

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΩΡΙΝΕΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Ν.Ε.Ο. ΠΑΤΡΩΝ - ΑΘΗΝΩΝ**



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ:

Δρ. Ειρήνη Βγενοπούλου
Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΜΠΟΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ολοκληρώνοντας την Πτυχιακή Εργασία μας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την Εισηγήτρια και Επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, την Δρ.Βγενοπούλου Ειρήνη, Πολιτικό Μηχανικό, Καθηγήτρια του Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, κατά αρχήν για την επιλογή και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε και επιπλέον για την βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, για τη συνεχή καθοδήγησή της και την υπομονή της.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους καθηγητές μας συνολικά για την ξεχωριστή συμβολή του καθενός στην ολοκλήρωση των σπουδών μας.

Πάτρα, 2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας είναι η μελέτη και η παρουσίαση των διαφόρων τρόπων – μεθόδων αντιστήριξης πρανών κατά την διάρκεια ενός τεχνικού έργου.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικές πληροφορίες για τα πρανή, όπως η ευστάθεια τους, τρόποι - μεθοδολογία υπολογισμού, ο ορισμός της ολίσθησης, παραδείγματα κ.α.. Ακόμα παρουσιάζουμε περιγραφικά τρόπους βελτίωσης του εδάφους προς αποφυγή της ολίσθησης του ή της αστοχίας τους.

Το δεύτερο κεφάλαιο εστιάζει σε συγκεκριμένους τρόπους-μεθοδολογίες ενίσχυσης πρανών, όπως :

- συρματοκιβώτια
- φυτοκάλυψη
- γεωπλέγματα (οπλισμός γης)
- φρεατοπάσσαλοι
- χαλικοπάσσαλοι

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής των ανωτέρων στο έργο κατασκευής της Ν.Ε.Ο Πατρών – Κορίνθου (φωτογραφική τεκμηρίωση).

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο συνοψίζουμε τα βασικά συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τη μελέτη που πραγματοποιήσαμε.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κείμενου, έχουμε δε αναφέρει στη Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

**ΜΠΟΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	7
1.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	11
1.3 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ	35
2.1 ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΒΩΤΙΑ	35
2.2 ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ	51
2.3 ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΑ (ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΗΣ)	61
2.4 ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΙ (ΒΑΘΕΙΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ)	87
2.4.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	88
2.4.2 ΕΓΧΥΤΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ – ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΙ	90
2.4.3 ΥΛΙΚΑ	91
2.4.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ - ΓΕΝΙΚΑ	97
2.4.5 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ	100
2.4.6 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ	105
2.4.7 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΚΕΦΑΛΟΔΕΣΜΩΝ	109

2.4.8 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ	111
2.4.9 ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	113
2.5 ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΙ	116
2.5.1 ΟΡΙΣΜΟΙ	120
2.5.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	122
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΗ Ν.Ε.Ο ΠΑΤΡΩΝ - ΚΟΡΙΝΘΟΥ	125
3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΩΝ	126
3.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΒΩΤΙΩΝ	131
3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΩΝ	133
3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	145
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	146
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	147

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Με τη γενική έννοια του όρου, κατολίσθηση[1] είναι κάθε αλλαγή, μεγάλη ή μικρή, της επιφάνειας μιας κλιτύος, συνοδευόμενη από μετακίνηση υλικού, με ρήξη ή όχι της συνέχειάς 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 παράγοντες[1] που επηρεάζουν μια κατολίσθηση είναι οι ακόλουθοι :

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

Η αστάθεια[1] οφείλεται σε έναν ή σε συνδυασμούς από τους παρακάτω:

- Αλλαγή της κλίσης της επιφάνειας του εδάφους και του υλικού. Στις περιπτώσεις εκσκαφών στη βάση πρανών για διάνοιξη οδών ή 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 κλπ).
- Σεισμική φόρτιση. Ιδιαίτερα σε πρανή, που αποτελούνται από χαλαρά ή μικρής συνεκτικότητας υλικά, κατά τη διάρκεια του σεισμικού κραδασμού επέρχεται μείωση της αλληλοεμπλοκής μεταξύ των κόκκων ή 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 του νερού σε βαθύτερα σημεία. Επιπλέον, όταν νερό κινείται μεταξύ περατού και λιγότερο περατού στρώματος, λειτουργεί ως «λιπαντικό» μέσο, που βοηθά στην αστοχία.

Μορφές κατολισθήσεων

Το 1978 ο Varnes πρότεινε πέντε κύριες μορφές κατολισθήσεων [1]:

- Κατάπτωση: Ελεύθερη πτώση τεμαχών βραχομάζας.
- Ανατροπή: Τεμάχη βραχομάζας περιστρέφονται γύρω από ένα σημείο που βρίσκεται κάτω από το κέντρο βάρους του τεμάχους.
- Ολίσθηση:
 - α) Περιστροφική: Η βραχομάζα περιστρέφεται πέριξ ενός σημείου, που

βρίσκεται πάνω από το κέντρο βάρους.

β) Επίπεδη: Η βραχομάζα κινείται κατά μήκος ενός επιπέδου.

Πλευρική εξάπλωση: Διακρίνονται δύο τύποι πλευρικών διατάσεων:

- αυτές στις οποίες δεν υπάρχει μια σαφώς καθορισμένη επιφάνεια διάτμησης ή ζώνη πλαστικής ροής που να ελέγχει τη κίνηση και
- εκείνες στις οποίες προκαλείται κατακερματισμός και διάταση του συνεκτικού **γεωυλικού**.

Ροή:

α) Σε βραχώμαζα: Συνεχείς ερπυστικές μετακινήσεις επιφανειακά και σε βάθος, που αφορούν εξαιρετικά αργές και διαφορικές μετατοπίσεις σχετικώς υγιών τεμαχίων. β) Σε έδαφος: Η μετακινούμενη μάζα προσομοιάζεται με ένα παχύρρευστο υγρό.

- Σύνθετη μορφή: Συνδυασμός δύο ή περισσοτέρων από τους προαναφερθέντες τύπους αστοχιών.

Μέθοδοι έρευνας κατολισθήσεων

Χρειάζεται απαραίτητα να γίνει εκτεταμένη και ολοκληρωμένη Γεωλογική και Γεωτεχνική Έρευνα για τη μελέτη μιας κατολίσθησης. Πρέπει να μελετηθεί η γεωλογική δομή της περιοχής, τα πετρογραφικά και φυσικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών καθώς και οι τοπικά επικρατούσες υδρογεωλογικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Zarubak και Mencl (1976), απαιτείται να γίνουν τα ακόλουθα [1]:

- 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 απαιτηθούν κλπ.
- Λεπτομερής τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση, ακόμη και με χρήση αεροφωτογραφιών. Ταυτόχρονα, στο εργαστήριο πραγματοποιούνται οι απαραίτητες δοκιμές εδαφομηχανικής και βραχομηχανικής. Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται με πλήρη Γεωτεχνική Μελέτη και προτείνονται μέτρα αποκατάστασης της αστοχίας.
- Το τρίτο στάδιο αφορά 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 μιας κατολισθαίνουσας περιοχής, καθώς αποτυπώνει τρισδιάστατα την περιοχή. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα να ορισθούν ακριβώς τα όρια της κατολίσθησης (φρύδι, πρηνές μπροστά από το φρύδι, πόδι κατολίσθησης κ.λπ.). Το μέγεθος της μετακίνησης μπορεί να μετρηθεί από τη μετατόπιση γραμμικών στοιχείων, όπως οδικό ή σιδηροδρομικό δίκτυο, επιφανειακά στραγγιστήρια κ.λπ..

Συνεπώς, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένας τεχνικογεωλογικός χάρτης της περιοχής, όπου και θα σημειώνονται με κατάλληλους συμβολισμούς όλα τα στοιχεία, που υποδηλώνουν τη θέση και την έκταση της κατολισθαίνουσας μάζας, καθώς και συγκεκριμένα φαινόμενα στην επιφάνεια του εδάφους (π.χ. μικρές συγκεντρώσεις νερού σε πλαγιές, ισουψείς με χαρακτηριστικές μορφές, βυθίσματα, εμφάνιση νερού υπό μορφή πηγών, που είναι συνήθως βασικός παράγοντας για την αστοχία ενός πρηνούς κ.λ.π.) [1].

Με την ολοκλήρωση των προτεινόμενων διορθωτικών εργασιών υπαίθρου χρειάζεται συστηματική παρακολούθησή 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 σε τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, σε περιόδους κατά τις οποίες επικρατούν έντονα φαινόμενα βροχοπτώσεων, ή 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 και η χρήση της μεθόδου της φωτογραμμετρίας, όπου λαμβάνεται διαδοχική σειρά φωτογραφιών από δύο ή και 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 του «φρυδιού» και η περιοχή του «πόδα» της, ενώ η μορφή της επιφάνειας ολίσθησης καθορίζει την έκτασή της σε βάθος.

Όταν η επιφάνεια ολίσθησης βρίσκεται μέχρι και 2 m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, τότε η κατολίσθηση ονομάζεται «επιφανειακή». Όταν το βάθος ολίσθησης δεν υπερβαίνει τα 5 m, η κατολίσθηση ονομάζεται «μέσου βάθους», ενώ για βάθος μέχρι και 20 m, ονομάζεται «βαθιά». Τέλος για βάθος πάνω από 20 m, ονομάζεται «πολύ βαθιά» [1].

Η ολίσθηση μπορεί να συμβεί κατά μήκος ενός μόνο επιπέδου ή κατά μήκος περισσότερων επιπέδων. Ο προσδιορισμός του επιπέδου αστοχίας γίνεται συνήθως μέσω γεωτρήσεων.

Για τον ακριβή προσδιορισμό της επιφάνειας ολίσθησης μπορεί να γίνει χρήση δύο μεταλλικών σωλήνων, που συνδέονται μεταξύ τους με συρματόσχοινο. Συγκεκριμένα ορύσσεται μια γεώτρηση και εισάγεται ένας πλαστικός σωλήνας μέχρι τον πυθμένα της, που έχει μικρότερη διάμετρο από τη γεώτρηση, και το ενδιάμεσο κενό πληρείται με άμμο.

Στη συνέχεια εισάγονται οι δύο μεταλλικοί σωλήνες - ο ένας αρκετά χαμηλά - και παραμένουν στη θέση αυτή, μέχρι να ενεργοποιηθεί πάλι η κατολίσθηση. Με την ενεργοποίηση ο πλαστικός σωλήνας κάμπτεται ακριβώς πάνω στο επίπεδο ολίσθησης, χωρίς όμως να είναι δυνατός ο προσδιορισμός της διεύθυνσης κάμψης, ενώ οι μεταλλικοί σωλήνες αδυνατούν να κατέλθουν σε μεγαλύτερα βάθη.[1]

Μέθοδοι αντιμετώπισης των κατολισθήσεων

Τα άμεσα μέτρα, που μπορεί να γίνουν προκειμένου να αντιμετωπισθεί μια κατολίσθηση, είναι τα ακόλουθα [1]:

- Τοποθέτηση φορτίου στη βάση της ολισθαίνουσας μάζας ή αφαίρεση φορτίου 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 πρηνούς, είτε πάνω στην ολισθαίνουσα μάζα.
- Διάνοιξη μέσα στην ολισθαίνουσα μάζα συστήματος κύριων και δευτερευουσών αποστραγγιστικών στοών για τη συλλογή των υπόγειων υδάτων (με φυσική ροή).
- Διάνοιξη φρεάτων για άντληση των υπόγειων υδάτων με στόχο την ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Επιπλέον μέτρα, που θα μπορούσαν να ληφθούν για την αντιμετώπιση μιας κατολίσθησης, είναι και τα εξής [1]:

- Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης στη βάση του πρηνούς. Οι τοίχοι βαρύτητας συνεισφέρουν μόνο με το βάρος τους στη συγκράτηση της 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 του πρανούς (π.χ. δημιουργία αναβαθμίδων) ή ολική μείωση της κλίσης.
- Αποφυγή εξωτερικών φορτίσεων στην κορυφή αλλά και στο σώμα του πρανούς.

Έλεγχος ευστάθειας πρανούς

Για οποιοδήποτε τμήμα του έργου, το οποίο διέρχεται ή απειλείται από υπάρχουσες κατολισθήσεις, εκτελείται ειδική Μελέτη Ευστάθειας. Κατά την ειδική αυτή μελέτη θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα [1]:

- Έλεγχος συνολικής ευστάθειας στην κρίσιμη διεπιφάνεια ολίσθησης με έλεγχο των παραμέτρων παραμένουσας διατμητικής αντοχής.
- Έλεγχος τοπικής αστάθειας στον πόδα της κατολίσθησης, όπου η πιθανή διάβρωση από ροή νερού μπορεί να προκαλέσει υποσκαφή (με απότομη κλίση) και να οδηγήσει σε κλιμακωτή διάβρωση προς τα ανάντη, με μεταγενέστερη εξέλιξη σε ολική αστάθεια.
- Έλεγχος ευστάθειας, που διαμορφώνεται από φόρτιση ή αποφόρτιση της κατολίσθησης από επιχώματα, τεχνικά έργα και εκσκαφές για τη νέα χάραξη.
- Έλεγχος ευστάθειας της μάζας, που μπορεί να επιβαρύνει τεχνικά έργα ή ανάλογα να επιβάλλει πλάγιες φορτίσεις σε αυτά.
- Έλεγχος προσωρινής αστάθειας κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Η ύπαρξη υπόγειου ύδατος παίζει καθοριστικό ρόλο και πρέπει να υπολογίζεται [1]:

- Υπόγεια νερά όπως μετρώνται στις γεωτεχνικές έρευνες.
- Η επίδραση έργων διευθέτησης ποταμών στη στάθμη των υδάτων κατά τη διάρκεια πλημμυρών.
- Οι κανονικές μέσες ετήσιες διακυμάνσεις, όπως μετρώνται από πιεζόμετρα ή προβλέπονται βάσει εμπειρίας από παρόμοιες καταστάσεις.
- Η ανώτατη στάθμη υπογείου ορίζοντα 50-ετίας, βάσει υδρογεωλογικών εκτιμήσεων.
- Η επίδραση έργων αποστράγγισης και ελέγχου επιφανειακών υδάτων για την ταπείνωση της στάθμης του υπογείου ορίζοντα στις παραπάνω περιπτώσεις.
- Αστοχία των έργων αποστράγγισης και ελέγχου επιφανειακών υδάτων.

1.2 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι τεχνικές βελτίωσης και ενίσχυσης[2] εδαφών αποτελούν επεμβάσεις με σκοπό την αλλαγή της δομής του προβληματικού εδάφους, ώστε να βελτιωθούν τα μηχανικά του χαρακτηριστικά και να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητά του.



Εικόνα 1. Συμπύκνωση εδάφους με την βοήθεια μηχανήματος. [2]

Πολλές υποβαθμισμένες, από πλευράς εδαφικών χαρακτηριστικών, περιοχές χρησιμοποιούνται για την κατασκευή έργων είτε λόγω έλλειψης χώρων (περιαστικές περιοχές) είτε λόγω αύξησης των απαιτήσεων των γεωμετρικών χαρακτηριστικών μεγάλων έργων υποδομής. Για τη χρησιμοποίηση αυτών των εδαφών γίνεται χρήση μεθόδων βελτίωσης και ενίσχυσης των γεωτεχνικών ιδιοτήτων τους.

Σε γενικές γραμμές, η ενίσχυση εφαρμόζεται σε μαλακά - χαλαρά εδάφη όπως[2]:

- χαλαρές άμμους, ιδιαίτερα όταν είναι κορεσμένες,
- χαλαρές και μέσης πυκνότητας κορεσμένες άμμους και αμμοχάλικα υπό σεισμική φόρτιση,
- απροφόρτιστες ή υποστερεοποιημένες αργίλους και ιλύς.

Το ευρύ πεδίο εφαρμογών των τεχνικών ενίσχυσης εδαφών περιλαμβάνει έργα θεμελίωσης κτιρίων, εκσκαφής, οδοποιίας, σταθεροποίησης πρανών, κατασκευών συγκράτησης ή αποθήκευσης ύδατος (φράγματα, κανάλια, δεξαμενές, χωματερές κτλ.), καθώς και περιβαλλοντικής προστασίας και περιορισμού της μόλυνσης. Παράλληλα με την ενίσχυση του εδάφους μπορεί να εφαρμοστούν τεχνικές μείωσης του επιβαλλόμενου φορτίου.

Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται οι εξής[2]:

- Μείωσης του ύψους του επιχώματος.
- Αύξησης της κλίσης των πρανών του επιχώματος.
- Χρήσης "ελαφρών" υλικών επιχωμάτωσης (ιπτάμενης τέφρας, ηφαιστειακής τόφου και ελαφρόπετρας αντί για αμμώδους αργίλου, αμμοχάλικου κτλ.).
- Αύξησης του βάθους θεμελίωσης ("επιπλέουσας" θεμελίωσης).

Η διαδικασία και η μέθοδος εφαρμογής της βελτίωσης και ενίσχυσης των εδαφών εξαρτώνται από τις ειδικές οικονομοτεχνικές συνθήκες κάθε έργου, οι οποίες καθορίζονται από την ποιότητα του εδάφους, τη φυσική ή χημική ιδιότητα που πρέπει να βελτιωθεί, το είδος και το μέγεθος του γεωτεχνικού έργου, το κόστος κατασκευής κτλ.

Προσωρινές τεχνικές βελτίωσης

Η τεχνική της ηλεκτρικής όσμωσης[2], η οποία στοχεύει στη στερεοποίηση του εδάφους, συνίσταται στη δημιουργία ηλεκτρικού δυναμικού που προκαλεί τη ροή υπόγειου νερού προς την κάθοδο.

Οι κάθοδοι συνήθως αποτελούνται από διάτρητους σιδερένιους σωλήνες, προορισμένους για την απομάκρυνση του νερού.



Εικόνα 2. Τα κατακόρυφα γεωσύνθετα στραγγιστήρια τοποθετούνται μέσα στο έδαφος με τη βοήθεια ειδικού γερανού με κατακόρυφο οδηγό, σε μικρές μεταξύ τους αποστάσεις των 2 - 4m.[2]

Η θέρμανση[2] του εδάφους αποτελεί δαπανηρή μέθοδο, η οποία εφαρμόζεται σε χαλαρά εδάφη με μεγάλη διαπερατότητα. Συνίσταται στη δημιουργία οπών με καρφίδες και την εισβολή πολύ θερμού μείγματος αέρα και καυσίμου μέσα στο έδαφος. Η πίεση είναι 1,5 φορά μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 300 έως 1000°C, με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση λόγω απώλειας του νερού και την αύξηση των ενεργών τάσεων.

Η μέθοδος της ψύξης[2] του εδάφους δίνει άμεσες βραχυπρόθεσμες λύσεις σε διάφορα μεγάλα τεχνικά έργα (αντιστηρίξεις, θεμελιώσεις, κατασκευή σηράγγων κ.ά.). Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας, το παγοποιημένο έδαφος παρουσιάζει αυξημένη αντοχή, η οποία είναι ανάλογη με την περιεκτικότητα σε νερό.

Η μέθοδος εφαρμόζεται σε εδάφη με ευπαθή χαρακτηριστικά (ευπαθής υπερκείμενος εδαφικός σχηματισμός, ισχυρή παρουσία υπόγειων υδάτων σε αυξημένη στήλη και ροή, μεγάλη διαπερατότητα του εδάφους κτλ.). Για την εφαρμογή της απαιτείται η γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων που αναπτύσσει ο εδαφικός σχηματισμός κατά τη διάρκεια της ψύξης. Η μέθοδος μειονεκτεί ως προς το υψηλό της κόστος και την απουσία εκτενούς πρακτικής εμπειρίας στον ελλαδικό χώρο.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Μηχανισμός βελτίωσης	Μέθοδος
Στερεοποίηση	<ul style="list-style-type: none"> · Προφόρτιση · Προφόρτιση με στραγγιστήρια · Ηλεκτρική όσμωση
Οπλισμός του εδάφους (χρήση στοιχείων που μπορούν να παραλάβουν δυνάμεις ελκυσμού ή θλίψης)	<ul style="list-style-type: none"> · Λιθοπάσσαλοι · Οπλισμένο έδαφος · Γεωφάσματα · Ριζοπάσσαλοι · Κάρφωμα εδάφους
Συμπύκνωση	<ul style="list-style-type: none"> · Δυναμική συμπύκνωση · Πάσσαλοι συμπύκνωσης · Μέθοδοι μαζικής δόνησης · Εκρήξεις
Βαθιά εδαφική ανάμειξη (χημική σταθεροποίηση)	<ul style="list-style-type: none"> · Ασβεστοπάσσαλοι · Πάσσαλοι ή διαφράγματα με ανάμειξη εδάφους & τσιμέντου · Υποβάσεις δρόμων · Επικαλύψεις πρανών
Ενέσεις	<ul style="list-style-type: none"> · Ενέσεις διαποτισμού · Ενέσεις εκτόπισης ή συμπύκνωσης
Θερμική δράση	<ul style="list-style-type: none"> · Θέρμανση του εδάφους · Ψύξη του εδάφους

Αντικατάσταση εδάφους

Η αντικατάσταση[2] του "μαλακού" εδάφους με κατάλληλο υλικό (αμμοχάλικο, θραυστό λατομείου κτλ.) μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους τρόπους όπως εκσκαφή και επιχωμάτωση, εκτόπιση υπό το ίδιο βάρος της εξυγίανσης ή εκτόπιση

με τη βοήθεια εκρηκτικών. Η μέθοδος της αντικατάστασης είναι συμφέρουσα μόνο όταν το ακατάλληλο έδαφος χαρακτηρίζεται από περιορισμένο βάθος στρώσης.

Προφόρτιση

Η μέθοδος της προφόρτισης[2] εφαρμόζεται σε λεπτόκοκκα μαλακά εδάφη (κυρίως αργιλικά), στοχεύοντας στη στερεοποίησή τους. Αποτελεί τον πιο απλό και οικονομικό τρόπο βελτίωσης εδαφών, ενώ ως μειονέκτημα διακρίνεται η απαίτηση χρόνου. Η προφόρτιση εφαρμόζεται κυρίως σε έργα οδοποιίας αλλά και σε θεμελιώσεις κτιρίων, υπό την προϋπόθεση ότι τα φορτία της κατασκευής δεν θα είναι ιδιαίτερα συγκεντρωμένα.

Η μέθοδος συνίσταται στη συσσώρευση εδαφικού υλικού (επίχωμα προφόρτισης) και την τοποθέτησή του με μορφή σωρών επί της έκτασης που πρόκειται να βελτιωθεί, για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται, ώστε το έδαφος να αποκτήσει την κατάλληλη αντοχή. Η μέθοδος είναι αποτελεσματική, εφόσον η τάση της προφόρτισης είναι μεγαλύτερη από την τάση προστεροποίησης του εδάφους. Με άλλα λόγια, τα προσωρινά φορτία που θα τοποθετηθούν πρέπει να είναι μεγαλύτερα από εκείνα που εφαρμόστηκαν προγενέστερα στο έδαφος.

Σε περιορισμένες εκτάσεις η προφόρτιση μπορεί να εφαρμοστεί με την κατασκευή δεξαμενής και την πλήρωσή της με νερό. Σε γραμμικά έργα μικρού πλάτους η προφόρτιση μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση προκατασκευασμένων στοιχείων. Επίσης εναλλακτικούς τρόπους προφόρτισης αποτελούν η κατάλληλη άντληση και ο υποβιβασμός της στάθμης του υπόγειου νερού, καθώς και η επιφανειακή διαβροχή στεγνών χαλαρών αποθέσεων. Η προφόρτιση είναι πιο αποτελεσματική όταν συνδυάζεται με τη χρήση κατακόρυφων στραγγιστηρίων, η οποία συνίσταται στη δημιουργία κατακόρυφων στηλών αυξημένης διαπερατότητας στο έδαφος, με σκοπό την επιτάχυνση του φαινομένου της στερεοποίησης. Τα στραγγιστήρια επικοινωνούν με ένα οριζόντιο στρώμα μεγάλης διαπερατότητας (π.χ. ένα κοκκώδες στρώμα στην επιφάνεια του εδάφους, κάτω από το επίχωμα προφόρτισης). Μ' αυτόν τον τρόπο το νερό των πόρων ρέει οριζόντια προς το πλησιέστερο στραγγιστήριο και από εκεί κατακόρυφα προς τη στρώση αποστράγγισης. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε λεπτόκοκκα αργιλικά εδάφη, στα οποία η καθίζηση από δευτερεύουσα στερεοποίηση δεν είναι σημαντική. Τα στραγγιστήρια μπορεί να αποτελούνται είτε από αμμοπασσάλους ή χαλικοπασσάλους με συνήθη διάμετρο 0,50 - 1,0 m είτε από γεωσύνθετα στραγγιστήρια μορφής λωρίδας με σύνηθες πλάτος 100 mm. Τα τελευταία προτιμώνται λόγω των ακόλουθων πλεονεκτημάτων[2]:

- Καθαρότερο εργοτάξιο.
- Μικρότερη διατάραξη του εδάφους (ιδιαίτερα σημαντικό σε ευαίσθητες αργίλους).
- Χαμηλό κόστος.
- Υψηλή ταχύτητα τοποθέτησης.
- Εξασφάλιση συνέχειας στραγγιστηρίου,
- Μικρότερη διακίνηση αδρανών υλικών.



2

Εικόνα 3. Σχηματική διάταξη και τρόπος λειτουργίας των κατακόρυφων συνθετικών στραγγιστηρίων. Η αυξημένη οριζόντια διαπερατότητα και η μικρή απόσταση μεταξύ των πασσάλων περιορίζουν σημαντικά το χρόνο στερεοποίησης.[2]



Εικόνα 4. Εφαρμογή της μεθόδου δυναμικής συμπίκνωσης, η οποία συνίσταται στη ρίψη όγκων μεγάλου βάρους στο έδαφος.[2]

ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ				
Έδαφος/ μέγεθος κόκκων	Χάλικες 30 - 2,5 (mm)	Άμμος 2,5 - 0,07 (mm)	Ιλύς 0,07 - 0,0017 (mm)	Άργιλος 0,0017 - 0,0001 (mm)
Προφόρτιση	✓	✓	✓	✓ (> 0,0002 mm)
Δυναμική συμπύκνωση	✓	✓	✓	✓ (> 0,0005 mm)
Τσιμεντενέσεις	✓	✓ (> 0,7 mm)	λ	λ
Ενέσεις αργίλου	✓	✓ (> 0,17 mm)	λ	λ
Ενέσεις με χημικά	✓	✓	✓	✓ (> 0,0006 mm)
Ενέσεις εκτόπισης ή	λ	✓ (> 0,2 mm)	✓	✓ (> 0,00014
Δόνηση στήλης	✓	✓	✓ (> 0,03 mm)	λ
Συμπύκνωση με πασσάλους	✓ (< 9 mm)	✓	✓ (> 0,07 mm)	λ
Εκρηκτικά	✓ (< 14 mm)	✓	✓ (> 0,016 mm)	λ
Ηλεκτρική όσμωση	λ	λ	✓	✓ (> 0,00014
Θερμική δράση	λ	λ	✓ (< 0,016 mm)	✓ (> 0,00014
Συμπύκνωση σε στρώσεις (μόνο με υγρασία)	✓	✓	✓	✓
Συμπύκνωση σε στρώσεις με τσιμέντο ή χημικά πρόσθετα	✓ (< 11 mm)	✓	✓	✓ (> 0,00026 mm)
Οπλισμένη γη	✓ (< 30 mm)	✓	✓ (> 0,028 mm)	λ

Συμπύκνωση εδαφών

Οι μέθοδοι συμπύκνωσης επιφέρουν τη φυσική συμπίεση του εδάφους για τη μείωση των κενών χώρων μεταξύ των κόκκων του υλικού (αέρα ή νερού) και την αύξηση του ειδικού βάρους και της φέρουσας αντοχής του εδάφους. Η συμπύκνωση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε έργα οδοποιίας, στα οποία τα στατικά και δυναμικά φορτία παρουσιάζουν υψηλές τιμές. Τα εδάφη, από άποψη συμπύκνωσης, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες[2]:

- Επιφανειακά εδάφη.
- Υγρά εδάφη με οργανικές προσμείξεις με δυσκολία συμπύκνωσης.
- Συνεκτικά εδάφη, όπως είναι η άργιλος και η λάσπη.
- Μη συνεκτικά εδάφη, θραυστά ή φυσικής προέλευσης, όπως είναι η άμμος και τα αδρανή υλικά.
- Βραχώδη εδάφη με χονδρούς κόκκους πέτρας.

Τα υγρά εδάφη με αυξημένο ποσοστό υγρασίας και οργανικές προσμείξεις δεν συμπυκνώνονται εύκολα και γι' αυτό είναι ακατάλληλα για χωματοουργικά έργα και οδοποιία. Τα υλικά που επιδέχονται συμπύκνωση είναι μείγματα συνεκτικών και μη συνεκτικών υλικών σε κατάλληλες αναλογίες. Αμιγή συνεκτικά υλικά, άμμος και χάλικες φυσικής προέλευσης του ίδιου περιόπου μεγέθους κόκκου συμπυκνώνονται δύσκολα. Αντίθετα, υλικά με καλή διαβάθμιση και ανάμειξη συμπυκνώνονται ευκολότερα.

- Δυναμική συμπύκνωση[2]

Η μέθοδος συνίσταται στη ρίψη όγκων με βάρος δεκάδων τόνων στο έδαφος, προκαλώντας τη συμπύκνωσή του υπό την επίδραση των κρουστικών δυνάμεων. Οι ρίψεις πραγματοποιούνται από ύψος 10 - 40 m και δημιουργούν βάθος επιρροής 3 - 12 m. Η δυναμική συμπύκνωση πραγματοποιείται σε μεγάλα εργοτάξια και απαιτεί ειδικό βαρύ εξοπλισμό. Η εφαρμογή της μεθόδου αποφεύγεται σε περίπτωση ύπαρξης υφιστάμενων κατασκευών σε απόσταση μικρότερη των 30 m, καθώς οι δονήσεις του εδάφους ενδέχεται να προκαλέσουν ρηγματώσεις. Η δυναμική συμπύκνωση ενδείκνυται ιδιαίτερα για κοκκώδη (χαλαρά αμμώδη) εδάφη· μπορεί όμως να εφαρμοστεί και σε μεικτά εδάφη από κοκκώδη και συνεκτικά υλικά. Στην περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου σε αργιλώδη εδάφη με περιορισμένη διαπερατότητα, χρειάζεται να κατασκευαστούν ορύγματα μικρού πλάτους, ώστε να συγκεντρώνεται το εξερχόμενο νερό και να αφαιρείται με άντληση. Επίσης, πριν από την επιβολή των φορτίσεων σε οποιοδήποτε έδαφος, πρέπει να ελέγχεται η ύπαρξη υπόγειων δικτύων εγκατάστασης και να υπολογίζεται η επίδραση των δυναμικών φορτίσεων σ' αυτά.

- Δονητική συμπύκνωση

Η δονητική συμπύκνωση[2] συνίσταται στην εισαγωγή δονητή σε χαλαρά, μη συνεκτικά εδάφη, στα οποία προκαλεί ακτινωτή συμπύκνωση. Η μέθοδος μπορεί να πραγματοποιηθεί με επιβολή κατακόρυφης ή οριζόντιας ταλάντωσης στο έδαφος. Η δονητική συμπύκνωση είναι δυναμικό φαινόμενο και επομένως το αποτέλεσμα δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθος της φυγόκεντρου δύναμης και από το στατικό βάρος της μηχανής αλλά και από τη συχνότητα διέγερσης, τη μορφή και την ίδια συχνότητα

του εδάφους. Κατά συνέπεια, τα στοιχεία λειτουργίας (συχνότητα διέγερσης, αντίβαρο, φυγόκεντρη δύναμη και στατικό βάρος συμπυκνωτή) πρέπει να προσδιορίζονται με δοκιμές επάνω στο υπό συμπύκνωση υλικό. Οι μέθοδοι βαθιάς δονητικής συμπύκνωσης είναι αποτελεσματικές για (καθαρές) άμμους με ποσοστό ιλύος $< 10\% - 15\%$ και ποσοστό αργίλου $< 5\%$. Η αποτελεσματικότητά τους μειώνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό ιλύος και ιδιαίτερα το ποσοστό αργίλου. Σε έργα θεμελίωσης η μέθοδος μπορεί να συνδυαστεί με μερική αντικατάσταση του εδάφους από υλικό, το οποίο κατόπιν μπορεί να αποτελέσει τη βάση της θεμελίωσης.



Εικόνα 5. Η χρήση γεωπλεγμάτων αποτελεί μια σύγχρονη, γρήγορη και οικονομική μέθοδο ενίσχυσης και σταθεροποίησης εδαφών.[2]



Εικόνα 6. Το γεωύφασμα λειτουργεί ως διαχωριστική στρώση ανάμεσα στο έδαφος και στο θραυστό υλικό.[2]



Εικόνα 7. Πολλές μέθοδοι ενίσχυσης περιλαμβάνουν την επιβολή ξένων προς το έδαφος στοιχείων, όπως αγκυρίων.[2]

ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΕΛΑΦΩΝ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ, ΑΣΒΕΣΤΟ, ΑΣΦΑΛΤΟ Ή ΑΠΑΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ (ΚΟΛΙΑΣ 1979)			
Είδος σταθεροποίησης	Επηρεαζόμενες εδαφικές ιδιότητες	Αποτελέσματα σταθεροποίησης	Θέση σταθεροποιημένης στρώσης στο οδόστρωμα
Μηχανική σταθεροποίηση	<ul style="list-style-type: none"> Κοκκομετρική διαβάθμιση Πλαστικότητα Περιεχόμενη υγρασία 	Βελτίωση της ικανότητας για συμπύκνωση και άλλων ιδιοτήτων του μείγματος που εξαρτώνται από τις αρχικές ιδιότητες των υλικών.	Βάση - Υπόβαση (ανεπαρκής για βάση δρόμων βαριάς κυκλοφορίας).
Σταθεροποίηση με άσβεστο	<ul style="list-style-type: none"> Περιεχόμενη υγρασία Όρια Atterberg Δομή του εδάφους 	Δυνατότητα συμπύκνωσης με αυξημένη υγρασία. Μόνιμη ελάττωση της ευπάθειας στις επιδράσεις του νερού και του παγετού. Αύξηση αντοχής.	Υπέδαφος - Υπόβαση. Σπανιότερα για βάση δρόμων ελαφράς κυκλοφορίας.
Σταθεροποίηση με άσφαλτο	<ul style="list-style-type: none"> Αντοχή 	Δημιουργία εύκαμπτης στρώσης, με αυξημένη φέρουσα ικανότητα, ανθεκτική στις επιδράσεις του νερού και του παγετού.	Κυρίως για βάση, σπανιότερα για υπόβαση.
Σταθεροποίηση με τσιμέντο	<ul style="list-style-type: none"> Αντοχή Δομή του εδάφους 	Δημιουργία στρώσης με αυξημένη φέρουσα ικανότητα, ανθεκτική στις επιδράσεις του νερού και του παγετού.	Βάση, υπόβαση, υπέδαφος. Αυτοδύναμα οδοστρώματα ελαφράς κυκλοφορίας που φέρουν λεπτή ασφαλτική επίστρωση.

Δονητική αντικατάσταση (χαλικοπάσσαλοι)

Η κατασκευή χαλικοπασσάλων[2] συνίσταται στη διάνοιξη κυκλικών οπών σημαντικού μήκους στο προβληματικό έδαφος και την πλήρωσή τους με χάλικες ή με θραυστό υλικό λατομείου. Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως στους τύπους των εδαφών (όπως στα ιλυώδη και αργιλικά εδάφη), στα οποία η δονητική συμπίκνωση δεν έχει αξιολογικά αποτελέσματα. Χαρακτηρίζεται από σύνθετη δράση καθώς επιτυγχάνει:

- ανάληψη φορτίου,
- αύξηση της ισοδύναμης διατμητικής αντοχής,
- επιτάχυνση των καθιζήσεων σε αργιλικά εδάφη λόγω στερεοποίησης,
- συμπίκνωση αμμωδών εδαφών.

Στη διεθνή πρακτική διακρίνονται διάφορες μέθοδοι κατασκευής χαλικοπασσάλων, μεταξύ των οποίων η επιβολή κατακόρυφης ή οριζόντιας ταλάντωσης στο έδαφος. Η ελληνική μέθοδος κατασκευής χαλικοπασσάλων περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- Έμπηξη μεταλλικού σωλήνα εντός του εδάφους. Το κάτω άκρο του σωλήνα είναι σφραγισμένο με ειδικό πώμα.
- Πλήρωση του σωλήνα με κοκκώδες υλικό.
- Τμηματική εξόλκευση του σωλήνα σε προκαθορισμένο τμήμα.
- Επανέμπηξη του σωλήνα σε προκαθορισμένο τμήμα, κλείσιμο του ειδικού πώματος και συμπίκνωση του κοκκώδους υλικού. Ακολουθεί η διεύρυνση της αρχικής διαμέτρου.
- Συνεχείς, πολλαπλές εξολκεύσεις και επανεμπήξεις.

Ενίσχυση με οπλισμό

Πρόκειται για τη βελτίωση του εδάφους με την εισαγωγή γεωφασμάτων, γεωπλεγμάτων[2], χαλύβδινων ράβδων και ηλώσεων ή με την εισαγωγή ριζοπασσάλων. Εφαρμόζεται σε μεγάλα τεχνικά έργα (οδοποιίας, κατασκευής Χ.Υ.Τ.Α. κ.ά.), καθώς και σε έργα κατασκευής κτιρίων.

Τα γεωφάσματα και τα γεωπλέγματα λειτουργούν ως οπλισμός μέσω του μηχανισμού διάτμησης και του μηχανισμού αγκύρωσής τους στο περιβάλλον έδαφος. Τα γεωφάσματα κατασκευάζονται από θερμοπλαστικά υλικά όπως πολυαμίδες, πολυαιθυλένιο, πολυεστέρες, πολυπροπυλένιο, χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) και χλωριούχο πολυαιθυλένιο. Τα γεωπλέγματα κατασκευάζονται από πολυπροπυλένιο ή υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο.

Τα γεωφάσματα[2] χρησιμοποιούνται συνήθως:

- σε έργα δικτύων μεταφορών (δρόμους, αεροδρόμια, σιδηροδρομικές γραμμές κ.ά.), στα οποία λειτουργούν ως διαχωριστικά ή και ως φίλτρα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν κινδύνους από υπόγεια νερά.
- ως βασικά υλικά στη σχεδίαση και στην κατασκευή μιας ποικιλίας θαλάσσιων και υδραυλικών μηχανικών κατασκευών όπως σε επικαλύψεις, ύφαλους και έξαλλους κυματοθραύστες, σωληνοειδείς κατασκευές και κατασκευές απόθεσης οργανικά και χημικά βεβαρυμμένης λάσπης.
- ως υλικά στην ενίσχυση κατασκευών, όπως σε τοίχους αντιστήριξης, πρηνή και αναχώματα, στις οποίες παρέχουν ελαστική αντίσταση στο έδαφος, ενισχύοντας τα

χαρακτηριστικά του. Η σταθεροποίηση εδαφών με τη χρήση δύσκαμπτων διαξονικών γεωπλεγμάτων αποτελεί μια σύγχρονη, γρήγορη και οικονομική μέθοδο, η οποία λαμβάνει χώρα ολοκληρωτικά στην επιφάνεια του ασθενούς εδάφους, χωρίς να απαιτείται η εκσκαφή ή οποιαδήποτε άλλη αναταραχή του υφιστάμενου, "ασθενούς", εδαφικού υλικού. Στρώσεις διαξονικών γεωπλεγμάτων τοποθετούνται απευθείας στην επιφάνεια του ασθενούς εδάφους και έπειτα καλύπτονται με στρώσεις συμπυκνωμένου κοκκώδους υλικού, κατάλληλου μεγέθους και καλής διαβάθμισης.

Οι ριζοπάσσαλοι[2] εφαρμόζονται σε συνεκτικά εδάφη, συνήθως κατακερματισμένα, και χαρακτηρίζονται από υψηλή ταχύτητα κατασκευής. Για τη διασωλήνωση της οπής δεν γίνεται χρήση σωλήνα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στο σώμα του πασσάλου ανωμαλίες και ριζώματα, στα οποία οφείλεται ο χαρακτηρισμός του. Η διάμετρος των πασσάλων κυμαίνεται μεταξύ 75 και 250 mm και ο οπλισμός αποτελείται από μια μόνο κεντρική ράβδο, όταν η διάμετρος είναι μικρότερη των 140 mm, ενώ αποτελείται από κλωβό, όταν η διάμετρος είναι μεγαλύτερη.

Ενίσχυση με ενέσεις

Η βαθιά εδαφική ανάμειξη περιλαμβάνει την υπό πίεση διοχέτευση ειδικών ρευστών, η πήξη των οποίων οδηγεί στην ενίσχυση των εδαφών. Η επέμβαση πραγματοποιείται με κατασκευή εδαφοπασσάλων και με ελεγχόμενη διοχέτευση ενέματος υψηλής πίεσης. Με ειδικό αυτοκινούμενο μηχάνημα διανοίγεται οπή, κατόπιν το στέλεχος ανασύρεται, ενώ διοχετεύεται στο έδαφος το υλικό σταθεροποίησης. Κατά την εφαρμογή των ενέσεων, η πίεση του ενέματος δεν πρέπει να ξεπερνά τη γεωστατική πίεση, ώστε να μη βγαίνει το ένεμα στην επιφάνεια. Ανάλογα με τον τρόπο που ενεργεί το ένεμα, διακρίνονται οι εξής κατηγορίες:

- Ενέσεις διαποτισμού, με τις οποίες το ένεμα εισχωρεί στο έδαφος και γεμίζει εδαφικούς πόρους.
- Ενέσεις εκτόπισης ή συμπύκνωσης.
- Ενέσεις εγκλωβισμού, με τις οποίες το ένεμα συγκολλά ρηγματωμένη βραχώμαζα.
- Ενέσεις πλήρωσης γαιών, με τις οποίες πληρούνται καρστικά έγκοιλα ή κενά τεχνητών επιχωματώσεων.

Οι συνήθεις τύποι ενεμάτων[2] είναι τα αιωρήματα τσιμέντου (τσιμεντενέσεις) ή μείγματος εδάφους (π.χ. μπετονίτη, άμμου) και τσιμέντου ή και μόνο εδαφών σε νερό, καθώς και τα χημικά διαλύματα, συνήθως πυριτικών ή πολυμερών υλικών. Σε περίπτωση που επιδιώκεται ρύθμιση των ιδιοτήτων των μειγμάτων εδάφους - τσιμέντου χρησιμοποιούνται σταθεροποιητές ή πρόσθετα, όπως επιταχυντές και επιβραδυντές.

Η ενίσχυση με ενέσεις βρίσκει εφαρμογή σε όλο σχεδόν το εύρος των εδαφών (συνεκτικά και μη συνεκτικά) και σε μαλακούς βράχους, υπό τον όρο ότι ο βράχος είναι ρηγματωμένος, με τις ρωγμές του να επικοινωνούν. Αντίθετα, δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα όπως είναι οι άργιλοι.

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου προσμετρώνται η υψηλή ταχύτητα εφαρμογής, το σχετικά χαμηλό κόστος και η απουσία θορύβου και δονήσεων κατά την εφαρμογή. Η επιλογή των ενεμάτων εξαρτάται από το είδος του εδάφους και την κοκκομετρική του διαβάθμιση.

Γενικά, η σταθεροποίηση με τσιμέντο παρουσιάζει το ευρύτερο φάσμα εφαρμογής. Στην περίπτωση διαπερατών αμμωδών εδαφών χρησιμοποιούνται αιωρήματα τσιμέντου με υψηλές τιμές του λόγου "τσιμέντο προς νερό", εφόσον επιδιώκεται υψηλή αντοχή, ενώ προτιμώνται χημικά διαλύματα ειδικών πυριτικών ή πολυμερών προϊόντων, όταν η διαπερατότητα είναι μικρότερη, όπως συμβαίνει στα αργιλικά εδάφη.

Στις θεμελιώσεις οι ενέσεις χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι επέμβασης σε περιπτώσεις που διαπιστώνονται βλάβες. Επίσης χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις εκσκαφών που βρίσκονται σε επαφή με υφιστάμενα κτίρια, ειδικά όταν οι εκσκαφές είναι μεγάλου βάθους και το έδαφος είναι μαλακό, καθώς και σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες κρίνεται αναγκαία η βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του εδάφους θεμελίωσης (εδάφη χαμηλής αρχικής φέρουσας ικανότητας, προσθήκη ορόφων κτλ.).

Η αποτελεσματικότητα της τεχνικής εξαρτάται από την ομοιομορφία της διασποράς του ενέματος κάτω από τη θεμελίωση.

Σε περιπτώσεις ανομοιογένειας του εδάφους, η ομοιόμορφη διασπορά του ενέματος καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη, ενώ η διείσδυσή του σε μεγάλη έκταση ενδέχεται να έχει σημαντικές οικονομικές συνέπειες. Η επιλογή της σύνθεσης των ενεμάτων, κυρίως ως προς το ιξώδες, απαιτεί γνώση του επιπέδου των ρωγμών του εδάφους, εντός των οποίων θα διεισδύσει.

1.3 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

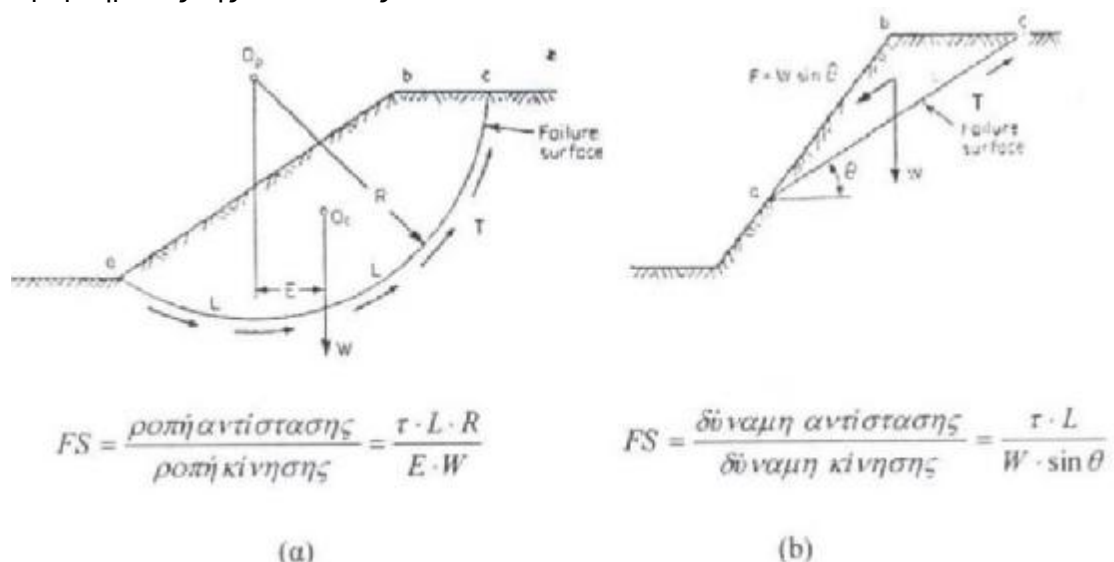
Η διερεύνηση της ευστάθειας του πρσανούς του επιχώματος πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της ανάλυσης της οριακής ισορροπίας. Με βάση την συγκεκριμένη μέθοδο θεωρείται ότι εκδηλώνεται θραύση ταυτόχρονα σε όλα τα σημεία μιας (ή περισσοτέρων επιφανειών) και η μάζα κινείται προς τα κατόντη. Η αστοχία του πρσανούς προκύπτει από το γεγονός ότι οι τάσεις που αναπτύσσονται στην θεωρούμενη επιφάνεια ολίσθησης υπερβαίνουν την διατμητική αντοχή των γεωυλικών (Στειακάκης, 2005, από Hunt, 1986).

Σύμφωνα με την μέθοδο της οριακής ισορροπίας θεωρείται ότι το κριτήριο Mohr- Coulomb ($\tau = c + \sigma' \tan \phi$) ικανοποιείται κατά μήκος της θεωρούμενης επιφάνειας αστοχίας και η εκτίμηση της ευστάθειας διερευνάται με τον υπολογισμό (i) των δυνάμεων που επενεργούν στην επισφαλή μάζα και (ii) της αντίστασης σε διάτμηση που αυτή επιδεικνύει.

Στην **εικόνα 8-α** παρουσιάζεται κυκλική αστοχία ενός ομογενούς πρσανούς. Στην κατολισθαίνουσα μάζα ενεργεί το βάρος (W) που προκαλεί μια ροπή κίνησης ($W \cdot E$). Σ' αυτή τη ροπή αντιστέκεται η διατμητική τάση (τ) που ενεργοποιείται κατά μήκος της επιφάνειας θραύσης (L) και αναπτύσσει μια ροπή αντίστασης ($\tau \cdot L \cdot R$).

Στην περίπτωση επίπεδης ολίσθησης (**εικόνα 8-β**), η διατμητική αντίσταση στο επίπεδο ολίσθησης ($\tau \cdot E$), αντιστέκεται στην κινητήρια δύναμη που προκύπτει από τη βαρύτητα ($W \cdot \sin \theta$).

Οι δύο προαναφερόμενες περιπτώσεις αφορούν απλές προσεγγίσεις του προβλήματος της ευστάθειας.



Εικόνα 8. Δυνάμεις που ενεργούν σε κυκλικές (α) και επίπεδες (β) επιφάνειες αστοχίας (Στειακάκης, 2005, από Hunt, 1986).

Γενικά, σε όλες τις περιπτώσεις υπολογίζεται ο συντελεστής ευστάθειας ΣΑ (Factor of Safety, FS), ο οποίος ορίζεται ως:

«Ο λόγος των δυνάμεων αντίστασης προς τις δυνάμεις που προκαλούν την μετακίνηση κατά μήκος μιας πιθανής επιφάνειας θραύσης».

ή

«Ο λόγος των ροπών αντίστασης προς τις ροπές που προκαλούν τη μετακίνηση γύρω από ένα σημείο».

Η διερεύνηση της ευστάθειας των πρανών του εξεταζόμενου επιχώματος έγινε με το λογισμικό «**SLOPE/W**», το οποίο βασίζεται στην αρχή της **οριακής ισορροπίας**. Το λογισμικό αυτό της εταιρείας GEOSLOPE, λειτουργεί σε περιβάλλον Windows, ενώ συνεργάζεται άμεσα με το «SEEP/W» μέσω του περιβάλλοντος εργασίας «GEOSTUDIO».

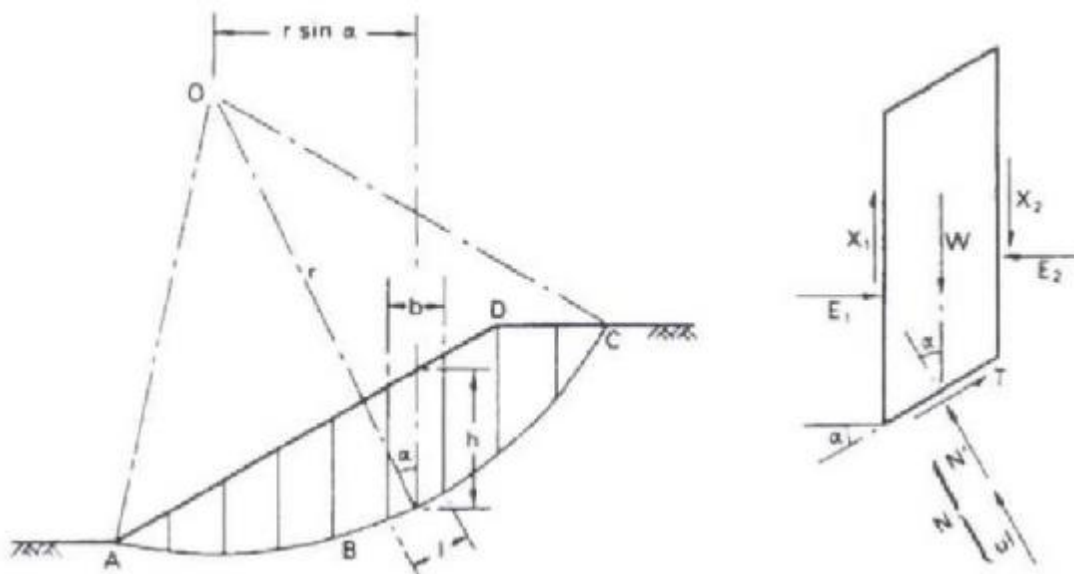
Το SLOPE/W για κάθε περίπτωση γεωμετρίας ενός πρανούς, κατάσταση φόρτισης και τιμές εδαφοτεχνικών παραμέτρων, είναι δυνατόν να διερευνήσει έναν μεγάλο αριθμό πιθανών επιφανειών ολίσθησης και να προσδιορίσει την δυσμενέστερη κατάσταση, δηλαδή αυτήν που αντιστοιχεί στον ελάχιστο συντελεστή ευστάθειας. Επίσης το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα εμφάνισης της ανάλυσης ισορροπίας των δυνάμεων σε κάθε λωρίδα υπολογισμού οποιασδήποτε επιφάνειας ολίσθησης (GeoStudio, 2004).

Στην παρούσα εργασία κατασκευάστηκε ένα αρχικό μοντέλο (μοντέλο βάσης), με βάση γεωλογική τομή εγκάρσια στο πρανές και θεωρώντας κατάσταση σταθερής ροής.

Για την εκτίμηση της ευστάθειας των πρανών θεωρήθηκε ολίσθηση κατά κυκλικό τομέα, καθώς δεν υπήρχαν ενδείξεις για ασυνέχειες που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν την μορφή αυτή. Οι κυκλικές αυτές επιφάνειες ολίσθησης εξετάστηκαν με την **μέθοδο των λωρίδων**.

Σύμφωνα με αυτήν, η μάζα χωρίζεται σε κατακόρυφες λωρίδες και η ισορροπία κάθε μιας εξετάζεται χωριστά (**εικόνα 9**). Η ανάλυση των δυνάμεων για κάθε λωρίδα δίνει δύο εξισώσεις ισορροπίας δυνάμεων και μια εξίσωση ροπών (Στειακάκης, 2005).

Ο προσδιορισμός της ορθής τάσης (N) στην επιφάνεια διάτμησης είναι πρόβλημα αόριστο, επειδή ο αριθμός των εξισώσεων ισορροπίας είναι μικρότερος από τον αριθμό των αγνώστων.



Εικόνα 9. Η μέθοδος των λωρίδων (Στειακάκης, 2005, από Craig, 1983).

Η επίλυση του προβλήματος επιτυγχάνεται βάση παραδοχών (για μείωση των αγνώστων) που αφορούν κυρίως τη διεύθυνση ή / και το μέγεθος των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των λωρίδων. Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι επίλυσης, ανάλογα με τις θεωρούμενες παραδοχές (Στειακάκης, 2008).

Στην επόμενη ενότητα γίνεται αναφορά στις μεθόδους επίλυσης των εδαφικών πρανών και παρατίθεται σύγκριση των μεθόδων που εφαρμόζει το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία.

Μέθοδοι επίλυσης εδαφικών πρανών

Για την επίλυση του προβλήματος της ανάλυσης της ευστάθειας των εδαφικών πρανών έχουν μέχρι στιγμής αναπτυχθεί αρκετές μέθοδοι από διακεκριμένους επιστήμονες (Bishop, 1955, MorgensternandPrice, 1965, LoandLee, 1973, Miao, 1985, ZhangandChen, 1987, Espinozaetal., 1992, Michalowski, 1995 και Duncan, 1996), όπως αυτή της οριακής ισορροπίας, η μέθοδος της επιφάνειας ολίσθησης, των πεπερασμένων στοιχείων, καθώς και συνδυασμοί αυτών. Μεταξύ αυτών των προσεγγίσεων, η μέθοδος της οριακής ισορροπίας είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη, κυρίως λόγω της απλότητάς της (Miaoetal., 1999).

Η ιδέα της οριακής ισορροπίας χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη συμβατική ανάλυση ευστάθειας εδαφικών πρανών (Bishop, 1955 και MorgensternandPrice, 1965). Η προσέγγιση αυτή θεωρεί μια συνεχή επιφάνεια ολίσθησης, κατά μήκος της οποίας το έδαφος συμπεριφέρεται ως ένα συμπαγές σώμα που ικανοποιεί το κριτήριο του Mohr- Coulomb. Η υπόθεση αυτή, σε συνδυασμό με άλλες, οδηγεί σε μια λύση που εκφράζεται μέσω του συντελεστή ασφάλειας.

Αυτή η συμβατική μέθοδος, αποδείχτηκε υψηλής πρακτικής σημασίας ειδικά σαν ένα σχεδιαστικό εργαλείο για εδαφικά πρηνή που παρουσιάζουν τέλεια πλαστική συμπεριφορά. Όταν εφαρμόζεται σε ψαθυρά εδάφη, η ίδια μέθοδος μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα (Miaoetal., 1999).

Με βάση τον Nash(1987), οι μέθοδοι ανάλυσης της ευστάθειας εδαφικών πρηνών, μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

A) Στις μεθόδους εκείνες στις οποίες η επίλυση γίνεται με πρώτου βαθμού εξισώσεις με μονοσήμαντη τιμή του αγνώστου (από εδώ και στο εξής θα αναφέρονται ως γραμμικές μέθοδοι) και οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Την επίπεδη ανάλυση (μέθοδος του πρηνούς μεγάλου μήκους).
- Την ανάλυση σφηνοειδούς τεμάχους.
- Τη μέθοδο $\Phi_u = 0$.
- Τη Σουηδική μέθοδο.

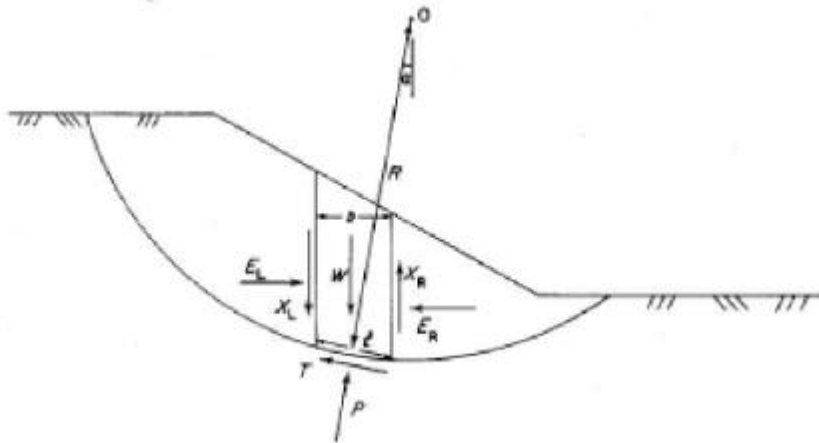
B) Σε εκείνες τις μεθόδους, όπου η λύση προκύπτει από εξισώσεις με διαδοχικές επαναλήψεις για διάφορες τιμές του β' αγνώστου με σκοπό την προσέγγιση του συντελεστή ασφάλειας (από εδώ και στο εξής θα αναφέρονται ως μη γραμμικές μέθοδοι) και οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Τη μέθοδο του Bishop.
- Την απλοποιημένη μέθοδο Janbu.
- Τη μέθοδο Spencer.
- Τη μέθοδο Morgenstern and Price.

Στις ενότητες που ακολουθούν αναπτύσσεται καθεμία από τις παραπάνω μεθόδους ξεχωριστά, και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στις μεθόδους Bishop και Janbu οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν στην παραμετρική ανάλυση εδαφικών πρηνών που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Τροποποιημένη μέθοδος Bishop

Η μέθοδος του Bishop (βλέπε **εικόνα 10**) μοιάζει αρκετά με τη Σουηδική, διότι και σε αυτή την περίπτωση γίνεται η παραδοχή της αστοχίας σε τόξο κυκλικής επιφάνειας κέντρου O και ακτίνας R.



Εικόνα 10. Μέθοδος Bishop (Nash, 1987).

Η επίλυση πραγματοποιείται με την ίδια μεθοδολογία όπως και στη Σουηδική. Και στα δύο εξετάζεται η οριακή ισορροπία των ροπών που αναπτύσσονται εξαιτίας των εφαρμοζόμενων δυνάμεων στο πρηνές.

Οι διαφορές των δύο μεθόδων από άποψη παραδοχών, είναι ότι μεταξύ των λωρίδων, ασκούνται μόνο οι οριζόντιες δυνάμεις, ενώ οι κατακόρυφες θεωρούνται αμελητέες και λαμβάνουν μηδενικές τιμές.

Με βάση την εικόνα 10 και λόγω του ότι οι κατακόρυφες δυνάμεις μεταξύ των λωρίδων θεωρούνται μηδενικές, προκύπτει ότι:

$$X_R = X_L = 0 \quad [\text{εξ.1}]$$

Το κριτήριο αστοχίας του Mohr- Coulomb δίνει:

$$T = c' + (\sigma - u) \cdot \tan \phi' \quad [\text{εξ.2}]$$

όπου, s : η διατμητική αντοχή του εδάφους,

c' : η συνοχή του εδάφους,

σ : η ορθή τάση στη βάση της εδαφικής λωρίδας,

u : η πίεση των πόρων, και

ϕ' : η γωνία εσωτερικής τριβής του υλικού.

Ο συντελεστής ασφάλειας σε σχέση με τη διατμητική αντοχή δίνεται από τη σχέση:

$$FS = \frac{s}{T} \quad [\text{εξ.3}]$$

όπου, t : η διατμητική τάση στη βάση της κάθε εδαφικής λωρίδας.

Συνολικά, για τις ορθές και τις διατμητικές δυνάμεις, το μοναδιαίο πάχος διατομής είναι:

$$P = \sigma * I \quad [\text{εξ.4}]$$

και

$$T = \tau * I \quad [\text{εξ.5}]$$

όπου, I: το μήκος της βάσης των επιμέρους λωρίδων.

Η ορθή δύναμη θεωρείται ότι εφαρμόζεται στο μέσο της βάσης κάθε λωρίδας και ορίζεται επιλύοντας τις δυνάμεις σε κάθε λωρίδα κατά την κατακόρυφη έννοια. Αντικαθιστώντας στις σχέσεις εξ.2, εξ.3 και εξ.4 στην εξ.5, τελικά προκύπτει ότι:

$$T = \frac{I}{FS} (c' * I + (P - u * I) * \tan\varphi') \quad [\text{εξ.6}]$$

Επιλύοντας ως προς την κατακόρυφο προκύπτει ότι:

$$P * \cos\alpha + T * \sin\alpha = W - (XR - XL) \quad [\text{εξ.7}]$$

Αντικαθιστώντας την εξ.6 στην εξ.7, τελικά για την ορθή δύναμη στη βάση της επιφάνειας αστοχίας προκύπτει ότι:

$$P = \frac{W - \frac{I}{FS} (c' * I * \sin\alpha - u * I * \tan\varphi' * \sin\alpha)}{m_\alpha} \quad [\text{εξ.8}]$$

Όπου:

$$m_\alpha = \cos\alpha * \left[1 + \tan\alpha * \frac{\tan\varphi'}{FS} \right] [\text{εξ.9}]$$

Με βάση την εξ.8, υπολογίζεται ο συντελεστής ασφάλειας για μια μόνο λωρίδα εδάφους, όπως αυτή έχει αναλυθεί στην Εικόνα 10.

Ο συνολικός συντελεστής ασφάλειας του εδαφικού πρανούς υπολογίζεται από την ισορροπία ροπών, από όπου προκύπτει ότι:

$$\sum W * R * \sin\alpha = \sum T * R$$

Αντικαθιστώντας την εξ.6, η οποία αναφέρεται σε επίπεδο εδαφικής λωρίδας,

στην εξ.10, η οποία αναφέρεται στο σύνολο του πρानούς, προκύπτει η ακόλουθη σχέση:

$$FS = \frac{\Sigma(c' \alpha * I + (P - u * I) * \tan \phi')}{\Sigma w * \sin \alpha}$$

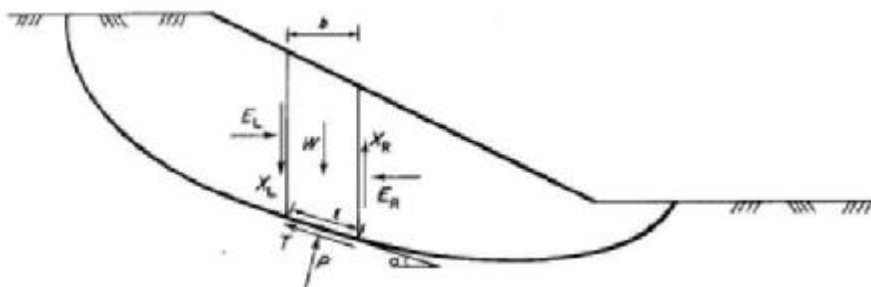
Η εξίσωση αυτή περιέχει το συντελεστή ασφάλειας και στα δύο μέλη της, δεδομένου ότι το P περιέχεται στο δεύτερο σκέλος της εξίσωσης, οπότε επιλύεται με διαδοχικές επαναλήψεις, όπου το ένα FS θεωρείται και το άλλο υπολογίζεται. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου τα δύο FS εξισωθούν.

Η σύγκλιση γίνεται σχετικά εύκολα, με αποτέλεσμα ο υπολογισμός του συντελεστή ασφάλειας να μπορεί να γίνει και χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, παρόλο που πρόκειται για μια αρκετά χρονοβόρα διαδικασία (Nash, 1987).

Κατά τις αναλύσεις ευστάθειας πρानών στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε η **τροποποιημένη μέθοδος Bishop**.

Μέθοδος Janbu

Οι Janbu et al. (1956) παρουσίασαν μια από τις πρώτες μεθόδους ανάλυσης μη κυκλικών επιφανειών αστοχίας (βλέπε **εικόνα 11**). Στη μέθοδο αυτή, η υπόθεση που λαμβάνει χώρα είναι ότι οι μεταξύ των λωρίδων δυνάμεις είναι μηδενικές και έτσι η σχέση που προκύπτει για την ολική ορθή δύναμη στη βάση κάθε λωρίδας είναι η ίδια που προκύπτει από τη μέθοδο του Bishop (Nash, 1987).



Εικόνα 11. Μέθοδος Janbu (Nash, 1987).

Θεωρείται ότι ένα τεμάχιο εδάφους ολισθαίνει πάνω στη μη κυκλική επιφάνεια αστοχίας. Εξετάζοντας την ολική ισορροπία δυνάμεων προκύπτει μια σχέση για το συντελεστή ασφάλειας. Αρχικά θεωρείται ότι οι μεταξύ των λωρίδων δυνάμεις είναι μηδενικές, αλλά τελικά, για την εισαγωγή τους στους υπολογισμούς εισάγεται ένας συντελεστής διόρθωσης, όπως επεξηγείται παρακάτω.

Στη βάση της λωρίδας της εικόνας 11 ασκούνται η ορθή τάση σ , η διατμητική τάση τ και η πίεση των πόρων u . Το κριτήριο αστοχίας που εφαρμόζεται δίνεται στην εξ.2.

Όπως και στην περίπτωση Bishop, για την ορθή δύναμη στη βάση της επιφάνειας αστοχίας προκύπτουν οι εξ.8 και εξ.9. Στην περίπτωση Janbuόμως, πραγματοποιείται και δεύτερη επίλυση της εξίσωσης ισορροπίας, αυτή τη φορά για διεύθυνση παράλληλη προς τη βάση της λωρίδας. Έτσι:

$$T + (E_R - E_L) * \cos\alpha = [W - (X_R - X_L)] * \sin\alpha$$

[εξ.12]

Όπως και προηγουμένως, οι δυνάμεις X_R και X_L μεταξύ των λωρίδων είναι μηδενικές ($X = X_L = 0$). Έτσι, από τις εξ.6 και εξ.12, προκύπτει ότι:

$$E_R - E_L = W * \tan\alpha - \frac{I}{FS} + [c' * L + (P - u * I) * \tan\varphi'] * \sin\alpha$$

[εξ.13]

Υπολογίζοντας στη συνέχεια την ισορροπία δυνάμεων για ολόκληρο το πρηνές, στην περίπτωση που δεν υπάρχουν εξωτερικά φορτία, προκύπτει ότι:

$$\Sigma(E_R - E_L) = 0 \quad [εξ.14]$$

Συνδυάζοντας τις εξ.13 και εξ.14 για ολόκληρο το εδαφικό πρηνές, λαμβάνεται η σχέση:

$$\Sigma W * \tan\alpha - \frac{1}{FS} * \Sigma [c' * I + (P - u * I) * \tan\varphi'] * \sin\alpha = 0 \quad [εξ.15]$$

Άρα, τελικά ο συνολικός συντελεστής ασφάλειας (FS_0) δίνεται από τη σχέση:

[εξ.16]

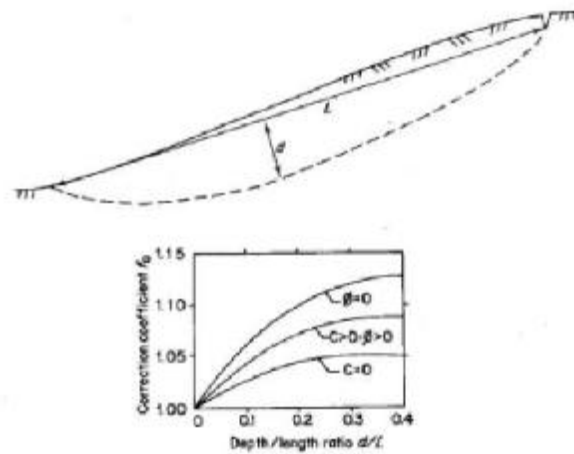
$$FS_0 = \frac{\Sigma [c' * I + (P - u * I) * \tan\varphi'] * \sin\alpha}{\Sigma W * \tan\alpha}$$

Εξαιτίας της υπόθεσης ότι οι διατμητικές δυνάμεις μεταξύ των λωρίδων είναι μηδενικές, ένας διορθωτικός παράγοντας f_0 πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή ασφάλειας που υπολογίζεται από την εξ.16, ώστε τελικά να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Έτσι:

$$FS = f_0 * FS_0 \quad [εξ.17]$$

Για τη βαθμονόμηση αυτού του συντελεστή ο Janbuεξέτασε αρκετά εδαφικά πρηνή και διαπίστωσε ότι αυτός εξαρτάται τόσο από τη γεωμετρία του πρηνούς, όσο και από την κατάσταση του εδάφους. Τελικά, το 1956 οι Janbuetal. Κατέληξαν, έπειτα

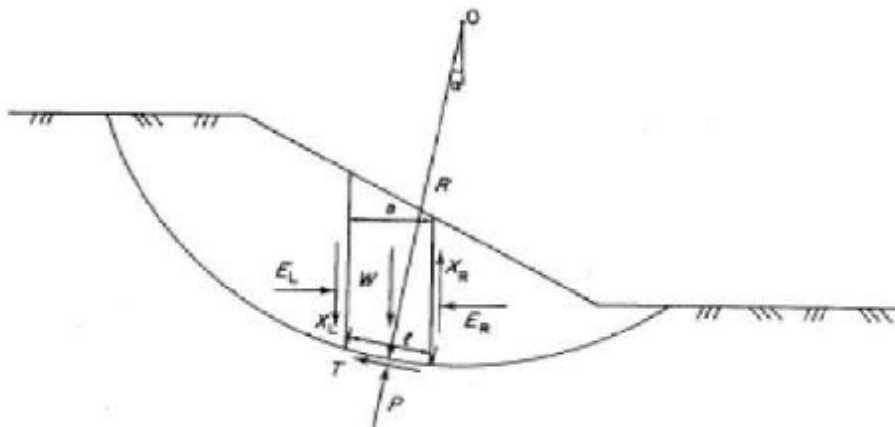
από εξέταση μεγάλου αριθμού εδαφικών πρηνών, σε πρότυπες καμπύλες (εικόνα 12) από τις οποίες προκύπτει ο συντελεστής f_0 , βάση του λόγου του μήκους του εδαφικού τεμάχους που αποκόπτεται, προς το μέγιστο πάχος αυτού (Nash, 1987).



Εικόνα 12.Πρότυπη καμπύλη και γεωμετρικά στοιχεία για τον υπολογισμό του συντελεστή διόρθωσης f_0 στη μέθοδο του Janbu (Nash, 1987).

Μέθοδος Spencer

Ο Spencer (1967) αρχικά παρουσίασε τη μέθοδό του για την ανάλυση κυκλικών επιφανειών ολίσθησης (βλέπε **Εικόνα 13**), η οποία όμως μπορεί να εφαρμοστεί και σε μη κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης θεωρώντας ένα φανταστικό κέντρο περιστροφής.



Εικόνα 13.Μέθοδος Spencer (Nash, 1987).

Στη μέθοδο αυτή θεωρείται ότι οι δυνάμεις μεταξύ των λωρίδων έχουν σταθερή κλίση στο εσωτερικό του πρηνούς, έτσι ώστε:

$$\frac{X}{E} = \tan\theta \quad [\text{εξ. 18}]$$

Εξετάζοντας τη συνολική ισορροπία ροπών καθώς και την συνολική ισορροπία δυνάμεων, προκύπτουν δύο εκφράσεις του συντελεστή ασφάλειας, όπως επεξηγείται παρακάτω. Από την ισορροπία δυνάμεων ως προς τον κατακόρυφο άξονα προκύπτει ότι:

$$P \cdot \cos \alpha + T \cdot \sin \alpha = W - (X_R - X_L) \quad [\text{εξ.19}]$$

Τελικά, με αντικατάσταση της εξ.6 στην εξ.19, η ορθή δύναμη στη βάση της λωρίδας δίνεται από τη σχέση:

$$P = \frac{W - (X_R - X_L) \frac{I}{FS} (c' * I * \sin \alpha - u * I * \tan \varphi' * \sin \alpha)}{m_a}$$

[εξ.20]

όπου το m_a δίνεται από την εξ.9.

Από την ισορροπία δυνάμεων ως προς τον οριζόντιο άξονα προκύπτει ότι:

$$T \cdot \cos \alpha - P \cdot \sin \alpha + E_R - E_L = 0 \quad [\text{εξ.21}]$$

Αντικαθιστώντας το T από την εξ.6, προκύπτει:

$$E_R - E_L = P \cdot \sin \alpha - \frac{I}{FS} + [c' * L + (P - u * I) * \tan \varphi'] * \cos \alpha \quad [\text{εξ.22}]$$

Από την ισορροπία δυνάμεων για το σύνολο του πρανούς και δεδομένου ότι δεν υπάρχει επιφανειακή φόρτιση σε αυτό, ισχύει η εξ.14. Οπότε αντικαθιστώντας στην εξ.21, προκύπτει η σχέση:

$$\Sigma(E_R - E_L) = \Sigma \left[P \cdot \sin \alpha - \frac{I}{FS} + [c' * L + (P - u * I) * \tan \varphi'] * \cos \alpha \right] \quad [\text{εξ.23}]$$

Επιλύοντας τη σχέση εξ.23 ως προς F_t , που είναι ο συντελεστής ασφάλειας που προκύπτει από την επίλυση με βάση την ισορροπία δυνάμεων, και δεδομένης της εξ.18, εξάγεται τελικά η σχέση:

$$F_f = \frac{\Sigma [c' * L + (P - u * I) * \tan \varphi'] * \sin \alpha}{\Sigma [W - (X_R - X_L)] * \tan \alpha}$$

[εξ.24]

Αντίστοιχα, από την ισορροπία ροπών, προκύπτει:

$$\Sigma W * R * \sin \alpha = \Sigma T * R \quad [\text{εξ.25}]$$

Αντικαθιστώντας και πάλι το T από την εξ.6, προκύπτει ο συντελεστής F_m από την ισορροπία ροπών:

$$F_m = \frac{\Sigma [c' * L + (P - u * I) * \tan \varphi']}{\Sigma W * \tan \alpha} \quad [\text{εξ.26}]$$

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, θεωρώντας ολική ισορροπία δυνάμεων και ροπών, προκύπτουν δύο τιμές του συντελεστή ασφάλειας. Η επίλυση γίνεται με επαναληπτική μέθοδο.

Αρχικά θεωρείται ότι $X_R - X_L = 0$. Έπειτα υπολογίζονται οι τιμές των E, X, με βάση τις εξισώσεις 21 και 18. Για τη σύγκλιση των δύο τιμών στον πραγματικό συντελεστή ευστάθειας του πρανούς, επιλέγονται διάφορες τιμές για τη γωνία θ . Ο συντελεστής ασφάλειας του πρανούς δίνεται τελικά για εκείνη την τιμή της γωνίας θ για την οποία οι εξ.24 και εξ.26 εξισώνονται.

Τελικά, με βάση σχετικές παρατηρήσεις του Spencer σε απλά προβλήματα, ο συντελεστής ασφάλειας που προκύπτει από την ισορροπία ροπών, επηρεάζεται σχετικά λίγο από τη διατμητική δύναμη μεταξύ των λωρίδων. Το γεγονός αυτό συμφωνεί και με την άποψη του Bishop και δικαιολογεί την ευρεία εφαρμογή της μεθόδου του (Nash, 1987).

Μέθοδος Morgenstern and Price

Οι Morgenstern και Price (1965) περιγράφουν μια μέθοδο ανάλυσης, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε κυκλικές και μη κυκλικές επιφάνειες ολίσθησης. Θεώρησαν ότι οι δυνάμεις και οι τάσεις ποικίλουν κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης, και επιλύοντας κάθετα και παράλληλα στη βάση κάθε λωρίδας, προσδιόρισαν τις εξισώσεις ισορροπίας αρκετά γενικά. Έπειτα, έγινε η θεώρηση ότι οι διατμητικές δυνάμεις X μεταξύ των λωρίδων, σχετίζονται με τις κύριες δυνάμεις E:

$$\frac{X}{E} = \lambda * f(x) \quad [\text{εξ.27}]$$

όπου, $f(x)$: η συνάρτηση που μεταβάλλεται συνεχώς κατά μήκος της επιφάνειας ολίσθησης, και

λ : συντελεστής.

Για δεδομένη $f(x)$, προκύπτουν τιμές για τα λ και FS, για τις οποίες ικανοποιείται η ισορροπία δυνάμεων, αλλά και η ισορροπία ροπών. Οι Morgenstern και Price υποστηρίζουν ότι ο συντελεστής ασφάλειας δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από την επιλογή του $f(x)$.

Η επιλογή της συνάρτησης $f(x)$, μπορεί να γίνει πιο εύκολα με την υπόθεση ότι οι κύριες τάσεις εφαρμόζονται στα όρια - διεπιφάνειες μεταξύ των λωρίδων (Nash, 1987).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

2.1 ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΒΩΤΙΑ

Η χρήση του εξάγωνου πλέγματος διπλής πλέξης παρουσιάζει αυξητική τάση τόσο στην χώρα μας όσο και στο εξωτερικό, λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων που παρατηρούνται, αλλά και της γενικότερης μέριμνας των ανεπτυγμένων χωρών για την προστασία του περιβάλλοντος.

Η μόνη στέρεα και φιλική με το περιβάλλον λύση, βρίσκεται στην κατασκευή έργων υποδομής με εξάγωνο πλέγμα διπλής πλέξης. Η εναπόθεση, με το χρόνο, φυσικών υλών στο πλέγμα (πέτρας, χώματος κ.λ.π.) βοηθούν στην φυσική ενσωμάτωση του πλέγματος από τον χώρο στον οποίο εναποτίθεται. Με την πάροδο του χρόνου το έδαφος αποκτά και πάλι φυσική μορφή, με την ύπαρξη βλάστησης πάνω από το πλέγμα.

Προβλεπόμενη χρήση



Εικόνα 14. Το πλέγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του ή σε συνδυασμό με λίθινο σύντριμμα.[7]

Μόνο του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- Στερέωση - θωράκιση πλαγιών με απότομη κλίση
- Σταθεροποίηση εδαφών
- Προστατευτικό δίχτυ κατολισθήσεων
- Οδοποιία
- Αντιδιαβρωτικές κατασκευές

Σε συνδυασμό με σύντριμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για[7]:

- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης ύψους 2.00m - 10.00m (με επίπεδη ή κλιμακωτή επιφάνεια)
- Θωράκιση υδατοφραγμάτων και καναλιών
- Θωράκιση πυλώνων γεφυρών
- Θωράκιση εκβολών υδροηλεκτρικών σταθμών
- Προστασία αναχωμάτων και επικλινών εδαφών
- Φράγματα ποταμών και προκυμαίες
- Αποχετευτικά κανάλια
- Προστασία ακτών
- Οδοποιία
- Αντιδιαβρωτικές κατασκευές (αντιμετώπιση υψηλών ταχυτήτων στερεομεταφοράς και δυσμενών γεωλογικών συνθηκών)
- Ρύθμιση ροής επιφανειακών υδάτων

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ[7]

- Πλεονεκτήματα κατά την χρήση του:
- Κατασκευή φιλική ως προς το περιβάλλον
- Αισθητική ενσωμάτωση με το περιβάλλον
- Καλύπτονται από την φυσική βλάστηση και διατηρούν την φυσική εμφάνιση του τοπίου
- Ελαστικότητα της επιφάνειας και εφαρμογή σε ανωμαλίες των εδαφών
- Διαπερατότητα από νερό και δυνατότητα αποφυγής κατασκευών αποστράγγισης
- Απλή εγκατάσταση όλη την διάρκεια του έτους
- Μορφολογική ποικιλία
- Ανθεκτικότητα και οικονομία

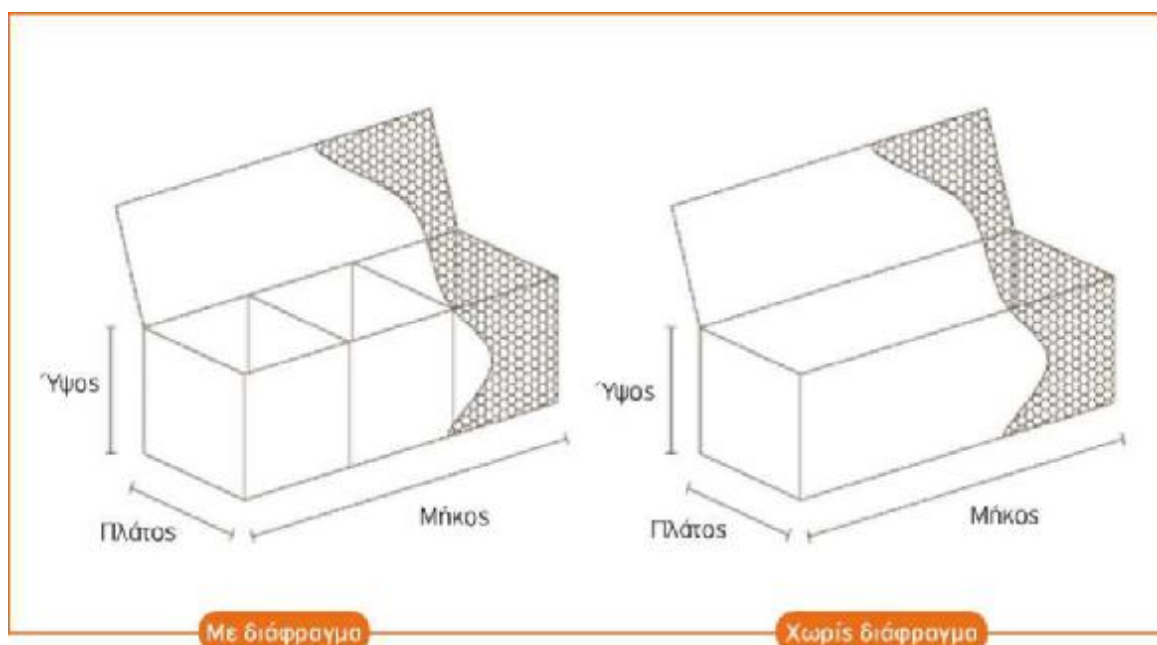


Εικόνα 15. Κάλυψη πρανούς με συρματοκιβώτια.[7]

Πεδίο εφαρμογής[7]:

- Επενδύσεις πρηνών χειμάρρων, ποταμών και άλλων έργων (αντιμετώπιση υψηλών ταχυτήτων, στερεομεταφοράς, δυσμενών γεωλογικών συνθηκών κ.λ.π.)
- Κατασκευή εγκάρσιων οδών, αναβαθμών και προβολών.
- Κατασκευή τοίχων αντιστηρίξεως.

Τα συνήθη συρματοκιβώτια διαμορφώνονται με εξαγωνικό χαλύβδινο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης ως παραλληλεπίπεδα ενδεικτικού πλάτους 1,00-2,00 m και ύψους 0,50-1,00 m. Επίσης φέρουν και εγκάρσια διαφράγματα (συνήθως ανά 1,00 m). Οι ακμές τους ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος στο πλέγμα.

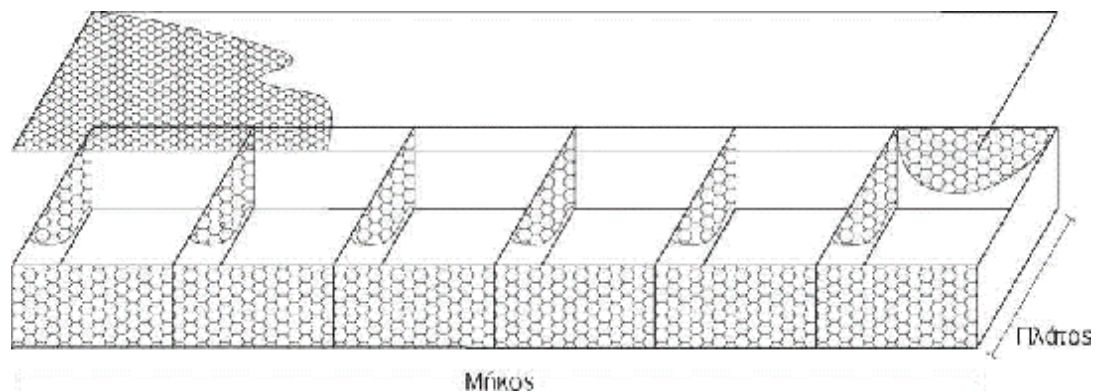


Εικόνα 16. Σκαρίφημα συρματοκυβωτίου.[7]

ΣΤΡΩΜΝΕΣ

Εφαρμόζονται σε επενδύσεις πρηνών, για την προστασία ποδός πρηνών και κοιτοστρώσεις, σε ηπιότερες γενικά συνθήκες (ροής, γεωλογικές) από ότι τα συρματοκιβώτια. Είναι όμοιες με τα απλά συρματοκιβώτια, αλλά πιο ελαφρές και εύκαμπτες. Οι στρωμένες κατασκευάζονται από εξαγωνικό χαλύβδινο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης. Έχουν συνήθως μορφή παραλληλεπίπεδου, πλάτους 2,00 m, και ύψους 0,17 - 0,30 m. με εγκάρσια διαφράγματα (ανά 1,00 m). Οι ακμές των συρματοκιβωτίων ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος στο πλέγμα.

Συρματοκιβώτια τύπου Reno

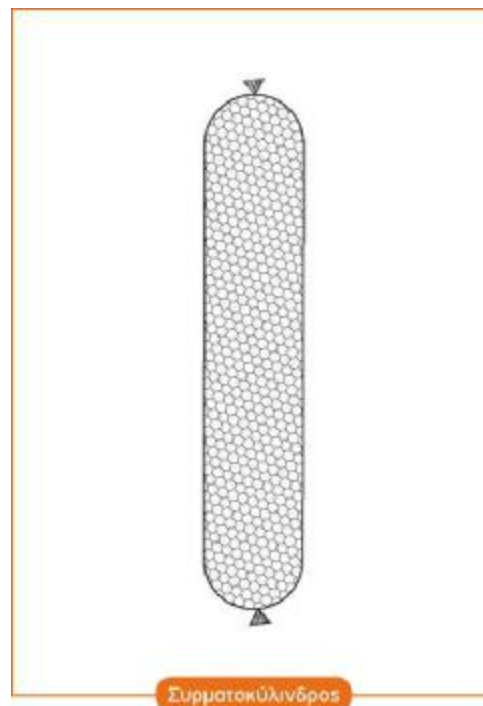


Εικόνα 17. Συρματοκιβώτιο τύπου Reno.[7]

ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΛΙΝΔΡΟΙ

Εφαρμόζονται σε επενδύσεις πρηνών, για προστασία ποδός πρηνών και κοιποστρώσεις 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.

Οι συρματοκύλινδροι κατασκευάζονται από εξαγωνικό χαλύβδινο συρματόπλεγμα διπλής πλέξης. Είναι διαμέτρου 0,65 - 0,95 m και ύψους 2,00 m (οι διαστάσεις καθορίζονται κατά περίπτωση από την εκάστοτε μελέτη των έργων προστασίας). Οι κύλινδροι ενισχύονται καθ' ύψος με σύρμα ενίσχυσης.



Εικόνα 18. Συρματοκύλινδρος.[7]

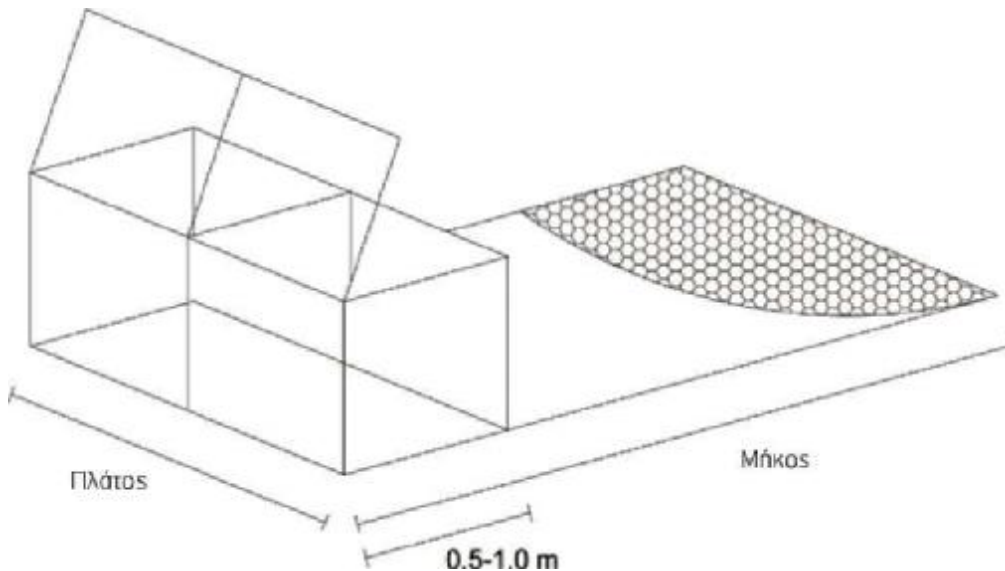
ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ ΜΕ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΥΡΜΑΤΟΠΛΕΓΜΑΤΟΣ[7]

Χαρακτηριστικό τους είναι η ύπαρξη ελεύθερης προέκτασης φύλλου συρματοπλέγματος. Μετά την λιθοπλήρωση του συρματοκιβωτίου επιχώνεται και εγκιβωτίζεται στο διαμορφούμενο πρανές η προέκταση του συρματοπλέγματος (λειτουργία οπλισμένης γης).

Όπως και τα απλά συρματοκιβώτια, έχουν μορφή παραλληλεπίπεδου, μήκους συνήθως 1,00 - 2,00 m, ύψους 0,50 -1,00 m, με διαφράγματα.

Το μήκος της προέκτασης συρματοπλέγματος κυμαίνεται από 3,00 έως και 7,00 m σύμφωνα με τα εκάστοτε καθορισμένα στοιχεία από την μελέτη.

Οι ακμές των συρματοκιβωτίων ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος του πλέγματος. Το τμήμα του οπλισμού πρέπει να είναι ενιαίο με το συρματοπλέγμα του κιβωτίου. Το σύρμα του πλέγματος θα είναι κράμα ZN95Al5-MM με επικάλυψη είτε με xPVC (αυτοσβενούμενο τροποποιημένο χλωριούχο πολυβινύλιο), είτε με xPE (αυτοσβενούμενο τροποποιημένο πολυαιθυλένιο, σύμφωνα με EN 10245-3). Πάχος επικάλυψης: 0,50 mm.



Εικόνα 19. Συρματοκιβώτια τύπου Terramesh.[7]

Κριτήρια αποδοχής ενσωματωμένων υλικών

Τα υλικά που ενσωματώνονται στα έργα προστασίας κοίτης και οχθών με συρματοκιβώτια[7] είναι τα ακόλουθα:

A. Συρματοπλέγμα

- Με επικάλυψη ψευδαργύρου
- Με επικάλυψη κράματος ψευδαργύρου (ψευδάργυρος/αλουμίνιο)

- Με επικάλυψη xPE (αυτοσβενούμενο τροποποιημένο πολυαιθυλένιο)
- Με επικάλυψη xPVC (αυτοσβενούμενο τροποποιημένο χλωριούχο πολυβινύλιο)

B. Γαλβανισμένο σύρμα ραφής Γ. Λίθοι πλήρωσης

Για τα ενσωματωμένα υλικά έχουν εφαρμογή τα ακόλουθα πρότυπα:

Για τα χαλύβδινα σύρματα:

ΕΛΟΤΕΝ 10218-2

Χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα συρμάτων - Γενικά -Μέρος 2: Διαστάσεις και ανοχές

ΕΛΟΤΕΝ 10223-3

Χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα σύρματος για φράκτες - Μέρος 3: Εξαγωνικά χαλύβδινα συρματοπλέγματα για οικοδομικές κατασκευές

EN 10244-2 (class A)

Χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα σύρματος - Μη σιδηρούχες μεταλλικές επικαλύψεις σε χαλύβδινα σύρματα ■ Μέρος 2: Επικαλύψεις ψευδαργύρου ή κραμάτων ψευδαργύρου σε χαλύβδινα σύρματα

EN 10244-1

Χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα σύρματος - Μη σιδηρούχες μεταλλικές επικαλύψεις σε χαλύβδινα σύρματα ■ Μέρος 1: Γενικές αρχές

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

A. Συρματοπλέγμα

Οι διαστάσεις των βρόγχων πλέξης του συρματοπλέγματος και το πάχος του σύρματος σύμφωνα με το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 10223-3**, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

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

(D= η απόσταση μεταξύ δύο συστροφών στον βρόγχο του πλέγματος)[7]

Εάν δεν καθορίζεται διαφορετικά από την μελέτη των έργων προστασίας έχουν εφαρμογή τα ακόλουθα: (i)=Βρόγχοι, διατομή σύρματος (EN10222-3)

Συρματοκιβώτια ύψους 0,50 έως 1,00 m	60 (6x8)	2,70	± 0,06mm
	80 (8x10)	3,00	± 0,07mm
Συρματοκιβώτια με προεκτάσεις ύψους 0,50 έως 1,00 m	60 (6x8)	2,70	± 0,06mm
	80 (8x10)	3,00	± 0,06mm
Στρώμενες ύψους 0,17 έως 0,30 m	60 (6x8)	2,70	± 0,06mm
	80 (8x10)	3,00	± 0,06mm

Πεδίο εφαρμογής

Βρόγχος D (mm) Διάμετρος (mm) Ανοχές

(ii)=Διατομή συρμάτων ενίσχυσης ακμών:

Βρόγχος D (mm)		6x8	8x10	8x10
Διάμετρος σύρματος συρματοπλέγματος (mm)	2,70	3,00	2,70	3,00
Διάμετρος σύρματος ενίσχυσης (mm)	3,40	3,90	3,40	3,90

Το σύρμα του πλέγματος και το σύρμα ραφής είναι γαλβανισμένα εν θερμό, ομοιογενούς συστάσεως και σταθερής κυκλικής διατομής χωρίς σχισμές ή αυλακώσεις. Το γαλβάνισμα είναι ισοπαχές, ομόκεντρο, παρουσιάζει λεία επιφάνεια και καλύπτει πλήρως την επιφάνεια του σύρματος χωρίς να αφήνει κενά.

Η επικάλυψη για την αντιδιαβρωτική προστασία των συρμάτων είναι ενός εκ των ακόλουθων τύπων:

Επικάλυψη ψευδαργύρου

Γαλβάνισμα με ψευδάργυρο καθαρότητας τουλάχιστον 99%. Η πρόσφυση της επίστρωσης μπορεί να ελεγχθεί εμπειρικά σύμφωνα με το πρότυπο EN 10218-1 με τύλιξη έξι σπειρών σύρματος σε άξονα τετραπλάσιας διαμέτρου από την διατομή του. Η επίστρωση δεν πρέπει να θραύεται ή να αποφλοιώνεται όταν υποβληθεί σε τριβή με γυμνό χέρι.

Οι απαιτούμενες σύμφωνα με το EN 10281-1 ελάχιστες ποσότητες επίστρωσης ψευδαργύρου έχουν ως εξής:

Φ Σύρματος (mm)	2,20	2,70	3,00	3,40	3,90
Ποσότητα Zn (gr/m ² επιφανείας)	230	260	275	275	290

Επικάλυψη κράματος ψευδαργύρου/αλουμινίου τύπου GALFAN (Zn95Al5-MM)

Γαλβάνισμα με κράμα ψευδαργύρου 95% - αλουμινίου 5%, (Zn95Al5 ClassA), σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προσχεδίου EN10244-2.

Η πρόσφυση της επικάλυψης στο σύρμα ελέγχεται (ως ανωτέρω) κατά το πρότυπο EN 10218-1.

Οι απαιτούμενες ελάχιστες ποσότητες επίστρωσης Zn95Al5 δίδονται στον παρακάτω πίνακα:

Φ Σύρματος (mm)	2,20	2,70	3,00	3,40	3,90
Ποσότητα κράματος Zn (gr/m ² επιφανείας)	240	245	255	265	275

Επικάλυψη με ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ

Για περαιτέρω προστασία το γαλβανισμένο σύρμα μπορεί να είναι πλαστικοποιημένο είτε με xPE, είτε με xPVC. Ο εφαρμοστέος τύπος συρματοπλέγματος συρματοκιβωτίων καθορίζεται από την μελέτη του έργου.

Β. Σύρμα ραφής

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

Η ραφή των συρματοκιβωτίων γίνεται με δακτυλίους από γαλβανισμένο σύρμα διαμέτρου 3 mmτουλάχιστον και εφελκυστικής αντοχής 1700 N/mm². Για τη σύνδεση συρματοκιβωτίων με πλαστικοποιημένο σύρμα χρησιμοποιούνται ανοξείδωτα δαχτυλίδια.

Η σύσφιξη των δακτυλίων στερέωσης γίνεται με ειδικό εργαλείο, μηχανικό ή πνευματικό. Οι δακτύλιοι σύσφιξης εφαρμόζονται περίπου 25 τεμ. ανά m³.

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

Γ. Λίθοι πλήρωσης φατνών

Η εφαρμοστέα διαβάθμιση των λίθων πλήρωσης[7] αποτελεί συνάρτηση των αναμενομένων ταχυτήτων ροής. Εάν δεν καθορίζεται διαφορετικά από την μελέτη έχουν εφαρμογή τα ακόλουθα:

Πεδίο εφαρμογής	Ύψος Συρματοκιβωτίου (m)	Διάσταση Διάμετρος (mm)	λίθου d50 (mm)	Κρίσιμη ταχύτητα (m/sec)	Οριακή ταχύτητα (m/sec)
Στρωμένες (τύπου Reno)	0,25 κ 0,30	70-120	100	4,2	5,5
		100-150	125	5,0	6,4
Συρματοκιβώτια	0,50 κ 1,00	100-200	150	5,8	7,6
		120-250	190	6,4	8,0

Κρίσιμη ταχύτητα: Η μέγιστη ταχύτητα κατά την οποία η κατασκευή θα παραμείνει ευσταθής, χωρίς να μετακινηθούν οι λίθοι πληρώσεως. *Οριακή ταχύτητα:* Η μέγιστη ταχύτητα η οποία μπορεί να γίνει αποδεκτή από την κατασκευή, δεχόμενοι και σχετικές μετακινήσεις των λίθων.[7]

Το υλικό λιθοπλήρωσης των φατνών θα είναι ασβεστολιθικής προέλευσης, απαλλαγμένο από αργιλικές προσμίξεις, έντριπτα και σαθρά υλικά.

Η απώλεια βάρους κατά την δοκιμή σε κρούση και τριβή δεν υπερβαίνει το 30%, η δε απορροφητικότητα σε νερό θα είναι μικρότερη του 2%.

Σχετικά πρότυπα:

ΕΛΟΤ EN 1237: Μέθοδοι δοκιμής φυσικών λίθων-Προσδιορισμός της αντοχής σε παγετό

ΕΛΟΤ EN 1925: Μέθοδοι δοκιμής φυσικών λίθων-Προσδιορισμός του συντελεστή απορρόφησης διά τριχοειδών

ΕΛΟΤ EN 748: Προσδιορισμός της υδατοαπορροφητικότητας και του συντελεστή κορεσμού φυσικών λίθων και αδρανών υλικών

i. Το γαλβανισμένο συρματόπλεγμα πληροί τις απαιτήσεις του πρότυπου EN 10223-2:

Ονομαστικό βάρος του συρματοπλέγματος δίδεται στον ακόλουθο πίνακα[7]:

Άνοιγμα βρόγχου (mm)	Διάμετρος σύρματος (mm)	Βάρος (kg/m ²)
60 (60 x 80)	2,20	1,40
	2,70	1,60
	2,70	1,600
80 (80 x 100)	2,70/3,70 pvc	1,900
	3,00	2,000
100 (10 x 12)	2,70	1,400
	3,00	1,800

Επιμήκυνση θραύσεως: Μεγαλύτερη ή ίση του 10% - (EN10223-3).

ii. Τα προς ενσωμάτωση στο έργο υλικά εκφορτώνονται στο Εργοτάξιο μετά προσοχής, για την αποφυγή φθορών, στρεβλώσεων κ.λ.π. ζημιών, και αποθηκεύονται σε προστατευμένο χώρο απόθεσης σε στοίβες οι οποίες εξασφαλίζουν τα υλικά έναντι παραμορφώσεων και ρύπανσης.

-Το συρματοπλέγμα παραδίδεται συσκευασμένο σε ρόλους.

Τα βιομηχανοποιημένα συρματοκιβώτια (εφ' όσον προβλέπονται) παραδίδονται συσκευασμένα σε δέματα, κατάλληλα διαμορφωμένα ώστε να εξασφαλίζεται το απαραμόρφωτο κατά την μεταφορά τους.

-Το σύρμα ραφής παραδίδεται συσκευασμένο σε ρόλους βάρους μέχρι 25 kg.

-Όλα τα πακέτα φέρουν ετικέτες του εργοστασίου παραγωγής, την ημερομηνία κατασκευής, την περιγραφή του είδους και την ποσότητα σε κιλά.

-Γίνονται αποδεκτοί όλοι οι τρόποι συσκευασίας που περιγράφονται στο πρότυπο EN 10223-3.

iii. Κατά την παραλαβή των υλικών στο εργοτάξιο, πρέπει να γίνεται οπτικός έλεγχος για να διαπιστωθεί η ακεραιότητά τους. Ο εντεταλμένος υπεύθυνος παραλαβής του υλικού, να συντάσσει πρωτόκολλο παραλαβής, στο οποίο θα αναγράφονται τα στοιχεία των ετικετών του εργοστασίου κατασκευής (παρτίδα, βάρους, τύπος κ.λ.π.) Υλικά που παρουσιάζουν κακώσεις ή στρεβλώσεις δεν πρέπει να γίνονται αποδεκτά και να απομακρύνονται άμεσα από το εργοτάξιο.

iv. Τα γαλβανισμένα υλικά να συνοδεύονται από πιστοποιητικό αναγνωρισμένου εργαστηρίου από το οποίο θα προκύπτει η συμμόρφωση προς τις αποκτήσεις των προτύπων EN 10218-1, EN 10223-2.

Το γαλβανισμένο συρματοπλέγμα, το γαλβανισμένο σύρμα ενίσχυσης και οι δακτύλιοι στερέωσης θα φέρουν σήμανση CEτης Ευρωπαϊκής Ένωσης.

v. Επί τόπου δοκιμές γαλβανισμένων συρμάτων (συρματοκιβωτίων ή ενίσχυσης).

Δοκιμή στρέψεως

Κομμάτι σύρματος μήκους 200 mm πρέπει να μην παρουσιάσει ρωγμές ή να κοπεί μετά από 30 πλήρεις στροφές του ενός άκρου ως προς το άλλο.

Δοκιμή ευκαμψίας

Κομμάτι σύρματος μήκους 200 mm πρέπει να αντέχει σε 10 συνεχείς κάμψεις κατά 180° χωρίς να σπάει ή να παρουσιάζει ρωγμές ή αποφλοίωση του επιστρώματος ψευδαργύρου.

Δοκιμή πάχους γαλβανίσματος

Καθαρίζεται το σύρμα επιμελώς με οινόπνευμα, παρασκευάζεται διάλυμα 1:5 κατά βάρος θειικού χαλκού σε αποσταγμένο νερό. Εμβαπτίζεται στο διάλυμα το σύρμα επί ένα λεπτό: το σύρμα των δακτυλίων ραφής πέντε φορές, το σύρμα πλέγματος έξι και το σύρμα ενίσχυσης επτά φορές.

Μετά από κάθε εμβάπτιση, το σύρμα καθαρίζεται με νερό και μαλακή βούρτσα, ώστε να αφαιρείται η στρώση των παραχθέντων αλάτων χωρίς απόξεση του γαλβανίσματος.

Το σύρμα κρίνεται αποδεκτό όταν, μετά την ολοκλήρωση των εμβαπτίσεων στο διάλυμα, δεν εμφανίζονται σε κανένα σημείο απογυμνώσεις του χάλυβα, ούτε εναποθέσεις θειικού χαλκού.

vi. Για την αποδοχή του υλικού πλήρωσης των φατνών απαιτείται εκτέλεση ελέγχων υγείας πετρώματος και υδατοαπορροφητικότητας, ανά θέση (πηγή) λήψεως υλικού. (Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 12371, ΕΛΟΤ EN 1925, ΕΛΟΤ EN 748). Εάν κατά τις παραπάνω δοκιμές παρουσιασθεί αστοχία τα υλικά δεν θα γίνονται αποδεκτά.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΝΩΝ

Το απαιτούμενο για την κατασκευή του κιβωτίου[7] συρματοπλέγμα απλώνεται σε λεία επιφάνεια κόβεται, και αφού υψωθούν οι τέσσερις έδρες γύρω από τη βάση, συρράπτονται ισχυρά οι αντίστοιχες τέσσερις κατακόρυφες ακμές.

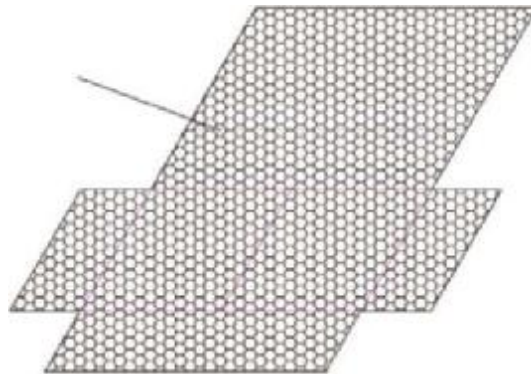
Η έδρα που θα αποτελέσει το κάλυμμα του κιβωτίου παραμένει ανοικτή.

Μετά τη 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 ακόμη καλύμματος, να έλθει σε επαφή με την έδρα του προηγούμενου πληρωθέντος ήδη κιβωτίου.

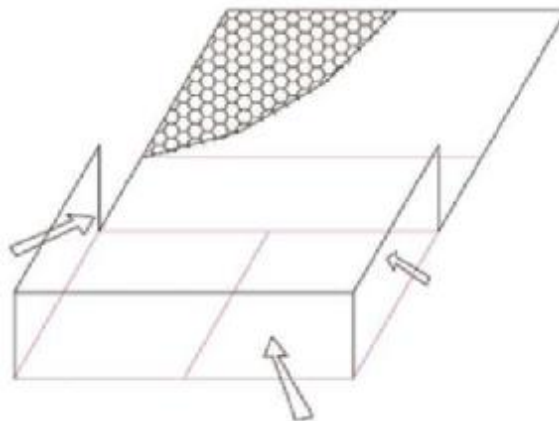
Οι ακμές των εφαπτόμενων εδρών του νέου κιβωτίου και του υποκειμένου του θα συρράπτονται ισχυρά.

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

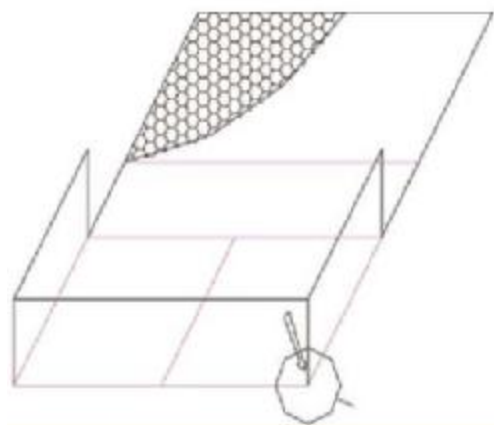
Οδηγίες συναρμολόγησης



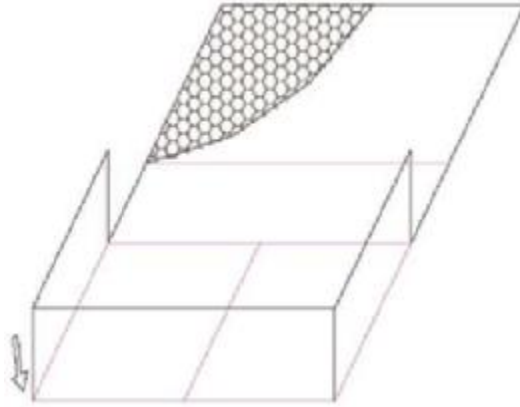
Εικόνα 20. Μετακινήστε το κάθε καλάθι μέσα από το δέμα. (Ξεδιπλώστε την κάθε πλευρά)[7]



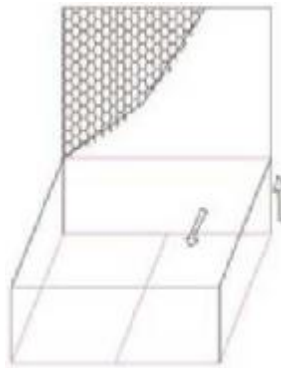
Εικόνα 21. Διπλώστε τα άκρα όπως στο διάγραμμα ώστε να ενωθούν τα άκρα.[7]



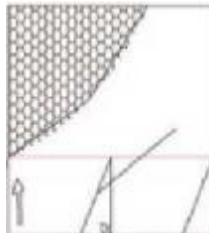
Εικόνα 22. Είναι σημαντικό να αρχίσει το δέσιμο από τη μπροστινή δεξιά γωνία της βάσης του καλάθιού.[7]



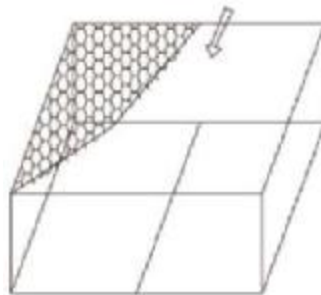
Εικόνα 23. Στη συνέχεια δένετε την μπροστινή αριστερή γωνία της βάσης.[7]



Εικόνα 24. Διπλώστε κάθετα την πίσω πλευρά και δέστε την δεξιά γωνία.[7]



Εικόνα 25. Συνεχίζεται το δέσιμο στην αριστερή γωνία της βάσης.[7]



Εικόνα 26. Κλείνετε το καπάκι και ελέγχετε την ευθυγράμμιση (χωρίς να το δέσετε).[7]

ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΡΡΑΦΗΣ[7]

Η συρραφή γίνεται με τρεις τρόπους:

- A. Συρραφή με σύρμα περιδίεσης
- B. Συρραφή με σπιράλ
- Γ. Συρραφή με ασάλινους συνδετήρες

Εκτός από την συρραφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σταθεροποιητικοί γάντζοι που τοποθετούνται περίπου στο 1/3 του ύψους του καλαθιού και σταθεροποιούν τα κάθετα στοιχεία παρεμποδίζοντας το φούσκωμα τους.

Τα ήδη τοποθετημένα καλάθια δένονται μεταξύ τους στις ακμές επαφής τους.

Το καλό δέσιμο είναι απαραίτητο για την σταθερότητα του τοίχου αντιστήριξης.

Κρίκοι -Δακτυλίδια Συρραφής AC50

Οι κρίκοι συρραφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί ή ως συμπλήρωμα στο σύρμα ραφής για την συναρμολόγηση και τοποθέτηση των συρματοκιβωτίων. Η απόσταση των κρίκων κατά την διάρκεια όλων των φάσεων της συναρμολόγησης και τοποθέτησης θα πρέπει να είναι σύμφωνα με απόσταση που βασίζεται στο κανόνα 17,5 kN/m χωρίς να συνυπολογίζεται η αντίσταση του συρματοπλέγματος όταν γίνεται δοκιμή σύμφωνα με την ASTMA975 παράγραφος 13.1.2, με ονομαστική απόσταση 100 χιλιοστά, και δεν πρέπει να ξεπερνά σε ουδεμία περίπτωση τα 150 χιλιοστά.

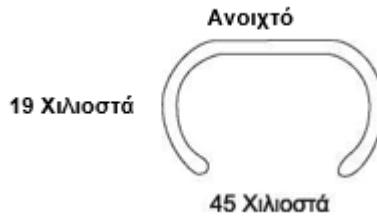
Οι κρίκοι συρραφής για τα συρματοκιβώτια με επικάλυψη PVC είναι ανοξειδωτοί σύμφωνα με την προδιαγραφή A 313, τύπος 302, σύμφωνα με την ASTMA975-97 παράγραφος 6.3. Η απόσταση των κρίκων θα πρέπει να είναι σύμφωνα με την ASTMA975 97. Η απόσταση των κρίκων πρέπει να είναι μεταξύ 100 και 150 χιλιοστών.

Οι κρίκοι τοποθετούνται με πνευματικά ή χειροκίνητα εργαλεία.

Γαλβανιζέ κρίκοι συρραφής: Διάμετρος= 3,00 χιλιοστά, σύμφωνα με την ΕΛΟΤ EN 10218-2.

Αντοχή εφελκυσμού: 1586-1882 N/mm² Ισοδύναμο με 1586-1882 MPa και με 230.000 to 273.000 psi σύμφωνα με την ASTMA764-95.

Σωστή τοποθέτηση των κρίκων: Για να θεωρείται ένας κρίκος σωστά διαμορφωμένος θα πρέπει η μία του άκρη με την άλλη να έχει ονομαστική επικάλυψη 25 χιλιοστά μετά το κλείσιμό του. (Βλέπε εικόνα 27)



Εικόνα 27.Κρίκος [7]

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ[7]

Με την ολοκλήρωση της συναρμολόγησης τα συρματοκιβώτια τοποθετούνται στην τελική τους θέση και ασφαλίζονται μεταξύ τους κατά το φάρδος και τα άνω άκρα των αλληλεπικαλυπτόμενων επιφανειών χρησιμοποιώντας τους τρόπους πρόσδεσης όπως αυτές περιγράφονται παραπάνω.

Όταν ένα έργο απαιτεί περισσότερες από μία στρωμάτωση, τα άνω κενά συρματοκιβώτια θα πρέπει να συνδέονται στην κορυφή της χαμηλότερης στρωμάτωσης κατά μήκος της πρόσοψης και της πλάτης των αλληλοκαλυπτόμενων επιφανειών, χρησιμοποιώντας τους τρόπους πρόσδεσης όπως αυτές περιγράφονται παραπάνω.

ΛΙΘΟΠΛΗΡΩΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΝΩΝ[7]

Αφού συρραφή το κιβώτιο επακολουθεί επιμελημένη λιθοπλήρωση με χάλικες, κροκάλες ή λίθους, διαστάσεων σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτού του τεχνικού φακέλου ή τα καθοριζόμενα από την εκάστοτε μελέτη. 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 τη λιθοπλήρωση θα εξασφαλίζεται και με ελκυστήρες, οι οποίοι θα συνδέουν δύο απέναντι έδρες. Οι ελκυστήρες θα προσδένονται στην επαπτόμενη του ήδη γεμάτου κιβωτίου. Θα τανύονται 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 δύο αντίθετες παράλληλες έδρες των κιβωτίων θα τοποθετούνται σε δύο σειρές αν το ύψος της έδρας είναι 1,00 m και σε μια σειρά αν το ύψος είναι 0,50 m ή μικρότερο. Όταν γεμίσει το κιβώτιο θα κλείνει το κάλυμμα και θα συρράπτεται με τις αντίστοιχες ακμές του κιβωτίου, τανυόμενο διά μοχλών.

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

Κατ' ανάλογον 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 συμπίκνωση αυτού (οπλισμένη γη).

Κίνδυνοι κατά την εκτέλεση των εργασιών

Πιθανοί κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν κατά την μεταφορά, την απόθεση και τη διακίνηση των υλικών[7]:

- Φορτοεκφορτώσεις βαρέων αντικειμένων (ρολά πλέγματος).
- Μεταφορά δια χειρός ή μηχανικών μέσων αντικειμένων μεγάλου βάρους.
- Χρήση εργαλείων χειρός.
- Χρήση εργαλείων κοπής ή ραφής σύρματος.
- Καταπτώσεις πρανών στην ζώνη εκτέλεσης των εργασιών.
- Ολισθήσεις ασταθών πρανών, είτε κατά την διαμόρφωση τους, είτε κατά την φάση της επένδυσης τους.

Πλημμελής χρήση μηχανικού εξοπλισμού κατά την πλήρωση των φατνών με λίθους.

Ο χειρισμός του εξοπλισμού και των εργαλείων κοπής/προέδσης των κιβωτίων θα γίνεται μόνον από έμπειρο προσωπικό.

ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ-ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Είναι υποχρεωτική η συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΕ, που αναφέρεται στις «ελάχιστες απαιτήσεις υγιεινής και ασφάλειας προσωρινών και κινητών εργοταξίων» και προς την Ελληνική νομοθεσία περί υγιεινής και ασφάλειας (Π.Δ 17/96 και Π.Δ 159/99 κ.λ.π.).

Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής [7] :

- Προστατευτική ενδυμασία, ΕΛΟΤ EN 863-95.
- Προστασία χεριών και βραχιόνων, ΕΛΟΤ EN 388-94.
- Προστασία κρανίου, ΕΛΟΤ EN 397-95.
- Προστασία ποδιών, ΕΛΟΤ EN 345-95.

2.2 ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ

Οι μέθοδοι οικομηχανικής με χρήση φυτικών υλικών [8] αξιοποιούν τις γνώσεις της φυσιολογίας των φυτών και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τεχνικών έργων διασφαλίζοντας την σταθεροποίηση των πρανών. Ως υλικά χρησιμοποιούνται ολόκληρα φυτά ή μέρη φυτών και σε συνδυασμό με άλλα υλικά συμπληρώνουν και βελτιώνουν τις άλλες μεθόδους μηχανικής (παραδοσιακή υδραυλική ή γεωτεχνική μηχανική).

Στην παρούσα εξετάζονται διάφορες μορφές τέτοιων μεθόδων που χρησιμοποιούν ξυλώδη φυτά ή μέρη αυτών και εστιάζεται στις κατασκευαστικές τεχνικές και στην χρήση τους.

Φακελώματα (Bush-mattressconstruction)

Φακελώματα [8], είναι δέματα χλωρών κλάδων φυτικών ειδών που βλαστάνουν εύκολα, όταν υπάρχουν κατάλληλες συνθήκες. Τα φακελώματα χρησιμοποιούνται για σταθεροποίηση ασταθών χωμάτων και την προστασία πρανών από διάβρωση. Η σταθεροποίηση των ασταθών εδαφών γίνεται με τον παρακάτω τρόπο:

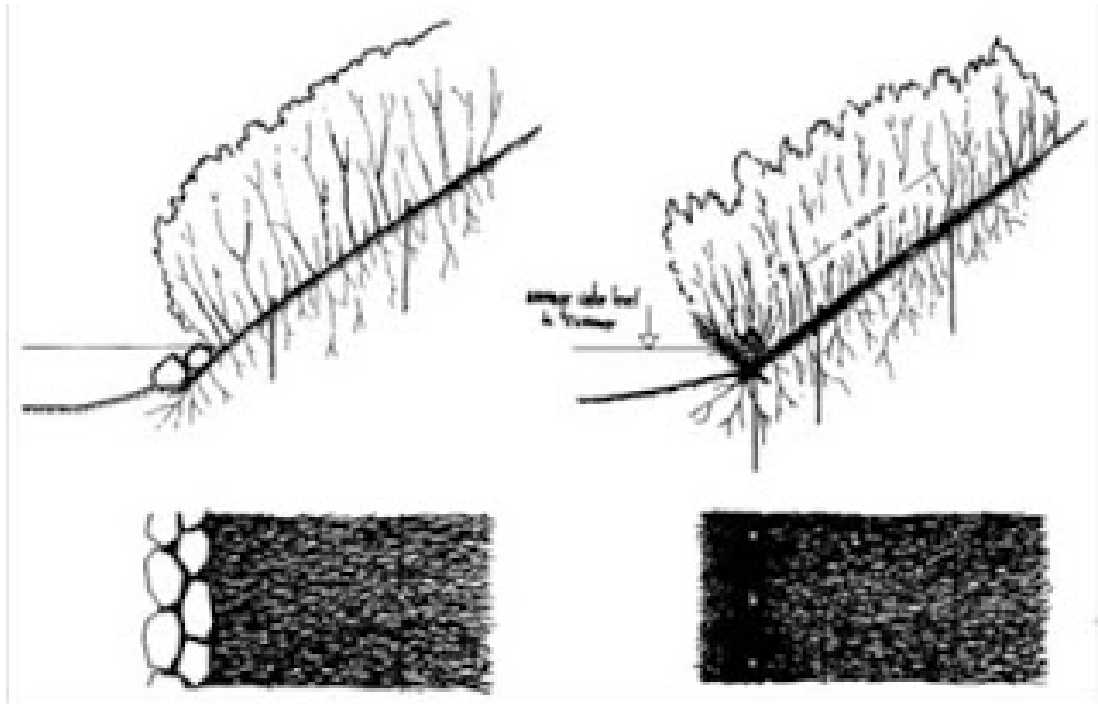
Κάθετα προς την κλίση του πρανούς και κατά την έννοια των ισοϋψών, τεμάχια χλωρών κλαδιών αποτελούμενα από 15-20 ή και 25-30 κλαδιά Ιτιάς, Μοσχοϊτιάς, Πλατάνου κ.λ.π. μήκους άνω των 60 εκ. και διαμέτρου 6-40 χιλιοστών με τους βλαστοφόρους οφθαλμούς διαταγμένους προς την ίδια κατεύθυνση, δένονται σε δέματα ανά 15-30 εκ. με λεπτό σύρμα και τοποθετούνται επί της επιφάνειας του πρανούς κατά την έννοια του μήκους των δεμάτων και εν επαφή ή του ενός δέματος με το άλλο.

Η παραπάνω διάταξη των δεμάτων μπορεί να έχει μήκος από μερικά μέτρα μέχρι και όλο το πλάτος του πρανούς.

Τα δέματα σταθεροποιούνται στην επιφάνεια του πρανούς με ξύλινους πασσάλους μήκους 1,0 μ. και διαμέτρου 4-7 εκ., οι οποίοι εμπήγνυνται στο έδαφος, διαμέσου των δεμάτων, σε βάθος 60-70 εκ. και σε απόσταση 1,0 μ. πασσάλου από πάσσαλο, με τρόπο ώστε όλα τα δέματα να είναι καρφωμένα και σταθεροποιημένα στο έδαφος με τους ξύλινους πασσάλους.

Η παραπάνω διάταξη μπορεί να επαναλαμβάνεται κατά θέσεις, ανά 2-3 μ. κατά την έννοια της κλίσης του πρανούς, ανάλογα τις συνθήκες αστάθειας του πρανούς. Πίσω από τα δέματα με τους χλωρούς κλάδους και ανάντι του πρανούς είναι δυνατόν να προστεθούν χώματα ή να φυτευθούν φυτά ή μοσχεύματα ή και να σπαρούν σπόροι (εικόνα 28).

Με την παραπάνω εργασία είναι φανερό ότι συγκρατούνται τα χώματα στις θέσεις των φακελωμάτων, μειώνεται η ταχύτητα κίνησης των ρεόντων όμβριων υδάτων και μειώνεται ή αποφεύγεται η επιφανειακή διάβρωση, αλλά και σταθεροποιούνται ευπαθείς μάζες χωμάτων ιδιαίτερα αν τα φακελώματα συνδυασθούν με κατάλληλες φυτεύσεις φυτών ή μοσχευμάτων ή και σπορές σπόρων.



Εικόνα 28. Φακελώματα (Schiechtel and Stern 1994) [8]

Πλεονεκτήματα [8]:

- Η δράση τους αρχίζει αμέσως μετά την εγκατάσταση
- Αναπτύσσεται πυκνή συστάδα βλάστησης με πυκνό ριζικό σύστημα
- Ευελιξία στην αποκατάσταση των πρανών
- Το υλικό βρίσκεται εύκολα καθώς τα τεχνικά λειτουργούν ως μητρική βλάστηση

Κλαδοπλέγματα [8] (wattlefences - wicker)

Κατά την έννοια των ισοϋψών σε πρανές και κάθε 1,0μ (πασσάλου από πάσσαλο) εμπήγνεται στο έδαφος, σε βάθος 50 –70 εκ. πάσσαλοι καστανιάς μήκους 1,0μ . και διαμέτρου 4-5 εκ. Μεταξύ των κεντρικών πασσάλων, διαμέτρου 4-5 εκ. και κάθε 20 εκ. εμπήγνεται στο έδαφος ενδιάμεσοι πάσσαλοι καστανιάς μήκους 60 εκ. και διαμέτρου 2-3 εκ. με βάθος έμπηξης του 30 εκ.

Στους παραπάνω και μεταξύ των πασσάλων, πλέκονται κλαδιά Ιτιάς, Αρμυρικού, Πλατάνου, Μαυρολεύκης κ.λ.π. χλωρά μήκους 2-3 μ. και διαμέτρου 1,5 – 2 εκ. με έμπηξη των άκρων των λεπτών κλαδιών στο έδαφος σε βάθος 10 εκ. και ανά 10 εκ. μεταξύ τους.

Η όλη κατασκευή εδράζεται σε τμήμα πρανούς που εκσκάφηκε στον πόδα του και σε απόσταση 30-50 εκ. από την εσωτερική επιφάνεια του πρανούς. Το κενό που δημιουργείται μεταξύ κλαδοπλέγματος και του πρανούς, πληρούται με τα προϊόντα εκσκαφής του πρανούς και επιφανειακών χωμάτων από την υπερκείμενη επιφάνεια του πρανούς.

Έτσι δημιουργούνται επίπεδες επιφάνειες (κλίνες – αναβαθμοί) σταθερές και κατάλληλες για τη φύτευση φυτών (Εικόνα 29).

Πλεονεκτήματα[8]:

- Οι ρίζες περιορίζουν την μετακίνηση του εδάφους ενώ η όλη κατασκευή δημιουργεί βαθμίδες
- Επίτευξη βλάστησης σε κατάσταση κλίμακας
- Συνδυάζεται εύκολα με άλλες μεθόδους

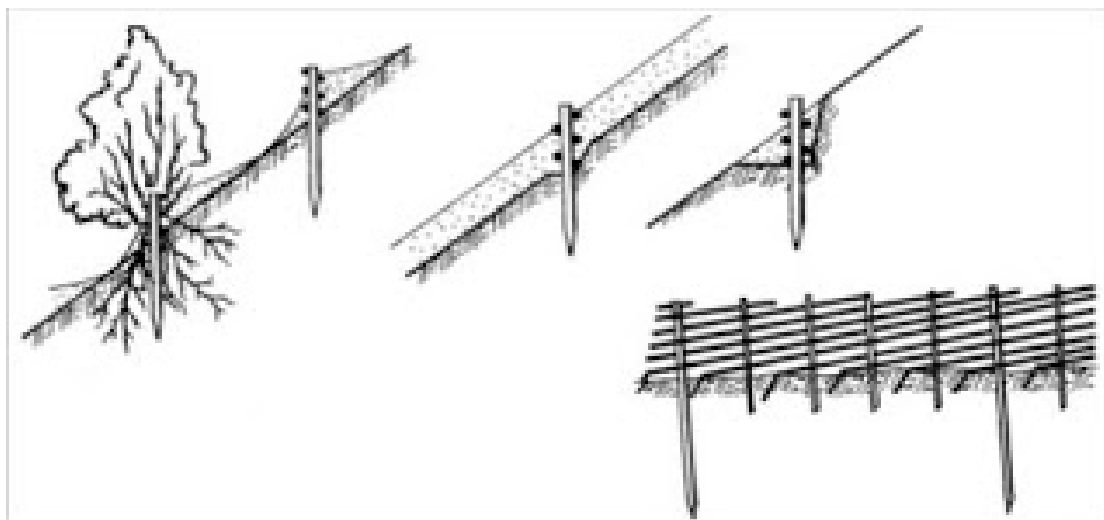
Μειονεκτήματα[8]:

- Υψηλό κόστος σε εργατικά και υλικά και απαιτεί συνεχή έλεγχο
- Το επίπεδο διασφάλισης είναι μικρό
- Απαιτούνται μεγάλες ποσότητες κλαδιών
- Καταστρέφεται εύκολα, και ως εκ τούτου δεν μπορεί να ανταπεξέλθει σε συνεχείς πτώσεις βράχων

Χρόνος κατασκευής: κατά την εποχή του λήθαργου.

Διάρκεια κατασκευής: 0,75 – 1, 5 ώρες ανά μέτρο.

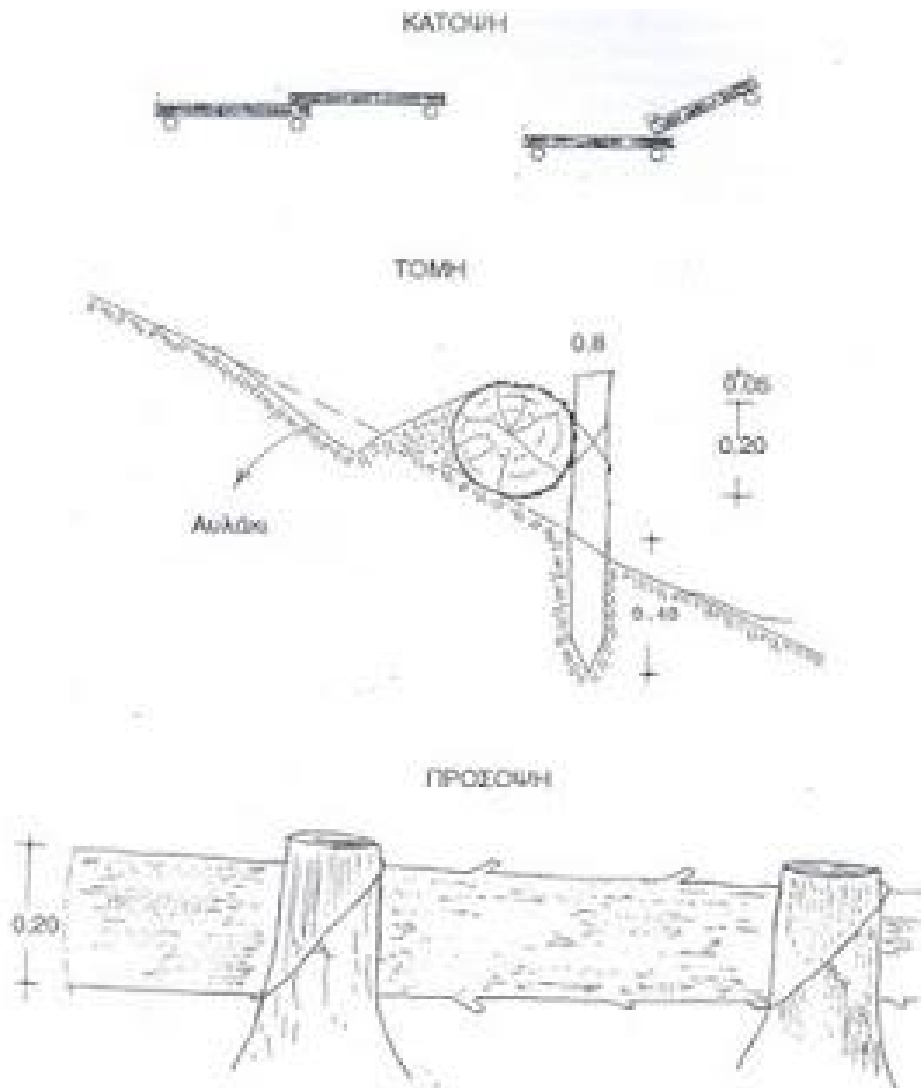
Αν και στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν πολύ τώρα πλέον κατασκευάζονται πιο σπάνια λόγω των υψηλών εργατικών δαπανών και του κινδύνου διάβρωσης του λεπτόκοκκου υλικού πίσω από το πλέγμα. Χρησιμοποιούνται για την σταθεροποίηση των στρώσεων φυτικής γης των πρανών από λεπτόκοκκο υλικό.



Εικόνα29.Κλαδοπλέγματα Wattle (wicker) fences (Donat 1992) [8]

Κορμοτεμάχια [8] (Long brush barrier)

Αποτελούν τον πρώτο βαθμό παρέμβασης για την αντιμετώπιση χειμμαρικών φαινομένων και είναι τόσο προληπτικά όσο και καταστατικά μέτρα. Συγκρατούν το επιφανειακό έδαφος, μειώνουν την ταχύτητα απορροής με επί τόπου ανάσχεση και διήθηση των πλυμμηρικών υδάτων. Τα Κορμοτεμάχια είναι τμήματα ξερών κορμών δένδρων διαμέτρου 20-25 εκ. και μήκους έως 6 μ. προερχόμενα από φυτικά είδη Κυπαρισσιού, Μαύρης Πεύκης, Δρυός, Ιτιάς, Αρμυρικού, Μαυρολεύκης, Σκλήθρου κ.λ.π. (Εικόνα 30).



Εικόνα30.Κορμοτεμάχια, Long brush barrier for slope stabilization (construction pattern) (Hellenic Ministry of environment and public works) [8]

Τα Κορμοτεμάχια έχουν διάμετρο 20 εκ. και μήκος που κυμαίνεται από 5 έως 15 μ. ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους. Η απόσταση μεταξύ των κυμαίνεται ανάλογα με την εγκάρσια κλίση του εδάφους. Σε κλίσεις από 20% - 50% η απόσταση μεταξύ τους είναι 8 μ. Η Κατασκευή τους περιλαμβάνει τα εξής:

Επιλέγεται ο ακριβής χώρος που θα τοποθετηθούν τα κορμοδέματα και χαράσσεται η γραμμή επί του εδάφους. Επιλέγονται οι κατάλληλοι κορμοί και διαμορφώνονται στο επιθυμητό μήκος.

Καθαρίζονται τα υπολείμματα από την γραμμή τοποθέτησης. Διαμορφώνεται ελαφρά το έδαφος και τοποθετείται ο κορμός κατά τις ισοϋψείς με τρόπο ώστε να στηρίζεται σε πασσάλους και να εφάπτεται πλήρως με το έδαφος. Στην συνέχεια στερεώνεται στους πασσάλους στερέωσης και ακολουθεί η πρόσδεση του με σύρμα. Οι ξύλινοι πάσσαλοι στερέωσης έχουν διάμετρο 8-15 εκ. και στερεώνονται σε βάθος τουλάχιστον 30 εκ.

Το έδαφος στην ανάντη πλευρά διαμορφώνεται σε μορφή αυλακιού, ώστε η μια πλευρά του να καλύπτει πλευρικά το κορμόδεμα μέχρι την κορυφή του. Σε περίπτωση μη πλήρους επαφής με το έδαφος (κενά μεταξύ των βλαστών και του

εδάφους), τα κενά συμπληρώνονται με πέτρες ή κλαδιά και με έδαφος που προκύπτει από την διαμόρφωση της αυλακιάς. Με την τεχνική αυτή συγκρατείται το λεπτό εδαφικό υλικό.

Το τέλος κάθε γραμμής κλείνεται επιμελώς με πέτρες και ξύλα, ώστε να μην υπάρχει διαρροή εδαφουλικών ή στην περίπτωση που υπάρξει διαρροή σε ένα χώρισμα, να μην διαρρεύσουν και τα υλικά των άλλων χωρισμάτων.

Τυχόν διακοπή μιας γραμμής λόγω εμποδίων ή άλλης αιτίας πρέπει να επικαλύπτεται από αμέσως επόμενη. Στις μικροχαραδρώσεις, όπου διακόπτεται η συνέχεια των γραμμών πέραν του κλεισίματος των άκρων τους, θα συνεχίζεται η αντιδιαβρωτική προστασία με κατασκευή κλαδοδεμάτων μέσα στην χαράδρωση, μέχρι το επόμενο άκρο κορμοδεμάτων (εικόνα 30).

Πλεονεκτήματα[8]:

- Προλαμβάνει την προοδευτική διάβρωση και ευνοεί την απόθεση ιλύος
- Ενσωμάτωση στο τοπίο
- Συνδυάζεται με άλλες μεθόδους

Μειονεκτήματα[8]:

- Υψηλότερο κόστος εργατικών
- Μεγάλες ποσότητες υλικών

Κλαδοβλαστήματα

Γίνεται εκσκαφή και καθάρισμα του διαταραγμένου τμήματος του πρανούς. Πάσσαλοι Καστανιάς μήκους 1,5 –2,0 μ. και διαμέτρου 4-5 εκ. εμπήγνεται στο έδαφος σε βάθος 0,7-1,2 μ, και σε απόσταση 30 εκ. μεταξύ τους. Χλωρά κλαδιά Ιτιάς, Αρμυρικιού, Μοσχοϊτιάς, Μαυρολεύκης, σκλήθρου, λυγαριάς κ.λ.π. μήκους 1,0 και διαμέτρου 1-5 εκ., εμπήγνεται στο έδαφος, σε διπλή διάταξη και με αντίθετη κλίση μέχρι να αγγίξουν το αδιατάρακτο τμήμα του σώματος του πρανούς και σε πυκνότητα 60 κλαδιών ανά μ.μ., εκ των οποίων 30 εμπήγνεται προς την μία κατεύθυνση και 30 προς την άλλη κατεύθυνση. Ακολουθεί επίχωση των χλωρών κλάδων με 15 εκ. φυτικής γης. Η εργασία αυτή ανάλογα με τις ανάγκες του πρανούς, επεκτείνεται κατά θέσεις στα διαταραγμένα σημεία του πρανούς.

Η ίδια εργασία και με τον ίδιο τρόπο μπορεί να εκτελεσθεί χωρίς όμως τη χρήση των πασσάλων καστανιάς, αλλά με έμπειξη των χλωρών κλαδιών και την επίχωσή τους με φυτική γη (εικόνα. 31).

Πλεονεκτήματα[8]:

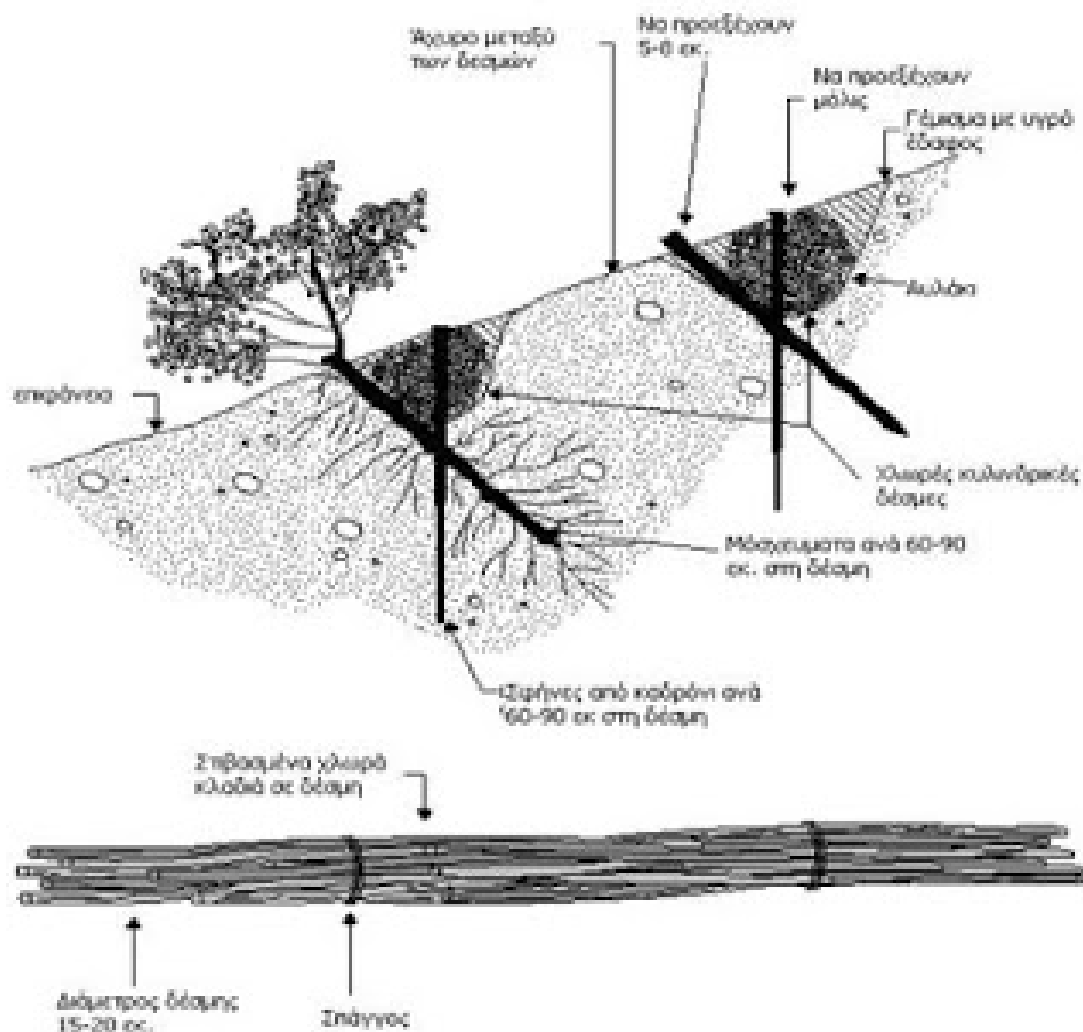
- Γρήγορη και απλή κατασκευή
- Κατάλληλη μέθοδος για πρηνή με υγρασία
- Προάγει την ανάπτυξη σε κατάσταση κλίμακας

Μειονεκτήματα[8]:

- Απαιτούνται εύκαμπτα κλαδιά
- Ανεπαρκής διασφάλιση των βαθύτερων εδαφικών στρώσεων
- Υψηλής έντασης εργασία

Χρόνος κατασκευής : δυνατή μόνο κατά την διάρκεια του λήθαργου

Διάρκεια: 1 έως 3 ώρες/μ. μαζί με τα τεχνικά έργα που τυχόν απαιτηθούν.
 Χρήση: Σταθεροποίηση των ανωτέρων εδαφικών στρώσεων, πρηνή από λεπτόκοκκο υλικό ή παρόχθια πρηνή, αποστράγγιση υγρών ζωνών.



Εικόνα 31.Κλαδοβλαστήματα (Schiechl and Stern 1992)[8]

Ξυλοφράχτες (Wood fences)

Οι ξυλοφράχτες[8] κατασκευάζονται με τα υπολείμματα υλοτομιών που προέρχονται από νεκρά τμήματα δένδρων ή θάμνων. Το ύψος κατασκευής πάνω από την επιφάνεια του εδάφους κυμαίνεται από 17,5 - 32,5 εκ. Η εφαρμογή τους περιλαμβάνει τα εξής:

Επιλέγεται ο ακριβής χώρος που θα τοποθετηθούν οι ξυλοφράχτες και χαράσσεται η γραμμή επί του εδάφους.

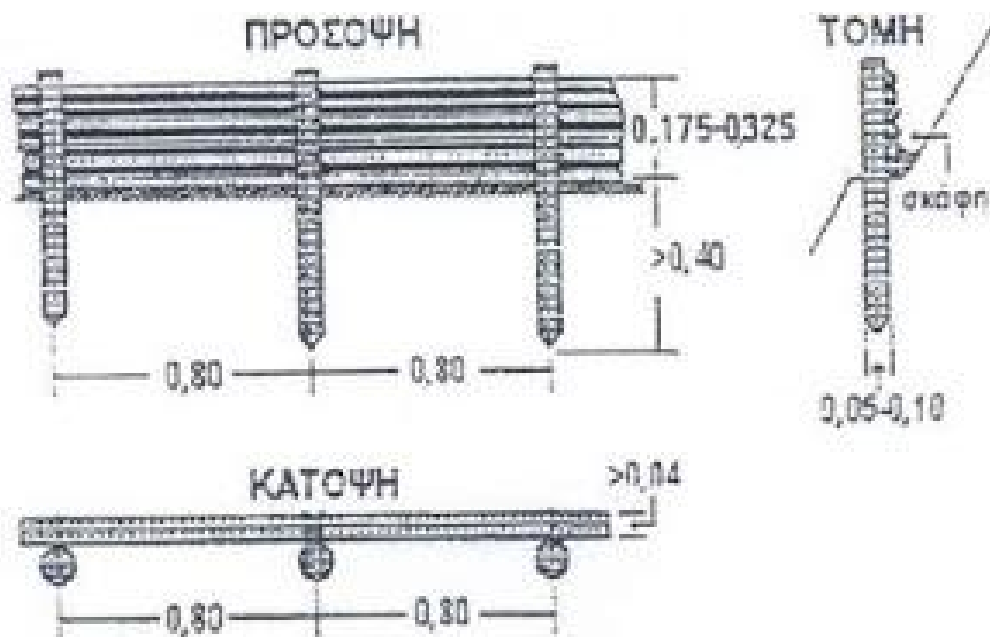
Επιλέγονται τα υπολείμματα που είναι κατάλληλα για το στήσιμο της κατασκευής και υπολογίζεται το πλήθος των απαιτούμενων υπολειμμάτων ή γίνεται προμήθεια των απαιτούμενων ξύλου εμπορίου.

Δημιουργείται οριζόντια βαθμίδα μικρού πλάτους.

Στην συνέχεια οι πάσσαλοι μπήγονται κατακόρυφα στο έδαφος μέχρι να στερεωθούν καλά σε βάθος τουλάχιστον 0,40μ. Σε περίπτωση που υπάρξει δυσκολία στην

έμπηξη των πασσάλων ανοίγεται οπή με σιδηρολοστό και κατόπιν τοποθετείται ο πάσσαλος. Οι πάσσαλοι έχουν διάμετρο 5-10 εκ. και απέχουν μεταξύ τους 0,380-1,00μ.

Οι οριζόντιες ράβδοι έχουν διάμετρο 4 εκ. και στερεώνονται στους πασσάλους με καρφοβελόνες ή προσδένονται με σύρμα. Η διαμόρφωση των ράβδων και η στερέωση τους γίνεται έτσι ώστε να εφάπτονται μεταξύ τους και να μην υπάρχουν κενά μεγαλύτερα από 0,50 εκ. Όταν το μήκος είναι μικρότερο του μήκους φράκτη, η ένωση κατά μήκος των ράβδων γίνεται σε υπάρχοντα ή πρόσθετο πάσσαλο. Το μήκος κατασκευής είναι τόσο, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του πρηνούς από την διάβρωση και διακόπτεται κάθε 5 μ. ώστε να μην συμπαρασύρεται όλη η κατασκευή σε πιθανή κατολίσθηση. (Εικόνα 32)



Εικόνα 32. Ξυλοφράκτες (ΥΠΕΧΩΔΕ)[8]

Συντήρηση

Οι μέθοδοι «οικομηχανικής» με φυτικά υλικά επιταχύνουν την δημιουργία βλάστησης και την προάγουν σε μικρό χρονικό διάστημα σε κατάσταση κλίμακας. Αυτό εξηγεί γιατί αυτού του είδους οι κατασκευές απαιτούν περισσότερη φροντίδα και συντήρηση στα πρώτα στάδια εγκατάστασής τους. Η απαιτούμενη εργασία εξαρτάται από το είδος της βλάστησης και την κατασκευαστική μέθοδο που χρησιμοποιείται. Η φροντίδα και η συντήρηση κατά την ανάπτυξη των φυτών περιλαμβάνει συνήθως εξής εργασίες

α) Λίπανση

Οι θέσεις στις οποίες χρησιμοποιούνται αυτές οι μέθοδοι είναι συχνά φτωχές σε θρεπτικά συστατικά και αλλά και φυτική γη. Για την ανάπτυξη των φυτών, είναι αναγκαία η λίπανση. Σε πρόδρομες συστάδες βοηθάει στο ταχύτερο κλείσιμο της φυτοκάλυψης, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο διάβρωσης. Η ποσότητα και οι επαναλήψεις ποικίλουν ανάλογα με το φυτό την θέση και τον χρόνο. Συνήθως γίνεται 3 φορές ετησίως για τα πρώτα 2 χρόνια.

β) Άρδευση

Σε περιοχές με ήπιο κλίμα η άρδευση θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο την εξασφάλιση μιας ελάχιστης υγρασίας στα ριζικά στελέχη των νέων φυτεύσεων και ενισχυτικά κατά την διάρκεια των περιόδων ξηρασίας. Αντίθετα σε ξηρές περιοχές όπου το καλοκαίρι είναι πολύ ξηρό είναι πιθανόν να απαιτείται άρδευση για να εξασφαλισθεί επιτυχημένη ανάπτυξη.

γ) Σκαλίσματα

Τα σκαλίσματα του εδάφους αφενός βοηθούν στον καλύτερο έλεγχο των ζιζανίων και προάγουν την ανάπτυξη των φυτών ιδίως στην αρχή αφετέρου χαλαρώνουν το έδαφος και διευκολύνουν την ανάπτυξη των ριζών. Μια στρώση πάχους 10-20 εκ. με υλικό επικάλυψης (ιδίως από άχυρο) μπορεί να ρυθμίσει την θερμοκρασία και την υγρασία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και να βελτιώσει την δραστηριότητα του.

δ) Κλάδεμα

Κλαδέματα είναι δυνατόν να απαιτηθούν κατά τα πρώτα 2 χρόνια για την καλύτερη ανάπτυξη και την βελτίωση του σχήματος των φυτών. Έτσι Φυτά με ένα και μόνο κεντρικό στέλεχος κλαδεύονται για να αναπτύξουν περισσότερα στελέχη.

Δαπάνες κατασκευής και συντήρησης

Παρόλο που η κατασκευή των παραπάνω τεχνικών απαιτεί περισσότερη εργασία, οι συνολικές δαπάνες κατασκευής και συντήρησης των πρηνών που προστατεύονται με αυτές τις μεθόδους έχει αποδειχθεί ότι είναι μικρότερες από αυτές ανάλογων συμβατικών κατασκευών (Anselm, 1976, Schiechtl, 1982, Tonsemann, 1983, Dahl, 1984, Anselm, 1984).

Δυστυχώς, δεν θα μας βοηθούσε εδώ να περιγράψουμε τις απόλυτες τιμές των διάφορων τεχνικών και της συντήρησής τους, για διάφορους λόγους:

1. το μεγαλύτερο μέρος των δαπανών σχετικών με τις εργασίες για τις οποίες υπάρχουν στοιχεία είναι περασμένων ετών, και ως εκ τούτου οι τιμές δεν περιλαμβάνουν τον πληθωρισμό ή μεταβολές στους μισθούς που συνέβησαν από τότε μέχρι σήμερα.

2. οι πιο πρόσφατες εκθέσεις καλύπτουν μόνο μερικές οικονομικές όψεις και η εικόνα που σχηματίζουν είναι παρόμοια,

Για να αποφύγουμε προβλήματα που συνδέονται με τις απόλυτες τιμές, ορίζονται τα εξής σημεία αναφοράς:

1. Ο μέσος χρόνος κατασκευής που απαιτείται για τις διάφορες μεθόδους χρόνος κατασκευής αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της δαπάνης τους. Οι δαπάνες προγραμματισμού και επίβλεψης, το χρησιμοποιούμενο υλικό και ο μηχανικός εξοπλισμός ποικίλουν ανάλογα με την διαθεσιμότητα, το μέγεθος ενός έργου αλλά και την θέση του.

2. Οι μέσες δαπάνες συντήρησης αφορούν στα μέσα ποσοστά των συνολικών δαπανών συντήρησης παρά τις μεταβολές σε μισθούς στην παρούσα παρέχονται κάποια στοιχεία αναφοράς.

Στην παρούσα δεν περιλαμβάνονται οικολογικά, κοινωνικά και άλλα κόστη και οφέλη. Εντούτοις και αυτές οι όψεις πρέπει να αποτελούν μέρος μιας συνολικής εκτίμησης και αξιολόγησης των εργασιών σταθεροποίησης πρανών.

Κόστος Κατασκευής

Το κόστος για τον προγραμματισμό και την επίβλεψη της κατασκευής (συμπεριλαμβανομένων διαφόρων τοπογραφικών ή άλλων εργασιών) είναι συνήθως ίσο με 10-20% του συνολικού κόστους.

7 – 15 % φάση προγραμματισμού (πρώτες ιδέες, εναλλακτικές λύσεις, αξιολόγηση, τελική σύλληψη)

3 – 7 % φάση έγκρισης (μέχρι την τελική ολοκλήρωση των μελετών)

3 - 7 % φάση υλοποίησης (πρόσκληση προσφορών, επίβλεψη κατασκευής κ.λ.π)

Οι κατασκευαστικές δαπάνες ποικίλουν. Περιλαμβάνουν τον απαιτούμενο χρόνο για την λήψη του φυτικού υλικού και την προεργασία που τυχόν απαιτείται (π.χ. κλαδοδέματα). Το κόστος κατασκευής κάθε μεθόδου είναι δυνατόν να υπολογισθεί αν γνωρίζουμε την ωριαία δαπάνη εργασίας και μηχανικού εξοπλισμού καθώς και το κόστος των υλικών.

Κόστος Συντήρησης

Οι αρχικές δαπάνες συντήρησης των μεθόδων αυτών είναι πολύ υψηλότερες (περίπου 50% κατά τα πρώτα τρία χρόνια) από αυτές των συμβατικών τεχνικών (Wolf 1977, Dahl and Schluter 1983) αλλά με την πάροδο των ετών μειώνονται φθάνοντας σε κάποιο έτος σταθεροποιούνται. Η συντήρηση της βλάστησης εξαρτάται από κυρίως από τον αριθμό των επαναλήψεων.

Συμπερασματικά

Τεχνικά πλεονεκτήματα[8]

- Προστασία από την επιφανειακή διάβρωση
- Σταθεροποίηση των πρανών
- Προστασία από την πτώση βράχων αλλά και από τους άνεμους

Οικολογικά πλεονεκτήματα[8]

- Ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας κοντά στην επιφάνεια του εδάφους με συνέπεια την προαγωγή της ανάπτυξης
- Βελτίωση της διαίτας των υδάτων του εδάφους με την ανάσχεση, τη διαπνοή και την αποθήκευση
- Βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους
- Βελτίωση του οικοσυστήματος των περιοχών εφαρμογής τους

Οικονομικά πλεονεκτήματα [8]

- Μείωση δαπανών κατασκευής και συντήρησης
- Δημιουργία περιοχών φύτευσης βλάστησης και ψυχαγωγικής χρήσης

Αισθητικά πλεονεκτήματα[8]

- Τεχνικά έργα που εναρμονίζονται με το περιβάλλον
- Ελκυστικότερο τοπίο

2.3 ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΑ (ΟΠΛΙΣΜΟΣ ΓΗΣ)

Η αντιστήριξη με οπλισμένη γη[9] είναι μια γεωκατασκευή με ενσωματωμένα υλικά οπλισμού από χάλυβα ή γεωσυνθετικά υλικά (μεταλλικές λωρίδες, μεταλλικά πλέγματα, γεωφάσματα ή γεωπλέγματα) σε εδαφικά υλικά επίχωσης κατά τη διάρκεια της κατασκευής των στρώσεων της επίχωσης. Η αντιστήριξη με οπλισμένη γη βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην ευστάθεια πρανών, αλλά και σε άλλες περιπτώσεις όπως στη σταθεροποίηση εδαφών.

Εφαρμογές[9]

Η οπλισμένη γη βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις εδαφών μικρής διαμνητικής αντοχής όπου υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης καθιζήσεων. Ο οπλισμός της γης επιτυγχάνεται με την χρήση γεωπλεγμάτων ή γεωφασμάτων που καθιστούν το έδαφος πιο σταθερό και ικανό να παραλάβει τα φορτία μιας υπερκείμενης ή γειτνιάζουσας κατασκευής. Παρακάτω αναφέρονται μερικά παραδείγματα εφαρμογών οπλισμένης γης:

(α) Εφαρμογές κατασκευής σιδηροδρομικών γραμμών ή άλλων υποδομών

Σε αρκετές περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων κοντά σε περιοχές που διέρχονται σιδηροδρομικές γραμμές παρατηρούνται πλημμύρες με αποτέλεσμα να υπάρχουν φαινόμενα ασταθειών όπου προκαλούν καθιζήσεις στις γραμμές και στις υποδομές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα φαίνεται στην εικόνα 33.

Τα προβλήματα αυτά μπορούν να λυθούν με την εγκατάσταση γεωσυνθετικά ενισχυμένων επιχωμάτων για την ανύψωση της στάθμης των σιδηροδρομικών γραμμών. Ο συνδυασμός των γεωσυνθετικών και του εδαφικού υλικού επίχωσης εξασφαλίζει την ευστάθεια του πρανούς και του εδάφους. Τα γεωσυνθετικά οπλισμένα επιχώματα προστατεύουν τις σιδηροδρομικές γραμμές από τυχόν πλημμύρες αφού διοχετεύουν το νερό σε μικρότερα υψόμετρα είτε με σύστημα εσωτερικών αγωγών, είτε με την διαβάθμιση του εδάφους όπου βρίσκονται οι γραμμές όπου υπάρχει στην πρόσοψη και το καθιστούν ασφαλές μειώνοντας τις πιθανότητες ανάπτυξης καθιζήσεων και συνεπώς καταστροφής της γραμμής.



Εικόνα 33. Απεικόνιση περίπτωσης καθίζησης λόγω βαλτωδών εδαφών και καταστροφή της σιδηροδρομικής γραμμής [9]

(β) Εφαρμογές κατασκευών οδοποιίας με χρήση γεωσυνθετικών

Πολλές φορές σε έργα οδοποιίας, ακόμα και μετά την χάραξη της ακριβής τοποθεσίας του δρόμου, παρατηρούνται θέσεις όπου ο υδροφόρος ορίζοντας του νερού είναι υψηλός, περιοχές στις οποίες γίνονται εξορύξεις, χώρους εναπόθεσης προϊόντων εξορύξεων και άλλων αποβλήτων, καθώς και περιοχές όπου αναμένονται αστοχίες του εδάφους. Σε αυτές τις περιπτώσεις ενδείκνυται η σωστή προετοιμασία του εδάφους και η χρήση γεωπλεγμάτων με υψηλή εφελκυστική αντοχή με σκοπό την παροχή της μέγιστης δυνατής ευστάθειας καθώς της ελαχιστοποίησης των υψομετρικών διαφορών της επιφάνειας του εδάφους λόγω καθιζήσεων.



Εικόνα 34. Πανοραμική απεικόνιση της τοποθεσίας έργου οδοποιίας [9]

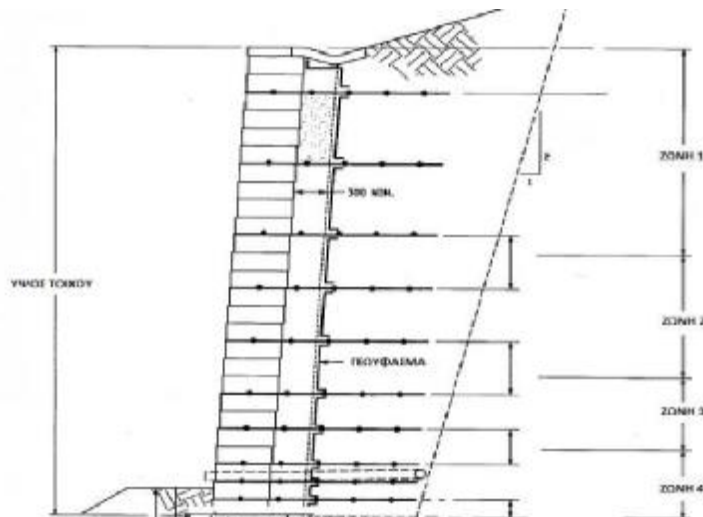
(α)



Εικόνα 35. Απεικόνιση της τοποθέτησης των γεωπλεγμάτων με ειδικό όχημα [9]

(γ) Γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι

Οι γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι είναι κατασκευές αντιστήριξης αποτελούμενες από οπλισμούς και συμπυκνωμένο υλικό επίχωσης σε στρώσεις γεωσυνθετικού. Οι στρώσεις οπλισμού τοποθετούνται οριζοντίως όσο προστίθεται το υλικό επίχωσης (εικόνα 36).



Εικόνα 36.Απεικόνιση γεωσυνθετικά οπλισμένου τοίχου

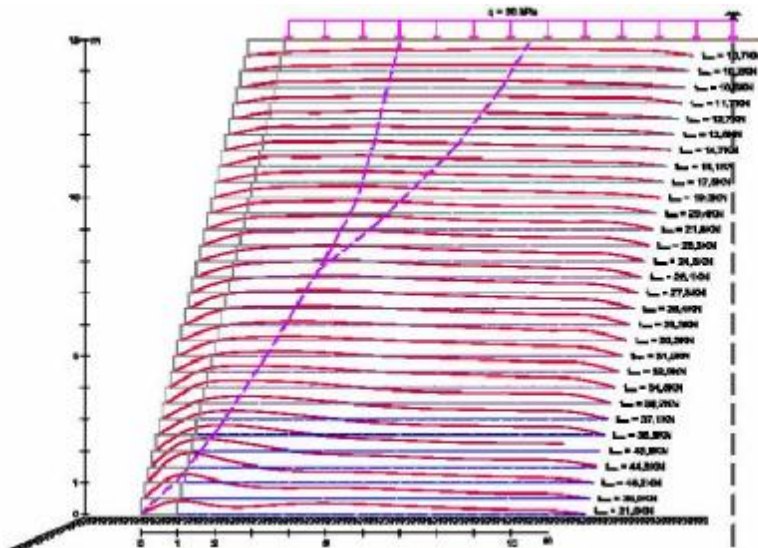
Οι γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι έχουν αρκετές ομοιότητες με τα γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή τόσο στο σχήμα όσο και στον τρόπο κατασκευής. Η βασική τους διαφορά βρίσκεται στην κλίση τους. Εδάφη με κλίσεις μέχρι 70° θεωρούνται γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή, ενώ με κλίσεις πάνω από 70° θεωρούνται γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι.

Αν και στην Ελλάδα οι γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι δεν χρησιμοποιούνται ευρέως, υπάρχουν εφαρμογές τέτοιων γεωκατασκευών που συναντώνται κατά κύριο λόγο στην Εγνατία οδό. Παρακάτω παρουσιάζεται περίπτωση που αφορά τη διαπλάτυνση του δεξιού κλάδου της Εγνατίας Οδού λόγω ελαφριάς διαφοροποίησης της χάραξης στην περιοχή του ανισόπεδου κόμβου Παναγιάς, στην αρχή του τμήματος Παναγιάς- Γρεβενών. Η έως κατά 11,0μ μετακίνηση της παρειάς της οδού προς τα κατάντη, σε συνδυασμό με το επικλινές φυσικό έδαφος έδρασης του υφιστάμενου επιχώματος, η κλίση του οποίου ανέρχεται σε 25°-30°, παράλληλα με ενδείξεις μακροχρόνιων μικρομετακινήσεων του φυσικού εδάφους στα κατάντη και κατά θέσεις φαινομένων αστάθειας του υφιστάμενου επιχώματος, επέβαλλε τον περιορισμό του ίχνους ποδός του νέου επιχώματος της διαπλάτυνσης και στις δυσμενέστερες θέσεις την εξασφάλιση αυτού με την κατασκευή πασσαλότοιχου ποδός. Ως συνέπεια των παραπάνω προέκυψε η ανάγκη σχεδιασμού οπλισμένου επιχώματος, μέγιστου ύψους μετώπου $H_{max} = 15,0m$, με κλίση πρανών 5:1 (79°).

Για την περίπτωση αυτή επιλέχθηκε η όπλιση με γεωσυνθετικά πλέγματα αντοχής σχεδιασμού σε μακροχρόνιες συνθήκες έως $T_{des} = 46,6kN/m$, μήκη πλεγμάτων έως 12,0m και στρώσεις ανά 0,50m ύψος. Για τα προδιαγραφόμενα γεωυλικά πλήρωσης του επιχώματος έγινε παραδοχή των ακόλουθων χαρακτηριστικών τιμών παραμέτρων:

Ενεργός γωνία τριβής : $\varphi_k = 32^\circ$
 Ενεργός τιμή συνοχής : $c'_k = 2,0 kPa$
 Μέτρο ελαστικότητας : $E'_{sk} = 30,0 MPa$
 Συντ/της Poisson: $\nu = 0,30$
 Φαινόμενο βάρος : $\gamma' = 20,5 kNm^3$.

Από τους υπολογισμούς προέκυψε η εφαρμογή γεωσυνθετικών πλεγμάτων αντοχής σχεδιασμού σε μακροχρόνιες συνθήκες έως $T_{des} = 38,9kNm$, με μήκη ανάπτυξης έως 9,0m και πρόσθετο μήκος αναδίπλωσης στο μέτωπο $L_{wrap} = 2,0m$, τοποθετούμενων σε στρώσεις ανά 0,50m ύψους διατομής όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα 37.



Εικόνα 37.Απεικόνιση κατανομής των οπλισμών στο πρανές

(δ) Γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή

Τα οπλισμένα πρανή είναι κατασκευές που αποσκοπούν στην αποτελεσματική ευστάθεια πρανών απότομων ή μη, όπου ενδέχεται να υπάρχει κίνδυνος αστάθειας. Οι τρόποι όπλισης των πρανών αυτών ποικίλουν και η επιλογή του τρόπου όπλισης εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση του πρανούς όπου ενδέχεται να υφίσταται κίνδυνος αστοχίας. Παρακάτω αναφέρονται κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής οπλισμένων πρανών.

- Εφαρμογές διεύρυνσης δρόμων

Σε ορισμένες εφαρμογές διεύρυνσης δρόμων παρουσιάζονται αρκετά προβλήματα λόγω της σύστασης του εδάφους. Το έδαφος μπορεί να έχει χαμηλή φέρουσα ικανότητα ή υψηλό υδροφόρο ορίζοντα. Και οι δύο αυτές καταστάσεις αυξάνουν τις πιθανότητες για ανάπτυξη καθιζήσεων του εδάφους, γεγονός που θα προκαλούσε καταστροφές τόσο στον διευρυμένο δρόμο όσο και στις γύρω κατασκευές. Επιπροσθέτως, μπορεί να υπάρχει έλλειψη χώρου πλησίον του υπάρχοντος δρόμου και να μην είναι εφικτή η διεύρυνση του.



Εικόνα 38.Απεικόνιση έργου διεύρυνσης δρόμων [9]

Σε αυτές τις περιπτώσεις συνίσταται η κατασκευή γεωσυνθετικά οπλισμένων πρανών. Με την τοποθέτηση των ενισχύσεων το σύστημα ενισχύεται με την ελαστική δύναμη που χρειάζεται για να γίνει ευσταθές και απορροφώνται οι δυνάμεις που ασκούνται από το υπόγειο νερό. Ένα παράδειγμα διεύρυνσης δρόμου φαίνεται στη εικόνα 38, όπου μπορεί να παρατηρηθεί ο τρόπος κατασκευής ενός οπλισμένου πρανούς

- *Μεγάλες γειτονικές κατασκευές*

Σε περιπτώσεις κατασκευής ογκωδών κτισμάτων σε λόφους, παρατηρούνται φαινόμενα καθιζήσεων και αστοχιών. Το έδαφος μην μπορώντας να φέρει τα φορτία που ασκούνται από την κατασκευή σε πρώτη φάση καθιζάνει και στη συνέχεια αστοχεί.



Εικόνα 39. Απεικόνιση της τοποθέτησης των γεωσυνθετικών. [9]



Εικόνα 40. Ενισχυμένο πρανές για την αντιστήριξη ξενοδοχείου. [9]

Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται ένα σύστημα γεωσυνθετικών για την εξασφάλιση της εσωτερικής και της εξωτερικής ευστάθειας του πρανούς. Το σύστημα των γεωσυνθετικών εγκαθίσταται εσωτερικά στο πρανές και χρησιμοποιούνται πλέγματα στην πρόσοψη του γεωσυνθετικού πρανούς για να αποφεύγεται η διάβρωση του εδάφους.

Μεθοδολογία κατασκευής γεωσυνθετικά οπλισμένων πρανών

Οι ενισχυμένες στρώσεις πρέπει να ενσωματώνονται εύκολα μεταξύ των συμπυκνωμένων στρώσεων εδάφους. Η κατασκευή των ενισχυμένων πρανών είναι σχετικά παραπλήσια με την κατασκευή ενός κανονικού πρανούς. Τα τμήματα της κατασκευής, σύμφωνα με τους Αμερικάνικους κανονισμούς (FHWA, 2001) αποτελούνται από:

- (1) Διάστρωση του εδάφους.
- (2) Τοποθέτηση της ενίσχυσης.
- (3) Κατασκευή της πρόσοψης.

Προετοιμασία του πεδίου

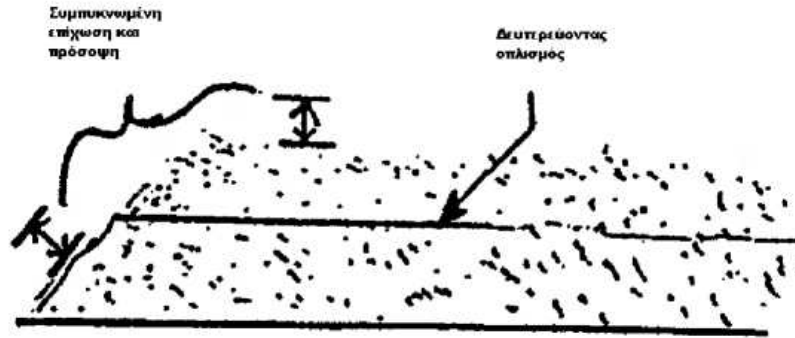
Όσον αφορά την προετοιμασία του πεδίου πριν την έναρξη του έργου ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Καθαρισμός και εκσκαφή του πεδίου.
- Απομάκρυνση όλων των ολισθηρών θραυσμάτων, μπαζών και προϊόντων εκσκαφής.
- Προετοιμασία μιας επιφάνειας για την τοποθέτηση του πρώτου επιπέδου της ενίσχυσης.
- Συμπύκνωση της εδαφικής στρώσης στη βάση του πρανούς μέχρι να γίνει αδιαπέρατη με κάποιο οδοστρωτήρα ή κάποιο άλλο όχημα συμπύκνωσης.
- Επίβλεψη των θεμελιώσεων με πρώτη προτεραιότητα την κατασκευή της επίχωσης.

Τοποθέτηση της ενίσχυσης

Σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες για τον σχεδιασμό οπλισμένων τοίχων και πρανών (FHWA2001) πρέπει να δίνεται εξαιρετική βαρύτητα για την τοποθέτηση της ενίσχυσης στις επιμέρους στρώσεις στα εξής σημεία:

- Οι ενισχύσεις πρέπει να είναι τοποθετημένες έτσι ώστε η κατεύθυνση της κύριας δύναμης να είναι κάθετη στην πρόσοψη του πρανούς.
- Οι ενισχύσεις εξασφαλίζονται με την βοήθεια ακίδων (καρφιών) που συγκρατούν τους οπλισμούς και εμποδίζουν τις κινήσεις τους κατά την διάρκεια της επίχωσης. Έτσι αποφεύγονται πιθανές μετακινήσεις και παραμορφώσεις που θέτουν σε κίνδυνο την γενική ευστάθεια του έργου. Μια ελάχιστη επικάλυψη της τάξεως των 150 mm (6 inches) προτείνονται διαμήκως των ακρών κάθετα στο πρανές για την περίπτωση πρόσοψης με επένδυση. Εναλλακτικά, με τις ενισχύσεις γεωπλεγμάτων, οι άκρες πρέπει να συγκρατούνται και να είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Όταν τα γεωσυνθετικά δεν απαιτούνται για την υποστήριξη της πρόσοψης, δεν απαιτείται καμία επικάλυψη και οι άκρες δεν χρειάζεται να είναι εξασφαλισμένες. (βλ. εικόνα 41)

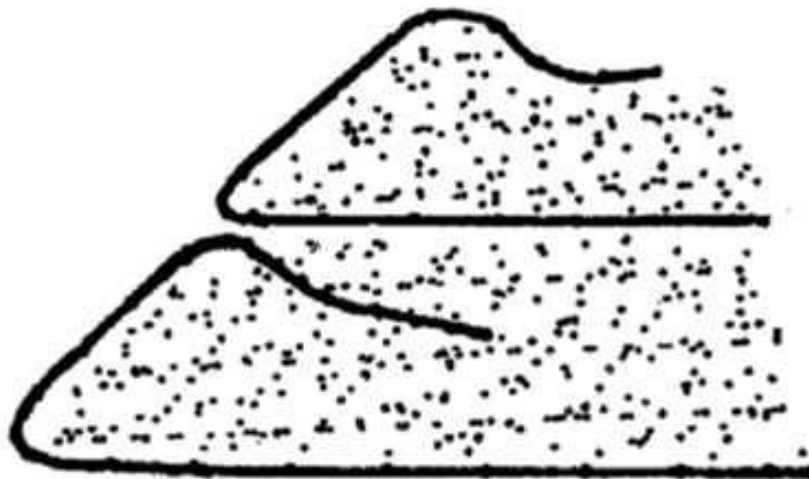


Εικόνα 41.Απεικόνιση γεωσυνθετικά οπλισμένου πρανούς με συμπυκνωμένη επίχωσηκαι πρόσοψη. [9]

Τοποθέτηση της εδαφικής επίχωσης κατά στρώσεις

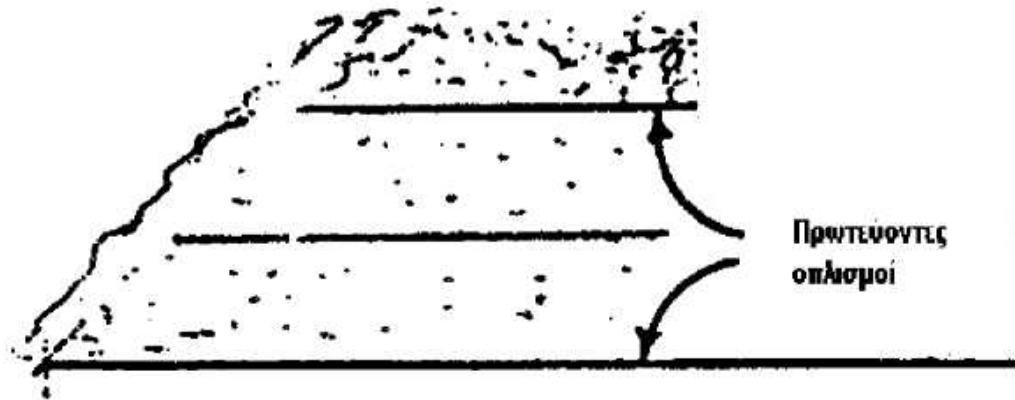
Η διάστρωση της εδαφικής επίχωσης θα πρέπει να ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία:

- Τοποθετείται υλικό επίχωσης στο απαιτούμενο πάχος της στρώσης πάνω στις ενισχύσεις χρησιμοποιώντας έναν φορτωτή ίδιο με το προηγούμενο υλικό επίχωσης ή με φυσικό έδαφος.
- Πρέπει να διατηρείται ένα στρώμα 150 mm(6 inches) υλικού επίχωσης μεταξύ της ενίσχυσης και των τροχών του κατασκευαστικού εξοπλισμού.
- Η συμπύκνωση των υλικών επίχωσης γίνονται με δονητική πλάκα για κοκκώδη υλικά ή κάποιο οδοστρωτήρα για συνεκτικά υλικά.
- Όταν γίνεται τοποθέτηση και συμπύκνωση των υλικών επίχωσης, πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να εμποδιστεί οποιαδήποτε παραμόρφωση ή μετακίνηση της ενίσχυσης (για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω).
- Χρησιμοποιείται εξοπλισμός μικρού βάρους για την συμπύκνωση κοντά στην πρόσοψη του πρανούς ώστε να διευκολύνεται η ευθυγράμμιση.



Εικόνα 42.Τοποθέτηση επίχωσης για ενισχυμένα πρανή με κεκαλυμμένη πρόσοψη.[9]

**Προαιρετική κατασκευή πρόσοψης:
Πάνω από την επιμηκυσμένη επίχωση,
συμπύκνωση και περικοπή ή
χρησιμοποίηση φόρμας (καλούπι)**



Εικόνα 43. Τοποθέτηση οπλισμού σε ενισχυμένο πρανές με κεκαλυμμένη πρόσοψη.[9]

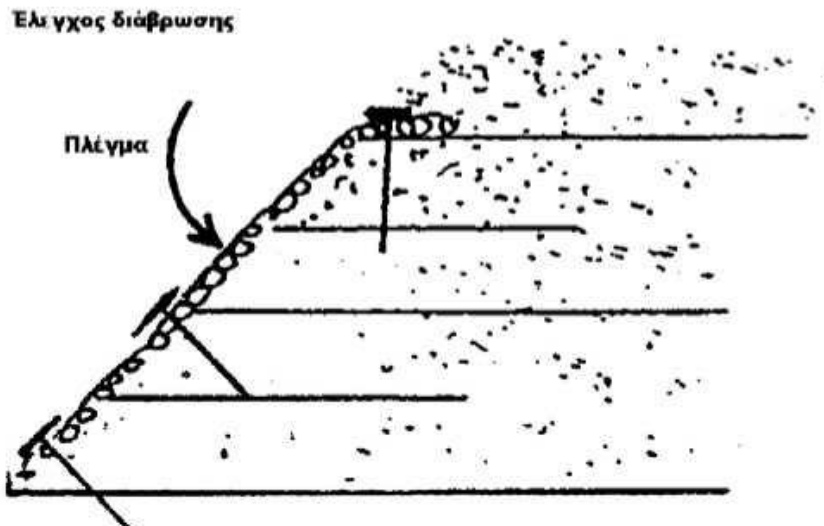
Έλεγχος συμπύκνωσης [9]

Μετά το πέρας της επίχωσης πρέπει να ελέγχεται με ακρίβεια η ποιότητα της συμπύκνωσης.

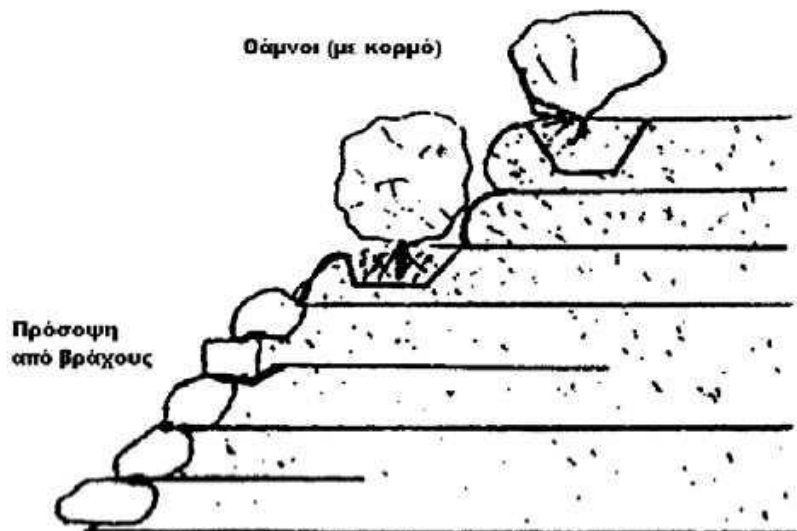
- Παρέχεται ακριβής έλεγχος για την ύπαρξη υγρασίας καθώς και για την ακριβή πυκνότητα της επίχωσης. Η σχετική πυκνότητα σύμφωνα με τις προδιαγραφές AASHTOT99 πρέπει να είναι 95% με 2% βέλτιστη υγρασία.
- Εάν το υλικό επίχωσης είναι ένα αδρό εδαφικό υλικό, τότε πρέπει να χρησιμοποιείται με μια σχετική πυκνότητα και η συμπύκνωση πρέπει να εκτελείται σύμφωνα με τις κατάλληλες προδιαγραφές.

Κατασκευή πρόσοψης [9]

Οι απαιτήσεις της κατασκευής της πρόσοψης του πρανούς εξαρτώνται από τον τύπο του εδάφους, την γωνία του πρανούς και τα κενά των ενισχύσεων. Εάν υπάρχει κίνδυνος ρευστοποίησης ή διάβρωσης και πρέπει να εμποδιστούν, τότε είναι απαραίτητη η κατασκευή πρόσοψης στο πρανές ή κάποιο άλλο σύστημα ώστε να είναι ασφαλές το πρανές. Για τις κεκαλυμμένες προσόψεις των κατασκευών πρέπει να παρέχονται επαρκή μήκη των ενισχύσεων. Η επικάλυψη στην πρόσοψη με κλίσεις της τάξεως του 1H:1V είναι προαιρετική μιας και μπορεί να μην απαιτείται. Σε αυτήν την περίπτωση, οι ενισχύσεις μπορούν απλά να επιμηκυνθούν μέχρι την πρόσοψη. Για κεκαλυμμένες ή μη προσόψεις, πρέπει να διατηρούνται μικρά κενά μεταξύ της μίας ενίσχυσης από την άλλη (δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 400mm(16 inches)). Για τα δύσκαμπτα συστήματα προσόψεων, όπως για παράδειγμα κυβόλιθους (concrete blocks), το μέγιστο κενό δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 800 mm(32 inches). Στις εικόνες 42 και 43 φαίνονται μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις κεκαλυμμένων προσόψεων πρανών



Εικόνα 44. Πλέγμα ελέγχου διάβρωσης για ενισχυμένα πρανή με κεκαλυμμένη πρόσοψη.



Εικόνα 45. Ενισχυμένο πρανές με κεκαλυμμένη πρόσοψη και κάλυψη με πέτρα και βλάστηση

Προτείνονται οι παρακάτω διαδικασίες για την κάλυψη της πρόσοψης.

- Αναδίπλωση της ενίσχυσης στην πρόσοψη του πρανού και επιστροφή της ενίσχυσης το λιγότερο 1m(3 ft) μέσα στο ανάχωμα κάτω από την επόμενη στρώση ενίσχυσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 42.

- Για απότομα πρανή, μπορεί να απαιτείται η υποστήριξη της πρόσοψης κατά την διάρκεια της κατασκευής, ειδικά εάν το πάχος του επιπέδου είναι 450 με 600 mm(18 με 24 inches) ή μεγαλύτερο.

- Για γεωπλέγματα, ένα πλέγμα τύπου σήτας ή κάποιο γεωύφασμα μπορεί να απαιτείται στην πρόσοψη των πρανών για την συγκράτηση των υλικών επίχωσης.

Στα πρανή με κλίσεις πιο απότομες από 1 : 1 τυπικά απαιτείται υποστήριξη πρόσοψης κατά την διάρκεια της κατασκευής. Οι ακριβείς γωνίες του πρανού ποικίλουν όπως και οι τύποι των εδαφών. Χρησιμοποιούνται συνήθως μετακινούμενες στηρίξεις της πρόσοψης (ξυλότυποι) ή οξυγονοκολλημένα πλέγματα που αφήνονται στην τοποθεσία του έργου. Οι στηρίξεις της πρόσοψης μπορεί επίσης

να λειτουργούν προστατευτικά, προσωρινά ή μόνιμα στην διάβρωση, εξαρτώμενες από τις απαιτήσεις του πρανούς.

Επιλογές για την πρόσοψη του ενισχυμένου πρανούς σύμφωνα μεκανονισμούς οδηγίες FHWA (2001)

<u>Γωνία της πρόσοψης του πρανούς και καταλληλότητα των υλικών επένδυσης</u>	<u>Τύπος της πρόσοψης Χωρίς αναδίπλωση γεωσυνθετικών</u>	
	<u>Επένδυση Βλάστησης</u>	<u>Πρόσοψη με άλλα υλικά</u>
>50° (> ~0.9H:1V) <u>Όλοι οι τύποι των υλικών</u>	<u>Δεν προτείνεται</u>	<u>Συρματοκιβώτια</u>
35° - 50° (~1.4H:1v - 0.9H:1V) <u>Καθαρή άμμος (SP)³</u> <u>Χαλίκια (GP)</u>	<u>Δεν προτείνεται</u>	<u>Συρματοκιβώτια</u> <u>Τσιμεντωμένο έδαφος</u>
35° - 50° (~1.4H:1V - 0.9H:1V) <u>Ιλύς (ML)</u> <u>Αμμώδες ιλύς (ML)</u>	<u>Βιοενίσχυση</u> <u>Σύνθετοι αποστραγγιστές</u>	<u>Συρματοκιβώτια</u> <u>Τσιμεντωμένο έδαφος</u> <u>επένδυση πέτρας</u>
35° - 50° (~1.4H:1V - 0.9H:1V) <u>Ιλώδες άμμος (SM)</u> <u>Πηλώδες άμμος (SC)</u> <u>Κοκκώδη άμμος και χαλίκι (SW & GW)</u>	<u>Προσωρινά: κάλυμμα κατά της διάβρωσης, χλοοτάπητας</u> <u>Μόνιμα: πλέγμα κατά της διάβρωσης με βλάστηση και χλοοτάπητα</u>	<u>Πρόσοψη από σκληρά υλικά</u> <u>δεν είναι απαραίτητη</u>
25° - 35° (~2H:1V - 1.4H:1V) <u>Όλοι οι τύποι των υλικών</u>	<u>Προσωρινά: κάλυμμα κατά της διάβρωσης</u> <u>Μόνιμα: πλέγμα χλοοτάπητα ή βλάστησης κατά της διάβρωσης</u>	<u>Πρόσοψη από σκληρά υλικά</u> <u>δεν είναι απαραίτητη</u>

Γωνία της πρόσωσης του πρανούς και τύπος εδάφους	Τύπος της πρόσωσης Με αναδίπλωση γεωσυνθετικών	
	Βλάστηση πρόσωσης	Πρόσωση με άλλα υλικά
>50° (> ~0.9H:1V) Όλοι οι τύποι των υλικών	Μόνιμο κάλυμμα χλοοτάπητα κατά της διάβρωσης	Συρμάτινα πανέρια Πέτρα Εκτοξευμένο σκυρόδεμα
35° - 50° (~1.4H:1V - 0.9H:1V) Καθαρή άμμος (SP) ³ Χαλίκια (GP)	Μόνιμο κάλυμμα χλοοτάπητα κατά της διάβρωσης	Συρμάτινα πανέρια Πέτρα Εκτοξευμένο σκυρόδεμα
35° - 50° (~1.4H:1V - 0.9H:1V) Ιλύς (ML) Αμμώδες ιλύς (ML)	Μόνιμο κάλυμμα χλοοτάπητα κατά της διάβρωσης	Συρμάτινα πανέρια Πέτρα Εκτοξευμένο σκυρόδεμα
35° - 50° (~1.4H:1V - 0.9H:1V) Ιλώδες άμμος (SM) Πηλώδες άμμος (SC) Κοκκώδη άμμος και χαλίκια (SW & GW)	Δεν είναι απαραίτητη η αναδίπλωση του γεωσυνθετικού	Δεν είναι απαραίτητη η αναδίπλωση του γεωσυνθετικού
25° - 35° (~2H:1V - 1.4H:1V) Όλοι οι τύποι των υλικών	Δεν είναι απαραίτητη η αναδίπλωση του γεωσυνθετικού	Δεν είναι απαραίτητη η αναδίπλωση του γεωσυνθετικού

Γεωσυνθετικά (Geosynthetics) [9]

Τα γεωσυνθετικά είναι συνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε γεωτεχνικά έργα και γενικότερα σε γεωπεριβαλλοντικές εργασίες. Κατασκευάζονται από διαφορετικά πολυμερή όπως πολυπροπυλένιο, πολυεστέρες καθώς και πολυαιθυλένιο και έχουν ένα μεγάλο εύρος μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων που εξυπηρετούν τις διαφορετικές ανάγκες κατά περίπτωση.

Γεωπλέγματα (Geogrids)

Τα γεωπλέγματα αποτελούν υλικά τα οποία αποτελούνται από ένα κάνναβο στοιχείων εφελκυσμού. Ο κάνναβος διαμορφώνει κενά ή αλλιώς οπές, οι οποίες πληρούνται με το περιβάλλον έδαφος. Οι νευρώσεις που αποτελούν το κάνναβο μπορούν να κατασκευαστούν από διάφορα υλικά, ενώ ο τύπος σύνδεσης τους στους κόμβους ποικίλει. Παρ' όλο που ο τομέας των γεωσυνθετικών υλικών είναι διαρκώς εξελισσόμενος τις τελευταίες δεκαετίες, μπορεί να παρατηρηθεί μια τάση για δύο γενικές κατηγορίες γεωπλεγμάτων βάσει των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών.

Η πρώτη είναι τα μονοαξονικά γεωπλέγματα (uniaxial) (εικόνα 46). Ο τρόπος παρασκευής τους διαφέρει από εταιρία, αλλά μια πρακτική που εφαρμόζεται είναι η εξής:

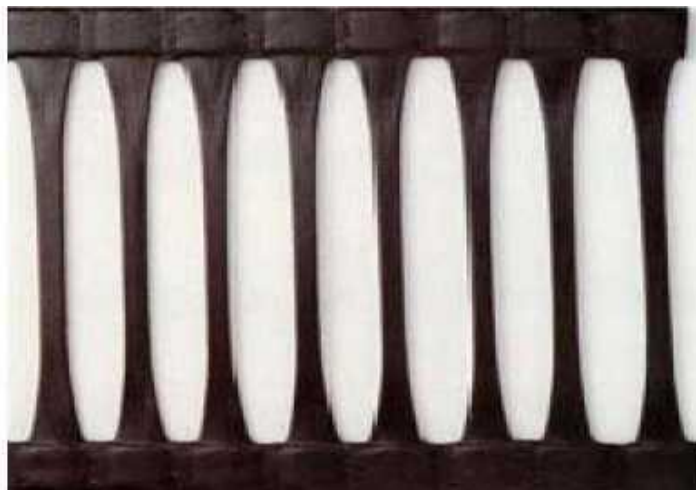
- (α) παρασκευή μιας γεωμεμβράνης,
- (β) επιμήκυνση της γεωμεμβράνης με την εφαρμογή διαμήκους φορτίου,
- (γ) διάνοιξη οπών μέσω διατρητικής μηχανής, οι οποίες παίρνουν τη μορφή έλλειψης.

Στην περίπτωση διαξονικών γεωπλεγμάτων (εικόνα 47) η επιμήκυνση λαμβάνει χώρα και στις δύο διευθύνσεις προσδίδοντας στο γεωπλέγμα τις ίδιες μηχανικές ιδιότητες και στις δύο διευθύνσεις. Η διαδικασία παρασκευής και κυρίως η επιμήκυνση της μοριακής δομής η οποία επιτυγχάνεται μέσω της παραμόρφωσης του γεωπλέγματος, προκαλεί την βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του. Πιο συγκεκριμένα, στη διεύθυνση της αντίστασης σε ερπυσμό.

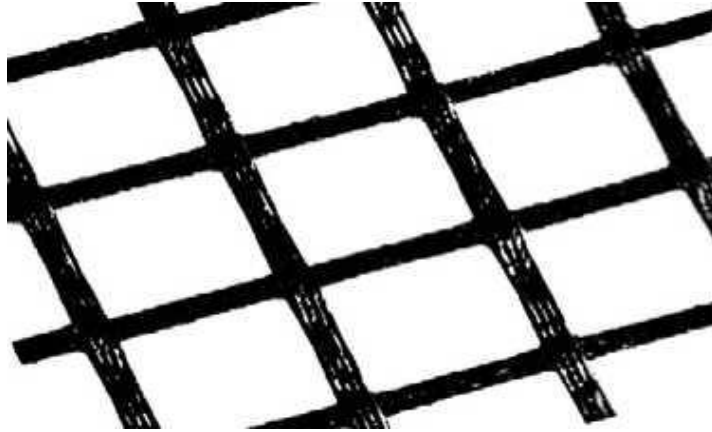
Τα μονοαξονικά γεωπλέγματα ενδείκνυνται για εφαρμογές όπου η διεύθυνση του πεδίου των κύριων τάσεων είναι γνωστή εκ των προτέρων, ενώ τα διαξονικά για περιπτώσεις όπου οι επιτόπου τάσεις είναι εν γένει ανομοιόμορφες.

Ένας άλλος διαχωρισμός των γεωπλεγμάτων είναι με βάση το υλικό κατασκευής τους:

- (1) Γεωπλέγμα υψηλής πυκνότητας από Πολυαιθυλένιο (HDPE).
- (2) Γεωπλέγμα από πολυεστέρα επενδυμένος με PVC (PET). Για μεγαλύτερο χρόνο λειτουργίας ο πολυεστέρας προμηθεύεται σε μορφή ινών.



Εικόνα 46. Απεικόνιση μονοαξονικού γεωσυνθετικού. [9]



Εικόνα 47.Απεικόνιση διαξονικούγεωσυνθετικού. [9]

Βασικές απαιτήσεις γεωσυνθετικών[9]

Μερικές βασικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από ένα γεωσυνθετικό υλικό ώστε να λειτουργεί επαρκώς σαν ενίσχυση είναι οι εξής:

(α) Η ελαστική δύναμη και η δυσκαμψία πρέπει να είναι συμβατές με τις απαιτήσεις του έργου

Για τυπικά έργα απότομων ενισχυμένων πρανών η ελαστική δύναμη των γεωσυνθετικών πρέπει να επιλέγεται και να εξασφαλίζεται κάτω από συνθήκες φόρτισης παρόμοιες με εκείνες που βρέθηκαν στο ανάλογο πεδίο. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η δοκιμή εφελκυσμού πλατιών ταινιών. Η δοκιμή αυτή είναι ευρέως γνωστή και χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες. Τα αποτελέσματα του τεστ αυτού εκφράζονται σε μονάδες δύναμης προς μονάδες πλάτους σε κάθε στρώση γεωσυνθετικών (kN/m). Η ελαστική δύναμη και η δυσκαμψία εξαρτώνται από τις συνθήκες-προϋποθέσεις του τεστ αυτού, τον τύπο του πολυμερούς, την ταχύτητα του τεστ καθώς και την θερμοκρασία. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες μερικά πολυμερή είναι πιο ευαίσθητα στην ταχύτητα του τεστ ή στον ερπυσμό σε σχέση με άλλα. Για παράδειγμα, οι πολυεστέρες και το πολυαμίδιο είναι λιγότερο ευαίσθητα στον ερπυσμό από το πολυαιθυλένιο και το πολυπροπυλένιο.

Ο περιορισμός του εδάφους γενικότερα μπορεί να αυξήσει σημαντικά την ελαστική δυσκαμψία του γεωσυνθετικού σε σχέση με τα αποτελέσματα που συλλέγονται από το ελαστικό τεστ. Η επίδραση του περιορισμού του εδάφους όσον αφορά την συμπεριφορά του γεωυφάσματος εξαρτάται από τον τύπο του, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, το επίπεδο καταπόνησης του και από την τάση του περιορισμού. Έτσι ένα φαινομενικό εκτεινόμενο γεωύφασμα σε απομόνωση μπορεί να είναι σημαντικά πιο δύσκαμπτο κάτω από περιορισμό του εδάφους στο πεδίο.

(β) Αποδεκτή συμπεριφορά ερπυσμού

Η συμπεριφορά του ερπυσμού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της ενίσχυσης και από τον χρόνο ζωής του έργου. Η αλλοίωση λόγω ερπυσμού μπορεί επίσης να ανασταλεί από τον περιορισμό του γεωσυνθετικού όταν θάβεται στην εδαφική μάζα. Οι παράγοντες ελάττωσης πρέπει να ταιριάζουν κατάλληλα στην ενδεικτική τιμή ελαστικής δύναμης της ενίσχυσης έτσι ώστε να μπορεί να εγγυάται ένα οριοθετημένο ποσό παραμόρφωσης ερπυσμού σε όλο το χρονικό διάστημα του έργου.

(γ) Αποδεκτή δύναμη έναντι των βλαβών που προκαλούνται κατά την εγκατάσταση

Μπορούν να εκτελεστούν κάποιες κατάλληλες δοκιμές για την αξιολόγηση της δύναμης της ενίσχυσης έναντι της βλάβης κατά την εγκατάσταση. Διάφορες εφαρμογές κατασκευής μπορούν να μειώσουν πιθανές ενέργειες που προκαλούν βλάβες ή αλλοιώσεις των οπλισμών κατά την διάρκεια του σταδίου κατασκευής. Κάποιες από αυτές είναι η κατασκευή διαβάσεων για την μεταφορά του εξοπλισμού της κατασκευής και των οχημάτων στις στρώσεις ενίσχυσης, η χρήση υλικών επίχωσης με μεγάλη τραχύτητα, καθώς και οι όσο το δυνατόν πιο προσεγγμένες ενέργειες συμπίεσης.

(δ) Κατάλληλος βαθμός αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον έδαφος

Η αλληλεπίδραση μεταξύ του εδάφους και της ενίσχυσης ποσοτικοποιείται με την γωνία αλληλεπίδρασης τριβής (δ_{8r}) μεταξύ αυτών των υλικών. οι άμεσες δοκιμές διάτμησης και εξόλκευσης λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή του δ_{8r} . Οι δοκιμές εξόλκευσης χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αγκύρωσης μεταξύ του εδάφους και του οπλισμού όπου ο οπλισμός βυθίζεται στο έδαφος και εξολκεύεται μέχρι να παρατηρηθεί αστοχία κατά μήκος της αλληλεπίδρασης εδάφους ενίσχυσης. Για την κατάλληλη αξιολόγηση της αλληλεπιδρώσας δύναμης είναι πάρα πολύ σημαντικό να αναγνωριστεί η επικρατούσα μηχανική αλληλεπίδραση μεταξύ του εδάφους και του οπλισμού. Ανάλογα και με τη γεωμετρία του πλέγματος ο μηχανισμός της αλληλεπίδρασης μπορεί να είναι πιο σημαντικός απ' ότι η μηχανική τριβή. Οι άμεσες δοκιμές διάτμησης της αλληλεπίδρασης πρέπει να μετρώνται με μεγάλη ακρίβεια αλλά πρέπει να αναφέρονται σε γεωπλέγματα μόνο εάν ο μηχανισμός αστοχίας που ερευνηθήκε είναι αυτός όπου η μάζα του εδάφους ολισθαίνει στην στρώση του γεωπλέγματος. Για την αξιολόγηση των αγκυρώσεων των γεωπλεγμάτων πρέπει να χρησιμοποιούνται οι δοκιμές εξόλκευσης Παρ' όλα αυτά τα αποτελέσματα των δοκιμών πρέπει να ερμηνεύονται σωστά και πρέπει να συλλέγονται με την χρήση συσκευών μεγάλης κλίμακας. Γενικότερα η πρόγνωση των δυνάμεων που αλληλεπιδρούν είναι πολύπλοκο θέμα εξαιτίας της γεωμετρίας των πλεγμάτων, των μηχανικών χαρακτηριστικών τους, των χαρακτηριστικών του εδάφους, το μήκος των πλεγμάτων και τις συνθήκες φόρτισης.

(ε) Η αντοχή πρέπει να είναι συμβατή με την διάρκεια ζωής του έργου και τα χαρακτηριστικά του

Τα γεωσυνθετικά είναι στερεά υλικά κάτω από κανονικές συνθήκες εδάφους και περιβάλλοντος. Κατ' αυτόν τον τρόπο κάτω από αυτές τις συνθήκες τα κανονικά εδάφη δεν έχουνε καμία επίδραση στις ιδιότητες των γεωσυνθετικών. Η έκθεση των γεωσυνθετικών σε υπερίσθη ακτινοβολία πρέπει να αποφεύγεται ή να μειώνεται όσο το δυνατόν περισσότερο και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη βάση στον χειρισμό στην αποθηκευμένη ποσότητα των προϊόντων. Οι κατασκευαστές γεωσυνθετικών πρέπει επιπροσθέτως να δίνουν βάση και να συμβουλεύονται τις ειδικές δοκιμές για την επιλογή των κατάλληλων γεωσυνθετικών και να λαμβάνουνε υπόψη τους τις ιδιότητες του κάθε υλικού.

Ιδιότητες γεωσυνθετικών[9]

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Μια στρώση γεωσυνθετικού χαρακτηρίζεται από το πλάτος της λωρίδας και από την οριζόντια απόσταση (κέντρο από κέντρο) μεταξύ αυτών. Η διατομή δεν λαμβάνεται υπόψη εφόσον η δύναμη της γεωσυνθετικής λωρίδας εκφράζεται σε μονάδες ελαστικής δύναμης ανά πλάτος αντί για τάση. Αυτό γιατί παρατηρούμε

διάφορες δυσκολίες στην μέτρηση του πάχους αφού τα υλικά αυτά είναι σχετικώς συμπίεστα και εμποδίζεται ο ακριβής υπολογισμός των τάσεων.

Ο λόγος κάλυψης R_c χρησιμοποιείται στον συσχετισμό της δύναμης ανά μονάδες πλάτους των ξεχωριστών οπλισμών προς την δύναμη ανά μονάδα πλάτους που απαιτούνται διαμέσου όλου του κατασκευάσματος.

$$R_c = b / S_h \quad (1.1) \text{όπου}$$

b = το ολικό πλάτος της λωρίδας, της επιφάνειας ή του πλέγματος

S_h = η οριζόντια απόσταση των κέντρων μεταξύ των λωρίδων, των επιφανειών και των γεωπλεγμάτων.

$R_c = 1$ σε περίπτωση συνεχόμενων ενισχύσεων δηλαδή κάθε στρώση ενίσχυσης καλύπτει όλη την οριζόντια επιφάνεια της ενισχυμένης εδαφικής μάζας.

Μηχανικές ιδιότητες γεωσυνθετικών[9]

Σε γενικές γραμμές ένα γεωσυνθετικό όπυ υφίσταται μια συνεχή ελαστική φόρτιση θα αστοχήσει ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα λόγω εξόλκευσης. Ο χρόνος που θα περάσει μέχρι το γεωσυνθετικό να αστοχήσει ποικίλει από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι και το άπειρο και εξαρτάται από τον τύπο του πολυμερούς τον τύπο της φόρτισης, την ένταση και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι την αστοχία του γεωσυνθετικού μπορεί να αναπαρασταθεί ως συνάρτηση της επιβαλλόμενης φόρτισης με μια καμπύλη. Μέσα στο διάγραμμα αυτό μπορούν να συμπεριληφθούν κι άλλοι παράμετροι όπως η θερμοκρασία. Η γραμμική σχέση μεταξύ του χρόνου αυτού και της φόρτισης είναι συνήθως ικανοποιητικά συλλεγόμενη σε λογαριθμική κλίμακα χρόνου. Οι κατασκευαστές των γεωσυνθετικών έχουν δεδομένα για τον ερπυσμό για κάθε τύπο για μεγάλες περιόδους χρόνου. Η διάρκεια ζωής του έργου είναι συνήθως μεγαλύτερη από την διάρκεια του τεστ. Έτσι πρέπει να συλλέγονται τα απαραίτητα στοιχεία για την ελαστική φόρτιση στο τέλος της διάρκειας ζωής του έργου.

Ο σχεδιασμός των γεωσυνθετικών ενισχύσεων επιτυγχάνεται αναπτύσσοντας μια επιτρεπόμενη σχεδιαστική φόρτιση η οποία θεωρείται πως πρέπει να καλύπτει τις απώλειες της δύναμης κατά την διάρκεια του χρόνου ζωής του έργου και υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$T_a = \frac{T_{ult}}{RF * FS} = \frac{T_{al}}{FS}$$

Όπου

T_a = είναι η σχεδιαστική μακροχρόνια φόρτιση για οριακές καταστάσεις

T_{ult} = είναι η απόλυτη ελαστική δύναμη του γεωσυνθετικού

RF = είναι ο παράγοντας μείωσης του προϊόντος

FS = είναι ο ολικός συντελεστής ασφαλείας

T_{al} = είναι η δύναμη του υλικού σε μακροχρόνια βάση

$$T_{al} = \frac{T_{ult}}{RF_{cr} * RF_d * RF_{id}}$$

όπου

T_{ai} = Η ελαστική δύναμη σε μονάδες φόρτισης προς μονάδες πλάτους στην ενισχυμένη βάση σε μακροχρόνιο επίπεδο

T_{ult} = είναι η απόλυτη ελαστική δύναμη από το τεστ λωρίδων για το γεωυφάσματα.

RFT_{CR} = παράγοντας μείωσης του ερπυσμού είναι ο λόγος της απόλυτης δύναμης (T_{ult}) προς την οριακή δύναμη ερπυσμού όπου έχει συλλεχτεί από το εργαστήριο μέσω των τεστ ερπυσμού.

Σύμφωνα με τους Αμερικάνικους κανονισμούς αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα οι τυπικές τιμές παραγόντων μείωσης λόγω ερπυσμού για τους διάφορους τύπους πολυμερών. Σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες (FWHA) οι τυπικές τιμές των μειωτικών συντελεστών αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας. Παράγοντες μείωσης λόγω ερπυσμού [9]

<u>Τύπος πολυμερούς</u>	<u>Παράγοντας μείωσης λόγω ερπυσμού</u>
<u>Πολυεστέρας</u>	<u>2.5 - 1.6</u>
<u>Πολυπροπυλένιο</u>	<u>5 - 4</u>
<u>Πολυπροπυλένιο με υψηλή πυκνότητα</u>	<u>5 - 2.6</u>

RF_{ID} = παράγοντας αντοχής. Εξαρτάται από την ευαισθησία του γεωσυνθετικού σε επιθέσεις μικροοργανισμών, χημικών, θερμικής οξειδωσης, υδρόλυσης, και θραύσης λόγω τάσεων και ποικίλει έχοντας τιμές από 1.1 μέχρι 2. Ο ελάχιστος παράγοντας μείωσης πρέπει να είναι 1.1.

RF_{ID} = Συντελεστής μείωσης βλάβης λόγω κατασκευής. Μπορεί να έχει εύρος από 1.05 μέχρι 3 εξαρτώμενος από την διαβάθμιση του υλικού επίχωσης καθώς και από την μάζα του προϊόντος ανά μονάδα βάρους. Η ελάχιστη τιμή του παράγοντα πρέπει να είναι 1.1 λαμβάνοντας υπόψη τις αβεβαιότητες του τεστ.

Πίνακας.Μειωτικοί συντελεστές [9]

	<u>Στατικές συνθήκες</u>	<u>Στατικές συνθήκες και υπόγειος ορίζοντας 50-ετίας</u>	<u>Σεισμικές συνθήκες</u>
<u>Μειωτικός συντελεστής λόγω καταπόνησης στην εγκατάσταση RF_{ID}</u>	<u>1.05 - 3.0</u>	<u>1.05 - 3.0</u>	<u>1.05 - 3.0</u>
<u>Μειωτικός συντελεστής ανθεκτικότητας RF_d</u>	<u>1.10 - 2.0</u>	<u>1.10 - 2.0</u>	<u>1.10 - 2.0</u>
<u>Μειωτικός συντελεστής RF_c</u>	<u>1.6 - 5.0</u>	<u>1.6 - 5.0</u>	<u>1.6 - 5.0</u>
<u>Συντελεστής αλληλεπίδρασης υλικού (γεωπλέγματος σε ολίσθηση κατά μήκος οπλισμένου εδαφικού υλικού</u>	<u>0.6 - 1.0</u>	<u>0.6 - 1.0</u>	<u>0.8 x(0.6 - 1.0)</u>

FS= ολικός παράγοντας ασφαλείας ώστε να ληφθούν υπόψη τυχών αβεβαιότητες στην γεωμετρία της κατασκευής, στις ιδιότητες του υλικού της επίχωσης, στις ιδιότητες της ενίσχυσης καθώς και στις εξωτερικές εφαρμοσμένες φορτίσεις.

Η τιμή του T_{ai} δίνεται απευθείας από τους κατασκευαστές περιλαμβάνοντας τυπικά παράγοντες μείωσης χωρίς να περιλαμβάνεται ο σχεδιαστικός παράγοντας ασφαλείας FS. Η επιλογή του παράγοντα ασφαλείας για κάθε γεωσυνθετικό προϊόν απαιτεί εκτενή μελέτη στο πεδίο και στο εργαστήριο.

Συντελεστής μείωσης ερπυσμού RF_{CR} [9]

Ο συντελεστής μείωσης ερπυσμού αποκομίζεται από μία δοκιμή ερπυσμού όπου εξελίσσεται μέσα στο εργαστήριο. Ο συντελεστής ερπυσμού απαιτείται ώστε να οριοθετεί την τάση στους οπλισμούς έως κάποιο επίπεδο γνωστό ως όριο ερπυσμού, ώστε να εμποδιστεί η ρήξη της κατασκευής κατά την διάρκεια της ζωής του έργου λόγω ερπυσμού. Ο ερπυσμός σαν φαινόμενο δεν υποβιβάζει την αντοχή του πολυμερούς.

Οι δοκιμές ερπυσμού είναι ουσιαστικά μία δοκιμή κατά την οποία ασκείται μια συνεχής φόρτιση σε ένα αριθμό δειγμάτων. Η φόρτιση ασκείται στο προϊόν για περίπου 10.000 ώρες σε διάφορες ποικιλίες ποσοστών. Ο συντελεστής ερπυσμού είναι ο λόγος της απόλυτης φόρτισης προς την μέγιστη υφιστάμενη φόρτιση μέσα στην σχεδιαστική ζωή της κατασκευής (μερικά χρόνια για τα προσωρινά οικοδομήματα, 75 με 100 χρόνια για τα μόνιμα οικοδομήματα). Για τις προσωρινές

κατασκευές, η μέγιστη υφιστάμενη φόρτιση καθορίζεται από τον χρόνο της ζωής του οικοδομήματος.

Συντελεστής μείωσης αντοχής RF_D [9]

Το πρωτόκολλο για τις δοκιμές για την προσκόμιση του συντελεστή μείωσης έχει προταθεί και προσδιοριστεί με λεπτομέρειες στους Αμερικάνικους κανονισμούς (FHWARD-97-144). Γενικά συνίσταται τα δείγματα να περνάνε από ένα κλίβανο γήρανσης (PP και HDPE) για να επισπεύδεται η οξείδωση και να μετριάζεται η μείωση της δύναμης, σαν συνάρτηση του χρόνου, της θερμοκρασίας και την περιεκτικότητα του οξυγόνου.

Αυτά τα δεδομένα υψηλής θερμοκρασίας να αντιστοιχίζονται σε θερμοκρασίες συμβατές με τις συνθήκες υπαίθρου. Για τους πολυεστέρες (PET) η γήρανση πραγματοποιείται σε ένα υδαρό μέσον σε μια ποικιλία ΡΗ και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες ώστε να επιταχύνεται η υδρόλυση, με συνθήκες που έχουν αντιστοιχιστεί σε θερμοκρασία συμβατή με τις συνθήκες πεδίου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα διάφορων μελετών που αναφέρονται στις Αμερικάνικες οδηγίες προτείνονται τα παρακάτω:

Πολυεστερικά γεωσυνθετικά[9]

Για περιβάλλοντα όπου χαρακτηρίζονται από $3 < pH < 9$ προτείνονται γεωσυνθετικά από πολυεστέρα (PET). Οι παρακάτω συντελεστές μείωσης για την γήρανση των PET (RF_D) υποδεικνύονται για σχεδιαστική ζωή 100 ετών απουσία των προδιαγραφών του προϊόντος όπου έχουν συλλεχθεί από τα τεστ.

Πίνακας. Ενδεικτικός πίνακας που απεικονίζει τους συντελεστές μείωσης των γεωσυνθετικών προϊόντων.[9]

<u>No</u>	<u>Προϊόν</u>	<u>Συντελεστής μείωσης RF_d</u>	
		<u>$5 < pH < 8$</u>	<u>$\frac{3 < pH < 5}{8 < pH < 9}$</u>
<u>1</u>	<u>Γεωύφασμα</u> <u>$M_n < 20.000,$</u> <u>$40 < CEG < 50$</u>	<u>1.6</u>	<u>2.0</u>
<u>2</u>	<u>Επικαλυμμένα</u> <u>γεωπλέγμα,</u> <u>γεωύφασμα</u> <u>$M_n > 25.000,$</u> <u>$CEG < 30$</u>	<u>1.15</u>	<u>1.3</u>

M_n = Μέσος αριθμός μοριακού βάρους CEG= Καρβοξυλικές άκρες

Πολυολεφινικά γεωσυνθετικά[9]

Για τη μετρίαση των θερμικών και οξειδωτικών επιβαρυντικών διαδικασιών των γεωσυνθετικών, τα προϊόντα από πολυολεφίνη σταθεροποιούνται από την προσθήκη αντιοξειδωτικών για την διαδικασία της ευστάθειας καθώς και για αυτήν της μακροχρόνιας λειτουργικής ευστάθειας. Αυτά τα αντιοξειδωτικά πακέτα εξαρτώνται από τον εκάστοτε κατασκευαστή τον τύπο, την ποσότητα και την ποικιλία της δραστηριότητάς τους. Χωρίς την προαναφερθείσα αντιοξειδωτική προστασία, τα ΡΡπρόϊοντα είναι ευπρόσβλητα στην οξείδωση και σε σημαντική απώλεια δύναμης σε ένα έργο που έχει σχεδιαστεί για ένα εύρος χρόνου ζωής 75 με 100 χρόνια στους 20 °C. Σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα προτείνεται ότι τα ασταθή ΡΡέχουν μέσο εύρος ζωής λιγότερο από 50 χρόνια.

Επομένως η αναμενόμενη λειτουργική ζωή ενός ΡΡγεωσυνθετικού επιμηκύνεται αναλόγως με την λειτουργικότητα του τύπου και των εναπομεινάντων αντιοξειδωτικών επιπέδων και ο ρυθμός των μεταγενέστερων αντιοξειδωτικών καταναλώσεων. Η κατανάλωση των αντιοξειδωτικών σχετίζεται με την περιεκτικότητα οξυγόνου στο έδαφος, το οποίο είναι πιο αδύνατο στο χώμα παρά στην ατμόσφαιρα. Κάθε προϊόν έχει ένα μοναδικό μείγμα από αντιοξειδωτικά. Για να αποφασιστεί η περιεκτικότητα του οξυγόνου στο υπέδαφος για την πιο αποτελεσματική προστασία του προϊόντος προτείνονται κάποια συγκεκριμένα τεστ. Σύμφωνα με κάποια δεδομένα μερικά αντιοξειδωτικά είναι αποτελεσματικά για πάνω από 100 χρόνια συντηρούμενη δύναμη για ενδοεδαφική χρήση.

Συντελεστή μείωσης λόγω καταστροφών κατά την εγκατάσταση RF_{ID}

Τα πρωτόκολλα για τις δοκιμές υπαίθρου για τους συντελεστές μείωσης αναγράφονται στο εγχειρίδιο για την διάβρωση / υποβάθμιση και στο ASTM D-5818. Το πρωτόκολλο απαιτεί ότι το γεωσυνθετικό υλικό υπόκειται σε μια επίχωση και μια ζώνη συμπίκνωσης σύμφωνα και με τα δεδομένα του εν λόγω εδάφους. Ο λόγος της αρχικής δύναμης, προς την δύναμη των αποκαθιστάμενων δειγμάτων, καθορίζει αυτόν τον συντελεστή μείωσης. Για εφαρμογές ενισχύσεων προτείνεται ένα ελάχιστο βάρος της τάξεως των 270 g/m² για γεωυφάσματα ώστε να μειωθούν οι ζημιές κατά την εγκατάσταση.

Οι παρακάτω παραθέσεις αναγράφονται σε αυτό το εγχειρίδιο έτσι ώστε να καθοριστεί ο συντελεστής RF_{ID}. Για τον υπολογισμό των απωλειών της δύναμης λόγω καταστροφών από την εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω πίνακας αναλόγως το εκάστοτε έργο καθώς και τα χαρακτηριστικά της επίχωσης, χωρίς να γίνονται κάποιες δοκιμές προδιαγραφών για το προϊόν. Απουσία των προδιαγραφών και των δεδομένων του έργου πρέπει να λαμβάνεται ο μεγαλύτερος πιθανός συντελεστής μείωσης για κάθε τύπο γεωσυνθετικού που χρησιμοποιείται.

Πίνακας. Συντελεστές μείωσης λόγω καταστροφών κατά την εγκατάσταση ανάλογα το υλικό τον τύπο του γεωσυνθετικού, σύμφωνα με τις Αμερικάνικες οδηγίες (FHWA).

Συντελεστής μείωσης RF_{ID}[9]			
<u>No</u>	<u>Γεωσυνθετικό</u>	<u>Τύπος 1 Επίχωση</u> <u>Μέγιστο μέγεθος 102</u> <u>mmD₅₀περίπου 30 mm</u>	<u>Τύπος 2 Επίχωση</u> <u>Μέγιστο μέγεθος 20</u> <u>mmD₅₀περίπου 0.7 mm</u>
<u>1</u>	<u>HDPE μονοαξονικό</u> <u>γεώπλεγμα</u>	<u>1.20 - 1.45</u>	<u>1.10 - 1.20</u>
<u>2</u>	<u>PP biaxial</u> <u>γεωσυνθετικό</u>	<u>1.20 - 1.45</u>	<u>1.10 - 1.20</u>
<u>3</u>	<u>Γεωσυνθετικό</u> <u>επενδυμένο με PVC</u>	<u>1.30 - 1.85</u>	<u>1.10 - 1.30</u>
<u>4</u>	<u>Γεωσυνθετικό</u> <u>επενδυμένο με ακριλικό</u>	<u>1.30 - 2.05</u>	<u>1.20 - 1.40</u>
<u>5</u>	<u>Πλεκτό γεωύφασμα (PP</u> <u>&PET)</u>	<u>1.40 - 2.20</u>	<u>1.10 - 1.40</u>
<u>6</u>	<u>Μη πλεκτό γεωύφασμα</u> <u>(PP&PET)</u>	<u>1.40 - 2.50</u>	<u>1.10 - 1.40</u>
<u>7</u>	<u>Σχιστό μεμβρανώδες</u> <u>πλεκτό PPγεωύφασμα</u>	<u>1.60 - 3.00</u>	<u>1.10 - 2.00</u>

Συντελεστής ασφαλείας FS [9]

Αυτός είναι ένας γενικός συντελεστής ασφαλείας ο οποίος υπολογίζει τυχόν μεταβολές στις εξωτερικές ασκούμενες φορτίσεις, στην γεωμετρία της κατασκευής, στις ιδιότητες του υλικού επίχωσης καθώς και τις ενδεχόμενες τοπικές πιέσεις λόγω ανομοιομορφίας και μεταβολές στην μακροχρόνια δύναμη ενίσχυσης. Συνήθως σε οριακές καταστάσεις παραδοσιακά χρησιμοποιείται σαν τιμή του FS , η τιμή 1.5. Αυτό είναι χαμηλότερο από τον συνεπαγόμενο συντελεστή ασφαλείας FSt του 1.82 για ενισχύσεις από ατσάλι κατά την διάρκεια της πλαστικής φύσης των γεωσυνθετικών συστημάτων ενάντια στην ψαθυρή φύση των συστημάτων από ατσάλι κατά την αστοχία.

Κόστος ενισχυμένων εδαφικών πρανών[9]

Σύμφωνα με τους Αμερικάνικους κανονισμούς (FHWA) τα οικονομικά μεγέθη για την κατασκευή και την χρήση ενός ενισχυμένου πρανούς πρέπει να αξιολογούνται ανά περίπτωση. Πρέπει να εκτελείται μια αναλυτική μελέτη κόστους ώστε να υπολογίζεται και να διαπιστώνεται ένα κατάλληλο κέρδος, καθώς και εάν ένα απότομο πρανές με ενισχύσεις δικαιολογείται οικονομικά σε σχέση με μια

εναλλακτική περίπτωση ή θα ήταν προτιμότερη μια άλλη επιλογή τύπου αντιστήριξης του πρανούς. Για παράδειγμα η κατασκευή ενός πλατύτερου πρανούς με την αύξηση των ζωνών εργασιών και λαμβάνοντας υπόψη το κόστους των υλικών. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα στοιχεία κατασκευής του πρανούς όπως τα κιγκλιδώματα του δρόμου ή τα στηθαία που ρυθμίζουν την κυκλοφορία είναι συχνά αναγκαία για τα αναχώματα των πιο απότομων πρανών και επιπρόσθετα πρέπει να υπολογίζονται τα κόστη όπως των συστημάτων ελέγχου της διάβρωσης για την προστασία της πρόσοψης του πρανούς.

Αναλύοντας τα οικονομικά μεγέθη, οι παραδοχές που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξής [9]:

- Οι ποσότητες των χωματουργικών υλικών
- Οι διαστάσεις του πρανούς
- Μέσο ύψος της περιοχής του πρανούς
- Γωνία του πρανούς
- Τα κόστη των μη επιλεγμένων σε σχέση με τα επιλεγμένα υλικά επίχωσης
- Οι απαιτήσεις της προσωρινής και της μόνιμης προστασίας κατά της διάβρωσης
- Κόστη και διαθεσιμότητα της ζώνης εργασίας όπου χρειάζεται
- Ανάγκη εκσκαφών για προσωρινά συστήματα υποστήριξης
- Συντήρηση της κυκλοφορίας κατά την διάρκεια της κατασκευής
- Αισθητική
- Απαιτήσεις για κιγκλιδώματα και στηθαία για την κυκλοφορία

Η ακριβής τιμή του κόστους κάποιας συγκεκριμένης κατασκευής ενισχυμένου εδαφικού πρανούς εξαρτάται από τα κόστη κάθε συστατικού μεμονωμένα με βάση διάφορα παραδείγματα υλοποιημένων ενισχύσεων εδαφικών πρανών έχουν δημοσιευτεί κάποιες τυπικές τιμές κόστους. Αυτές είναι [9]:

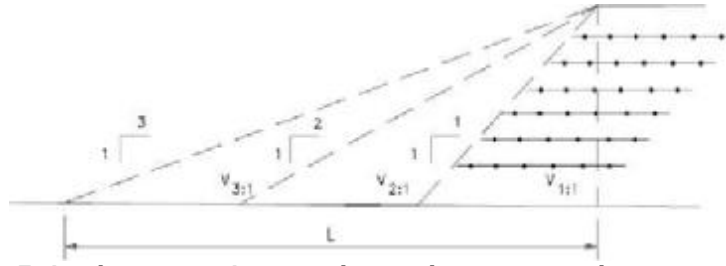
- Ενισχύσεις: 45 - 65% του ολικού κόστους
- Επίχωση: 30 - 45 % του ολικού κόστους
- Κάλυψη πρόσοψης: 5 - 10 % του ολικού κόστους

Οι υψηλές κατασκευές ενισχυμένων εδαφικών πρανών έχουν υψηλότερο κόστος ενισχύσεων και χαμηλότερο κόστος επίχωσης. Οι σχετικές τιμές κόστους για τέτοιες κατασκευές έχουν εύρος τιμών από 110 \$/m² με 260 \$/m² και λαμβάνονται υπόψη συναρτήσει του ύψους του πρανούς σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς.

Για εφαρμογές της τάξης των 10 με 15 m τιμές ύψους έχουν εύρος κόστους περίπου ίσο με 170 \$/m². Η παραπάνω τιμή δεν περιλαμβάνει τις παροχές ασφαλείας καθώς και τις λεπτομέρειες αποστράγγισης. Χονδρικά μπορεί να γίνει μια αξιολόγηση του κόστους ενός πλατύτερου μη οπλισμένου πρανούς σε σχέση με κάποιο πιο απότομο ενισχυμένο πρανός. Παρακάτω αναφέρεται μια μεθοδολογία στην εκτίμηση του κόστους σε σχέση με την κλίση του πρανούς.

$$\begin{aligned} V_{3:1} &= V \\ V_{2:1} &= b * V \\ V_{1:1} &= a * V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{3:1} &= L \\ V_{2:1} &= b * L \\ V_{1:1} &= a * L \end{aligned}$$



Εικόνα 48.Μεθοδολογία του υπολογισμού του κόστους σε σχέση με την κλίση του πρανούς.

Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους, υπολογίζεται εμπειρικά ο όγκος του σχεδιαζόμενου πρανούς, σύμφωνα με τους Αμερικάνικους κανονισμούς (FHWA) όπως φαίνεται και στην εικόνα 48.

Κόστος:

Κατ' αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται το σχετικό κόστος του σχεδιαζόμενου πρανούς με τους τύπους που ακολουθούν:

Κλίσεις πρανών

$$3H:1V = V_{soil} + V_{land} + \text{Κιγκλιδώματα}^*(?) + \text{Υδροσπορά} (?)$$

*Τα κιγκλιδώματα και τα στηθαία κυκλοφορίας κοστολογούνται εάν απαιτούνται.

Έτσι το κόστος πρανούς με κλίση 3:1 αξιολογείται προσθέτοντας το κόστος του όγκου τις αρχικής επίχωσης και τις επίχωσης των στρώσεων με τα κόστη των κιγκλιδωμάτων που χρειάζεται και του συστήματος υδροσποράς για την φυτική επικάλυψη του πρανούς.

$$2H:1V = b * V_{soil} + b * V_{land} + \text{Κιγκλιδώματα} + \text{Έλεγχος διάβρωσης} + \text{Συντήρηση}$$

Το κόστος πρανούς με κλίση 2:1 αξιολογείται προσθέτοντας το κόστος του όγκου τις αρχικής επίχωσης και τις επίχωσης των στρώσεων με τα κόστη των κιγκλιδωμάτων που χρειάζεται καθώς και το κόστος του ελέγχου διάβρωσης και της συντήρησης του πρανούς.

$$1H:1V = a * V_{soil} + a * V_{land} + \text{Ενισχύσεις} + \text{Κιγκλιδώματα} +$$

Έλεγχος διάβρωσης

Το κόστος πρανούς με κλίση 1:1 (που είναι το πιο απότομο από τα παραπάνω πρανά που αξιολογήθηκαν) αξιολογείται οικονομικά προσθέτοντας το κόστος του όγκου τις αρχικής επίχωσης και τις επίχωσης των στρώσεων με τα κόστη των κιγκλιδωμάτων που χρειάζονται, καθώς και το κόστος του ελέγχου διάβρωσης.

Παραδείγματα εφαρμογών οπλισμένων πρανών

Μπορούμε να παρατηρήσουμε αρκετά παραδείγματα έργων γεωσυνθετικών ενισχύσεων στο παρελθόν, ειδικά στο εξωτερικό. Μέσα από αυτά τα παραδείγματα επιτυγχάνεται βαθύτερη κατανόηση της χρησιμότητας των γεωσυνθετικών. Παρακάτω παρατίθενται τα αναλυτικά στοιχεία δύο ενδεικτικών περιπτώσεων:

(α) Κατασκευή προσωρινών οδών πρόσβασης για την κυκλοφορία των κατασκευαστικών μεταφορικών οχημάτων, Αγγλία 2001 (Δουλαλά–Rigby, 2007)



Εικόνα 49.Απεικόνιση της τοποθεσίας της σήραγγας

Η CTRL (Channel Tunnel Rail Link) σιδηροδρομική αρτηρία, η οποία ενώνει την Βρετανική έξοδο της σήραγγας της Μάγχης (Channel Tunnel) με τον σιδηροδρομικό σταθμό του St Pancras, ο οποίος βρίσκεται στην καρδιά του Λονδίνου. Ένα μέρος της σιδηροδρομικής γραμμής διέρχεται μέσα από μια υπόγεια σήραγγα κάτω από τον ποταμό Τάμεση. Για την κατασκευή της νότιας εισόδου της σήραγγας αυτής χρειάστηκε να βρεθεί μια προσωρινή πρόσβαση από όπου θα μεταφερόντουσαν όλα τα βαριά χωματουργικά μεταφορικά οχήματα καθώς και τα υλικά για την κατασκευή διαφραγματικών τοίχων στην είσοδο της σήραγγας. Η περιοχή που επιλέχθηκε για την κατασκευή των προσωρινών οδών πρόσβασης καλύπτεται από βάλτους, γνωστοί ως Swanscombe Marshes.

Υφιστάμενη κατάσταση

Το έδαφος θεμελίωσης των οδών πρόσβασης είναι πολύ μαλακό, υγρό και λεπτόκοκκο. Το βάθος αυτού του ιλυώδους υλικού κυμαινόταν από 9μέως 14m. Λόγω του πιεστικού προγράμματος κατασκευής του όλου έργου, οι οδοί πρόσβασης έπρεπε να κατασκευαστούν σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και με ελάχιστο κόστος αφού θα χρησίμευαν μονάχα ως προσωρινές κατασκευές.

Μέθοδος και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Η μέθοδος της μηχανικής σταθεροποίησης με γεωπλέγματα επιλέχθηκε από τον κατασκευαστή σαν η καταλληλότερη λύση και 40,000 m² διαξονικών πλεγμάτων Tensar τύπου SSLA30_Γ τοποθετήθηκαν απευθείας πάνω στο μαλακό, βαλτώδες έδαφος θεμελίωσης. Ο κατασκευαστής, θέλοντας να κάνει το προσωρινό αλλά απαραίτητο αυτό έργο οικονομικότερο επέλεξε τη χρήση χοντρόκοκκου ανακυκλωμένου σκυροδέματος από ένα γειτονικό έργο κατεδάφισης. Οπότε, το γεώπλεγμα επιλέχθηκε με μεγαλύτερα κενά (βροχίδες) ώστε να επιτευχθεί ο πιο αποτελεσματικός μηχανισμός αλληλεμπλοκής. Η κατασκευή της οδού πρόσβασης ολοκληρώθηκε με την τοποθέτηση και συμπίκνωση 300 m ανακυκλωμένου σκυροδέματος κατάλληλου μεγέθους και καλής διαβάθμισης πάνω στην πρώτη στρώση γεωπλέγματος, άλλη μια στρώση απλού γεωπλέγματος SS20 με μικρότερο άνοιγμα βροχίδας και χωρίς επικολημένο γεωύφασμα και μια τελευταία

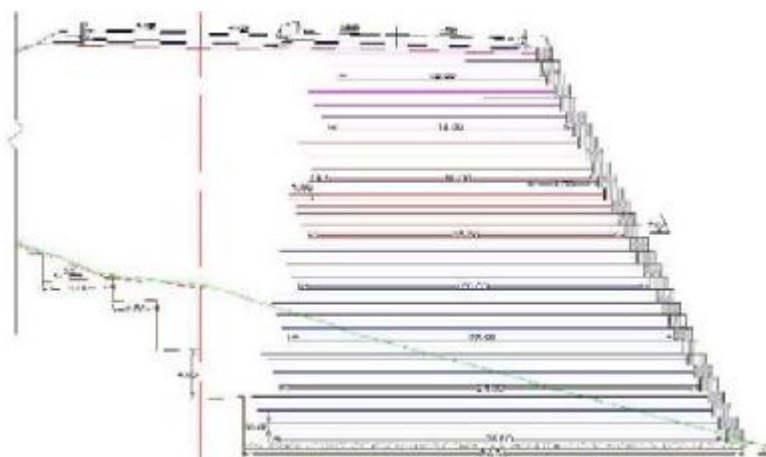
συμπυκνωμένη στρώση κοκκώδους υλικού καλής διαβάθμισης και μέγιστο μέγεθος κόκκου 75 mm.

Αποτέλεσμα

Το όλο έργο ολοκληρώθηκε εύκολα και οικονομικά σε 5 μόλις εβδομάδες προσφέροντας σταθερούς οδούς πρόσβασης στον κατασκευαστή για την κατασκευή των διαφραγματικών τοίχων. Ανάλογα έργα με την χρήση γεωσυνθετικών έχουν γίνει και στην Ελλάδα και ειδικά στην κατασκευή της Εγνατίας οδού.

(β) Οπλισμένο επίχωμα στο τμήμα 1.1.5/6 της Εγνατίας οδού (Εφραιμίδης κ.α., 2007)

Η εργασία που παρουσιάζεται αφορά στο σχεδιασμό οπλισμένου επιχώματος μεταξύ των Χ.Θ.: 26+393,18 έως Χ.Θ.: 27+117,97 στο τμήμα 1.1.5/6 της Εγνατίας Οδού, σε αντικατάσταση της γέφυρας Γ3. Σύμφωνα με τη μελέτη οδοποιίας το μέγιστο ύψος του επιχώματος είναι περίπου 32,0m και παρουσιάζεται στη διατομή 1354 (Χ.Θ.:26+999,55), για κλίση πρανών ίση με 70°. Η κλίση του υφιστάμενου φυσικού πρανούς είναι περίπου $u:\beta=1:1$. Σύμφωνα με τα σχέδια των διατομών της μελέτης εφαρμογής της οδοποιίας η κατασκευή επιχώματος με ηπιότερη κλίση θα είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ύψους του, ενώ στην αντίθετη περίπτωση η κατασκευή επιχώματος με κλίση πιο απότομη από 70° δεν προσέφερε σημαντική μείωση του ύψους. Έτσι υπόψη κλίση πρανών εξασφαλίζει τις βέλτιστες συνθήκες γεωμετρίας.



Εικόνα 50.Θέσεις των οπλισμών του οπλισμένου πρανούς.

Μεθοδολογία και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Για τη συγκεκριμένη περίπτωση στο οπλισμένο επίχωμα για την προστασία του πρανούς (επένδυση όψης) χρησιμοποιήθηκαν ειδικά συρματοκιβώτια πληρωμένα με λιθορριπή, διαστάσεων 2m x 1m x 1m (μήκος χπλάτος χύψος), τα οποία διαθέτουν προεξέχον τμήμα μήκους 4m, που χρησιμεύει και ως δευτερεύον οπλισμός.



Εικόνα 51. Τοποθέτηση των γεωσυνθετικών στο πρανές.

Οι γεωσυνθετικοί οπλισμοί (που αποτελούνται από κατάλληλα πολυμερικά γεωπλέγματα από πολυεστερικούς τένοντες σε περίβλημα πολυαιθυλενίου) του επιχώματος που χρησιμοποιήθηκαν στο έργο, τοποθετούνται σε οριζόντιες στρώσεις και καθ' ύψος αποστάσεις $S_v=0,5\text{m}$ στις αρχικές στρώσεις και $1,0\text{m}$ στα υψηλότερα σημεία του επιχώματος.

Ο πάδας του οπλισμένου επιχώματος εδράζεται σε αποστραγγιστική εξυγιαντική στρώση πάχους $0,50\text{m}$ από θραυστό καθαρό αμμοχάλικο ή χαλίκι, προκειμένου αφενός να τοποθετηθούν τα συρματοκιβώτια επένδυσης παρειάς και ο οπλισμός και αφετέρου να εξασφαλίζονται οι συνθήκες στράγγισης των υδάτων μέσω του πορώδους των χαλικιών.

Το υλικό επίχωσης προδιαγράφηκε να είναι επίλεκτο υλικό κατηγορίας E4 ή E3 κατά ΟΣΜΕΟ (κατά USCS οι ακόλουθες κατηγορίες γεωυλικών θεωρούνται κατάλληλες: GW, GP, GM, SP, SW, SM, SC) εφόσον: το λεπτόκοκκο κλάσμα (διερχόμενο από το κόσκινο N° 200) είναι λιγότερο από 25%, η διάμετρος του μέγιστου κόκκου είναι μικρότερη των 80mm , το όριο υδαρότητας και ο δείκτης πλαστικότητας είναι μικρότεροι από 20 και 10 αντίστοιχα ($\wedge 20$ και $P! .10$)

Συμπεράσματα

Η οπλισμένη γη βρίσκει όλο και περισσότερες εφαρμογές και ιδιαίτερα σε οπλισμένα πρανή. Η χρήση των οπλισμένων πρανών οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, που είναι όχι μόνο οικονομικά αλλά σχεδιαστικά και κατασκευαστικά. Το οικονομικό πλεονέκτημα της κατασκευής ενός ασφαλούς ενισχυμένου πρανούς, είναι αποτέλεσμα των συνολικών υλικών, των υλικών από την ζώνη εργασίας καθώς και της γενικότερης διαχείρισης των υλικών του έργου. Επίσης, είναι πιθανή η μείωση των απαιτήσεων των υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή ενός τεχνητού πρανούς. Για παράδειγμα, για την επιδιόρθωση των εδαφικών καθιζήσεων είναι πιθανή η χρησιμοποίηση των θραυσμάτων, των υλικών των υφιστάμενων εκσκαφών και άλλων υλικών του έργου αντί της χρησιμοποίησης καλύτερης ποιότητας υλικών. Επιπροσθέτως, τα υλικά από την ζώνη εργασίας μπορούν να αποβούν χρήσιμα και να βοηθήσουν σε μια πιο οικονομική επίτευξη του έργου, ειδικά σε έργα διευρύνσεων δρόμων σε αστικές περιοχές όπου είναι απαραίτητη η κατασκευή πολλών ζωνών εργασίας και αρκετά δαπανηρή σε κάποιες περιπτώσεις. Τα ενισχυμένα εδαφικά πρανή επίσης παρέχουν μια οικονομική εναλλακτική λύση στους τοίχους αντιστήριξης.

Σε κάποιες περιπτώσεις τα ενισχυμένα πρανή μπορούν να κατασκευαστούν στο μισό κόστος απ' ό,τι οι ενισχυμένοι εδαφικοί τοίχοι. Η χρήση βλάστησης στην

πρόσοψη των ενισχυμένων εδαφικών πρανών μπορεί να ενσωματώσει την κατασκευή πιο εύκολα στο φυσικό τοπίο και στο γενικότερο φυσικό περιβάλλον. Αυτό παρέχει ένα πλεονέκτημα κυρίως αισθητικό σε σχέση με τους υπόλοιπους κατασκευαστικούς τύπους συγκράτησης εδαφών. Βέβαια, υπάρχουν κάποια πιθανά θέματα συντήρησης της βλάστησης, όπως ο θερισμός της πρόσοψης του πρανούς, προβλήματα που εύκολα μπορούν να λυθούν χωρίς την μεγάλη δαπάνη χρόνου και χρημάτων. Όσον αφορά στον σχεδιασμό των πρανών, είναι ασφαλέστερο τα πλατύτερα μέρη του πρανούς να σχεδιάζονται με τον ίδιο συντελεστή ασφαλείας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της επικινδυνότητας έναντι μακροχρόνιας ευστάθειας στην ανάπτυξη του πρανούς. Τέτοια προβλήματα συχνά αφορούν συμπυκνωμένα πρανή που έχουν κατασκευαστεί με χαμηλούς συντελεστές ασφαλείας καθώς και για υλικά με οριακούς συντελεστές ασφαλείας.

Τα ενισχυμένα πρανή έχουν και κάποια μειονεκτήματα. Το κυριότερο από τα οποία είναι ότι απαιτείται ένα σχετικά μεγάλο κενό πίσω από τον πρανές ή την εξωτερική πρόσοψη έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αρκετό πλάτος πρανούς. Αυτό συμβάλει ουσιαστικά στην εσωτερική και την εξωτερική ευστάθεια. Επιπροσθέτως, απαιτείται κατάλληλη μέριμνα έτσι ώστε να αντιμετωπισθούν:

- (α) η διάβρωση των στοιχείων της ενίσχυσης,
- (β) η αλλοίωση των χαρακτηριστικών εκτεθειμένων στοιχείων της πρόσοψης όπως γεωσυνθετικά από τις υπεριώδης ακτινοβολίες,
- (γ) η πιθανή μεταβολή της θέσης των πολυμερικών ενισχύσεων στο έδαφος.

2.4 ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΙ (ΒΑΘΕΙΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ)

Ο σχεδιασμός και η ανάλυση των βαθιών θεμελιώσεων μπορεί να καταταγεί σε τρεις διακεκριμένες κατηγορίες αναλόγως προς τη μεθοδολογία που ακολουθείται, όπως σημειώνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορίες; Σχεδιασμού βαθιών θεμελιώσεων [9].

	Κατηγορίες σχεδιασμού πασσάλων	
Κατηγορία	Χαρακτηριστικά της μεθοδολογίας	Μέθοδοι για τον προσδιορισμό εδαφικών παραμέτρων
1	Εμπειρική, χωρίς να βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές της Εδαφομηχανικής.	Απλές επί τόπου ή εργαστηριακές δοκιμές και συσχετίσεις
2	Βάσει απλοποιητικής θεωρητικής ανάλυσης και θεμελιωδών αρχών της Εδαφομηχανικής.	Συνήθεις επί τόπου ή εργαστηριακές δοκιμές και μερική χρήση συσχετισμών.
3	Με βάση προχωρημένη θεωρητική ανάλυση και τις θεμελιώδεις αρχές της Εδαφομηχανικής.	Ειδικές εργαστηριακές ή επί τόπου δοκιμές βάσει καθορισμένων διαδρομών τάσεων.

1 : υπάγονται οι περισσότερες μέθοδοι υπολογισμού των πασσάλων, όπως π.χ. μέθοδοι που βασίζονται σε αποτελέσματα επί τόπου δοκιμών, περιλαμβάνουν εμπειρικές συσχετίσεις, οι οποίες όμως δεν βασίζονται απαραίτητα σε αρχές της Εδαφομηχανικής.

2 : υπάγονται μέθοδοι που περιλαμβάνουν απλοποιητικές θεωρήσεις (π.χ. της θεωρίας πλαστικότητας ή ελαστικότητας) και με τις οποίες είναι δυνατόν να εκτιμηθεί και η καθίζηση των πασσάλων. Στην κατηγορία αυτή οι απαραίτητες για την ανάλυση εδαφικές παράμετροι εκτιμώνται με τις συνήθεις εργαστηριακές ή επί τόπου δοκιμές.

3 : υπάγονται μέθοδοι που χρησιμοποιούν προχωρημένα αναλυτικά εδαφικά πρότυπα ή αριθμητικές αναλύσεις, όπως π.χ. πεπερασμένα στοιχεία ή συνοριακά στοιχεία. Για τον προσδιορισμό των εδαφικών παραμέτρων χρησιμοποιούνται ειδικές δοκιμές οι οποίες κατά το δυνατόν απεικονίζουν την εντατική κατάσταση του προβλήματος.

Σημειώνεται ότι και ο Ευρωκώδικας Γεωτεχνικής Μηχανικής, EC -7, αναγνωρίζει τρεις Κατηγορίες Σχεδιασμού ανάλογα με τη σοβαρότητα του έργου και τα διατιθέμενα γεωτεχνικά στοιχεία.

2.4.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κατά τον σχεδιασμό των θεμελιώσεων με πασσάλους θα πρέπει με κατάλληλους υπολογιστικούς ελέγχους, και κατά περίπτωση, να εξετάζονται τα ακόλουθα ενδεχόμενα, ώστε με την εφαρμογή των αντιστοίχων συντελεστών ασφαλείας και την λήψη των καταλλήλων μέτρων, συνολικώς οι θεμελιώσεις να είναι ασφαλείς και λειτουργικές [9]:

- Απώλεια της ολικής ευστάθειας (π.χ. θεμελιώσεις σε περιοχή φυσικών ή τεχνητών εδαφικών πρηνών).
- Διατμητική αστοχία του εδάφους λόγω εξίσωσης της εξωτερικής θλιπτικής φόρτισης με το αντίστοιχο οριακό φορτίο -φέρουσα ικανότητα του συστήματος εδάφους-πασσάλων.
- Αντίστοιχη αστοχία του συστήματος λόγω υπερβολικών εξωτερικών εφελκυστικών φορτίων (π.χ. σύστημα πασσάλων με σχετικά χαμηλά κατακόρυφα φορτία και δυσανάλογα υψηλές καμπτικές ροπές).
- Διατμητική αστοχία του εδάφους λόγω υπερβολικών οριζοντίων φορτίων (αστοχία κατά την παράπλευρη επιφάνεια του πασσάλου και στην ανώτερη ιδίως ζώνη του).
- Αστοχία του ίδιου του πασσάλου ως δομικού στοιχείου λόγω θλιπτικών ή εφελκυστικών ορθών τάσεων ή διατμητικών τάσεων, είτε υψηλών καμπτικών ροπών ή τέλος και λόγω λυγισμού.
- Συνδυασμένη σύγχρονη αστοχία του εδάφους και του πασσάλου
- Ανάπτυξη υπερβολικών καθιζήσεων (π.χ. σε πασσάλους με λειτουργία τριβής).
- Ανάπτυξη υπερβολικών κατακορύφων μετατοπίσεων από ανύψωση (π.χ. σε διογκούμενα εδάφη).
- Υπερβολικές πλευρικές μετατοπίσεις (π.χ. σε περίπτωση υψηλών οριζοντίων φορτίων σε πασσάλους διερχόμενους από μαλακή άργιλο).
- Υπερβολικές δονήσεις - ταλαντώσεις.

Σχόλια

- α) Οι παραπάνω υπολογιστικοί έλεγχοι σύμφωνα με το πνεύμα και του Ευροκώδικα EC - 7 (Γεωτεχνικός Σχεδιασμός) εντάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες οριακών καταστάσεων που πρέπει να μελετηθούν[9]:
 - i) Οριακές καταστάσεις αστοχίας (π.χ. απώλεια ολικής ευστάθειας, εξίσωση των εξωτερικών φορτίσεων με τα αντίστοιχα οριακά φορτία κ.λπ.).
 - ii) Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (π.χ. ανάπτυξη οριακώς αποδεκτών καθιζήσεων ή πλευρικών μετατοπίσεων).
- β) Σύμφωνα με τη συνήθη πρακτική της μελέτης θεμελιώσεων με πασσάλους ακολουθείται η εξής διαδικασία:
 - i) Επιλέγεται ο τύπος του πασσάλου και προεκτιμείται η διάμετρος (ή η πλευρά του B). Τέλος εκτιμάται το βάθος εδράσεως του πασσάλου (επομένως και το μήκος του L) βάσει των κατά περίπτωση συγκεκριμένων γεωτεχνικών συνθηκών.
 - ii) Για τα συγκεκριμένα γεωμετρικά δεδομένα B, L, υπολογίζεται η φέρουσα

- ικανότητα (Φ.Ι.) του μεμονωμένου πασσάλου, δηλαδή το οριακό φορτίο του, κατά την κατακόρυφο.
- iii) Για τον μεμονωμένο πάσσαλο, επίσης, υπολογίζεται το οριακό φορτίο του κατά την οριζόντιο.
 - iv) Με την εφαρμογή των κατάλληλων συντελεστών ασφαλείας υπολογίζεται το επιτρεπόμενο φορτίο του μεμονωμένου πασσάλου ή η αντοχή σχεδιασμού, τόσο για τις κατακόρυφες φορτίσεις όσο και για τις οριζόντιες. Στη συνέχεια, βάσει των εντατικών μεγεθών των προς θεμελίωση στοιχείων (π.χ. υποστύλωμα δομικού έργου, μεσόβαθρο γέφυρας κλπ.) υπολογίζεται ο αριθμός των απαιτούμενων πασσάλων και σχεδιάζεται η διάταξή τους για το συγκεκριμένο στοιχείο (ομάδα πασσάλων-πασσαλοεσχάρα).
 - v) Για το μεμονωμένο πάσσαλο υπολογίζεται η καθίζηση (για κατακόρυφες φορτίσεις) και η πλευρική μετατόπιση στην κεφαλή των πασσάλων (για οριζόντιες φορτίσεις), υπό τα αντίστοιχα επιτρεπόμενα φορτία ή μεγέθη σχεδιασμού.
 - vi) Για την ομάδα πασσάλων - πασσαλοεσχάρα εκτιμάται το συνολικό επιτρεπόμενο φορτίο (ή η αντοχή σχεδιασμού) τόσο κατά την κατακόρυφο όσο και κατά την οριζόντιο, καθώς και οι καθιζήσεις, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση των πασσάλων.
 - vii) Ακολουθεί η στατική επανεπίλυση του συστήματος για την οριστικοποιημένη πλέον ομάδα η πασσάλων καθώς και οι απαραίτητοι δομοστατικοί έλεγχοι (αντοχή των πασσάλων ως δομικών στοιχείων και σπλισμοί).
- γ) Αναλόγως του τύπου των φορτίσεων επί των πασσάλων γίνεται η ακόλουθη βασική διάκριση:
- i) Συνήθεις στατικές κατακόρυφες ή πλευρικές φορτίσεις.
 - ii) Ασυνήθεις φορτίσεις προερχόμενες από «εξωτερικές» μετακινήσεις του εδάφους, από κυκλικές ή επαναλαμβανόμενες φορτίσεις, καθώς και από δυναμικές φορτίσεις.

2.4.2 ΕΓΧΥΤΟΙ ΠΑΣΣΑΛΟΙ – ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΟΙ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία που αφορούν της λεπτομέρειες κατασκευής των φρεατοπασσάλων σε τεχνικά έργα. Τα στοιχεία προέρχονται από την βιβλιογραφική πηγή [10].

Ως **φρεατοπάσσαλοι** είναι οι έγχυτοι πάσσαλοι με διάμετρο μεγαλύτερη ή ίση από 0,80 m, οι οποίοι κατασκευάζονται με αφαίρεση του εδαφικού υλικού. Όπου αναφέρονται στην παρούσα ενότητα «έγχυτοι πάσσαλοι» ή «πάσσαλοι», εννοούνται και οι φρεατοπάσσαλοι.

Ως **λειτουργικοί πάσσαλοι** είναι οι ενσωματωμένοι στο έργο πάσσαλοι που επιτελούν ωφέλιμο έργο, αναλαμβάνοντας φορτία των κατασκευών.

Ως **μη λειτουργικοί πάσσαλοι** είναι οι πάσσαλοι που κατασκευάζονται, προκειμένου να διενεργηθούν δοκιμαστικές φορτίσεις για έλεγχο των συνθηκών υπεδάφους.

2.4.3 ΥΛΙΚΑ

Το τσιμέντο που χρησιμοποιείται σε πασσάλους είναι εγκεκριμένου τύπου, σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ EN 197-1 και κατάλληλης κατηγορίας αντοχής ώστε να επιτυγχάνονται οι απαιτούμενες ιδιότητες σκυροδέματος. Ο τύπος και η κατηγορία αντοχής του θα προσδιορίζονται από τη μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος, βάσει αιτιολογημένης πρότασης.

Ο μέγιστος κόκκος του μίγματος αδρανών που χρησιμοποιείται, τόσο για το σκυρόδεμα των πασσάλων όσο και για το σκυρόδεμα των κεφαλόδεσμων, δεν έχει μεγαλύτερη διάμετρο από $\Phi 32$ mm. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και στρογγυλεμένα αδρανή (όχι θραυστά) που να τηρούν όμως τις υπόλοιπες ιδιότητες των αδρανών του άρθρου «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα», βάσει αιτιολογημένης πρότασης της μελέτης σύνθεσης του σκυροδέματος. Τα αδρανή έρχονται σε τρία κλάσματα (δύο για τα σκύρα και ένα για την άμμο). Το μίγμα των αδρανών πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ των πινάκων του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ), στον οποίο παραπέμπει το άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα».

Το νερό θα προέρχεται από το δίκτυο πόσιμου ύδατος. Άλλως, ισχύουν τα αναφερόμενα στην προδιαγραφή του άρθρου «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα».

Σχετικά με την αποθήκευση, δειγματοληψία, ποιοτικό έλεγχο κλπ. χαρακτηριστικά των υλικών κατασκευής του σκυροδέματος, των πασσάλων και των κεφαλόδεσμων, ισχύουν τα αναφερόμενα στο άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα» του ΚΤΣ, το οποίο ισχύει και για την περίπτωση της χρήση εργοστασιακού σκυροδέματος και γενικά για την παραγωγή του σκυροδέματος των πασσάλων.

Σκυρόδεμα Πασσάλων[10]

Οι πάσσαλοι και οι φρεατοπάσσαλοι κατασκευάζονται από σκυρόδεμα κατηγορίας χαρακτηριστικής αντοχής τουλάχιστον 25 MPa (σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25), σύμφωνα με το άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα» και κατά τα λοιπά σύμφωνα με το DIN 1045 (την τελευταία ισχύουσα έκδοση).

Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο οποιουδήποτε τύπου και οποιασδήποτε κατηγορίας αντοχής δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 400 kg/m^3 σκυροδέματος. Σε κάθε περίπτωση, η μέγιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 500 kg/m^3 σκυροδέματος. Σε περίπτωση βλαπτικού περιβάλλοντος, χρησιμοποιείται τσιμέντο ανθεκτικό σε θειικά (sulfateresistingcement).

Η κάθιση (slump) του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 100 mm, συνήθως της τάξης των 200 mm έως 220 mm.

Κατά τη μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος των πασσάλων πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ρευστότητα του μίγματος, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι εμφράξεις των σωλήνων σκυροδέτησης. Για την εξασφάλιση της απαιτούμενης κανονικής ρευστότητας κατά τη σκυροδέτηση των πασσάλων με σωλήνες, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την παραλαβή και συσώρευση των αδρανών στο εργοτάξιο

με δοκιμές κοσκινίσματος για την εξακρίβωση της συμφωνίας της κοκκομέτρησης των αδρανών προς την προδιαγραφόμενη από τη μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος.

Στη μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος θα πρέπει να δοθεί και καμπύλη ανάπτυξης της αντοχής του σκυροδέματος με θραύση δοκιμίων τουλάχιστον σε 7 και 28 μέρες (τα δοκίμια αυτά θα συντηρούνται κανονικά σύμφωνα με το DIN 1048), όπως επίσης και η καμπύλη του λόγου νερό / τσιμέντο.

Σκυρόδεμα Κεφαλόδεσμων[10]

Οι κεφαλόδεσμοι κατασκευάζονται από σκυρόδεμα κατηγορίας χαρακτηριστικής αντοχής 15 MPa (150 kg/cm²) ή 25 MPa (250 kg/cm²), σύμφωνα με το άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα» και ανάλογα προς τα προδιαγραφόμενα στην εγκεκριμένη τεχνική μελέτη.

Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο, ανεξάρτητα από την κατηγορία αντοχής, θα πρέπει να τηρεί τα ελάχιστα και μέγιστα όρια που αναφέρθηκαν παραπάνω

Η κάθιση του σκυροδέματος θα πρέπει να είναι κατάλληλη για τις τοπικές συνθήκες που κατασκευάζεται ο κεφαλόδεσμος (πυκνότητα οπλισμού, σκυροδέτηση στο νερό κλπ.) γενικά όμως το σκυρόδεμα πρέπει να ανήκει στην κατηγορία του «πλαστικού» και «ημίρρευστου» σκυροδέματος (με κάθιση μεγαλύτερη από 3 cm).

Για το σκυρόδεμα των κεφαλόδεσμων ορίζεται, σύμφωνα με το άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα», ότι ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να συντάξει και υποβάλει στην Υπηρεσία μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος κατά την παραπάνω παράγραφο.

Ποιοτικός Έλεγχος Σκυροδέματος[10]

Σαν κριτήριο ποιοτικού ελέγχου για την αποδοχή του σκυροδέματος των πασσάλων και των κεφαλόδεσμων ορίζεται η θλιπτική αντοχή σε κυβικά δοκίμια ακμής 15 cm κανονικά συντηρούμενα και δοκιμαζόμενα σε θλίψη σε ηλικία 28 ημερών.

Για τον έλεγχο συμμόρφωσης του σκυροδέματος των πασσάλων ισχύει ο χωρισμός σε «παρτίδες σκυροδέματος», σύμφωνα με τις παραγράφους 13.3 και 13.5 του ΚΤΣ '97 (βλ. και άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα»). Ισχύουν επιπλέον και τα ακόλουθα:

- Μια παρτίδα σκυροδέματος θεωρείται ότι αποτελούν το πολύ οι 10 πρώτοι πάσσαλοι του έργου, από την οποία θα λαμβάνονται δοκίμια για τον έλεγχο συμμόρφωσης του σκυροδέματος σε ηλικία 28 ημερών. Επιπλέον, από τα ίδια μίγματα παρασκευής των παραπάνω δοκιμίων, παρασκευάζονται πρόσθετα δοκίμια, τα οποία συντηρούμενα κανονικά, ελέγχονται σε ηλικία 7 ημερών. Στην περίπτωση χρήσης εργοστασιακού σκυροδέματος τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αποτελέσματα της καμπύλης ανάπτυξης της αντοχής του σκυροδέματος που έχει δοθεί από το εργοστάσιο παραγωγής. Στην περίπτωση χρήσης εργοταξιακού σκυροδέματος, τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά της καμπύλης ανάπτυξης που έχει προκύψει από τους προκαταρκτικούς ελέγχους παραγωγής σκυροδέματος.

- Οι επόμενες παρτίδες σκυροδέματος αποτελούνται από το πολύ 25 πασσάλους. Από αυτές θα λαμβάνονται δοκίμια για τον έλεγχο συμμόρφωσης του σκυροδέματος σε ηλικία 28 ημερών. Τα δοκίμια αυτά λαμβάνονται από νωπό σκυρόδεμα, σύμφωνα με τα προδιαγραφόμενα στο άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα».

Για τον έλεγχο συμμόρφωσης του σκυροδέματος των κεφαλόδεσμων, ισχύουν τα ακόλουθα, σε συμπλήρωση της σχετικής παραγράφου του ΚΤΣ:

- Ο πρώτος κεφαλόδεσμος του έργου ανά κατηγορία αντοχής του σκυροδέματος αποτελεί μία παρτίδα σκυροδέματος, για την οποία ισχύουν τα προδιαγραφόμενα σχετικά με τις απαιτούμενες δειγματοληψίες και δοκιμές.
- Οι επόμενες παρτίδες σκυροδέματος των κεφαλόδεσμων αποτελούνται από το πολύ 3 κεφαλόδεσμους ανά κατηγορία αντοχής σκυροδέματος του έργου για τις οποίες ισχύουν τα προδιαγραφόμενα σχετικά με τις απαιτούμενες δειγματοληψίες και δοκιμές.

Αν κατά τη διάρκεια των εργασιών πασσάλων η σύνθεση του σκυροδέματος μεταβάλλεται ή το σκυρόδεμα προέρχεται από διαφορετικές πηγές προέλευσης, θα πρέπει οι παραπάνω διαδικασίες χωρισμού και ελέγχου παρτίδων σκυροδέματος να γίνονται σαν να πρόκειται κάθε φορά για ένα νέο έργο.

Οπλισμός [10]

Η ποιότητα των οπλισμών των πασσάλων θα είναι αυτή που περιγράφεται στα σχέδια και πάντως τουλάχιστον S500. Οι ράβδοι κατά την επεξεργασία και τη σκυροδέτηση καθαρίζονται από την επιφανειακή χαλαρή σκουριά. Όλες οι διασταυρούμενες ράβδοι πρέπει να δένονται με σύρμα. Ο κλωβός του οπλισμού κατασκευάζεται στο σύνολο του μήκους του. Η γεωμετρία του κλωβού που προδιαγράφεται στη μελέτη, θα επιτυγχάνεται και θα εξασφαλίζεται με προσωρινά βοηθητικά υποστηρίγματα απαραίτητα για το σχηματισμό στερεού κλωβού.

Για την ασφαλή τήρηση της επικάλυψης των οπλισμών των πασσάλων με σκυρόδεμα και την εξασφάλιση της σωστής τοποθέτησης του διαμήκους οπλισμού πρέπει τουλάχιστον ανά διάστημα το πολύ 2,5 m να διατάσσονται στον οπλισμό δακτύλιοι (αποστάτες) 5 mmx60 mm, οι οποίοι θα συγκολλούνται στους συνδετήρες για τη διατήρηση των αποστάσεων.

Τα μήκη επικάλυψης των διαμήκων ράβδων των πασσάλων θα είναι σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ). Οι συνδετήρες θα είναι σφιχτά τοποθετημένοι γύρω από τις διαμήκεις ράβδους. Η απαιτούμενη κάλυψη του οπλισμού και η συμμετρική τοποθέτηση του κλωβού στην οπή θα επιτυγχάνεται με ειδικά υποστηρίγματα-αποστάτες (spaceblocks). Ηλεκτροσυγκόλληση οπλισμών επιτρέπεται μόνο κατά το DIN 4049.

Όσον αφορά στους οπλισμούς των κεφαλόδεσμων, ισχύουν οι γενικές απαιτήσεις των σιδηρών οπλισμών έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Διατρητικό Υγρό[10]

Για την εξασφάλιση / στήριξη των τοιχωμάτων του διατρήματος / φρέατος, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως διατρητικό υγρό αιώρημα μπεντονίτη.

Ο μπεντονίτης που προσκομίζεται στο εργοτάξιο, πριν την ανάμιξή του με νερό, θα είναι σύμφωνος προς την προδιαγραφή DFCP 4 του Συνδέσμου Εταιρειών Πετρελαιοειδών Υλικών. Ο Ανάδοχος ζητά από τον προμηθευτή του υλικού το σχετικό πιστοποιητικό ποιότητας που να δείχνει τις ιδιότητες κάθε προσκομιζόμενης ποσότητας μπεντονίτη στο εργοτάξιο. Τα παραπάνω πιστοποιητικά ποιότητας θα κατατίθενται στην Υπηρεσία. Οι ιδιότητες που θα δίδονται από τον προμηθευτή του υλικού είναι το εύρος διακύμανσης του φαινομένου ιξώδους και το εύρος διακύμανσης της αντοχής πηκτώματος (gel) για σωματίδια στο νερό.

Ο μπεντονίτης αναμιγνύεται με καθαρό νερό, ώστε να δημιουργηθεί ένα αιώρημα, το οποίο θα εξασφαλίζει την ευστάθεια του σκάμματος του πασσάλου για την αναγκαία περίοδο σκυροδέτησης και την ολοκλήρωση της κατασκευής. Η θερμοκρασία του νερού που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάμιξη του αιωρήματος μπεντονίτη και η θερμοκρασία του αιωρήματος κατά τη χρήση του στο σκάμμα του πασσάλου, δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 5°C. Στην περίπτωση συνάντησης αλμυρού ή χημικώς επικίνδυνου υπόγειου νερού, λαμβάνονται ειδικές προφυλάξεις ώστε να εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση το κατάλληλο αιώρημα για την κατασκευή των πασσάλων.

Για τις δοκιμές που αφορούν το διατρητικό υγρό ισχύουν τα ακόλουθα:

- Η συχνότητα των δοκιμών του διατρητικού υγρού και η μέθοδος δειγματοληψίας προτείνονται από τον Ανάδοχο στην Υπηρεσία πριν από την έναρξη των εργασιών. Η συχνότητα μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τη συνέπεια των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν.
- Οι δοκιμές ελέγχου θα διεξάγονται στο αιώρημα μπεντονίτη με τη χρήση καταλλήλων συσκευών.
- Για λόγους ποιοτικού ελέγχου, η πυκνότητα του αιωρήματος μπεντονίτη μετράται μία φορά την ημέρα. Η συσκευή μέτρησης θα πρέπει να έχει ρυθμισθεί, ώστε να μετρά με ακρίβεια 0,005 g/cm³.
- Επίσης διενεργούνται δοκιμές πυκνότητας, ιξώδους, διατμητικής αντοχής και τιμής PH στο αιώρημα μπεντονίτη (διότι, κατά την πρόοδο σκυροδέτησης του πασσάλου, το PH του αιωρήματος μπεντονίτη που βρίσκεται στο σκάμμα της οπής του πασσάλου, αυξάνει λόγω της επαφής του με το νωπό σκυρόδεμα). Μείωση του PH είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με την προσθήκη όξινου ή δισόξινου φωσφορικού νατρίου.
- Για μέσες εδαφικές συνθήκες, τα αποτελέσματα γενικά θα πρέπει να βρίσκονται μεταξύ των ορίων του παρακάτω πίνακα. Οι δοκιμές θα επαναλαμβάνονται μέχρι να υπάρξει συνεπής αντιστοίχιση των αποτελεσμάτων προς τον τρόπο εργασίας. Στη διαδικασία ανάμιξης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:
 - κάθε προσθήκη νέου αιωρήματος μπεντονίτη,
 - τα προηγούμενα αιωρήματα και
 - κάθε ενδεχόμενη διαδικασία αφαίρεσης όλων των ακαθαρσιών από το ήδη χρησιμοποιημένο αιώρημα μπεντονίτη.
- Όταν τα αποτελέσματα δείξουν συνεπή αντιστοίχιση, οι δοκιμές διατμητικής αντοχής και PH μπορούν να διακοπούν και να εξακολουθήσουν μόνο οι

δοκιμές πυκνότητας και ιξώδους, σε συχνότητα που θα συμφωνηθεί με την Υπηρεσία.

- Σε περίπτωση τροποποίησης της ακολουθούμενης μεθόδου εργασίας, θα επαναληφθούν οι δοκιμές διατμητικής αντοχής και ΡΗ επί μία ορισμένη περίοδο σύμφωνα με τα παραπάνω.
- Υπεύθυνος πάντως για την παρασκευή και τα χαρακτηριστικά του αιωρήματος του μπεντονίτη είναι πάντοτε ο Ανάδοχος, ο οποίος θα μπορεί να τροποποιεί, ύστερα από αιτιολογημένη πρόταση, τα χαρακτηριστικά του παρακάτω πίνακα, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Ύστερα από αιτιολογημένη πρόταση, ο Ανάδοχος μπορεί να προτείνει και τροποποίηση των μεθόδων δοκιμών. Η τροποποίηση των χαρακτηριστικών και των μεθόδων δοκιμών υποβάλλονται προς έγκριση στην Υπηρεσία.
- Το αιώρημα του μπεντονίτη είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθεί μετά από σκυροδέτηση ενός πασσάλου. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να διατίθενται στο εργοτάξιο τα κατάλληλα μέσα (π.χ. από αμμοθήρες) για τον καθαρισμό του αιωρήματος από την άμμο και τα πλέον χονδρόκοκκα υλικά. Η περιεκτικότητα σε άμμο του επαναχρησιμοποιούμενου αιωρήματος μπεντονίτη δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Στην περίπτωση λεπτοκόκκων προσμίξεων, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να διατηρηθούν τα χαρακτηριστικά του πίνακα στο μίγμα του επαναχρησιμοποιούμενου και νέου αιωρήματος.

Σαν διατρητικό υγρό είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί και άλλο υγρό της επιλογής του Αναδόχου, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και τη φύση του έργου, ύστερα από τεκμηριωμένη πρόταση ειδικού οίκου κατασκευής πασσάλων και μετά από έγκριση της Υπηρεσίας. Διευκρινίζεται πάντως, ότι για την επιλογή του διατρητικού υγρού που θα χρησιμοποιηθεί, απόλυτα υπεύθυνος είναι ο Ανάδοχος. Για τη χρήση του όποιου νέου διατρητικού υγρού, ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει στοιχεία επιτυχούς εφαρμογής του σε παρόμοια έργα, καθώς και τις σχετικές μεθόδους ποιοτικού ελέγχου.

Πίνακας. Χαρακτηριστικά αιωρήματος μπεντονίτη μέσα στο φρέαρ πασσάλων για μέσες εδαφικές συνθήκες[10].

#	Μετρούμενη ιδιότητα	Διακύμανση αποτελεσμάτων για 20°C	Μέθοδος ελέγχου
1	Πυκνότητα	1,00 g/cm ³ - 1,10 g/cm ³	Μέθοδος της ισορροπίας πυκνότητας ιλύος (muddensitybalance)
2	Ιξώδες	30 sec – 40 sec ^(α) ή λιγότερο των 20 cP ^(β)	Μέθοδος του ιξωδόμετρου του κώνου του Marshfanviscometer
3	Διατμητική αντοχή (αντοχή πήκτωματος 10 min)	1,4 N/m ² - 10 N/m ² ή 4 N/m ² - 10 N/m ²	Μέθοδος του ιξωδόμετρου διατμητικής αντοχής shearometerfanviscometer ^(γ)

4	PH	7,5 - 12 ^(δ)	Ενδεικτικές χαρτοταινίες PH (χάρτης ηλιοτροπίου), συσκευή του Beckmann κτλ.
---	----	-------------------------	---

^(α) Συνήθως ο χρόνος εκκένωσης του κώνου του Marsh βρίσκεται στην περιοχή των 38 sec - 41 sec.

^(β) cP = centiPoise (εκατοστό του «πουάζ»): Μονάδα μέτρησης ιξώδους (δυναμικού).

^(γ) Όταν προδιαγράφεται η χρήση fanviscometer, το δείγμα του αιωρήματος πρέπει να περνάει προηγουμένως από ένα κόσκινο No 52 BS (0,3 mm) πριν τη διεξαγωγή της δοκιμής.

^(δ) Εφιστάται ιδιαίτερος προσοχή για PH μεγαλύτερο από 10,2 γιατί το αιώρημα μπορεί να χάσει τις θιξοτροπικές ιδιότητές του και να «κόψει». Συνιστάται το PH του ύδατος του αιωρήματος να κυμαίνεται μεταξύ του 7,00 και του 8,50.

2.4.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ - ΓΕΝΙΚΑ

Η σύσταση των εδαφών, στα οποία είναι δυνατόν να κατασκευαστούν πάσσαλοι, κυμαίνεται, ενδεικτικά, από φερτά υλικά, πρόσφατες αποθέσεις και μάργες μέχρι σχιστόλιθους μεταβαλλόμενου βαθμού κερματισμού και εξαλλοίωσης. Ενδέχεται όμως κατά την κατασκευή των πασσάλων να συναντηθούν και σκληρότερα πετρώματα, όπως ασβεστόλιθοι (με κυμαινόμενο βαθμό ρηγμάτωσης ή και υγείς εμφανίσεις μικρών κρυσταλλικών και δολομιτικών ασβεστόλιθων και κερατολίθων) ή και άλλα ακόμη σκληρότερα πετρώματα κατηγορίας βράχου και οποιασδήποτε σκληρότητας.

Όλα τα διαθέσιμα στοιχεία εδάφους παραδίδονται από την Υπηρεσία Επίβλεψης στον Ανάδοχο. Ο Ανάδοχος υποχρεούται, αν δεν προδιαγράφεται διαφορετικά στους όρους δημοπράτησης, να εκτελέσει **επιπλέον έρευνες** με δική του μέριμνα και δαπάνη, με σκοπό την επαλήθευση των εδαφοτεχνικών στοιχείων της μελέτης. Η **συμπληρωματική γεωτεχνική έρευνα** εκτελείται με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχει πληροφορίες για τη φύση του υπεδάφους, τόσο γύρω όσο και κάτω από τη στάθμη των προτεινομένων πασσάλων, συμπεριλαμβανομένων όλων των εδαφικών στρώσεων που πρόκειται να συνεισφέρουν σημαντικά στις αναμενόμενες καθιζήσεις.

Σε περίπτωση που με τη διεξαγωγή της συμπληρωματικής γεωτεχνικής έρευνας προκύψουν διαφορές, ο Ανάδοχος υποβάλλει στην Υπηρεσία Επίβλεψης σχετικές προτάσεις, η οποία στη συνέχεια αποφασίζει για την αντιμετώπιση του θέματος κατά την απόλυτη κρίση της. Σε κάθε περίπτωση ο Ανάδοχος είναι απόλυτα υπεύθυνος για την εμπρόθεσμη διενέργεια του συμπληρωματικού προγράμματος ερευνών και την τυχόν υποβολή προτάσεων αντιμετώπισης των πιθανών προβλημάτων.

Επίβλεψη Κατασκευής[10]

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής των πασσάλων, θα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς στο εργοτάξιο, εκ μέρους του Αναδόχου, ο υπεύθυνος Μηχανικός της εταιρείας κατασκευής των πασσάλων ή ο αντικαταστάτης του.

Για την κατασκευή κάθε πασσάλου θα πρέπει να συμπληρώνεται στο εργοτάξιο ένα έντυπο, το οποίο θα επιδεικνύεται καθημερινά στην Υπηρεσία από τον υπεύθυνο εργοστασιάρχη ή τον εκπρόσωπό του.

Ο Ανάδοχος υποχρεούται να παρέχει όλον τον απαιτούμενο μηχανικό εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις για την κατασκευή των έγχυτων πασσάλων, την επαρκή ποσότητα σωλήνων προστασίας κατά τη φάση της εκσκαφής καθώς και τα απαραίτητα μηχανήματα για την εξαγωγή των σωλήνων.

Ο Ανάδοχος δεν αποζημιώνεται για σωλήνες που δεν μπορούν να ανασυρθούν. Σωλήνες με σαφή φθορά ή καταπόνηση δε γίνονται δεκτοί. Ο εν λόγω εξοπλισμός θα παραμείνει στο έργο μέχρι το τέλος των εργασιών κατασκευής των πασσάλων και για την απομάκρυνσή του απαιτείται έγγραφη έγκριση της Υπηρεσίας.

Υποβολές [10]

Ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να υποβάλει στην Υπηρεσία για έγκριση, όχι αργότερα από την προθεσμία που ορίζεται και τουλάχιστον ένα μήνα πριν την έναρξη των εργασιών κατασκευής των πασσάλων, τα ακόλουθα στοιχεία:

- Λεπτομερή περιγραφή της μεθόδου κατασκευής των πασσάλων. Η προτεινομένη μέθοδος, εφόσον δεν ορίζεται διαφορετικά στα συμβατικά τεύχη και τους περιβαλλοντικούς όρους, θα πρέπει να μη δημιουργεί προβλήματα ασφάλειας των γειτονικών κατασκευών ή υπερβολικού θορύβου και ενόχλησης των περίοικων.
- Λεπτομερή κατάλογο των μηχανημάτων που προτίθεται να χρησιμοποιήσει.
- Σύνθεση τεχνικού προσωπικού, επικεφαλής του οποίου θα πρέπει να είναι εργοδηγός βεβαιωμένης πείρας σε εργασίες πασσάλων και το όνομα του αντικαταστάτη αυτού που θα πρέπει και αυτός να έχει τα ίδια προσόντα.
- Μέθοδο ελέγχου συνεχείας της σκυροδέτησης των κατασκευαζόμενων πασσάλων.

Ο Ανάδοχος πρέπει επίσης να υποβάλει στην Υπηρεσία προς έγκριση πρόγραμμα διαδοχής και χρονικής διάρκειας εκσκαφής και σκυροδέτησης των πασσάλων, έτσι ώστε να αποφεύγεται η βλάβη των γειτονικών πασσάλων. Ο Ανάδοχος πρέπει να ενημερώνει καθημερινά την Υπηρεσία για το πρόγραμμα των εργασιών της επομένης. Για κάθε κατασκευαζόμενο πάσσαλο ο Ανάδοχος πρέπει να διατηρεί λεπτομερές Μητρώο Κατασκευής Έγχυτων Πασσάλων (και Φρεατοπασσάλων) με όλα τα σχετικά στοιχεία του πασσάλου. Τονίζεται ότι η τήρηση του εν λόγω πίνακα είναι υποχρεωτική ενώ η δαπάνη τήρησής του περιλαμβάνεται ανοιγμένα στις τιμές μονάδας των υπολοίπων εργασιών. Η παράλειψη τήρησής του θα θεωρείται έλλειψη ουσιώδους επιμετρητικού στοιχείου κατά την πιστοποίηση των εργασιών πασσάλων.

Χάραξη θέσεων – Ανοχές [10]

Η χάραξη των αξόνων των πασσάλων γίνεται με εξάρτηση από αξιόπιστα σημεία αναφοράς, σύμφωνα με τη μελέτη (για πασσάλους γεφυρών η χάραξη των πασσάλων συνήθως εξαρτάται από τον άξονα χάραξης της οδού, ενώ για οικοδομικά έργα η χάραξη των πασσάλων συνήθως εξαρτάται από τις οικοδομικές - ρυμοτομικές γραμμές).

Η θέση κάθε πασσάλου πριν από την κατασκευή εξασφαλίζεται με κατάλληλα μέσα. Η πραγματική θέση του κέντρου του πασσάλου μετά την κατασκευή και την αποκοπή δεν επιτρέπεται να αποκλίνει από το θεωρητικό κέντρο περισσότερο από 75 mm σε κάθε κατεύθυνση. Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση του άξονα του πασσάλου από την κατακόρυφο για κατακόρυφους πασσάλους είναι $\Gamma = 0.013$ (δηλ. 1:75). Για τυχόν κεκλιμένους πασσάλους με κλίση μέχρι $\alpha:\beta = 4:1$ η μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση του άξονα από την προδιαγεγραμμένη κλίση είναι 1:25.

Η βία και η εκ των υστέρων επιδιόρθωση κατασκευασμένων πασσάλων δεν επιτρέπεται.

Η διάμετρος των πασσάλων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την προδιαγραφόμενη από τη μελέτη και τους λοιπούς όρους δημοπράτησης.

Πάσσαλοι οι οποίοι, σε οποιονδήποτε χρόνο και για οποιονδήποτε λόγο, αποδειχθούν ελαττωματικοί, απορρίπτονται από την Υπηρεσία και τα έξοδα για την αποκατάσταση βαρύνουν τον Ανάδοχο.

Προετοιμασία[10]

Ο Ανάδοχος κατασκευάζει βάσεις (εξέδρες) εργασίας σε κάθε κεφαλόδεσμο. Οι βάσεις πρέπει να είναι οριζόντιες και ανθεκτικές στη χρήση από τα μηχανήματα κατασκευής του έργου ενώ υψομετρικά πρέπει να βρίσκονται τουλάχιστον 50 cm - 70 cm υψηλότερα από τη στάθμη αποκοπής των πασσάλων.

2.4.5 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΣΣΑΛΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνικές προδιαγραφές και λεπτομέρειες που αφορούν και ρυθμίζουν τη διαδικασία διάτρησης του εδάφους για την κατασκευή πασσάλων. Οι πληροφορίες προέρχονται επίσης από την βιβλιογραφική πηγή [10].

α. Γενικά στοιχεία.

- ✚ Απαγορεύεται η εκσκαφή κοντά σε άλλους πασσάλους που έχουν πρόσφατα σκυροδετηθεί και το σκυρόδεμά τους είναι ακόμα εργάσιμο ή που δεν έχουν ακόμα σκυροδετηθεί, για την αποφυγή ενδεχομένων ζημιών.
- ✚ Τα προϊόντα ορυγμάτων απομακρύνονται και είτε αποτίθενται (προσωρινά) στην περιοχή του εργοταξίου είτε διατίθενται για την κατασκευή επιχωμάτων ή απομακρύνονται σε οιαδήποτε απόσταση από το έργο και αποτίθενται σε θέσεις που επιτρέπεται από τις αρμόδιες τοπικές Αρχές και ύστερα από έγκριση της Υπηρεσίας.

β. Διατρητικά Εργαλεία.

Τα διατρητικά εργαλεία θα είναι κατάλληλα για τις συνθήκες εδάφους και υπογείων υδάτων. Η επιλογή των καταλλήλων διατρητικών εργαλείων βασίζεται στο κριτήριο αποφυγής χαλαρώσεων του εδάφους έξω από τη διάμετρο του πασσάλου και κάτω από τον πόδα του. Επειδή τέτοια χαλάρωση συχνά συμβαίνει μετά από πάροδο χρόνου, ενδείκνυται η χρήση εξοπλισμού, με τον οποίο επιτυγχάνεται ταχύτερη διάτρηση και η ελαχιστοποίηση του χρόνου μεταξύ συμπλήρωσης της διάτρησης και της σκυροδέτησης. Σε περίπτωση που τα τοιχώματα της διάτρησης εξασφαλίζονται με υπερπίεση διατρητικού υγρού, δεν πρέπει αυτή η υπερπίεση να επηρεάζεται σημαντικά από την ανάσυρση του κοπτικού εργαλείου, γιατί αυτό ενεργεί σαν έμβολο κατά την αφαίρεση της συσκευής διάτρησης.

Η διάνοιξη της οπής με περιστροφή και κατάλληλα κοπτικά οδηγούμενα εργαλεία, π.χ. τύπου ελικοειδούς αρίδας μικρού μήκους (auger), εφαρμόζεται ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου το υπέδαφος δεν είναι συνεκτικό και υπάρχει υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, οπότε η στήριξη των τοιχωμάτων της οπής επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση του μπεντονιτικού αιωρήματος, το οποίο γεμίζει την οπή μέχρι την επιφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια της διάνοιξης.

γ. Διάτρηση με Προσωρινή Σωλήνωση Προστασίας

Η προσωρινή σωλήνωση προστασίας (ή αλλιώς σωλήνας προώθησης) τοποθετείται στο σύνολο ή σε τμήματα της οπής (διατρήματος) για την προστασία των τοιχωμάτων. Η σωλήνωση δεν πρέπει να έχει σημαντικές επιφανειακές παραμορφώσεις και εσωτερικά, για λόγους ομαλής σκυροδέτησης, δεν πρέπει να έχει περιβάλλοντα τμήματα ή/και υπολείμματα από προηγούμενη σκυροδέτηση.

Έστω και αν η συγκράτηση των τοιχωμάτων της οπής επιτυγχάνεται με άλλο τρόπο, στην αρχή της οπής θα χρησιμοποιείται ένα μικρό τμήμα σωλήνωσης για την τοπική υποστήριξη.

Η προσωρινή σωλήνωση της διάτρησης χρησιμεύει στην παρεμπόδιση της χαλάρωσης του εδάφους γύρω από τον πάσσαλο κατά τη διάτρηση. Η προσωρινή σωλήνωση είναι υποχρεωτική όταν το διατρημένο έδαφος, ακόμα και με χρήση στηρίζοντος διατρητικού υγρού, δεν είναι ασφαλές λόγω καταπτώσεων των τοιχωμάτων της οπής.

Σε διατρήσεις κάτω από την επιφάνεια των υπογείων υδάτων, πρέπει μέσα στη σωλήνωση διάτρησης να διατηρείται σταθερή υπερπίεση ύδατος ή άλλου στηρίζοντος διατρητικού υγρού (συνήθως αιωρήματος μπεντονίτη7), έτσι ώστε να αποφεύγεται η υδραυλική θραύση του εδάφους προς το εσωτερικό της οπής και να αποκλείεται με ασφάλεια η είσοδος μεμονωμένων εδαφικών τεμαχιδίων από την εισροή των υπογείων υδάτων μέσα στο διάτρημα.

Η σωλήνωση πρέπει να προηγείται της διάτρησης περισσότερο ή λιγότερο, ανάλογα με το είδος του εδάφους, ώστε να αποφεύγονται χαλαρώσεις του πυθμένα του διατρήματος κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της διάτρησης. Σε μαλακά συνεκτικά ή μη συνεκτικά εδάφη, ιδιαίτερα σε λεπτή άμμο και ιλύ κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα, απαιτείται γενικώς ένα προβάδισμα της σωλήνωσης μέχρι το μισό της διαμέτρου του διατρήματος.

Σε περίπτωση που παρατηρείται είσοδος εδάφους από τον πυθμένα, πρέπει να αυξηθεί το προβάδισμα ή η υπερπίεση του στηρίζοντος διατρητικού υγρού. Όταν το έδαφος δεν επιτρέπει την αύξηση του προβαδίσματος, πρέπει να αυξηθεί η υπερπίεση του υγρού ενδεχομένως και με χρήση προσθέτων σωλήνων και επέκταση της σωλήνωσης της διάτρησης πάνω από το έδαφος.

Δεν πρέπει να υπάρχει προβάδισμα του διατρητικού μηχανήματος, αλλά η σωλήνωση να ακολουθεί άμεσα τη διάτρηση. Για το λόγο αυτό πρέπει να ασκείται στον σωλήνα εκτός από την στρεπτική ροπή και επαρκής κατακόρυφη δύναμη, ώστε να επιτυγχάνεται η διείσδυσή του.

Δεν επιτρέπεται να γίνεται εισαγωγή της προσωρινής σωλήνωσης προστασίας με τη μέθοδο της «υδραυλικής υποσκαφής» (με τη βοήθεια εκσκαφής με πεπιεσμένο αέρα ή νερό).

Κατά το τέλος της διάτρησης και όταν δεν απαιτείται διαπλάτυνση της βάσης του πασσάλου, πρέπει το έδαφος να καθαρισθεί μέχρι τον πυθμένα της σωλήνωσης, ώστε να αποφευχθούν χαλαρώσεις του εδάφους κάτω από την βάση του πασσάλου κατά την αφαίρεση της σωλήνωσης. Επειδή στην κατάσταση αυτή ο πυθμένας της διάτρησης είναι εκτεθειμένος σε κίνδυνο χαλαρώσεων, λόγω της αφαίρεσης του φορτίου εδάφους που αντιστοιχεί στο προβάδισμα της σωλήνωσης, πρέπει η σκυροδέτηση του πασσάλου να γίνει αμέσως μετά το καθάρισμα του πυθμένα. Για να αποφεύγονται χαλαρώσεις στο περιβάλλον του πασσάλου που κατασκευάζεται με διάτρηση με σωλήνωση, «η προεξοχή του διατρητικού εργαλείου» στον πυθμένα της σωλήνωσης πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερη. Η εργασία της σωλήνωσης δεν επιτρέπεται να γίνεται με τη βοήθεια υδραυλικής υποσκαφής.

δ. Διάτρηση χωρίς Σωλήνωση

Σε σταθερά εδάφη μπορεί να παραλειφθεί η βοηθητική σωλήνωση της διάτρησης. Σε διατρήσεις χωρίς σωλήνωση, όταν η διάτρηση διέλθει μέσα από εδαφικά στρώματα χαλαρά και με τάση προς κατάπτωση, πρέπει το τοίχωμα του διατρήματος να στηριχθεί με υπερπίεση διατρητικού υγρού. Σε αυτήν την περίπτωση εξετάζεται, ενδεχομένως, η εκ των υστέρων εισαγωγή σωληνώσεων.

Η κατασκευή πασσάλου με διάτρηση χωρίς σωλήνωση είναι δυνατόν να επιφέρει χαλαρώσεις του περιβάλλοντος του πασσάλου σε μη συνεκτικά εδάφη, ιδιαίτερα σε χαλικώδη και πετρώδη εδάφη. Σε περίπτωση χρήσης αιωρήματος μπεντονίτη ως στηρίζοντος διατρητικού υγρού, είναι δυνατόν να επηρεασθεί δυσμενώς η αντοχή του πασσάλου, λόγω δημιουργίας στρώσης φίλτρου. Επειδή χαλαρώσεις του εδάφους στο περιβάλλον διατρήσεων χωρίς σωλήνωση τείνουν να αυξάνονται με το χρόνο, πρέπει η σκυροδέτηση να ακολουθεί αμέσως μετά τη διάτρηση. Το προαναφερόμενο τμήμα της διάτρησης πρέπει να εξασφαλίζεται από κατάρρευση από τις επιφανειακές δράσεις της κατασκευής με σωλήνωση λίγων μέτρων.

ε. Διαπλάτυνση Πυθμένα

Σε περίπτωση που το είδος των εδαφικών στρώσεων επιβάλλει να αναληφθεί η φόρτιση κυρίως από το κάτω άκρο του πασσάλου, τότε η διατομή του πασσάλου στην περιοχή του κάτω άκρου, διευρύνεται. Για τη διεύρυνση του ποδός ακολουθούνται οι κατασκευαστικές οδηγίες του DIN 4014. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται πως η κοιλότητα που δημιουργείται, διατηρεί το σχήμα και τις διαστάσεις της και δεν καταπίπτει, μέχρι και τη σκυροδέτηση.

στ. Υπερπίεση του Διατρητικού Υγρού

Στην περίπτωση χρήσης διατρητικού υγρού για τη συγκράτηση των τοιχωμάτων, η στάθμη του θα πρέπει να είναι οπωσδήποτε 1,00 m υψηλότερα από τη στάθμη του υπογείου ύδατος και τέτοια ώστε να υπερνικούνται οι πιέσεις του εδάφους και του υπογείου ύδατος.

Η απαιτούμενη υπερπίεση του διατρητικού υγρού για τη στήριξη διάτρησης χωρίς σωλήνωση, εξαρτάται κυρίως από το είδος του στηρίζοντος υγρού, από την διάμετρο του διατρήματος, από το είδος του εδάφους και ειδικά από την αντοχή του και σε μη συνεκτικά εδάφη, από την κοκκομετρική τους διαβάθμιση.

Για υψηλούς υπόγειους ορίζοντες, μπορεί να είναι απαραίτητη η επέκταση του σωλήνα πολύ πάνω από το έδαφος ώστε να καταστεί δυνατή η επίτευξη της απαιτούμενης υπερπίεσης. Σε διατρήσεις μέσα σε ελεύθερο νερό, επίπεδο αναφοράς αποτελεί η ελεύθερη επιφάνεια του νερού και όχι η επιφάνεια του φυσικού εδάφους.

Σε διατρήσεις χωρίς σωλήνωση είναι απαραίτητο και για τους προαναφερόμενους λόγους να γίνει σωλήνωση τουλάχιστον στο άνω τμήμα της διάτρησης, η οποία θα προεξέχει πάνω από το έδαφος, ώστε να ασκηθεί η απαιτούμενη υπερπίεση μέσα στη γεώτρηση.

Το ακριβές μέτρο της υπερπίεσης και το κατάλληλο διατρητικό υγρό στήριξης σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να επιλέγονται υπεύθυνα από τον Ανάδοχο.

ζ. Εμπόδια κατά τη Διάτρηση

Στην περίπτωση ξαφνικής απώλειας του διατρητικού υγρού, η εκσκαφή πρέπει αμέσως να επανεπιχωθεί με κατάλληλο υλικό και να συμπυκνωθεί. Συνέχιση της εκσκαφής στη θέση αυτή επιτρέπεται μόνο μετά από οδηγίες της Υπηρεσίας.

Κατά την άρση των εμποδίων πρέπει να αποφεύγεται κάθε χαλάρωση του εδάφους. Δεν επιτρέπεται έδραση του πασσάλου πάνω σε εμπόδιο που βρίσκεται πάνω από το θεωρητικό κάτω άκρο του πασσάλου.

Διατρήματα που εγκαταλείπονται, πρέπει να πληρούνται και να συμπυκνώνονται προσεκτικά με κατάλληλο εδαφικό υλικό ή με σκυρόδεμα.

η. Άντληση Υδάτων από τις Οπές

Δεν επιτρέπεται η άντληση των υδάτων από τις οπές. Άντληση μπορεί να επιτραπεί κατ' εξαίρεση, στην περίπτωση που συντρέχουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Έχει τοποθετηθεί προσωρινή σωλήνωση σε σταθερό εδαφικό στρώμα, η οποία εμποδίζει τη ροή του ύδατος από άλλα στρώματα σε σημαντικές ποσότητες μέσα στην οπή ή το έδαφος είναι τόσο σταθερό ώστε να επιτρέπει την άντληση χωρίς διαταραχή του εδάφους κάτω ή γύρω από τον πάσσαλο και δεδομένου ότι λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα ώστε η άντληση να μην προκαλέσει βλαβερές συνέπειες στα γύρω εδάφη και στις γειτονικές ιδιοκτησίες.
- Υπάρχει σύμφωνη γνώμη και έγκριση της Υπηρεσίας.

θ. Προστασία της Περιοχής από τη Ρύπανση με Αιώρημα Μπεντονίτη

Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να αποφεύγεται η διάχυση του αιωρήματος μπεντονίτη ή άλλου διατρητικού υγρού στην περιοχή του εργοταξίου, εκτός από την άμεση περιοχή του διατρήματος. Το περισσευούμενο αιώρημα μπεντονίτη (ή άλλη περισσευούμενη ποσότητα διατρητικού υγρού) απομακρύνεται αμέσως από το εργοτάξιο. Η απόρριψη του αιωρήματος μπεντονίτη (ή άλλου διατρητικού υγρού) γίνεται σε οποιαδήποτε απόσταση από το έργο σε θέσεις που επιτρέπονται από τις αρμόδιες Αρχές και ύστερα από έγκριση της Υπηρεσίας.

ι. Έλεγχος Εδαφικών Στρώσεων

Παρακολουθείται επακριβώς η συμπεριφορά του εδάφους κατά τη διάτρηση. Για κάθε πάσσαλο πρέπει να τηρείται το βάθος έμπηξης μέσα στη φέρουσα στρώση. Για τον έλεγχο και τη συμπλήρωση των εδαφικών τομών, πρέπει στα πρωτόκολλα των πασσάλων να συμπληρώνονται οι εδαφικές στρώσεις, όπως συναντώνται. Εάν δημιουργηθούν αμφιβολίες για το είδος του εδάφους κάτω από τον πάσσαλο, διεξάγεται συμπληρωματική εδαφοτεχνική έρευνα σύμφωνα με πρόγραμμα που συντάσσει ο Ανάδοχος και υποβάλλει προς έγκριση στην Υπηρεσία. Ο Ανάδοχος δεν λαμβάνει πρόσθετη αποζημίωση για τη σύνταξη του προγράμματος, την εκτέλεση των ερευνών και των αναγκαίων τροποποιήσεων των κατασκευών.

ια. Καθαριότητα της Οπής

Μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής, ο πυθμένας της οπής καθαρίζεται από τυχόν χαλαρά υπολείμματα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρή ποσότητα σκύρων ή ξηρό μίγμα σκυροδέματος.

ιβ. Επιθεώρηση της Οπής

Πριν από την τοποθέτηση του κλωβού του σπλισμού και τη σκυροδέτηση, η εκσκαφή της οπής επιθεωρείται από τον Ανάδοχο και την Υπηρεσία.

A. Οπλισμός [10]

α. Γενικά

Για την επεξεργασία και τοποθέτηση των οπλισμών, ισχύουν οι διατάξεις του ΕΚΩΣ. Πρέπει να εξασφαλίζεται η τήρηση των απαιτήσεων της μελέτης του σιδηρού οπλισμού της παραγράφου 5 του DIN 4014 / Μέρος 2.

Οι οπλισμοί των πασσάλων συναρμολογούνται κατά κανόνα σε σχήμα κυλινδρικού κλωβού. Ο κλωβός του οπλισμού, προκατασκευασμένος σε όλο το μήκος του, τοποθετείται αμέσως μετά το τέλος της εκσκαφής.

Οι οπλισμοί των πασσάλων πρέπει να εξέχουν πάνω από την οριστική στάθμη των κεφαλών των πασσάλων (μετά την αποκοπή της κεφαλής) τουλάχιστον κατά το μήκος πρόσφυσης των οπλισμών, με σκοπό την επαρκή αγκύρωση του πασσάλου μέσα στον κεφαλόδεσμο.

β. Μόρφωση του Κλωβού του Οπλισμού

Ο κλωβός πρέπει να είναι επαρκώς ισχυρός ώστε να μην παραμορφώνεται κατά τη μεταφορά και την τοποθέτηση. Εφόσον δεν εξασφαλίζεται από το τοίχωμα της σωλήνωσης επικάλυψη σκυροδέματος τουλάχιστον 6 cm, πρέπει να προβλέπονται ειδικά υποστηρίγματα – αποστάτες (spacerblocks). Οι αγκυρώσεις του οπλισμού πρέπει να είναι σύμφωνες με τον ΕΚΩΣ. Για να εξασφαλισθεί ότι κατά την αφαίρεση της σωλήνωσης ο κλωβός παραμένει στην προβλεπόμενη θέση του, πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα (π.χ. ενσωμάτωση ενός σταυρού από ελάσματα).

Για λόγους αποφυγής παραμόρφωσης του κλωβού κατά την ανύψωσή του από το γερανό, το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος κλωβού συναρμολογούμενου επί του εδάφους, είναι 20,00 m και αυτό υπό την προϋπόθεση ότι δεν χρησιμοποιείται διαμήκης οπλισμός διαμέτρου μικρότερης από Φ25.

γ. Σύνδεση Οπλισμών

Συνδέσεις οπλισμών πρέπει να αποφεύγονται κατά το δυνατόν. Εφόσον όμως αυτό δεν είναι δυνατόν, οι συνδέσεις εκτελούνται σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ.

B. Σκυροδέτηση [10]

α. Γενικά

Για την παρασκευή και μεταφορά του σκυροδέματος ισχύουν τα αναγραφόμενα στο άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα», εκτός αν προδιαγράφεται διαφορετικά. Σχετικά με τη σύνθεση του σκυροδέματος, τα υλικά παρασκευής του και τον ποιοτικό έλεγχο, ισχύουν όσα αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα της εργασίας.

Η σκυροδέτηση πρέπει να ξεκινά το συντομότερο δυνατόν μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής και την τοποθέτηση του οπλισμού. Η σκυροδέτηση του

πασσάλου εκτελείται χωρίς διακοπή με συνεχή διάστρωση. Κατασκευαστικοί αρμοί διακοπής δεν επιτρέπονται. Σε κατ' εξαίρεση περίπτωση μικρής διακοπής της διάστρωσης πρέπει να χρησιμοποιούνται επιβραδυντικά πήξης για να αποφεύγονται οι βλαπτικές επιδράσεις.

Δεν επιτρέπεται η έναρξη της σκυροδέτησης αν για οποιονδήποτε λόγο είναι αμφίβολη η ολοκλήρωση της, εκτός αν υπάρχει σαφής εντολή της Υπηρεσίας. Για τον ίδιο λόγο η Υπηρεσία είναι δυνατόν να μην επιτρέψει ο ρυθμός των εκσκαφών να είναι ταχύτερος από εκείνον της σκυροδέτησης. Σε κάθε περίπτωση, είτε εν ξηρό είτε κάτω από το νερό, ο Ανάδοχος υποβάλλει, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, προς έγκριση λεπτομερή περιγραφή του τρόπου σκυροδέτησης.

Κατά τη διάστρωση του σκυροδέματος πρέπει να εξασφαλίζεται ότι:

- το σκυρόδεμα με τη σύνθεση και το εργάσιμο που προβλέπεται από τη μελέτη, φτάνει μέχρι τον πυθμένα της διάστρωσης,
- δεν δημιουργείται απόμιξη ή ρύπανση του σκυροδέματος
- η στήλη του σκυροδέματος δεν διακόπτεται και δεν υπάρχουν στενώσεις.

Για αυτό το λόγο πρέπει, ακόμα και σε διατρήσεις εν ξηρό, να χρησιμοποιείται σωλήνας διάστρωσης ή σωλήνας αντλίας που να φτάνει, κατά την έναρξη της διάστρωσης, στον πυθμένα του διατρήματος.

Για τις περιοχές εργασίμου που αναφέρθηκαν παραπάνω, πρέπει να διερευνάται η αποφυγή εσωτερικής δόνησης λόγω κινδύνου απόμιξης του σκυροδέματος.

β. Σκυροδέτηση Οπής εν Ξηρό

Η έγχυση του σκυροδέματος θα γίνεται με τη βοήθεια χοάνης και σωλήνα, όπου απαιτείται, έτσι ώστε να μη διαταράσσονται τα τοιχώματα της οπής και ο κλωβός. Πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα αποφυγής διαχωρισμού των συστατικών του σκυροδέματος (απόμιξης) ή έκπλυσης των αδρανών. Η στάθμη του σκυροδέματος πρέπει να διατηρείται πάνω από τον πυθμένα της προσωρινής σωλήνωσης προστασίας κατά τη διάρκεια της σταδιακής ανέλκυσης αυτής.

γ. Σκυροδέτηση Οπής κάτω από το Νερό ή το Διατρητικό Υγρό

Σχετικά με τη μέθοδο σκυροδέτησης στην περίπτωση αυτή, ισχύουν αναλόγως τα αναφερόμενα στον ΚΤΣ. Ειδικότερα πάντως τονίζεται ότι η σκυροδέτηση πρέπει να διεξάγεται σύμφωνα με δοκιμασμένη μέθοδο σκυροδέτησης που προτείνει εγγράφως ο Ανάδοχος προς έγκριση στην Υπηρεσία.

Ο σωλήνας σκυροδέτησης πρέπει να είναι χαλύβδινος και να αποτελείται από τμήματα μήκους 2 m - 4 m, κατάλληλα συνδεδεμένα, ώστε να είναι δυνατή η ταχεία μεταβολή του συνολικού του μήκους. Πρέπει να είναι υδατοστεγής σε όλο του το μήκος, με προσαρμοσμένη μία χοάνη στην κορυφή του με υδατοστεγή σύνδεση. Η πλευρική μετακίνηση του σωλήνα σκυροδέτησης πρέπει να αποφεύγεται, καθώς είναι δυνατόν είτε να καταστραφεί ο σωλήνας είτε να μετακινηθεί ο οπλισμός. Επίσης πρέπει να διατίθενται τα κατάλληλα μέσα (γερανός κτλ.) για ταχεία ανύψωση ή καταβίβαση του σωλήνα σκυροδέτησης, όποτε αυτό κριθεί απαραίτητο.

Πριν από την έναρξη της σκυροδέτησης, πρέπει να εξακριβώνεται ότι στον πυθμένα της οπής δεν υπάρχει συγκεντρωμένη λάσπη ή λασπωμένο διατρητικό υγρό (π.χ. λασπωμένο αιώρημα μπεντονίτη). Για το σκοπό αυτό λαμβάνεται, με κατάλληλη δειγματοληπτική συσκευή, δείγμα του αιωρήματος μπεντονίτη από τον πυθμένα του πασσάλου. Εάν το ειδικό βάρος του δείγματος υπερβαίνει το $1,25 \text{ g/cm}^3$, δεν επιτρέπεται η σκυροδέτηση. Στην περίπτωση αυτή ο Ανάδοχος τροποποιεί ή αντικαθιστά το αιώρημα μπεντονίτη, ώστε αυτό να ανταποκρίνεται προς τα προδιαγραφόμενα χαρακτηριστικά του.

Κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης και μετά από αυτήν, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να αποφεύγεται η αλλοίωση του σκυροδέματος από τυχόν άντληση ύδατος ή καταβίβαση του στάθμης του υπογείου ύδατος.

Καθ' όλη τη διάρκεια της σκυροδέτησης ο σωλήνας σκυροδέτησης πρέπει να είναι γεμάτος από σκυρόδεμα ώστε η πίεσή του να υπερβαίνει την πίεση του ύδατος ή του διατρητικού υγρού. Πρέπει επίσης να εισχωρεί επαρκώς στο ήδη σκυροδετημένο τμήμα του πασσάλου με κάποιο περιθώριο ασφαλείας έναντι εσφαλμένης ανύψωσης του σωλήνα, ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια του σκυροδέματος του πασσάλου.

Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα σκυροδέτησης δεν θα είναι μικρότερη από 150 mm για σκυρόδεμα με μέγιστο κόκκο αδρανούς 20 mm ή μικρότερη από 200 mm για σκυρόδεμα με μέγιστο κόκκο αδρανούς 32 mm. Η διαμόρφωση του σωλήνα σκυροδέτησης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι εσωτερικές και εξωτερικές προεξοχές (π.χ. μούφες) για να μπορεί ανεμπόδιστα να περνάει ο κλωβός οπλισμού και να ανασύρεται ο σωλήνας.

Λαμβάνονται ιδιαίτερα μέτρα (π.χ. μονόδρομη «βαλβίδα» εκτόπισης του ύδατος ή βαλβίδα αντεπιστροφής) ώστε να αποφεύγεται η άμεση επαφή του σκυροδέματος κατά την έγχυσή του στην οπή, με το νερό ή το διατρητικό υγρό.

Σε περίπτωση που η ροή του σκυροδέματος μέσα στο σωλήνα μειωθεί αρκετά ή σταματήσει, επιβάλλεται η ανύψωση του σωλήνα σκυροδέτησης με ταυτόχρονη αφαίρεση του πρώτου σωληνωτού τμήματος, με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας ροής, αφού όμως εξασφαλισθεί ότι ο πυθμένας του σωλήνα εξακολουθεί να βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του σκυροδέματος.

Όλα τα επιμέρους τμήματα του σωλήνα σκυροδέτησης καθώς και η χοάνη πρέπει να καθαρίζονται προσεκτικά μετά από κάθε χρήση τους, ώστε να αποφεύγονται δυσλειτουργίες κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης.

δ. Πέρασ Σκυροδέτησης

Η σκυροδέτηση θα συνεχίζεται και πάνω από την οριστική κεφαλή των πασσάλων για ένα μήκος τουλάχιστον 0,30 m - 0,60 m, με σκοπό τη συσσώρευση στο μήκος αυτό του ακατάλληλου σκυροδέματος που πρόκειται μελλοντικά να καθαιρεθεί ούτως ή άλλως, δεδομένου ότι η τελευταία ποσότητα του σκυροδέματος παραμένει ουσιαστικά ασυμπύκνωτη, ανομοιομορφη και γενικώς ελαττωματική.

Στην περίπτωση κατά την οποία η οριστική στάθμη της κεφαλής των πασσάλων, όπως ορίζεται στη μελέτη, βρεθεί κάτω από την επιφάνεια του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα, ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει στη Υπηρεσία

προτάσεις επίλυσης του θέματος πριν από την έναρξη της σκυροδέτησης. Αν δεν έχουν ληφθεί από τον Ανάδοχο κατάλληλα μέτρα, εγκεκριμένα από την Υπηρεσία, η σκυροδέτηση του πασσάλου θα προχωρήσει μέχρι τέτοια στάθμη ώστε το εναπομένον τμήμα, μετά την αποκοπή του άνω τμήματος της κεφαλής, να βρίσκεται οπωσδήποτε πάνω από τη στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Το πάνω τμήμα της οπής των πασσάλων που δεν σκυροδετήθηκε, πληρούται προσωρινά με κατάλληλο κοκκώδες υλικό αμελητέας πλαστικότητας (π.χ. άμμο ή αδρανή) και συμπυκνώνεται κατάλληλα μέχρι τη στάθμη του δαπέδου εργασίας των μηχανημάτων ή το πολύ μέχρι στάθμη 0,50 m κάτω από αυτήν, ώστε να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιστη και ασφαλής εκτέλεση των εργασιών.

ε. Ανέλκυση της Προσωρινής Σωλήνωσης

Η ανέλκυση της προσωρινής σωλήνωσης προστασίας γίνεται σταδιακά και κατά την περίοδο που το σκυρόδεμα είναι αρκετά εργάσιμο, ώστε να αποφευχθεί να παρασυρθεί σκυρόδεμα κατά την ανέλκυση. Επίσης η ανέλκυση πρέπει να γίνεται βραδέως, ομοιόμορφα και με την πρέπουσα προσοχή, ώστε να μην σχηματίζονται καθ' οιονδήποτε τρόπο κενά στη μάζα του σκυροδέματος, θραύση της στήλης του σκυροδέματος ή στενώσεις της διατομής του πασσάλου.

Κατά τη διάρκεια της ανέλκυσης πρέπει να παραμείνει αρκετή ποσότητα σκυροδέματος μέσα στο σωλήνα (στήλη ύψους τουλάχιστον 1,0 m) ώστε να υπερνικείται η πίεση από το έδαφος, το υπόγειο νερό ή και το διατρητικό αιώρημα, με σκοπό την αποφυγή της δημιουργίας λαιμού στη διατομή του σκυροδέματος και της ανάμιξης του σκυροδέματος με λάσπη ή άλλο εδαφικό υλικό.

Η χρήση δονητικών εξολκέων της προσωρινής σωλήνωσης υπόκειται στην έγκριση της Υπηρεσίας, η οποία μπορεί να τους απορρίψει όταν κατά την γνώμη της δημιουργούνται ανεπίτρεπτες συνθήκες θορύβου και όχλησης των περιοίκων ή κίνδυνοι για την ασφάλεια των δικτύων των ΟΚΩ ή για τις κατασκευές των γειτονικών ιδιοκτησιών.

Γ. Αποκοπή Κεφαλής[10]

Η αποκοπή της κεφαλής των πασσάλων γίνεται στις στάθμες που ορίζονται στα σχέδια και αφού το σκυρόδεμα των πασσάλων έχει αποκτήσει την επιθυμητή αντοχή. Η μέθοδος που θα υιοθετηθεί για την αποκοπή, θα πρέπει να αποκλείει βλάβες στις προεξέχουσες αναμονές του σιδηρού οπλισμού.

2.4.7 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΚΕΦΑΛΟΔΕΣΜΩΝ

A. **Εκσκαφές**[10]

Για την κατασκευή των κεφαλόδεσμων εκτελούνται εκσκαφές για τη δημιουργία σκαμμάτων σε στάθμες που αναφέρονται στα σχέδια της μελέτης. Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην προκαλούνται ζημιές στους κατασκευασμένους πασσάλους και στους τυχόν διατηρούμενους κάτω από τους κεφαλόδεσμους ή διερχόμενους δια του σώματος των κεφαλόδεσμων αγωγούς ΟΚΩ.

Τα πρηνή των εκσκαφών διαμορφώνονται κατακόρυφα ή με κλίση αλλά πάντοτε ασφαλή έναντι κατάπτωσης, ενώ οι διαστάσεις του σκάμματος θα είναι τέτοιες που να επιτρέπουν την ομαλή διεξαγωγή των εργασιών κατασκευής των υπολοίπων κεφαλόδεσμων. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις εκσκαφές κοντά σε παρακείμενα κτίρια, όπου είναι δυνατόν να απαιτηθεί τμηματική εκτέλεση της εργασίας με ταυτόχρονη προσωρινή αντιστήριξη των γειτονικών ιδιοκτησιών.

Ο πυθμένας του σκάμματος κατασκευάζεται οριζόντιος και διατηρείται στεγνός, εκτός αν η άντληση των υδάτων δημιουργεί άλλα προβλήματα ασφαλείας πρηνών ή παρακείμενων ιδιοκτησιών.

B. **Σκυροδέτηση** [10]

α. Γενικά - Προετοιμασία

Στον οριζόντιο (ή βαθμιδωτό) και στεγανό πυθμένα του σκάμματος της εκσκαφής διαστρώνεται στρώση άοπλου σκυροδέματος χαρακτηριστικής αντοχής C8/10, ελαχίστου πάχους 0,10 m, το οποίο αποτελεί το δάπεδο εργασίας για την κυρίως σκυροδέτηση του κεφαλόδεσμου. Μετά τη σκλήρυνση της στρώσης καθαριότητας ακολουθεί η στεγάνωση της άνω επιφανείας της στρώσης αυτής.

β. Σκυροδέτηση Κυρίως Κεφαλόδεσμων

Όλες οι εργασίες εκτελούνται σύμφωνα με τα σχέδια της στατικής μελέτης, τηρουμένων με ακρίβεια των διαστάσεων και ποιοτήτων σκυροδεμάτων που αναφέρονται σε αυτήν. Η διάστρωση του σκυροδέματος αρχίζει μόνο μετά την παραλαβή των ξυλοτύπων και του οπλισμού από την Υπηρεσία. Απαραιτήτως, κατά τη διάστρωση του σκυροδέματος πρέπει να παρευρίσκεται ένας σιδηρουργός για διορθώσεις οπλισμών που τυχόν απαιτηθούν. Πριν από τη διάστρωση του σκυροδέματος εξομάλυνσης επί του υπάρχοντος δαπέδου, το δάπεδο καθαρίζεται και διαβρέχεται επαρκώς. Η διάστρωση βοηθείται και με συχνά κτυπήματα της εξωτερικής επιφανείας των ξυλοτύπων.

Η συμπύκνωση εκτελείται με χρήση δονητών, εκτός αν ο Ανάδοχος, μετά από έγκριση της Υπηρεσίας, θεωρήσει ότι υπάρχει κίνδυνος απόμιξης του σκυροδέματος

για τη συγκεκριμένη περιοχή εργασίμου. Η συμπύκνωση υποβοηθείται με κοπάνισμα με ράβδο ή κόπανο, με κτύπημα των ξυλοτύπων κλπ.

Η άνω επιφάνεια των κεφαλόδεσμων διαμορφώνεται γενικώς (εκτός αν προδιαγράφεται διαφορετικά στα λοιπά συμβατικών τευχών) με τελείωμα πλαστικού σκυροδέματος τύπου ΠΑ.

Διακοπές διάστρωσης σκυροδεμάτων γενικά δεν επιτρέπονται. Σε περίπτωση που δεν είναι αυτό δυνατόν, διακοπή σκυροδέτησης μπορεί να γίνει μόνο μετά από έγκριση της Υπηρεσίας που θα υποδεικνύει τη θέση που θα γίνει η διακοπή, το χρόνο που αυτή θα διαρκέσει και τον τρόπο σύνδεσης του νωπού σκυροδέματος με εκείνο της διακοπείσας σκυροδέτησης. Η σύνδεση με το νωπό σκυροδέμα θα γίνεται γενικά με απόξεση της διαστρωθείσας επιφανείας σκυροδέματος, απομάκρυνση των υλικών που έχουν αποσυντεθεί, πλύση με άφθονο νερό κλπ. σύμφωνα με τον ΚΤΣ και τα αναφερόμενα στις σχετικές παραγράφους του άρθρου «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα».

Στις περιπτώσεις που θα κριθεί αναγκαίος, σύμφωνα με τη μελέτη και τους λοιπούς όρους δημοπράτησης, η εμπόδιση της ανόδου τυχόν υπάρχοντος υπόγειου ύδατος δια μέσου των κεφαλόδεσμων και της ανωδομής των βάθρων ή προς τα υποστυλώματα κλπ., όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κεφαλόδεσμων, μετά την αφαίρεση των ξυλοτύπων, μονώνονται με υλικό κατά τις προδιαγραφές της μελέτης ή, ελλείψει σχετικής προδιαγραφής, με υλικό της επιλογής του Αναδόχου και μετά από έγκριση της Υπηρεσίας.

Γ. Οπλισμοί [10]

Για την επεξεργασία και τοποθέτηση του οπλισμού ισχύουν οι διατάξεις του ΕΚΩΣ σε συνδυασμό με τα αναφερόμενα στο άρθρο «Άοπλα και Οπλισμένα Σκυροδέματα». Οι σίδηροι οπλισμοί θα συμμορφώνονται με τα οριζόμενα στη μελέτη (κατηγορία χάλυβα, διάμετρος, διαστάσεις και μορφή). Τοποθέτηση οπλισμού γίνεται μόνο μετά την παραλαβή των ξυλοτύπων. Οι οπλισμοί τοποθετούνται με ιδιαίτερη προσοχή και συνδέονται στέρεα σε όλες τις διασταυρώσεις με σύρμα Νο 5 ή μεγαλύτερου πάχους, ανάλογα με τη διάμετρο και τη θέση του οπλισμού. Τα άγκιστρα του οπλισμού, εφόσον απαιτούνται, θα είναι κανονικά και ευμεγέθη. Ιδιαίτερη φροντίδα λαμβάνεται για την ευθυγράμμιση των ράβδων του οπλισμού, την ακριβή και στερεή τοποθέτηση αυτών, τη διατήρηση σε σταθερή θέση κατά τη διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος, ιδίως στις περιοχές του άνω οπλισμού και κατά την κάλυψη αυτών με σκυροδέμα. Όπου κρίνεται απαραίτητο, θα τοποθετούνται πρόχειρα ή μόνιμα υποστηρίγματα. Όλοι οι προεξέχοντες οπλισμοί αναμονής θα πρέπει να προστατεύονται με ειδική βαφή.

2.4.8 ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ

Μετά την ολοκλήρωση συγκεκριμένων φάσεων κατασκευής των πασσάλων και των κεφαλόδεσμων πραγματοποιούνται δοκιμές που έχουν στόχο να ελέγξουν την καλή εκτέλεση των εργασιών. Οι διαδικασίες των δοκιμών αυτών και των σχετικών ελέγχων περιγράφονται αναλυτικά στο [10], απ' όπου προέρχονται οι πληροφορίες της ενότητας αυτής.

A. Έλεγχος Πυθμένα Έδρασης Πασσάλου [10]

Ανάλογα προς τη φύση των διατρηομένων εδαφών, τις συνθήκες εμφάνισης υπογειών υδάτων και το βάθος του πασσάλου, υπάρχουν κίνδυνοι να συγκεντρωθεί ποσότητα λεπτόκοκκων υλικών στον πυθμένα του πασσάλου κατά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ του τελικού καθαρισμού του πυθμένα του πασσάλου και της έναρξης σκυροδέτησης αυτού (με τη μεσολάβηση βέβαια της διαδικασίας καταβίβασης και τοποθέτησης εντός της οπής του κλωβού σπλισμού του πασσάλου). Κατά την επιβολή της φόρτισης του πασσάλου μπορεί να προκληθεί λόγω της έδρασης του επί του χαλαρού υλικού μία μη αποδεκτή για το έργο υποχώρηση, μέχρις ότου η αιχμή του πασσάλου συναντήσει το σταθερό υπόβαθρο, για το οποίο έχει υπολογισθεί να λειτουργήσει.

Σε περίπτωση συγκέντρωσης ποσότητας λεπτόκοκκων υλικών στον πυθμένα του πασσάλου, είναι δυνατόν, να προβλεφθεί ενσωμάτωση καθ' όλο το μήκος του πασσάλου (από τον πυθμένα μέχρι την κεφαλή αυτού) δύο σιδηρών σωλήνων ελάχιστης διαμέτρου Φ76 mm ή επιθυμητής διαμέτρου Φ100 mm, αφού ληφθεί υπόψη και η απομείωση της διατομής του πασσάλου και η επιρροή αυτή στη φέρουσα ικανότητά του. (Η ενσωμάτωση αυτών των σωλήνων γίνεται αντιοικονομική στην περίπτωση πασσάλων μικρών διαμέτρων λόγω της σοβαρής εξασθένησης της διατομής των πασσάλων). Οι σωλήνες αυτοί φράζονται με ένα πώμα από σκυρόδεμα ή άλλο κατάλληλο υλικό (π.χ. πλαστικό κάλυμμα), ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα ανέλθει το σκυρόδεμα του πασσάλου μέσα στο σιδηρό σωλήνα. Οι σωλήνες πρέπει να είναι ικανοποιητικά ευθύγραμμοι και θα καταβάλλεται προσπάθεια να διατηρηθούν ευθύγραμμοι και κατά τη διάρκεια της κατασκευής του πασσάλου, προφυλασσόμενοι κατάλληλα από τυχόν κτυπήματα.

Μετά το τέλος της σκυροδέτησης του πασσάλου εκτελούνται γεωτρήσεις μέσα από τους προαναφερόμενους σωλήνες και γίνεται δειγματοληψία του πυθμένα. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί η ύπαρξη στρώματος χαλαρού υλικού κάτω από την έδραση του πασσάλου, αυτό απομακρύνεται με εισπίεση ύδατος από τον έναν σωλήνα και αποκομιδή του υλικού από τον άλλον. Στη συνέχεια γεμίζει ο κενός χώρος κάτω από τον πυθμένα με τσιμεντένεμα ή λεπτοσκυρόδεμα μέσω των σωλήνων, οπότε ολοκληρώνεται η επιδιόρθωση του πυθμένα έδρασης του πασσάλου.

B. Έλεγχος Συνέχειας Σκυροδέτησης Πασσάλου [10]

Ο Ανάδοχος υποχρεούται, μαζί με την υποβολή των στοιχείων της μεθόδου κατασκευής των πασσάλων, να υποβάλει στην Υπηρεσία προς έγκριση και «μη καταστροφική» μέθοδο ελέγχου της συνέχειας της σκυροδέτησης των πασσάλων (nondestructivemethod, integritytests) με ακτίνες γ, ακουστικές μεθόδους κλπ.

Γ. Ελαττωματικοί Πάσσαλοι[10]

Κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα προφύλαξης, ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα ως προς την πληρότητα της διατομής (π.χ. δημιουργία λαιμού, ανάμιξη σκυροδέματος με εδαφικό υλικό κλπ.). Για αυτό το λόγο, η όλη εργασία πρέπει να επιβλέπεται διαρκώς από ειδικευμένο και έμπειρο τεχνικό προσωπικό. Επιπλέον πρέπει να ελέγχεται η καταναλισκομένη ποσότητα σκυροδέματος για τις διάφορες στάθμες του σκυροδετουμένου πασσάλου, σε σχέση με τις θεωρητικά απαιτούμενες.

Πάσσαλοι, για τους οποίους υπάρχουν στοιχεία για τη μη αρτιότητά τους (πχ. βάσει αποτελεσμάτων των δοκιμών ή βάσει των αποτελεσμάτων του καταναλισκομένου σκυροδέματος σε σχέση με το θεωρητικώς απαιτούμενο κλπ.) απορρίπτονται.

Δ. Δοκιμαστική Φόρτιση Πασσάλων[10]

Από τη δοκιμαστική φόρτιση λειτουργικών ή/και μη λειτουργικών πασσάλων προκύπτουν ακριβή συμπεράσματα για τη σχέση φορτίων - καθίζησης και για τη φέρουσα ικανότητα. Τα συμπεράσματα αυτά επιτρέπουν την επαλήθευση των παραδοχών της μελέτης ή αποτελούν κατάλληλη βάση για την τυχόν αναθεώρησή τους.

Οι μη λειτουργικοί πάσσαλοι κατασκευάζονται σε θέσεις που υποδεικνύει η Υπηρεσία και η μέθοδος εκτέλεσης της δοκιμαστικής φόρτισης πρέπει να συμφωνεί με το DIN 4014. Το μέγιστο φορτίο της δοκιμαστικής φόρτισης μπορεί να φτάσει μέχρι το διπλάσιο του φορτίου της μελέτης, εκτός αν ζητηθεί διαφορετικά. Τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής φόρτισης μη λειτουργικών πασσάλων πρέπει να υποβάλλονται το ταχύτερο δυνατόν στην αρμόδια Υπηρεσία για την εξαγωγή ακριβών συμπερασμάτων για τη σχέση φορτίου - καθίζησης και κυρίως για την εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των πασσάλων ενώ είναι δυνατόν να αποτελέσουν βάση για την επαλήθευση των παραδοχών της μελέτης ή την τυχόν αναθεώρηση τους. Η εκτέλεση των δοκιμαστικών φορτίσεων των μη λειτουργικών πασσάλων προηγείται της κατασκευής των λειτουργικών πασσάλων.

Ο Ανάδοχος υποχρεούται να εκτελέσει δοκιμαστικές φορτίσεις **σε λειτουργικούς πασσάλους**, των οποίων η αιχμή δεν εισχωρεί σε βράχο, με την ακόλουθη ελάχιστη συχνότητα:

- δοκιμαστική φόρτιση σε έναν πάσσαλο ανά 20 πασσάλους
- δοκιμαστική φόρτιση σε έναν πάσσαλο σε κάθε θέση θεμελίωσης (γέφυρα, τοίχο κλπ.)

Σε κάθε περίπτωση η μέθοδος εκτέλεσης της δοκιμαστικής φόρτισης πρέπει να συμφωνεί με το DIN 4014, ενώ η διάταξη της φόρτισης και τα όργανα των μετρήσεων θα προτείνονται από τον Ανάδοχο και θα εγκρίνονται από την Υπηρεσία. Το μέγεθος του δοκιμαστικού φορτίου θα είναι έως 150% του φορτίου λειτουργίας ενώ η διάρκεια της επιβολής κάθε δοκιμαστικού φορτίου θα ορίζεται από την Υπηρεσία.

Τέλος ο Ανάδοχος πρέπει να παρουσιάσει και αξιολογήσει τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών φορτίσεων, κυρίως για την ακριβέστερη εκτίμηση της σχέσης φορτίου - καθίζησης.

2.4.9 ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Όσον αφορά στις περιλαμβανόμενες δαπάνες, στην επιμέτρηση και στην πληρωμή, η πλήρης εργασία κατασκευής πασσάλων περιλαμβάνει τα εξής [10]:

- προσκόμιση - αποκόμιση πλήρους εξοπλισμού για την κατασκευή πασσάλων
- διάτρηση για την κατασκευή πασσάλων διαφόρων διαμέτρων σε κάθε είδους έδαφος
- σκυροδέτηση πασσάλων διαφόρων διαμέτρων με σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25
- συμπλήρωση του διατρήματος με κοκκώδες υλικό
- διενέργεια δοκιμαστικών φορτίσεων των πασσάλων.

A. Προσκόμιση - Απομάκρυνση Εξοπλισμού[10]

Η τιμή μονάδος πλήρους εργασίας περιλαμβάνει τις ακόλουθες δαπάνες:

- Την προσκόμιση και την απομάκρυνση του απαιτούμενου μηχανικού εξοπλισμού και εγκαταστάσεων για την κατασκευή των έγχυτων πασσάλων.
- Την προσκόμιση και την απομάκρυνση των απαιτούμενων σωλήνων προστασίας και των απαραίτητων για την εξαγωγή τους μηχανημάτων.
- Την προσκόμιση και την απομάκρυνση παντός λοιπού εξοπλισμού απαιτούμενου για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση των εργασιών.
- Διευκρινίζεται ότι στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται και όλες οι δαπάνες μετακινήσεων του σχετικού μηχανικού εξοπλισμού από θέση σε θέση, για παράδειγμα, μέσα στο ίδιο βάθρο ή από ένα βάθρο σε άλλο βάθρο.

Οι εργασίες προσκόμισης και απομάκρυνσης μηχανικού εξοπλισμού επιμετρώνται σε τεμάχια (τεμ).Ενδιάμεσες απομακρύνσεις και προσκομίσεις του μηχανικού εξοπλισμού πριν από την ολοκλήρωση των εργασιών δεν θα επιμετρώνται.

B. Διάτρηση για την Κατασκευή Πασσάλων Διαφόρων Διαμέτρων σε Κάθε Είδους Έδαφος[10]

Η τιμή μονάδος πλήρους εργασίας περιλαμβάνει τις ακόλουθες δαπάνες:

- Τις προεργασίες που περιγράφονται στις παραπάνω παραγράφους «Υποβολές», «Χάραξη Θέσεων - Ανοχές» και «Προετοιμασία».
- Τη διάτρηση της απαιτούμενης οπής με την προδιαγεγραμμένη διάμετρο σε κάθε είδους έδαφος, σε οποιοδήποτε βάθος και σε οποιαδήποτε κλίση από την κατακόρυφο με ή χωρίς σωλήνωση προστασίας.
- Την αντιμετώπιση όλων των δυσχερειών και εμποδίων που τυχόν θα συναντηθούν κατά τη διάτρηση (επιφανειακά, υπόγεια ή αρτεσιανά ύδατα, προβλήματα προσπέλασης κτλ.).
- Τη λήψη των καταλλήλων μέτρων και κατασκευή των καταλλήλων έργων για την προστασία του διατρήματος και την αποφυγή ρύπανσης του περιβάλλοντος χώρου και αποκομιδή των υπολειμμάτων ή άχρηστων υλικών σε θέσεις της έγκρισης της Υπηρεσίας.

- Την προμήθεια, μεταφορά επί τόπου του έργου, ανάμιξη, χρησιμοποίηση κλπ. όλων των απαιτούμενων, για τη διάτρηση της οπής, υλικών (μπεντονίτης κλπ.).
- Τη φορτοεκφόρτωση και μεταφορά των προϊόντων εκσκαφής σε οποιαδήποτε απόσταση με σκοπό είτε την κατασκευή επιχωμάτων ή άλλων ωφελίμων κατασκευών (με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής) είτε την απόρριψη σε κατάλληλες θέσεις (ακαταλλήλων προϊόντων εκσκαφής).
- Την επανόρθωση ζημιών δικτύων ΟΚΩ ή/και κατασκευών παρόδιων ιδιοκτησιών που τυχόν υπέστησαν βλάβη από την εκτέλεση έργων κατασκευής των πασσάλων.
- Τη διεξαγωγή όλων των απαιτούμενων ποιοτικών ελέγχων
- Τη διεξαγωγή δοκιμαστικών φορτίσεων σε λειτουργικούς πασσάλους σύμφωνα με όσα περιγράφονται προηγούμενη παράγραφο.

Οι εργασίες διάτρησης πασσάλων θα επιμετρώνται σε μέτρα μήκους (m) διάτρησης, πλήρως περαιωμένων, ανά διάμετρο πασσάλου που εμφανίζεται στο Τιμολόγιο.

Ο υπολογισμός του μήκους διάτρησης του κάθε πασσάλου γίνεται από τη στάθμη του πυθμένα του πασσάλου, όπως προβλέπεται στη μελέτη (ή όπως η στάθμη ενδεχομένως τροποποιήθηκε κατά την κατασκευή), μέχρι τη στάθμη του φυσικού εδάφους, όπως αυτή έχει διαμορφωθεί κατά την έναρξη των εργασιών διάτρησης των πασσάλων. Διάτρηση πασσάλου σε στάθμη πυθμένα κάτω από την προβλεπόμενη από τη μελέτη (ή την εγκεκριμένη τροποποίηση αυτής) δεν επιτρέπεται και δεν αναγνωρίζεται.

Γ. Σκυροδέτηση Πασσάλων Διαφόρων Διαμέτρων με Σκυρόδεμα Κατηγορίας C20/25 [10]

Η τιμή μονάδας πλήρους εργασίας περιλαμβάνει τις ακόλουθες δαπάνες:

- Την προετοιμασία των απαραίτητων διατάξεων και δαπέδων εργασίας κτλ.
- Την προμήθεια όλων των απαιτούμενων υλικών (αδρανών, νερού, τσιμέντου, προσθέτων κλπ.) και παραγωγή της απαιτούμενης ποσότητας σκυροδέματος ή την προμήθεια της κατάλληλης ποσότητας έτοιμου σκυροδέματος με τις προδιαγραφόμενες ιδιότητες.
- Τη σκυροδέτηση και τη συντήρηση του πασσάλου.
- Τη διεξαγωγή όλων των απαιτούμενων ποιοτικών ελέγχων.

Οι εργασίες σκυροδέτησης πασσάλων θα επιμετρούνται σε μέτρα μήκους (m) σκυροδετούμενου πασσάλου, πλήρως περαιωμένων, ανά διάμετρο πασσάλου που εμφανίζεται στο Τιμολόγιο.

Ο υπολογισμός του μήκους σκυροδέτησης του κάθε πασσάλου γίνεται από τη στάθμη του πυθμένα του πασσάλου, όπως προβλέπεται από τη μελέτη (ή όπως η στάθμη αυτή ενδεχόμενα τροποποιήθηκε κατά την κατασκευή), μέχρι την οριστική στάθμη σκυροδέτησης της κεφαλής του πασσάλου που προβλέπεται στη μελέτη (ή όπως η στάθμη ενδεχόμενα τροποποιήθηκε κατά την κατασκευή). Δεν επιμετράται το τυχόν επιπλέον βάθος που εκτελέστηκε κάτω από την εγκεκριμένη στάθμη πυθμένα ούτε το αποκοπώμενο τμήμα της κεφαλής του πασσάλου.

Στην τιμή μονάδος περιλαμβάνονται η πρόσθετη δαπάνη σκυροδέματος που σκυροδετείτε πάνω από την οριστική στάθμη της κεφαλής του πασσάλου (βάσει της οποίας υπολογίζεται το επιμετρούμενο τμήμα του πασσάλου) κατά 0,30 m έως 0,60 m τουλάχιστον και που στη συνέχεια καθαιρείται κατά τρόπο που να μην θιγούν οι προεξέχοντες οπλισμοί. Περιλαμβάνεται επίσης και η δαπάνη καθαίρεσης του σκυροδέματος αυτού.

Δ. Συμπλήρωση των Διατρημάτων με Κοκκώδες Υλικό[10]

Η τιμή μονάδας πλήρους εργασίας περιλαμβάνει τις ακόλουθες δαπάνες:

- Την προμήθεια, φορτοεκφόρτωση και μεταφορά των καταλλήλων κοκκωδών υλικών αμελητέας πλαστικότητας (π.χ. άμμου, αδρανών ή μίγματος αυτών) επί τόπου του έργου από οποιαδήποτε απόσταση.
- Την τοποθέτηση των υλικών μέσα στην προς πλήρωση οπή και μέχρι το κατάλληλο ύψος σε στρώσεις και σε βαθμό συμπίκνωσης, ώστε να μην δημιουργούνται κίνδυνοι υποχωρήσεων των παρειών του σκάμματος της οπής και να εξασφαλίζεται συνεχής και ακίνδυνη εργασία των μηχανημάτων κατασκευής των πασσάλων και κεφαλόδεσμων αυτών και των υπολοίπων εργασιών κατασκευής του έργου.
- Την αντιμετώπιση των τυχόν επιφανειακών ή υπογείων κτλ. υδάτων.

Οι εργασίες συμπλήρωσης της οπής των πασσάλων με κοκκώδες υλικό θα επιμετρώνται σε κυβικά μέτρα (m^3), πλήρως περαιωμένων.

Ως διάμετρος της επανεπίχωσης θα ληφθεί η ονομαστική διάμετρος του πασσάλου και ως κάτω στάθμη η οριστική στάθμη σκυροδέτησης της κεφαλής του πασσάλου (κάτω από την οποία επιμετρύται το σκυροδέμα του πασσάλου).

Στην περίπτωση διαμέτρου πασσάλου διαφορετικής από τις διαμέτρους που αναφέρονται στο Τιμολόγιο, οι τιμές μονάδος διάτρησης και σκυροδέτησης των πασσάλων θα καθορίζονται με αναγωγή ως ακολούθως [10]:

- Για τη διάτρηση, η νέα τιμή θα ανάγεται με βάση το λόγο D_N/D_M όπου:

D_N η διάμετρος του νέου πασσάλου

D_M η αμέσως μικρότερη διάμετρος πασσάλου

Για τη σκυροδέτηση πασσάλων, η νέα τιμή θα ανάγεται με βάση το λόγο $(D_N / D_M)^2$ και κατά τα λοιπά ως ανωτέρω.

2.5 ΧΑΛΙΚΟΠΑΣΣΑΛΟΙ

Η μέθοδος των χαλικοπασσάλων εφαρμόζεται κυρίως στους τύπους των εδαφών (όπως στα ιλυώδη και αργιλικά εδάφη) όπου η δονητική συμπύκνωση δεν έχει αξιόλογα αποτελέσματα. Με την τεχνική αυτή εκτοπίζεται οριζοντίως μια στήλη του επιτόπου εδαφικού υλικού και αντικαθίσταται από χαλικώδες υλικό, το οποίο επιπλέον συμπυκνώνεται με τη δόνηση δημιουργώντας ένα «χαλικοπάσσαλο».

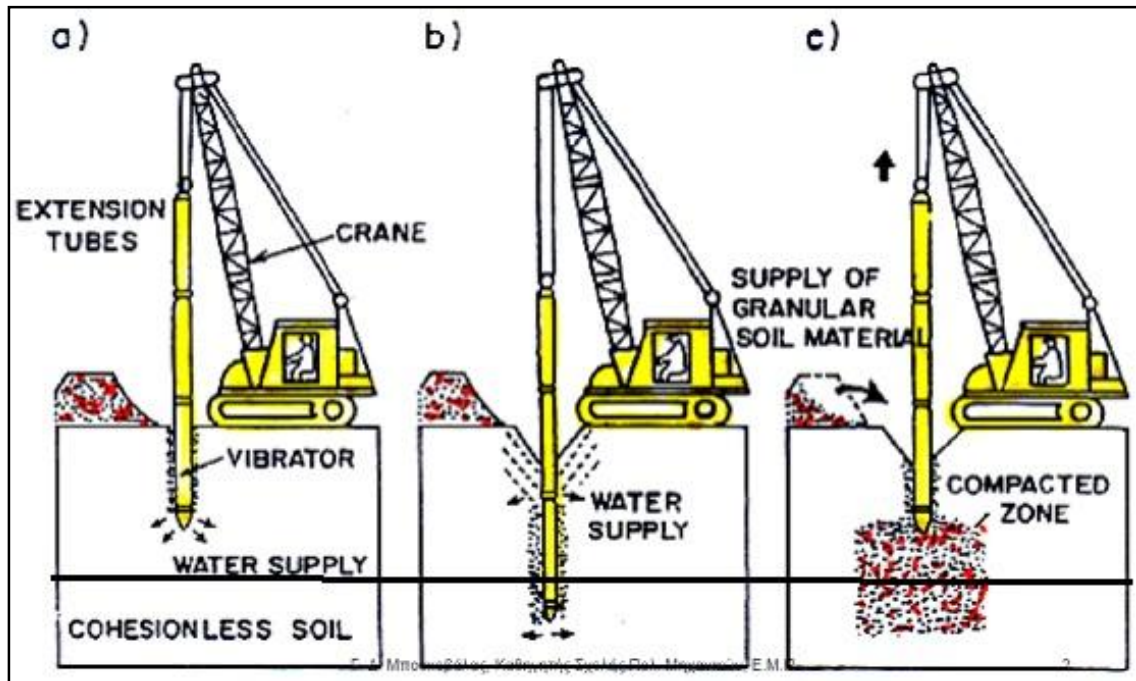
Οι χαλικοπάσσαλοι διατάσσονται σε κάρναβο με αποστάσεις, που ικανοποιούν την απαιτούμενη βελτίωση των γεωτεχνικών συνθηκών, όπως έχει καθορισθεί από τη Μελέτη και έχει προκύψει από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των προκαταρκτικών δοκιμών εφαρμογής της μεθόδου. Λόγω της μεγάλης διαπερατότητας του χαλικώδους υλικού σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος, οι χαλικοπάσσαλοι λειτουργούν και ως κατακόρυφα στραγγιστήρια διευκολύνοντας την εκτόνωση των υπερπιέσεων του νερού των πόρων, που οφείλονται είτε στην εφαρμογή δυναμικών- σεισμικών φορτίων είτε στην επιβολή στατικών επιφορτίσεων (π.χ. εξ επιχωμάτων προφόρτισης). Στην τελευταία περίπτωση (προφόρτιση), με τους χαλικοπασσάλους επιτυγχάνεται και μείωση του χρόνου πραγματοποίησης των καθιζήσεων λόγω στερεοποίησης, πέραν της αύξησης της αντοχής του εδάφους και της μείωσης της συμπίεσότητας. Συμπερασματικά η μέθοδος της δονητικής αντικατάστασης του εδάφους εφαρμόζεται με επιτυχία για την αύξηση της φέρουσας ικανότητας και τη μείωση των καθιζήσεων εδάφους θεμελίωσης, την επιτάχυνση της πραγματοποίησης των καθιζήσεων σε συνδυασμό με την αύξηση της φέρουσας ικανότητας, και τη βελτίωση της συνολικής ευστάθειας επιχωμάτων και άλλων τεχνικών έργων.

Οι μέθοδοι κατασκευής χαλικοπασσάλων χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες[11]:

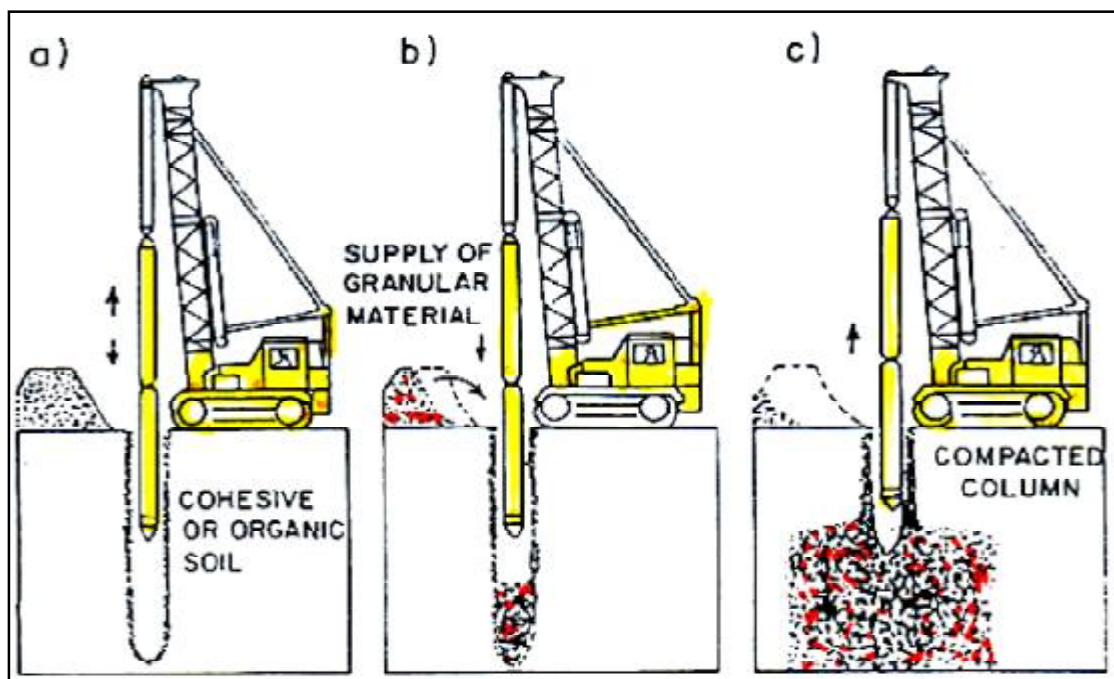
- Top Feed Method ή «εκ των άνω» τροφοδοσία χαλίκων (Εικόνες 52 και 53)
Στις παρακάτω εικόνες αρχικά παρουσιάζεται η περίπτωση όπου κατά την κατασκευή του πασσάλου συναντάται ο υδροφόρος ορίζοντας και μία ζώνη μη-συνεκτικού εδάφους (Εικόνα 52), ενώ στη δεύτερη περίπτωση δεν συναντάμε τον υδροφόρο ορίζοντα κατά την κατασκευή του πασσάλου (συνεκτικό έδαφος, Εικόνα 53).
- Bottom Feed Method ή «εκ των κάτω» τροφοδοσία χαλίκων (Εικόνα 54)

Για κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες, υπάρχουν πολλές παραλλαγές κατασκευής ανάλογα με τον τύπο του εδάφους που θα βελτιωθεί, τον διαθέσιμο εξοπλισμό και την εταιρία κατασκευής. Τα βήματα της διαδικασίας κατασκευής ενός χαλικοπασσάλου παρουσιάζονται σχηματικά στην Εικόνα 55, ενώ η Εικόνα 56 παρουσιάζει ένα στιγμιότυπο της διαδικασίας «σε συνθήκες πεδίου».

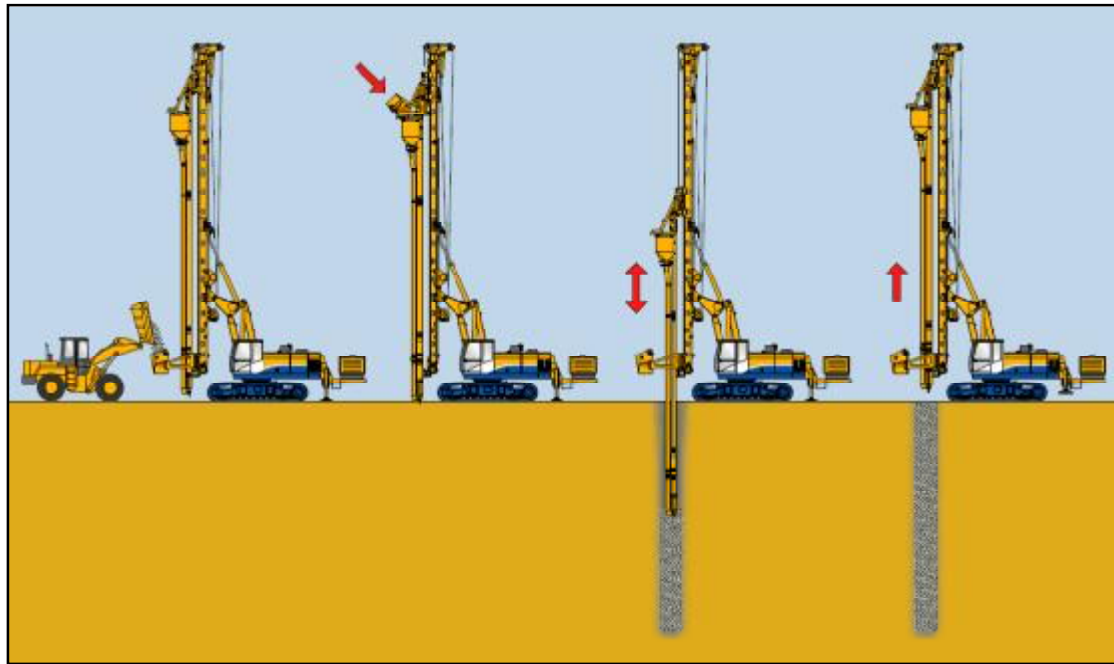
Οι αναλυτικές πληροφορίες για τους χαλικοπασσάλους που παρουσιάζονται στην ενότητα αυτή της εργασίας προέρχονται από την βιβλιογραφική πηγή [11].



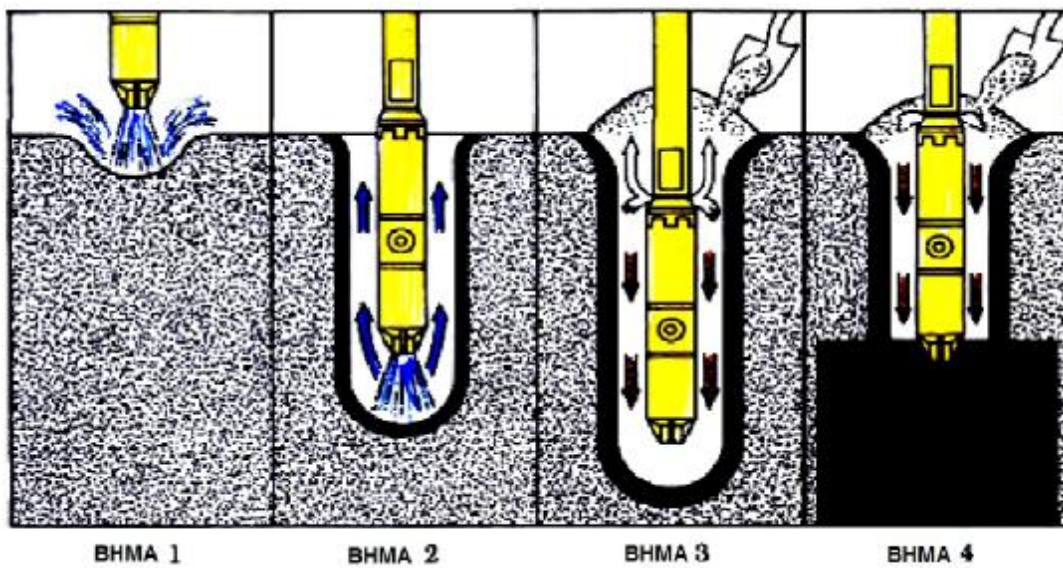
Εικόνα 52. Top Feed μέθοδος σε μη συνεκτικά εδάφη [11].



Εικόνα 53. Top Feed μέθοδος σε συνεκτικά εδάφη [11].



Εικόνα 54. Bottom Feed μέθοδος [11].



Εικόνα 55. Σχηματική απεικόνιση των βημάτων της διαδικασίας κατασκευής ενός χαλικοπασσάλου [11].



Εικόνα 56.Κατασκευή χαλικοπασσάλου σε «πραγματικές συνθήκες» [11].

2.5.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

A. Δονητική Τορπίλη (*Vibro-flot*) [12] :

Το κυρίως τμήμα του δονητή, αποτελούμενο από ένα κυλινδρικό μεταλλικό σωλήνα με μορφή τορπίλης στην αιχμή του. Μέσα στον σωλήνα αυτό, ένα βάρος δύναται να περιστρέφεται έκκεντρα, μεταδίδοντας τη δόνηση στο έδαφος.

B. Δονητική Στήλη[12]:

Το σύνολο της δονητικής τορπίλης και των στελεχών (αποτελούμενων από απλούς χαλύβδινους σωλήνες). Τα στελέχη συνδέονται με τον κυρίως δονητή μέσω ενός ελαστομερούς μονωτήρα απόσβεσης των δονήσεων. Η δονητική στήλη περιέχει εσωτερικά σωλήνες για τη διοχέτευση νερού στην αιχμή του δονητή. Στην περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου με εσωτερική τροφοδοσία χαλικιού προς την αιχμή, η δονητική στήλη φέρει στο εσωτερικό της και έναν ειδικό σωλήνα τροφοδοσίας με χοάνη στην κεφαλή.

Γ. Δονητική αντικατάσταση (*Vibro replacement*) [12]:

Διαδικασία κατασκευής χαλικοπασσάλων σε συνεκτικά κυρίως εδάφη με τη βοήθεια του συστήματος δονητή-στήλη.

Δ. «Υγρή» μέθοδος με τροφοδοσία στην αιχμή (*Wet bottom feed method*) [12]:

Κατασκευή χαλικοπασσάλου με τη βοήθεια του συστήματος δονητή-δονητική στήλη, όπου αφενός μεν η διάτρηση γίνεται με τη βοήθεια νερού που εκτοξεύεται από την αιχμή του δονητή, αφετέρου δε το υλικό πλήρωσης (χαλίκι) μεταφέρεται στην αιχμή του δονητή μέσω του ειδικού σωλήνα τροφοδοσίας που είναι ενσωματωμένος στη δονητική στήλη.

Ε. «Υγρή» μέθοδος με τροφοδοσία από πάνω (*Wet top feed method*)[12]:

Όμοια μέθοδος με αυτή της υγρής τροφοδοσίας στην αιχμή, με τη διαφορά ότι η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται από πάνω εκτοξεύοντας συνεχώς νερό στην αιχμή και καθ' ύψος της στήλης ούτως ώστε να διατηρείται ανοικτός ο δακτύλιος μεταξύ του εδάφους και της στήλης.

ΣΤ. «Ξηρά» μέθοδος με τροφοδοσία στην αιχμή (*Dry bottom feed method*)[12]:

Κατασκευή χαλικοπασσάλου με τη βοήθεια του συστήματος δονητή-δονητική στήλη, όπου το υλικό πλήρωσης (χαλίκι) μεταφέρεται μέσω ειδικού σωλήνα τροφοδοσίας που είναι ενσωματωμένος στη δονητική στήλη στην αιχμή με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα.

Ζ. «Ξηρά» μέθοδος με τροφοδοσία από πάνω (*Dry top feed method*)[12]:

Όμοια μέθοδος με αυτή της ξηράς τροφοδοσίας στην αιχμή, με τη διαφορά ότι η τροφοδοσία με χαλίκι γίνεται από πάνω και αφού πρώτα έχει εξαχθεί από το έδαφος η δονητική στήλη. Η μέθοδος αυτή είναι δυνατόν να εφαρμοστεί μόνο στην

περίπτωση που δεν υπάρχουν καταπτώσεις στην οπή, π.χ. σε σταθερά εδάφη πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα.

H. Μέθοδος κλειστού σωλήνα[12]:

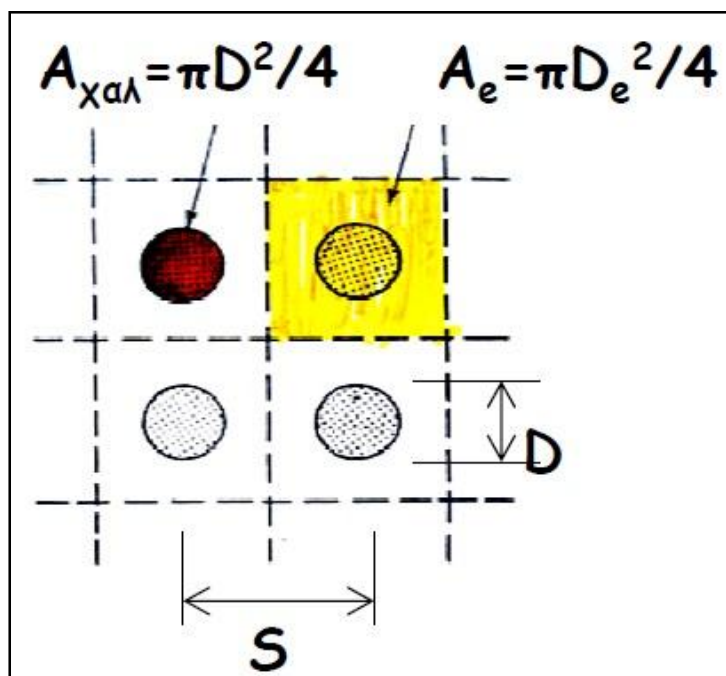
Μέθοδος με την οποία ο χαλικοπάσσαλος κατασκευάζεται με την τεχνική των πασσάλων εμπήξεως με τη βοήθεια ενός κλειστού σωλήνα. Το υλικό πλήρωσης εισάγεται μέσα στον σωλήνα, συμπυκνώνεται ανά μικρά διαστήματα (με ταυτόχρονη ανάσυρση του σωλήνα) και εισχωρεί στο περιβάλλον έδαφος.

Θ. Χαλικοπάσσαλος (Stone Column)[12]:

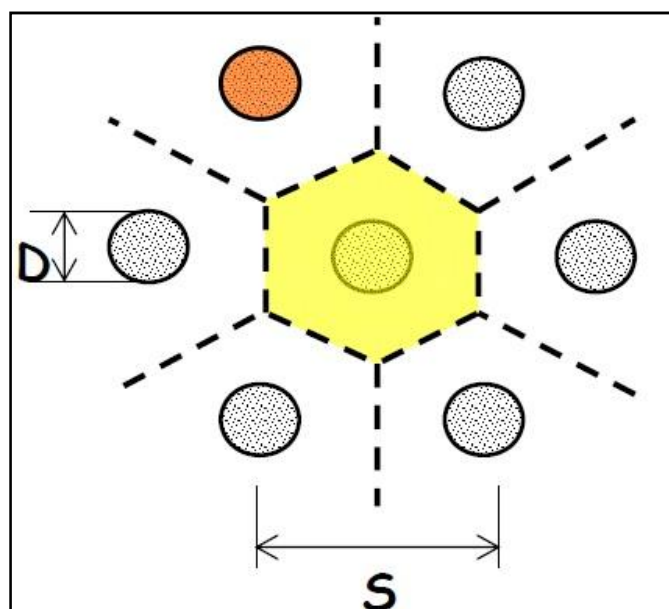
Στήλη από χαλικώδες υλικό που κατασκευάζεται εκτοπίζοντας το περιβάλλον έδαφος και χρησιμεύει για την παραλαβή κατακόρυφων φορτίων ή / και την επιτάχυνση της στράγγισης. Χαλικοπάσσαλοι κατασκευάζονται κυρίως σε αργιλικά εδάφη στα οποία η δονητική συμπύκνωση δεν είναι ιδιαίτεως αποδοτική.

2.5.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Οι χαλικοπάσσαλοι κατασκευάζονται συνήθως σε 3-γωνικό ή σε 4-γωνικό κάρναβο.



Εικόνα 57. Τετραγωνικός κάρναβος τοποθέτησης χαλικοπασσάλων [11].



Εικόνα 58. Τριγωνικός κάρναβος τοποθέτησης χαλικοπασσάλων [11].

Εάν η πλευρά του κάρναβου είναι S, τότε η «ακτίνα επιρροής» D_e του χαλικοπασσάλου είναι [11]:

$D_e = 1.05 \times S$ για 3-γωνικό κάρναβο

$D_e = 1.13 \times S$ για 4-γωνικό κάρναβο

Για την εφαρμογή της μεθόδου της βαθιάς δονητικής αντικατάστασης θα πρέπει να έχουν προηγηθεί τα παρακάτω[11]:

- Ύπαρξη επαρκών γεωτεχνικών στοιχείων του εδάφους στην περιοχή εφαρμογής της τεχνικής της βαθιάς δόνησης.
- Γνώση των απαραίτητων πληροφοριών που αφορούν στις επικρατούσες συνθήκες στην περιοχή, δηλαδή έκταση και όρια της περιοχής, τοπογραφική αποτύπωση της περιοχής, δυνατότητα πρόσβασης ή άλλοι περιορισμοί.
- Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη, την ακριβή θέση και την κατάσταση παρακείμενων υφιστάμενων κατασκευών (π.χ. κτίρια, δρόμοι, δίκτυα κοινής ωφέλειας), υπογείων κατασκευών και στοιχείων θεμελίωσης καθώς και τυχόν αρχαιολογικών ευρημάτων.
- Πληροφορίες σχετικά με την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών εντός των σχηματισμών ή με πιθανούς κινδύνους, οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν την μέθοδο κατασκευής, τις επιλογές ως προς την απόρριψη των υλικών διάτρησης, ή την ασφάλεια του προσωπικού.
- Ικανοποίηση των νομικών και περιβαλλοντικών περιορισμών (π.χ. πιθανή ρύπανση, περιορισμοί υπερβολικού θορύβου, περιορισμοί των προκαλούμενων δονήσεων και της γενικότερης όχλησης στα γειτονικά κτίσματα).
- Περιγραφή της μεθοδολογίας εκτέλεσης των εργασιών με σαφή και λεπτομερή αναφορά:
 - (α) στον κατάλογο των μηχανημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν
 - (β) στη σύνθεση του τεχνικού προσωπικού, με ορισμό του επικεφαλής, ο οποίος θα πρέπει να είναι εργοδηγός βεβαιωμένης πείρας σε παρόμοιες εργασίες
 - γ) στον κάρναβο εφαρμογής της μεθόδου και τη χρονική αλληλουχία της κατασκευής.
- Εκτέλεση ενός δοκιμαστικού πεδίου, για την επαλήθευση της διαδικασίας εκτέλεσης των εργασιών, της απαιτούμενης πυκνότητας του κάρναβου και βεβαίως της επιτυγχανόμενης συμπύκνωσης.

Γεωτεχνικές έρευνες [12]:

Οι γεωτεχνικές έρευνες θα πρέπει να εκτείνονται σε ικανό βάθος, έτσι ώστε να προσφέρουν επαρκή στοιχεία (αντοχής και παραμορφωσιμότητας) για όλες τις γεωτεχνικές ενότητες, οι οποίες εκτιμάται ότι επηρεάζουν την επιλογή και εφαρμογή της μεθόδου. Η εκτέλεση των παραπάνω ερευνών θα γίνεται σύμφωνα με τις ισχύουσες προδιαγραφές. Επιπλέον, για τον τελικό καθορισμό των ποσοτήτων των προς εκτέλεση αναγκαίων γεωτεχνικών ερευνών, είναι απαραίτητη η συνεκτίμηση της υπάρχουσας σχετικής εμπειρίας στη δονητική αντικατάσταση σε ανάλογες γεωτεχνικές συνθήκες ή / και των γεωτεχνικών πληροφοριών στην ευρύτερη περιοχή των εργασιών.

Οι γεωτεχνικές έρευνες μπορεί να είναι:

- (1) Δοκιμές πενετρομέτρου με στατικό ή δυναμικό κώνο.
- (2) Δοκιμές πρότυπων δοκιμών διείσδυσης (SPT)
- (3) Δοκιμές πρεσσιομέτρου.
- (4) Γεωφυσικές, σεισμικές δοκιμές.
- (5) Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις.

Επισημαίνεται ότι θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ακόλουθες γεωτεχνικές συνθήκες :

- Στρώσεις κροκάλων και ογκολίθων, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν δυσκολίες στην διείσδυση του δονητή και εξ αυτού να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων με χρήση προ-διάτρησης.
- Παρουσία ανθεκτικού φέροντος σχηματισμού ικανού πάχους που είναι δυνατόν να προκαλέσει δυσκολίες στη διείσδυση του δονητή και εξ αυτού να απαιτηθεί η εφαρμογή μεθόδων με χρήση προ-διάτρησης.
- Συστηματική καταγραφή της στάθμης του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα.
- Παρουσία αρτεσιανού ή επικρεμάμενου υδροφόρου ορίζοντα.

Κριτήρια Αποδοχής Ενσωματωμένων Υλικών[12]:

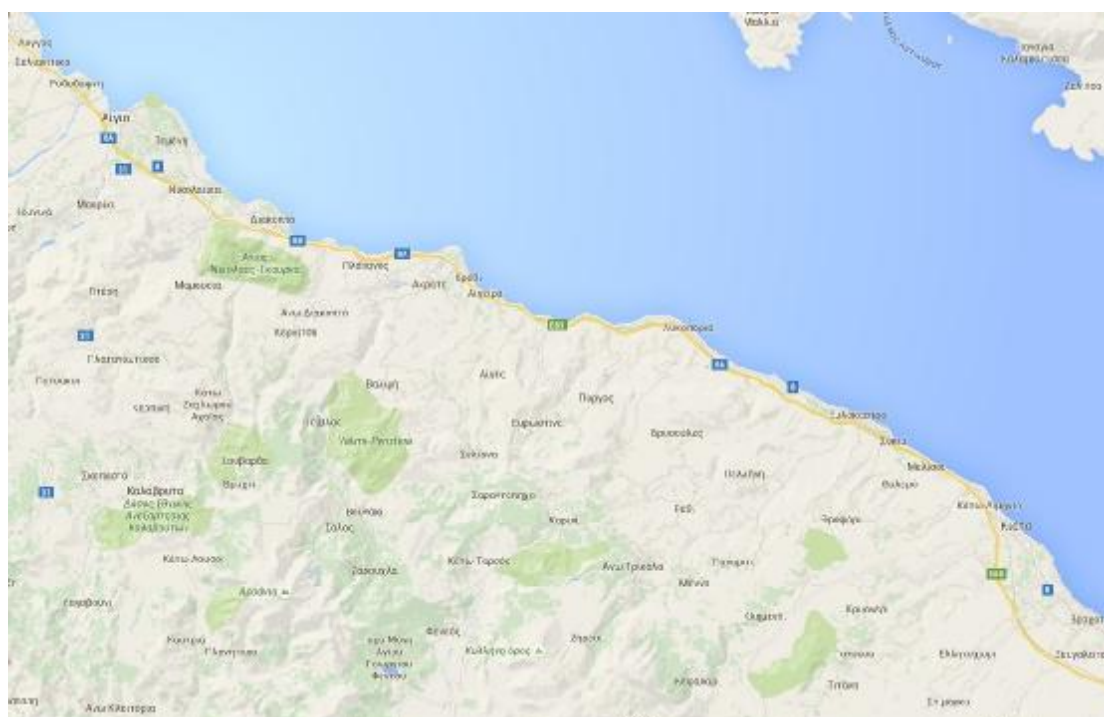
Τα υλικά τα οποία ενσωματώνονται στις εργασίες δονητικής αντικατάστασης είναι τα αδρανή υλικά πλήρωσης που θα πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες απαιτήσεις :

- Στην περίπτωση κατασκευής χαλικοπασσάλων με την μέθοδο της δονητικής αντικατάστασης και με τροφοδοσία από πάνω (top feed), το χρησιμοποιούμενο υλικό θα είναι χαλίκια προερχόμενα από σκληρά και ανθεκτικά βραχώδη προϊόντα με διαβάθμιση από 3/8 έως 2 ίντσες (1 έως 5 εκατοστά), ενώ σε ειδικές περιπτώσεις είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και κροκάλες έως 4 ίντσες (10 εκατοστά) όπως π.χ. στη μέθοδο της «κουβέρτας» στα λιμενικά έργα.
- Στην περίπτωση κατασκευής χαλικοπασσάλων με τη μέθοδο του κλειστού σωλήνα ή της δονητικής αντικατάστασης και με τροφοδοσία από την αιχμή (bottom feed), το χρησιμοποιούμενο υλικό θα είναι χαλίκια προερχόμενα από σκληρά και ανθεκτικά βραχώδη προϊόντα με διαβάθμιση από 1/4 έως 1.5 ίντσες (0,6 έως 3,8 εκατοστά) δεδομένου ότι αυτά θα πρέπει να μεταφέρονται ευχερώς στην αιχμή μέσω του ειδικού σωλήνα τροφοδοσίας.
- Γενικά και εφόσον δεν προδιαγράφεται διαφορετικά στη μελέτη, το υλικό πλήρωσης των χαλικοπασσάλων θα αποτελείται κατά προτίμηση από θραυστά γωνιώδη σκύρα (χαλίκια) σε σχέση με τα στρογγυλεμένα, λόγω της μεγαλύτερης εσωτερικής γωνιάς τριβής που επιτυγχάνουν, με σκληρότητα και υγεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΤΗ Ν.Ε.Ο ΠΑΤΡΩΝ - ΚΟΡΙΝΘΟΥ

Τα παρακάτω αναφερόμενα τεχνικά έργα υλοποιούνται μεταξύ της πόλης του «Αιγίου» και το «Κιάτο». Οι φωτογραφίες έχουν τραβηχτεί από εμάς για την υλοποίηση της διπλωματικής μας.

Τα υπό κατασκευή τεχνικά έργα που αφορούν την στήριξη των πρικών τα έχουμε κατηγοριοποιήσει ανάλογα με το κεφάλαιο 2 της διπλωματικής μας εργασίας.



Εικόνα 59. Περιοχή υλοποίησης των Έργων.

3.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΩΝ



Εικόνα 60.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (α)



Εικόνα 61.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (β)



Εικόνα 62.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (γ)



Εικόνα 63. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (δ)

Στις εικόνες 60 (α) έως 60 (δ) παρατηρούμε από διάφορες οπτικές γωνίες την κάλυψη των πρανών με γεωπλέγματα. Επίσης παρατηρούμε για να επιτευχθεί η σταθερότητα του γεωπλέγματος, αλλά και η ενίσχυση του πρανούς έχουν τοποθετηθεί σε μορφή κανάβου, μεταλλικοί ράβδοι (αγκύρια) των οποίων η απόληξη μέσω μιας λάμας και παξιμαδιού κρατάει το γεωπλέγμα στη θέση του.



Εικόνα 64.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (ε)



Εικόνα 65.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (ζ)



Εικόνα 66.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (η)



Εικόνα 67.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (θ)



Εικόνα 68.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (ι)



Εικόνα 69.Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (κ)

Στις εικόνες 66 (η) και 67 (θ) στα πρανή γίνεται επικάλυψη με μεταλλικό πλέγμα το οποίο δένεται στην στέψη του τοίχου αντιστήριξης που έχει κατασκευαστεί στο πόδα του πρανούς. Το μεταλλικό πλέγμα έχει την κατάλληλη διάμετρο οπής ώστε να μην επιτρέπει την πτώση υλικού εντός του οδοστρώματος. Το πλεονέκτημα της εν λόγω μεθόδου είναι η εύκολη και γρήγορη εφαρμογή.

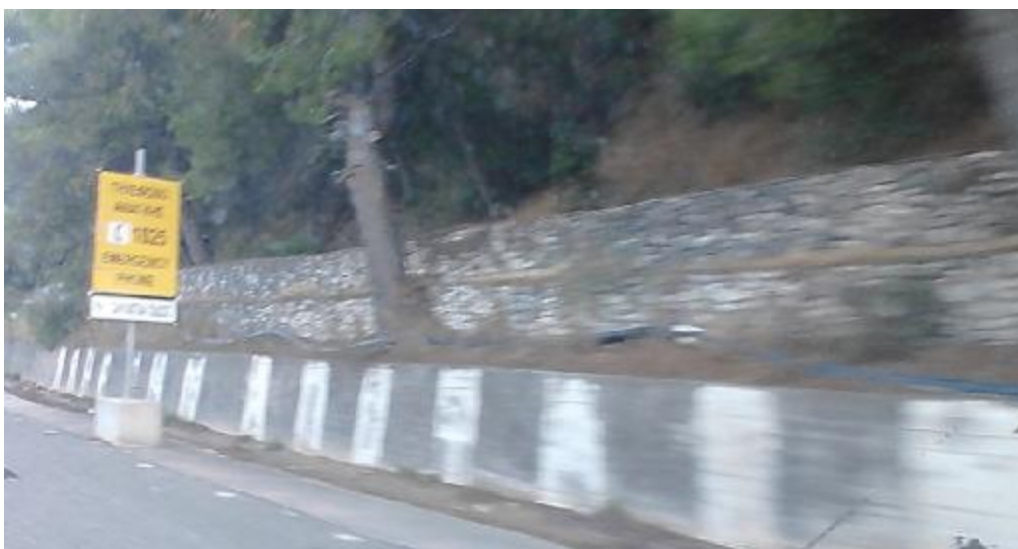
3.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΡΜΑΤΟΚΥΒΩΤΙΩΝ



Εικόνα 70. Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (α)



Εικόνα 71. Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (β)



Εικόνα 72.Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (γ)



Εικόνα 73.Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (δ)

Η στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια (εικόνες 70 α, 71 β και 72 γ) είναι αρκετά δημοφιλής διότι έχει πολύ καλό λόγω κόστους και αποτελέσματος στην στήριξη του πρανούς. Επιπλέον είναι αρκετά «ξεκούραστο» στο μάτι του οδηγού. Η τοποθέτηση του είναι εύκολη και γρήγορη με απαραίτητη προϋπόθεση την αναγκαία ύπαρξη του υλικού πλήρωσης του πλέγματος.

Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με κάποια άλλη μέθοδο στήριξης ανάλογα τις απαιτήσεις του έργου όπως στην εικόνα (δ) όπου συνδυάζεται με την κάλυψη γεωπλεγμάτων, που είδαμε στην προηγούμενη ενότητα.

3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΡΕΑΤΟΠΑΣΣΑΛΩΝ



Εικόνα 74. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (α)



Εικόνα 75. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (β)



Εικόνα 76.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (γ)



Εικόνα 77.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (δ)

Η στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους προϋποθέτει μεγάλη ικανότητα αντιστήριξης και την μη διαμόρφωση των πρανών με κλίση, δηλαδή οι φρεατοπάσσαλοι στηρίζουν τα πρανή έχοντας κατασκευαστεί παράλληλα με το πρανές (κατακόρυφη διεύθυνση). Στις φωτογραφίες 74 (α) έως 89 (π) βλέπουμε τα διάφορα στάδια των κατασκευών που γίνονται με φρεατοπάσσαλους, όπως η

πλήρωση των κατακόρυφων γεωτρήσεων, η μετέπειτα εμφάνιση των πασσάλων με την αφαίρεση των περιμετρικών γαιών, η δημιουργία κεφαλόδεσμων στην στέψη των πασσάλων για την ενίσχυση τους και την αποτροπή απομάκρυνσης τους μεταξύ τους.



Εικόνα 78.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ε)



Εικόνα 79.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ζ)



Εικόνα 80.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (η)



Εικόνα 81.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (θ)

Παρατηρούμε ότι η μέθοδος των φρεατοπασσάλων έχει προτιμηθεί να κατασκευαστεί σε σημεία όπου υπάρχουν ιδιαίτερα υψηλά πρανά και η γεωλογική σύσταση του εδάφους δεν δίνει ιδιαίτερη μηχανική αντοχή.



Εικόνα 82.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ι)



Εικόνα 83.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (κ)



Εικόνα 84.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (λ)



Εικόνα 85.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (μ)



Εικόνα 86.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ν)



Εικόνα 87.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ξ)



Εικόνα 88. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (ο)



Εικόνα 89.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (πι)

Η πλήρωση των φρεατοπασσάλων έχει γίνει με σκυρόδεμα όπου πριν την διαδικασία πλήρωσης του, έχει τοποθετηθεί έτοιμος οπλισμός, παρόμοιος με αυτόν των κυκλικών υποστυλωμάτων.



Εικόνα 90.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ρ)



Εικόνα 91.Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (σ)

Με την κατασκευή των φρεατοπασσάλων κερδίζουμε αρκετό μήκος στο εύρος κατάληψης του οδοστρώματος, το οποίο είναι αναγκαίο λόγω των δύσκολων απαλλοτριώσεων που έπρεπε να γίνουν για την δια πλάτυνση της οδού.

3.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ



Εικόνα 92. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (α)



Εικόνα 93. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (β)



Εικόνα 94.Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (γ)



Εικόνα 95.Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (δ)



Εικόνα 96.Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (ε)

Στις εικόνες 92 (α) έως 96 (ε) βλέπουμε περιπτώσεις όπου η επιθυμητή αντοχή των πρανών θα επιτευχθεί μέσω φυτοκάλυψης της κεκλιμένης επιφάνειας. Αποτελεί μια αρκετά οικονομική λύση και βοηθάει στην ομαλοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος μετά την ολοκλήρωση των έργων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μας εργασία θα θέλαμε να ξάνουμε τις εξής παρατηρήσεις :

1. Βλέποντας από κοντά ένα τόσο μεγάλο τεχνικό έργο όπως η κατασκευή της Ν.Ε.Ο Πατρών - Κορίνθου διαπιστώσαμε την σπουδαιότητα των μαθημάτων του προγράμματος σπουδών της σχολής μας και ιδιαίτερα των μαθημάτων Εδαφομηχανικής I και II που είναι και το αντικείμενο της διπλωματικής μας.
2. Η μελέτη ενός τεχνικού έργου είναι πολύ σημαντική και απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις και εξειδίκευση ώστε να επιλεγεί η ορθότερη μέθοδο κατασκευής ικανοποιώντας όλες τις παραμέτρους όπως ασφάλεια και κόστος κατασκευής.
3. Η ενίσχυση των πρανών σε ένα έργο όπως η Ν.Ε.Ο Πατρών – Κορίνθου δεσμεύει ένα αρκετά μεγάλο οικονομικό μέρος του συνολικού προϋπολογισμού του έργου.
4. Η χρήση ηλεκτρονικών προγραμμάτων για την επίλυση των πολύπλοκων υπολογιστικών πράξεων κρίνεται απαραίτητη με σκοπό τον καλύτερο συνδυασμό των γνωστών μεθόδων μέσω σεναρίων που θα επιλυθούν.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την καθηγήτρια και επόπτρια μας την Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη διότι μας έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με το εν λόγω θέμα και να κατανοήσουμε σε βάθος αρκετά πράγματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντωνίου, Α.Α. (2005). «Τεχνική Γεωλογία έργων Πολιτικού Μηχανικού», Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας - Πολυτεχνική Σχολή - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Λάρισα.
2. ΑΡΓΥΡΗΣ ΚΑΛΤΣΙΟΣ, πολιτικός μηχαν., MSc. «Βελτίωση και ενίσχυση εδαφών».
3. S GEO-SLOPE International Ltd (2004). «GeoStudio Tutorials: Includes Student Edition Lessons», 1st Edition, Calgary - Alberta, Canada.
4. S Miao, T. - Ma, C. - Wu, S. (1999). «Evolution Model of Progressive Failure of Landslides», Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, October 1999, vol. 125, No. 10, pp. 827-831.
5. S Nash, D. (1987). «A Comparative Review of Limit Equilibrium Methods of Stability Analysis: Slope Stability - Geotechnical Engineering and Geomorphology», John Wiley & Sons Inc., New York, USA.
6. Σ Στειακάκης, Ε. (2008). «Σημειώσεις Τεχνικής Γεωλογίας - Εδαφομηχανικής», Πολυτεχνείο Κρήτης - Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
7. «Τεχνικός φάκελος», Panmetal.
8. «ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΑΝΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΟΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕ ΦΥΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ», ΓΙΑΝΝΗΣ ΣΤΑΘΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, Greece, ΓΕΩΠΟΝΟΣ M.sc. Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΤΜ. ΠΡΑΣΙΝΟΥ Ε.Ο.Α.Ε. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΣΤΟ ΤΕΙ ΔΡΑΜΑΣ ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ ΜΕΛΟΣ ΓΕΩΤΕΕ ΜΕΛΟΣ ΣΥΛΛΟΓΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ ΕΟΑΕ
9. «Θεμελιώσεις με πασσάλους», Αναγνωστόπουλος Α.Γ.
10. «Βαθιές θεμελιώσεις (πάσσαλοι, πασσαλοσανίδες, αγκυρία), εγχυτοί πάσσαλοι και φρεατοπάσσαλοι», Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων – Βαθιές θεμελιώσεις, Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.
11. «Χαλικοπάσσαλοι», Γεωργιος Μποκοβάλας, Καθ. ΕΜΠ, Μάρτιος 2013
12. Εγνατία Οδός, Προδιαγραφές, Κάθετος άξονας Εγνατίας Οδού, Αρδάνιο – Ορμένιο: Τμήμα Αρδάνιο Μάνδρα, 2010.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Συμπύκνωση εδάφους με την βοήθεια μηχανήματος. [2].....	11
Εικόνα 2. Τα κατακόρυφα γεωσύνθετα στραγγιστήρια τοποθετούνται μέσα στο έδαφος με τη βοήθεια ειδικού γερανού με κατακόρυφο οδηγό, σε μικρές μεταξύ τους αποστάσεις των 2 - 4m.[2].....	12
Εικόνα 3. Σχηματική διάταξη και τρόπος λειτουργίας των κατακόρυφων συνθετικών στραγγιστηρίων. Η αυξημένη οριζόντια διαπερατότητα και η μικρή απόσταση μεταξύ των πασσάλων περιορίζουν σημαντικά το χρόνο στερεοποίησης.[2].....	15
Εικόνα 4. Εφαρμογή της μεθόδου δυναμικής συμπύκνωσης, η οποία συνίσταται στη ρίψη όγκων μεγάλου βάρους στο έδαφος.[2].....	15
Εικόνα 5. Η χρήση γεωπλεγμάτων αποτελεί μια σύγχρονη, γρήγορη και οικονομική μέθοδο ενίσχυσης και σταθεροποίησης εδαφών.[2].....	18
Εικόνα 6. Το γεωύφασμα λειτουργεί ως διαχωριστική στρώση ανάμεσα στο έδαφος και στο θραυστό υλικό.[2].....	18
Εικόνα 7. Πολλές μέθοδοι ενίσχυσης περιλαμβάνουν την επιβολή ξένων προς το έδαφος στοιχείων, όπως αγκυρίων.[2].....	19
Εικόνα 8. Δυνάμεις που ενεργούν σε κυκλικές (α) και επίπεδες (β) επιφάνειες αστοχίας (Στειακάκης, 2005, από Hunt, 1986).....	23
Εικόνα 9. Η μέθοδος των λωρίδων (Στειακάκης, 2005, από Craig, 1983).....	25
Εικόνα 10. Μέθοδος Bishop (Nash, 1987).	27
Εικόνα 11. Μέθοδος Janbu(Nash, 1987).	29
Εικόνα 12. Πρότυπη καμπύλη και γεωμετρικά στοιχεία για τον υπολογισμό του συντελεστή διόρθωσης f_0 στη μέθοδο του Janbu (Nash, 1987).	31
Εικόνα 13. Μέθοδος Spencer (Nash, 1987).....	31
Εικόνα 14. Το πλέγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του ή σε συνδυασμό με λίθινο σύντριμμα.[7].....	35
Εικόνα 15. Κάλυψη πρανούς με συρματοκιβώτια.[7].....	36
Εικόνα 16. Σκαρίφημα συρματοκυβωτίου.[7].....	37
Εικόνα 17. Συρματοκιβώτιο τύπου Reno.[7].....	38
Εικόνα 18. Συρματοκύλινδρος.[7].....	38
Εικόνα 19. Συρματοκυβώτια τύπου Terramesh.[7].....	39
Εικόνα 20. Μετακινήστε το κάθε καλάθι μέσα από το δέμα. (Ξεδιπλώστε την κάθε πλευρά)[7].....	46
Εικόνα 21. Διπλώστε τα άκρα όπως στο διάγραμμα ώστε να ενωθούν τα άκρα.[7]...46	
Εικόνα 22. Είναι σημαντικό να αρχίσει το δέσιμο από τη μπροστινή δεξιά γωνία της	

βάσης του καλαθιού.[7]	46
Εικόνα 23. Στη συνέχεια δένετε την μπροστινή αριστερή γωνία της βάσης.[7]	47
Εικόνα 24. Διπλώστε κάθετα την πίσω πλευρά και δέστε την δεξιά γωνία.[7].....	47
Εικόνα 25. Συνεχίζεται το δέσιμο στην αριστερή γωνία της βάσης.[7]	47
Εικόνα 26. Κλείνετε το καπάκι και ελέγχετε την ευθυγράμμιση (χωρίς να το δέσετε).[7].....	47
Εικόνα 27.Κρίκος [7]	49
Εικόνα28. Φακελώματα (Schiechtel and Stern 1994) [8]	52
Εικόνα29. Κλαδοπλέγματα Wattle (wicker) fences (Donat 1992) [8]	53
Εικόνα30. <i>Κορμοτεμάχια, Long brush barrier for slope stabilization (construction pattern) (Hellenic Ministry of environment and public works)</i> [8].....	54
Εικόνα 31.Κλαδοβλαστήματα (Schiechtel and Stern 1992)[8]	56
Εικόνα 32.Ξυλοφράκτες (ΥΠΕΧΩΔΕ)[8]	57
Εικόνα 33. Απεικόνιση περίπτωσης καθίζησης λόγω βαλτωδών εδαφών και καταστροφή της σιδηροδρομικής γραμμής [9].....	61
Εικόνα 34. Πανοραμική απεικόνιση της τοποθεσίας έργου οδοποιίας [9].....	62
Εικόνα 35. Απεικόνιση της τοποθέτησης των γεωπλεγμάτων με ειδικό όχημα [9]	62
Εικόνα 36. Απεικόνιση γεωσυνθετικά οπλισμένου τοίχου.....	63
Εικόνα 37. Απεικόνιση κατανομής των οπλισμών στο πρανές	64
Εικόνα 38. Απεικόνιση έργου διεύρυνσης δρόμων [9]	64
Εικόνα 39. Απεικόνιση της τοποθέτησης των γεωσυνθετικών. [9].....	65
Εικόνα 40.Ενισχυμένοπρανές για την αντιστήριξη ξενοδοχείου. [9].....	65
Εικόνα 41.Απεικόνιση γεωσυνθετικά οπλισμένου πρανούς με συμπυκνωμένη επίχωση και πρόσοψη. [9]	67
Εικόνα 42.Τοποθέτηση επίχωσης για ενισχυμένα πρανή με κεκαλυμμένη πρόσοψη.[9]	67
Εικόνα 43.Τοποθέτηση οπλισμού σε ενισχυμένο πρανές με κεκαλυμμένη πρόσοψη.[9]	68
Εικόνα 44.Πλέγμα ελέγχου διάβρωσης για ενισχυμένα πρανή με κεκαλυμμένη πρόσοψη.....	69
Εικόνα 45.Ενισχυμένο πρανές με κεκαλυμμένη πρόσοψη και κάλυψη με πέτρα και.....	69
Εικόνα 46. Απεικόνιση μονοαξονικού γεωσυνθετικού. [9].....	72
Εικόνα 47.Απεικόνιση διαξονικούγεωσυνθετικού. [9].....	73
Εικόνα 48.Μεθοδολογία του υπολογισμού του κόστους σε σχέση με την κλίση του.....	82
Εικόνα 49.Απεικόνιση της τοποθεσίας της σήραγγας.....	83

Εικόνα 50.Θέσεις των οπλισμών του οπλισμένου πρανούς.	84
Εικόνα 51.Τοποθέτηση των γεωσυνθετικών στο πρανές.	85
Εικόνα 52. Top Feed μέθοδος σε μη συνεκτικά εδάφη [11].	117
Εικόνα 53. Top Feed μέθοδος σε συνεκτικά εδάφη [11].....	117
Εικόνα 54. Bottom Feed μέθοδος [11].	118
Εικόνα 55. Σχηματική απεικόνιση των βημάτων της διαδικασίας κατασκευής ενός χαλικοπασσάλου [11].....	118
Εικόνα 56. Κατασκευή χαλικοπασσάλου σε «πραγματικές συνθήκες» [11].	119
Εικόνα 57. Τετραγωνικός κάρναβος τοποθέτησης χαλικοπασσάλων [11].....	122
Εικόνα 58. Τριγωνικός κάρναβος τοποθέτησης χαλικοπασσάλων [11]......	122
Εικόνα 59. Περιοχή υλοποίησης των Έργων.....	125
Εικόνα 60. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (α).....	126
Εικόνα 61. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (β).....	126
Εικόνα 62. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (γ).....	127
Εικόνα 63. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (δ).....	127
Εικόνα 64. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (ε).....	128
Εικόνα 65. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (ζ).....	128
Εικόνα 66. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (η).....	129
Εικόνα 67. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (θ).....	129
Εικόνα 68. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (ι).....	130
Εικόνα 69. Κάλυψη διαμορφωμένων πρανών με πλέγμα. (κ).....	130
Εικόνα 70. Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (α).....	131
Εικόνα 71. Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (β).....	131
Εικόνα 72. Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (γ).....	132
Εικόνα 73. Στήριξη πρανών με συρματοκυβώτια. (δ).....	132
Εικόνα 74. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (α).....	133
Εικόνα 75. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (β).....	133
Εικόνα 76. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (γ).....	134
Εικόνα 77. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (δ).....	134
Εικόνα 78. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ε).....	135
Εικόνα 79. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ζ).....	135
Εικόνα 80. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (η).....	136
Εικόνα 81. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (θ).....	136
Εικόνα 82. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (ι).....	137
Εικόνα 83. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (κ).....	137
Εικόνα 84. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (λ).....	138
Εικόνα 85. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσαλους. (μ).....	138

Εικόνα 86. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (ν).....	139
Εικόνα 87. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (ξ).....	139
Εικόνα 88. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (ο).....	140
Εικόνα 89. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (π).....	140
Εικόνα 90. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (ρ).....	141
Εικόνα 91. Στήριξη πρανών με φρεατοπάσσλους. (σ)	141
Εικόνα 92. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (α).....	142
Εικόνα 93. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (β).....	142
Εικόνα 94. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (γ)	143
Εικόνα 95. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (δ).....	143
Εικόνα 96. Στήριξη πρανών με φυτοκάλυψη. (ε)	144