



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΕΚΣΚΑΦΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΓΙΑΤΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ-ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΟΥ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΠΑΤΡΑ 2014

Στον αδερφό μου Μιχάλη...

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι αναμφισβήτητο γεγονός ότι η πτυχιακή εργασία δίνει στους φοιτητές τη δυνατότητα να συμμετέχουν για πρώτη φορά ενεργά στην έρευνα και να φέρουν σε πέρας μια χρονοβόρα και συχνά επίπονη μελέτη που ξεφεύγει αρκετά από τα στενά όρια των εργασιών που εξυπηρετούν τις ανάγκες των μαθημάτων. Ίσως αυτός είναι και ο σημαντικότερος λόγος κατά τον οποίο το θεματικό αντικείμενο της εκάστοτε εργασίας πρέπει να έρχεται σε πλήρη ταύτιση με τα ενδιαφέροντα του φοιτητή.

Με την παρούσα εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των προπτυχιακών μου σπουδών και μπορώ να πω με βεβαιότητα ότι το αντικείμενο που μου κέντρισε το ενδιαφέρον οι αντιστηρίξεις εκσκαφών σε τεχνικά έργα, είναι από τα σημαντικότερα έργα υποδομής επειδή η χρησιμότητα τους είναι ζωτικής σημασίας.

Με αφορμή την ολοκλήρωση της, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γεώργιο Σπηλιωτόπουλο για την πολύτιμη καθοδήγησή του, η συνεισφορά του οποίου υπήρξε καθοριστική στο ξεκίνημα αλλά και στην ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας μου, διότι υπήρξε ο αρχικός επιβλέπων.

Εν συνεχεία, ευχαριστώ ιδιαίτερα την επιβλέπουσα Καθηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας κ. Ειρήνη Βγενοπούλου για την εξαιρετική συνεργασία της καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε ώστε να γίνει εφικτή η πραγματοποίησή της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πολιτικό μηχανικό Γιατρά Μιχαήλ για την διάθεση των απαραίτητων στοιχείων καθώς και για την τεχνική υποστήριξη που μου παρείχε.

Πάτρα 2014

Γιατρά Παρασκευή - Χρυσοβαλάντου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κλάδος της εδαφομηχανικής και γενικότερα της γεωτεχνικής μηχανικής ασχολείται με τα τεχνικά έργα που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος. Ένα από τα πολλά είδη αυτών των τεχνικών έργων είναι και οι αντιστηρίξεις. Οι κατασκευές αυτές έχουν ως κύριο στόχο την αντιστήριξη – συγκράτηση της εδαφικής μάζας σε μια κατάσταση ισορροπίας. Κύριος στόχος λοιπόν της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η ανάπτυξη όλων των θεμάτων που αφορούν τον τομέα των αντιστηρίξεων ως τεχνικά έργα.

Η επιρροή της εδαφικής συμπεριφοράς σε διάφορα τεχνικά έργα αφορά ως επί των πλείστων την ευστάθεια των πρανών. Για το λόγο αυτό πριν αναφερθούμε στα είδη των αντιστηρίξεων, γίνεται μια γενική αναφορά στα είδη των πρανών καθώς και στην ευστάθεια και τον έλεγχο αυτών. Επίσης γίνεται μια προσπάθεια να κατανοήσουμε τους βασικούς παράγοντες δημιουργία των κατολισθήσεων καθώς επίσης και μεθόδους αποκατάστασης.

Το κύριο μέρος της εργασίας αυτής ασχολείται με τα διάφορα είδη των αντιστηρίξεων, όπως τους τοίχους βαρύτητας, τους τοίχους από οπλισμένο σκυρόδεμα καθώς και τους διαφραγματικούς τοίχους. Επίσης γίνεται μια γενική επισκόπηση των μεθόδων διάνοιξης σηράγγων και γενικότερα των υπόγειων έργων αλλά και μια ειδικότερη ανάλυση της μεθόδου «cut and cover» η οποία είναι μια πολύ διαδεδομένη και ενδιαφέρουσα τεχνική κατασκευής οδικών σηράγγων. Επιπλέον αναφέρονται μέθοδοι και μέτρα άμεσης στήριξης πετρωμάτων όπως για παράδειγμα αγκυρώσεις, τα οποία αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των τεχνικών αυτών έργων.

Τέλος παρουσιάζονται παραδείγματα τεχνικών έργων τα οποία μελετούμε έτσι ώστε να δούμε την πρακτική εφαρμογή της θεωρητικής μας ανάλυσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	5
1.1 ΕΚΣΚΑΦΕΣ	5
1.1.1 ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ	6
1.2 ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ	7
1.3 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	9
1.3.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	9
1.3.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΟΜΟΡΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	13
1.3.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	13
1.3.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	16
2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΑΝΩΝ	16
2.1.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΝΩΝ	17
2.2 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	18
2.2.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΚΑΤΟΛΙΘΗΣΕΙΣ	20
2.2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	20
2.2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	29
3.1 ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	29
3.1.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ	30
3.1.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	30
3.1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	33
3.2 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ	33
3.3 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΑΟΠΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	34
3.4 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	36
3.4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	38
3.5 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	40
3.6 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ	41
3.7 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ	42
3.7.1 ΕΙΔΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ	42
3.7.1.1 ΣΥΝΗΘΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ	43
3.7.1.2 ΣΤΡΩΜΝΕΣ	44
3.7.1.3 ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΛΙΝΔΡΟΙ	44
3.7.1.4 ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ	45
3.7.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ	45
3.7.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	49
4.1 ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΙ	49
4.1.1 ΔΙΑΤΡΗΣΗ	50
4.1.2 ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ	51
4.2 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	52
4.2.1 ΥΔΡΟΦΡΕΖΑ	52
4.2.2 ΕΚΣΚΑΦΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ	54
4.2.3 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΛΩΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ	56
4.2.4 ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ	57
4.3 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ	61
4.3.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ	63
4.3.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	67
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	67
5.2 ΤΥΠΟΙ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	67
5.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ	68
5.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΗ ΟΛΟΜΕΤΩΠΟΥΚΟΠΗΣ (TUNNEL BORING MACHINE, TBM)	69
5.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗΣ (CUT & COVER)	71
5.3.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ	72
5.3.2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ	74
5.3.2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΕΠΙΧΩΣΗΣ	77
5.3.2.4 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	78
5.3.3 ΝΕΑ ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ (NEW AUSTRIAN TUNNELING METHOD, NATM)	78
5.3.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ NATM	79
5.3.3.2 ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	85
6.1 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ	85
6.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕ ΜΟΝΕΣ Η ΔΙΠΛΕΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΤΟΙΧΙΕΣ	87
6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΙΧΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ	89
6.4 ΕΡΓΟ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΝΤΟΣ ΖΩΝΗΣ	91
6.5 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	93
6.6 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΑΛΛΗΛΟΤΕΜΝΟΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΟΠΑΣΣΑΛΩΝ	95
6.7 ΕΠΙΧΩΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΜΕ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ	97
6.8 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ	99
6.9 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	104

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

EIKONA 1.1: Εκσκαφή σε τεχνικό έργο	5
EIKONA 1.2: Διαδικασία πραγματοποίησης επιφανειακής εκσκαφής σε τεχνικό έργο	6
EIKONA 1.3: Διαδικασία πραγματοποίησης βαθιάς εκσκαφής σε τεχνικό έργο	7
EIKONA 1.4: Κατασκευή έργου αντιστήριξης	8
EIKONA 1.5: Ελάχιστος αριθμός γεωτρήσεων που θα πρέπει να εκτελούνται κατά τη φάση προκαταρκτικής έρευνας	10
EIKONA 1.6: Πραγματοποίηση γεώτρησης για τη διερεύνηση του υπεδάφους	12
EIKONA 1.7: Παραμόρφωση σωλήνα αποκλισίουμετρου	14
EIKONA 1.8: Σημαντικότερες αιτίες υπέρμετρων μετακινήσεων τοίχων αντιστήριξης σε βαθιές εκσκαφές	15
EIKONA 2.1: Φυσικό πραινές σε έργο οδοποιίας	16
EIKONA 2.2: Εικόνα γεώτρησης	18
EIKONA 2.3: Αστοχία πρανούς κατά μήκος στρώσεων κροκαλοπαγούς	18
EIKONA 2.4: Κατολίσθηση από μάργες και αποσαθρωμένα υλικά	19
EIKONA 2.5: Κατά μήκος τομή σιδηροδρομικής σήραγγας που καταστράφηκε από κατολίσθηση	19
EIKONA 2.6: Αστοχία βραχωδών ασβεστολιθικών τμημάτων κατά μήκος της στρώσης τους που ήταν παράλληλη με την επιφάνεια του πρανούς	19
EIKONA 2.7: Μορφή κατάπτωσης	22
EIKONA 2.8: Μορφή περιστροφικής ολίσθησης	23
EIKONA 2.9: Μορφή επιμήκης ολίσθησης	24
EIKONA 2.10: Μορφή εδαφικής ροής	24
EIKONA 2.11: Αποψη κατολίσθησης στην περιοχή Μαλακάσα Αττικής από αεροφωτογραφία. Διακρίνονται οι σχετικές μετακινήσεις γραμμικών στοιχείων (σιδηροδρομική γραμμή και επιφανειακά στραγγιστήρια)	26
EIKONA 2.12: Αστοχία πρανούς από εκσκαφή στη βάση του για διάνοιξη οδού	27
EIKONA 2.13: Γεωλογική τομή κατολίσθησης. Η συνολική μετακίνηση ήταν της τάξης 1,5m και κατέστρεψε τρία (3) σπίτια	27
EIKONA 2.14: Εικόνες κατολίσθησης. (α) σε εθνική οδό και (β) σε σιδηροδρομική γραμμή	28
EIKONA 3.1: Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης	29
EIKONA 3.2: Τοίχοι από λιθοδομή	34
EIKONA 3.3: Σκαρίφημα τοίχου βαρύτητας	35
EIKONA 3.4: Τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα	37
EIKONA 3.5: (α) Τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα (β) Διαδικασία κατασκευής τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα	37
EIKONA 3.6: Αντηριδωτός τοίχος αντιστήριξης	38
EIKONA 3.7: Τοίχος αντιστήριξης τύπου Βερολίνου.	39
EIKONA 3.8: Τάνυση αγκυρίων στην δύναμη προέντασης	39
EIKONA 3.9: (α) Τοποθέτηση αγκυρίου τοίχου αντιστήριξης (β) Αγκύριο	40
EIKONA 3.10: Σκαρίφημα τοίχου από οπλισμένο έδαφος (οικονομική λύση για μεγάλα ύψη τοίχου)	42
EIKONA 3.11: Σκαρίφημα συρματοκιβωτίου με διάφραγμα.	43
EIKONA 3.12: Σκαρίφημα συρματοκιβωτίου χωρίς διάφραγμα.	43
EIKONA 3.13: Σκαρίφημα στρώμης τύπου RENO με διαφράγματα.	44
EIKONA 3.14: Σκαρίφημα συρματοκυλίνδρου.	44
EIKONA 3.15: Σκαρίφημα συρματοκιβωτίου με προέκταση συρματοπλέγματος τύπου TERREMESH	45
EIKONA 3.16: Πίνακας με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του συρματοπλέγματος	46

EIKONA 3.17: Πίνακας με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των λίθων πλήρωσης.	46
EIKONA 3.18: (α), (β), (γ) Τοίχοι από συρματοκιβώτια	47
EIKONA 3.19: Τοίχος αντιστήριξης από συρματοκιβώτια στην Εγνατία οδό	48
EIKONA 4.1: προσωρινή κατασκευή πασσάλων για αντιστήριξη	49
EIKONA 4.2: Διάτρηση πασσάλων	50
EIKONA 4.3: Υδρόφρεζα για διάτρηση πασσάλων	53
EIKONA 4.4: Οδοντες κοπτικού υδρόφρεζας	54
EIKONA 4.5: Εκσκαφή πρωτεύοντος πανέλου	55
EIKONA 4.6: τοποθέτηση κλωβών οπλισμού	57
EIKONA 4.7: Σκυροδέτηση διαφραγματικού τοίχου	58
EIKONA 4.8: Διαφραγματικός τοίχος	59
EIKONA 4.9: Διαφραγματικός τοίχος.	59
EIKONA 4.10: Διαφραγματικός τοίχος.	60
EIKONA 4.11: Σκαρίφημα πασσαλοσανίδας.	62
EIKONA 4.12: Πραγματική απεικόνιση πασσαλοσανίδας.	62
EIKONA 4.13: Εργασίες τοποθέτησης πασσάλων υπό το νερό.	64
EIKONA 4.14: Έμπηξη πασσαλοσανίδας.	65
EIKONA 4.15: (α) Αντιστηριζόμενη εκσκαφή με πασσάλοτοιχο (β) Τμήμα πασσάλοτοιχου	66
EIKONA 5.1: Είσοδος μεταλλευτικής σήραγγας	67
EIKONA 5.2: Σήραγγα που θα χρησιμοποιηθεί ως αγωγός υδάτων.	68
EIKONA 5.3: α) Σήραγγα οδοποιίας β) Διάβαση πεζών.	68
EIKONA 5.4: α) TBM κατά την έξοδο του από τη σήραγγα σε βραχώμαζα β) TBM που χρησιμοποιήθηκε στο Μετρό Αθηνών	69
EIKONA 5.5: Τυπική σχηματική διάταξη μηχανήματος ολομετώπου κοπής.	70
EIKONA 5.6: Φάσεις λειτουργίας TBM	70
EIKONA 5.7: α): Μηχάνημα σημειακής κοπής. β): Πνευματικό σφυρί.	71
EIKONA 5.8: Κατασκευαστικά στάδια μεθόδου ανοικτού ορύγματος.	72
EIKONA 5.9: Αττικό μετρό, μέθοδος cut and cover.	73
EIKONA 5.10: Σήραγγα «cut and cover» σε φάση κατασκευής	74
EIKONA 5.11: Περιορισμοί ως προς το εύρος κατάληψης και αντιστήριξη ανάντη.	75
EIKONA 5.12: Κατασκευή φορέα σήραγγας «cut and cover».	76
EIKONA 5.13: Εφαρμογή της μεθόδου της προεπίκωσης για εκσκαφή πρανών.	77
EIKONA 5.14: Εκσκαφή σήραγγας σε δύο φάσεις	79
EIKONA 5.15: Πτωχή ποιότητα βραχώμαζας – μικρό βήμα εκσκαφής.	80
EIKONA 5.16: Τοποθέτηση οπλισμού ανεστραμμένου τόξου.	80
EIKONA 5.17: Σήραγγα χωρίς ανεστραμμένο τόξο.	81
EIKONA 5.18: (α) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (β) αρχικό στάδιο κατασκευής σήραγγας.	82
EIKONA 5.19: (α) Χαλύβδινες νευρώσεις, (β) Δικτυωτό πλαίσιο.	83
EIKONA 5.20: Άποψη της τελικής επένδυσης στο τμήμα Cut & Cover. Εγνατία Οδός, Σήραγγα Δωδώνης.	83
EIKONA 6.1: Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης αυτοκινητοδρόμου.	86
EIKONA 6.2: Τυπικές διατομές τοίχου αντιστήριξης.	86
EIKONA 6.3: Διατομή Τοίχου αντιστήριξης σε γεωμετρικά δυσχερείς περιοχές	88
EIKONA 6.4: Διατομή σύνθετου συστήματος αντιστήριξης με προεντεταμένα αγκύρια	88
EIKONA 6.5: Διατομή σύνθετου τριπλού συστήματος αντιστήριξης με προεντεταμένα αγκύρια	89
EIKONA 6.6: Διαμόρφωση εκσκαφών θεμελίωσης τοίχων οπλισμένης γης	90

EIKONA 6.7: Κάτοψη και λεπτομέρειες σύνδεσης πλεγμάτων και συρματοκιβωτίων.	90
EIKONA 6.8: Μηκοτομή ακροβάθρου γέφυρας από οπλισμένη γη	91
EIKONA 6.9: Οριζοντιογραφία με αποτύπωση περιοχών κατολίσθησης	92
EIKONA 6.10: Διατομή τοίχου αντιστήριξης με διπλή πασσαλοτοχία	93
EIKONA 6.11: Χωματοургικές εργασίες διαμόρφωσης πρανούς στην ανατολική πλευρά του κτιρίου	94
EIKONA 6.12: Γενική άποψη του χώρου κατασκευής του κτιρίου	94
EIKONA 6.13: 1 ^η φάση κατασκευής έργου στην Εγνατία οδό.	96
EIKONA 6.14: 2 ^η φάση κατασκευής έργου στην Εγνατία οδό.	96
EIKONA 6.15: 3 ^η φάση κατασκευής έργου στην Εγνατία οδό.	96
EIKONA 6.16: Δυτική άποψη επιχώματος	98
EIKONA 6.17: Νότια άποψη του επιχώματος	98
EIKONA 6.18: Οπλισμένη γη στην ανώτερη υψομετρικά βαθμίδα	99
EIKONA 6.19: Άποψη της αστοχίας του επιχώματος	100
EIKONA 6.20: Τυπική διατομή του νέου επιχώματος μετά την αντιμετώπιση της αστοχίας	101
EIKONA 6.21: Διατομή οπλισμένου επιχώματος	102
EIKONA 6.22: Διατομή σύνθετης οπλισμένης γης με ενίσχυση υποβάθρου	102

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Πολιτικών Έργων Υποδομής του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών κατά το χρονικό διάστημα του έτους 2013.

Βασικός στόχος της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι να αναπτυχθούν όλα τα είδη αντιστηρίξεων για κάθε μορφή έργου, έτσι ώστε σε κάθε περίπτωση με τη χρησιμοποίηση τόσο των κατάλληλων υλικών όσο και των κατάλληλων τεχνολογιών, να υπάρχει πρόβλεψη και εξάλειψη όλων των κινδύνων τόσο στη φάση της κατασκευής του έργου όσο και στη φάση λειτουργίας αυτού.

ΔΟΜΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία χωρίζεται στα επόμενα κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1^ο: Το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από την γενική αναφορά εκσκαφών - αντιστηρίξεων. . Επιπλέον γίνεται εκτενής παρουσίαση των απαραίτητων προϋποθέσεων για την ασφαλή κατασκευή ενός συστήματος αντιστήριξης.

Κεφάλαιο 2^ο: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια αναλυτική περιγραφή των κατηγοριών των πρανών. Το σημαντικότερο τμήμα του κεφαλαίου αυτού είναι οι κατολισθήσεις, οι παράγοντες που δημιουργούνται, η κατάταξη ανάλογα με το είδος τους, η αποκατάστασή τους και φυσικά η πρόληψη.

Κεφάλαιο 3^ο : Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται λεπτομερής αναφορά κάθε είδους τοίχου αντιστήριξης.

Κεφάλαιο 4^ο: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής περιγραφή της κατασκευής αντιστηρίξεων με φρεατοπασσάλους και διαφραγματικούς τοίχους.

Κεφάλαιο 5^ο: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια γενική επισκόπηση των μεθόδων διάνοιξης σηράγγων και γενικότερα υπόγειων έργων. Επιπλέον αναφέρονται μέθοδοι στήριξης πετρωμάτων.

Κεφάλαιο 6^ο : Το κεφάλαιο αυτό περιέχει παραδείγματα εφαρμογών έργων αντιστηρίξεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΕΞΚΑΦΩΝ - ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΩΝ

1.1 ΕΞΚΑΦΕΣ

Εκσκαφή είναι η αφαίρεση εδαφικού υλικού. Στην εκσκαφή γίνεται επέμβαση στη φύση και διαταραχή της ισορροπίας, δημιουργούνται δυνάμεις και μηχανισμοί για αποκατάσταση της ισορροπίας, έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος κατολισθήσεων και υποχωρήσεων του εναπομείναντος εδάφους.

Πριν από την έναρξη οποιασδήποτε εκσκαφής απαιτείται πάντα έρευνα του εδάφους και έρευνα των υπογείων δικτύων κοινής ωφελείας (ΟΤΕ, ΔΕΥΑ κτλ.). Σημειώνεται, ότι κανένα έδαφος δεν πρέπει να θεωρείται εξορισμού ασφαλές. Επίσης, υπάρχουν πολλοί παράμετροι που επηρεάζουν την πορεία της εκσκαφής. Ο κυριότερος είναι η συμπεριφορά του εδάφους, που μπορεί να είναι αμμώδες, βραχώδες, ημιβραχώδες κτλ.. Υπάρχουν όμως και εξωτερικοί παράγοντες, όπως οι καιρικές συνθήκες και κλιματολογικές συνθήκες π.χ. βροχή, χιόνι, υγρασία, ξηρή ατμόσφαιρα. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν και τους πιθανούς κινδύνους που μπορούν να παρουσιαστούν στις εκσκαφές όπως είναι βλάβες σε υπόγεια δίκτυα, πλημμύρα εκσκαφής, κατολίσθηση πρανών, κατολίσθηση γειτονικών κατασκευών κτλ.



Εικόνα 1.1: Εκσκαφή σε τεχνικό έργο.

Πρακτικά, τα προς εκσκαφή **εδάφη** διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Χαλαρά, συμπιεστά ή οργανικά εδάφη** : Είναι οι επιφανειακές στρώσεις στις οποίες εντάσσονται οι φυτικές γαίες, η ιλύς, η τύρφη, τα οργανικά εδάφη, καθώς και τα εδάφη που έχουν προέλθει από επιχωματώσεις με ανομοιογενή γαιώδη ή λεπτόκοκκα υλικά μη συμπυκνωμένα. Σκάβονται πολύ εύκολα.
- **Γαίες και ημίβραχος** : Είναι οι κάθε είδους εδαφικοί σχηματισμοί όπως η άργιλος, η μάργα, ο πηλός, τα αμμοχάλικα, τα χαλίκια, οι κροκάλες, οι λατύπες, οι λίθοι, όλα τα είδη πετρωμάτων τα οποία είναι έντονα διερρηγμένα ή κατακεραματισμένα, εύθρυπτα, εύθραυστα κτλ., που δεν περιέχουν λίθους διαμέτρου μεγαλύτερης των 2 mm.
- **Βράχος** : Είναι το συμπαγές πέτρωμα που δεν μπορεί να εκσκαφθεί εάν δεν χαλαρωθεί με τη χρήση εκρηκτικών ή υδραυλικής σφύρας, καθώς και οι ογκόλιθοι ή αποσπασμένα τεμάχια συμπαγούς βράχου, μεγαλύτερου όγκου από 0,50 κυβικά μέτρα.

Όλες οι εκσκαφές σήμερα γίνονται σύμφωνα με τις γραμμές, τα πρηνή, τις κλίσεις και τις διαστάσεις που φαίνονται στα σχέδια των εκάστοτε μελετών. Το περίγραμμα και το βάθος της εκσκαφής ορίζονται από τη στατική μελέτη. Οπότε πρώτη εργασία κατά την έναρξη των εργασιών είναι το χάραγμα του περιγράμματος της εκσκαφής και του βάθους της εκσκαφής. Σημειώνουμε ότι το κόστος της εκσκαφής εξαρτάται συνήθως από τα κυβικά μέτρα της εκσκαφής (δηλαδή εμβαδόν εκσκαφής επί βάθος εκσκαφής). Εάν γίνει λάθος και σκάσουμε λιγότερο αυτό διορθώνεται εύκολα καθώς θα πρέπει απλώς ο χωματοργός να σκάψει λίγο ακόμα. Εάν γίνει το αντίθετο λάθος και σκάσουμε περισσότερο, τότε θα πρέπει ή να μεγαλώσουμε το ύψος του υπογείου, ή το ύψος της θεμελίωσης, ή αν μιλάμε για σημαντικό λάθος να γίνει επίχωση. Η τελευταία επιλογή είναι η χειρότερη γιατί δεν είναι επιθυμητό να χτίσουμε πάνω σε επίχωμα.

1.1.1 ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ

Οι εκσκαφές χωρίζονται σε δυο βασικά είδη στις επιφανειακές εκσκαφές (συνήθως < 5.0 μέτρων) και στις βαθιές εκσκαφές (συνήθως >5.0 μέτρων). Οι εκσκαφές γίνονται:

- Για τοίχους αντιστήριξης
- Για την κατασκευή μεγάλων φρεατίων (π.χ. σταθμοί μετρό κ.λ.π)
- Για την θεμελίωση κτιρίων με πολλά υπόγεια (π.χ. πολυώροφα parking)
- Σε ορυχεία
- Για την κατασκευή μεγάλων λιμνοδεξαμενών

Στις επιφανειακές εκσκαφές απαιτείται καθαρισμός της επιφάνειας, η αφαίρεση δηλαδή του επιφανειακού στρώματος της φυτικής γης και των λοιπών χαλαρών εδαφών, η εκρίζωση, η εκθάμνωση και η κοπή κάθε είδους δένδρων, κορμών, ριζών κλπ. Επίσης πραγματοποιείται κατεδάφιση υπαρχόντων κτισμάτων ή πάσης φύσεως κατασκευών.

Όλα τα ακατάλληλα υλικά που θα ληφθούν κατά τον καθαρισμό απομακρύνονται από την περιοχή του έργου σε οποιαδήποτε απαιτούμενη απόσταση και σε κατάλληλες θέσεις. Αντιθέτως σε περίπτωση που τα στρώματα της φυτικής γης που προέρχονται από την εκσκαφή είναι κατάλληλα για επένδυση των πρηνών επιχωμάτων (μπάζωμα των τοιχιών), τότε, με μέριμνα και ευθύνη του εργολάβου εναποτίθενται προσωρινώς σε θέσεις της επιλογής του, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν καταλλήλως.



Εικόνα 1.2: Διαδικασία πραγματοποίησης επιφανειακής εκσκαφής σε τεχνικό έργο.

Στις βαθιές εκσκαφές συνήθως συναντάμε περισσότερα από ένα στρώματα εδαφικού υλικού όπου απαιτείται τμηματική ή ολική αντιστήριξη για την αποφυγή κατολισθητικών φαινομένων. Το βάθος από την επιφάνεια του εδάφους είναι πάνω από 5 μέτρα.

Το θέμα των βαθιών εκσκαφών έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές τα τελευταία σαράντα χρόνια οι οποίοι έχουν προσεγγίσει το ζήτημα με εμπειρικά και ημι-εμπειρικά μοντέλα



Εικόνα 1.3: Διαδικασία πραγματοποίησης βαθιάς εκσκαφής σε τεχνικό έργο.

Την τελευταία δεκαετία το πρόβλημα των εκσκαφών σε εδάφη και κυρίως σε αργιλικά έχει ερευνηθεί για εκσκαφές μέσης έως μέτριας συνεκτικότητας εδάφους. Η επίλυση ενός τέτοιου προβλήματος συναρτάται : α) από τη συμπεριφορά του εδάφους, και πιο συγκεκριμένα μικρές παραμορφώσεις που θα παρατηρηθούν και β) με φαινόμενα αλληλεπίδρασης εδάφους – κατασκευής. Σε μια τέτοια θεώρηση δεν θα πρέπει να αγνοηθούν σε καμία περίπτωση προβλήματα όπως η ευστάθεια του πυθμένα της εκσκαφής όπως και φαινόμενα πιθανής δημιουργίας ροής υπογείων υδάτων περί τη βάση της εκσκαφής.

Οι εκσκαφές χωρίζονται γενικά σε τρεις κατηγορίες:

- Γενικές εκσκαφές που είναι οι εκσκαφές με σχετικά μεγάλες επιφάνειες (π.χ. εκσκαφή υπογείου)
- Ειδικές εκσκαφές που είναι αυτές που έχουν περιορισμένη επιφάνεια (π.χ. εκσκαφές θεμελίων).
- Εκσκαφές τάφρων όπου η διάσταση του μήκους είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη του πλάτους.

1.2 ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ

Οι αντιστηρίξεις του εδάφους αποτελούν τις πιο κοινές εφαρμογές της εδαφομηχανικής. Εξάλλου πολύ πριν τεθούν οι βάσεις της μηχανικής του εδάφους, κατασκευάζονται διάφορα είδη αντιστηρίξεων (όπως τείχη), πολλά από τα οποία διατηρούνται και σήμερα.

Τα έργα αντιστήριξης κατασκευάζονται για να εξασφαλίσουν την ευστάθεια εδαφικών μαζών, εκεί όπου οι συνθήκες δεν επιτρέπουν στα πρανή να διαμορφωθούν με την φυσική τους κλίση, εκείνη δηλαδή, που καθορίζουν τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του εδάφους, και κυρίως οι παράμετροι διατμητικής αντοχής. Για παράδειγμα, σε έργα οδοποιίας η εκτέλεση διατάξεων αντιστήριξης επιβάλλεται όταν, λόγω περιορισμένου εύρους κατάληψης, δεν είναι δυνατή η

διαμόρφωση των πρανών με την ενδεδειγμένη, από γεωτεχνικής άποψης, κλίση. Ακόμα, έργα αντιστήριξης μπορεί να προβλέπονται για προστασία της οδού από τοπικές καταπτώσεις ή κατολισθήσεις γαιωδών και βραχωδών πρανών ορυγμάτων, για προστασία των κατάντη κατασκευών από πιθανή ολίσθηση οδικών επιχωμάτων και σε θέσεις επανεπίχωσης τεχνικών έργων.



Εικόνα 1.4: Κατασκευή έργου αντιστήριξης.

Ένα έργο αντιστήριξης είναι μια κατασκευή που σκοπό έχει να εμποδίσει οποιαδήποτε οριζόντια μετακίνηση του εδάφους προς τα κατάντη. Τα έργα αντιστήριξης είναι έργα ανάσχεσης των μικρών και μεγαλύτερων μετακινήσεων του εδάφους, οι οποίες τείνουν να δημιουργήσουν πρανή κατά την φυσική κλίση απόθεσης του συγκεκριμένου γεωυλικού.

Ανάλογα με το υλικό της κάθε κατασκευής και με τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η ευστάθεια σε κάθε περίπτωση, τα έργα αντιστήριξης διακρίνονται σε:

- Τοίχους από άοπλο σκυρόδεμα (ή αλλιώς τοίχοι βαρύτητας)
- Τοίχους από λιθοδομή
- Τοίχους από οπλισμένο σκυρόδεμα (κάποια βασικά είδη είναι οι «τοίχοι Βερολίνου» και οι αντηριδωτοί)
- Τοίχους από προεντεταμένο σκυρόδεμα
- Τοίχους από οπλισμένο έδαφος
- Ειδικά έργα αντιστήριξης, με εφαρμογή στην οδοποιία μόνο σε έργα με βαθειά εκσκαφή όπως οι διαφραγματικοί τοίχοι, οι φρεατοπάσσαλοι και άλλες ειδικές κατασκευές.

Στα έργα αντιστήριξης το είδος που θα χρησιμοποιηθεί ποικίλλει ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τα ιδιαίτερα στοιχεία (φορτία, συνθήκες θεμελίωσης, εδαφικά υλικά, υλικά κατασκευής) του κάθε έργου.

Το σημαντικότερο στοιχείο είναι αν η αντιστήριξη θέλουμε να πραγματοποιηθεί πριν ή μετά την εκσκαφή του εδαφικού υλικού σε οποιοδήποτε είδος έργου, είτε αυτό είναι ένα έργο οδοποιίας, είτε είναι ένα δομικό έργο. Στην περίπτωση που η εκσκαφή θα γίνει **πριν την αντιστήριξη** μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα εξής είδη: αντιστήριξη από λιθοδομή, από άοπλο σκυρόδεμα, από προεντεταμένο σκυρόδεμα, από αντηρίδες, από οπλισμένο έδαφος. Στην περίπτωση όμως που η εκσκαφή θα γίνει **μετά την αντιστήριξη** μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φρεατοπάσσαλους, διαφραγματικούς τοίχους και τοίχους «τύπου Βερολίνου».

Ότι έχει να κάνει με την επιλογή του είδους ανάλογα με τα φορτία, τις ωθήσεις που δέχεται ένα έδαφος και γενικότερα με την συμπεριφορά του εδάφους θα πρέπει να συμβεί μετά από μελέτες και υπολογισμούς που πραγματοποιούνται εξαιτίας των μεθόδων που υπάρχουν. Οι κυριότεροι μέθοδοι προέρχονται 1. Από τον σημαντικότερο μελετητή συμπεριφοράς εδάφους τον Coulomb (1776) ασχολήθηκε ιδιαίτερα με το θέμα των ωθήσεων στους τοίχους και με το τρόπο αυτό έβαλε την βάση για μια γενικότερη μελέτη της αντοχής του εδάφους 2. Από τον Rankine (1857) όπου έχει μια εξίσου σπουδαία μεθοδολογία υπολογισμού ωθήσεων. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι πρώτες προσπάθειες για την μελέτη της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους αφορούσαν την ευστάθεια των τοίχων, έτσι ο Vauban (1633-1707) (Γάλλος μηχανικός του 17^{ου} αιώνα) προσπάθησε να τυποποιήσει τις διαστάσεις των τοίχων των οχυρών της Γαλλία χωρίς να κάνει υπολογισμούς.

1.3 ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

1.3.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Κατά τη διερεύνηση γεωτεχνικών θεμάτων μεγάλης σημασίας ή μεγάλης έκτασης, οι γεωτεχνικές έρευνες εκτελούνται συνήθως σε τρεις φάσεις: κατά την αναγνώριση, την προκαταρκτική έρευνα και τη λεπτομερή έρευνα.

Οι φάσεις αυτές συνήθως συναρτώνται με τα αντίστοιχα στάδια εκπόνησης των μελετών (προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη και οριστική μελέτη). Η φάση της γεωτεχνικής αναγνώρισης συνήθως περιλαμβάνει τη συγκέντρωση και αξιολόγηση των διαθέσιμων τοπογραφικών δεδομένων, γεωλογικών στοιχείων, αεροφωτογραφιών, στοιχείων από προηγούμενες γεωτεχνικές έρευνες στην ευρύτερη περιοχή και επιτόπου επισκέψεις. Σε ορισμένες περιπτώσεις κατά τη φάση της αναγνώρισης εκτελούνται και γεωφυσικές διασκοπήσεις. Σκοπός των γεωτεχνικών ερευνών κατά τη φάση της αναγνώρισης είναι:

(α) Ο καθορισμός της καταλληλότητας και των χαρακτηριστικών παραμέτρων του εδάφους, καθώς αυτά επηρεάζουν τη μελέτη, τη κατασκευή, τη λειτουργία και την ασφάλεια των ιδίων και των συναφών τεχνικών έργων.

(β) Ο εντοπισμός πιθανών προβλημάτων που θα πρέπει να διερευνηθούν κατά τις επόμενες φάσεις των ερευνών.

(γ) Η σύνταξη του προγράμματος των γεωτεχνικών ερευνών της επόμενης φάσης (συνήθως προκαταρκτική έρευνα).

Η έκταση της προκαταρκτικής γεωτεχνικής έρευνας εξαρτάται από το είδος του έργου και τα αποτελέσματα της αναγνώρισης. Η προκαταρκτική έρευνα συνήθως περιλαμβάνει τη διάνοιξη ερευνητικών φρεάτων, την εκτέλεση περιορισμένου αριθμού γεωτρήσεων και την εκτέλεση κάποιων εργαστηριακών δοκιμών εδαφομηχανικής ή/και βραχομηχανικής. Σε ορισμένες περιπτώσεις κατά την προκαταρκτική έρευνα εκτελούνται και γεωφυσικές διασκοπήσεις. Σκοπός της προκαταρκτικής έρευνας είναι η διαπίστωση της εδαφικής στρωματογραφίας (είδος και πάχος των εδαφικών στρώσεων), των υδραυλικών συνθηκών (στάθμες και δίαυτα του υπογείου ορίζοντα) και των φυσικών, μηχανικών και υδραυλικών ιδιοτήτων των εδαφικών στρώσεων σε βαθμό λεπτομέρειας ανάλογο της σημασίας και της έκτασης του έργου. Όσον αφορά τον ελάχιστο αριθμό των γεωτρήσεων που θα πρέπει να

εκτελούνται κατά τη φάση της προκαταρκτικής έρευνας σε διάφορα έργα περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, συνιστώνται ενδεικτικά τα εξής:

ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ		
Έκταση (στρέμματα)	Αριθμός γεωτρήσεων	
	Σύνολο	Βαθείς γεωτρήσεις
< 40	4	1
40 - 200	8	2
200 - 400	14	4
400 - 800	20	5
> 800	24 + 1*	6 + 1*

* μια γεώτρηση για κάθε 40 στρέμματα πλέον των 800 στρεμμάτων

Εικόνα 1.5: Ελάχιστος αριθμός γεωτρήσεων που θα πρέπει να εκτελούνται κατά τη φάση προκαταρκτικής έρευνας.

Η έρευνα πρέπει να εκτείνεται σε όλο το βάθος επιρροής του συστήματος αντιστήριξης και θα πρέπει να διαπιστώνονται τα εξής (τόσο από επί τόπου δοκιμές όσο και από κατά βάθος τομές του εδάφους μέσω διερευνητικών γεωτρήσεων.):

- Η ύπαρξη ή μη, χαλαρών ή μαλακών εδαφικών σχηματισμών με πιθανά προβλήματα αστάθειας κατά την εκσκαφή-κατασκευή των στοιχείων αντιστήριξης.
- Οι επιδράσεις από το περιβάλλον (π.χ. η υδρολογία, τα επιφανειακά νερά, οι κίνδυνοι συνιζήσεων, κ.α.)
- Η ύπαρξη εδαφικών σχηματισμών μεγάλης διαπερατότητας, (όπως άμμοι, αμμοχάλικα, κλπ.)
- Η παρουσία υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και η στάθμη του.

Είναι καθολικά αποδεκτό ότι η καλή κατασκευή απαιτεί επιτόπια έρευνα του εδάφους για τον προσδιορισμό των γεωτεχνικών, τεχνικογεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών που απαιτούνται από το στάδιο της μελέτης του έργου, τη φάση της κατασκευής αλλά και της λειτουργίας του.

Οι γεωτεχνικές έρευνες διακρίνονται **σε επιτόπου έρευνες** που εκτελούνται στην ύπαιθρο και **σε εργαστηριακές δοκιμές** που εκτελούνται στο εργαστήριο σε εδαφικά δείγματα που λαμβάνονται κατά τις επιτόπου έρευνες.

Οι επιτόπου έρευνες περιλαμβάνουν τις γεωφυσικές έρευνες, τη διάνοιξη ερευνητικών φρεάτων, τη διάνοιξη γεωτρήσεων και την εκτέλεση επιτόπου δοκιμών.

- **Οι γεωφυσικές έρευνες** εκτελούνται για τη διερεύνηση μεγάλων εκτάσεων ταχέως και με μικρό κόστος, με σκοπό τον προσδιορισμό της κατά προσέγγιση στρωματογραφίας. Οι μέθοδοι βασίζονται στον εντοπισμό της διεπιφάνειας μεταξύ επάλλληλων εδαφικών στρώσεων με σημαντική διαφορά ιδιοτήτων και αύξηση των τιμών των μηχανικών παραμέτρων με το βάθος. Κατά συνέπεια, οι γεωφυσικές μέθοδοι δεν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα στις περιπτώσεις που συμβαίνουν συχνές εναλλαγές εδαφικών στρώσεων με το βάθος, στις περιπτώσεις που οι ιδιότητες μεταξύ των γειτονικών στρώσεων δεν διαφέρουν σημαντικά (και συνεπώς δεν υπάρχει διακριτή επιφάνεια) καθώς και στις

περιπτώσεις που μια στρώση με καλύτερες μηχανικές ιδιότητες υπέρκειται μιας στρώσης με υποδεέστερες ιδιότητες. Οι γεωφυσικές έρευνες απαιτούν και τη διάνοιξη ενός αριθμού γεωτρήσεων για τη βαθμονόμηση των αποτελεσμάτων τους. Χαρακτηριστική περίπτωση βέλτιστης απόδοσης των γεωφυσικών μεθόδων είναι ο εντοπισμός της θέσης του βραχώδους υποβάθρου (π.χ. ασβεστόλιθου) σε περίπτωση που οι στρώσεις που υπέρκεινται του υποβάθρου αποτελούνται από μαλακές αργίλους ή χαλαρές άμμους. Αντίθετα, οι γεωφυσικές μέθοδοι γενικώς δεν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα στην περίπτωση εναλλασσόμενων στρώσεων αποσαθρωμένων και υγιών βραχωδών σχηματισμών ή στην περίπτωση που οι σχηματισμοί που υπέρκεινται του βραχώδους υποβάθρου είναι συνεκτικά κορήματα, σκληρές άργιλοι, μάργες κλπ. Οι κυριότερες γεωφυσικές μέθοδοι είναι: (α) Σεισμικές μέθοδοι όπως: η μέθοδος της διάθλασης, της ανάκλασης υψηλής ευκρίνειας και οι μέθοδοι που εκτελούνται εντός γεωτρήσεων. (β) Ηλεκτρικές μέθοδοι όπως η μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης. (γ) Άλλες μέθοδοι όπως μαγνητικές μέθοδοι, μέθοδοι βαρύτητας κλπ.

- **Τα ερευνητικά φρέατα** εκσκάπτονται με συνήθη μηχανικά μέσα και συνήθως φθάνουν σε βάθος 4-5 μέτρων. Συνήθως χρησιμοποιούνται κατά τις έρευνες για εντοπισμό θέσεων δανειοθαλάμων ή για τη λήψη εδαφικών δειγμάτων μεγάλου όγκου ή πολύ καλής ποιότητας.
- **Οι γεωτρήσεις** χρησιμοποιούνται για τη διερεύνηση του υπεδάφους σε βάθη μεγαλύτερα από τα βάθη που διερευνώνται με ερευνητικά φρέατα. Για τη διάνοιξη των γεωτρήσεων χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι: (α) Η ελικοειδής διάτρηση. Η μέθοδος συνίσταται στην προώθηση μέσω περιστροφής ενός κοίλου σωλήνα με ελικοειδές σπείρωμα στην εξωτερική πλευρά. Διαταραγμένα εδαφικά δείγματα λαμβάνονται από το υλικό που εισέρχεται στο εσωτερικό του σωλήνα αλλά και το υλικό που συγκρατείται στις σπείρες του τοιχώματος. (β) Η υδραυλική διάτρηση, κατά την οποία η προώθηση της γεώτρησης γίνεται μέσω ενός μεταλλικού στελέχους με την εισπίεση νερού που παρασύρει τα εδαφικά τεμάχια προς την επιφάνεια. Η μέθοδος είναι ταχεία και έχει μικρό κόστος. Το κύριο μειονέκτημά της είναι η αδυναμία λήψεως αντιπροσωπευτικών εδαφικών δειγμάτων. Κυρίως χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απλώς ζητείται να εντοπισθεί η θέση του βραχώδους υποβάθρου που υπόκειται χαλαρών εδαφικών σχηματισμών. (γ) Η κρουστική διάτρηση, κατά την οποία η προώθηση της γεώτρησης γίνεται με θρυμματισμό των πετρωμάτων στον πυθμένα της οπής μέσω κρούσης. Η έξοδος των εδαφικών τεμαχίων από την οπή γίνεται συνήθως με την κυκλοφορία νερού που παρασύρει τα εδαφικά θραύσματα. Κατά τη μέθοδο αυτή λαμβάνονται μόνον διαταραγμένα εδαφικά δείγματα. (δ) Η περιστροφική διάτρηση κατά την οποία η προχώρηση της οπής γίνεται με την περιστροφή της γεωτρητικής στήλης η οποία στο άκρο της φέρει ειδική κοπτική κεφαλή. Η κοπτική κεφαλή μπορεί να είναι συμπαγής (π.χ. “τρίφτερο”) ή κοίλη (κορώνα). Η ψύξη της κοπτικής κεφαλής γίνεται με νερό το οποίο κατά την κυκλοφορία του παρασύρει τα εδαφικά θραύσματα. Στην περίπτωση της χρήσης κοίλης κοπτικής κεφαλής, συνήθως η διάτρηση συνδυάζεται με ταυτόχρονη δειγματοληψία με την τοποθέτηση κατάλληλου δειγματολήπτη μεταξύ της κοπτικής κεφαλής και της διατρητικής στήλης. Η περιστροφική διάτρηση είναι η συνηθέστερη μέθοδος εκτέλεσης γεωτρήσεων στην Ελλάδα.



Εικόνα 1.6: Πραγματοποίηση γεώτρησης για τη διερεύνηση του υπεδάφους.

Οι κυριότερες επιτόπου δοκιμές που χρησιμοποιούνται κατά τις γεωτεχνικές έρευνες εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών είναι:

- **Η δοκιμή Πρότυπης Διείσδυσης.** Η δοκιμή συνίσταται στην προώθηση του διαιρετού δειγματολήπτη Terzaghi με κρουστική μέθοδο και την καταγραφή του αριθμού (N) των κρούσεων που απαιτούνται για την προώθηση του δειγματολήπτη. Η δοκιμή SPT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σχετικής πυκνότητας των αμμωδών εδαφών και της συνεκτικότητας (αντοχής) των αργιλικών εδαφών.
- **Η δοκιμή Διείσδυσης Κώνου.** Η δοκιμή συνίσταται στη συνεχή προχώρηση εντός του εδάφους ενός μεταλλικού στελέχους με κωνική αιχμή. Κατά την προχώρηση του στελέχους μετράται η αντίσταση στη διείσδυση της αιχμής και η πλευρική τριβή σε τμήμα της πλευρικής επιφάνειας του μεταλλικού στελέχους.
- **Η δοκιμή Πρεσιομέτρου** Η δοκιμή συνίσταται στην πλευρική διόγκωση ενός κυλινδρικού στοιχείου το οποίο τοποθετείται στο εσωτερικό της γεώτρησης και αρχικά έχει διάμετρο ίση με τη διάμετρο της οπής της γεώτρησης
- **Η δοκιμή Πτερυγίου** Η δοκιμή συνίσταται στην τοποθέτηση εντός του εδάφους (π.χ. στον πυθμένα της οπής μιας γεώτρησης) ενός μεταλλικού στοιχείου που αποτελείται από δυο κατακόρυφα μεταλλικά ελάσματα κάθετα μεταξύ τους. Τα ελάσματα συνδέονται με κατακόρυφο μεταλλικό στέλεχος το οποίο φθάνει μέχρι την επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να περιστραφεί με ειδικό μηχανισμό..
- **Η δοκιμή φόρτισης πλάκας** Κατά τη δοκιμή αυτή φορτίζεται με κατακόρυφο φορτίο μια μεταλλική πλάκα (διαμέτρου 30 cm) που τοποθετείται στην επιφάνεια του εδάφους και μετράται η υποχώρηση που αντιστοιχεί σε κάθε βαθμίδα της φόρτισης. Από τη δοκιμή μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους ακριβώς κάτω από την πλάκα.
- **Μέτρηση της στάθμης του υπογείου ορίζοντα** Η μέτρηση της στάθμης του υπογείου ορίζοντα γίνεται με όργανα που ονομάζονται πιεζόμετρα. Τα όργανα αυτά συνήθως είναι τεσσάρων τύπων: 1. Τα κοινά πιεζόμετρα ή πιεζόμετρα ανοικτού σωλήνα 2. Τα πιεζόμετρα κεραμικής κεφαλής 3. Τα πιεζόμετρα με διεπιφάνεια αέρα-νερού 4. Τα ηλεκτρικά πιεζόμετρα

- **Μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας** Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους συνήθως γίνεται με τις δοκιμές εισπίεσεως. Οι δοκιμές αυτές βασίζονται στην εισπίεση νερού στο εσωτερικό μιας γεώτρησης και τη μέτρηση των διαφυγών (απωλειών) που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη πίεση ή, ισοδύναμα, στη μέτρηση της πίεσης που αντιστοιχεί σε ορισμένες διαφυγές.

Οι εργαστηριακές δοκιμές

Εδαφομηχανικής που εκτελούνται κατά τις συνήθειες γεωτεχνικές έρευνες είναι:

- Δοκιμές κατατάξεως (Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα, Κοκκομετρική ανάλυση με υγρόμετρο, Προσδιορισμός ορίων Atterberg, Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας, Προσδιορισμός φαινομένου βάρους εδάφους, Προσδιορισμός ειδικού βάρους κόκκων, Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε οργανικά).
- Δοκιμές συμπτκνωσιμότητας (Προσδιορισμός βέλτιστης υγρασίας συμπύκνωσης και μέγιστης ξηρής πυκνότητας, Δοκιμή CBR).
- Δοκιμές συμπιεστότητας (Δοκιμή συμπιεσομέτρου).
- Δοκιμές μηχανικής αντοχής (Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης, Διαφόρων τύπων τριαξονικές δοκιμές, Απλή διάτμηση, Απευθείας διάτμηση, Δακτυλιοειδής διάτμηση).
- Δοκιμές διαπερατότητας (Δοκιμή σταθερού φορτίου, Δοκιμή μειούμενου φορτίου).

Βραχομηχανικής που εκτελούνται κατά τις συνήθειες γεωτεχνικές έρευνες είναι:

- Δοκιμές κατατάξεως (Προσδιορισμός ειδικού βάρους και πυκνότητας, Προσδιορισμός υδραπορροφητικότητας)
- Δοκιμές μηχανικής αντοχής (Δοκιμή μοναξονικής θλίψης, Δοκιμή σημειακής φόρτισης, Δοκιμή θλίψης κατά γενέτειρα)
- Δοκιμές καταλληλότητας αδρανών υλικών (Δοκιμή υγείας, Δοκιμή αντοχής σε φθορά και κρούση, Δοκιμή ευθρυπτότητας)

1.3.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΟΜΟΡΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η τοπογραφική αποτύπωση γειτονικών κατασκευών είναι πολύ σημαντική για την εύρεση των παρακάτω στοιχείων έτσι ώστε να προληφθούν προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν.

- Δίκτυα αγωγών Κοινής Ωφέλειας, (ΕΥΔΑΠ, Φυσικού Αερίου, ΔΕΗ, κλπ.)
- Υπόγεια όμορων κτηρίων
- Καταγραφή της κατάστασης των δομικών στοιχείων των όμορων κτηρίων, (ύπαρξη ρωγμών, φωτογραφίες, κλπ.)
- Είδος θεμελίωσης των γειτονικών κτηρίων.
- Δεξαμενές ή πηγάδια σε ακάλυπτους χώρους

1.3.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

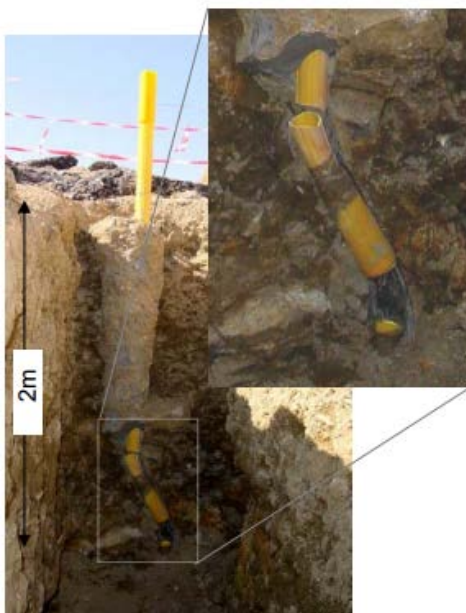
Η συμβολή των διαφόρων αναλυτικών προσεγγίσεων (Θεωρία Πλαστικότητας, Μέθοδος Πεπερασμένων Στοιχείων, Μέθοδος Πεπερασμένων Διαφορών κλπ.) στον προσδιορισμό των αναμενόμενων μετακινήσεων της κατασκευής αντιστήριξης και του περιβάλλοντος της εκσκαφής, δεν θα είχε πρακτική αξία αν δεν συνδυαζόταν με μετρήσεις της πραγματικής

συμπεριφοράς του συστήματος αντιστήριξης και των αντιστηριζομένων εδαφικών μαζών. Η ανάγκη μετρήσεων της πραγματικής συμπεριφοράς σε εκτελούμενα έργα έχει πρόσφατα τονισθεί επαρκώς και είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα μετρήσεων των μετακινήσεων σε διάφορους τύπους κατασκευών αντιστήριξης (τοίχοι Berlinoise, αντηριδωτοί ή αγκυρωμένοι πασσαλότοιχοι, διαφραγματικοί τοίχοι).

Η παρακολούθηση της συμπεριφοράς του συστήματος αντιστήριξης αποτελεί μία σημαντική παράμετρο για την ασφάλεια του έργου, ιδίως κατά την φάση κατασκευής του. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν οι μετρήσεις παραμορφώσεων διαφέρουν από αυτές που εκτιμήθηκαν στην μελέτη, τότε λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα.

Η παρακολούθηση των παραμορφώσεων γίνεται με :

- Απλούς τοπογραφικούς μάρτυρες (γεωδαιτικές μετρήσεις της επιφάνειας του εδάφους)
- Αποκλισιόμετρα (Inclinometers)
- Κλισίμετρα (ενσωματωμένα συνήθως στο τοίχωμα αντιστήριξης)
- Κυψέλες μέτρησης πίεσης
- ηλεκτρικά δυναμόμετρα και τασίμετρα, τα οποία με κατάλληλο λογισμικό δίνουν παραμορφώσεις, προσαρμοσμένα στο σύστημα αντιστήριξης ή αγκύρωσης.



Εικόνα 1.7: Παραμόρφωση σωλήνα αποκλισιόμετρου.

Σημειώνεται ότι η διεξαγωγή των μετρήσεων συμπεριφοράς βαθιών αντιστηριγμένων εκσκαφών σε πολλά έργα, αντιμετωπίζεται με δυσπιστία και καχυποψία εκ μέρους και κατά περίπτωση, του κυρίου του έργου στον οποίο προτείνονται αλλά και από τον ανάδοχο-κατασκευαστή του έργου.

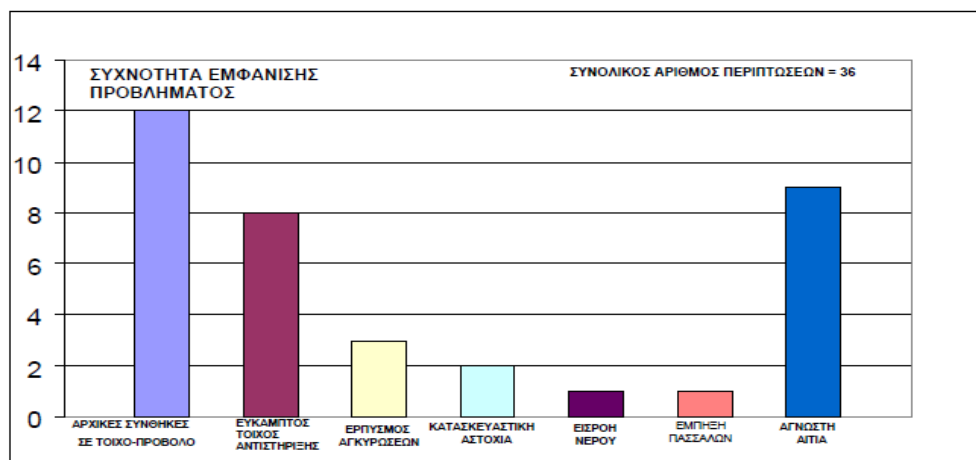
Τα επιχειρήματα που προβάλλονται σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι ότι :

1) η εγκατάσταση των μετρητικών συστημάτων και η συχνή διεξαγωγή των μετρήσεων περιπλέκει την κατασκευαστική διαδικασία και επιβραδύνει την πρόοδο των εργασιών,

2) η διεξαγωγή μετρήσεων μετακινήσεων στο χώρο που περιβάλλει την εκσκαφή και στις παρακείμενες κατασκευές υποβάλλει στους περίοικους την εντύπωση ότι οι εργασίες των εκσκαφών είναι δυνατόν και πιθανόν να βλάψουν τις παρακείμενες κατασκευές, και αυτό έχει ως επακόλουθο την «προληπτική» προσφυγή σε δικαστικές αγωγές ακόμη και για μη υπάρχοντα προβλήματα ή με μοναδική αιτία τις οχλήσεις που προέρχονται από το έργο.

1.3.4 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Σημαντική πρόοδος έχει πραγματοποιηθεί και προς την κατεύθυνση της πρόβλεψης των επιπτώσεων των μετακινήσεων των εδαφικών μαζών που περιβάλλουν την εκσκαφή, πάνω στις γειτονικές ή παρακείμενες κατασκευές, οι σύγχρονες τάσεις αναφορικά με το θέμα της διεξαγωγής ασφαλών εκσκαφών σε αστικό περιβάλλον, κατευθύνονται προς την ανάπτυξη μεθόδων σχεδιασμού που βασίζονται στον προσδιορισμό των εδαφικών μετακινήσεων και στη σύγκρισή τους με επιτρεπόμενες τιμές. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι καταβάλλεται προσπάθεια για τον διαχωρισμό του συνολικού μεγέθους των εδαφικών μετακινήσεων στη συνιστώσα που οφείλεται στη διαδικασία εκσκαφής και αντιστήριξης και στη συνιστώσα που οφείλεται σε άλλες δραστηριότητες όπως η εγκατάσταση του τοίχου αντιστήριξης, ο καταβιβασμός της στάθμης του φρεατίου ορίζοντα, η αφαίρεση ορισμένων στοιχείων του συστήματος θεμελίωσης κλπ.



Εικόνα 1.8 : Σημαντικότερες αιτίες υπέρμετρων μετακινήσεων τοίχων αντιστήριξης σε βαθιές εκσκαφές.

Στο ραβδόγραμμα της εικόνας 1.8 φαίνονται οι σημαντικότερες αιτίες υπέρμετρων μετακινήσεων τοίχων αντιστήριξης σε βαθιές εκσκαφές, καθώς και η συχνότητα εμφάνισης αυτών, για 36 συνολικά καταγεγραμμένες περιπτώσεις (M.Long, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΓΕΝΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΠΡΑΝΗ

2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΑΝΩΝ

Πρανή ονομάζονται οι εξωτερικές επιφάνειες, συνήθως κεκλιμένες, των εδαφικών σχηματισμών. Τα πρανή χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες στα φυσικά και τα τεχνητά πρανή:

Τα φυσικά πρανή έχουν προκύψει από γεωλογικά φαινόμενα, στο πέρασμα του χρόνου, και έχουν ισορροπήσει σε κεκλιμένα επίπεδα, ακανόνιστου σχήματος και μορφής ανάλογα με την διαστρωμάτωση και τα χαρακτηριστικά των γεωσχηματισμών. Συνήθως τα φυσικά πρανή είναι σε μόνιμη και σταθερή ισορροπία, ωστόσο η ισορροπία αυτή μπορεί να διαταραχθεί από την μεταβολή των υδραυλικών συνθηκών ή από την δράση δυναμικών φορτίων.

Τα τεχνητά πρανή, στα οποία ανήκουν και τα πρανή των έργων οδοποιίας, δημιουργούνται κατά την εκτέλεση χωματουργικών εργασιών, ως επίπεδες επιφάνειες ενιαίας κλίσης κατά τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ευστάθεια των γεωκατασκευών. Ο προσδιορισμός της βέλτιστης κλίσης για την κάθε περίπτωση αλλά και της τελικής διαμόρφωσης των τεχνητών πρανών, αποτελεί βασικό και κρίσιμο αντικείμενο γεωτεχνικού σχεδιασμού, διότι πρέπει να περιορίζεται ο όγκος των χωματουργικών εργασιών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς επίσης να εξασφαλίζεται η ευστάθεια της εδαφικής μάζας.



Εικόνα 2.1: Φυσικό πρανές σε έργο οδοποιίας.

Ανάμεσα στις πιο ισχυρές κλίσεις που επιτάσσει η οικονομία αλλά και το περιβάλλον και στις πιο ήπιες κλίσεις που υπαγορεύει η ασφάλεια των κατασκευών ο μελετητής καλείται να προσδιορίσει τη χρυσή τομή και να δώσει την ενδεδειγμένη λύση για τη διαμόρφωση κάθε ορύγματος και επιχώματος ξεχωριστά σε ένα έργο οδοποιίας.

2.1.1 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΝΩΝ

Αν υπάρχει κίνδυνος για την **ευστάθεια πρανούς** ή έχει συμβεί ήδη μια κατολίσθηση μετά από τις έρευνες και τις αναλύσεις έρχονται οι προτάσεις για τα μέτρα που πρέπει να παρθούν ώστε να αυξηθεί η ασφάλεια ενός επιρρεπούς σε παρόμοιες κινήσεις πρανούς ή να αποκατασταθεί και να εξασφαλισθεί ένα πρανές όπου σημειώθηκε κατολίσθηση.

Μια λύση του προβλήματος είναι η κατάργηση του. Για παράδειγμα σε κατολίσθηση σε πρανές οδοποιίας θα μπορούσε να αλλάξει η χάραξη και να απομακρυνθεί ο δρόμος τόσο που να μην επηρεάζεται. Η θα μπορούσε να «καταργηθεί» το πρανές αν διαπιστωθεί η αστάθεια του και να γίνει σήραγγα στην επικίνδυνη περιοχή αντί για εκσκαφή. Ειδικά δε στην οδοποιία μια όχι ασυνήθιστη λύση είναι η σήραγγα τύπου cut and cover όπου αφού γίνει μια πρόχειρη εκσκαφή (τμηματική ή με αντιστήριξη κλπ.) κατασκευάζεται σήραγγα και επανεπιχώνεται από πάνω με τα προϊόντα της εκσκαφής έτσι ώστε να αποκατασταθεί η ευστάθεια του πρανούς.

Στη περίπτωση που πρέπει να καταργηθεί το πρανές, μπορεί να συμβεί με την τοποθέτηση ενός κατακόρυφου διαφράγματος αντιστήριξης

- (α) διαφράγματα σκυροδέματος
- (β) αντιστήριξη με ξύλινα, μεταλλικά ή μικτά διαφράγματα
- (γ) διαφράγματα πασσαλοσανίδων

Έλεγχος των πρανών Προφανώς δεν είναι δυνατό να ελέγχονται όλα τα φυσικά και τα τεχνικά πρανή που υπάρχουν. Αλλά αν δημιουργηθούν υποψίες ότι υπάρχει κίνδυνος κατολίσθησης ενός ορισμένου πρανούς είναι καλό να ελέγχετε γιατί πριν από την κατολίσθηση οι κινήσεις του εδάφους αυξάνονται και μπορεί να προβλεφθεί σε κάποιο βαθμό η κατολίσθηση.

Ο έλεγχος γίνεται με οπτικό προσδιορισμό των επιφανειακών κινήσεων του εδάφους, σε σχέση με ορισμένα σημεία, τα οποία είναι πρακτικά αμετακίνητα και βρίσκονται σε μικρή ή μεγάλη απόσταση. Επίσης είναι δυνατό να γίνει έλεγχος των κινήσεων κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης με κατάλληλες γεωτρήσεις μεγάλης διαμέτρου (70-100 mm) με πλαστική επένδυση μέσα στις οποίες τοποθετούνται κλισίμετρα ή ακόμα και με συστήματα συναγερμού.

Είναι καλό να προσδιορίζεται και η πίεση του νερού των πόρων με πρεσιμόμετρο του τύπου του οποίου γίνεται ευρύτατη χρήση για τον έλεγχο των χωμάτων φραγμάτων. Εφαρμόστηκε επίσης δυναμική μέθοδος ελέγχου που βασίζεται στην αρχή ότι η θραύση κατά μήκος της επιφάνειας είναι τμηματική και μπορεί να επισημανθεί από τα κύματα που προκαλεί.



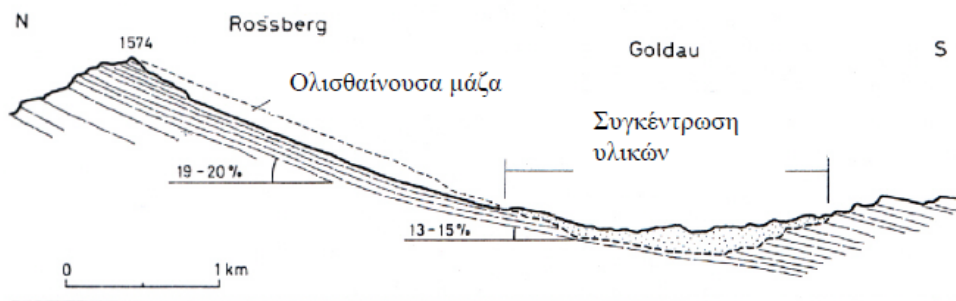
Εικόνα 2.2: Εικόνα γεώτρησης.

2.2 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Με την γενική έννοια του όρου, κατολίσθηση είναι κάθε αλλαγή, μεγάλη ή μικρή, της επιφάνειας μιας κλιτύος (πλαγιά βουνού), συνοδευόμενη από μετακίνηση υλικού, με ρήξη ή όχι της συνέχειας της, αργή ή ξαφνική που προέρχεται από δυνάμεις βαρύτητας και οφείλεται σε φυσικά ή τεχνητά αίτια. Η κατολίσθηση εκφράζει το αποτέλεσμα αναζήτησης μιας νέας κατάστασης ισορροπίας του εδάφους και είναι δυνατή η ανθρώπινη επέμβαση για την πλήρη παύση ή την επιβράδυνση του φαινομένου.

Οι μετακινήσεις του εδάφους μπορούν εν γένει να πλήξουν:

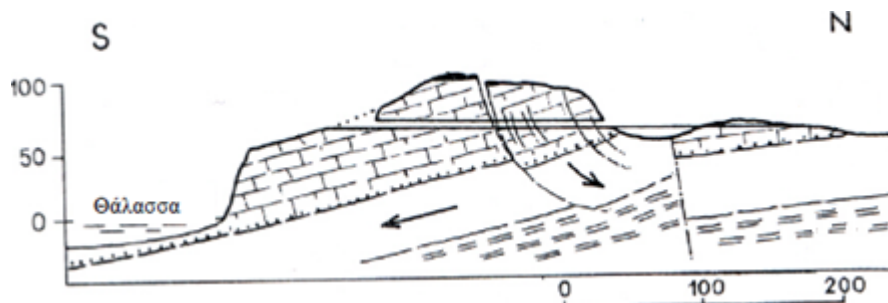
- Ορεινά ή πεδινά τμήματα έως και μεγάλες αστικές περιοχές
- Στοές μεταλλείων
- Οδοποιία και σήραγγες
- Φράγματα αν η κατολίσθηση συμβεί στα αντερείσματα ή στον ταμιευτήρα του φράγματος
- Δίκτυα κοινής ωφέλειας και υποθαλάσσιες κατασκευές (περίπτωσης αστοχίας πρανών κυρίως λόγω σεισμού κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας).



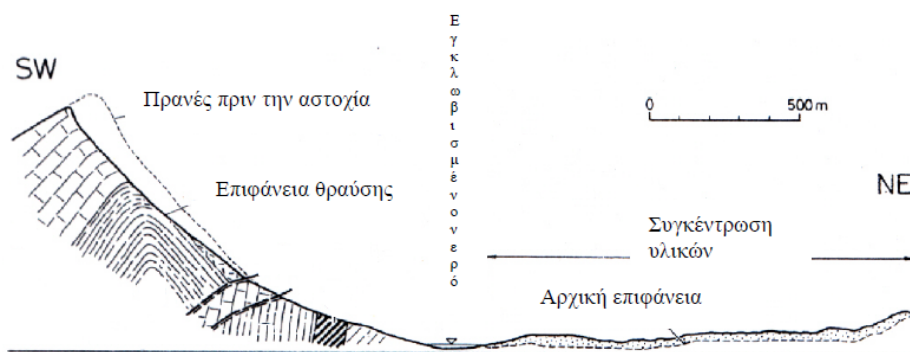
Εικόνα 2.3: Αστοχία πρανούς κατά μήκος στρώσεων κροκαλοπαγούς.



Εικόνα 2.4: Κατολίσθηση από μάργες και αποσαθρωμένα υλικά.



Εικόνα 2.5: Κατά μήκος τομή σιδηροδρομικής σήραγγας που καταστράφηκε από κατολίσθηση.



Εικόνα 2.6: Αστοχία βραχωδών ασβεστολιθικών τμημάτων κατά μήκος της στρώσης τους που ήταν παράλληλη με την επιφάνεια του πρανού.

2.2.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΚΑΤΟΛΙΘΗΣΕΙΣ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν μια κατολίθωση είναι οι ακόλουθοι:

- Γεωλογικοί (φύση εδάφους ή πετρώματος, δομή και γεωμετρία γεωλογικών σχηματισμών)
- Τοπογραφικοί-γεωμορφολογικοί
- Υδρολογικοί, κλιματολογικοί και υδρογεωλογικοί
- Μηχανικοί

Οι παράγοντες αστάθειας οφείλονται σε έναν, ή σε συνδυασμούς, από τους ακόλουθους:

- Αλλαγή της κλίσης της επιφάνειας του εδάφους και εσωτερική γεωμετρία του υλικού. Στις περιπτώσεις εκσκαφών στη βάση πρανών για διάνοιξη οδών η λόγω διάβρωσης των υλικών του πρανούς μπορεί να επέλθει αστοχία. Επιπλέον στα βραχώδη πρανή η ύπαρξη δομικών ασυνεχειών και ο δυσμενής προσανατολισμός τους σε σχέση με τον προσανατολισμό του πρανούς οδηγεί πολύ συχνά σε αστοχία.
- Ανθρώπινη επέμβαση μέσω επιβολής φόρτισης στην κορυφή του πρανούς (επιχώματα, κτίρια κ.τ.λ.)
- Σεισμική φόρτιση. Ιδιαίτερα σε πρανή που αποτελούνται από χαλαρά ή μικρής συνεκτικότητας υλικά κατά την διάρκεια του σεισμικού κραδασμού επέρχεται μείωση του αλληλοκλειδώματος μεταξύ των κόκκων, η μείωση της συνοχής και το πρανές οδηγείται σε αστοχία.
- Η παρουσία υψηλής στάθμης υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ή και επιφανειακού νερού. Η μόνιμη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα που βρίσκεται μέσα στο πρανές ασκεί υδροστατικές πιέσεις που μειώνουν την ευστάθεια του πρανούς, ενώ στα βραχώδη πρανή η εναλλαγή των φάσεων του νερού (νερό, πάγος κλπ) αυξάνει το εύρος των ασυνεχειών και ασκεί πιέσεις, ενώ παράλληλα διευκολύνει και την κυκλοφορία νερού σε βαθύτερα σημεία. Επιπλέον όταν νερό κινείται μεταξύ περατού και λιγότερου στρώματος λειτουργεί ως «λιπαντικό» μέσο που βοηθά στην αστοχία.

2.2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Το ανάγλυφο της γήινης επιφάνειας, μεταβαλλόμενο και συχνά έντονο, είναι αποτέλεσμα μακροχρόνιων γεωλογικών διεργασιών, ή και ανθρωπογενών επεμβάσεων και παραμένει γενικά σταθερό, εφόσον η διατμητική αντοχή των γεωυλικών είναι μεγαλύτερη από τις διατμητικές τάσεις, που προκαλεί το βάρος τους ή άλλες φορτίσεις. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, στις οποίες από διάφορες αιτίες η ευστάθεια τοπικά ανατρέπεται και τότε τα πρανή φυσικά ή τεχνητά κατολισθαίνουν, συχνά με σοβαρές κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες. Οι αιτίες αυτές

διακρίνονται σε δυο κύριες ομάδες. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από περιπτώσεις, στις οποίες παρατηρείται αύξηση των τάσεων, όπως η αύξηση του βάρους του εδάφους από την αύξηση της περιεκτικότητας του σε νερό, η προσθήκη φορτίων στην επιφάνεια από την κατασκευή κτιρίων ή άλλους λόγους, η δυσμενής τοπική αλλαγή γεωμετρικών χαρακτηριστικών από διάβρωση ή εκσκαφή, ή ακόμη η εφαρμογή δυναμικών φορτίων. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει περιπτώσεις, στις οποίες παρατηρείται μείωση της αντοχής, όπως η ύγρανση, η οποία προκαλεί μείωση της συνοχής των συνεκτικών εδαφών, η αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων, η εξασθένιση διαγεννητικών δεσμών, από τη διαβρωτική δράση κλιματικών παραγόντων, η εξαλλοίωση γαιωδών ή βραχωδών σχηματισμών, η μείωση της αντοχής ευαίσθητων συνεκτικών εδαφών. Μια σημαντική σχετική παρατήρηση είναι ότι η παρουσία και η δυσμενής πολύπλευρη δράση του νερού αυξάνεται μετά από ισχυρές και μεγάλης χρονικής διάρκειας βροχοπτώσεις, με αποτέλεσμα σε πρηνή που παρέμεναν μέχρι τότε με δυσκολία ευσταθή, να ανατρέπεται η ισορροπία τους και να ενεργοποιούνται καλαισθητικά φαινόμενα.

Επειδή οι μορφές και τα χαρακτηριστικά των κατολισθήσεων παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ποικιλία και ο μηχανισμός ανάπτυξης τους είναι σύνθετος και κατά περίπτωση διαφορετικός, έχει προταθεί η διάκριση τους με διάφορα κριτήρια και κατηγορίες. Πράγματι για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, η αναγνώριση και η κατάταξη της είναι χρήσιμη στην κατανόηση του μηχανισμού της κατολίστεσης, και στη συνέχεια στην εκτίμηση της πιθανής εξέλιξης της και στη μελέτη των έργων σταθεροποίησης.

Μια πρώτη κρίσιμη κατάταξη αναφέρεται στο πόσο είναι ενεργός η κατολίστεση. Σχετικά οι Zaruba & Mencl (1969) πρότειναν τις διαβαθμίσεις ενεργός – λανθάνουσα – σταθεροποιημένη κατολίστεση.

Οι ενεργές κατολισθήσεις διακρίνονται σχετικά εύκολα από ορισμένες χαρακτηριστικές ενδείξεις όπως: η κάθετη στην διεύθυνση της κατολίστεσης κύρια πτώση στη στέψη της, η οποία δεν καλύπτεται από βλάστηση και είναι πολύ απότομη, οι αποκλίσεις από την κατακόρυφη δέντρων και στύλων, οι μεταθέσεις και η διακοπή της συνέχειας οδών ή φρακτών, η παρατήρηση των ρωγμών στο έδαφος και στις κατασκευές.

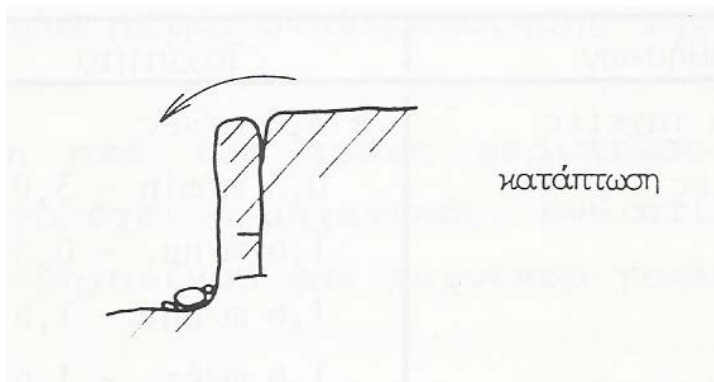
Ο εντοπισμός λανθανουσών κατολισθήσεων είναι δυσκολότερος και απαιτεί προσεκτική παρατήρηση καθώς η κύρια πτώση, είτε διαβρώνεται με το χρόνο και καλύπτεται από βλάστηση, είτε καταστρέφεται με τα σύγχρονα ισχυρά μηχανικά μέσα, ενώ οι ρωγμές γεμίζουν από φερτά υλικά και οι βλάβες στις κατασκευές αποκαθίστανται. Είναι εύλογο, ότι στις περιπτώσεις αυτές είναι ενδεχόμενη η επαναδραστηριοποίηση της κατολίστεσης, εφόσον ανατραπεί η ευαίσθητη ισορροπία της από τυχόν δυσμενή φυσική εξέλιξη ή άστοχη ανθρωπογενή επέμβαση (π.χ. εκσκαφή στον πόδα του πρηνούς).

Οι σταθεροποιημένες κατολισθήσεις δεν διατρέχουν τον κίνδυνο κατάρρευσης. Είναι ακλόνητες.

Μια δεύτερη, επίσης πολύ σημαντική κατάταξη αναφέρεται στη μορφή της κατολίστεσης. Γενικά διακρίνονται τέσσερις βασικοί τύποι κατολισθήσεων: οι καταπτώσεις, περιστροφικές ολισθήσεις, οι επιμήκειες ολισθήσεις και οι εδαφικές ροές.

Οι καταπτώσεις (ελεύθερες πτώσεις τεμαχίων) παρατηρούνται τόσο σε εδαφικά, όσο και σε βραχώδη πρανή. Στα εδαφικά πρανή πιο συνηθισμένη είναι η περίπτωση μια στρώση υψηλής διαβρωσιμότητας να υπόκειται και να στηρίζει ανθεκτικότερα εδάφη, όπως π.χ. η περίπτωση σε μία μη συνεκτική χαλαρή στρώση να στηρίζεται ένα υπερκείμενο υπερστερεοποιημένο και ανθεκτικό αργιλώδες αμμοχάλικο. Συχνά επίσης συναντώνται πρανή υπερστερεοποιημένων αργίλων με υψηλές κλίσεις, στο φρύδι των οποίων έχουν αναπτυχθεί βαθιές κατακόρυφες ρωγμές, που μετά από βροχοπτώσεις γεμίζουν με νερά και τότε δέχονται επιπρόσθετα ισχυρές υδροστατικές πιέσεις.

Στα βραχώδη πρανή παρατηρούνται καταπτώσεις σε πολλούς τύπους πετρωμάτων, κυρίως όταν υπάρχουν ρήγματα, ρωγμές, αρμοί και άλλης μορφής ασυνέχειες και επιφάνειες χαμηλής αντοχής. Οι αιτίες που προκαλούν καταπτώσεις είναι διάφορες, όπως η είσοδος νερού στις ρωγμές και η ανάπτυξη πιέσεων, η υποσκαφή, ή ακόμη η μείωση της αντοχής από θερμοκρασιακές μεταβολές, από παγετό ή από άλλα αίτια διάβρωσης. Το θέμα αποτελεί αντικείμενο κυρίως της βραχομηχανικής.



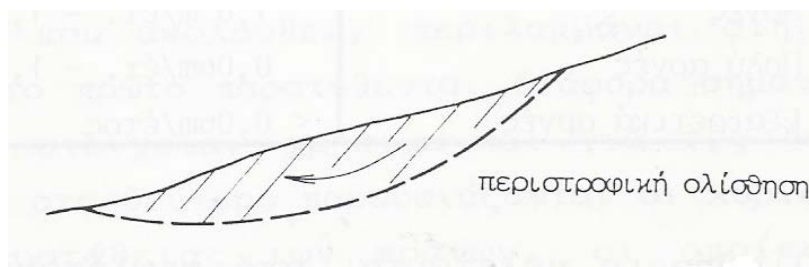
Εικόνα 2.7: Μορφή κατάπτωσης.

Περιστροφικές κατολισθήσεις είναι κυκλοειδούς μορφής επιφάνειες ολίσθησης παρατηρούνται σε πολυκερματισμένα βραχώδη υλικά και ιδίως σε ομοιόμορφα αργιλικά ή πιο γενικά σε συνεκτικά υλικά. Κατολισθήσεις λοιπόν αυτής της μορφής, παρατηρούνται περισσότερο συχνά σε τεχνητά πρανή, τα οποία κατά κανόνα είναι ομοιόμορφα και γι' αυτό το λόγο συγκέντρωσαν το ενδιαφέρον των μηχανικών και μελετήθηκαν περισσότερο από τις άλλες μορφές.

Πολλοί γνωστοί ερευνητές της εδαφομηχανικής σε γραπτές αναφορές τους περιγράφουν προσωπικές εμπειρίες τους και βεβαιώνουν, ότι σε πρανή από ομοιογενείς κανονικά στερεοποιημένες ή ελαφρά υπερστερεοποιημένες αργίλους, η επιφάνεια ολίσθησης είναι καμπύλη και μοιάζει με τόξο κύκλου. Πιο συγκεκριμένα οι Skempton & Hatchinson αναφέρουν ότι συχνά οι επιφάνειες είναι βαθιές, ότι ο λόγος του βάθους προς το μήκος της ολισθαίνουσας περιοχής (D/L) κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,16 και 0,33 και ότι όσο η κλίση είναι πιο μεγάλη,

τόσο το βάθος D γίνεται μεγαλύτερο. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι η μορφή των πολλαπλών περιστροφικών ολισθήσεων ή η συγγενής μορφή των αβαθών διαδοχικών ολισθήσεων, παρατηρούνται πιο συχνά σε ενεργές κατολισθήσεις, σε πρανή υπερστερεοποιημένων σχιστωδών αργίλων, σε διάφορους χρόνους, με επάλληλες εκδηλώσεις κατά σειρά από τα κατάντη προς ανάντη. Τούτο συμβαίνει καθώς μετά την αρχική ολίσθηση, η δημιουργία του περίπου κατακόρυφου μετώπου της ανώτερης κύριας ρωγμής και ενδεχομένως η πλήρωση των τυχόν ρωγμών που βρίσκονται υψηλότερα από το μέτωπο με νερό, αδυνατίζουν την αντιστήριξη των ανάντη μαζών και τα φαινόμενα μετατίθενται προς τα ανάντη, έως ότου τα γεωμετρικά δεδομένα ή τα μηχανικά χαρακτηριστικά γίνουν πιο ευνοϊκά.

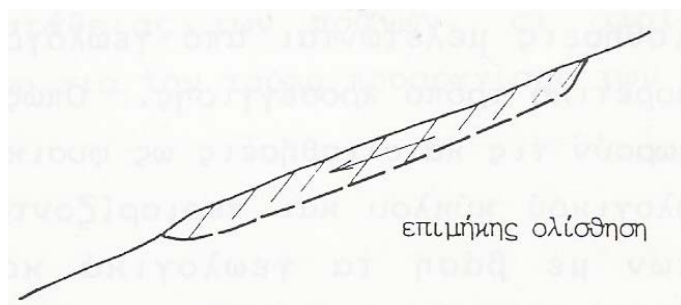
Όταν τα γεωυλικά του πρανού δεν είναι ομοιόμορφα, τότε η επιφάνεια ολίσθησης απομακρύνεται από το κυκλικό σχήμα και όπως είναι φυσικό, αναπτύσσεται κατά μήκος επιφανειών χαμηλής αντοχής, οι οποίες ενυπάρχουν στα ανισότροπα και ασυνεχή γεωυλικά, όταν οι διευθύνσεις τους ευνοούν την κίνηση.



Εικόνα 2.8: Μορφή περιστροφικής ολίσθησης.

Επιμήκειες ολισθήσεις παρατηρούνται κατά μήκος ασθενών ή ολισθηρών επιφανειών, όταν η διεύθυνση τους είναι περίπου παράλληλη προς την ελεύθερη επιφάνεια. Μια συνηθισμένη στον ελλαδικό χώρο περίπτωση, είναι πρανή υπερστερεοποιημένων σκληρών σχισμοδών αργίλων, οι οποίες εμπεριέχουν λεπτές διαπερατές και υδροφόρες ενστρώσεις, στις οποίες εποχιακά αναπτύσσονται υψηλές πιέσεις του νερού. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το έντονο ανάγλυφο, έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση κατολισθητικών φαινομένων.

Μία σημαντική διαφορά μεταξύ περιστροφικών και επιμηκών ολισθήσεων είναι, ότι στις μεν πρώτες η περιστροφική κίνηση έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των κινουσών δυνάμεων και τη βελτίωση της ευστάθειας, ενώ στις δεύτερες μετά την κίνηση το καθεστώς των δυνάμεων δεν διαφοροποιείται γεωμετρικά.



Εικόνα 2.9: Μορφή επιμήκης ολίσθησης.

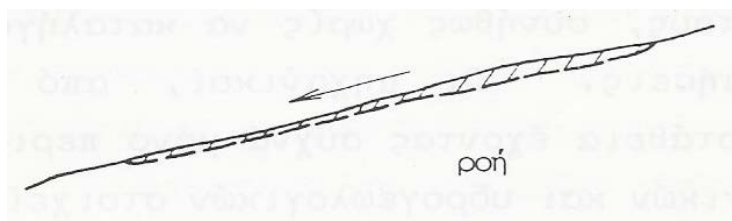
Εδαφικές ροές Κοινό χαρακτηριστικό των διαφόρων τύπων ροών είναι, ότι η κινούμενη εδαφική μάζα παρουσιάζει την εικόνα υλικού θραυσμένου, η κίνηση μοιάζει περισσότερο ως ροή ενός πυκνού ιξώδους ρευστού και όχι ως ολίσθηση στερεού και είναι χαρακτηριστική η απουσία ρωγμών στην επιφάνεια.

Εδαφικές ροές έχουν ονομασθεί από τους Skempton και Hutchinson οι σχετικά πιο αργές ροές πολυκερματισμένων μαλακών λεπτόκοκκων γεωυλικών, όπως μερικές φορές παρατηρούνται στην περιοχή του ποδιού της κατολίσθησης. Κατά ένα τρόπο οι εδαφικές ροές αποτελούν μία ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ επιμήκου ολίσθησης και λασπορροών.

Μια ειδική περίπτωση εδαφικών ροών πολύ συνηθισμένη στη Σκανδιναβία και στον Καναδά αποτελούν οι κατολισθήσεις, που παρουσιάζουν πρηνή με υψηλής ευαισθησίας αργίλους ακόμη και με πολύ μικρές κλίσεις.

Χαρακτηριστικό των λασπορροών είναι ότι το υδαρές γεωυλικό δίνει ακόμη περισσότερο την εικόνα του ρευστού. Συνήθως παρουσιάζονται σε αργιλικούς σχηματισμούς οι οποίοι όμως εμπεριέχουν σε πυκνή διάταξη αμμώδεις ή ιλυοαμμώδεις ενστρώσεις, συνεχείς ή φακοειδής, στις οποίες αναπτύσσεται υψηλή πίεση του νερού των πόρων και η οποία προκαλεί τη ρευστοποίηση ή τη διάβρωση τους ή ακόμα και τα δύο φαινόμενα μαζί.

Οι ροές χονδρόκοκκων φερτών υλικών, συνήθως χωρίς επιφανειακό φυτικό κάλυμμα, αποτελούν μια διαφορετική σύνθετη και συνήθως έντονη μορφή ροής και συχνά η έναρξη τους συνδυάζεται με καταρρακτώδεις βροχές και πλημμύρες σε παλιές κοίτες χειμάρρων.



Εικόνα 2.10: Μορφή εδαφικής ροής.

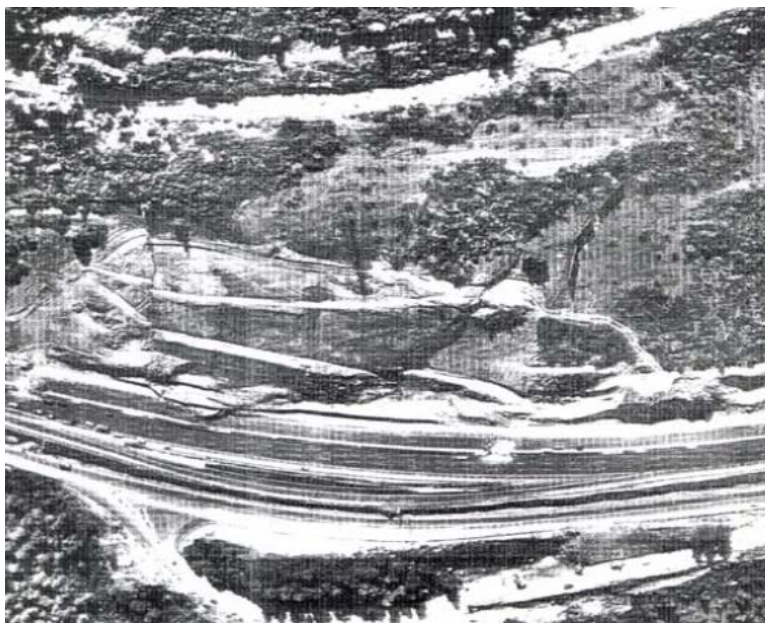
2.2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Πριν τις μεθόδους αποκατάστασης σημαντικό είναι να αναφερθεί η έρευνα που γίνεται για να αποφύγουμε μια κατολίσθηση. Χρειάζεται απαραίτητα να γίνει εκτεταμένη και ολοκληρωμένη γεωλογική και γεωτεχνική έρευνα. Πρέπει να μελετηθεί η γεωλογική δομή της περιοχής, τα πετρογραφικά και φυσικά χαρακτηριστικά των βραχωδών σχηματισμών, καθώς και οι τοπικά επικρατούσες υδρογεωλογικές συνθήκες. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Zaruba and Mencl (1976), απαιτείται να γίνουν τα ακόλουθα:

- Αρχική έρευνα προκειμένου να οριοθετηθεί η περιοχή που πρέπει να μελετηθεί και στη συνέχεια να ορισθούν οι θέσεις των γεωτρήσεων, των φρεάτων, ο κάρναβος των γεωφυσικών μετρήσεων, εφόσον απαιτηθεί κτλ.
- Λεπτομερής τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση, ακόμη και με χρήση αεροφωτογραφιών. Ταυτόχρονα στο εργαστήριο γίνονται οι απαραίτητες δοκιμές εδαφομηχανικής και βραχομηχανικής. Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται με την πλήρη γεωτεχνική μελέτη, καθώς και με τα προτεινόμενα μέτρα αποκατάστασης της αστοχίας.
- Το τρίτο στάδιο αφορά τον γεωλογικό έλεγχο των προτεινόμενων διορθωτικών εργασιών υπαίθρου.
- Το τελευταίο στάδιο αναφέρεται σε παρακολούθηση με μετρήσεις οργάνων της αποτελεσματικότητας των μέτρων αποκατάστασης.

Η χρήση των αεροφωτογραφιών έχει άμεση εφαρμογή στην έρευνα μίας κατολισθαίνουσας περιοχής, καθώς αποτυπώνει τρισδιάστατα την περιοχή. Επιπλέον δίνει τη δυνατότητα να ορισθούν ακριβώς τα όρια της κατολίσθησης (φρύδι, πρანές μπροστά από το φρύδι, πόδι κατολίσθησης κλπ). Το μέγεθος της μετακίνησης μπορεί να μετρηθεί από την μετατόπιση γραμμικών χαρακτηριστικών, όπως οδικό ή σιδηροδρομικό δίκτυο, επιφανειακά στραγγιστήρια κτλ.

Η χρήση των διαθέσιμων γεωλογικών χαρτών είναι απαραίτητη. Συνήθως όμως οι χάρτες αυτοί έχουν μεγάλη κλίμακα, δεν αφορούν μόνο την περιοχή ενδιαφέροντος και παρουσιάζουν τα εδαφικά υλικά που υπέρκεινται των βραχωδών σχηματισμών. Συνεπώς είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένας τεχνικογεωλογικός χάρτης της περιοχής όπου και θα σημειώνονται με κατάλληλους συμβολισμούς όλα τα στοιχεία που υποδηλώνουν την θέση και την έκταση της κατολισθαίνουσας μάζας, καθώς και συγκεκριμένα φαινόμενα στην επιφάνεια του εδάφους (π.χ. μικρές συγκεντρώσεις νερού σε πλαγίες, ισουψείς με χαρακτηριστικές μορφές, βυθίσματα, εμφάνιση νερού υπό μορφή πηγών που είναι συνήθως βασικός παράγοντας για την αστοχία ενός πρανούς κλπ.)



Εικόνα 2.11: Αποψη κατολίσθησης στην περιοχή Μαλακάσα Αττικής από αεροφωτογραφία. Διακρίνονται οι σχετικές μετακινήσεις γραμμικών στοιχείων (σιδηροδρομική γραμμή και επιφανειακά στραγγιστήρια).

Με την ολοκλήρωση των προτεινόμενων διορθωτικών εργασιών υπαίθρου χρειάζεται συστηματική παρακολούθηση τους, μέσω τοπογραφικών μετρήσεων. Συγκεκριμένα με τις συμβατικές γεωδαιτικές μεθόδους επιλέγονται σημεία μέσα στη μάζα που είχε κατολισθήσει, καθώς και σημεία εκτός αυτής που παραμένουν σταθερά και γίνονται μετρήσεις αναφορικά με τη σχετική τους μετακίνηση. Οι μετρήσεις είναι δυνατό να γίνουν είτε σε τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, είτε σε περιόδους που επικρατούν έντονα φαινόμενα βροχοπτώσεων, είτε μετά από εκδήλωση σεισμού. Είναι προφανές ότι τα σημεία που χαρακτηρίζονται σταθερά πρέπει σαφώς να βρίσκονται εκτός κατολίσθησης και πάνω σε σταθερό γεωλογικό υπόβαθρο. Επίσης είναι δυνατή η χρήση της μεθόδου φωτογραμμετρίας, όπου λαμβάνεται διαδοχική σειρά φωτογραφιών από δύο ή περισσότερα σταθερά σημεία, που επικαλύπτουν την περιοχή ενδιαφέροντος και με απλή επίθεση είναι δυνατός ο προσδιορισμός της μετακίνησης.

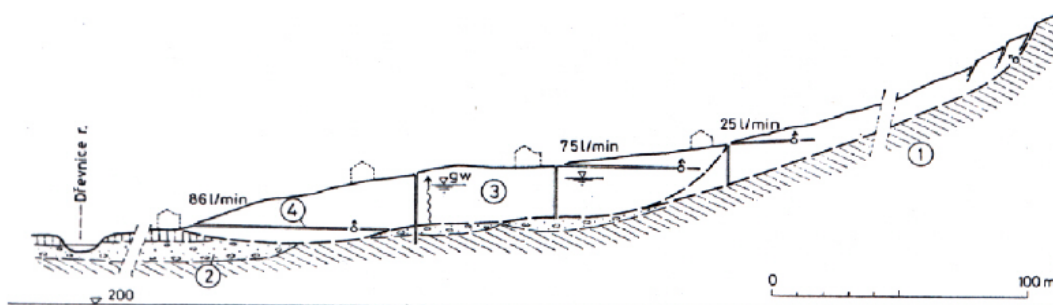
Τα επιφανειακά σημάδια εκδήλωσης μιας κατολίσθησης είναι η περιοχή φρυδιού και η περιοχή του πόδας της, ενώ η μορφή της επιφάνειας ολίσθησης καθορίζει την έκτασή της σε βάθος. Όταν η επιφάνεια ολίσθησης βρίσκεται μέχρι και 2m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους τότε η κατολίσθηση ονομάζεται **επιφανειακή**. Όταν το βάθος ολίσθησης δεν υπερβαίνει τα 5m τότε ονομάζεται **μέσου βάθους**, για βάθος μέχρι και 20m ονομάζεται **βαθιά** και τέλος για βάθος μεγαλύτερο από 20m ονομάζεται **πολύ βαθιά**. Η ολίσθηση μπορεί να συμβεί κατά μήκος μόνο ενός επιπέδου, η κατά μήκος περισσότερων επιπέδων

Σε περίπτωση που η έρευνα κατολίσθησεων δεν γίνει και προκύψει κάποια ολίσθηση τότε τα άμεσα μέτρα που μπορούν να ληφθούν είναι τα ακόλουθα:

- Τοποθέτηση χωματισμών στην βάση της ολισθαίνουσας μάζας ή αφαίρεση χωματισμών από την κεφαλή της κατολίσθησης.
- Συλλογή και απομάκρυνση όλων των επιφανειακών υδάτων που ρέουν μέσα στην περιοχή που ολίσθησε με χρήση επιφανειακών στραγγιστηρίων που κατασκευάζονται είτε παράλληλα με το φρύδι του πρανούς, είτε πάνω στην ολισθαίνουσα μάζα.
- Διάνοιξη πάνω στην ολισθαίνουσα μάζα συστήματος κύριων και δευτερευουσών αποστραγγιστικών στοών για την συλλογή των υπόγειων υδάτων (με φυσική ροή).
- Διάνοιξη φρεάτων για άντληση των υπόγειων υδάτων με στόχο την ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.



Εικόνα 2.12: Αστοχία πρανούς από εκσκαφή στη βάση του για διάνοιξη οδού.



Εικόνα 2.13: Γεωλογική τομή κατολίσθησης. Η συνολική μετακίνηση ήταν της τάξης 1,5m και κατέστρεψε τρία (3) σπίτια.

Επιπλέον μέτρα που θα μπορούσαν να ληφθούν για την αντιμετώπιση μιας κατολίσθησης είναι τα ακόλουθα:

- Φυτοκάλυψη του πρανούς με ταυτόχρονη χρήση γεωπλέγματος.
- Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης στη βάση του πρανούς. Οι τοίχοι βαρύτητας συνεισφέρουν μόνο με το βάρος τους στη συγκράτηση ολισθαίνουσας μάζας (αντίσταση στην ολίσθηση), ενώ αντίθετα αν ο τοίχος αντιστήριξης εδράζεται πάνω σε πασσάλους,

τότε και αυτοί μπορούν να παραλάβουν οριζόντια φορτία, ενώ επιπλέον προστατεύουν το πρανές και από πιθανές επιφάνειες ολίσθησης που αναπτύσσονται σε μεγαλύτερα βάθη.

- Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης στη βάση του πρανούς ή πασσαλότοιχου και ταυτόχρονη χρήση αγκυρίων.
- Μείωση κλίσης πρανούς (π.χ. δημιουργία αναβαθμίδων) ή ολική μείωση της κλίσης.
- Αποφυγή εξωτερικών φορτίσεων στην κορυφή αλλά και το σώμα του πρανούς.



Εικόνα 2.14: Εικόνες κατολίσθησης. (α) σε εθνική οδό και (β) σε σιδηροδρομική γραμμή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

3.1 ΤΟΙΧΟΙ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Ως τοίχος αντιστήριξης νοείται κάθε τεχνικό έργο που υποστηρίζει ένα επίχωμα ύψους μεγαλύτερου από 0,50m πάνω από τη στάθμη επιχώματος ή από το φυσικό έδαφος που βρίσκεται σε άμεση επαφή με την όψη του. Οι τοίχοι θα μελετηθούν για ελάχιστη διάρκεια ζωής 100 ετών, μπορεί να έχουν διάφορες μορφές και να είναι κατασκευασμένοι με διάφορες μεθοδολογίες και υλικά κατασκευής, τρόπους θεμελίωσης κλπ. Έτσι, οι τοίχοι αντιστήριξης μπορεί να είναι, ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, βαρύτητας, μορφής ανεστραμμένου T ή L, αντηριδωτοί, πασσαλότοιχοι, διαφραγματικοί, συνδυασμοί αυτών ή και οπλισμένες επιχώσεις.



Εικόνα 3.1: Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου κατασκευής θα γίνεται με βάση τη θεώρηση διαφόρων κριτηρίων, όπως:

- Ελαχιστοποίηση της συνολικής δαπάνης κατά τη διάρκεια ζωής
- Η μορφή κατασκευής που επιλέγεται θα λαμβάνει υπόψη τη γειτνίαση με άλλα έργα, ιδιοκτησίες και εγκαταστάσεις, ώστε να μπορεί να εκτελεσθεί το έργο χωρίς να τεθούν σε κίνδυνο η ασφάλεια, η ακεραιότητα και η κανονική λειτουργία αυτών.

- Η θέση, μορφή και προβλεπόμενες μέθοδοι κατασκευής θα λαμβάνουν υπόψη τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τα όρια της απαλλοτρίωσης ή/και τις άδειες που περιορίζουν η χρήση της.
- Οι μέθοδοι κατασκευής που θα προβλέπονται στις μελέτες θα είναι κατάλληλες ώστε θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα διευκόλυνσης της τοποθέτησης και της συμπύκνωσης των υλικών.

3.1.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΩΡΗΣΕΙΣ

- Οι ειδικές θεωρήσεις αναφέρονται στη δυνατότητα χρήσης τυποποιημένων τεχνικών έργων αντιστήριξης.
- Τα τυποποιημένα συστήματα θα αποτελούνται από υλικά που θα πληρούν τις απαιτήσεις διάρκειας ζωής σχεδιασμού του έργου. Όλα τα ενσωματωμένα υλικά θα απαιτείται να πιστοποιούνται από αναγνωρισμένο οργανισμό ότι η μακροπρόθεσμή τους αντοχή και ανθεκτικότητα είναι ικανοποιητική
- Στις περιπτώσεις στις οποίες προτείνονται τυποποιημένα τεχνικά έργα αντιστήριξης, η μελέτη τους θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τους αντίστοιχους κανονισμούς και με τις υποδείξεις του κατασκευαστή.

3.1.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Τηρουμένων των σχετικών απαιτήσεων όσον αφορά στους τύπους των στοιχείων κατασκευής, θα πρέπει να τηρούνται και τα ακόλουθα:

Σκυροδέματα

- Οι από οπλισμένο σκυρόδεμα τοίχοι αντιστήριξης θα κατασκευάζονται εξ ολοκλήρου (κορμοί, επιστέψεις, θεμέλια) από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας B25.
- Οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας ανώτερης του B25 θα χρησιμοποιείται εφόσον προκύπτουν λόγοι διαστασιολόγησης από γεωμετρικούς ή άλλους περιορισμούς.
- Οι πάσσαλοι, όπου χρησιμοποιούνται, καθώς και οι κεφαλόδεσμοί τους, θα κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα ποιότητας B25 ή ανώτερης. Οι μεταλλικοί πάσσαλοι αποκλείονται.
- Κάτω από τα θεμέλια των τοίχων θα κατασκευάζεται υποχρεωτικά εξομαλυντική στρώση από σκυρόδεμα κατηγορίας B10 ελάχιστου πάχους 10cm.
- Η σκυροδέτηση θα γίνεται απαραίτητα με τη χρήση πλευρικών ξυλοτύπων, αποκλειόμενης κάθε περίπτωσης σκυροδέτησης σε επαφή με το μέτωπο εκσκαφής.

Αρμοί διαστολής και αρμοί κατασκευής

Οι αρμοί διαστολής και αρμοί κατασκευής στους τοίχους αντιστήριξης θα σχεδιάζονται σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές και τις συμπληρωματικές απαιτήσεις των επομένων παραγράφων.

Η μελέτη θα πρέπει να επιτρέπει την τοποθέτηση των αρμών διαστολής και κατασκευής κατά τρόπο ώστε να συμπίπτουν με τα χαρακτηριστικά τελειώματος και τις σκοτίες. Οι οριζόντιοι αρμοί διαστολής θα πρέπει να αποφεύγονται.

Αρμοί διαστολής: Ο σχεδιασμός των έργων αντιστήριξης θα γίνεται κατά τρόπο που να επιτρέπονται οι μετακινήσεις από τις επιδράσεις της θερμοκρασίας και της συστολής εκ πήξεως. Στα σημεία που προβλέπονται αρμοί διαστολής τόσο μεταξύ τμημάτων τοίχων αντιστήριξης όσο και μεταξύ τοίχων αντιστήριξης και ακροβάθρων ή περυγίων ακροβάθρων, αυτοί θα είναι ευθύγραμμοι και κατακόρυφοι και θα επεκτείνονται σε όλο το ύψος του τοίχου, συμπεριλαμβανομένου του πεδύλου. Ο οπλισμός θα διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής επικάλυψη με σκυρόδεμα μεταξύ των ενσωματωμένων στοιχείων του αρμού και των παρακείμενων ράβδων.

Αρμοί κατασκευής: Οι αρμοί κατασκευής στους τοίχους αντιστήριξης θα σχεδιάζονται σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές και τις συμπληρωματικές απαιτήσεις όπως αναφέρονται παρακάτω.

Οι οριζόντιοι ή/και κατακόρυφοι αρμοί κατασκευής στον κορμό των τοίχων, πρέπει να αποφεύγονται. Όταν η πρόβλεψή τους επιβάλλεται από τον όγκο του προς διάστρωση σκυροδέματος, θα παίρνεται φροντίδα να συμπίπτουν με σκοτίες στην πρόσοψη του κορμού με τη διατομή που δίνεται στις αντίστοιχες προδιαγραφές για τις κατακόρυφες σκοτίες. Η μελέτη του οπλισμού θα πρέπει να επιτρέπει την κατασκευή του τοίχου σε διαστρώσεις κατάλληλου μεγέθους, κατά τρόπο ώστε να περιορίζονται οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και της συστολής από πήξη. Οι κύριοι κατασκευαστικοί αρμοί θα πρέπει να παρουσιάζονται στα σχέδια διάταξης του οπλισμού κατά το στάδιο της οριστικής μελέτης και θα πρέπει να δείχνονται και να προσδιορίζονται ανάλογα οι ποσότητες οπλισμού.

Θεμελίωσης

- Το ελάχιστο βάθος θεμελίωσης θα είναι 0,80m από την τελική στάθμη διαμορφώσεων μπροστά στο πέδιλο.
- Στην περίπτωση παρακείμενης κοίτης το βάθος θεμελίωσης θα καθορίζεται με υπολογισμούς του βάθους της πιθανής διάβρωσης της κοίτης. Το ελάχιστο βάθος θεμελίωσης θα είναι 1,0m κάτω από την πιθανή στάθμη διάβρωσης του εδάφους και τουλάχιστον 3,0m κάτω από την υπάρχουσα κοίτη ή 1,0m μέσα στον βράχο (αν η θεμελίωση γίνεται σε βράχο). Αν η θεμελίωση γίνεται σε πασσάλους, οι υπολογισμοί των πασσάλων και της ανωδομής θα περιλάβουν και τις δύο καταστάσεις, πριν και μετά την πιθανή διάβρωση.
- Κατά τη διαμόρφωση της επιφάνειας θεμελίωσης θα τηρούνται επίσης οι προδιαγραφές σχετικά με την αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος φυτικών γαιών και χαλαρών κλπ.

Επιχώσις

(Α) Η επίχωση πίσω από τους τοίχους που αντιστηρίζουν "σημαντικά συγκοινωνιακά έργα" θα γίνεται ως ακολούθως:

- **Επίχωση πλάτους $b > 3,00\text{m}$** Για το σύνολο ή τμήμα της επίχωσης πίσω από τους τοίχους, όπου το πλάτος b (μεταξύ της πίσω όψης του τοίχου και της παρειάς της εκσκαφής ή του άλλου άκρου του επιχώματος) είναι $b > 3,00\text{m}$, η επίχωση θα γίνεται προϊόντα εκσκαφών κατάλληλα για την κατασκευή επιχωμάτων και οι συνθήκες συμπίκνωσης θα αναφέρονται στην κατασκευή κανονικού επιχώματος (συνήθους ή με αυξημένο βαθμό συμπίκνωσης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του υπολοίπου επιχώματος)
- **Επίχωση πλάτους $b \leq 3,00\text{m}$** Για το σύνολο ή τμήμα της επίχωσης όπου το πλάτος είναι $b \leq 3,00\text{m}$, η επίχωση θα γίνεται με "μεταβατικά έργα" ή "μεταβατικά επιχώματα", όπως αυτά ορίζονται ακολούθως: (i) Λιθορριπές: Αυτές θα κατασκευάζονται από λίθους λατομείου μέγιστης διάστασης $0,40\text{m}$ (ή μικρότερης εφόσον οι διαστάσεις του σκάμματος και οι τοπικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη χρήση τόσο μεγάλων λίθων). Οι λιθορριπές θα κατασκευάζονται σε στρώσεις μέγιστου πάχους $0,80\text{m}$ και το συνολικό τους ύψος δεν θα μπορεί να υπερβαίνει τα $8,00\text{m}$. Σε όση έκταση δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση κατάλληλων δονητικών οδοστρωτήρων, οι λιθορριπές θα συμπυκνώνονται με κατάλληλα δονητικά μηχανήματα συμπίκνωσης (δονητικοί συμπιεστές, δονητικές πλάκες, δονητικοί κύλινδροι) βαρέως τύπου, σύμφωνα με τις ισχύουσες Τεχνικές Προδιαγραφές (ii) Κατεργασμένο Θραυστό Αμμοχάλικο (Κ.Θ.Α.) με τσιμέντο, σύμφωνα με τις ισχύουσες Τεχνικές Προδιαγραφές. (iii) Σταθεροποιημένο Εδαφικό Υλικό (Σ.Ε.Υ.) με τσιμέντο, σύμφωνα με τις ισχύουσες Τεχνικές Προδιαγραφές. (iv) Σκυρόδεμα κατηγορίας Β5.

(Β) Η επίχωση πίσω από τους τοίχους (όπως παραπάνω) που αντιστηρίζουν λοιπά έργα πλην "σημαντικών συγκοινωνιακών έργων", μπορεί να γίνεται εξ ολοκλήρου με προϊόντα εκσκαφών κατάλληλα για την κατασκευή επιχωμάτων. Οι συνθήκες συμπίκνωσης στα τμήματα όπου το πλάτος b θα είναι $b > 3,00\text{m}$ θα αντιστοιχούν σε συμπίκνωση κανονικού επιχώματος με οποιοδήποτε βαθμό συμπίκνωσης προδιαγράφεται για το υπόλοιπο κανονικό επίχωμα. Οι συνθήκες συμπίκνωσης για τμήματα όπου είναι $b \leq 3,00\text{m}$, θα αντιστοιχούν στη συμπίκνωση που προβλέπεται για επίχωση "περιοχής πάνω από τη ζώνη αγωγού".

Ως "σημαντικά συγκοινωνιακά έργα" έχουμε:

- Αυτοκινητόδρομους
- Κλάδους κόμβων (υπεραστικού ή αστικού τύπου)
- Υπεραστικές οδοί κατηγορίας AV ή Γ_4 και ανώτερης
- Αστικές οδοί λειτουργικής κατάταξης συλλεκτήριας οδού και ανώτερης
- σιδηροδρομικές γραμμές

(Γ) Τεχνικά έργα αντιστήριξης που επιχώνονται θα πρέπει να περιλαμβάνουν συστήματα αποστράγγισης που συντηρούνται εύκολα, ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη σημαντικών υδροστατικών πιέσεων στην αντιστηριζόμενη επίχωση.

3.1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΤΟΙΧΟΥ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Το πρόβλημα της αντιστήριξης μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορους τρόπους. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει μια λύση προτιμότερη από τις άλλες. Θα εξετάσουμε από ποιους παράγοντες εξαρτάται η λύση αυτή:

- **Το υλικό κατασκευής του τοίχου:** Το υλικό επηρεάζει την λύση τόσο με την αντοχή του όσο και με το ίδιο το βάρος του, που αντιστέκεται στην ώθηση. Από την εκλογή του υλικού εξαρτάται κυρίως η οικονομία της λύσης.
- **Μέθοδος εκτέλεση του τοίχου:** Η λύση επηρεάζεται από τον τρόπο κατασκευής, όταν οι συνθήκες εκτελέσεως είναι δυσμενείς. Η κατασκευή π.χ. κάτω από την στάθμη του υπόγειου ύδατος αποκλείει ορισμένους τύπους τοίχων, που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν καταλληλότεροι. Είναι απαραίτητο στις ειδικές αυτές περιπτώσεις, αλλά κατά κάποιο τρόπο και γενικότερα, σε όλες τις περιπτώσεις, η εκλογή της λύσης να γίνεται έτσι που να αντιστοιχεί στον οικονομικότερο τρόπο εκτέλεσης. Τοίχοι από μεταλλικές πασσαλοσανίδες θεωρούνται συνήθως δαπανηροί αλλά για κατασκευές κάτω από το νερό απλοποιούν τόσο την εκτέλεση, που προτιμούνται συχνά, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για προσωρινές κατασκευές. Ο μηχανικός πρέπει να έχει σαφή αντίληψη των δυσκολιών που θα συναντήσει στην εκτέλεση του τοίχου αντιστήριξης του οποίου θα αναλάβει την μελέτη.

Οι διάφοροι τοίχοι αντιστήριξης εξετάζονται σε συνάρτηση με το υλικό κατασκευής τους. Οι τοίχοι αντιστήριξης επομένως κατασκευάζονται συνήθως από τα εξής υλικά: Λιθοδομή, άοπλο σκυρόδεμα, οπλισμένο σκυρόδεμα, συρματοκιβώτια. Σε σπάνιες περιπτώσεις κατασκευάζονται και οριστικοί τοίχοι ξύλινοι, συνήθως όμως το ξύλο χρησιμοποιείται για προσωρινές κατασκευές. Υπάρχουν παραδείγματα τοίχων από προεντεταμένο σκυρόδεμα αλλά πρόκειται μάλλον για τοίχους οπλισμένου ή μη σκυροδέματος στους οποίους έχουν προστεθεί φορτία με καλώδια προέντασης. Συναντάμε και λύσεις που συνδυάζουν δύο ή περισσότερα υλικά. Πλέον αρχίζουν να κατασκευάζονται και τοίχοι από οπλισμένη γη, αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο από τους άλλους τοίχους και δεν έχουν ακόμα χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα στην Ελλάδα.

3.2 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΛΙΘΟΔΟΜΗ

Αποτελούνται σε όλο το πάχος τους από λιθοδομή ή έχουν μόνο επένδυση από πέτρα με εσωτερικό άοπλο σκυρόδεμα. Υπάρχουν επίσης και τοίχοι από πλινθοδομή. Οι τοίχοι αυτοί ήταν οι μόνοι που κατασκευάζονταν μέχρι την εμφάνιση του σκυροδέματος και είναι φυσικό να υπάρχουν ακόμα πολλά παραδείγματα εφαρμογής τους. Σήμερα όμως η χρήση τους είναι περιορισμένη και γίνεται μόνο στις εξής περιπτώσεις:

- Όταν πρόκειται για έργα δευτερευούσης σημασίας για τα οποία δεν δικαιολογείται η εγκατάσταση εργοταξίου σκυροδέματος.
- Όταν το ύψος του τοίχου δεν είναι μεγαλύτερο από 3-4 μέτρα.

- Όταν το έδαφος είναι βραχώδες και δεν προκαλεί μεγάλες ωθήσεις. Στην περίπτωση αυτή επαρκεί μια ελαφρά επένδυση, που να εμποδίζει την πτώση των λίθων και να προστατεύει την επιφάνεια από τα νερά της βροχής. Δίνεται πάντα ελαφρύ κλίση στην επιφάνεια του τοίχου. Το πρόβλημα της κυκλοφορίας του νερού θα πρέπει να εξετάζεται με προσοχή γιατί ο τοίχος δεν πρέπει να δεχθεί υδροστατική πίεση σε όλο το ύψος του. Πρέπει να εμποδίζεται η είσοδος των νερών της βροχής με σφράγιση των ρωγμών που βρίσκονται στην επιφάνεια, και να προβλέπονται στραγγιστήρια για να απομακρύνεται το νερό που φτάνει πίσω από τον τοίχο.

Η τιμή των ωθήσεων εξαρτάται από την κλίση των ρωγμών. Κάθε περίπτωση πρέπει να μελετάται προσεκτικά αφού ληφθεί υπόψη η θέση των επιφανειών ολισθήσεως. Αν οι ωθήσεις έχουν υψηλές τιμές εκτελούνται αγκυρώσεις κάθετα στις ρωγμές. Η θεμελίωση του τοίχου δεν δημιουργεί προβλήματα όσο το έδαφος είναι καλό και τα φορτία χαμηλά. Φθάνει μόνο να τοποθετείται σε βάθος 20-30 εκατοστά τουλάχιστον και να είναι κάθετοι στον τοίχο. Επένδυση από λιθοδομή τοποθετούνταν παλιότερα σε τοίχους από σκυρόδεμα που δέχονταν κρούσεις ή την δυναμική ενέργεια του νερού (λιμενικά και υδροηλεκτρικά έργα, δεξαμενές κλησιάδες κλπ.). Η επένδυση αυτή από λαξευτή πέτρα είχε πάχος 60-80 εκατοστά και έμπαινε για την προστασία του σκυροδέματος που είναι αρκετά εύθραυστο. Σήμερα όμως το σκυρόδεμα είναι καλύτερης ποιότητας και δεν είναι απαραίτητη η επένδυση αυτή που είναι σχετικά δαπανηρή. Οι διαστάσεις και γενικότερα η διάταξη των τοίχων από λιθοδομή είναι ανάλογες με την διάταξη των τοίχων από άοπλο σκυρόδεμα.

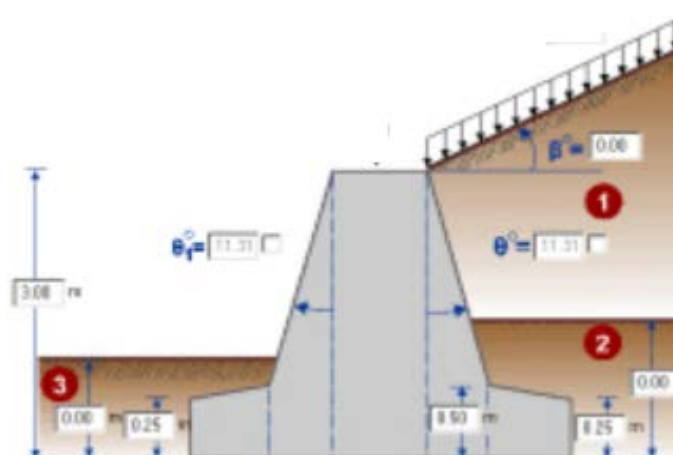


Εικόνα 3.2: Τοίχοι από λιθοδομή

3.3 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΑΟΠΛΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Οι τοίχοι από άοπλο σκυρόδεμα ή αλλιώς τοίχοι βαρύτητας έχουν τραπεζοειδής διατομή. Το πάχος στην κορυφή είναι της τάξης 30-50 εκατοστών. Στη βάση το πλάτος εξαρτάται από τις ωθήσεις. Συνήθως η τιμή του κυμαίνεται στα 40-50% του θεωρητικού ύψους H, οι τιμές της βάσης οδηγούν σε τάσεις εφελκυσμού του σκυροδέματος στην εσωτερική παρειά. Αν οι τάσεις που δημιουργούνται δεν είναι μεγαλύτερες από 4 kgf/cm^2 , δεν χρειάζεται να προστεθεί οπλισμός. Αν όμως έχουν μεγαλύτερες τιμές, πρέπει να οπλίζεται ελαφρά ο τοίχος. Ο οπλισμός δεν χρειάζεται να παραλάβει το σύνολο των τάσεων εφελκυσμού, άλλα για να επιτρέψει την αύξηση της αντοχής στην ρηγμάτωση του σκυροδέματος. Η αντοχή στον εφελκυσμό του σκυροδέματος

λαμβάνεται υπόψη κατ' εξαίρεση στην περίπτωση των τοίχων, γιατί οι τοίχοι δέχονται σταθερά φορτία γιατί δεν υπάρχουν κλιματικές μεταβολές που αποτελούν την κύρια αιτία ρηγματώσεως. Στις παρειές του τοίχου δίνεται κλίση. Για λόγους αισθητικής είναι καλό να δίνεται ελαφρύ μόνο κλίση (1/10) στην εξωτερική πλευρά και η συμπληρωματική κλίση στην εσωτερική. Αν η μια πλευρά είναι κατακόρυφη, απλοποιείται η τοποθέτηση ξυλοτύπων. Είναι προτιμότερο να εκτελούνται κατακόρυφα και οι δύο πλευρές και να αυξάνεται το πάχος του τοίχου, όχι με συνεχή τρόπο αλλά βαθμιαία. Η διάταξη οδηγεί σε αύξηση του όγκου του σκυροδέματος. Αλλά η εκτέλεση των ξυλοτύπων απλοποιείται σημαντικά και τελικά η λύση είναι πολύ οικονομική. Αν δεν υπάρχουν λόγοι που να το απαγορεύουν, είναι οικονομικότερο να είναι η εσωτερική πλευρά κατακόρυφη και η εξωτερική πλευρά με κλίση. Οι τοίχοι που έχουν κεκλιμένη εσωτερική πλευρά έχουν καλύτερη αντοχή στην ολίσθηση.



Εικόνα 3.3: Σκαρίφημα τοίχου βαρύτητας.

Οι τοίχοι αντιστήριξης από άοπλο σκυρόδεμα είναι σημαντικοί και ενδιαφέροντες για ύψη μικρότερα από 3-4 μέτρα. Απαιτούνται σχετικά μεγάλες ποσότητες σκυροδέματος, αλλά αποφεύγεται ο οπλισμός και η κατασκευή είναι απλή. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση τοίχων με μεταβλητό ύψος, οι τοίχοι αυτοί έχουν μεγάλη αντοχή στις κρούσεις και στις καιρικές μεταβολές. Για τους λόγους αυτούς τους προτιμούμαι στα λιμενικά έργα και σε περίπτωση μεγαλύτερου ύψους μπορεί να βρεθεί οικονομικότερη λύση με τοίχους άοπλου σκυροδέματος. Το ενδιαφέρον των λύσεων αυτών δεν οφείλεται πλέον στην απλοποίηση της εκτελέσεως, γιατί οι διατομές του τοίχου παύουν να είναι απλές και ομοιόμορφες, αλλά στο ότι αποφεύγεται ο οπλισμός του σκυροδέματος. Όταν ο τοίχος είναι σε συνεχή επαφή με μία τουλάχιστον επιφάνεια του με το νερό δημιουργείται κίνδυνος οξειδώσεως του οπλισμού και καταστροφής του οπλισμένου σκυροδέματος. Είναι συνεπώς προτιμότερο να αποφεύγεται η χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος σε αυτές τις περιπτώσεις. Οι μορφές των τοίχων άοπλου σκυροδέματος μεγάλου ύψους είναι ανάλογες με αυτές που χρησιμοποιούνται για τα φράγματα και η σχεδίαση τους βασίζεται στις εξής αρχές:

- Αφαιρούνται τα μέρη των διατομών που δεν είναι απαραίτητα για την αντοχή του τοίχου.

- Δίνονται στον τοίχο μορφές που αντιστοιχούν στις σχοινοκαμπύλες των ωθήσεων των φορτίων.
- Δίνονται κατάλληλες κλίσεις στην επιφάνεια του τοίχου σε επαφή με το έδαφος έτσι που να μειώνονται όσο γίνεται περισσότερο οι ωθήσεις του εδάφους.

Η κυριότερη δυσκολία εκτελέσεως των τοίχων αυτών οφείλεται στους ξυλότυπους και συνεπώς παρουσιάζει ενδιαφέρον η προκατασκευή. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία έχουν συνήθως μεγάλες διαστάσεις και η τοποθέτησή τους απαιτεί ακρίβεια και καλό εξοπλισμό εργοταξίου.

3.4 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Οι τοίχοι από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν την εξέλιξη των τοίχων βαρύτητας. Έχουν μια σημαντικά μικρότερη διατομή και χρειάζονται, αντίστοιχα, λιγότερα υλικά κατασκευής, επίσης παραλαμβάνουν τις ενεργητικές ωθήσεις λειτουργώντας ως πρόβολοι, ενώ το ύψος τους φθάνει συχνά και τα 8 μέτρα. Κατασκευάζονται συνήθως με κεκλιμένη της εξωτερική παρειά του κορμού και κατακόρυφη την εσωτερική. Οι υπολογισμοί δεν περιορίζονται στους γεωτεχνικούς ελέγχους ευστάθειας αλλά περιλαμβάνουν συγχρόνως και τους ελέγχους χαρακτηριστικών διατομών σε κάμψη και διάτμηση καθώς και προσδιορισμό των απαιτούμενων οπλισμών.

Η διαστασιολόγηση του θεμελίου και του κορμού του τοίχου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και συγκεκριμένα:

- Από την ποιότητα των υλικών επίχωσης
- Από τη γεωμετρία της εκσκαφής και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά του φυσικού εδάφους
- Από την επιφόρτιση
- Από το ύψος H της διαφοράς στάθμης σκάφης – επιφάνειας επίχωσης και τη γενική διαμόρφωση του τοίχου.

Ορισμένοι απλοί κανόνες για μια πρώτη προσέγγιση στη διαστασιολόγηση ενός τοίχου είναι οι εξής:

- Η στέψη του τοίχου πρέπει να έχει ένα πάχος όχι μικρότερο από 20 cm ενώ ο τοίχος πρέπει να διαμορφώνεται με μικρό στηθαίο, να εξέχει δηλαδή από τη στάθμη επίχωσης κατά 20 – 30 cm.
- Όταν η εξωτερική παρειά είναι κεκλιμένη, η κλίση αυτή πρέπει να είναι 2% περίπου.
- Το πλάτος του θεμελίου πρέπει να είναι περίπου ίσο με $B = 0,8 H$, ενώ το πάχος του θεμελίου θα πρέπει να είναι ίσο με $H/8$.
- Όλες οι διαστάσεις θα πρέπει να υπολογίζονται σε μέτρα ή σε εκατοστά και να στρογγυλεύονται κατάλληλα.



Εικόνα 3.4: Τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Έκτος από την παραπάνω χαρακτηριστική διατομή είναι δυνατόν να κατασκευασθούν τοίχοι με πολλές παραλλαγές. Έτσι για διευκόλυνση της τοποθέτησης των ξυλότυπων είναι δυνατό να προτιμηθούν οι κατακόρυφες παρειές αντί των κεκλιμένων σε συνδυασμό με την εκτέλεση αναβαθμού. Ακόμη πολλές φορές για αύξηση της ευστάθειας κατασκευάζεται ένας χαλινός στο άκρο του πέλματος.

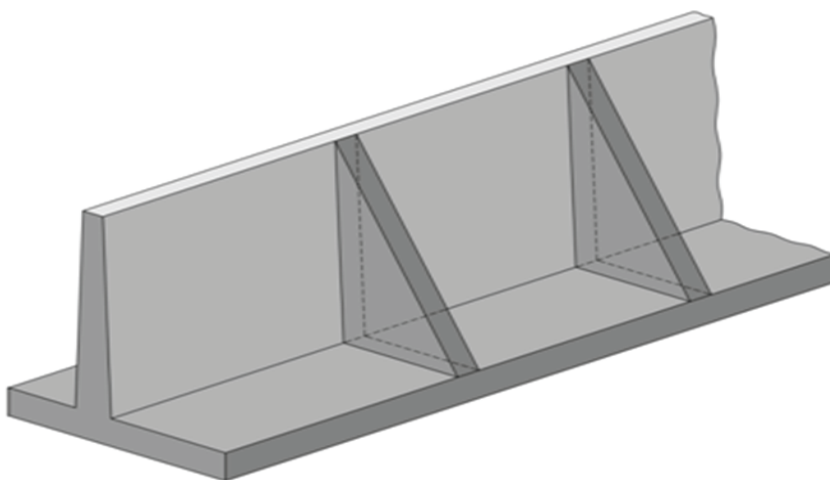


Εικόνα 3.5: (α) Τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα (β) Διαδικασία κατασκευής τοίχου από οπλισμένο σκυρόδεμα.

3.4.1 ΒΑΣΙΚΑ ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

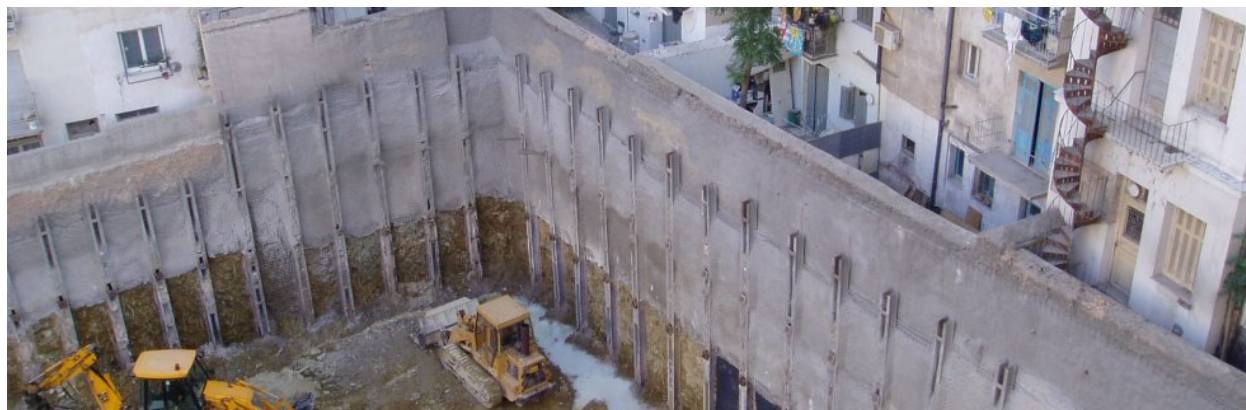
Αντηριδωτοί τοίχοι Οι τοίχοι αυτού του είδους βασίζονται στην πολύ καλή θεμελίωση , κατασκευάζονται σε περίπτωση που το ύψος H των γαιών είναι τόσο μεγάλο που η λύση του απλού τοίχου αντιστήριξης είναι αντικοινομική. Το ύψος των αντηριδωτών τοίχων ποικίλλει από 8 έως 12 μέτρα. Οι αντηρίδες έχουν πάχος 20 cm κατ' ελάχιστο και τοποθετούνται ανά αποστάσεις 4 – 5 m περίπου. Η διαστασιολόγηση του τοίχου γίνεται αναλογικά ανάλογα με το ύψος του, δηλαδή αν ύψος H , τότε το πάχος του πέδιλου θα είναι $0,1 H$ και το πλάτος του $0,7 H$, επιπλέον η απόσταση των αντηρίδων είναι $0,6 H$.

Παραλλαγή του συμβατικού αντηριδωτού τοίχου που φέρει αντηρίδες προς το εσωτερικό, είναι ο τοίχος με αντηρίδες στην όψη, ο οποίος αποτελεί μια περισσότερο σπάνια εφαρμογή. Οι αντηριδωτοί τοίχοι είναι αρκετά συνήθης σε οδικά έργα.



Εικόνα 3.6: Αντηριδωτός τοίχος αντιστήριξης.

Οι τοίχοι «τύπου Βερολίνου» είναι μια ειδική κατηγορία έργων αντιστήριξης, που έχουν ευρεία εφαρμογή σε αστικές κατασκευές και στην αστική οδοποιία. Η λειτουργία τους, υπό μορφή κατακόρυφων προβόλων, είναι εντελώς ανάλογη με εκείνη των διαφραγμάτων σκυροδέματος από τα οποία ωστόσο υπερτερούν λόγω της απλότητας των μέσων εκσκαφής που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή. Οι «τοίχοι Βερολίνου» κατασκευάζονται σταδιακά προ και κατά τη φάση εκσκαφής. Πριν από οποιαδήποτε εκτέλεση χωματουργικών εργασιών, τοποθετείται εντός του εδάφους στο όριο ή στο περίγραμμα του προς διάνοιξη σκάμματος, μια σειρά πασσάλων, μεταλλικών ή εκ σκυροδέματος, σε πυκνή διάταξη και σε βάθος μεγαλύτερο αυτού του σκάμματος. Εν συνεχεία, εκτελείται σταδιακά η εκσκαφή και αποκαλύπτεται, παράλληλα με τη διαδικασία εκσκαφής, η εξωτερική (προς το σκάμμα) επιφάνεια των πασσάλων. Τα κενά μεταξύ πασσάλων καλύπτονται με πρόχυτες πλάκες σκυροδέματος, με μεταλλικά φύλλα, ξύλινες σανίδες και, συνήθεστερα, με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα οπλισμένο με μεταλλικό πλέγμα. Έτσι δημιουργείται ένα είδος κατακόρυφου διαφράγματος, το οποίο αποτελείται από τους πασσάλους και τα ενδιάμεσα επίπεδα στοιχεία που αντιστηρίζουν την εδαφική μάζα στην εξωτερική παρειά της κατασκευής.



Εικόνα 3.7: Τοίχος αντιστήριξης τύπου Βερολίνου.

Ανάλογα με το μέγεθος των ενεργητικών ωθήσεων, κατά τη σταδιακή εκτέλεση του σκάμματος, η δράση αντιστήριξης των πασσάλων μπορεί να ενισχύεται από προεντεταμένα ή αυτοδιατηρήσιμα αγκύρια. Κατά την ολοκλήρωση της εκσκαφής το σύνολο των στοιχείων της κατασκευής, πάσσαλοι – πλάκες – αγκύρια, δημιουργεί τις προϋποθέσεις ευστάθειας και αντιστήριξης του εδάφους. Το βάθος έμπτυξης και, επακόλουθα, το συνολικό μήκος των πασσάλων, αποτελεί βασικό αντικείμενο σχεδιασμού. Οι «τοίχοι Βερολίνου» εφαρμόζονται σε έργα όπου η οποιαδήποτε εκσκαφή ανάντη (όπισθεν) του τοίχου, για λειτουργικούς λόγους ή λόγω κινδύνων κατολίσθησης, δεν είναι επιτρεπτή. Τέτοιες συνθήκες συναντώνται συχνά σε αστικό περιβάλλον, όπου η εκτέλεση υπόγειων οδικών ή σιδηροδρομικών έργων δεν μπορεί να διακόπτει την καθημερινή λειτουργία των αστικών αρτηριών και την κυκλοφορία των οχημάτων. Η ως άνω μέθοδος, στις περιπτώσεις αυτές, αποτελεί μια από τις πλέον ενδεδειγμένες και συνήθεις τεχνικές εφαρμογής. Στην υπεραστική οδοποιία, η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοσθεί, όταν η εκτέλεση μια εκσκαφής φυσικού πρανούς εγκυμονεί κινδύνους κινητοποίησης και κατολίσθησης μεγάλων εδαφικών μαζών με αποτέλεσμα, πριν από κάθε χωματουργική εργασία, να είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται η ευστάθεια των γεωσχηματισμών στα ανάντη της οδού.

Τοίχοι με αγκύρια είναι μια μικρή παραλλαγή τοίχου οπλισμένου σκυροδέματος, αρκετά συνήθης σε οδικά έργα, είναι ο αγκυρωμένος τοίχος που λειτουργεί ως έργο ανάσχεσης των εδαφικών μετακινήσεων χάρη στη δράση των αγκυριών.



Εικόνα 3.8: Τάνυση αγκυριών στην δύναμη προέντασης

Οι τοίχοι αυτού του είδους δε φέρουν καμία θεμελίωση και εφαρμόζονται σε περιπτώσεις όπου η εκσκαφή δεν είναι δυνατή.

Οι οπλισμοί και οι ξυλότυποι τοποθετούνται επί της διαμορφωμένης επιφάνειας του εδάφους επί της οποίας κατασκευάζεται ο τοίχος εν είδη επένδυσης. Η αντίσταση στις μετακινήσεις εξασφαλίζεται μέσω των αγκυρίων, τα οποία πρέπει να φθάνουν σε βάθος ικανό και, σε κάθε περίπτωση, πίσω από την επιφάνεια πιθανής αστοχίας του εδάφους.

Οι αγκυρωμένοι τοίχοι δίδουν μια θετική απάντηση στο ερώτημα –και πολλές φορές σημαντικό πρόβλημα– που θέτει η κατασκευή συμβατικών τοίχων αντιστήριξης, σε θέσεις απότομων φυσικών πρανών. Εκεί, δηλαδή, όπου οι συνθήκες επιβάλλουν εκτεταμένη, εκσκαφή ανάντη, χωρίς να εξασφαλίζεται ταυτόχρονα η γεωστατική ευστάθεια.



Εικόνα 3.9: (α) Τοποθέτηση αγκυρίου τοίχου αντιστήριξης (β) Αγκύριο

Το θέμα της ευστάθειας του πρανούς της προσωρινής εκσκαφής όπως και το κατασκευαστικό ζήτημα της επανεπίχωσης αντιμετωπίζονται απλά με την επιλογή του αγκυρωμένου τοίχου, όπου η διάτρηση και τοποθέτηση των αγκυρίων προηγείται της κατασκευής του τοίχου. Προϋπόθεση είναι να μπορεί να ανευρεθεί βράχος σε ικανοποιητική κατάσταση, σε βάθος σχετικά μικρό, ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία των αγκυρίων.

3.5 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η προένταση είναι μια μέθοδος με την οποία επιβάλλονται θλιπτικές δυνάμεις στις διατομές οπλισμένου σκυροδέματος. Το αποτέλεσμα της προέντασης είναι η μείωση των εφελκυστικών τάσεων στη διατομή σε σημείο που δεν ξεπερνούν την τάση ρηγματώσεως. Επομένως το σκυρόδεμα δεν ρηγματώνεται. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η αντιμετώπιση του σκυροδέματος ως ελαστικό υλικό. Μπορεί να θεωρηθεί ότι λειτουργούν δύο συστήματα δυνάμεων 1. Εσωτερικές δυνάμεις προέντασης. 2. Εξωτερικές δράσεις (μόνιμες, μεταβλητές κτλ)

Η προένταση πρέπει να αποφεύγεται όταν υπάρχει η λύση του οπλισμένου σκυροδέματος. Κατά κανόνα λοιπόν δεν χρησιμοποιείται το προεντεταμένο σκυρόδεμα για τις αντιστηρίξεις.

Οι μόνες περιπτώσεις εφαρμογής της προέντασης είναι οι εξής:

α) Όταν πρέπει να αυξηθεί το ύψος ενός τοίχου που ήδη υπάρχει χωρίς να είναι δυνατή η αύξηση του πάχους του στην βάση. Τότε η ανύψωση της στάθμης του εδάφους, ή της επιφάνειας του ύδατος οδηγεί σε σημαντική αύξηση των ωθήσεων. Για να ισορροπήσει η διατομή του τοίχου με τις νέες ροπές πρέπει να προστεθεί στο βάρος του μια κατακόρυφη δύναμη F . Αυτή η δύναμη δημιουργείται με την προένταση των καλωδίων. Πρόκειται λοιπόν εδώ πιο πολύ για πρόσθετη φόρτιση παρά για προένταση. Η ενίσχυση του τοίχου με τον τρόπο αυτόν προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλου εδάφους για την αγκύρωση του καλωδίου καθώς και τοίχο καλής αντοχής για να μπορεί να παραλάβει τις συμπληρωματικές τάσεις προέντασης. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο φράγμα CHEURFAS στην Αλγερία το 1936. Με ανάλογο τρόπο χρησιμοποιείται η προένταση όταν αντί να αυξηθεί το ύψος του τοίχου, πρέπει να μειωθεί το πάχος του (για παράδειγμα η διαπλάτυνση της δεξαμενής του πολεμικού ναυτικού στην TOULON της Γαλλίας το 1965).

β) Όταν ο τοίχος αποτελείται από προκατασκευασμένα στοιχεία που πρέπει να συνδεθούν επί τόπου. Η προένταση στην περίπτωση αυτή χρειάζεται μόνο για την σύνδεση. Η σύνδεση αυτή μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους: με ράβδους αναμονής, με συγκόλληση, κλπ. Αλλά η προένταση είναι ίσως η καλύτερη λύση.

Το προεντεταμένο σκυρόδεμα εφαρμόζεται σε:

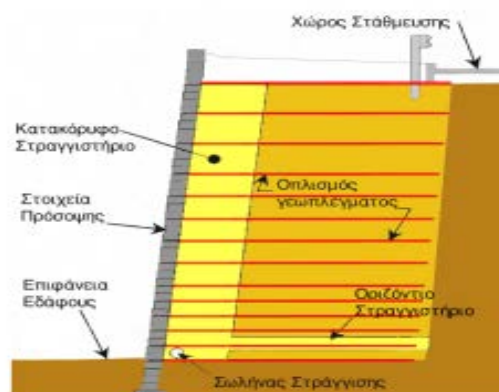
- Πλάκες μεγάλων ανοιγμάτων σε κτίρια
- Δεξαμενές
- Γέφυρες
- Κελύφη μικρού πάχους
- Θαλάσσιες πλατφόρμες
- Εγκαταστάσεις παραγωγής πυρηνικής ενέργειας
- Επισκευές/αποκαταστάσεις

3.6 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το οπλισμένο έδαφος χάρη στις δυνάμεις συνδέσεως που αναπτύσσονται ανάμεσα στους οπλισμούς και στα χώματα, είναι ένα έδαφος με εντελώς καινούριες ιδιότητες. Το υλικό αυτό είναι βαρύ, ανθεκτικό, φθινό και ακόμη εύκαμπτο και εύκολο στην κατασκευή. Αν το ύψος του έργου είναι παραπάνω από 5 μέτρα, η λύση αυτή μπορεί να είναι συμφέρουσα.

Το μεγάλο ενδιαφέρον του υλικού φάνηκε από πολλά έργα που έγιναν στην Γαλλία, Αμερική και αλλού, εδώ και αρκετά χρόνια και ιδιαίτερα στην περίπτωση των συμπιεστών εδαφών, γιατί το οπλισμένο έδαφος προσαρμόζεται εύκολα στις διαφορικές καθιζήσεις.

Ένα έργο από οπλισμένο έδαφος εμφανίζεται σαν μια μάζα που αποτελείται από οριζόντιες στρώσεις εδάφους ανάμεσα στις οποίες τοποθετούνται στρώσεις οπλισμού. Οι στρώσεις αυτές έχουν γενικά πάχος 25 εκατοστών.



Εικόνα 3.10: Σκαρίφημα τοίχου από οπλισμένο έδαφος (οικονομική λύση για μεγάλα ύψη τοίχου).

Η προέλευση του υλικού των εδαφικών στρώσεων δεν έχει τόση σημασία αλλά πρέπει να μην υπάρχουν οργανικά εδάφη ή ιλύς, καθώς και υλικά που μπορούν να προσβάλλουν χημικά τον οπλισμό. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται τα εδάφη με μεγάλους κόκκους σε σχέση με το πάχος των στρώσεων. Η κοκκομετρία των υλικών πρέπει να είναι περίπου η εξής:

- Ποσοστό μικρότερο από 15% σε κόκκους μικρότερους από 80 χιλιοστά
- Ποσοστό μικρότερο από 25% σε κόκκους μεγαλύτερους από 10 χιλιοστά
- Καθόλου στοιχεία με διάμετρο μεγαλύτερη από 25 χιλιοστά

Η άμμος από την πιο λεπτόκοκκη έως την πιο χονδρή συμπεριφέρεται πολύ καλά και θα πρέπει να υπάρχει ποικιλία στην διάμετρο των κόκκων για να είναι αρκετά πυκνό το έδαφος. Οι πολύ μεγάλοι κόκκοι δημιουργούν ασυνέχειες.

Τα καθαρά συνεκτικά εδάφη αποφεύγονται γιατί δεν εξασφαλίζουν μη ικανοποιητική τριβή ανάμεσα στο έδαφος και τον οπλισμό.

Οι οπλισμοί είναι συχνά πλατιές μεταλλικές ταινίες, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλοι τύποι (δικτυωτοί οπλισμοί, ράβδοι κτλ) ή και πλαστικά υλικά.

Ο οπλισμός πρέπει να αντέχει στην διάβρωση, να μπορεί να μεταφέρει σημαντικές τάσεις ελκυσμού και τέλος να μπορεί να αναπτύξει σημαντική τριβή με το έδαφος.

3.7 ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ

Ειδική περίπτωση τοίχων βαρύτητας που έχουν ευρεία εφαρμογή και σήμερα σε έργα οδοποιίας είναι οι διατάξεις συρματοκιβωτίων. Με τον γενικό όρο συρματοκιβώτια (ή σαραζανέτ) εννοούνται όλοι οι τύποι φαντών από συρματοπλέγμα εξαγωνικής διπλής πλέξης, τα οποία και πληρώνονται στη θέση τοποθέτησης τους με αργούς λίθους, συνήθως λίθοι λατομείου 7,5-20 cm.

3.7.1 ΕΙΔΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ

Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να τα διακρίνουμε στα εξής είδη, ανάλογα με το σχήμα τους αλλά και τη γενικότερη μορφή τους:

- Συνήθη συρματοκιβώτια (gabions)
- Στρωμένες (συρματοκιβώτια μικρού πάχους, τύπου Reno)

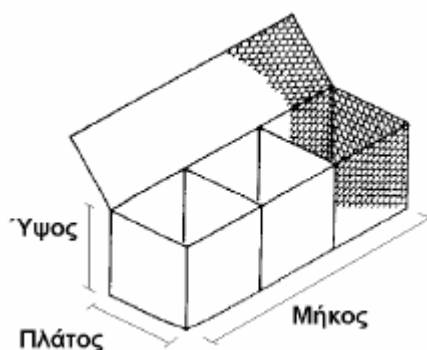
- Συρματοκύλινδροι (sack gabions)
- Συρματοκιβώτια με προεκτάσεις συρματοπλέγματος για τον οπλισμό των αναχωμάτων (τύπου Terramesh)

3.7.1.1 ΣΥΝΗΘΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ

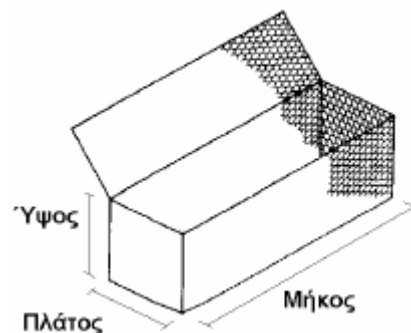
Το πεδίο εφαρμογής αυτού του τύπου συρματοκιβωτίων είναι αρκετά ευρύ και έχει να κάνει με τα εξής:

- Επενδύσεις πρανών χειμάρρων, ποταμών και άλλων έργων, για την αντιμετώπιση προβλημάτων όπως η υψηλή ταχύτητα του ρεύματος ενός ποταμού ή η στερεομεταφορά.
- Κατασκευή εγκάρσιων οδών, αναβαθμών και προβόλων.
- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης.

Τα συνήθη συρματοκιβώτια διαμορφώνονται σε εξαγωνικό χαλύβδινο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης ως παραλληλεπίπεδα ενδεικτικού πλάτους ενός έως δυο μέτρων και ύψους μισό έως ένα μέτρο. Επίσης φέρουν και εγκάρσια διαφράγματα ανά ένα μέτρο. Τέλος οι ακμές τους ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος του πλέγματος. Παρακάτω απεικονίζονται σκαριφήματα.



Εικόνα 3.11: Σκαρίφημα συρματοκιβωτίου με διάφραγμα.

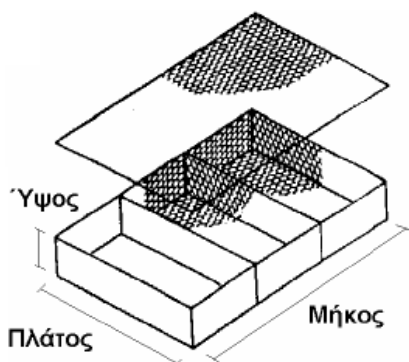


Εικόνα 3.12: Σκαρίφημα συρματοκιβωτίου χωρίς διάφραγμα.

3.7.1.2 ΣΤΡΩΜΝΕΣ

Εφαρμόζονται σε επενδύσεις πρανών για την προστασία ποδός πρανών και σε κοιτοστρώσεις, σε ηπιότερες γενικά συνθήκες από ότι τα συρματοκιβώτια. Είναι όμοιες με τα απλά συρματοκιβώτια αλλά πιο ελαφρές και εύκαμπτες.

Οι στρώμνες κατασκευάζονται και αυτές από εξαγωνικό χαλύβδινο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης. Έχουν συνήθως μορφή παραλληλεπίπεδου, πλάτους δυο μέτρων, ύψους 0,17-0,30m με εγκάρσια διαφράγματα ανά ένα μέτρο. Οι ακμές τους ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος του πλέγματος.



Εικόνα 3.13: Σκαρίφημα στρώμνης τύπου RENO με διαφράγματα.

3.7.1.3 ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΛΙΝΔΡΟΙ

Εφαρμόζονται σε επενδύσεις πρανών για την προστασία ποδός πρανών και σε κοιτοστρώσεις χειμάρρων, ποταμών και άλλων έργων καθώς επίσης και για την υποθεμελίωση κατασκευών από άλλου είδους συρματοκιβώτια, καθόσον η ευκαμψία και το σχήμα τους επιτρέπει την ευχερέστερη προσαρμογή στο έδαφος. Κατασκευάζονται από εξαγωνικό χαλύβδινο συρματοπλέγμα διπλής συνήθως πλέξης, έχουν διάμετρο 0,65-0,95m και ύψος 2,00m. Οι κύλινδροι ενισχύονται καθ' ύψος με σύρμα ενίσχυσης.

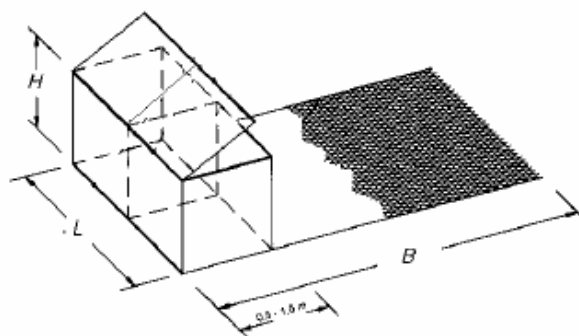


Εικόνα 3.14: Σκαρίφημα συρματοκύλινδρου.

3.7.1.4 ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

Χαρακτηριστικό τους είναι η ύπαρξη ελεύθερης προέκτασης φύλλου συρματοπλέγματος. Μετά την λιθοπλήρωση του συρματοκιβωτίου επιχώνεται και εγκιβωτίζεται στο διαμορφούμενο πρανές η προέκταση του συρματοπλέγματος, οπότε και έχουμε την λειτουργία οπλισμένης γης όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Όπως και τα απλά συρματοκιβώτια έχουν μορφή παραλληλεπίπεδου, μήκους συνήθως 1,00-2,00m και ύψους 0,50-1,00m με διαφράγματα. Οι ακμές τους ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος του πλέγματος. Το τμήμα του οπλισμού είναι ενιαίο με το συρματοπλέγμα του κιβωτίου.



Εικόνα 3.15: Σκαρίφημα συρματοκιβωτίου με προέκταση συρματοπλέγματος τύπου TERREMESH.

3.7.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

Σύρμα ραφής

Τα συρματοκιβώτια των έργων προστασίας θα συρράπτονται μεταξύ τους σε όλες τις επιφάνειες επαφής ώστε να αποτελούν ένα συνεχές σύνολο.

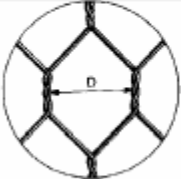
Η ραφή των συρματοκιβωτίων θα γίνει με δακτυλίους από γαλβανισμένο σύρμα διαμέτρου 3mm τουλάχιστον και εφελκυστικής αντοχής 1700 N/mm^2 . Για την σύνδεση συρματοκιβωτίων με πλαστικοποιημένο σύρμα θα χρησιμοποιούνται ανοξείδωτα δαχτυλίδια.

Η σύσφιξη των δακτυλίων στερέωσης θα γίνεται με ειδικό εργαλείο, μηχανικό ή πνευματικό. Οι δακτύλιοι σύσφιξης θα εφαρμόζονται περίπου 25 τεμ. ανά m^3 .

Μπορεί να γίνει αποδεκτή άλλη μέθοδος συρραφής των συρματοκιβωτίων, η οποία θα εξασφαλίζει επαρκή μονολιθικότητα και αντοχή κατασκευής. Κάθε εναλλακτική πρόταση του αναδόχου, προκειμένου να γίνει αποδεκτή από την υπηρεσία, θα πρέπει να τεκμηριώνεται επαρκώς σε ότι αφορά στο υλικό, στον τρόπο χρήσης και εφαρμογής και στην ποιότητα του τελικού αποτελέσματος (π.χ. με φυλλάδια και αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών επώνυμων κατασκευαστών ή προμηθευτών).

Συρματόπλεγμα

Οι διαστάσεις των βρόχων πλέξης του συρματοπλέγματος και το πάχος του σύρματος σύμφωνα με το πρότυπο EN 10223-3:1997, δίνονται στον παρακάτω πίνακα.



Πεδίο εφαρμογής	Βρόγχος D (mm)	Διάμετρος σύρματος (mm)	Ανοχές
Συρματοκιβώτια	100 (10 x12)	2,70 ή 3,00	+16% -4%
	80 (8x10)	2,70 ή 3,00	
	60 (6x8)	2,70	
Στρώμνες	60 (6x8)	2,20	
	50 (5x7)	2,00	
Συρματοκύλινδροι	80 (8x10)	3,00	
Συρματοκιβώτια με προεκτάσεις	80 (8x10)	2,70/3,70	

Εικόνα 3.16: Πίνακας με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά του συρματοπλέγματος.

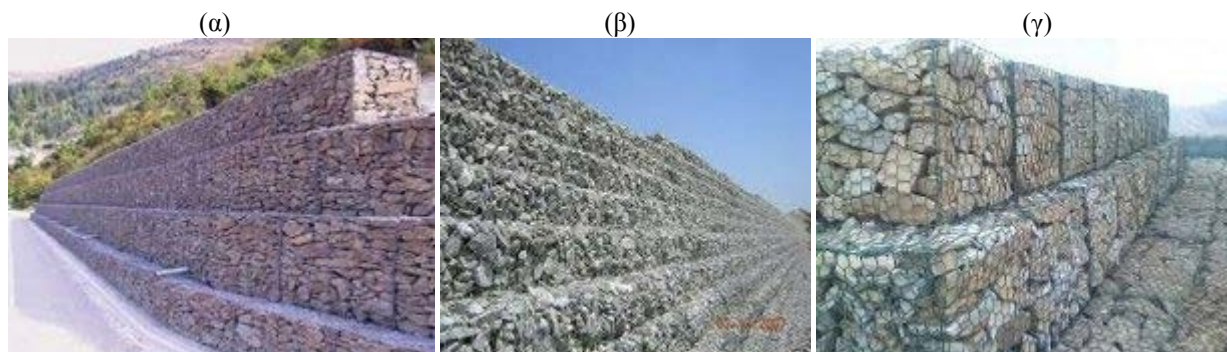
Λίθοι πλήρωσης φατνών

Το υλικό πλήρωσης πρέπει να είναι ασβεστολιθικής προέλευσης ή από υγιές πέτρωμα απαλλαγμένο από αργιλικές και σχετικές προσμίξεις, έντριπτα και σαθρά υλικά. Η εφαρμοστέα διαβάθμιση των λίθων πλήρωσης αποτελεί συνάρτηση των αναμενόμενων ταχυτήτων ροής. Αν δεν καθορίζεται διαφορετικά από τη μελέτη τότε ισχύουν τα ακόλουθα:

Εφαρμογή	Υψος συρματοκιβωτίου (m)	Διάσταση λίθου		Κρίσιμη ταχύτητα (m/sec)	Οριακή ταχύτητα (m/sec)
		Διάμετρος (mm)	d50 (mm)		
Στρώμνη (τύπου Reno)	0,17	70-100	85	3,5	4,2
		70-150	110	4,2	4,5
	0,23	70-100	85	3,6	5,5
		70-150	120	4,5	6,1
	0,30	70-120	100	4,2	5,5
		100-150	125	5,0	6,4
Συρματοκιβώτια	0,50 και 1,00	100-200	150,00	5,8	7,6
		120-250	190,00	6,4	8,0

Εικόνα 3.17: Πίνακας με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά των λίθων πλήρωσης.

3.7.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



Εικόνα 3.18: (α), (β), (γ) Τοίχοι από συρματοκιβώτια.

Κατασκευή συρματοκιβωτίων και στρωμών

Το απαιτούμενο για την κατασκευή του κιβωτίου συρματοπλέγμα απλώνεται σε λεία επιφάνεια, κόβεται, και αφού υψωθούν οι τέσσερις έδρες γύρω από τη βάση, συρράπτονται ισχυρά οι αντίστοιχες τέσσερις κατακόρυφες ακμές. Η έδρα που θα αποτελέσει το κάλυμμα του κιβωτίου παραμένει ανοικτή.

Μετά την συρραφή των τεσσάρων ακμών ή την ανάπτυξη του έτοιμου (βιομηχανοποιημένου) συρματοκιβωτίου, το κενό κιβώτιο τοποθετείται στην προβλεπόμενη θέση στο σώμα του έργου, έτσι ώστε η έδρα αυτού, η οποία αποτελεί προέκταση του μη συρραφέντος ακόμα καλύμματος, να έλθει σε επαφή με την έδρα του προηγούμενου πληρωθέντος ήδη κιβωτίου.

Οι ακμές των εφαπτομένων εδρών του νέου κιβωτίου και του υποκείμενου του θα συρράπτονται ισχυρά.

Η επιφάνεια τοποθέτησης των κιβωτίων βάσεων του έργου προστασίας θα είναι καθαρισμένη ισοπεδωμένη και συμπτυκνωμένη.

Λιθοπλήρωση συρματοκιβωτίων και στρωμών

Αφού συρραφή το κιβώτιο επακολουθεί επιμελημένη λιθοπλήρωση με χάλικες, κροκάλες ή λίθους, διαστάσεων σύμφωνα με την ΠΕΤΕΠ ή με τα καθοριζόμενα από την μελέτη του έργου.

Κατά την πλήρωση οι ακμές του κιβωτίου θα παραμένουν ευθύγραμμες, χωρίς παραμορφώσεις, με χρήση σιδηρών ράβδων, στήριξη των ακμών και τάνυση των αντίστοιχων εδρών. Οι ράβδοι αυτές αφαιρούνται μετά την πλήρωση του κιβωτίου.

Επιπρόσθετα το απαραμόρφωτο των κιβωτίων κατά την λιθοπλήρωση θα εξασφαλίζεται και με ελκυστήρες, οι οποίοι θα συνδέουν δυο απέναντι έδρες. Οι ελκυστήρες θα προσδένονται στην εφαπτόμενη του ήδη γεμάτου κιβωτίου. Θα τανύζονται και θα προσδένονται στην απέναντι έδρα του νέου κιβωτίου. Το σύρμα των ελκυστήρων θα είναι της ίδιας αντοχής με το σύρμα ενίσχυσης των ακμών του κιβωτίου.

Σύρματα θα δένονται επίσης στις διαγώνιες ακμές για την εξασφάλιση της κανονικότητας των γωνιών του κιβωτίου. Οι ελκυστήρες που θα συνδέουν δυο αντίθετες παράλληλες έδρες των

κιβωτίων θα τοποθετούνται σε δυο σειρές αν το ύψος της έδρας είναι 1,00 m και σε μια σειρά αν το ύψος είναι 0,50 m ή μικρότερο.

Όταν γεμίζει το κιβώτιο θα κλείνει το κάλυμμα και θα συρράπτεται με τις αντίστοιχες ακμές του κιβωτίου, τανυζόμενο δια μοχλών.

Οι συρραφές θα εφαρμόζονται σε τρόπο ώστε το κάθε κιβώτιο να αποτελεί ένα στερεό πρίσμα, αλλά και ολοόκληρο το σώμα των συρματοκιβωτίων να αποτελεί ένα συνεκτικό και ενιαίο σύνολο.

Κατ' ανάλογο τρόπο θα γίνεται η κατασκευή και πλήρωση των συρματοκυλίνδρων και των συρματοκιβωτίων με προεκτάσεις συρματοπλέγματος. Μετά την πλήρωση των τελευταίων ακολουθεί η διάστρωση του προβλεπόμενου υλικού και η συμπύκνωση αυτού (οπλισμένη γη).



Εικόνα 3.19: Τοίχος αντιστήριξης από συρματοκιβώτια στην Εγνατία οδό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΩΝ ΜΕ ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΥΣ - ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥΣ ΤΟΙΧΟΥΣ - ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η περιγραφή της κατασκευής μιας συγκεκριμένης κατηγορίας αντιστηρίξεων όπου χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή τεχνικών έργων και είναι απαραίτητα για τη συγκράτηση εδαφικών μαζών κατά την κατασκευή των θεμελιώσεων. Οι εν λόγω κατασκευές είναι οι φρεατοπάσσαλοι, οι διαφραγματικοί τοίχοι από σπλισμένο σκυρόδεμα και οι μεταλλικές πασσαλοσανίδες.

4.1 ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΙ

Η κατασκευή των φρεατοπασσάλων και πιο συγκεκριμένα η διάτρηση γίνεται με τρεις διαφορετικές μεθόδους, κάθε μια από τις οποίες εφαρμόζεται και για άλλη κατηγορία εδάφους. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι σχετικά απλή και αποτελείται από δυο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι η διάτρηση του εδάφους η οποία μπορεί να γίνει με ή χωρίς σωλήνωση και σε διάτρηση με χρήση διατρητικού υγρού. Το δεύτερο μέρος είναι η σκυροδέτηση κατά την οποία λαμβάνονται ιδιαίτερα μετρά ούτως ώστε να μην απαιτηθεί διακοπή εργασίας οπότε και εμφάνιση αρμών διακοπής. Σε κάθε περίπτωση ελλοχεύουν κίνδυνοι, οι οποίοι θα αναλυθούν στη συνέχεια.



Εικόνα 4.1.: Προσωρινή κατασκευή πασσάλων για αντιστήριξη

4.1.1 ΔΙΑΤΡΗΣΗ

- ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΧΩΡΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗ

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται σε στερεά και συμπαγή εδάφη. Η σκυροδέτηση λαμβάνει χώρα αμέσως μετά την διάτρηση. Αν κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου παρατηρηθεί ότι υπάρχουν στρώματα χαλαρών εδαφών, τότε υπάρχει ο κίνδυνος αυτά να υποχωρήσουν και να καταστραφεί το διάτρημα. Αυτό αντιμετωπίζεται με την χρήση σωλήνωσης, μεθοδολογία που θα αναλυθεί παρακάτω. Είναι επίσης πιθανό να χρησιμοποιηθεί σωλήνωση μόνο στο πάνω μέρος του πασσάλου, αν το επίπεδο που θα αρχίζει η εκσκαφή είναι από επιχώματα ή πιο χαλαρά υλικά, έτσι ώστε η σωλήνωση να χρησιμεύει απλά σαν οδηγός για την διάτρηση.



Εικόνα 4.2: Διάτρηση πασσάλων

- ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΜΕ ΣΩΛΗΝΩΣΗ

Εφαρμόζεται σε χαλαρά εδάφη, όπου η χρήση του μπετονικού αιωρήματος μπορεί να μην εμποδίσει την υποχώρηση. Η πιο σημαντική απαίτηση αυτής της μεθόδου είναι οι σωληνώσεις να προηγούνται της διάτρησης από 0.5 μέτρα έως 1.0 μέτρο και να εγκαθίστανται μαζί με την διάτρηση με χρήση περιστροφικών ή ταλαντευόμενων μηχανημάτων ή να οδηγούνται με τη χρήση δονητή ή σφύρας πασσάλων.

- ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ

Επιλέγεται για μη συμπαγή εδάφη ή για εδάφη με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα. Αυτή η μέθοδος απαιτεί προσοχή κατά την εφαρμογή της, διότι χρησιμοποιεί μπετονικό αιώρημα το επίπεδο του οποίου θα πρέπει να είναι ανάλογο με την απαιτούμενη υπερπίεση και σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον 1.0 μέτρο περίπου πάνω από το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα. Έτσι τα υπόγεια νερά θα διατηρούνται κάτω από την στάθμη του μπετονίτη (έχοντας μικρότερη πυκνότητα από αυτόν) και η διάτρηση θα προχωρά μέχρι το τελικό βάθος.

Κατά την διάτρηση, αν εντοπιστεί ξαφνική ελάττωση μπετονίτη, η εκσκαφή θα πρέπει να διακοπεί και να επιχωθεί το κατάλληλο υλικό (άμμο ή κάτι παρόμοιο) μέχρι να γίνει εκ νέου εκσκαφή. Τέλος, μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής, αν διαπιστωθεί ότι η βάση της γεώτρησης δεν βρίσκεται σε βράχο, ο πυθμένας της οπλίζεται με συντριβή ή συμπίεση. Μια μικρή ποσότητα χαλικιών ή ξηρού σκυροδέματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Ανεξάρτητα από την μέθοδο που εφαρμόζεται απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο εξής:

Κατά την εκσκαφή νέων πασσάλων πρέπει να αποφεύγεται η διάτρηση κοντά σε πασσάλους που έχουν πρόσφατα σκυροδετηθεί και δεν έχουν αποκτήσει ακόμα τις αντοχές που ορίζονται από την αντίστοιχη μελέτη βέβαια σε πασσάλους που δεν έχουν σκυροδετηθεί ακόμα. Επίσης, πρέπει να γίνεται και έλεγχος κατακορυφότητας των πασσάλων κατά την έναρξη της διάτρησης διότι πρόκειται για προσωρινές κατασκευές αντιστήριξης και δεν πρέπει να επηρεάζουν τις διαστάσεις του σκάμματος όπου θα κατασκευαστούν τα μόνιμα διαφράγματα. Η συνολική ανοχή σε σφάλμα των πασσάλων θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα κατασκευαστικά σχέδια και συνήθως να μην υπερβαίνει λίγα εκατοστά προς κάθε κατεύθυνση (περίπου 10).

4.1.2 ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ

Όσο σημαντική είναι η διάτρηση για την άρτια τελικά κατασκευή ενός πασσάλου εξίσου σημαντική είναι και η σκυροδέτηση του πασσάλου και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή αμφιβόλου ποιότητας έργου. Πιο συγκεκριμένα, η σκυροδέτηση των πασσάλων πρέπει να εκτελείται χωρίς διακοπή και σε συνεχόμενες στρώσεις. Καμιά διακοπή των αρμών δεν επιτρέπεται. Στην περίπτωση που διακοπεί η σκυροδέτηση, ο σωλήνας σκυροδέτησης θα πρέπει να απομακρυνθεί και να επανακατασκευαστεί πριν επανατοποθετηθεί μέσα στο άνοιγμα σε ένα επίπεδο τουλάχιστον τριών μέτρων κάτω από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Ακολούθως, η σκυροδέτηση θεωρείται ότι έχει τελειώσει όταν φτάσει το υλικό στο τελικό επίπεδο της μελέτης, ενώ προβλέπεται πάντα η σκυροδέτηση επιπλέον μισού μέτρου υγιούς σκυροδέματος.

Κατά την σκυροδέτηση πασσάλου που έχει διατηρηθεί με τη χρήση διατρητικού υγρού, είναι αναγκαίο πριν την έναρξη των εργασιών να ελέγχεται ότι δεν υπάρχει λάσπη ή λασπώδες υγρό διάτρησης στον πυθμένα. Κατά την σκυροδέτηση ο σωλήνας θα περιέχει κατάλληλη ποσότητα σκυροδέματος για να υπερσχύει της πίεσης του υγρού διάτρησης (αν χρησιμοποιείται). Το υγρό διάτρησης αντλείται σταδιακά, για να αποφευχθεί οποιαδήποτε μόλυνση της γύρω περιοχής σαν αποτέλεσμα της υπερχειλίσης. Σε καμιά περίπτωση ο σωλήνας

σκυροδέτησης δεν πρέπει να παραμένει άδειος και δεν πρέπει να υπάρχει εξωτερική προέκταση για να περάσει τον κλωβό χωρίς να προκαλέσει ζημιά. Η εξαγωγή του σωλήνα πρέπει να πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε το χαμηλότερο σημείο του σωλήνα να είναι τουλάχιστον τρία μέτρα κάτω από το ανώτερο τμήμα του σκυροδέματος μέχρι να ολοκληρωθεί η σκυροδέτηση.

Αν παρατηρηθεί υπόγειο νερό, για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ανάμιξης του σκυροδέματος με το νερό, θα πρέπει στον σωλήνα να χρησιμοποιηθεί αφορλέξ. Συνεπώς η βάση του σωλήνα θα τοποθετείται αρχικά στη βάση της γεώτρησης και ακολούθως θα διατηρείται εξ' ολοκλήρου μέσα στο σκυρόδεμα έτσι ώστε αυτό να ανεβαίνει σταδιακά από το κάτω μέρος προς τα πάνω εκτοπίζοντας το νερό.

4.2 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Οι τοίχοι αντιστήριξης αυτής της κατηγορίας είναι εν γένει πιο απαιτητικοί από τους προηγούμενους, καθώς η ολοκλήρωσή τους απαιτεί προσοχή σε περισσότερα στάδια. Τα στάδια αυτά έχουν να κάνουν συνοπτικά με την εκσκαφή του διαφραγματικού τοίχου με την βοήθεια της υδροφρέζας, την τοποθέτηση των κλωβών οπλισμού και την σκυροδέτηση. Στα παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά τα επιμέρους στάδια.

4.2.1 ΥΔΡΟΦΡΕΖΑ

Η υδροφρέζα είναι ένα μηχάνημα που λειτουργεί σύμφωνα με τις αρχές της αντίστροφης κυκλοφορίας. Αποτελείται από ένα βαρύ χαλύβδινο σκελετό στον πυθμένα του οποίου τοποθετούνται δυο κιβώτια μετάδοσης κίνησης. Στα κιβώτια μετάδοσης κίνησης είναι στερεομένα τύμπανα τροχών κοπής, στα οποία έχει προσαρμοστεί μια σειρά οδοντώσεων. Αυτές περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις σπάζοντας το χώμα και αναμειγνύοντας το με το ελαιώδη του μπετονίτη. Καθώς το κοπτικό μηχάνημα διεισδύει, χώμα, βράχοι και μπετονίτης μεταφέρονται προς το άνοιγμα του κιβωτίου αναρρόφησης. Από εκεί αντλούνται με φυγοκεντρική αντλία η οποία βρίσκεται ακριβώς πάνω από τους τροχούς του κοπτικού μηχανήματος διαμέσου του σωλήνα μίγματος μπετονίτη που είναι ενσωματωμένος στο σκελετό του κοπτικού μηχανήματος, μέσω του άνω τμήματος του ιστού μέσα στο σύστημα που μεταφέρει το μίγμα μπετονίτη στο εργοστάσιο απάμμωσης. Εδώ, τα στερεά σωματίδια χώματος και βράχων και ο υγρός μπετονίτης διαχωρίζονται και ο τελευταίος αντλείται πίσω στην τάφρο. Η παραγόμενη από τους τροχούς του κοπτικού μηχανήματος ροπή σε συνδυασμό με το βάρος του επαρκεί για να διεισδύσει σε οποιοδήποτε τύπο εδάφους και να συνθλίψει χαλίκια και μαλακούς βράχους ή για υπερκοπή του σκυροδέματος των γειτονικών πλαισίων.

Ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι οδοντώσεων κοπής, που ποικίλουν από αιχμηρές οδοντώσεις για την κοπή λεπτόκοκκου εδάφους έως οδοντώσεις για κρουστική διάτρηση για την σύνθλιψη ογκόλιθων. Για να

προστατευτούν τα κιβώτια μετάδοσης κίνησης του κοπτικού μηχανήματος από υπερβολικά δυναμικά φορτία κατά την σύνθλιψη των λίθων, ελαστικοί αποσβεστήρες κραδασμών βρίσκονται ανάμεσα στα τύμπανα των τροχών κοπής και στα κιβώτια μετάδοσης κίνησης.



Εικόνα 4.3: Υδρόφρεζα για διάτρηση πασσάλων

Η καθετότητα του κοπτικού μηχανήματος τάφρου και επομένως η ευθυγράμμιση της τάφρου μετρίεται γενικά σε δυο άξονες με τη βοήθεια δυο ανεξάρτητων κλισιομέτρων: του άξονα X που είναι κάθετος στη διεύθυνση ευθυγράμμισης της τάφρου και του κατακόρυφου άξονα Y. Τα δεδομένα που προέρχονται από αυτά τα κλισιόμετρα υποβάλλονται σε επεξεργασία από τον υπολογιστή επάνω στο μεταφορέα βάσης και εμφανίζονται σε σύνδεση. Με αυτό τον τρόπο ο χειριστής μπορεί να παρακολουθεί διαρκώς και αν είναι απαραίτητο να διορθώνει την καθετότητα του κοπτικού μηχανήματος. Η ρύθμιση της καθετότητας στις δυο διευθύνσεις γίνεται από ένα σύστημα πλακών οδήγησης. Σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας εκσκαφής ο χειριστής του γεωτρύπανου υποβοηθείται από το λογισμικό του μηχανήματος που υπολογίζει την κατάσταση του και υποδεικνύει την πιο κατάλληλη ενέργεια που πρέπει να γίνει.

Η πρόοδος του κοπτικού μηχανήματος μπορεί να ελέγχεται επιλεκτικά σε σχέση είτε με την ταχύτητα διεύθυνσης είτε με το βάρος του κοπτικού μηχανήματος χρησιμοποιώντας τα κομβία πίεσης στον πίνακα ελέγχου. Η οθόνη του πίνακα ελέγχου δείχνει τις τρέχουσες καταστάσεις λειτουργίας του μηχανήματος.



Εικόνα 4.4: Όδοντες κοπτικού υδρόφρεζας

4.2.2 ΕΚΣΚΑΦΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

Η κατασκευή του διαφραγματικού τοίχου αρχίζει με την εκσκαφή της τάφρου σε ασυνεχή τμήματα ή πανέλα χρησιμοποιώντας την υδροφρέζα. Πρώτα κατασκευάζονται τα τυπικά, κύρια ή απλά πανέλα και συνοδεύονται από την κατασκευή ενδιάμεσων ή δευτερευουσών πανέλων. Η εκσκαφή πανέλου πραγματοποιείται με μια προκαθορισμένη αλληλουχία που επιτρέπει την κατασκευή εναλλασσόμενων κύριων πανέλων και στη συνέχεια με την κατασκευή των δευτερευουσών.

Η εκσκαφή θα λάβει χώρα χρησιμοποιώντας αιώρημα μίγματος μπετονίτη με τα εγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Το κοπτικό μηχάνημα και ο γερανός θα τοποθετηθούν μπροστά από κάθε πανέλο και η καθετότητα του συστήματος θα ελεγχθεί αυτόματα με νήμα στάθμης πριν την έναρξη της εκσκαφής οποιουδήποτε πανέλου. Το κάθε κοπτικό μηχάνημα θα είναι εξοπλισμένο με συσκευή μέτρησης καθετότητας. Η συστροφή θα υπολογίζεται με βάση τις ενδείξεις X και Y. μετά το πέρας της εκσκαφής του πανέλου το βάθος θα επαληθευτεί μέσω νήματος της στάθμης. Για τα πανέλα μήκους 2.8 μ θα επαληθεύονται δυο περιοχές. Η μία θα είναι στο κέντρο και η άλλη σε μια από τις δυο άκρες.

Η εκσκαφή του τοίχου αποκοπής θα πραγματοποιηθεί σε εναλλασσόμενα κύρια ή δευτερεύοντα πανέλα. Η εκσκαφή του κάθε πανέλου γίνεται σε ένα στάδιο ενώ το μήκος πανέλου είναι ίσο με το "νύχι" της αρπάγης εκσκαφής ή του κοπτικού μηχανήματος τάφρου, συνήθως 2.8μ.

Το επίπεδο του μίγματος στην τάφρο ελέγχεται διαρκώς με τη βοήθεια συνεχούς κυκλοφορίας του μίγματος από τις εγκαταστάσεις στην εκσκαφή. Το μίγμα μπετονίτη θα διατηρείται συνεχώς σε επίπεδα από 100 έως 200 χιλιοστά κάτω από την άνω στάθμη των καθοδηγητικών τοίχων και πάντα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1 μέτρο πάνω από την υψηλότερη τιμή πιεζομετρικής στάθμης. Σε περίπτωση που υπάρξει αξιοσημείωτη απώλεια μίγματος, η εκσκαφή του πανέλου θα σταματήσει και θα παρθούν διορθωτικά μέτρα για να

περιοριστούν οι περαιτέρω απώλειες μίγματος. Απώλεια μίγματος ανιχνεύεται όταν εμφανιστεί πτώση του επιπέδου του μίγματος και όταν αυτή δεν μπορεί να αναπληρωθεί από την κανονική ροή.

Στην περίπτωση που υπάρξουν προβλήματα που οδηγούν σε υποσκαφή ή κατάρρευση των τοιχωμάτων εκσκαφής το πάνελο θα γεμίσει με πλαστικό σκυρόδεμα το οποίο είναι μίγμα μπετονίτη και σκυροδέματος και το οποίο θα παρέχει άμεση σταθερότητα στην τάφρο και θα επιτρέψει την επανεκσκαφή του. Λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας του μίγματος μπετονίτη σε σχέση με το φυσικό υπόγειο νερό το μίγμα θα λειτουργήσει σταθεροποιητικά για την ανοιχτή εκσκαφή. Κατάλληλοι υπολογισμοί θα εξασφαλίσουν ότι η σύσταση του μίγματος επαρκεί για να εξασφαλίσει την πλήρη σταθερότητα της κατασκευής.

- ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΦΡΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ

Κατά τη διάρκεια της εκσκαφής των τάφρων των πανέλων, το επίπεδο της στάθμης του μπετονίτη εντός της τάφρου που έχει εκσκαφτεί πρέπει να παρακολουθείται και να ελέγχεται διαρκώς για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα της αντοχής της τάφρου. Μετά την επίτευξη του τελικού βάθους η καθετότητα της τάφρου θα ελεγχθεί ξανά ενώ ο μπετονίτης συνήθως ανακυκλώνεται για να εξασφαλιστεί ότι ικανοποιεί τα κριτήρια σκυροδέτησης.



Εικόνα 4.5 : Εκσκαφή πρωτεύοντος πανέλου

- ΕΚΣΚΑΦΗ ΤΑΦΡΩΝ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΠΑΝΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΡΜΩΝ

Για να εξασφαλιστεί η συνέχεια του διαφραγματικού τοίχου σχηματίζονται αρμοί ανάμεσα σε διαδοχικά πάνελα κατά την εκσκαφή των τάφρων των δευτερευόντων πανέλων με υπερκοπή των σκυροδεμάτων κύριων πανέλων. Η απόσταση των άκρων των γειτονικών κύριων πανέλων είναι σχεδιασμένη να αφήνει διάκενο για την εκσκαφή των τάφρων των δευτερευόντων πανέλων. Τα δευτερεύοντα πάνελα είναι συνήθως απλά πλαίσια. Το κοπτικό μηχάνημα που κόβει τάφρο μήκους 2.8 μ θα κόψει και μέσα στο σκυρόδεμα των δυο γειτονικών κύριων πανέλων δημιουργώντας στο σκυρόδεμα των πανέλων αυτών μια εκτραχυμένη αυλακωτή επιφάνεια. Η κατασκευή δευτερευόντων πανέλων δεν θα πρέπει να αρχίσει νωρίτερα από 9 μέρες πριν την ολοκλήρωση των γειτονικών κύριων πανέλων.

4.2.3 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΛΩΒΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

Οι κλωβοί κατασκευάζονται σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια πανέλων. Τα μήκη των τμημάτων των κλωβών μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με τις λεπτομέρειες. Οι κλωβοί θα συναρμολογούνται μαζί πάνω από την τάφρο με συγκόλληση ή επικάλυψη σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια οπλισμού. Στους κλωβούς οπλισμού θα αποτυπωθούν προσημειωμένες θέσεις συναρμογής με τη βοήθεια τοπογραφικών μετρήσεων, για να εξασφαλιστεί η σωστή τοποθέτηση των κλωβών και των συνδέσμων. Ο κλωβός εξοπλίζεται με μπλοκ διαχωριστικών από σκυρόδεμα. Μόλις ολοκληρωθεί η εκσκαφή ενός πανέλου, ένας προκατασκευασμένος κλωβός οπλισμού τοποθετείται μέσα στην τάφρο, στο απαιτούμενο από τι προδιαγραφές βάθος. Ο ορισμός σημείων αναφοράς στην κορυφή καθοδηγητικού τοίχου από σκυρόδεμα μπορεί να βοηθήσει στην προσεκτική τοποθέτηση του κλωβού στη σωστή θέση.

Το σύστημα των γειτονικών πανέλων υπερκοπής με το κοπτικό μηχάνημα τάφρου για το σχηματισμό κατάλληλων αρμών, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή όσον αφορά τον καθορισμό των διαστάσεων και την τοποθέτηση των κλωβών. Πρέπει να διατεθεί επαρκές κάλυμμα για να εμποδίσει το μηχάνημα να κόψει κατά λάθος τον οπλισμό του γειτονικού κύριου πανέλου. Εάν ο κλωβός οπλισμού εκτείνεται πολύ βαθιά μπορεί να χρειαστεί να εγκατασταθούν μέσα στην κύρια τάφρο δυο κάθετες χαλύβδινες δοκοί ως προσωρινά διαχωριστικά πριν την τοποθέτηση του κλωβού οπλισμού. Η εξαγωγή των δοκών θα γίνει στη διάρκεια της σκυροδέτησης.

Είναι προτιμητέο εάν είναι δυνατόν, να ανυψωθεί ο κλωβός οπλισμού και να τοποθετηθεί μέσα στην τάφρο ενιαία, ακόμα και αν χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν δυο βοηθητικοί γερανοί και δοκοί ανύψωσης. Εναλλακτικά ο κλωβός μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα ή περισσότερα τμήματα μήκους που μπορεί να γίνει ο χειρισμός τους. Σε κάθε περίπτωση γίνεται κατέβασμα του κάθε διαδοχικού τμήματος του κλωβού στο προηγούμενο. Στη συνέχεια τα δυο τμήματα συνδέονται συναρμόζοντας τις διαμήκειες ράβδους οπλισμού. Για να γίνει ευκολότερη η ανύψωση θα πρέπει να παρασχεθούν ως τμήμα του κλωβού οπλισμού δοκός ανύψωσης και επιπλέον ράβδοι ακαμψίας. Μετά το κατέβασμα ολόκληρου του κλωβού μέσα

στην τάφρο αυτός τοποθετείται στη σωστή θέση αναρτώμενος από το πάνω μέρος του καθοδηγητικού τοίχου χρησιμοποιώντας μια σειρά δοκών που είναι συγκολλημένες στον ίδιο κλωβό.

Στο εξωτερικό τμήμα κλωβού οπλισμού θα προσαρμοστούν αποστατήρες ώστε να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη από τις προδιαγραφές κάλυψη από σκυρόδεμα. Οι αποστατήρες θα έχουν καμπύλο σχήμα και θα κατασκευαστούν επί τόπου από σκυρόδεμα. Οι αποστατήρες θα τοποθετηθούν επάνω στον κλωβό ανά 2-3 τετραγωνικά μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη επικάλυψη σε όλο το μήκος του πανέλου. Η τοποθέτηση τους επιτυγχάνεται με απευθείας στερέωση τους στον χαλύβδινο οπλισμό.



Εικόνα 4.6: Τοποθέτηση κλωβών οπλισμού

4.2.4 ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ

Μετά το τέλος της εκσκαφής του κάθε πετάσματος και πριν την σκυροδέτηση, είναι αναγκαίο να μειωθεί η ποσότητα της άμμου μέσα από το μείγμα μπετονίτη. Η μεγάλη ποσότητα στερεού υλικού μέσα στο μείγμα κατά τη σκυροδέτηση μπορεί να δημιουργήσει περιοχές με αδύναμο σκυρόδεμα γύρω από τα σιδηρά οπλισμό και οπές. Για να μειωθεί η ποσότητα της άμμου, το μείγμα μπετονίτη περιστρέφεται μέσα από το μηχάνημα απόμμωσης μέχρι η ποσότητα της άμμου να είναι μικρότερη από 4%. Για την διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται συνήθως η αντλία ιλύος της υδροφρέζας. Ένας κανόνας για να εγγυηθεί η υψηλή ποιότητα του μείγματος μπετονίτη κατά τη σκυροδέτηση είναι η αντικατάσταση του από φρέσκο μπετονίτη ολοκληρωτικά μετά την διαδικασία απόμμωσης, έτσι ώστε τα χαρακτηριστικά του να ικανοποιούν τις προδιαγραφές. Το μείγμα μπετονίτη μετά την διαδικασία απόμμωσης χρησιμοποιείται ξανά σε νέες εκσκαφές.

Αποτελεί κοινή πρακτική να χρησιμοποιείται το ίδιο το κοπτικό μηχάνημα τάφρου για την αντικατάσταση ή ανακύκλωση του μίγματος της τάφρου. Το μηχάνημα διατηρείται λίγο πάνω από τον πυθμένα της τάφρου και η φυγοκεντρική αντλία του χρησιμοποιείται για να αντλήσει το μίγμα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Εναλλακτικά, αντί του κοπτικού μηχανήματος, μία υψηλής αντοχής -υποβρύχια- αντλία μπορεί να τοποθετηθεί στον πυθμένα της τάφρου.

Η αντικατάσταση του μπετονίτη δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αμέσως μετά τη διαδικασία απόμμωσης και η απόφαση αυτή εξαρτάται από το είδος των υλικών εκσκαφής και τη διαπερατότητα του εδάφους. Για να διασφαλιστεί η σταθερότητα του πετάσματος όπως η σκυροδέτηση πρέπει να πραγματοποιηθεί πολλές ώρες αργότερα σε σχέση με την εκσκαφή, στην περίπτωση όπου χάνεται μπετονίτης κατά την εκσκαφή ή σε διαφραγματικούς τοίχους κοντά σε κτήρια, είναι προτιμότερο να πραγματοποιείται η διαδικασία απόμμωση και η αντικατάσταση του μπετονίτη πριν την τοποθέτηση του κλωβού οπλισμού μέσα στο πέτασμα. Με αυτό τον τρόπο το μείγμα αφήνεται μέσα στην εκσκαφή με μεγάλες ποσότητες άμμου μεταξύ εκσκαφής και διαδικασίας απόμμωσης. Η υψηλή πυκνότητα του μπετονίτη βοηθάει στη σταθεροποίηση του εδάφους και, την ίδια στιγμή, η άμμος μπορεί να κατακάθεται ώστε να μικραίνει η διαδικασία απόμμωσης.



Εικόνα 4.7: Σκυροδέτηση διαφραγματικού τοίχου

Μετά την εγκατάσταση του οπλισμού και πριν την χύτευση του πανέλου, θα ελεγχθεί το βάθος και θα ληφθεί για εξέταση δείγμα μπετονίτη. Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στο διαφραγματικό τοίχο είναι μείγμα σκυροδέματος σε σωλήνα tremie pipe, με κάθηση μεταξύ 150 και 200 χιλιοστά. Ο σωλήνας αυτός θα έχει εσωτερική διάμετρο περίπου 200 με 250 χιλιοστά και θα αποτελείται από τμήματα με σπειρώματα με μήκος 1500 χιλιοστά έως 3000 χιλιοστά. Αρχικά ο άκαμπτος σωλήνας σκυροδέματος θα αναρτηθεί άμεσα πάνω από τη βάση του πετάσματος. Πριν την έναρξη κάθε σκυροδέτησης, θα τοποθετείται μεταξύ του μίγματος μπετονίτη και του σκυροδέματος σε κάθε σωλήνα σκυροδέματος μια προστατευτική διάταξη,

προκειμένου να αποτραπεί η μίξη και ο διαχωρισμός του σκυροδέματος. Το διαχωριστικό αυτό μπορεί να είναι μια πλαστική σακούλα γεμάτη με κουρέλια, μια λαστιχένια μπάλα ή κάτι άλλο υλικό κατάλληλο. Σε τυπικά πανέλα των 2.8 μ ένας σωλήνας tremie pipe προβλέπεται στο κέντρο του πανέλου. Ωστόσο, σε περίπτωση πανέλου με μήκος μεγαλύτερο από 2.8 μ θα χρησιμοποιηθούν δυο σωλήνες σκυροδέτησης με βάθος βύθισης σε νέο σκυρόδεμα 4μ.



Εικόνα 4.8: Διαφραγματικός τοίχος.

Όταν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα περισσότεροι του ενός σωλήνες tremie pipe, το σκυρόδεμα παραδίδεται σε κάθε σωλήνα με ρυθμό που εξασφαλίζει ότι η ανερχόμενη επιφάνεια του σκυροδέματος στο πανέλο είναι όσο το δυνατόν επίπεδη σε όλο το πλάτος του πανέλου. Σε αυτή την περίπτωση θα ελέγχεται τακτικά η στάθμη του σκυροδέματος σε κάθε σωλήνα, ώστε να εξασφαλιστεί ότι η διαφορά στάθμης περιορίζεται και ότι δεν υπάρχουν εγκλείσματα μπετονίτη παγιδευμένα μέσα στον ολοκληρωμένο τοίχο.



Εικόνα 4.9: Διαφραγματικός τοίχος.

Κατά τη διάρκεια όλων των εργασιών σκυροδέτησης το συνολικό μήκος του σωλήνα θα μικραίνει συστηματικά φροντίζοντας ώστε το κάτω άκρο του σωλήνα να παραμένει διαρκώς 3 μέτρα κάτω από το επίπεδο του νωπού σκυροδέματος. Η σκυροδέτηση οποιουδήποτε πανέλου θα ολοκληρώνεται με μια συνεχή εργασία. Το μίγμα μπετονίτη που εκτοπίζεται στη διάρκεια της σκυροδέτησης θα αντλείται στον απαμμωτή και στη συνέχεια στα σιλό (δεξαμενές μπετονίτη). Ο μπετονίτης που έχει μολυνθεί από επαφή με το σκυρόδεμα θα αποσύρεται και θα στέλνεται για απόρριψη. Ο μπετονίτης ελέγχεται στον πυθμένα και μια φορά στην κορυφή έναντι του τέλους του σκυροδέματος 1.2 μ πάνω από την επιφάνεια του σκυροδέματος.

Σε όλη τη διάρκεια της έγχυσης θα μετράται το βάθος του σκυροδέματος και θα αποτυπώνονται γραφικά για σύγκριση και έλεγχο οι θεωρητικοί και πραγματικοί όγκοι χυτού σκυροδέματος. Θα γίνει επεξεργασία του πάνω μέρους του διαφραγματικού τοίχου, με νερό ή άλλα εγκεκριμένα υλικά. Το μίγμα του μπετονίτη θα καθαριστεί από το πάνω μέρος του τοίχου από το σκυρόδεμα και οι χαλύβδινοι ράβδοι οπλισμού θα καθαριστούν από το μολυσμένο υλικό (μίγμα μπετονίτη και τσιμέντου) με βούρτσα.



Εικόνα 4.10: Διαφραγματικός τοίχος.

Οι δακτύλιοι κυκλικής διατομής των αρμών θα πρέπει να διατηρούνται πάντα σε καλή κατάσταση και μαζί με το λιπαντικό θα εξασφαλίσουν επαρκή υδατοστεγανότητα στους αρμούς που βρίσκονται ανάμεσα σε διαδοχικούς σωλήνες. Πριν από την έναρξη κάθε έγχυσης τοποθετείται στο σωλήνα, ανάμεσα στο μπετονίτη και στο σκυρόδεμα, ανακρουστήρας με ανόδιο για να εμποδίσει την ανάμειξη και τον διαχωρισμό του σκυροδέματος και του μπετονίτη. Ο ανακρουστήρας μπορεί να αποτελείται από κόκκους βερμικουλίτη ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πλαστική μπάλα ή απλά μια πλαστική σακούλα γεμισμένη με στουπιά. Στη συνέχεια η έγχυση του σκυροδέματος γίνεται απευθείας από τη μπετονιέρα μέσα στη χοάνη του σωλήνα σκυροδέτησης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σκυροδέτησης το κάτω μέρος των

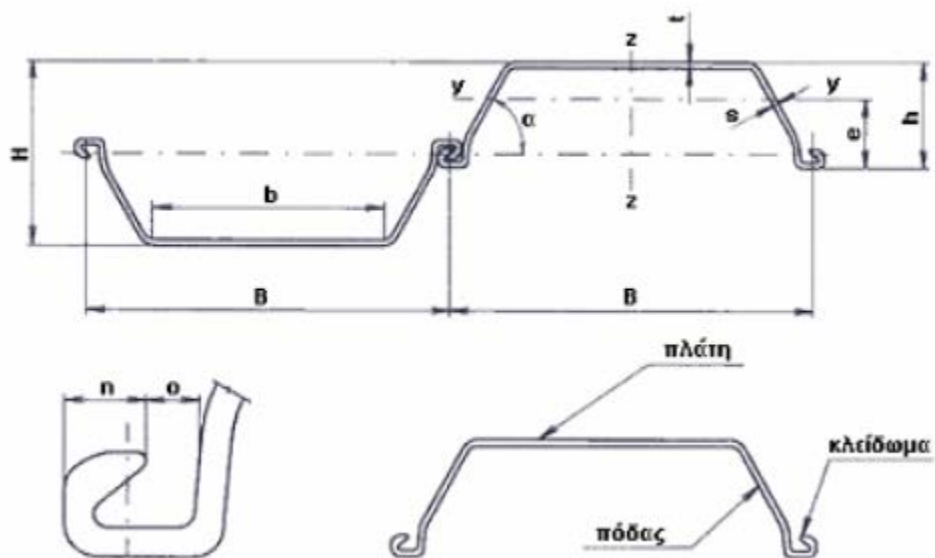
σωλήνων πρέπει να διατηρείται πάντα εμβαπτισμένο στο φρέσκο μίγμα σε βάθος τουλάχιστον 3 μέτρων. Για να αποφευχθούν οι εγκλεισμοί μπετονίτη στον ολοκληρωμένο τοίχο, πρέπει να παρακολουθείται το επίπεδο της διεπιφάνειας σκυροδέματος / μπετονίτη, καθώς και στο κάτω μέρος του σωλήνα ώστε να εξασφαλίζεται ότι η διαφορά είναι πάντα μεταξύ 3 και 8 μέτρων. Η τάφρος είναι κανονικά σκυροδετημένη στο πάνω μέρος του επιπέδου του καθοδηγητικού τοίχου ή τουλάχιστον 50 εκατοστά επάνω από το τελικό επίπεδο αποκοπής. Το μέτρο αυτό θα αναπληρώσει το διαχωρισμένο ή μολυσμένο σκυρόδεμα που υπάρχει κοντά στη διεπιφάνεια σκυροδέματος και μπετονίτη και θα εξασφαλίσει ότι στο επίπεδο αποκοπής υπάρχει γερό σκυρόδεμα.

4.3 ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τις πασσαλοσανίδες ως μορφή αντιστήριξης σε τεχνικά έργα. Η εν λόγω κατηγορία αντιστήριξης αποτελεί πολύ ενδιαφέρον κομμάτι λόγω του σχετικά εύκολου τρόπου εφαρμογής της. Συνήθως οι πασσαλοσανίδες είναι μεταλλικές και αποτελούν προσωρινή αντιστήριξη. Επίσης αφαιρούνται μετά την ολοκλήρωση των εργασιών στα περισσότερα έργα. Παρακάτω θα αναλύσουμε τα επί μέρους στάδια εκτέλεσης της μεθόδου.

- Η εκτέλεση της μεθόδου ξεκινάει με εκσκαφή – εξομάλυνση του εδάφους σε βάθος ενός μέτρου περίπου σε ολόκληρη την επιφάνεια της κάτοψης που πρόκειται να αντιστηριχτεί.
- Ακολουθεί η έμπηξη των μεταλλικών πασσαλοσανίδων μέχρι το επιθυμητό βάθος με χρήση δονητικού πασσαλοπήκτη.
- Στη συνέχεια, στο άνω άκρο του εγκατεστημένου μεταλλικού πασσαλότοιχου προσαρμόζεται το μεταλλικό πλαίσιο οριζόντιας υποστήριξης που αποτελείται από οριζόντια περιμετρική δοκό, γωνιακές αντηρίδες και χωροδικτύωμα. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να συνεχιστεί η εκσκαφή σε μεγαλύτερο βάθος.

Οι πασσαλοσανίδες έχουν διατομή τύπου U ή S. Τα άκρα τους παρουσιάζουν διάταξη που επιτρέπει την αλληλοσύμπλεξή τους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η σχετική στεγανότητα αλλά και σταθερότητα του τοιχώματος. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται φωτογραφίες και σκαριφήματα από τις εν λόγω διατομές. Είναι εύκολο να καταλάβουμε ότι οι μεταλλικές πασσαλοσανίδες είναι ενιαίου επαναλαμβανόμενου τύπου.



Εικόνα 4.11:Σκαρίφημα πασσαλοσανίδας.



Εικόνα 4.12:Πραγματική απεικόνιση πασσαλοσανίδας.

4.3.1 ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΣΣΑΛΟΣΑΝΙΔΩΝ

Οι ελάχιστες απαιτήσεις πριν, και κατά τη διάρκεια, τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων περιλαμβάνουν:

1. Επαρκή στοιχεία εκ της γεωτεχνικής διερεύνησης της περιοχής όπου πρόκειται να τοποθετηθούν οι πασσαλοσανίδες. Επισημαίνεται ότι η απαιτούμενη γεωτεχνική έρευνα θα πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με τις γενικές αρχές που αναφέρονται στο EN 1997-1:2004, έτσι ώστε να προσφέρει τις αναγκαίες πληροφορίες για τη φύση του υπεδάφους σε βάθος το οποίο να περιλαμβάνει το συνολικό προβλεπόμενο μήκος των πασσαλοσανίδων με έμφαση:

- Στις ιδιότητες αντοχής και παραμορφωσιμότητας των υπαρχουσών εδαφικών και βραχωδών στρώσεων,
- Στην πιθανότητα προσκόλλησης συνεκτικών εδαφών στις πασσαλοσανίδες κατά την εξαγωγή τους από το έδαφος,
- Στην πιθανή παρουσία λίθων και ογκολίθων εντός του υπό διερεύνηση εδάφους και
- Στις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής εγκατάστασης των πασσαλοσανίδων.

2. Γνώση των επικρατουσών συνθηκών στην περιοχή κατασκευής των πασσαλοσανίδων, δηλ. έκταση και όρια της περιοχής, τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής με αναφορά στις επικρατούσες κλίσεις και στους περιορισμούς προσβασιμότητάς της.

3. Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη, την ακριβή θέση και την κατάσταση υφιστάμενων κατασκευών (π.χ. κτίρια, δρόμοι, δίκτυα κοινής ωφέλειας), υπογείων κατασκευών, ανοικτών βαθιών εκσκαφών, αγκυρώσεων, επικρεμάμενων καλωδίων υψηλής τάσης, καθοδικών συσκευών προστασίας, αρχαιολογικών αντικειμένων κλπ.

4. Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών εντός των γεωϋλικών ή με πιθανούς κινδύνους, οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν την μέθοδο τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων, την ασφάλεια του προσωπικού κλπ..

5. Ικανοποίηση των νομικών περιορισμών και των περιβαλλοντικών περιορισμών (π.χ. μόλυνση ή περιορισμοί του υπερβολικού θορύβου, των προκαλούμενων ταλαντώσεων και της γενικότερης όχλησης στα γειτονικά κτίσματα).

6. Προδιαγραφές, που περιλαμβάνουν όλες τις σχετικές λεπτομέρειες αναφορικά με τον τύπο και τη διατομή των πασσαλοσανίδων, την πιθανή κλίση τοποθέτησης τους εντός του εδάφους, και την ανάγκη συστημάτων προστασίας και συντήρησης τους και τοποθέτησης κατάλληλων συνδέσεων μεταξύ των αρμών για την εξασφάλιση της κατά μήκος κατανομής των διατμητικών δυνάμεων.

7. Προϋπάρχουσα εμπειρία στην τοποθέτηση πασσαλοσανίδων.
8. Δεδομένα για δυσμενείς καιρικές συνθήκες (π.χ. συνθήκες ανέμου και συχνότητα εμφάνισης του εν λόγω καιρικού φαινομένου).
9. Πληροφορίες σχετικά με την πιθανότητα ανάπτυξης σοβαρής δράσης παγετού στο έδαφος, η οποία είναι δυνατόν να επιφορτίσει σημαντικά τις κατασκευές τοίχων αντιστήριξης από πασσαλοσανίδες.
10. Περιορισμούς, που αφορούν στη μέθοδο τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων εντός του εδάφους και στην εν γένει υποβοήθηση της όλης διαδικασίας.
11. Πληροφορίες σχετικά με τη δυνατότητα επίτευξης στεγανοποίησης του τοίχου από πασσαλοσανίδες.
12. Καθορισμό των διαφόρων σταδίων εκτέλεσης των εργασιών κατασκευής του τοίχου από πασσαλοσανίδες (όπως προβλέπεται από τη Μελέτη).
13. Στην περίπτωση παράκτιων κατασκευών, πληροφορίες και δεδομένα αναφορικά με τις αναμενόμενες διακυμάνσεις της στάθμης του νερού (π.χ. εύρος, συχνότητα και αίτια των διακυμάνσεων, τα οποία μπορεί να οφείλονται σε εκροή φράγματος ανάσχεσης, σε εκδήλωση φαινομένων παλίρροιας κτλ.).



Εικόνα 4.13:Εργασίες τοποθέτησης πασσάλων υπό το νερό.

Η διερεύνηση της δυνατότητας έμπηξης των πασσαλοσανίδων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τυχόν περιορισμούς που αφορούν την εφαρμογή τεχνικών υποβοήθησής της. Σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει σχετική εμπειρία τοποθέτησης πασσαλοσανίδων, συνιστάται να εκτελούνται μία ή περισσότερες δοκιμαστικές έμπηξεις πριν την έναρξη της συστηματικής τοποθέτησης των πασσαλοσανίδων. Τα δεδομένα έμπηξης που αποκτώνται από την προαναφερθείσα δοκιμή (δοκιμές), χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της αποδοτικότητας κατά τη διάρκεια των εργασιών έμπηξης των πασσαλοσανίδων, την επιβεβαίωση της επιλογής της διατομής των πασσαλοσανίδων και για τη διαπίστωση του εάν είναι απαραίτητη η υποβοήθηση της έμπηξης τους καθώς και της επιρροής της όλης μεθόδου κατασκευής στις εδαφικές ιδιότητες.



Εικόνα 4.14: Έμπηξη πασσαλοσανίδας.

4.3.2. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο μηχανικός εξοπλισμός ανάλογα με την φύση των στοιχείων διαφέρει σε ισχύ, σε τρόπο επενέργειας και κυρίως στην διάταξη εφαρμογής της δύναμης. Οι συνθήκες θεμελίωσης και η επιθυμητή ταχύτητα εξόλκεσης πρέπει να συνεκτιμηθούν ώστε να επιλεγεί ο κατάλληλος κατά περίπτωση εξοπλισμός και η μεθοδολογία επενέργειας.

Οι συνήθεις τύποι εξοπλισμού είναι:

- Δονητικοί πασσαλοπήκτες/εξολκείς.
- Σφύρα εξόλκευσης.
- Διατάξεις αναρτήσεως

Ο πιο διαδεδομένος εξοπλισμός είναι ο δονητικός πασσαλοπήκτης/εξολκέας.

Συνήθης τεχνική για την εξαγωγή πασσάλων και πασσαλοσανίδων είναι η δονητική εξόλκευση. Η αναρτημένη από γερανό δονητική κεφαλή φέρει ειδικό εξάρτημα προσαρμογής στην κεφαλή του πασσάλου(σε υπάρχουσα προεξοχή ή διαμορφούμενη εγκοπή).

Αρχικά εφαρμόζεται δύναμη με φορά προς τα κάτω προκαλώντας έμπηξη. Με τον τρόπο αυτό καταλύεται σε ένα βαθμό η συνοχή μεταξύ πασσάλου και εδαφικού υλικού, που έχει

αναπτυχθεί με την πάροδο του χρόνου. Κατά τα τελευταία στάδια της εξόλκυσης του πασσάλου οι λόγω τριβής δυνάμεις μειώνονται κατά πολύ και ο χειριστής θα πρέπει να μειώνει ανάλογα την δύναμη εξολκύσεως. Μετά την πλήρη αποκάλυψή τους, οι μεταλλικοί πάσσαλοι και πασσαλοσανίδες οδηγούνται στον προβλεπόμενο χώρο συγκέντρωσης και εφόσον πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν, θα καθαρίζονται από ξένα υλικά.

(α)

(β)



Εικόνα 4.15: (α) Αντιστηριζόμενη εκσκαφή με πασσαλότοιχο (β) Τμήμα πασσαλότοιχου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΣΗΡΑΓΓΩΝ – ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο ορισμός του τι αποτελεί σήραγγα δεν έχει γίνει καθολικά αποδεκτός, δεδομένης της πληθώρας ορισμών που δίδονται, αν αναζητήσει κανείς σχετική βιβλιογραφία. Γενικώς, ως σήραγγα καλείται μία οριζόντια, υπόγεια εκσκαφή. Εν τούτοις, για να θεωρηθεί ένα υπόγειο έργο ως σήραγγα, πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον δύο φορές μεγαλύτερο από την διατομή του. Επιπροσθέτως, πρέπει να είναι κλειστό από όλες τις πλευρές, εξαιρουμένων της εισόδου και της εξόδου. Μερικοί σχεδιαστές ορίζουν ως σήραγγα ένα τεχνικό μήκους 0.08 μιλίων (130 μέτρων) ή μεγαλύτερο, ενώ οτιδήποτε μικρότερου μήκους θεωρείται ως υπόγεια διάβαση.

Μία σήραγγα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποικίλους σκοπούς: να εξυπηρετεί πεζούς ή ποδηλάτες, για οδική κυκλοφορία γενικά, για την μεταφορά υδάτων για υδρευτικούς, αρδευτικούς ή υδροηλεκτρικούς σκοπούς. Άλλες σήραγγες χρησιμοποιούνται για την αποχέτευση όμβριων υδάτων ή λυμάτων, καθώς και για την εγκατάσταση καλωδίων επικοινωνίας. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεταλλευτικούς σκοπούς.

5.2 ΤΥΠΟΙ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι βασικοί τύποι σηράγγων μπορούν να διακριθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες:

1. **Μεταλλευτικές σήραγγες.** Χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη μεταλλευμάτων, μετάλλων, διαμαντιών κλπ. Οι τεχνικές κατασκευής τους είναι παρόμοιες με αυτές των περισσότερων σηράγγων, ωστόσο είναι λιγότερο ασφαλείς.



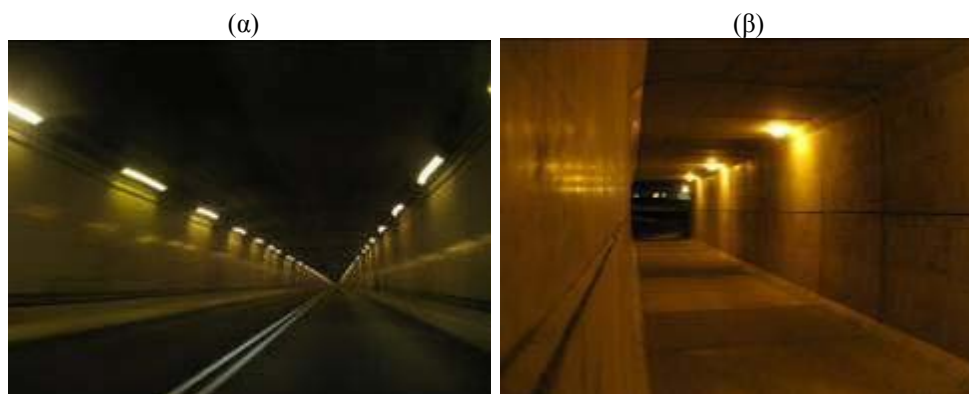
Εικόνα 5.1: Είσοδος μεταλλευτικής σήραγγας.

2. **Σήραγγες κοινής ωφελείας.** Χρησιμοποιούνται για άρδευση, ύδρευση, μεταφορά φυσικού αερίου και εγκατάσταση καλωδίων επικοινωνίας.



Εικόνα 5.2: Σήραγγα που θα χρησιμοποιηθεί ως αγωγός υδάτων.

3. **Συγκοινωνιακές σήραγγες.** Περιλαμβάνουν οδικές, σιδηροδρομικές, καθώς και σήραγγες για πεζούς και ποδηλάτες.



Εικόνα 5.3: α) Σήραγγα οδοποιίας β) Διάβαση πεζών.

5.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

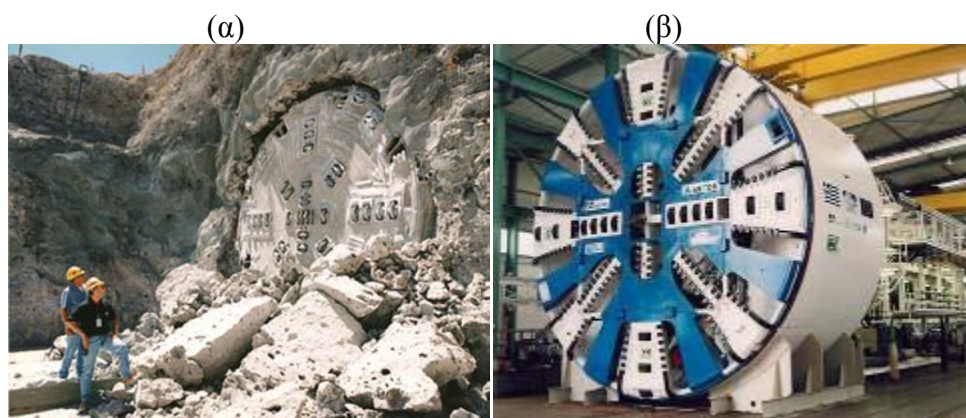
Οι μέθοδοι διάνοιξης σηράγγων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στις συμβατικές μεθόδους, όπου ανήκει η μέθοδος Drill & Blast και, στις μηχανικές μεθόδους, όπου ανήκουν οι μέθοδοι ολομέτωπης και τμηματικής εκσκαφής.

Στη συνέχεια παρατίθενται όσο πιο συνοπτικά οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι διάνοιξης. Γίνεται μία αναφορά στα μηχανήματα κοπής που χρησιμοποιούνται στις μηχανικές μεθόδους, ενώ περιγράφονται επίσης οι μέθοδοι διάνοιξης «Εκσκαφής και Επανεπίχωσης» (Cut and Cover) και «Νέα Αυστριακή μέθοδο διάνοιξης σηράγγων» (NATM).

5.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΜΕ ΜΗΧΑΝΗ ΟΛΟΜΕΤΩΠΟΥ ΚΟΠΗΣ (TUNNEL BORING MACHINE, TBM)

Οι κυριότεροι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην ανάπτυξη της μηχανικής όρυξης σηράγγων, είναι το γεγονός ότι η χρησιμοποίηση εκρηκτικών υλών για την θραύση του πετρώματος έχει ως αποτέλεσμα τον επηρεασμό της περιοχής γύρω από την εκσκαφή. Επιπλέον, ο κύκλος εκσκαφής με την χρήση εκρηκτικών είναι ασυνεχής υπό την έννοια ότι μεσολαβούν «νεκρά» χρονικά διαστήματα μεταξύ των διαφόρων φάσεων. Η μηχανική όρυξη σηράγγων πραγματοποιείται με τις Μηχανές Ολομέτωπης Κοπής (TBM-Tunnel Boring Machine).

Τα μηχανήματα ολομέτωπης κοπής (Tunnel boring machines, TBM και οι ασπίδες, shields) χρησιμοποιούνται για την διάνοιξη σηράγγων μέσα σε διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν το ίδιο αποτελεσματικά για τη διάνοιξη μέσα από σκληρά ή χαλαρά πετρώματα ή εδάφη. Οι διάμετροι διάνοιξης κυμαίνονται από 1m έως και 15m (με τάση να φθάσουν τα 19 m) και οι ταχύτητες προχώρησης ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες από μερικά εκατοστά/εβδομάδα έως και 130 μέτρα/εβδομάδα



Εικόνα 5.4: α) TBM κατά την έξοδο του από τη σήραγγα σε βραχώμαζα β) TBM που χρησιμοποιήθηκε στο Μετρό Αθηνών.

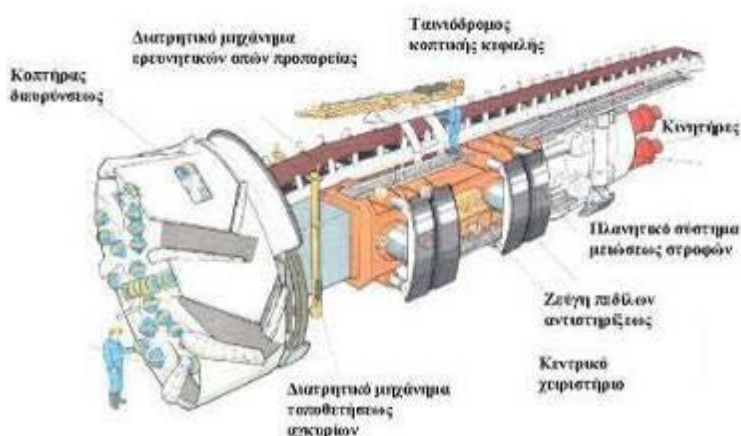
Ένα TBM συνήθως αποτελείται από ένα ή δυο ασπίδες, μεταλλικούς κυλίνδρους και από συστήματα υποστήριξης. Στο ένα άκρο της ασπίδας τοποθετείται η κοπτική κεφαλή. Η επιλογή της κοπτικής κεφαλής εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους. Πίσω από τον θάλαμο βρίσκονται μια σειρά υδραυλικών γρύλων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την προώθηση του μηχανήματος. Οι γρύλοι τοποθετούνται στην επένδυση της σήραγγας που βρίσκεται πίσω από το μηχανήμα και εν συνεχεία το ωθούν προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Η επιλογή μονής ή διπλής ασπίδας εξαρτάται κυρίως από τη γεωλογία της περιοχής καθώς και από την ταχύτητα προχώρησης. Διπλές ασπίδες χρησιμοποιούνται σε χαλαρά εδάφη ή ρηγματογόνες ζώνες όπου απαιτείται μεγάλη ταχύτητα προχώρησης. Αντίστοιχα η μονή ασπίδα χρησιμοποιείται σε σκληρά, συμπαγή πετρώματα.

- Μηχανές χωρίς ασπίδα (Gripper TBM). Ένα Gripper TBM είναι κατάλληλο για εξόρυξη βραχομαζών που η ευστάθεια του μετώπου και του ανυποστύλωτου τμήματος της

σήραγγας μπορεί να επιτευχθεί με προσωρινά μέσα υποστήλωσης όπως κοχλίες, μεταλλικά πλαίσια και εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

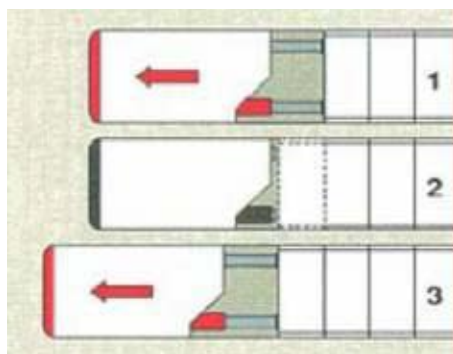
- TBM με ασπίδα. Τα μηχανήματα ολομέτωπης κοπής με ασπίδα χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που η βραχύμαζα λόγω της μικρής της αντοχής δεν μπορεί να παραλάβει τις δυνάμεις στήριξης της μηχανής TBM, που είναι απαραίτητες για την μετάδοση των δυνάμεων πρόωσης.
- Μηχάνημα με ισορροπία πίεσης γαιών (Earth Pressure Balance, EPB). Τα μηχανήματα EPB χρησιμοποιούνται σε τμήματα σήραγγας που βρίσκονται σε έδαφος και πέτρωμα μαζί. Εφαρμόζονται επίσης σε μεταβαλλόμενες γεωλογικές συνθήκες ή σε μικτές γεωλογίες μετώπων και σε πολύ αποσαθρωμένα πετρώματα.



Εικόνα 5.5: Τυπική σχηματική διάταξη μηχανήματος ολομέτρου κοπής.

Συνοπτικά, ο κύκλος λειτουργίας των μηχανημάτων αυτής της κατηγορίας, είναι ο εξής:

1. Διάνοιξη μετώπου
2. Τοποθέτηση τελικής επένδυσης/στερέωση με την βοήθεια των πιδύλων αντιστήριξης
3. Συνέχιση διάνοιξης μετώπου



Εικόνα 5.6: Φάσεις λειτουργίας TBM.

Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, στην κατηγορία αυτή των μηχανικών μεθόδων κατατάσσεται και η μέθοδος τμηματικής εκσκαφής, στην οποία χρησιμοποιούνται μηχανήματα σημειακής κοπής ή αλλιώς roadheaders και υδραυλικά ή πνευματικά σφυριά.



Εικόνα 5.7: α) Μηχάνημα σημειακής κοπής. β) Πνευματικό σφυρί.

Η χρήση αυτής της μεθόδου ενδείκνυται σε ιδιαίτερα χαλαρά εδάφη, όπου ο κίνδυνος αστοχίας είναι μεγάλος. Ωστόσο, ο ρυθμός των εργασιών εκσκαφής με αυτή την μέθοδο είναι ιδιαίτερα αργός.

5.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΕΠΙΧΩΣΗΣ (CUT & COVER)

Η μέθοδος της «εκσκαφής και επανεπίχωσης», γνωστή ως μέθοδος «cut and cover», είναι μια διαδομένη τεχνική κατασκευής οδικών σηράγγων. Συνιστάται στην επιφανειακή εκσκαφή και την δημιουργία ανοικτού ορύγματος, στην εν συνεχεία διαμόρφωση και κατασκευή της σήραγγας και, τέλος, στην επανεπίχωση υπεράνω της σήραγγας, συνήθως, μέχρι την αρχική επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Η μέθοδος «cut and cover» εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου λειτουργικοί και περιβαλλοντικοί λόγοι απαγορεύουν τη δημιουργία διατομής οδοποιίας ανοικτού ορύγματος αλλά και εκεί όπου το χαμηλό υπερκείμενο ή η φύση του εδάφους δεν συνηγορούν υπέρ μιας συμβατικής μεθόδου εκσκαφής σήραγγας.

Η μέθοδος «cut and cover» γνωρίζει ευρεία εφαρμογή στην αστική οδοποιία για κατασκευή κάτω διαβάσεων, ανισόπεδων διασταυρώσεων αλλά και εκτεταμένων οδικών έργων όπως οι υπόγειες αστικές αρτηρίες. Στις περιπτώσεις αυτές και, ιδιαίτερα, όταν το βάθος του υπό κατασκευή έργου δεν είναι μεγάλο, η εν λόγω μέθοδος προτιμάται από την μέθοδο διάτρησης με χρήση ενός μηχανήματος ολομέτωπης προσβολής (TBM).

Στην υπεραστική οδοποιία, η μέθοδος εφαρμόζεται, αντί της συνηθέστερης μεθόδου προρηγμάτωσης και εκσκαφής («drill and blast» method) κατασκευής σηράγγων, όταν συντρέχουν ορισμένοι λόγοι και, συγκεκριμένα, όταν:

- Το μήκος της σήραγγας είναι μικρό
- Το υπερκείμενο είναι χαμηλό

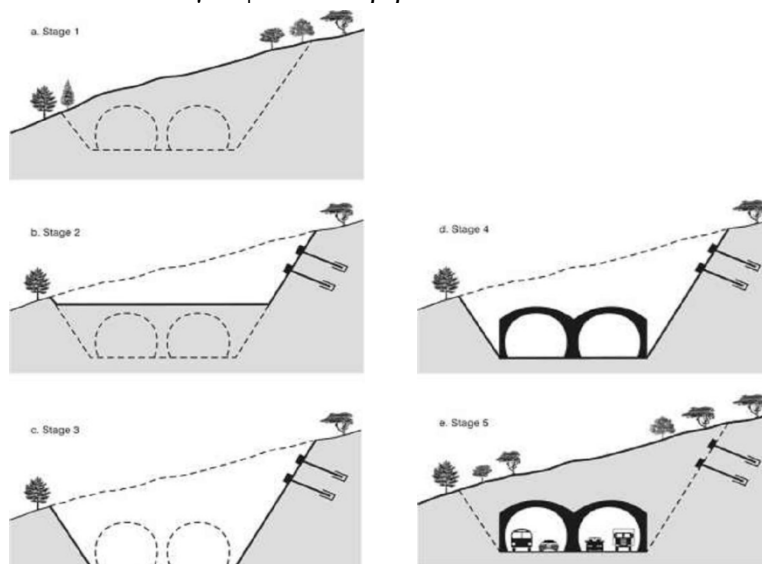
- Το εδαφικό υλικό είναι χαλαρό
- Οι γεωσχηματισμοί παρουσιάζουν πολλαπλές και επικίνδυνες ασταθείς ζώνες, ρήγματα, έγκοιλα κ.ά.
- Σε ενδιάμεση θέση, πρόκειται να κατασκευαστεί ανοικτό όρυγμα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος εφαρμόζεται και στις εισόδους και εξόδους των οδικών σηράγγων που κατασκευάζονται με τη συμβατική μέθοδο, επειδή στις θέσεις αυτές το υπερκείμενο είναι, συνήθως, χαμηλό.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί, πέραν των οδικών έργων, και σε άλλα συγκοινωνιακά έργα, όπως σε διάνοιξη σηράγγων για κατασκευή αστικού σιδηροδρόμου (μετρό).

5.3.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

Η εκτέλεση έργων οδικών σηράγγων με την μέθοδο «cut and cover» περιλαμβάνει διάφορα στάδια. Αν και η φιλοσοφία της τεχνικής είναι ίδια και ενιαία, ωστόσο, υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση από την αστική στην υπεραστική οδοποιία. Κοινή, όμως, είναι και απαραίτητη σε κάθε περίπτωση, η πλήρης διερεύνηση των γεωτεχνικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής και η σύνταξη σχετικής μελέτης για την εκτέλεση του έργου, είτε πρόκειται για δομημένο είτε για φυσικό περιβάλλον.



Εικόνα 5.8: Κατασκευαστικά στάδια μεθόδου ανοικτού ορύγματος.

Στην υπεραστική οδοποιία οι φάσεις κατασκευής περιλαμβάνουν τα εξής:

- Προκαταρκτικές ενέργειες, απομάκρυνση εμποδίων, εκτροπή τοπικών δικτύων
- Εκχερσώσεις, επιφανειακές εκσκαφές
- Κατασκευή προσωρινών και μόνιμων έργων υδροσυλλογής, αποστράγγισης και προστασία γεωκατασκευών
- Γενικές εκσκαφές, δημιουργία ανοικτού ορύγματος

- Προσωρινά μέτρα αντιστήριξης, πασσαλοδιαφράγματα, τοίχοι «τύποι Βερολίνου», αγκύρια βράχου στο ανάντη πρανές
- Κατασκευή αποστραγγιστικών πετασμάτων, κλινών
- Διαμόρφωση δαπέδου εργασίας για τις εργασίες σκυροδέτησης
- Σκυροδέτηση σήραγγας – μέτρα στεγάνωσης
- Επιχωματώσεις, επενδύσεις, αποστραγγιστικά μέτρα, προστασία πρανών
- Αποκατάσταση τοπικών δικτύων, κυρίως, οδικού δικτύου
- Ολοκλήρωση εργασιών σήραγγας, Η/Μ έργα, αποχέτευση, οδοστρωσία, ασφαλτικά.

Στις αστικές περιοχές, οι υπόγειες σήραγγες κατασκευάζονται κάτω από οδικές αρτηρίες. Η εκσκαφή, συνεπώς, για μια τέτοια κατασκευή προσκρούει στο πρόβλημα της κυκλοφορίας. Αυτό είναι και το μεγαλύτερο μειονέκτημα της μεθόδου «cut and cover» έναντι της συνήθους μεθόδου διάτρησης σε αστικές περιοχές. Όταν, ωστόσο, επιλέγεται η μέθοδος «cut and cover», απαραίτητα είναι τα συμπληρωματικά μέτρα άμεσης αποκατάστασης κυκλοφορίας μέσω προσωρινού οδοστρώματος.



Εικόνα 5.9: Αττικό μετρό, μέθοδος cut and cover.

Ως προς τα άλλα θέματα που αντιμετωπίζονται στην υπεραστική οδοποιία, η εφαρμογή της τεχνικής σε δομημένο περιβάλλον χαρακτηρίζεται από τα εξής:

- Προκαταρκτικές ενέργειες, απομάκρυνση εμποδίων, προσωρινή εκτροπή κυκλοφορίας, εκτροπή υπογείων και επιγείων δικτύων.
- Προσωρινή σήμανση, μέτρα ασφαλείας
- Έργα αντιστήριξης, διαφράγματα, «τοίχοι Βερολίνου»
- Εκσκαφές σε κατακόρυφα μέτωπα
- Κατασκευή προσωρινού οδοστρώματος

- Κατασκευή της υπόγειας σήραγγας
- Επίχωση και κατασκευή νέου οδοστρώματος

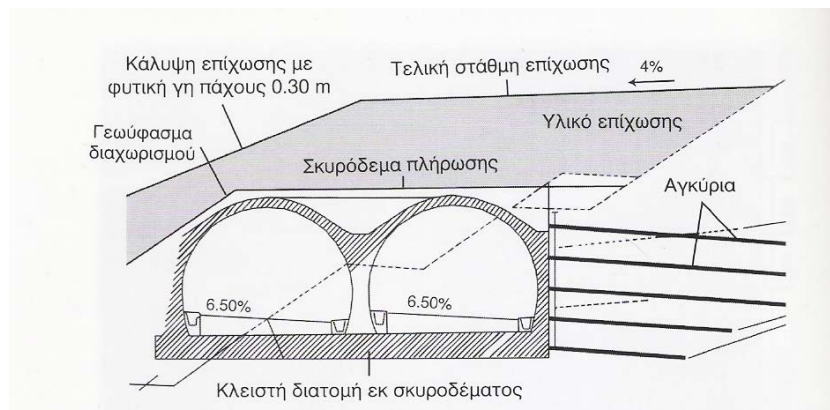


Εικόνα 5.10: Σήραγγα «cut and cover» σε φάση κατασκευής.

Σε περίπτωση που το επιβάλλουν κυκλοφοριακοί λόγοι, η ως άνω κατασκευή μπορεί να γίνει τμηματικά, κατά την έννοια του μήκους της οδού. Κάτι ανάλογο μπορεί να συμβεί και σε υπεραστική οδοποιία, όταν η χάραξη διέρχεται από εδαφικούς σχηματισμούς μεγάλης αστάθειας και υψηλού κινδύνου.

5.3.2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Η μέθοδος της εκσκαφής και επανεπίχωσης παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα έναντι μιας συμβατικής εκσκαφής και διαμόρφωσης ανοικτού ορύγματος: ελάχιστοι περιβαλλοντικοί όχληση, ασήμαντα γεωτεχνικά προβλήματα στην φάση λειτουργίας. Επιπλέον, στην φάση κατασκευής, η διέλευση του άξονα από ζώνες ασταθούς συμπεριφοράς μπορεί να αντιμετωπιστεί με σταδιακή κατασκευή (εκσκαφή-σκυροδέτηση-επανεπίχωση) ανά τμήματα ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι αστοχιών στα πρηνή της εκσκαφής. Αντίθετα, το κόστος κατασκευής είναι υψηλό και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η εφαρμογή της μεθόδου αυτής περιορίζεται σε ειδικές περιπτώσεις.



Εικόνα 5.11: Περιορισμοί ως προς το εύρος κατάληψης και αντιστήριξη ανάντη.

Η φάση των εκσκαφών και των έργων προσωρινής αντιστήριξης είναι ιδιαίτερα σημαντική. Συνήθως υπάρχουν περιορισμοί στην δυνατότητα επέκτασης των εκσκαφών και δημιουργίας πρανών ήπιων κλίσεων.

Συχνά, της εκσκαφής προηγούνται ορισμένα μέτρα αντιστήριξης, όπως η κατασκευή διαφραγματικών τοίχων ή τοίχων "τύπου Βερολίνου". Ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα της εδαφικής μάζας ανάντη (και ενδεχομένως, κατόντη) όσο βαθαίνει το ανοικτό όρυγμα. Πολλές φορές, εξάλλου, με την πρόοδο τως εργασιών εκσκαφής εκτελούνται διατρήσεις σε βραχώδη κερματισμένα υλικά, και τοποθετούνται αγκύρια βράχου, ώστε να βελτιωθεί η γενική ευστάθεια του τεχνικού πρανούς.

Η τεχνική του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ως μέτρου προσωρινής προστασίας και επένδυσης των πρανών είναι αρκετά συνηθισμένη σε περιπτώσεις κατασκευής σηράγγων «cut and cover». Μπορεί να εφαρμοσθεί σε γεωκατασκευές που παρουσιάζουν πρανή ενδιάμεσων κλίσεων (1,5:1 , 1:1 , 1:1,5) και επιφανειακά στρώματα από υλικά ευαίσθητα σε διάβρωση και αποσύνθεση ή σε βραχώδη πρανή που εμφανίζουν πολύ ρηγματομένη επιφάνεια. Η τεχνική αυτή προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης και γρήγορης κατασκευής, δεν αποτελεί, ωστόσο, η ίδια μια τεχνική αντιστήριξης πρανών. Σε κάθε περίπτωση εφαρμογής, θα πρέπει να συνοδεύεται από κατάλληλα μέτρα αποστράγγισης.



Εικόνα 5.12: Κατασκευή φορέα σήραγγας «cut and cover».

Τα μειονεκτήματα της τεχνικής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ως μεθόδου επένδυσης προσωρινών πρανών είναι τα εξής:

- Δυσκολία αποκατάστασης σε περίπτωση τοπικών ή γενικευμένων αστοχιών
- Σημαντικό κόστος
- Αναγκαιότητα καθαίρεσης της στρώσης του σκυροδέματος στην φάση της επανεπίχωσης, ειδάλλως, ο κίνδυνος ολίσθησης κατά της έννοια της επιφάνειας αυτής είναι μεγάλος.

Η διαδικασία επιχωμάτωσης ακολουθεί της συνήθης οδηγίες κατασκευής επιχωμάτων. Τα υλικά είναι, εξορισμού, τα προϊόντα εκσκαφών με εξαίρεση εκείνα τα οποία κρίνονται εντελώς ακατάλληλα για εκτέλεση γεωκατασκευών.

Ανεξάρτητα από τα μέτρα προστασίας και υδρομόνωσης της σήραγγας ένα στρώμα σκύρων κυμαινόμενου πάχους, λόγω ιδιαιτερότητας κατασκευής, θα πρέπει να περιβάλλει της εξωτερική επιφάνεια της σήραγγας για βελτίωση της αποστράγγισης. Σε περίπτωση που το υλικό επανεπίχωσης είναι συνεκτικό και το υπερκείμενο υψηλό ενδιάμεσες στραγγιστικές στρώσεις θα πρέπει να προβλεφτούν, ώστε να αποφθεχθεί η ανάπτυξη πίεσης πόρων στο σώμα του υλικού επανεπίχωσης μετά το πέρας της κατασκευής.

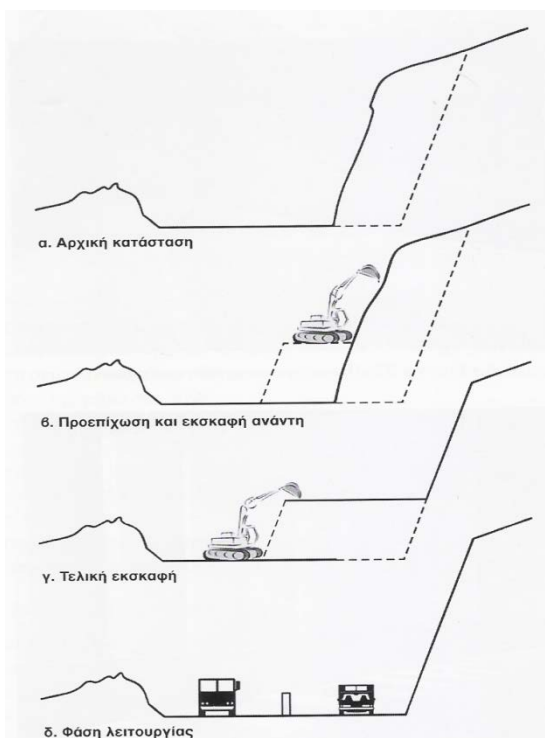
Συνήθως, η απαίτηση συμπίκνωσης για το υλικό επανεπίχωσης κυμαίνεται μεταξύ 90 και 95 % κατά Proctor. Η απαίτηση αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη όταν πρόκειται να κατασκευαστούν τεχνικά έργα (τοπικές οδοί) στην επιφάνεια της γεωκατασκευής και μικρότερη σε αντίθετη περίπτωση. Η συμπίκνωση, στην περίπτωση της επανεπίχωσης σηράγγων «cut and cover» εκτελείται για να βελτιώσει τις συνθήκες ευστάθειας των πρανών και για να μειώσει την διαπερατότητα των σχηματισμών. Αν δεν συντρέχουν ειδικοί λόγοι, η έντονη συμπίκνωση είναι σκόπιμο να αποφεύγεται και να επιδιώκεται βαθμός συμπίκνωσης γύρω στο 90%.

Η έναρξη των εργασιών επανεπίχωσης θα πρέπει να γίνεται αφού ολοκληρωθεί το στάδιο σκλήρυνσης του τσιμεντοπολτού του σκυροδέματος. Για τα πρώτα στρώματα υπεράνω του φορέα δεν συνιστάται η χρήση οδοστρωτήρων μεγάλου βάρους ή επιβολή δόνησης κατά της διαδικασία συμπύκνωσης.

Η τελική επιφάνεια της γεωκατασκευής καθώς και τα πρανή θα πρέπει να καλύπτονται από στρώμα φυτικής γης πάχους 30 με 50 εκατοστά για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη της βλάστησης και φυτοκάλυψης του όλου έργου.

5.3.2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΕΠΙΧΩΣΗΣ

Η μέθοδος της προεπίχωσης «cut and cover» είναι μια άλλη παραλλαγή, κατά την οποία μια προκαταρκτική επίχωση λειτουργεί ως προσωρινή αντιστήριξη φυσικών πρανών για την κατασκευή ενός τεχνικού έργου οδοποιίας ή μιας εκσκαφής σε μικρό πάχος και μεγάλο ύψος. Σε έργα σηράγγων, η διάτρηση ακολουθεί την κατασκευή της προεπίχωσης, η οποία μπορεί να παίζει ρόλο δαπέδου εργασίας για εκτέλεση μέτρων αντιστήριξης. Μετωπική προσβολή ή ανοικτή εκσκαφή πραγματοποιείται στη συνέχεια ανάλογα με την περίπτωση, για την κατασκευή του υπόγειου τεχνικού έργου.



Εικόνα 5.13: Εφαρμογή της μεθόδου της προεπίχωσης για εκσκαφή πρανών.

Σε περιπτώσεις διαπλάτυνσης υφιστάμενων οδών με διατομές σε όρυγμα και ειδικότερα, όταν δεν υπάρχει πρόσβαση ανάντη για την πρόσθετη εκσκαφή πρηνών η μέθοδος «cut and cover» είναι ουσιαστικά η μοναδική και αποτελεσματικότερη επιλογή. Κατά μήκος του υφιστάμενου πρηνούς εκτελείται αρχικά επίχωση ύψους 3 έως 5 μέτρων και πλάτους κατάλληλου για την έδραση του εκσκαφέα. Ακολουθεί η εκσκαφή των υπερκείμενων στρωμάτων και ακολούθως των υποκείμενων και του τεχνητού επιχώματος.

5.3.2.4 ΠΕΔΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου «cut and cover» είναι δύσκολο να καθοριστεί με απόλυτη ακρίβεια. Σ κάθε περίπτωση οδικού έργου τα κριτήρια επιλογής των διαφόρων μεθόδων κατασκευής μιας βυθισμένης διατομής δηλαδή μεταξύ ανοικτού ορύγματος ή κάποιου τεχνικού είναι ποικίλα: τεχνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά. Σημαντική είναι ακόμα η διάκριση ανάμεσα στην υπεραστική οδοποιία και την αστική οδοποιία για την επιλογή μιας τεχνικής. Αν επί παραδείγματι η κατασκευή υπόγειων έργων με την μέθοδο «cut and cover» σπανίως ξεπερνά τα 200 μέτρα μήκος σε υπεραστική οδοποιία, αντίθετα, φτάνει σε πολύ μεγαλύτερα μεγέθη μέσα σε δομημένο περιβάλλον.

5.3.3 ΝΕΑ ΑΥΣΤΡΙΑΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ (NEW AUSTRIAN TUNNELING METHOD, NATM)

Η λεγόμενη "Νέα Αυστριακή Μέθοδος Διάνοιξης Σηράγγων" (New Austrian Tunneling Method-NATM) ουσιαστικώς δεν αποτελεί μια "μέθοδο" αλλά περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικών διάνοιξης και υποστήριξης σηράγγων οι οποίες εφαρμόστηκαν συστηματικά κατά τη διάνοιξη σηράγγων στις Αυστριακές Άλπεις στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Οι τεχνικές αυτές είχαν εφαρμοσθεί και πριν το 1960 τόσο στην Αυστρία όσο και σε άλλα μέρη του κόσμου αλλά η συστηματοποίηση και ονομασία τους (NATM) έγινε από Αυστριακούς Μηχανικούς (Rabczewicz, Mueller, Brunner και Pacher) περί το 1960. Έτσι, αν και η "Μέθοδος NATM" όταν προτάθηκε δεν ήταν ούτε "Νέα" ούτε "Αυστριακή" (αφού είχε εφαρμοσθεί και στο παρελθόν σε άλλες χώρες) αλλά ούτε και "Μέθοδος" (αφού ουσιαστικά αποτελείται από ένα σύνολο τεχνικών οι οποίες μάλιστα αλλάζουν με την πρόοδο της τεχνολογίας), διατήρησε διεθνώς μέχρι σήμερα το όνομά της.

Αν και δεν υπάρχει γενικώς αποδεκτός ορισμός της "Μεθόδου NATM", ο όρος συνήθως χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διάνοιξη σηράγγων με εκτεθειμένο το μέτωπο εκσκαφής (δηλαδή χωρίς την εφαρμογή πίεσης με μηχανικά μέσα) και υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό ή οπλισμένο) ή/και αγκύρια βράχου.

Η συνήθης εφαρμογή της μεθόδου NATM είναι η διάνοιξη της διατομής της σήραγγας σε μια ή περισσότερες φάσεις και η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό, ινοπλισμένο, οπλισμένο με χαλύβδινο πλέγμα ή ενισχυμένο με χαλύβδινες νευρώσεις από ράβδους ή διατομές I) και αγκύρια (παθητικά ή προεντεταμένα). Σημειώνεται ότι η υποστήριξη του τοιχώματος της σήραγγας μόνον με αγκύρια χωρίς εκτοξευόμενο σκυρόδεμα υπάγεται επίσης στην κατηγορία της μεθόδου NATM.

5.3.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ NATM

Η βασική αρχή της μεθόδου NATM είναι ότι η διάνοιξη της σήραγγας και η κατασκευή της άμεσης υποστήριξης γίνονται κατά τρόπο ώστε να ενεργοποιηθεί η αντοχή της περιβάλλουσας βραχώμαζας (μέσω της ελεγχόμενης σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας) σε ικανό βαθμό ώστε να μειωθούν αρκετά οι πιέσεις επί της άμεσης υποστήριξης αλλά όχι τόσο ώστε να προκληθεί αποδιοργάνωση της βραχώμαζας με συνέπεια την αύξηση των πιέσεων στην άμεση υποστήριξη και τελικώς την κατάρρευση της διατομής της σήραγγας. Δεδομένου ότι ένα σημαντικό ποσοστό της σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας συμβαίνει εμπρός από το μέτωπο εκσκαφής (δηλαδή πριν η εκσκαφή φθάσει στη συγκεκριμένη θέση) και επιπλέον ότι η σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας αυξάνει με ταχείς ρυθμούς στην περιοχή του μετώπου εκσκαφής, προκύπτει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η αντοχή της βραχώμαζας έχει ενεργοποιηθεί επαρκώς πολύ κοντά στο μέτωπο της εκσκαφής και συνεπώς η άμεση υποστήριξη θα πρέπει να κατασκευασθεί κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο μέτωπο εκσκαφής.

Η παραπάνω αρχή της μεθόδου NATM εξειδικεύεται ως εξής:

1. Η εκσκαφή της διατομής της σήραγγας συνήθως γίνεται σε περισσότερες της μιας φάσεις. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η επιφάνεια του μετώπου της εκσκαφής κάθε φάσης και συνεπώς μειώνεται η συνολική σύγκλιση του τοιχώματος (σε σχέση με την εκσκαφή της διατομής σε μια φάση) και βελτιώνεται η ευστάθεια της διατομής αποφεύγοντας την αποδιοργάνωση της περιβάλλουσας βραχώμαζας.



Εικόνα 5.14: Εκσκαφή σήραγγας σε δύο φάσεις.

2. Κατασκευή της άμεσης υποστήριξης της διατομής σε μικρή απόσταση από το μέτωπο της εκσκαφής ώστε να περιορισθεί η περαιτέρω σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας και να αποφευχθεί η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας. Τούτο επιτυγχάνεται με την προώθηση της κάθε φάσης εκσκαφής σε μικρά βήματα της τάξεως των 1-2 μέτρων αναλόγως της ποιότητας της βραχώμαζας. Το μήκος του βήματος εκσκαφής μειώνεται όσο πτωχότερη είναι η ποιότητα της βραχώμαζας (επειδή στις περιπτώσεις αυτές η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας είναι ταχύτερη).



Εικόνα 5.15: Πτωχή ποιότητα βραχώμαζας – μικρό βήμα εκσκαφής.

3. Η άμεση υποστήριξη της διατομής θα πρέπει να αναλάβει φορτία κατά το δυνατόν ταχύτερα ώστε να περιορισθεί η περαιτέρω σύγκλιση του τοιχώματος της σήραγγας και συνεπώς η αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πλεονεκτεί ως προς την άποψη αυτή επειδή βρίσκεται σε απόλυτη επαφή με την περιβάλλουσα βραχώμαζα (και συνεπώς η παραμικρή σύγκλιση του τοιχώματος προκαλεί τη φόρτισή του) και επιπλέον έχει μικρό χρόνο πήξεως (μερικές ώρες). Η χρήση αγκυρίων βράχου σε κανονικό κানাβο σπλίζει την περιβάλλουσα βραχώμαζα και συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της λειτουργίας τόξου στη βραχώμαζα.
4. Ολοκλήρωση του δακτυλίου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο σύνολο της διατομής (δηλαδή και στο δάπεδο). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας κλειστός δακτύλιος με πολύ μικρή παραμορφωσιμότητα ώστε να περιορίζονται οι περαιτέρω συγκλίσεις του τοιχώματος. Η δημιουργία κλειστού δακτυλίου με την ταχεία σκυροδέτηση του δαπέδου (early invert closure) συντελεί τα μέγιστα στη μείωση της σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας και στην ευστάθεια της διατομής.



Εικόνα 5.16: Τοποθέτηση σπλισμού ανεστραμμένου τόξου.

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση βραχώμαζας με καλά μηχανικά χαρακτηριστικά συχνά δεν είναι απαραίτητο να ολοκληρώνεται ο δακτύλιος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, δηλαδή δεν επενδύεται με σκυρόδεμα το δάπεδο της σήραγγας.



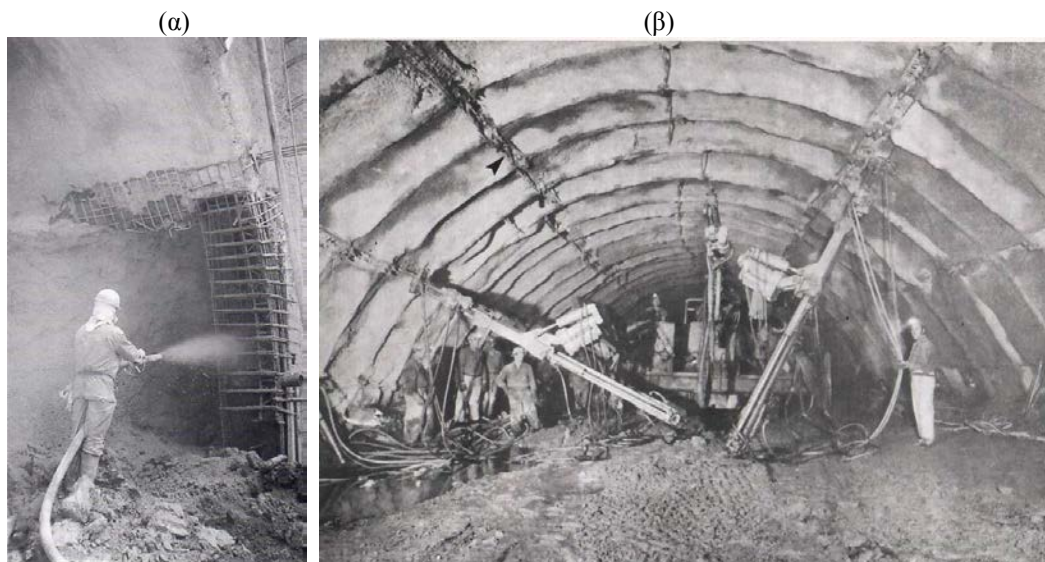
Εικόνα 5.17: Σήραγγα χωρίς ανεστραμμένο τόξο.

5. Στην περίπτωση διάνοιξης σηράγγων σε βραχώμαζα με πολύ πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά ή σε εδαφικούς σχηματισμούς, είναι συνήθης η εμφάνιση φαινομένων αστάθειας του μετώπου της εκσκαφής. Τα φαινόμενα αυτά προκαλούν αύξηση της σύγκλισης και αποδιοργάνωση της δομής της βραχώμαζας με πιθανή κατάληξη την κατάρρευση της σήραγγας. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να ληφθούν μέτρα βελτίωσης της ευστάθειας του μετώπου, όπως αύξηση του αριθμού των φάσεων εκσκαφής (ώστε να μειωθούν οι διαστάσεις του μετώπου), διαμόρφωση του μετώπου με κλίση ως προς την κατακόρυφο, ενίσχυση της οροφής με αγκύρια, ενίσχυση του μετώπου με ράβδους ή δοκούς προπορείας (forepoling), τσιμεντενέσεις, επένδυση του μετώπου με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κλπ.

5.3.3.2 ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

A. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (shotcrete/ guniting)

Ο όρος χρησιμοποιείται για σκυροδέματα που συνίστανται από τσιμέντο, νερό και λεπτόκοκκα αδρανή (συνήθως έως 10 mm) τα οποία εφαρμόζονται με εκτόξευση (με τη βοήθεια αέρα). Η αντοχή και η πλαστιμότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος μπορούν να αυξηθούν με την προσθήκη μεταλλικών ινών οι οποίες δρουν ως οπλισμός. Η προσθήκη μεταλλικών ινών ως οπλισμού του εκτοξευόμενου σκυροδέματος τείνει να αντικαταστήσει την όπλιση με μεταλλικά πλέγματα.



Εικόνα 5.18: (α) εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (β) αρχικό στάδιο κατασκευής σήραγγας.

Β. Αγκύρια βράχου

Τα αγκύρια βράχου διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

- Προεντεταμένα αγκύρια, (tensioned cables) που αποτελούνται από χαλύβδινους τένοντες (strands) και βασίζονται στην ενεργητική φόρτιση της βραχώμαζας λόγω της προέντασης.
- Παθητικά αγκύρια (rock-bolts) των οποίων η λειτουργία βασίζεται στη φόρτισή τους λόγω της παραμόρφωσης της βραχώμαζας. Διακρίνονται σε αγκύρια συνεχούς πρόσφυσης (fully bonded) και πρόσφυσης άκρου (end anchored) στα οποία ανήκουν οι ηλώσεις βράχου (grouted nails) και οι ηλώσεις χωρίς ενεμάτωση τύπου Swellex ή τύπου Split-Set. Οι ηλώσεις αυτές αποτελούνται από κοίλη μεταλλική διατομή και αποκτούν συνεχή πρόσφυση με τη βραχώμαζα με εισπίεση νερού στο εσωτερικό της διατομής που προκαλεί τη διόγκωσή της. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι αναλαμβάνουν φορτία πολύ γρήγορα επειδή δεν απαιτούν την πήξη του ενέματος για την επίτευξη πρόσφυσης με την περιβάλλουσα βραχώμαζα.

Γ. Χαλύβδινες νευρώσεις

Οι χαλύβδινες νευρώσεις λειτουργούν κυρίως ως οπλισμός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος για την αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητάς του αλλά και για τη βελτίωση της δυνατότητας ανάληψης φορτίων.

Οι χαλύβδινες νευρώσεις τοποθετούνται κατά τη διατομή της σήραγγας και είναι των εξής τύπων:

- Τυποποιημένες διατομές, συνήθως πλατύπελμες HEB100-160.
- Δικτυωτά πλαίσια (lattice girders) που αποτελούνται από ράβδους οπλισμού και συνδεδητές με τη μορφή χωροδικτύωματος.

- Συστοιχίες χαλύβδινων ράβδων οπλισμού (π.χ. 4-6 ράβδοι Φ28 σε παράλληλη διάταξη συνδεδεμένες με εγκάρσιους συνδετήρες σε αποστάσεις της τάξεως του μέτρου).



Εικόνα 5.19: (α) Χαλύβδινες νευρώσεις, (β) Δικτυωτό πλαίσιο.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η άμεση υποστήριξη της σήραγγας ακολουθείται από την κατασκευή της τελικής επένδυσης η οποία αναλαμβάνει μέρος (ή το σύνολο) των φορτίων της περιβάλλουσας βραχώμαζας. Η τελική επένδυση συνήθως κατασκευάζεται μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους της σήραγγας αλλά οπωσδήποτε αφού η σήραγγα σταθεροποιηθεί με την άμεση υποστήριξη, δηλαδή αφού πρακτικώς μηδενισθούν οι ρυθμοί εξέλιξης των συγκλίσεων, εντάσεων κλπ.



Εικόνα 5.20: Άποψη της τελικής επένδυσης στο τμήμα Cut & Cover. Εγνατία Οδός, Σήραγγα Δωδώνης.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου NATM σε σχέση με τις εναλλακτικές μεθόδους (διάνοιξη με TBM ή ασπίδα) είναι τα εξής:

- Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβαλλόμενες γεωτεχνικές συνθήκες
- Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβολές της γεωμετρίας της διατομής και στη διάνοιξη μή-κυκλικών διατομών.
- Περιλαμβάνει μηχανικό εξοπλισμό σχετικώς μικρού κόστους και συνεπώς πλεονεκτεί οικονομικά σε σήραγγες μικρού μήκους.
- Επιτρέπει ευκολότερη στεγάνωση της σήραγγας με συνθετική μεμβράνη (η οποία συνήθως τοποθετείται μεταξύ της άμεσης και της τελικής επένδυσης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^Ο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρατεθούν παραδείγματα αντιστηρίξεων σε αυτοκινητοδρόμους, ανά διάφορα σημεία στην Ελλάδα. Επίσης αναφέρονται τα κυριότερα τεχνικά στοιχεία του κάθε έργου δηλαδή, το κόστος κατασκευής, η χρονική διάρκεια του, η περιγραφή του, τα γεωλογικά στοιχεία, η περιγραφή των εργασιών που θα γίνουν και φωτογραφίες.

6.1 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ

Το εν λόγω έργο είναι ένας τοίχος αντιστήριξης (Τοίχος T16) του οδικού άξονα Πατρών – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων με εργοδότη την ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 2,1εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2003

Κατασκευή: 2003-2004

Περιγραφή Έργου

Τοίχος αντιστήριξης

Μήκος: 375m

Ύψος: 2,0-9,75m

Γεωλογία

Ασβεστόλιθοι, κορήματα σε περιοχή ενεργά σεισμική

Περιγραφή Εργασιών

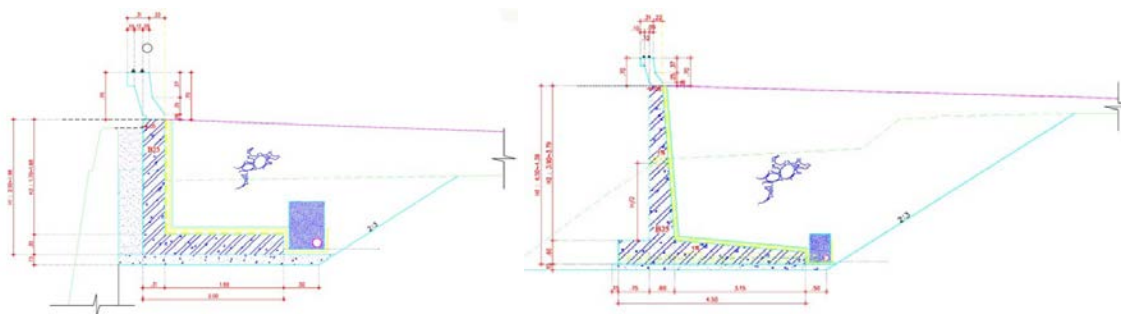
Λεπτομερής Οριστική Γεωτεχνική & Στατική Μελέτη

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- 32 τμήματα σκυροδέτησης
- Επιφανειακή θεμελίωση στα 16 τμήματα
- Θεμελίωση επί πασσάλων στα 6 τμήματα



Εικόνα 6.1: Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης αυτοκινητοδρόμου.



Εικόνα 6.2: Τυπικές διατομές τοίχου αντιστήριξης.

6.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΜΕ ΜΟΝΕΣ Η ΔΙΠΛΕΣ ΠΑΣΣΑΛΟΣΤΟΙΧΙΕΣ

Στο έργο αυτό, υπάρχουν τοίχοι αντιστήριξης με μονές ή διπλές πασσαλοστοιχίες με την εφαρμογή μόνιμων προεντεταμένων αγκυρώσεων για την ασφαλή εκτέλεση του έργου σε δυσχερείς γεωτεχνικά και γεωμετρικά περιοχές, όπως στην προκειμένη περίπτωση επί του αυτοκινητόδρομου Ελευσίνας – Κορίνθου – Πατρών – Πύργου – Τσακώνας. Το έργο αυτό ανέλαβαν η ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. και η κοινοπραξία ΟΛΥΜΠΙΑ στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος Κατασκευής

Κόστος κατασκευής: περίπου € 9 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2009 - 2011

Κατασκευή: ανολοκλήρωτη

Περιγραφή Έργου

Συνολικό μήκος σύνθετων συστημάτων αντιστήριξης: ~1000m

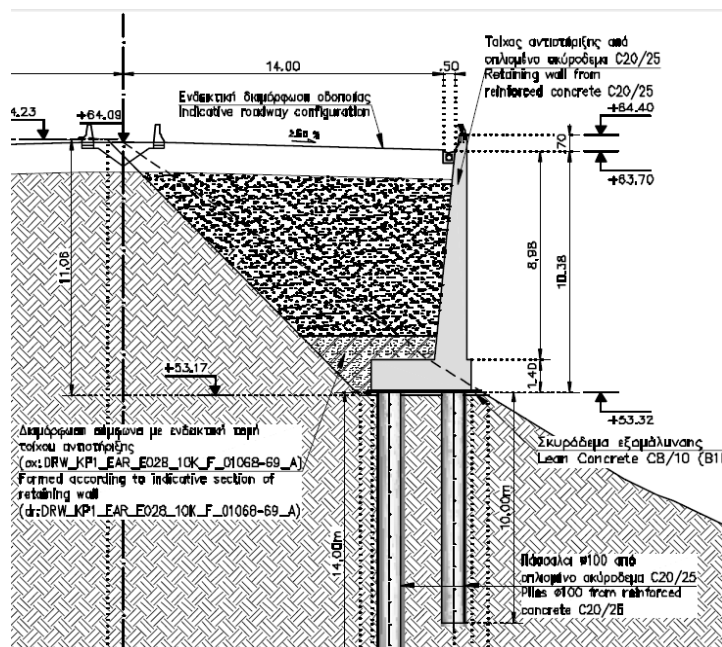
Μέγιστο ύψος: 35 m

Γεωλογία

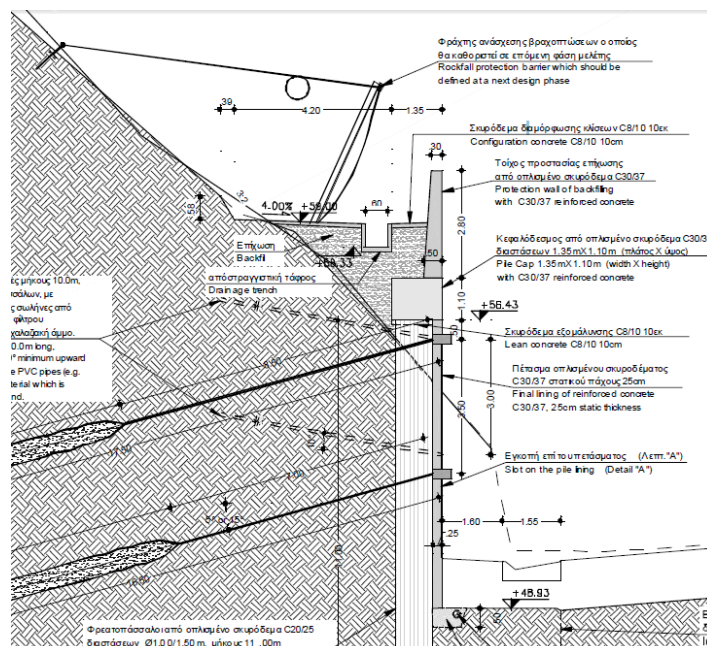
Πλειοκαινικές – Πλειο-Πλειστοκαινικές Μάργες, Κροκαλοπαγή, Εναλλαγές μαργών – κροκαλοπαγών, Ποτάμιες Αποθέσεις, Αποσαθρωμένα υλικά κλιτύος, Άμμοι, Χάλικες, Αργιλοιλύς

Περιγραφή Εργασιών – Λεπτομέρειες Σχεδιασμού

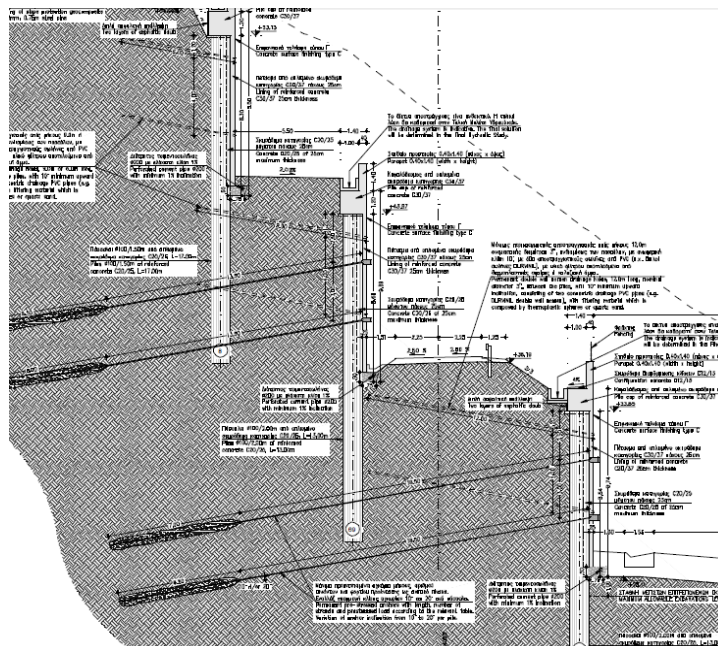
- Γεωτεχνική αξιολόγηση και προσδιορισμός παραμέτρων σχεδιασμού
- Βελτιστοποίηση γεωτεχνικών παραμέτρων με ανάδρομες αναλύσεις ευστάθειας
- Ειδικός έλεγχος φόρτισης συστήματος από τυχαίες επιφάνειες ολίσθησης
- Λειτουργικός έλεγχος συστήματος αντιστήριξης
- Έλεγχος και διαστασιολόγηση προεντεταμένων αγκυρίων κατά EC7
- Αξιολόγηση και προσδιορισμός σεισμικού φορτίου σύμφωνα με το γεωτεχνικό προφίλ της περιοχής
- Οριστική Μελέτη Κατασκευής



Εικόνα 6.3: Διατομή Τοίχου αντιστήριξης σε γεωμετρικά δυσχερείς περιοχές



Εικόνα 6.4: Διατομή σύνθετου συστήματος αντιστήριξης με προεντεταμένα αγκύρια



Εικόνα 6.5: Διατομή σύνθετου τριπλού συστήματος αντιστήριξης με προεντεταμένα αγκύρια

6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΙΧΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ

Στο έργο αυτό, υπάρχουν τοίχοι οπλισμένης γης ύψους 10-16m με συρματοκιβώτια που λειτουργούν ως τοίχοι αντιστήριξης ή ως ακρόβαθρα γεφυρών. Το έργο βρίσκεται επί του οδικού άξονα Πατρών – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων, τμήμα Μαλιακός - Κλειδί με εργοδότη την κοινοπραξία κατασκευής Μαλιακός – Κλειδί, στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος Κατασκευής

Κόστος Κατασκευής: περίπου € 5 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2009 - 2011

Κατασκευή: Ξεκίνησε το 2011 αλλά παραμένει ανολοκλήρωτη

Περιγραφή Έργου

Τοίχοι οπλισμένης γης ύψους 10-16m με συρματοκιβώτια που λειτουργούν ως τοίχοι αντιστήριξης ή ως ακρόβαθρα γεφυρών

Συνολικό μήκος οπλισμένης γης: ~500m

Μέγιστο ύψος: 10-16m

Κλίσεις οπλισμένης γης: 85ο έως κατακόρυφη

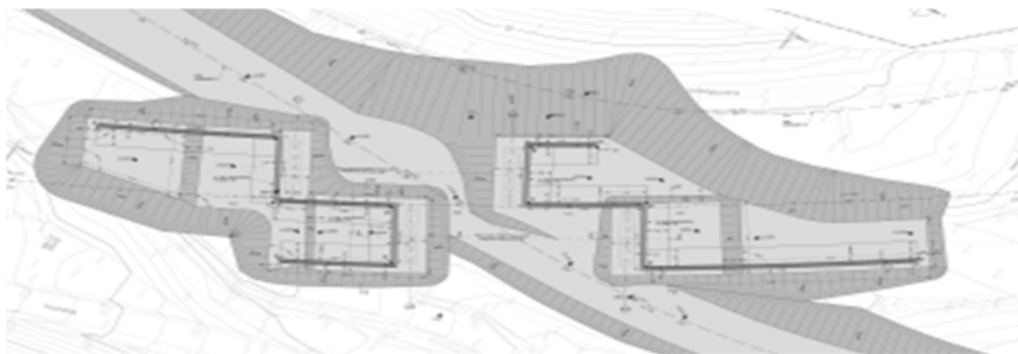
Γεωλογία

GU 10 ~ 14: Πρόσφατες αποθέσεις, Φυλλίτες

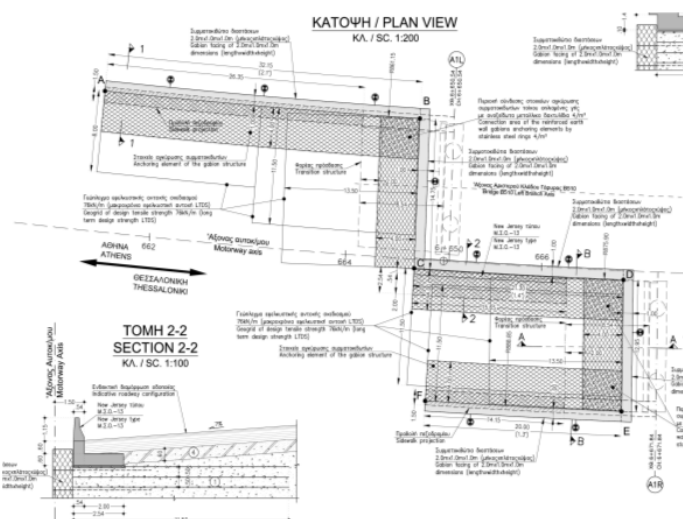
GU 16 ~ 19: Πρόσφατες αποθέσεις, Οφιόλιθοι, Ασβεστόλιθοι

Περιγραφή Εργασιών – Λεπτομέρειες Σχεδιασμού

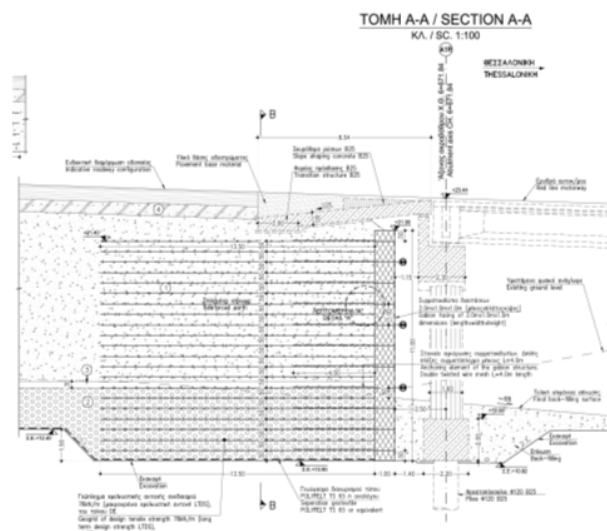
- Οριστική Γεωτεχνική Μελέτη
- Γεωτεχνική αξιολόγηση και προσδιορισμός παραμέτρων σχεδιασμού
- Έλεγχος ευστάθειας οπλισμένης γης με εξειδικευμένα λογισμικά
- Έλεγχοι εσωτερικής και εξωτερικής ευστάθειας
- Επιλογή κατάλληλων γεωπλεγμάτων ανάλογα με το υλικό πλήρωσης
- Διαμόρφωση συρματοκιβωτίων σε γεωμετρικά δυσχερείς περιοχές



Εικόνα 6.6: Διαμόρφωση εκσκαφών θεμελίωσης τόνων οπλισμένης γης



Εικόνα 6.7: Κάτοψη και λεπτομέρειες σύνδεσης πλεγμάτων και συρματοκιβωτίων.



Εικόνα 6.8: Μηκοτομή ακροβάθρου γέφυρας από οπλισμένη γη

6.4 ΕΡΓΟ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΕΝΤΟΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Η κατασκευή συστήματος τοίχων αντιστήριξης με μονές ή διπλές Πασσαλοστοιχίες για το έργο αυτό, είναι για την ασφαλή εκτέλεση οδοποιίας εντός της κατολισθημένης ζώνης. Το έργο αυτό βρίσκεται στον αυτοκινητόδρομο Πατρών – Αθήνας – Θεσσαλονίκης – Ευζώνων με εργοδότη την κοινοπραξία κατασκευής Μαλιακός – Κλειδί στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος Κατασκευής:

περίπου € 1,5 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2010 - 2011

Κατασκευή: ανολοκλήρωτη

Περιγραφή Έργου

Κατασκευή συστήματος τοίχων αντιστήριξης με μονές ή διπλές πασσαλοστοιχίες από οπλισμένο σκυρόδεμα, σε λειτουργία προβόλου για την ασφαλή εκτέλεση έργων οδοποιίας εντός κατολισθημένης ζώνης.

Συνολικό μήκος συστήματος πασσαλοστοιχίας: ~300m

Μέγιστο ύψος συστήματος πασσαλοστοιχίας: 10m

Μέγιστο ύψος πρανούς: 30m

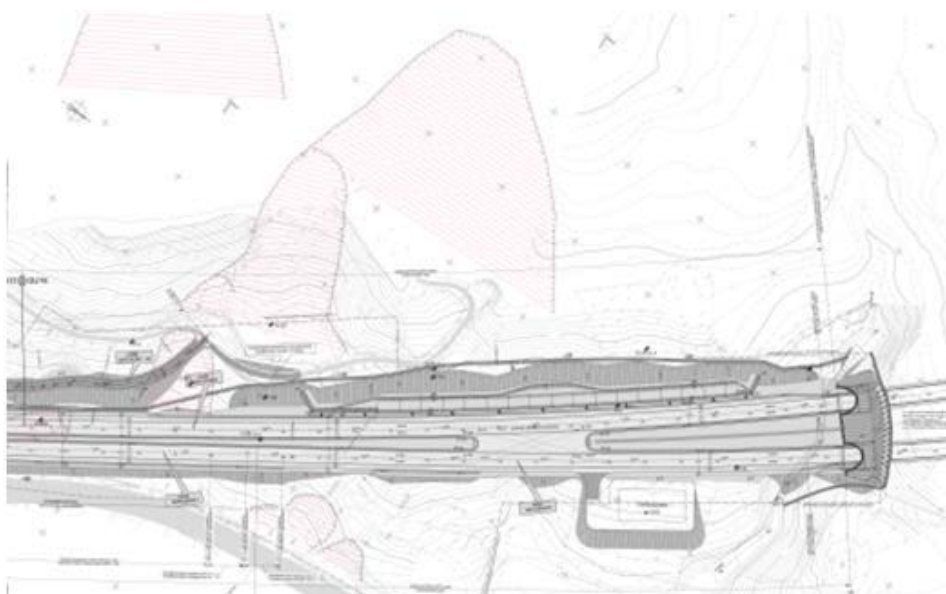
Γεωλογία

Το υπόβαθρο της κατολίθησης αποτελείται από οφιολιθικά πετρώματα

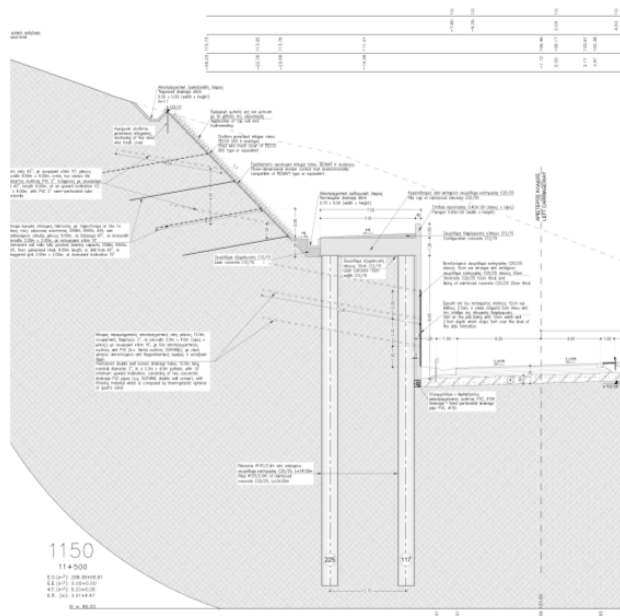
Τα ανώτερα εδαφικά υλικά αποτελούνται από ολισθημένες μάζες

Περιγραφή Εργασιών – Λεπτομέρειες Σχεδιασμού

- Οριστική γεωτεχνική μελέτη μόνιμου ορύγματος
- Γεωτεχνική αξιολόγηση και προσδιορισμός παραμέτρων σχεδιασμού
- Ειδικός σχεδιασμός και διαστασιολόγηση συστήματος με πεπερασμένα στοιχεία
- Ειδικός έλεγχος φόρτισης συστήματος αντιστήριξης από τυχαίες επιφάνειες ολίσθησης
- Λειτουργικός έλεγχος συστήματος αντιστήριξης
- Αξιολόγηση και προσδιορισμός σεισμικού φορτίου κατολισθημένης



Εικόνα 6.9: Οριζοντιογραφία με αποτύπωση περιοχών κατολίθησης



Εικόνα 6.10: Διατομή τοίχου αντιστήριξης με διπλή πασσαλοτοιχία

6.5 ΤΟΙΧΟΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο έργο αυτό, υπάρχει ένας τοίχος αντιστήριξης ύψους 13 μέτρων για την κατασκευή ενός βιομηχανικού κτηρίου στον Ασπρόπυργο Αττικής με εργοδότη την ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 0,2 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2006

Κατασκευή: 2006

Περιγραφή Έργου

- Τοίχος αντιστήριξης επί της ανατολικής και νότιας πλευράς του κτιρίου
- Διαμόρφωση πόδα εκσκαφής σε απόσταση 0,75m από την παρειά του τοίχου και παράλληλα προς αυτό.
- Διαμόρφωση εκσκαφής με κλίση 7:1 (Υ:Π) και μέγιστο ύψος 13m
- Πλήρωση με υλικό επίχωσης μεταξύ της επιφάνειας του πρανούς και του τοίχου αντιστήριξης

Γεωλογία

Παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι ασβεστόλιθοι

Περιγραφή Εργασιών

- Επί τόπου γεωλογική αποτύπωση
- Καθορισμός ωθήσεων βραχώμαζας και επίχωσης επί του τοίχου αντιστήριξης
- Προσδιορισμός και διαστασιολόγηση μέτρων αντιστήριξης πρανούς



Εικόνα 6.11: Χωματουργικές εργασίες διαμόρφωσης πρανούς στην ανατολική πλευρά του κτιρίου



Εικόνα 6.12: Γενική άποψη του χώρου κατασκευής του κτιρίου

6.6 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΑΛΛΗΛΟΤΕΜΝΟΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΟΠΑΣΣΑΛΩΝ

Στο έργο αυτό, υπάρχει διαφραγματικός τοίχος τύπου jet grouting, απομείωσης των εισροών υδάτων για την εκσκαφή των μεσόβαθρων Μ2 έως Μ6 της γέφυρας Τ10 στον ποταμό Μετσοβίτικο, στην Εγνατία οδό, με εργοδότη την ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε., παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό Κόστος: περίπου € 6 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Μελέτη: 2007

Κατασκευή: 2007-2008

Περιγραφή Έργου

- Διαφραγματικός τοίχος με αλληλοτεμνόμενους εδαφοπασσάλους με τη μέθοδο jet grouting
- Κεντρικός διαφραγματικός τοίχος, τριπλής σειράς εδαφοπασσάλων
- 4 επιπρόσθετοι διαφραγματικοί τοίχοι στις θέσεις κατασκευής των βάθρων
- Διάμετρος: Φ80, Μήκος 10m-20m
- Συνολικό Μήκος Τοίχων: 365m

Γεωλογία

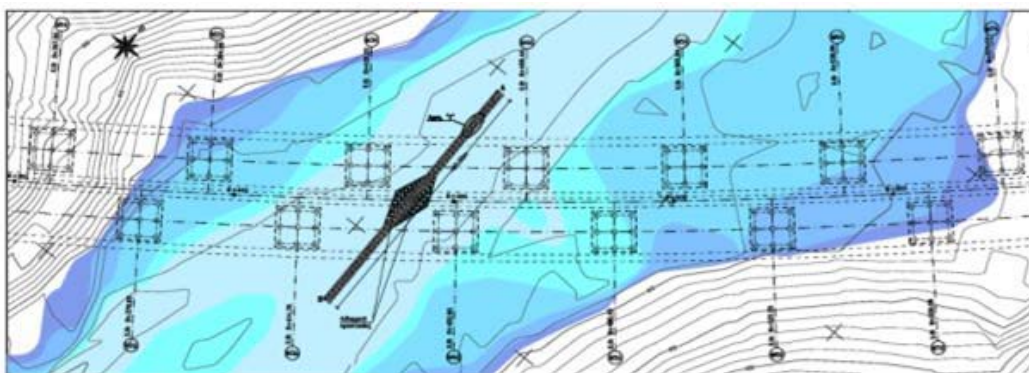
- Ποταμοχειμάρριες αποθέσεις (άμμος, ασβεστολιθικές λατύπες, αργιλικά υλικά) ποταμού Μετσοβίτικου, υψηλής περατότητας
- Κροκαλοπαγή σχηματισμού φλύσχη, υψηλής περατότητας
- Αυξημένες πλημμυρικές παροχές ρέματος
- Υψηλή στάθμη υπογείου υδροφόρου ορίζοντα

Περιγραφή Εργασιών

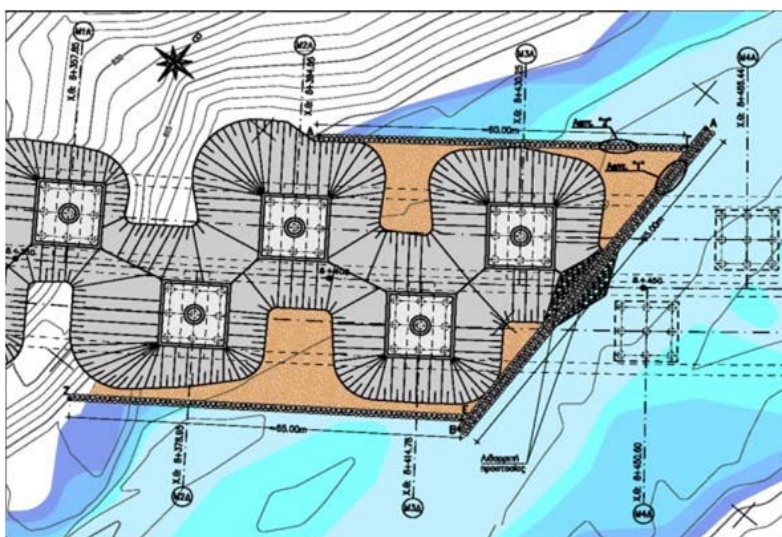
Λεπτομερής Οριστική Γεωτεχνική Μελέτη γεωτεχνικών

Λεπτομέρειες Κατασκευής

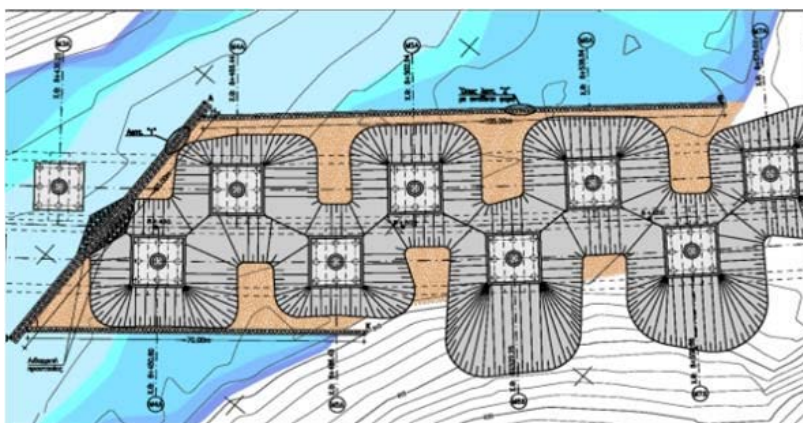
- Κατασκευή φραγμάτων διευθέτησης κοίτης ποταμού
- Κατασκευή λιθορριπής προστασίας κεντρικού διαφραγματικού



Εικόνα 6.13: 1^η φάση κατασκευής έργου.



Εικόνα 6.14: 2^η φάση κατασκευής έργου.



Εικόνα 6.15: 3^η φάση κατασκευής έργου.

6.7 ΕΠΙΧΩΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΜΕ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ

Στο έργο αυτό, υπάρχει ένα επίχωμα με συρματοκιβώτια σε συνδυασμό με γεωπλέγματα, πραγματοποιήθηκε στον κόμβο Μετσόβου, στην Εγνατία Οδό, από την ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε., παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια τεχνικά στοιχεία του έργου.

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 1,0 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2000

Κατασκευή: 2002-2005

Περιγραφή Έργου

Οπλισμένο επίχωμα με συρματοκιβώτια σε συνδυασμό με γεωπλέγματα. Γεωμετρία διαμόρφωσης:

- Κλίση οπλισμένων βαθμίδων 2:1 και 1:1
- Κλίση μη οπλισμένων βαθμίδων 1:2
- Μήκος: 110m
- Μέγιστο πλάτος καταστρώματος: 90m
- Μέγιστο ύψος: 50m

Γεωλογία

Λιθολογικές φάσεις παχυστρωματώδων ψαμμιτών & ερυθροπηλιτών του φλύσχη της ενότητας Πίνδου

Περιγραφή Εργασιών

- Λεπτομερής Οριστική Γεωτεχνική Μελέτη
- Κατασκευαστικά σχέδια

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Κατασκευή επιχώματος με χρήση ψαμμιτικού υλικού
- Αντοχή γεωπλεγμάτων 400KN/m

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΡΓΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

- Διαστάσεις συρματοκιβωτίων 1m x 1m x 2m & 1m x 0,5m x 2m
- Μήκος όπλισης 20m και 25m



Εικόνα 6.16: Δυτική άποψη επιχώματος



Εικόνα 6.17: Νότια άποψη του επιχώματος



Εικόνα 6.18: Οπλισμένη γη στην ανώτερη υψομετρικά βαθμίδα

6.8 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ ΜΕ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ

Στο έργο αυτό, έχουμε αντικατάσταση άοπλου αμφίπλευρου γαιώδες επιχώματος που είχε αστοχήσει, με μια σειρά πασσάλων $\Phi 1.00/1.30$ και μήκους 16m που έχει ως στόχο την θεμελίωση του επιχώματος. Το επίχωμα βρίσκεται στην Εγνατία Οδό, με εργοδότη την ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.

Κόστος Κατασκευής

Συνολικό κόστος: περίπου € 1 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2003

Κατασκευή: 2003-2004

Περιγραφή Έργου

Άοπλο αμφίπλευρο γαιώδες επίχωμα προς αντικατάσταση επιχώματος που είχε αστοχήσει. Γεωμετρία διαμόρφωσης:

- Μία βαθμίδα με κλίση 1:3 (ανάντη τμήμα) και 2:3 (κατάντη τμήμα)
- Μήκος: 90m
- Πλάτος καταστρώματος: 27m
- Μέγιστο ύψος: 25m

Γεωλογία

Τραβερτίνης, περιδοτίτης, χαλαρά εδαφικά υλικά, παρουσία υπόγειου νερού.

Περιγραφή Εργασιών

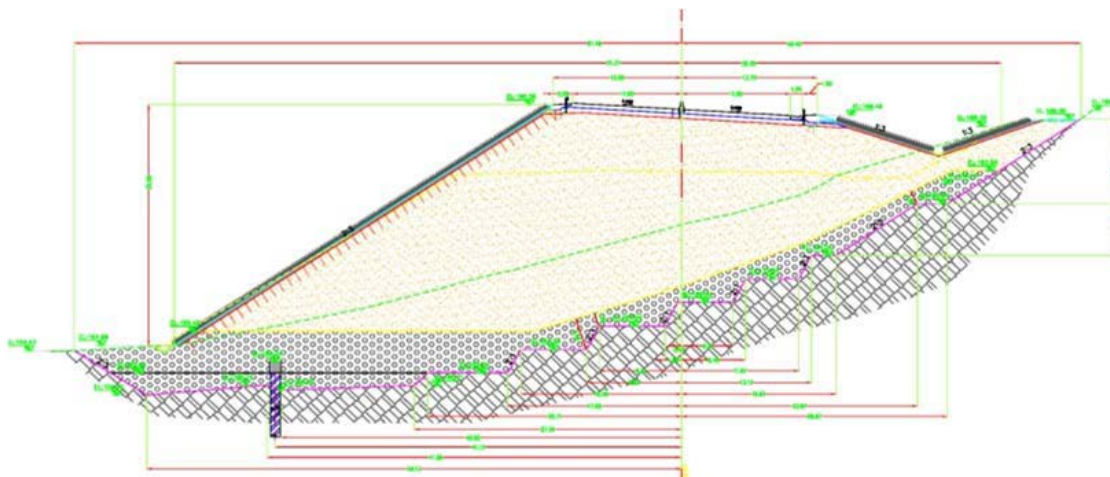
- Λεπτομερής Οριστική Γεωτεχνική Μελέτη
- Οριστική Γεωλογική και Υδρογεωλογική Μελέτη
- Αξιολόγηση προηγούμενης αστοχίας
- Σχεδιασμός μέτρων θεμελίωσης νέου επιχώματος
- Σχεδιασμός και ενίσχυση νέου επιχώματος

Λεπτομέρειες Κατασκευής

- Θεμελίωση επιχώματος σε μια σειρά πασσάλων $\Phi 1,00/1,30$ μήκους 16m, σε συνδυασμό με κεφαλόδεσμο, στην περιοχή της προηγούμενης εκδηλωθείσας επιφάνειας αστοχίας.
- Κατασκευή στρώματος λιθορριπής πάχους 1,5m στη βάση του επιχώματος, για την αποστράγγιση των υπογείων υδάτων.



Εικόνα 6.19: Άποψη της αστοχίας του επιχώματος



Εικόνα 6.20: Τυπική διατομή του νέου επιχώματος μετά την αντιμετώπιση της αστοχίας

6.9 ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ ΚΑΙ ΤΟΙΧΟΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΗΣ ΓΗΣ

Στο έργο αυτό, έχουμε τοίχο οπλισμένης γης ύψους 15m με συρματοκιβώτια και οπλισμένα επιχώματα ύψους έως 26m για την αντιμετώπιση δυσχερών γεωμετριών κατά την κατασκευή επιχωμάτων οδοποιίας. Το έργο αυτό περιγράφεται για τον αυτοκινητόδρομο Ελευσίνα – Κόρινθος – Πάτρα – Πύργος – Τσακώνα με εργοδότη την ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε.

Κόστος Κατασκευής

Κόστος κατασκευής: περίπου € 80 εκ.

Χρονοδιάγραμμα Έργου

Σχεδιασμός: 2009 - 2010

Κατασκευή: Δεν έχει υλοποιηθεί ακόμα

Περιγραφή Έργου

Συνολικό μήκος οπλισμένης γης και οπλισμένων επιχωμάτων: ~8.300m

Μέγιστο ύψος: 26m

Κλίσεις οπλισμένης γης: 1:1 έως κατακόρυφη

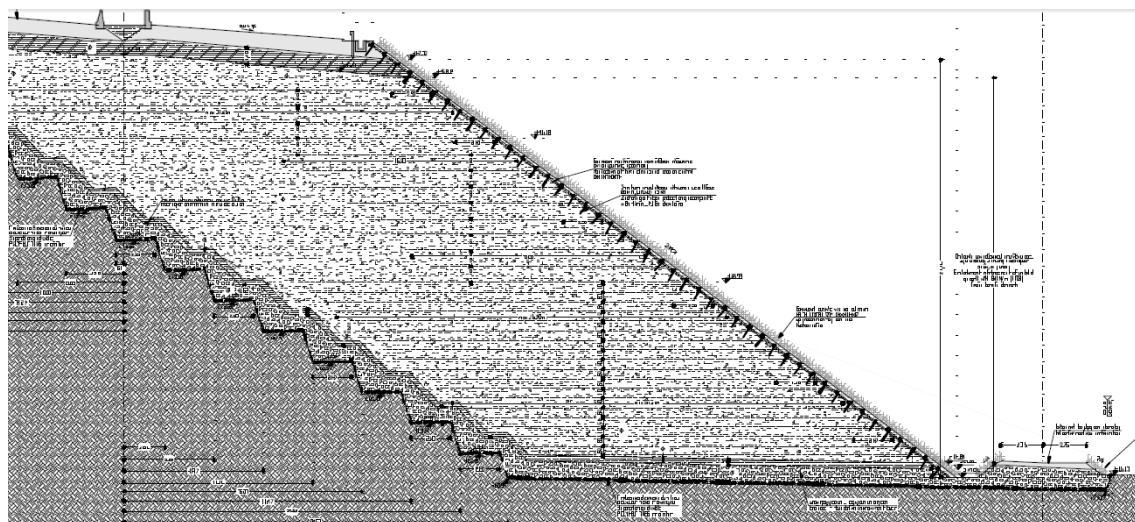
Κλίσεις οπλισμένων επιχωμάτων: 2:3 έως 1:1

Γεωλογία

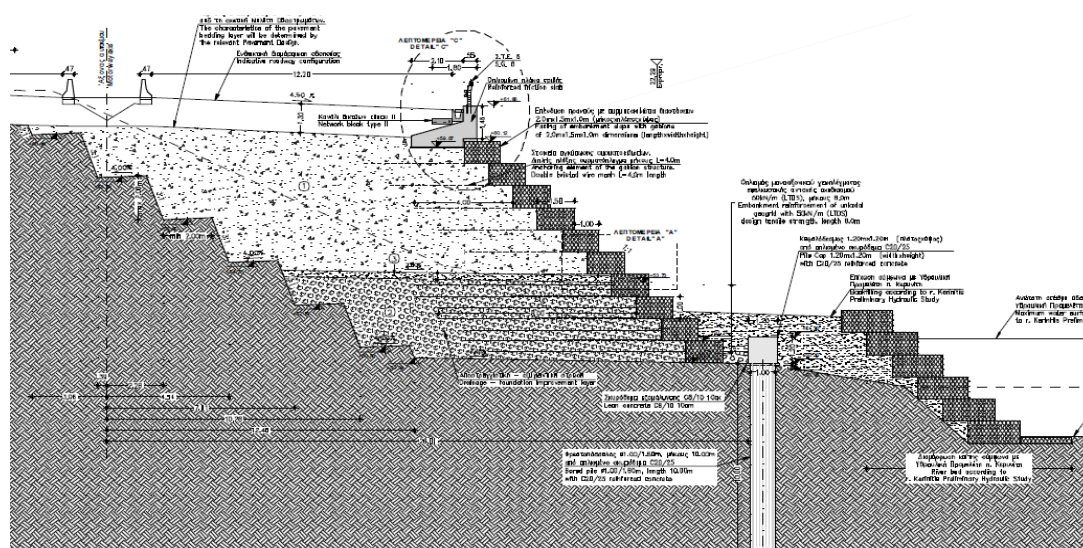
Πλειοκαινικές Μάργες, Κροκαλοπαγή, Εναλλαγές μαργών – κροκαλοπαγών, Ποτάμιες Αποθέσεις, Αποσαθρωμένα υλικά κλιτύος, Άμμοι, Χάλικες, Αργιλολύς

Περιγραφή Εργασιών – Λεπτομέρειες Σχεδιασμού

- Γεωτεχνική αξιολόγηση και προσδιορισμός παραμέτρων σχεδιασμού
- Έλεγχος ευστάθειας οπλισμένης γης με εξειδικευμένα λογισμικά
- Έλεγχοι εσωτερικής και εξωτερικής ευστάθειας
- Επιλογή κατάλληλων γεωπλεγμάτων ανάλογα με το υλικό πλήρωσης
- Διαμόρφωση συρματοκιβωτίων σε γεωμετρικά δυσχερείς περιοχές
- Οριστική Μελέτη Κατασκευής



Εικόνα 6.21: Διατομή οπλισμένου επιχώματος



Εικόνα 6.22: Διατομή σύνθετης οπλισμένης γης με ενίσχυση υποβάθρου

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ν. Παπαχαρίσης «γεωτεχνική μηχανική» 2003
2. Στεφ. Τσότσος «εδαφομηχανική» 1991
3. Αναστάσιος Μουρατίδης, Οδοποιία «Η κατασκευή των οδικών έργων» 2005
4. «Θεμελιώσεις αντιστηρίξεις», σημειώσεις από Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αναγνωστόπουλος
5. Χρήστος Μαραγκός «Τεχνικά έργα υποδομής»
6. «Ειδικές θεμελιώσεις – πασσαλοσανίδες. Περίπτωση εφαρμογής στο έργο αγορά Αργύρη, Πατρων» Ζουπίνα Αλίκη-Ευφροσύνη, Πίπου Βαλασία, Σταυροπούλου Ισμήνη, Πτυχιακή ΑΤΕΙ Πατρών 2009
7. «Διερεύνηση μεθοδολογιών προσδιορισμού των ωθήσεων γαιών και εφαρμογή τους στην επίλυση τοίχων τύπου προβόλου» Κακογιάννου Ευανθία, Διπλωματική Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2011
8. «Διαχείριση κινδύνων υπόγειων έργων με ανοιχτή εκσκαφή» Μπάρμπας Απόστολος, Διπλωματική ΑΠΘ 2009
9. «Σύγκριση μετακινήσεων σε βαθείς εκσκαφές σε αργιλικούς σχηματισμούς εντός του αστικού περιβάλλοντος και εμπειρικών μεθόδων» Παναγιώτης Αμερικόπουλος, Διπλωματική Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2010
10. Προσωρινές εθνικές τεχνικές προδιαγραφές ΠΕΤΕΠ 02-02-01-00 «Γενικές εκσκαφές»
11. «Χωματοουργικές εργασίες» Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων , υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.
12. Νικόλαος Νάσκος, Γεωγνώση Α.Ε «Οπλισμένα επιχώματα – Στοιχεία σχεδιασμού, κατασκευής και ελέγχων ευστάθειας.
13. Αποτυπωση διατομών σήραγγων κατά τη διάνοιξη με συμβατικές γεωδαιτικές μεθόδους και επίγειο σαρωτή Laser: Εφαρμογή στη σήραγγα Τεμπών Τ1» Καντιάτης Ελευθέριος, Διπλωματική Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου 2010

