτές από τα δομικά τμήματα και διάφορα δομικά υλικά, ιδίως όταν πρόκειται για στοιχεία μικρών διαστάσεων, όπως οι τοιχοποιίες με βραδύπηκτα ασβεστοκονιάματα ή για δομικά μέλη μπετόν που λόγω ερπυσμού μπορούν να παρακολουθούν τις παραμορφώσεις. Η διάρκεια καθιζήσεως αντιστοιχεί περίπου στη διάρκεια ερπυσμού, δηλ. 2 έως 3 χρόνια. Γι' αυτούς τους λόγους, οι καθιζήσεις σε συνεκτικά εδάφη είναι σε μεγαλύτερο βαθμό επιτρεπτές.

4.2. Καθιζήσεις σε μη συνεκτικά εδάφη

Η συμπίεση ενός μη συνεκτικού εδάφους - άμμος και χαλίκι - δεν οφείλεται σε παραμορφώσεις των μεμονωμένων κόκκων με το πολύ μεγάλο μέτρο ελαστικότητας τους, αλλά κυρίως στην αλλαγή των σχετικών τους θέσεων υπό την επίρεια της φορτίσεως, που οδηγεί είναι αναστρεπτή και συμβαίνει κυρίως αμέσως μετά την εφαρμογή του φορτίου, δηλαδή οπωσδήποτε κατά τη διάρκεια της ανέγερσης. Κατά κανόνα οι καθιζήσεις μη συνεκτικών εδαφών είναι μικρότερες από τις καθιζήσεις συνεκτικών εδαφών. Υπό δυναμικές επιδράσεις (πχ. δονητικός συμπυκνωτήρας, δονητικός οδοστρωτήρας), η αντίδραση λόγω εσωτερικής τριβής στις μεταθέσεις των κόκκων μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά. Παρόμοιο φαινόμενο αποτελεί η συμπύκνωση του νωπού μπετόν μέσω δονητών.

5. ΕΛΛΑΦΙΚΑ ΣΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ ΣΑΝ ΕΛΛΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ

- * Επίχωμα από ερείπια: υπάρχει κίνδυνος ανελέγκτου καθιζησης, λόγω της ανομοιομορφίας του υλικού επιχώσεως. Ενδεχομένως να υπάρχουν μεγάλα κενά μέσα σε αυτό και της εισχώρησης οργανικών ουσιών.
- * Ιλύς χονδροιλύς: όταν υπάρξει υγρασία (πχ. βροχόπτωση μετά την εκοκαφή του ορύγματος) γίνεται χυλώδης. Απλή

διάβαση στον πυθμένα του οργύγματος μπορεί να παραβλάβει το έδαφος.

* Αργίλος, αργιλλοιλύς, ιδιαίτερα με οργανικές προσμείξεις: με την αποσύνθεση των οργανικών ουστατικών, επέρχεται με την πάροδο του χρόνου ανομοιόμορφη μείωση όγκου. Η καθίζηση επακολουθεί και χωρίς πρόσθετη φόρτιση.

Για τη θεμελίωση δομικών έργων σε επιχώματα χαλαρά (από εδάφη συνεκτικά, μη συνεκτικά και αποθέσεις), υπάρχουν μερικά εμπειρικά δεδομένα. Σαν συστήματα θεμελιώσεως συνιστώνται εδώ: πλάκες θεμελιώσεως, κιβωτιοειδή θεμέλια σαν είδος επιπλέουσας θεμελιώσεως, πάσσαλοι όταν πρόκειται για στρώματα μεγάλου πάχους. Η πείρα δείχνει ότι σε θεμελιώσεις επί χωμάτων, την μέγιστη καθίζηση προκαλεί το ίδιο βάρος τους. Μορφοσωροί επιχωμάτων κατακάθισαν μέχρι 15% του ύψους τους, μπορούσαν όμως να υποφέρουν πολύ ελαφρά φορτία στη συνέχεια. Ακόμη και μετά 30 χρόνια δεν είναι οκόπιμη η φόρτισή τους πέραν από 0.05 MN/m^2 .

6. ΥΔΡΟΦΟΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ - ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

Μία μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα, μπορεί ακόμη και πολλά χρόνια με την ανέγερση του δομικού έργου, όταν πια έχουν εξαντληθεί προ πολλού οι φυσιολογικές καθιζήσεις λόγω αποστραγγίσεως των επάνω στρωμάτων, να

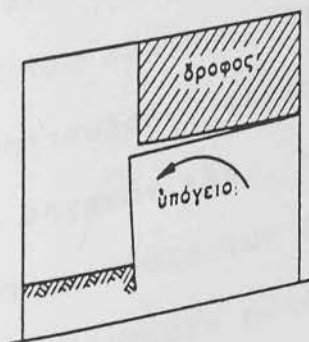
δημιουργήσει ένα καινούργιο φαινόμενο καθίζησης οφειλόμενο στην αποστράγγιση βαθύτερων εδαφικών στρωμάτων. Η συρρίκνωση αργιλικών εδαφών λόγω καιρικών επιδράσεων σαν αιτία καθιζήσεως δεν αναγνωρίζεται πολλές φορές. Άμεση αφυδάτωση αργιλικού εδάφους λόγω απόσυρσης ομβρίων νερών ή ηλιακής ακτινοβολίας, δημιουργεί καθιζήσεις συρρικνώσεως στα επάνω στρώματα: σε βάθος 1 m υπό την επιφάνεια περίπου 0.5 έως 1 cm. Ζημιές από τέτοιες περιπτώσεις είναι σχετικά σπάνιες. Απεναντίας το 90% των ζημιών οφείλονται σε απομύζηση του νερού από γειτονικά δένδρα. Κοντά σε οικοδομές, η βλάστηση σκιερών δένδρων, ιδίως ταχυανάπτυκτων λεύκης, σουμύδας και πελέας, αλλά και καστανιάς, κερασιάς, καρυδιάς, φιλλύρας κα. μπορούν να απομυζήσουν σημαντικές ποσότητες (έως 25%) νερό από το έδαφος μέχρι βάθους 5 έως 7 m, ανάλογα προς το μέγεθός τους. Η ακτίνα επιρροής τους φθάνει στα 12 έως 15 m, για δε συστάδες δένδρων έως 20 m. Ο Skempton έκανε συστηματικές παρατηρήσεις πάνω στην απομύζηση εδαφικού νερού από ρίζες δένδρων. Δομικά έργα που βρίσκονται σε αργιλικά εδάφη απομυζούνται από δέντρα, ιδιαίτερα αν επί μεγάλα διαστήματα τα δέντρα τροφοδοτούνται από εδαφικό μόνο νερό, παθαίνουν ρωγμές λόγω καθιζήσεως. Η απόσταση μεγάλων δέντρων από τα δομικά έργα θα πρέπει να ανταποκρίνονται περίπου στο προβλεπόμενο ύψος τους, όταν το πέλμα του θεμελίου βρίσκεται κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα ή κάτω από το βάθος ριζών. Αλλιώς

μπορεί να ισχύσει η μισή απόσταση. Μία δενδροστοιχία από λεύκες που φυτεύθηκαν σε απόσταση 10 m από το θέατρο Stamford Hill της Αγγλίας (1930), προκάλεσε μετά 15 χρόνια μεγάλες ρηγματικές ζημιές.

7. ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ -

ΒΛΑΒΕΣ

Τυπική μορφή ζημιών από συρρίκνωση του εδάφους είναι σε όλες τις περιπτώσεις το υψηλό ποσοστό οριζοντίων ρωγμών και οι καθιζήσεις θεμελίων ή υπογείων, έστω και χωρίς την επαύξηση φορτίου των ανωτέρων ορόφων. Καθιζήσεις από συρρίκνωση ή των άλλων και ιοχυρότερες στην εξωτερική παρά στην εσωτερική παρυφή του θεμελίου, πράγμα που προκαλεί κλίσεις των τοίχων - μία τυπική περίπτωση ζημιάς που δύσκολα θα μπορούσε να εξηγηθεί διαφορετικά.



Κλίση του υπογείου σε καθίζηση από συρρίκνωση εδάφους

Οι συρρικνώσεις του εδάφους θεμελιώσεως με σύγχρονες αποβολές σαθρών υλικών από τα υπόγεια νερά, είχαν κάποτε καταστροφική επίδραση σε θεμελιώσεις επί ξυλίνων πασσάλων. Στις αρχές του 20ου αιώνα τα πολυάριθμα δημόσια έργα και τα δίκτυα υδρεύσεως των πόλεων είχαν συνέπεια τον υποβιβασμό του υδροφόρου ορίζοντα. Έτσι σε τρούλλους μεσαιωνικών εκκλησιών εμφανίστηκαν ρωγμές, πύργοι έπαθαν αποκλίσεις όπως και τοίχοι και στύλοι (στις πόλεις Worms, Speyer, Ulm, Mainz, Munchen και Strasburg). Άρση των ζημιών επιτυγχάνεται με διευθέτηση της θεμελιώσεως όπως έγινε στο Strasburg και το Worms με αποσύνθεση και ανακατασκευή. Η ανατροπή του κωδωνοστασίου του San Marco στην Βενετία ύψους 99 m. την 14.7.1902, οφείλεται στον υποβιβασμό της στάθμης υπογείου ύδατος.

Επίσης αξίζει να σημειωθεί όταν διεισδύει θειικό οξύ σε αργιλικά εδάφη (από διαρρέουσες βιομηχανικές δεξαμενές, δυστυχήματα σε βυτιοφόρα), σχηματίζονται υδρόφιλος γύψος και κολιουδροθειικό αργίλιο που προκαλούν διόγκωση του εδάφους. Από μονόπλευρη ανύψωση μπορούν τότε να αχρηστευθούν τοίχοι κτιρίων, γερανοί καπνοδόχοι, θεμέλια μηχανών κλπ., χωρίς να λογαριάσουμε την απευθείας χημική προσβολή των θεμελίων.

Σε αμμώδη εδάφη η διόγκωση αυτή δεν συμβαίνει. Το θειικό οξύ σχηματίζει όμως εδώ ένα γλοιώδες στρώμα που οπωσδήποτε ελαττώνει την φορτοικανότητα του εδάφους.