

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΕΛΑΦΩΝ ΜΕ
ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΑ. ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΠΑΠΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΤΡΥΦΩΝ

ΕΠΟΠΤΕΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΠΑΤΡΑ – 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Αντιστηρίξεις εδαφών με συρματοκιβώτια. Τύποι και μηχανικές ιδιότητες» εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας. Το θέμα της εργασίας αφορά την αναγκαιότητα και χρησιμότητα των συρματοκιβωτίων. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη ως εποπτεύουσα καθηγήτρια για την εκπόνηση της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή έχει ως στόχο την παρουσίαση και ανάλυση των αντιστηρίξεων εδαφών με συρματοκιβώτια. Η εργασία απαρτίζεται από 6 κεφάλαια.

- Στο κεφάλαιο 1 περιγράφονται τα συρματοκιβώτια, οι εφαρμογές τους, ο τρόπος εγκατάστασης τους καθώς επίσης, διερευνάται και η ποιότητα του σύρματος των καλαθίων.
- Στο κεφάλαιο 2 που ακολουθεί πραγματοποιείται αναφορά στην σταθερότητα των τοίχων αντιστήριξης εδαφών με συρματοκιβώτια. Γίνεται σύγκριση μεταξύ ορθογωνικών και εξαγωνικών συρματοκιβωτίων για το αποδοτικότερο είδος διαμόρφωσης τους όσο αφορά την αντοχή τους και αυτό επιτυγχάνεται με εργαστηριακές δοκιμές.
- Στο κεφάλαιο 3 αναλύεται ο τρόπος σχεδιασμού των συρματοκιβωτίων. Γίνεται αναφορά στους ελέγχους ευστάθειας, στην φέρουσα ικανότητα τους και τους υπολογισμούς που πρέπει να γίνουν κατά τον σχεδιασμό τους. Επιπλέον παρουσιάζονται κάποιες τυπικές διατομές των συρματοκιβωτίων.
- Στο κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στις προδιαγραφές όλων των μορφών συρματοκιβωτίων που πρέπει να εξετάζονται από το σύρμα συρραφής έως την κατηγορία του λίθου. Έμφαση δίνεται στην συρναμολόγηση, στα υλικά και στο προσωπικό του έργου.
- Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται αναλυτική συγκριτική επίλυση μεταξύ τοίχων αντιστήριξης από άοπλο σκυρόδεμα και συρματοκιβωτίων ώστε να βγει το συμπέρασμα ποιο είδος κατασκευής είναι πιο αποτελεσματικό. Υπολογίζεται και το κόστος των δύο διαφορετικών κατασκευών.
- Τέλος, το κεφάλαιο 6 αποτελείται από εικόνες όπου δείχνουν την αστοχία ενός τοίχου αντιστήριξης εδαφών από συρματοκιβώτια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1 Περιγραφή των συρματοκιβωτίων	2
1.1 Γενικά	2
1.2 Εφαρμογές	2
1.3 Ποιότητα του σύρματος.....	3
1.4 Πλεονεκτήματα.....	3
1.5 Μειονεκτήματα.....	6
1.6 Οδηγίες εγκατάστασης για συρματοκιβώτια.....	6
2 Η σταθερότητα των τοίχων με συρματοκιβώτια για την αντιστήριξη του εδάφους. Συγκριτική μελέτη ορθογωνικών και εξαγωνικών συρματοκιβωτίων.	8
2.1 Εισαγωγή	8
2.2 Αστοχία τοίχου από συρματοκιβώτια σε εχθρικό περιβάλλον.....	8
2.3 Ο αρθρωτός σχεδιασμός των συρματοκιβωτίων.....	9
2.4 Τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.	9
2.5 Προκύπτουσα δύναμη P_a	10
2.6 Κατασκευή των δοκιμών.....	11
2.7 Κατασκευή δίδυμων τοίχων	12
2.8 Ερευνητικά θέματα	13
2.9 Εκτίμηση της παραμόρφωσης.....	13
2.10 Αποτελέσματα δοκιμών.....	14
2.11 Αποτελέσματα	15
2.12 Συμπεράσματα.....	16
3 Σχεδιασμός τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια.....	18
3.1 Μέθοδοι σχεδιασμού	18
3.2 Ανάλυση σχεδιασμού	19
3.2.1 Ανάλυση Coulomb.....	19
3.2.2 Ανάλυση Wedge	20
3.3 Υπολογισμοί ενεργητικής ώθησης	20
3.4 Σύνολο ενεργούς ώθησης P_a	22
3.5 Υπολογισμοί συρματοκιβωτίων	22
3.6 Υπολογισμοί ευστάθειας	23

3.6.1 Έλεγχος ανατροπής.....	23
3.6.2 Έλεγχος ολίσθησης.....	24
3.7 Φέρουσα ικανότητα.....	24
3.8 Κριτήρια σχεδιασμού.....	25
3.9 Ειδικά βάρη συρματοκιβωτίου.....	25
3.10 Πολύπλοκο προφίλ επιστημονικής και τεχνικής έρευνας.....	26
3.11 Τυπικές διατομές συρματοκιβωτίων.....	26
4 Ελληνικές προδιαγραφές - Συρματοκιβώτια προστασίας κοίτης, πρανών και επιχωμάτων (Serasanetti).....	34
4.1 Αντικείμενο.....	34
4.2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	34
4.3 Όροι και ορισμοί.....	34
4.3.1 Συρματοκιβώτια.....	35
4.4 Απαιτήσεις.....	38
4.4.1 Συρματόπλεγμα.....	38
4.4.2 Σύρμα ραφής.....	40
4.4.3 Λίθοι πλήρωσης φατνών.....	40
4.5 Συναρμολόγηση, τοποθέτηση και ανοχές.....	41
4.5.1 Γενικά.....	41
4.5.2 Κατασκευή συρματοκιβωτίων και στρωμών.....	42
4.5.3 Λιθοπλήρωση συρματοκιβωτίων και στρωμών.....	42
4.5.4 Ανοχές.....	43
4.6 Δοκιμές.....	43
4.6.1 Επί τόπου δοκιμές γαλβανισμένων συρμάτων (συρματοκιβωτίων ή ενίσχυσης)..	43
4.6.1.1 Δοκιμή στρέψεως.....	43
4.6.1.2 Δοκιμή ευκαμψίας.....	43
4.6.1.3 Δοκιμή πάχους γαλβανίσματος.....	43
4.6.2 Δοκιμές υλικού πλήρωσης φατνών.....	44
4.7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος.....	44
4.7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών.....	44
4.7.2 Μέτρα υγιεινής – ασφάλειας.....	44
4.8 Τρόπος επιμέτρησης.....	44
5 Επίλυση τοίχων αντιστήριξης από σκυρόδεμα και συρματοκιβώτια.....	46

5.1	Τοίχος αντιστήριξης από άοπλο σκυρόδεμα	46
5.1.1	Υπολογισμός λοιπών γεωμετρικών στοιχείων.....	46
5.1.2	Υπολογισμός P_a , P_v , P_h	46
5.1.3	Υπολογισμός P_p	47
5.1.4	Υπολογισμός επί μέρους βαρών και μοχλοβραχιόνων ως προς το σημείο O	47
5.1.5	Έλεγχος ολίσθησης.....	47
5.1.6	Έλεγχος ανατροπής.....	47
5.2	Τοίχος αντιστήριξης από συρματοκιβώτια.....	48
5.2.1	Υπολογισμός P_a , P_v , P_h	48
5.2.2	Υπολογισμός P_p	49
5.2.3	Υπολογισμός επί μέρους βαρών και μοχλοβραχιόνων ως προς το σημείο O	49
5.2.4	Έλεγχος ολίσθησης.....	49
5.2.5	Έλεγχος ανατροπής.....	50
5.3	Υπολογισμός κόστους των δύο διαφορετικών τοίχων αντιστήριξης (άοπλου σκυροδέματος – συρματοκιβωτίων).....	50
6	Αστοχία τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια	52
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	57

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αντιστήριξη των εδαφών είναι αναγκαία και συμβαίνει επειδή οι εδαφικές μάζες τείνουν να κατολισθήσουν λόγω φυσικών αιτίων (ανύψωση υδροφόρου ορίζοντα στα πρανή, κατολισθήσεις κ.λ.π.) και τεχνικών έργων (δρόμοι, εκσκαφές κ.λ.π.). Υπάρχουν τρία είδη κατασκευών αντιστήριξης εδαφών οι οποίες είναι οι τοίχοι αντιστήριξης, οι πασσαλοσανίδες και οι πασσαλότοιχοι. Τα συρματοκιβώτια κατατάσσονται στην κατηγορία των τοίχων αντιστήριξης κατά κύριο λόγο αλλά τα συναντάμε και σε άλλα έργα όπως στα αντιπλημμυρικά. Χρησιμοποιούνται στους τοίχους αντιστήριξης για την ευκαμψία τους, την αντοχή τους και για την οικονομία τους σε κόστος. Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύει τα είδη, τις ιδιότητες, την αντοχή και τον σχεδιασμό των συρματοκιβωτίων.

1 Περιγραφή των συρματοκιβωτίων

1.1 Γενικά

Το συρματοκιβώτιο είναι ένα κιβώτιο με υλικά πλήρωσης από πέτρες, σκυρόδεμα, ή μερικές φορές άμμο και χώμα για χρήση σε έργα πολιτικού μηχανικού, οδοποιίας, στρατιωτικές εφαρμογές και την αρχιτεκτονική τοπίου. Ο Leonardo da Vinci σχεδίασε ένα τύπο συρματοκιβωτίου που ονομάζεται Corbeille Leonard για τα θεμέλια του Κάστρου του Αγίου Μάρκου στο Μιλάνο. Τα Συρματοκιβώτια ή Ζαρζανέτια (Μέθοδος SERAZANETI) χρησιμοποιούνται στην μοντέρνα πρακτική γενική μηχανική. Είναι ορθογώνια ή κυλινδρικά καλάθια διαχωρισμένα σε τμήματα κατασκευασμένα από σύρμα γαλβανιζέ βαρέου τύπου η πλαστικοποιημένο και γεμίζονται με πέτρες. Η πιο κοινή χρήση είναι σε έργα πολιτικού μηχανικού που τελειοποιήθηκε και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Gaetano Maccaferri στα τέλη του 1800.

Στην χώρα μας αλλά και στο εξωτερικό παρατηρείται αύξηση της χρήσης του Σεραζανέτι. Γνωρίζουμε ότι στην αντιμετώπιση των φαινομένων τις διάβρωσης εδαφών και στις παρεμβάσεις του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον με έργα υποδομής όπως κυκλοφοριακής φύσης, εκτροπών ποταμιών και ποικίλων άλλων κατασκευών τα αντιπλημμυρικά εξάγωνα διπλής στρέψεως πλέγματα (Σεραζανέτι) βρίσκουν την μέγιστη και ασφαλέστερη εφαρμογή όσον αφορά το αποτέλεσμα αλλά και την φιλικότητα του προϊόντος προς το περιβάλλον.

Τα συρμάτινα καλάθια έχουν τοιχώματα από πλέγμα και γόμωση από λίθινο σύντριμμα. Η βάση, τα πλάγια τοιχώματα και το καπάκι αποτελούν ενιαίο σύνολο (ορθογώνια μονάδα) ενισχυμένο περιφερειακά με ούγια από σύρμα πάχους μεγαλύτερου από το πάχος του πλέγματος. Τα τοιχώματα δημιουργούνται με την κάμψη του πλέγματος προς τα επάνω, κατά 90°. Ανάλογα με το συνολικό μήκος του καλάθιού, τοποθετούνται εσωτερικά ένα ή περισσότερα διαφράγματα σε τακτά διαστήματα. Τελικά κλείνει το καπάκι κάμπτοντας το κατά 90°.

Τελευταίο στάδιο είναι η συρραφή των ακμών του καλάθιού με την ενισχυμένη ούγια. Τα ήδη τοποθετημένα καλάθια δένονται μεταξύ τους στις ακμές επαφής τους. Το καλό δέσιμο είναι απαραίτητο για την σταθερότητα του τοίχου αντιστήριξης.

Τα συνήθη συρματοκιβώτια διαμορφώνονται με εξαγωνικό χαλύβδινο συρματοπλέγμα διπλής πλέξης ως παραλληλεπίπεδα ενδεικτικού πλάτους 1,00-2,00m και ύψους 0,50-1,00m.

Ενίοτε φέρουν και εγκάρσια διαφράγματα (συνήθως ανά 1,00m). Οι ακμές τους ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από τη διάμετρο του σύρματος του πλέγματος.

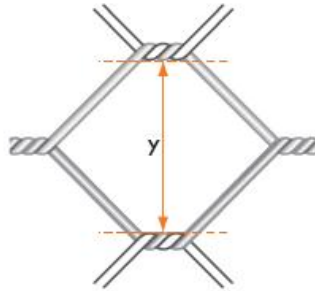
1.2 Εφαρμογές

- Στερέωση – συγκράτηση – ενίσχυση πλαγιών με μεγάλη κλίση
- Κατασκευή τοίχων αντιστήριξης, με επιφάνεια επίπεδη ή κλιμακωτή
- Ενίσχυση υδατοφραγμάτων, καναλιών και προκυμαιών
- Ανάπλαση ροής καναλιών και ποταμών
- Επενδύσεις πρανών ποταμών, καναλιών, χειμάρρων
- Ενισχύσεις βάσεων γεφυρών και εκβολών υδροηλεκτρικών σταθμών
- Συγκράτηση αναχωμάτων

1.3 Ποιότητα του σύρματος

Σύρμα πλαστικοποιημένο (PVC), με ελάχιστη επικάλυψη PVC 0.5 mm, εσωτερικά σύρμα γαλβανιζέ βαρέως τύπου, με γαλβάνισμα κατά BS 443, ελάχιστο πάχος γαλβανίσματος 255 gr/m² και εφελκυστική τάση < 500 N/mm²

Πάχος σύρματος πλέξης: 3.00 mm, Πάχος ευθύγραμμου σύρματος: 4.00 mm



Σχ.1.1 Διπλής πλέξης συρματοπλεγμα

Ειδικό βάρος πλέγματος σε ρολό (+/-) : 1,75 kg/m², Ειδικό βάρος συρματοκιβωτίου (+/-) : 2,00 kg/m²

Διαστάσεις:

Ρολά μήκους 20 m και πλάτους από 0,5 m έως 4 m (δυνατότητα παραγωγής και σε ειδικές διαστάσεις)

Συρματοκιβώτια: Μήκος από 1 m έως 3,5 m, Πλάτος από 0,5 m έως 2 m, Ύψος από 0,5 m έως 1 m.

Σημείωση 1: Τα συρματοκιβώτια τα οποία έχουν μήκος > 2 m, διαιρούνται ανά 1 m με εγκάρσια διαφράγματα, για την καλύτερη διατήρηση του σχήματος κατά τη γέμιση με πέτρες και την τοποθέτηση στο έργο.

Σημείωση 2: Τα συρματοκιβώτια ενισχύονται περιφερειακά με σύρμα-ούγια πάχους μεγαλύτερου από το πάχος του πλέγματος, συνήθως 3.90 mm.

Σημείωση 3: Όταν τα συρματοκιβώτια τοποθετηθούν στο έργο, πρέπει στη συνέχεια να δεθούν μεταξύ τους προσεκτικά, για την καλύτερη σταθερότητα του τοίχου αντιστήριξης.

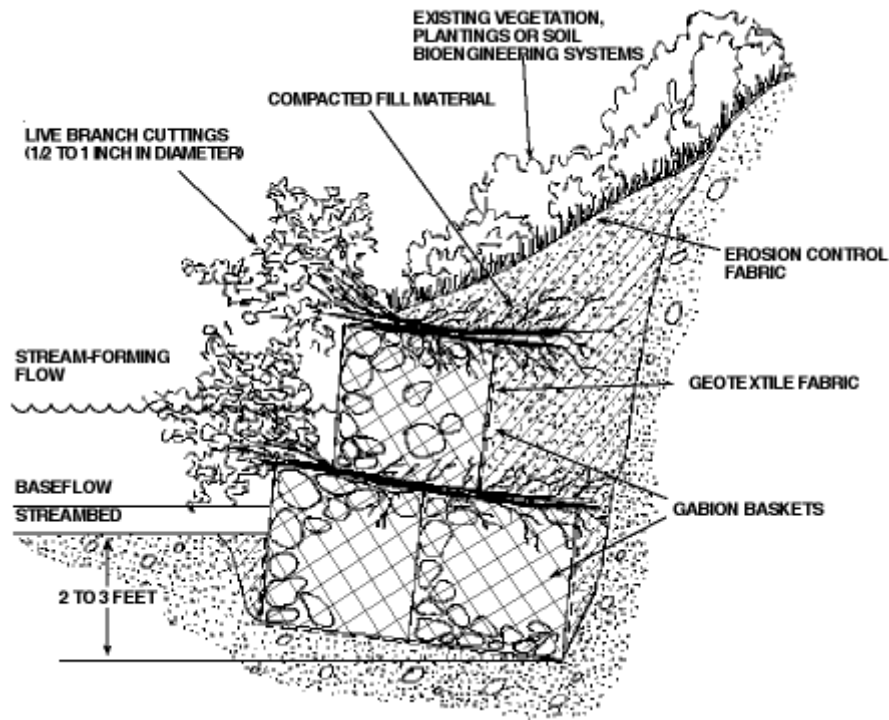
Σημείωση 4: Για την πιο γρήγορη συρραφή ρολών και συρματοκιβωτίων, χρησιμοποιούνται πνευματικά ή χειροκίνητα πιστόλια, καθώς επίσης και ειδικά δακτυλίδια ραφής (συνδετήρες) από γαλβανισμένο σύρμα βαρέως τύπου ή σύρμα GALFAN, τα οποία προσαρμόζονται επί του ενισχυμένου σύρματος στις άκρες των συρματοκιβωτίων. Οι συνδετήρες αυτοί διατίθενται σε δεσμίδες των 40 τεμαχίων, σε χαρτοκιβώτια των 40 δεσμίδων (σύνολο 1600 συνδετήρες ανά χαρτοκιβώτιο).

1.4 Πλεονεκτήματα

Τα συρματοκιβώτια προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι άλλου είδους κατασκευών αντιστηρίξεων. Κάποια από αυτά είναι:

- **Ευκαμψία:** Ένα από τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα είναι η ευκαμψία των συρματοκιβωτίων. Η κατασκευή του εξαγωνικού βρόγχου διπλής στρέψης επιτρέπει την ανοχή σε διαφορετικές δυνάμεις χωρίς να καταστρέφεται, διότι παρουσιάζει απορρόφηση των δυνάμεων από την συγκράτηση του εδάφους και της υδροστατικής πίεσης.
- **Διάρκεια στο χρόνο:** Τα Συρματοκιβώτια διακρίνονται για την διάρκεια τους στο χρόνο διότι είναι κατασκευασμένα με υψηλής αντοχής διπλής στρέψης εξαγωνικό βρόγχο και επιπλέον γεμίζονται με φυσική πέτρα. Συνδέονται μεταξύ τους και δημιουργούν μια ισχυρή κατασκευή ικανή σε υπόγειες μετατοπίσεις χωρίς να χάνετε η αρχική τους σχηματική ακεραιότητα. Επιπλέον τα συρματοκιβώτια διακρίνονται για την ικανότητα τους να προσαρμόζονται και να αφομοιώνονται πλήρως με το φυσικό περιβάλλον. Υποστηρίζονται και ενισχύονται από την ανάπτυξη φυτών ανάμεσα τους και αυτό παρέχει μια φυσική προστασία για τον βρόγχο του κιβωτίου και για τις πέτρες. Αρκετά συχνά τα συρματοκιβώτια από τα πρώτα χρόνια της ζωής της κατασκευής γεμίζονται φυσικά με χώμα και ρίζες φυτών και αυτό έχει την ιδιότητα να συγκρατεί τις πέτρες κάνοντας τες να λειτουργούν ως ένα σώμα με μεγάλη ικανότητα ευκαμψίας. Επιπρόσθετα το συρματοκιβώτιο το οποίο είναι φτιαγμένο από διπλής στρέψης εξαγωνικό βρόγχο δεν ξετυλίγεται αν κοπεί.
- **Αντοχή:** Τα Συρματοκιβώτια με την αντοχή και την ευκαμψία που διαθέτουν αντιστέκονται σε δυνάμεις που δημιουργούν όγκοι νερού και χώματος. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα που παρουσιάζεται στα έργα προστασίας και συγκράτησης όχθων ποταμιών και ακτών όταν η συμπαγής κατασκευή παραμένει δραστηκή και λειτουργική για μεγάλο χρονικό διάστημα ακόμα και αν πέσει ένα μέρος της. Τα αρμόδια test αντοχής που εφαρμόζονται στα συρματοκιβώτια από τα οποία προκύπτουν και οι προδιαγραφές του προϊόντος παρουσιάζονται στο ASTM A 975-97, EN10 223-3, EN10 244-2. Ενώ οι προδιαγραφές για το σύρμα που χρησιμοποιείτε για την κατασκευή των συρματοκιβωτίων παρουσιάζονται στο ASTM A641.
- **Οικολογία:** Οι κατασκευές από Συρματοκιβώτια είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Παρουσιάζουν ελάχιστη παρέμβαση στην ισορροπία των οικοσυστημάτων λόγω της αδράνειας του υλικού και την χρησιμοποίηση φυσικών πετρών. Το γέμισμα των συρματοκιβωτίων με πέτρες δημιουργεί φυσικούς πόρους επιτρέποντας την ροή του αέρα. Ποσότητες χώματος συσσωρεύονται ανάμεσα στα μικρά κενά που δημιουργούν οι πέτρες και έτσι βοηθείται η ανάπτυξη φυτών που κατακλύζουν τις κατασκευές. Με την πάροδο του χρόνου πολλές κατασκευές κατακλύστηκαν από φυσική βλάστηση σε τέτοιο σημείο που δεν ήταν ορατές, διατηρώντας την φυσική εμφάνιση του τοπίου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι συνθήκες για τάχιστα εμφάνιση και ανάπτυξη βλάστησης.
- **Χαμηλό κόστος:** Οι κατασκευές από Συρματοκιβώτια παρουσιάζονται ως πολύ οικονομικές λύσεις με εφαρμογές σε πολλές κατασκευές για πολλούς λόγους. Χρειάζονται ελάχιστα έργα προπαρασκευής του εδάφους. Μπορεί να γίνει επιτόπια συναρμολόγηση των συρματοκιβωτίων και να τοποθετηθούν από μη εξειδικευμένο συνεργείο. Ο χρόνος συναρμολόγησης και τοποθέτησης μπορεί να θεωρηθεί ως ελάχιστος σε σχέση με την κατασκευή η οποία θα χρειαστεί ελάχιστη έως καθόλου συντήρηση με την πάροδο του χρόνου, διότι η εναπόθεση χώματος στα κενά αυξάνει την αποτελεσματικότητα της κατασκευής. Σε μια κατασκευή από Συρματοκιβώτια ή Ζαρζανέτια δεν χρειάζονται έργα απαγωγής και παροχέτευσης των υδάτων διότι τα φατνία έχουν πόρους, έτσι ώστε διευκολύνετε η ροή του νερού. Οι πέτρες με τις οποίες γεμίζουν τα συρματοκιβώτια συνήθως προσφέρονται σε κοντινή απόσταση από το έργο σε κατά τόπους λατομεία ή και από τοπικούς εμπόρους.

- **Αισθητική ενσωμάτωση με το περιβάλλον:** Οι κατασκευές από Συρματοκιβώτια ενσωματώνονται με το περιβάλλον και δημιουργούν καλαίσθητες κατασκευές. Σε αντίθεση με άλλου είδους προϊόντα για τέτοιου είδους κατασκευές όπως τσιμεντένιοι (συνήθως προκάτ) τοίχοι, τα συρματοκιβώτια δεν οξειδώνονται και ξεβάφουν από την διοχέτευση των υδάτων και αντιθέτως μια τέτοια κατασκευή με την πάροδο των ετών καλύπτεται από την φυσική βλάστηση και διατηρεί την φυσική εμφάνιση του τοπίου.



Σχ. 1.2 Σχηματική αναπαράσταση φυσικής βλάστησης στα συρματοκιβώτια



Σχ. 1.3 Φυσική βλάστηση στα συρματοκιβωτίων

1.5 Μειονεκτήματα

Δυστυχώς, υπάρχουν πολλά μειονεκτήματα με συρματοκιβώτια που τα κάνουν λιγότερο από βέλτιστη επιλογή για δομή αντιστήριξης κάθε είδους. Αυτά τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα προβλήματα:

- **Διαθεσιμότητα του υλικού πλήρωσης:** Λαμβάνουμε υπ' όψη πως το υλικό πλήρωσης των συρματοκιβωτίων θα πρέπει να προμηθεύεται όσο είναι δυνατό από την περιοχή του έργου, δηλαδή από ένα κοντινό λατομείο. Σε αντίθετη περίπτωση είναι πολύπλοκη και δύσκολη η μεταφορά του υλικού και συνεπώς δαπανηρή και χρονοβόρα.
- **Οξείδωση (σκουριά):** Συνήθως, το σύρμα από τα καλάθια των συρματοκιβωτίων είναι είτε με πλαστική επικάλυψη είτε με γαλβανισμένο χάλυβα. Ιδιαίτερα αυτά τα συρμάτινα καλάθια όταν βρίσκονται κοντά στην ακτή και όταν έρχονται σε επαφή με το νερό, έχουν την τάση να σκουριάζουν και να φθείρονται. Ως αποτέλεσμα, οι τοίχοι συρματοκιβωτίων μπορεί να πρέπει να αντικατασταθούν πιο συχνά από άλλους τύπους κατασκευών αντιστήριξης.
- **Ευφλεκτότητα:** Γενικά δεν σκεφτόμαστε μια δομή αντιστήριξης που είναι κατασκευασμένη από πέτρες ή σκυρόδεμα ως κάτι που θα μπορούσε να είναι εύφλεκτο. Ωστόσο, μπορούν να καταστραφούν ή να λιώσει η πλαστική επικάλυψη των συρμάτων από θαμνώδεις πυρκαγιές. Μερικές φορές, η ζημιά από πυρκαγιά θα είναι αρκετή για να καταστή αναγκαία μια άμεση αντικατάσταση, ώστε να αποφευχθούν σοβαρά προβλήματα με την δομική ακεραιότητα. Στην καλύτερη περίπτωση, τα καλάθια θα γίνουν πιο ευαίσθητα στη σκουριά κατά την διάρκεια της ζωής τους.
- **Χρονοβόρα κατασκευή:** Επειδή τα συρματοκιβώτια κατασκευάζονται από πέτρες θα πρέπει να γίνει η πλήρωση τους προσεκτικά με εργατικά χέρια σε συρμάτινα καλάθια, που απέχουν πολύ σε αποτελεσματικό χρόνο.

1.6 Οδηγίες εγκατάστασης για συρματοκιβώτια

- 1) Καθαρίζουμε το χώρο που θα τοποθετήσουμε τα συρματοκιβώτια από πέτρες ή ξύλα και ευθυγραμμίζουμε το χώμα με εργαλεία χειρός αν πρόκειται για μικρή επιφάνεια ή με χωματουργικό μηχάνημα.
- 2) Τοποθετούμε κατά σειρά τα συρματοκιβώτια στο επιθυμητό σημείο.
- 3) Γεμίζουμε τα συρματοκιβώτια με πέτρες μέχρι τη μέση.
- 4) Τοποθετούμε σταυρωτά τις συρμάτινες ακτίνες ώστε να αποφύγουμε στη συνέχεια τυχόν διόγκωση των τοιχωμάτων.
- 5) Συνεχίζουμε να γεμίζουμε με πέτρες μέχρι το πάνω μέρος της κατασκευής.
- 6) Κλείνουμε το καπάκι του συρματοκιβωτίου και το ράβουμε με την υπόλοιπη κατασκευή όπου εφάπτεται. Η ραφή μπορεί να γίνει με απλό σύρμα δεσίματος ή με γαντζάκια ψαλιδιού.
- 7) Αν πρόκειται να τοποθετήσουμε δεύτερη ή τρίτη σειρά συρματοκιβωτίων, τότε οι ραφές του καπακιού θα πρέπει να γίνουν με το ειδικό σύρμα ελικοειδούς μορφής για περισσότερη σταθερότητα.
- 8) Στην πίσω πλευρά του γεμάτου πλέον συρματοκιβωτίου, προτείνουμε το στρώσιμο πλαστικής μεμβράνης ή γαιουφάσματος για το διαχωρισμό της πέτρας από το χώμα.
- 9) Στρώνουμε το χώμα ώστε να το φέρουμε στο ίδιο ύψος με το γεμισμένο συρματοκιβώτιο.

- 10) Σε περίπτωση που επιθυμούμε να στρώσουμε και δεύτερη σειρά συρματοκιβωτίων, τότε αυτά θα πρέπει να ξεκινούν με συρματοκιβώτιο μισού μήκους και μετά με ολόκληρα, ώστε να σταυρώνουν όπως το χτίσιμο των κοινών τοίχων.
- 11) Προτείνουμε επίσης η δεύτερη σειρά να τοποθετηθεί έτσι ώστε να πατάει κατά το ήμισυ στη πρώτη σειρά συρματοκιβωτίων και κατά το ήμισυ στο χώμα που έχουμε ήδη στρώσει και συμπιέσει.



Σχ. 1.4 Τοποθέτηση λίθων με το χέρι



Σχ. 1.5 Προετοιμασία καλαθιών

2 Η σταθερότητα των τοίχων με συρματοκιβώτια για την αντιστήριξη του εδάφους. Συγκριτική μελέτη ορθογωνικών και εξαγωνικών συρματοκιβωτίων.

2.1 Εισαγωγή

Η σταθερότητα της συγκράτησης εδαφών σε περιοχές επιρρεπείς σε πλημμύρες έχει γίνει ένα σοβαρό πρόβλημα σε πολλές χώρες. Οι δύο πιο βασικές αιτίες της αποτυχίας που προκύπτουν από τις πλημμύρες είναι η αφαίρεση εδαφικού υλικού και η διάβρωση των θεμελίων της κατασκευής. Ως εκ τούτου, η έρευνα έγινε για να βελτιωθεί η αντοχή με συρματοκιβώτια κατά την πλευρική κίνηση που σημαίνει μία αλληλένδετη διαμόρφωση αντί του συμβατικού συστήματος στοιβασμένων συρματοκιβωτίων. Αυτό προϋποθέτει την ενίσχυση των πλευρικών ωθήσεων ενάντια σε δύο διαστάσεις πανομοιότυπων συστημάτων τοίχου αντιστήριξης διαμορφωμένο σύμφωνα με ορθογωνικού και εξαγωνικού τύπου συρματοκιβωτίου. Η εξέλιξη της παραμόρφωσης που παρατηρήθηκε προτείνεται ότι η αλληλένδετη σχεδίαση παρουσιάζει καλύτερη δομική ακεραιότητα από τα συμβατικά συρματοκιβώτια τοίχου που στη βάση τους αντιστέκονται στις πλευρικές κινήσεις και έτσι δικαιολογεί την ιδέα να χρησιμοποιηθούν ως κατάλληλη διάταξη για να μην αποσαθρώνεται το έδαφος σε κατασκευές αντιστήριξης γαιών.

Σύμφωνα με την αμερικανική Federal Highway Administration, μέχρι 60% των αποτυχιών σε κατασκευές προκλήθηκαν από φυσικά φαινόμενα, ιδιαίτερα από τις πλημμύρες.

Όπως είναι γνωστό, η αποσάθρωση είναι το αποτέλεσμα της διαβρωτικής δράσης του τρεχούμενου νερού, το οποίο ανασκάπτει και μεταφέρει το υλικό μακριά από τις όχθες των ρεμάτων. Διαφορετικοί τύποι υλικών αποσάθρωσης του εδάφους με διαφορετικούς ρυθμούς, δηλαδή, χαλαρά κοκκώδη εδάφη μεταφέρονται πιο γρήγορα σε σχέση με συνεκτικά εδάφη.

2.2 Αστοχία τοίχου από συρματοκιβώτια σε εχθρικό περιβάλλον.

Παρά τα πολλά προφανή πλεονεκτήματα των τοίχων από συρματοκιβώτια στην προστασία των κατασκευών κατά της επιδείνωσης της διάβρωσης του εδάφους, αστοχίες μπορεί να προκύψουν, εάν οι τοίχοι υποβάλλονται σε υψηλές τιμές πλευρικών δυνάμεων. Η ξαφνική αύξηση των πλευρικών δυνάμεων τείνει να προκαλέσει ανεπιθύμητες μετατοπίσεις στα γειτονικά μέλη των συρματοκιβωτίων. Το τελικό αποτέλεσμα είναι συνήθως μεγάλης κλίμακας πλευρική κίνηση του επηρεαζόμενου μέλους συρματοκιβωτίου ή του βάρου.

Οι συμβατικοί σχεδιασμοί των τοίχων αντιστήριξης συχνά ενσωματώνουν μηχανισμούς αποστράγγισης πίσω στην πλάτη του τοίχου. Ο μηχανισμός συνήθως επιτυγχάνεται με την εναπόθεση ελεύθερης αποστράγγισης στο υλικό πλήρωσης πίσω από τον τοίχο (κροκάλες, λάτυπες), έτσι το νερό συλλέγεται και διαρέεται σε σωληνώσεις και απορρίπτεται στην είσοδο που συνδέεται με ένα σύστημα ομβρίων υδάτων. Ωστόσο, η έμφραξη του συστήματος αποχέτευσης μπορεί να οδηγήσει σε συσσωρευμένη υδροστατική πίεση πίσω από τον τοίχο με την πάροδο του χρόνου, υποβάλλοντας έτσι, τα μέλη του σαραζανέτ σε υπερβολική καταπόνηση που οδηγεί, κατά συνέπεια, σε πλευρικές κινήσεις.

Όταν χρησιμοποιούνται συρματοκιβώτια για τον εμπλουτισμό των βάθρων της γέφυρας και άλλων έργων, η ακεραιότητα των διαρθρωτικών πακτώσεων παραμένει ο βασικός παράγοντας για τη διατήρηση της σταθερότητας αυτών των έργων σε τέτοιο εχθρικό

περιβάλλον. Σε μια συμβατική διαμόρφωση κατά σειρά των μονάδων των συρματοκιβωτίων, η αντίσταση στην πλευρική μετατόπιση των μεμονωμένων μονάδων βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στη σύνδεση των συρμάτων τους με τις παρακείμενες μονάδες. Δεν υπάρχει σχεδόν καμία συμβολή των υπόλοιπων δομικών στοιχείων που αποτελούν τη μονάδα του συρματοκιβωτίου στην αντίσταση που επιδεινώνονται οι πλευρικές δυνάμεις, π.χ., το πλαίσιο, το πλέγμα, ή η πέτρα πλήρωσης. Τα συρματοκιβώτια είναι ουσιαστικά κατασκευές βαρύτητας, οι οποίες βασίζονται στο ίδιο βάρος τους για να επιτευχθεί η σταθερότητα έναντι των πλευρικών δυνάμεων, κάθε αύξηση του βάρους της δομής τους θα συνεπάγεται λειτουργικά και αύξηση της ατομικής τους μάζας. Αυτή η λύση μπορεί όχι μόνο να είναι αναποτελεσματική από την άποψη του υλικού, αλλά και να δημιουργήσει προβλήματα καθίζησης.

Για να επιλύσουμε αυτό το πρόβλημα, μια έρευνα έγινε για να εξετάσουμε τη σκοπιμότητα του χρησιμοποιώντας μια αλληλένδετη διαμόρφωση μονάδων συρματοκιβωτίων, αντί για την παραδοσιακή τοποθέτηση τους. Το σύστημα χρησιμοποιεί συνεχόμενα εξαγωνικά συρματοκιβώτια να αλληλοσυνδέονται μεταξύ τους λόγω του σχήματος και της διαμόρφωσης τους. Ο νέος σχεδιασμός των συρματοκιβωτίων είναι λειτουργικά παρόμοιος με το συμβατικό κουτί, αλλά τροποποιημένο εννοιολογικά σύμφωνα με τη μέθοδο York που χρησιμοποιείται στη σκυροδέτηση των όψεων τοίχου.

2.3 Ο αρθρωτός σχεδιασμός των συρματοκιβωτίων.

Μία απλή παρατήρηση των φυσικών δομών (π.χ. δίκτυα μελισσών ή κρυσταλλική διάταξη για τα μέταλλα) υποδηλώνει ότι το σχήμα των μελών που απαρτίζουν τα συρματοκιβώτια καθορίζει μία συνολική δομική απόδοση. Για τοίχους συρματοκιβωτίων προτείνονται δύο δυνατότητες:

- 1) Ένα εξαγωνικό σχήμα από συρματοκιβώτια εμφανίζει καλύτερες δυνατότητες αντοχής σε αντίθεση με το συμβατικό ορθογωνικό σχήμα.
- 2) Ένας τοίχος αντιστήριξης που αποτελείται από ένα αλληλένδετο σύστημα μεμονωμένων μονάδων συρματοκιβωτίων εμφανίζει καλύτερη συνολική δομική ακεραιότητα σε σύγκριση με ένα σύστημα με στοιβαγμένες μονάδες από συρματοκιβώτια.

2.4 Τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Οι τοίχοι από συρματοκιβώτια είναι κυτταρικές δομές, δηλαδή, ορθογωνικά κλουβιά κατασκευασμένα από γαλβανισμένο χαλύβδινο συρματοπλέγμα και γεμίζεται με πέτρα σε κατάλληλο μέγεθος και με αναγκαία μηχανικά χαρακτηριστικά. Οι επιμέρους μονάδες στοιβάζονται, ανά ζεύγη και συνδέονται το ένα με το άλλο με γαλβανισμένο σύρμα (ή συνδετήρες) για την συνέχεια με τα επόμενα. Η επιλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν είναι βασικής σημασίας για την επίτευξη μιας λειτουργικά αποτελεσματικής δομής. Ειδικότερα, το πλέγμα πρέπει να πληροί τις κατάλληλες προϋποθέσεις όπως υψηλές μηχανικές ιδιότητες, διαβρωτική αντίσταση και να διευκρινιστεί η παραμόρφωσή του. Τα συμβατικά σαραζανέτ κατέχουν κάποια ιδιόμορφα τεχνικά και λειτουργικά πλεονεκτήματα ως εξής:

- 1) Είναι ενισχυμένες κατασκευές, ικανές να αντέχουν σε διάφορες εντατικές καταστάσεις, ιδιαίτερα σε εφελκυσμό και διάτμηση. Το πλέγμα όχι μόνο δρα για να

συγκρατεί την πέτρα πλήρωσης αλλά επίσης παρέχει μία ολοκληρωμένη ενίσχυση σε όλη τη δομή.

- Είναι παραμορφώσιμες κατασκευές, οι οποίες (σε αντίθεση με την κοινή γνώμη) δεν κάνουν ελαττωματική την κατασκευή αλλά αυξάνουν την κατάρτιση της να δρα σε όλα τα στοιχεία που αντιστέκονται ως μια σύνθετη ενισχυμένη δομή, διευκολύνοντας την ανακατανομή του φορτίου.

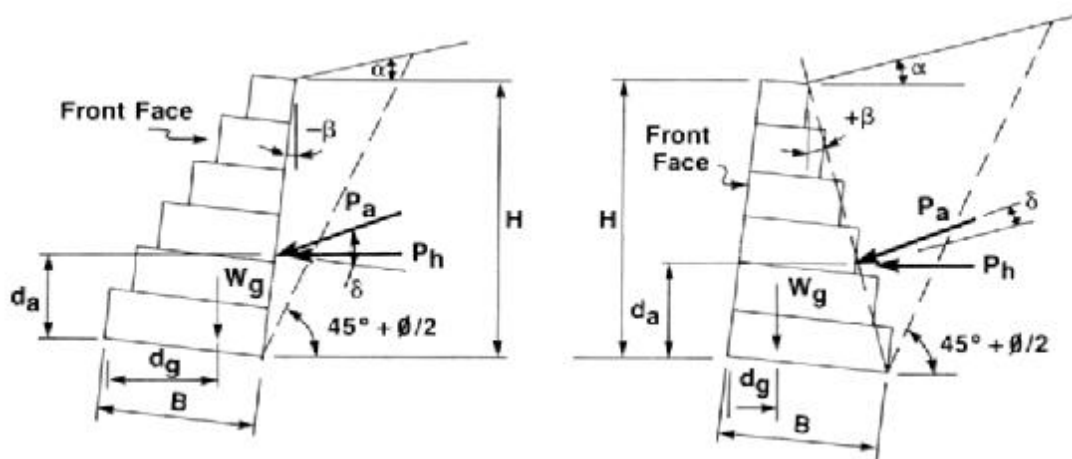
Είναι διαπερατές δομές, ικανές για την συλλογή και μεταφορά των υπογείων υδάτων και, ως εκ τούτου, μειώνει την κύρια αιτία της αστάθειας του εδάφους. Η λειτουργία αποστράγγισης είναι περαιτέρω αυξημένη δια εξατμίσεως που δημιουργείται από την φυσική κυκλοφορία στον αέρα μέσα από τα κενά στο γέμισμα της πέτρας.

Είναι μόνιμες κατασκευές (και ανθεκτικές), με σχεδόν χωρίς απαιτήσεις συντήρησης από την φυσική γήρανση σε σύγκριση με οποιαδήποτε άλλη δομή. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά τους με την πάροδο του χρόνου τείνουν να κλίνουν σε μία φυσική κατάσταση ισορροπίας.

Εγκαθίστανται εύκολα, δηλαδή η εγκατάσταση τους πραγματοποιείται χωρίς την βοήθεια ειδικού εξοπλισμού αλλά από άρτια εκπαιδευμένο προσωπικό.

2.5 Προκύπτουσα δύναμη P_a

Αυτή η οριζόντια (δηλ. ολίσθηση) και η κατακόρυφη κίνηση είναι ουσιαστικά μία εκδήλωση των προκυπτουσών δυνάμεων ενεργώντας πίσω από την επιφάνεια του τοίχου. Η προκύπτουσα δύναμη P_a (Σχ. 2.1), πάντα θεωρείται ότι δρα κατά ένα κεκλιμένο επίπεδο σε ένα τρίτο του ύψους του τοίχου από τη βάση του. Παρόλο που υπολογίζονται η γωνία κλίσης και το ύψος, είναι σαφές ότι ο προσδιορισμός βασίζεται σε μία σειρά παραδοχών, ανάλογα με ποια κλασική μέθοδος θα εφαρμοστεί κατά την διάρκεια της ανάλυσης (δηλ. Rankine ή Coulomb). Το γεγονός ότι η συνολική συνισταμένη δύναμη P_a , δρα κατά μήκος ενός κεκλιμένου επιπέδου υποδηλώνει ότι η P_a μπορεί να αναλυθεί σε οριζόντιες και κατακόρυφες συνιστώσες. Ως εκ τούτου, διαφορετικοί τοίχοι θα μπορούσαν κατά κανόνα να αντέχουν διαφορετικά μεγέθη της κάθε συνιστώσας δύναμης.



Σχ. 2.1

Το εν λόγω επιχείρημα θέτει την προϋπόθεση ότι το σχήμα και ο προσανατολισμός του σχεδιασμού ξεχωριστών συρματοκιβωτίων (δηλ. ορθογωνικών εναντίον εξαγωνικών) θα έχει

ως αποτέλεσμα παρομοίως σε ξεχωριστές ικανότητες να απορροφούν ένα (ή και τα δύο) από τα στοιχεία που αποτελούν την δύναμη της προκύπτουσας πλευρικής δύναμης Pa. Ως βάση για την σύγκριση, οι δύο τύποι συρματοκιβωτίων πρέπει να συμμορφώνονται με παρόμοιες διαστάσεις, έτσι ώστε το σχήμα και ο προσανατολισμός να παραμένουν για τον προσδιορισμό μεταβλητών στην εκτίμηση των διαφόρων δομικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με κάθε τύπο συρματοκιβωτίων. Ως εκ τούτου, συγκρίνουμε τα ορθογωνικά συρματοκιβώτια με τα εξαγωνικά συρματοκιβώτια για να διερευνηθούν οι μηχανικές ιδιότητες των δύο τύπων δομής με εξωτερικό φορτίο, τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνολική διάταξη.

2.6 Κατασκευή των δοκιμίων

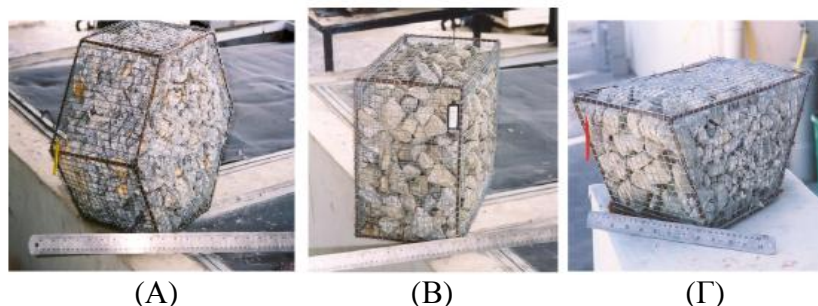
Για να γίνουν δοκιμές σε μονάδες πλήρους κλίμακας είναι ανέφικτο, έτσι τα δείγματα μειώθηκαν κλιμακωτά κατά περίπου 40% των εμπορικών συρματοκιβωτίων. Ένα σύνολο 129 δειγμάτων συρματοκιβωτίων ετοιμάστηκαν για την κατασκευή των δίδυμων τοίχων προσομοίωσης, όπου περιλαμβάνουν 50 εξαγωνικές μονάδες. Όλα τα δείγματα διαμορφώνονται με το χέρι, χρησιμοποιώντας δύο τύπους ράβδων για το πλαίσιο.

Το πρώτο στάδιο της συνθέσεως του δείγματος περιλαμβάνει το σχηματισμό των απαιτούμενων πλαισίων που καθορίζουν κάθε σχήμα συρματοκιβωτίων. Αυτά κατασκευάζονται από τη τυπική απλή περίμετρο, 6 χιλιοστών ήπιων ράβδων σιδήρου και χάλυβα, με χαρακτηριστική αντοχή 250 Nm/m^2 .

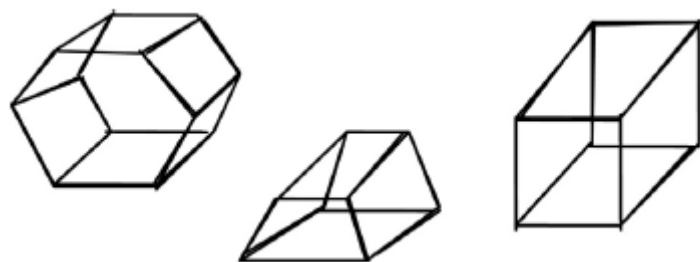
Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την κάλυψη του πλαισίου με συρματοπλέγμα BRC, το οποίο κόβεται στο εφαρμοστέο μέγεθος και έχει μία μικρή επικάλυψη για την ενίσχυση της τάνυσης. Για να ελαχιστοποιηθεί η πλευρική κίνηση, το πλέγμα συνδέεται με το R6 πλαίσιο με χαλύβδινο σύρμα ψευδαργύρου με επικάλυψη πάχους 1,60 χιλιοστών.

Το τρίτο στάδιο αφορά τη συμπλήρωση της διαδικασίας, με την οποία επιλέγονται θραυστές πέτρες διαμέτρου μεταξύ 25 mm και 50 mm γεμίζεται με το χέρι μέχρι να πληροί το ύψος κάθε συρματοκιβωτίου του. Μόλις τα συρματοκιβώτια συμπληρωθούν, όλα τα δείγματα σφραγίζονται και καθαρίζονται ώστε να απομακρυνθούν ξένα σώματα και να επισπεύσει η επαναρύθμιση.

Ένα τυπικό σχέδιο του κάθε τύπου συρματοκιβωτίων παρουσιάζεται στο Σχ. 2.2. Μία σχηματική αναπαράσταση του κάθε τύπου συρματοκιβωτίου φαίνεται στο Σχ. 2.3, ενώ οι τεχνικές διαστάσεις του 10% των δειγμάτων της δοκιμής παρουσιάζονται στον Πίν. 2.1 για τους τύπους A (εξαγωνικό), B (ορθογωνικό) και C (τραπεζοειδές). X, Y και Z υποδηλώνουν τα πρότυπα καρτεσιανά επίπεδα, ενώ ο λόγος των κενών εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό διαφορά μεταξύ συνολικής πυκνότητας της πέτρας (2500 kg/m^3) και την φαινόμενη πυκνότητα του συρματοκιβωτίου.



Σχ. 2.2 (Α) Εξαγωνικό, (Β) Ορθογωνικό και (Γ) Τραπεζοειδές σχήμα των συρματοκιβωτίων



Σχ. 2.3 Εξάγωνο (αριστερά), τραπεζοειδές (κέντρο) και ορθογωνικό συρματοκιβώτιο (δεξιά)

Πίν. 2.1 - Κύριες διαστάσεις των δοκιμών των συρματοκιβωτίων					
Μονάδα	H (cm)	Μάζα (kg)	Όγκος (cm³)	Πυκνότητα (kg/m³)	V. Αναλογία (%)
A01	19,9	40,3	21,590	1866,6	25,34
A02	20,0	39,6	21,326	1856,9	25,72
A03	19,5	37,6	20,979	1792,3	28,31
A04	20,5	41,2	21,982	1874,2	25,03
A05	20,2	40,9	22,151	1846,4	26,14
B01	19,8	40,9	24,186	1691,0	32,36
B02	20,6	42,4	26,619	1592,8	36,29
B03	20,5	40,9	27,141	1506,9	39,72
B04	20,4	41,5	26,145	1587,2	36,51
B05	21,6	42,8	27,904	1533,8	38,65
C01	20,6	20,1	10,721	1919,3	23,23
C02	20,5	20,2	10,828	1949,5	22,02
C03	21,0	20,6	10,511	1884,2	24,63

2.7 Κατασκευή δίδυμων τοίχων

Δύο σειρές των τοίχων αντιστήριξης αποτελούνται από συρματοκιβώτια κατασκευασμένα για την αξιολόγηση των μηχανικών αντιδράσεων του συμβατικού τοίχου συρματοκιβωτίων σε σχέση με το εξαγωνικό τοίχο σε εξωτερικά φορτία. Οι τοίχοι ήταν από 1,80 m ύψος και 1,75 m πλάτος και σε απόσταση 1,80 m από το άλλο όπως φαίνεται στο Σχ. 2.4. Η αναλογία ύψους προς βάση του κάθε τοίχου ήταν σκόπιμη να σχεδιαστεί για να είναι υπερβολική, προκειμένου να επιτραπεί μεγάλη παραμόρφωση, αν και η ανατροπή δεν ήταν ανεκτή προς το συμφέρον της ασφάλειας. Κάθε τοίχος χτίστηκε με βαθμιδωτή πρόσοψη και την ομαλή πίσω όψη που μειώνει το πάχος του τοιχώματος κατά 50 % σε 3/5 του ύψους του τοιχώματος από τη βάση του προς την κορυφή.

Ο χώρος μεταξύ των δύο τοίχων έκλεισε με κόντρα πλακέ συγκρατώντας τα πάνελ για να δημιουργηθεί μια εγκιβωτισμένη περιοχή για το επόμενο στάδιο φόρτισης. Το σύνολο του «κουτιού» ήταν καλυμμένο με πλαστικά φύλλα ως αδιαπέρατη μεμβράνη, σκοπίμως μεγάλου μεγέθους ώστε να φιλοξενεί μεγάλες ροπές που αναμένεται από τις δύο δομές.

Θεωρείται μέγιστη υδροστατική πίεση των 1.80 m και μέσο ειδικό βάρος των συρματοκιβωτίων 2000 kg/m^3 . Το δίδυμο σύστημα των τοίχων εφαρμόζει συντελεστή ελάχιστης ασφάλειας, δηλαδή 1.30 έναντι ανατροπής και 1.10 έναντι ολισθήσεως χρησιμοποιώντας μια προκαθορισμένη γωνία εσωτερικής τριβής του εδάφους που εδράζονται τα συρματοκιβώτια με μέγιστη τάση που μπορεί να φέρει το έδαφος.



Σχ. 2.4 Διαφορετικοί τύποι συρματοκιβωτίων που κατασκευάστηκαν για την δοκιμή

2.8 Ερευνητικά θέματα

Αρκετά συναφή ζητήματα προκύπτουν από την αξιολόγηση της συμπεριφοράς των δύο τοίχων και κάτω από ακραίες φορτίσεις:

- 1) Οι ικανότητες των συρματοκιβωτίων να παραμορφώνονται μονολιθικά κάτω από ακραία φορτία όταν συνδυάζονται γεωστατικές με υδροστατικές πιέσεις είναι περίπλοκες. Η αναστρεψιμότητα (ή μη αναστρεψιμότητα) της παραμόρφωσης σε χαμηλές τιμές καταπόνησης ήταν ένα επίμαχο σημείο.
- 2) Ο ρυθμός της παραμόρφωσης που παρατηρείται από τις αλλαγές στη μετατόπιση σύμφωνα με αυξανόμενα φορτία. Γίνονται αλληπάλληλες αυξήσεις στις πλευρικές ωθήσεις που συμβαίνουν στο πίσω μέρος ενός τοίχου αντιστήριξης από τις μεταβολές στην περιεκτικότητα σε νερό της επίχωσης του.
- 3) Η φύση της παραμόρφωσης σε σχέση με τις τοπικές μηχανικές ιδιότητες όταν φορτίζεται για αορίστου χρόνου. Υποθέτωντας ότι αυτή η απόκριση που επικρατεί θα ήταν απαραίτητο να εκτιμηθούν ποιοι παράγοντες οδηγούν στην ασταθή ισοροπία.
- 4) Την εκτίμηση των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών των δύο τειχών στο σημείο τελικής αστοχίας, δηλαδή όταν οι κατασκευές φτάνουν στη μέγιστη ικανότητα τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι αν το τελικό φορτίο θα οδηγήσει σε στιγμιαία κατάρρευση.

2.9 Εκτίμηση της παραμόρφωσης

Η βάση για την σύγκριση των δύο τοίχων είναι η οπτική παραμόρφωση, δηλαδή, αλλαγές στις οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις ενός αυθαίρετου σημείου. Το υποτιθέμενο επίπεδο της παραμόρφωσης εκπροσωπείται κατά μήκος των δύο διαστάσεων εξωτερικής διατομής του κάθε τοιχώματος. Ένα πρότυπο καρτεσιανό σύστημα υιοθετήθηκε για να μετρήσει το βαθμό της μετατόπισης που συμβαίνουν στα δύο τοιχώματα υπό τα ίδια μεγέθη καταπόνησης.

Το καρτεσιανό σύστημα αναφοράς καλύπτει τη διατομή των δύο τοίχων με έναν κানাβο 220 σημείων, με βάση ένα καθορισμένο αριθμό οριζόντιων και κάθετων γραμμών πλέγματος επάνω σε κάθε τοίχο. Παρατηρήθηκε μετατόπιση κάθε σημείου συγκρίνοντας το με μία μόνιμη κάθετη γραμμή για τη δημιουργία παραμόρφωσης υπό φόρτιση. Κάθε σημείο έχει επισημανθεί για να μετρηθεί η οριζόντια απόσταση από το σταθερό σημείο αναφοράς για την εύρεση της σχετικής αρχικής θέσης. Για εύκολη ανάγνωση, χρησιμοποιήθηκε τυπική ρωμαϊκή αλφάβητο για να αντιπροσωπεύει τα οριζόντια πλέγματα και αραβικούς αριθμούς για τα κατακόρυφα πλέγματα.

Ένας ψηφιακός θεοδόλιχος χρησιμοποιήθηκε για να προσδιορίσει τις οριζόντιες μετατοπίσεις όλων των κύριων σημείων σε συνάρτηση με τις προβαλλόμενες γωνιακές μετατοπίσεις. Το όργανο χρησιμοποιήθηκε για να εξακριβώσει όλες τις αναγνώσεις από δύο σταθμούς μέτρησης, με κάθε ένα να τοποθετείται απευθείας απέναντι από το κάθε είδος τείχου. Το φορτίο του εδάφους εφαρμόστηκε από τη πλήρωση εδαφικού υλικού μεταξύ των τειχών που έγινε με το χέρι. Για προφανείς λόγους, επιλέχθηκαν ακατάλληλα υλικά για την επιβολή υψηλότερης πλευρικής ώθησης κατά των δύο τοίχων. Η επιβολή στοιχειωδών φορτίων του εδάφους επιτρέπει τις προοδευτικές εκτιμήσεις που αφορούν τις μηχανικές αποδόσεις της κάθε κατασκευής σε συγκεκριμένο επίπεδο φορτίου.

Οι τοίχοι δέχτηκαν φόρτιση 0,075 H, που αντιστοιχεί σε φορτίο περίπου 1.250 kg για τον καθορισμό της αρχικής αδράνειας του τοίχου και την κινητοποίηση της ενεργούς ώθησης. Στη συνέχεια οι τοίχοι φορτίστηκαν στα: 0,375 H (6.250 kg), 0,5625 H (9.375 kg), και 0,75 H (12.500 kg). Τέλος, εφαρμόστηκε υδροστατική πίεση σταδιακά μέχρι το πλήρες ύψος του τοίχου, δηλαδή, γεωστατική 0,75 H + 0.25 H υδροστατική πίεση.

2.10 Αποτελέσματα δοκιμών

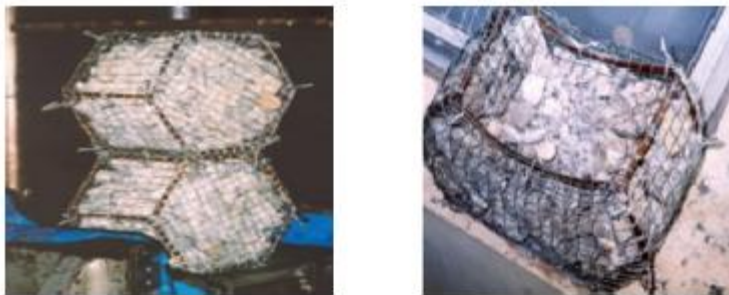
Οι ταχυμετρικές μετρήσεις όλων των κινούμενων στόχων υπό σταδιακή αύξηση του φορτίου μετατρέπουν τις οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις σε συνάρτηση με την σταθερή κατακόρυφη γραμμή. Από τα δεδομένα που δημιουργούνται, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η μέση τιμή παραμόρφωσης σε διάφορα ύψη του τοίχου για κάθε στάδιο φόρτισης. Η αποτύπωση των αποτελεσμάτων αυτών δηλαδή η εξέλιξη του μέσου όρου απόκλισης κατά μήκος του τοίχου ως συνάρτηση του γεω-υδροστατικού φορτίου επεξηγείται.

Η εξέλιξη της παραμόρφωσης που παρατηρείται και στις δύο δοκιμές απαιτεί εμπειρική αξιολόγηση. Για το σκοπό αυτό, μια σειρά γραφημάτων απεικονίζει την αλλαγή στην οριζόντια θέση κάθε κινούμενου στόχου στο κানাβο αναφοράς για συνθήκες φορτίου 0,075 H, 0,1875 H, 0,375 H, 0,5625 H, 0,75 H, και το τελικό γεω-υδροστατικό 0,75H + 0.25. Η διακύμανση των κάθετων μετατοπίσεών έγινε εσκεμμένα, καθώς βρέθηκαν να είναι μη συστηματικές και αμελητέες (δηλαδή, με μέση σχετική μετατόπιση 0,001%). Αυτό παρατηρήθηκε για όλες τις κατακόρυφες γραμμές πλέγματος 1, 2, 3, 7, 9 για τον ορθογωνικό τοίχο και 4, 5, 6, 8, και 10 για τον εξαγωνικό τοίχο.

Οι πραγματικές γραμμικές μετατοπίσεις που είναι καθιερωμένες κατα μήκος του καρτεσιανού επιπέδου X και η ποσοστιαία μεταβολή σε κάθε αντίστοιχη μετατόπιση σε σχέση με την προηγούμενη θέση περιγράφουν την σταθερότητα και των δύο τοίχων. Για πρακτικούς λόγους, έξι στάδια της παραμόρφωσης του τοίχου ήταν επαρκής για την ερμηνεία. Δεδομένου ότι οι συνθήκες φόρτισης ήταν πανομοιότυπες, τα όρια απλώς αναφέρονται από την άποψη του ύψους της μάζας εδάφους ως συνάρτηση του συνολικού ύψους του τοίχου. Η κίνηση

ορίστηκε σε σημεία X_0 , X_1 , X_2 , X_3 , X_4 και X_5 καθένα να αντιστοιχεί σε ένα ύψος του εδάφους 0,075 H, 0,1875 H, 0,375 H, 0,5625 H, 0,75 H και 0,75 H + 0,25 H υδροστατικό.

Τα ζητήματα που αφορούν την κατασκευαστική ακεραιότητα του κάθε τοίχου που γίνεται η δοκιμή θα τεκμηριωθούν κατά την εκτίμηση της οπτικής παραμόρφωσης καθεμιάς από τις βασικές γραμμές του πλέγματος του κανάβου, δηλαδή, τις γραμμές 1, 2 και 3 για την ορθογωνική διάταξη του τοίχου και 4, 5 και 6 για την εξαγωνική διάταξη. Το Σχ.2.5 δείχνει τις πλευρικές μετατοπίσεις σε σχέση με το ύψος του τοίχου για όλα τα στάδια φόρτισης. Μετά την αποτύπωση των αποτελεσμάτων, η διασπορά βρέθηκε να είναι σχετικά μικρή, και μετά από την απόρριψη των ανωμαλιών, οι μέσες τιμές που ελήφθησαν για απόκλιση θεωρήθηκαν αξιόπιστα. Αυτό, συνεπώς, επιτρέπει σε μεγάλο βαθμό ακριβείς απεικονίσεις της εξέλιξης των παρατηρούμενων αποκλίσεων ως συνάρτηση της φόρτισης, όπως φαίνεται στο Σχ. 2.5.



Σχ. 2.5 Εφαρμογή του φορτίου στις μονάδες και η κατάσταση αστοχίας τους.

2.11 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το εξαγωνικό συρματοκιβώτιο παρουσιάζει καλύτερη συνολική δομική ακεραιότητα από το συμβατικό ορθογωνικό συρματοκιβώτιο όσο αφορά την αντοχή παραμορφώσεως και την ευαισθησία να αστοχήσει. Η διατμητική συμπεριφορά που εμφανίζεται από κάθε τοίχο δείχνει την κύρια σύνδεση μεταξύ της διάταξης της μονάδας και τη συνολική σταθερότητα όταν οι κυψελοειδείς μονάδες είναι χτισμένες σε ένα συνεχές. Επίσης παρουσιάζουν κι' άλλα πλεονεκτήματα στην πράξη κατά το σχεδιασμό διαφόρων έργων, οπού μπορεί να είναι κατάλληλες κατασκευές συγκράτησης έναντι αποσάθρωσης του εδάφους.

Οι γραμμές που απεικονίζουν την εξέλιξη κάθε κύριου κάθετου πλέγματος στις εξωτερικές όψεις διατομών των τοιχωμάτων δοκιμής αναπαριστούν το πραγματικό προφίλ τοιχώματος για κάθε στάδιο φόρτισης. Είναι δυνατόν να επιβεβαιωθεί ότι οι δύο σειρές των κύριων κάθετων γραμμών πλέγματος είναι σε μεγάλο βαθμό συνεπείς στην άποψη του μέσου όρου αποκλίσεων τους στα διάφορα στάδια φόρτισης. Όλες οι γραμμικές μετακινήσεις, για τα πρώτα τρία στάδια φόρτισης (δηλαδή 0,075 H, 0,1875 H και 0,375 H) ουσιαστικά καταγράφουν κοινές διαβαθμίσεις, ενώ οι γραμμικές μετακινήσεις για τα τελευταία τρία στάδια (δηλαδή 0,5625 H, 0,75 H και 0,75 H + 0,25 H) αντιστοιχούν σε μειωμένη διαβάθμιση. Οι γραμμές τάσης καθορίζονται για κάθε καμπύλη που προτείνουν μια πολυωνυμική έκφραση για πλευρική μετατόπιση έναντι του φορτίου, και ότι το ποσοστό μεταβολής της μετατόπισης για τα τρία τελευταία στάδια του φορτίου είναι σημαντικά υψηλότερο από τα αρχικά τρία.

Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων φόρτισης, η προκύπτουσα γαιωστατική τάση χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η δομική αδράνεια. Η ολίσθηση στο εξαγωνικό τοίχο είναι πολύ μικρότερη, δηλαδή, μόνο το 7,6% για τα πρώτα τρία στάδια φόρτισης (σε σύγκριση με τη μέγιστη εκτροπή του) και 10,8% για τα τελευταία τρία στάδια φόρτισης. Η μέγιστη παραμόρφωση που παρατηρείται στους δύο τοίχους δείχνει σαφώς ότι ο εξαγωνικός-διαμορφωμένος τοίχος παραμορφώνεται λιγότερο και κάτω από πιο ελεγχόμενα αποτελέσματα από ό, τι ο ορθογωνικός τοίχος. Από την άποψη των μετατοπίσεων των κάθετων γραμμών για τα τελευταία τρία στάδια φόρτισης, τα σημεία στο ορθογωνικό τοίχο εκτρέπονται περίπου 1,000%, 350% και 73%, σε σύγκριση με τους ίδιους κινούμενους στόχους τοποθετημένοι στον εξαγωνικό τοίχο, τα οποία εκτρέπονται περίπου 180%, 17%, και 35%, αντίστοιχα.

Αυτό σημαίνει ότι η ακανόνιστη συμπεριφορά του τοίχου από ορθογωνικά συρματοκιβώτια έχει τεράστιες επιπτώσεις στην εγγενή αντοχή του σε παραμόρφωση, η οποία, κατά συνέπεια, αντανακλά κατά τη σταθερότητά του όταν αντιδράει στην αυξανόμενη πλευρική ώθηση. Αυτό είναι εμφανές από το ίδιο το προφίλ του τοίχου στην περιοχή μεταξύ $0,35H$ και $0,55H$, όπου το ζγκ-ζαγκ μοτίβο δείχνει σαφώς διατμητική αστοχία.

Παρά την πολυωνυμική σχέση της κίνησης του τοίχου έναντι του φορτίου από την αρχική έως την πλήρη φόρτιση, μια πιο γραμμική σχέση είναι εμφανής εάν οι κινήσεις εκτιμώνται αποκλειστικά πάνω από την κρίσιμο ύψος $0,33 H$ των τείχων, όπου οι προκύπτουσες τάσεις θεωρείται ότι δρουν. Στην περίπτωση και των δύο τοίχων, οι μέσες τιμές που λαμβάνονταν για την κλίση στα τρία πρώτα στάδια της φόρτισης ήταν $-0,135$, $-0,113$, και $-0,114$ για γραμμές 1, 2 και 3 αντίστοιχα. Τα τρία τελευταία στάδια της φόρτισης, ωστόσο, παρήγαγαν μία έντονη μετατόπιση στη κλίση, δηλαδή, $0,052$, $0,050$ και $0,051$ για τις ίδιες γραμμές του πλέγματος. Αυτή η ριζική αλλαγή του προσήμου στην κλίση αποδεικνύει τις υψηλές καταπονήσεις σε διάτμηση που επιβάλλονται για τον ορθογωνικό τοίχο στη διατμητική ζώνη των $0,35 H - 0,55 H$. Ο εξαγωνικός τοίχος, από την άλλη πλευρά, καταγράφει ηπιότερες κλίσεις καμπύλης στα $-0,198$, $-0,248$ και $-0,263$ για τις γραμμές 4, 5 και 6 (για τα πρώτα τρία στάδια φόρτισης) και στη συνέχεια $-0,051$ για όλες τις γραμμές για τα τελευταία τρία στάδια φόρτισης. Αυτή η συνθήκη με το πρόσημο υποδεικνύει χαμηλότερα επίπεδα διάτμησης και ως εκ τούτου μικρότερη ευαισθησία σε διατμητική αστοχία στην ίδια ζώνη.

2.12 Συμπεράσματα

Το αποτέλεσμα της μελέτης και μετέπειτα ερμηνεία των ευρημάτων προτείνουν μια σειρά από συναφή συμπεράσματα ως εξής:

- Η σύγκριση των μέσων όρων αποκλίσεων μεταξύ των δύο τοίχων υποδηλώνει ότι ο εξαγωνικός τοίχος παραμορφώνεται κάτω από πιο ελεγχόμενα αποτελέσματα σε σύγκριση με τον ορθογωνικό τοίχο. Αυτό δείχνει πάντοτε ότι από την πλευρική παραμόρφωση που εμφανίζεται σε ένα αλληλένδετο σύστημα συρματοκιβωτίων είναι πιο σταθερό από ένα συμβατικό στοιβασμένο και αντιστοιχισμένο σύστημα. Αυτή η παρατήρηση παρουσιάζει αναμφίβολα σημαντικές επιπτώσεις στη συνεχή χρησιμότητα των συμβατικών συρματοκιβωτίων σε σχέση με την αντοχή των παραμορφώσεων υπό σταδιακά αυξανόμενη πλευρική ώθηση.
- Μια εξέταση των προφίλ των τοίχων στην περιοχή μεταξύ $0,35 H$ και $0,55 H$ αποκαλύπτει έντονη διάτμηση που προκαλεί την παραμόρφωση του ορθογωνικού τοίχου σε σύγκριση με τον εξαγωνικό τοίχο. Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει ότι ο αλληλένδετος μηχανισμός του εξαγωνικού τοίχου που λειτουργεί σε έντονα φορτία

αντισταθμίζει τις παρατηρούμενες υπερβολικές τάσεις που συμβαίνουν στη «ζώνη διάτμησης».

- Η παραμόρφωση που προκαλείται από τα διάφορα στάδια φόρτισης είναι μη αναστρέψιμη και για τα δύο συστήματα του τοίχου, γεγονός που υποδεικνύει ότι τα συρματοκιβώτια, ανεξάρτητα από το σχήμα ή τη διαμόρφωση τους, δεν συμπεριφέρονται ως ελαστικές δομές.

3 Σχεδιασμός τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια

3.1 Μέθοδοι σχεδιασμού

Οι μέθοδοι σχεδιασμού ανάλυσης για τον προσδιορισμό της σταθερότητας των τοίχων από συρματοκιβώτια είναι 2 που εξετάζονται:

- 1) Σχεδιασμός σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας
- 2) Σχεδιασμός σε οριακή κατάσταση αστοχίας

Η ανάλυση βασίστηκε σε οριακή κατάσταση αστοχίας, όπου η δομή έπρεπε να πληροί ορισμένες συντελεστές ασφάλειας για ολίσθηση (1.5) και ανατροπή (2.0). Οι δυνάμεις του εδάφους που προσδιορίζονται στη κορύφωση των εδαφολογικών συνθηκών.

Συνιστάται ο σχεδιασμός σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας, όπου για την επίτευξη της, οι συντελεστές ασφάλειας πρέπει να είναι μεγαλύτεροι από τη μονάδα. Οι δυνάμεις του εδάφους που προσδιορίζονται επί εκχωρημένων παραμέτρων του εδάφους.

Προς το παρόν, το μεγαλύτερο μέρος του σχεδιασμού εξακολουθεί να πραγματοποιείται σε οριακή κατάσταση αστοχίας, αλλά γενικά η οριακή κατάσταση λειτουργικότητας θα δώσει μια παρόμοια ενότητα.

Οι τοίχοι από συρματοκιβώτια σχηματίζουν τυπικά μια τραπεζοειδή μορφή, που σχηματίζεται από έναν αριθμό σειρών με το πλάτος της κάθε σειράς να μειώνεται όσο το ύψος όλου του τοίχου αυξάνεται. Οι τοίχοι μπορεί να είναι στο ίδιο επίπεδο στην όψη ή κλιμακωτά, όπως απαιτούνται από το σχεδιασμό ή από την οπτική και συνήθως είναι κεκλιμένοι κατά 6 μοίρες ως προς την κατακόρυφο στην περίπτωση του αγγλικού πρότυπου συστήματος σαραζανέτ 39 και έως 10 μοίρες για το αγγλικό πρότυπο σύστημα σαραζανέτ 27.

Για να καθοριστεί η αρχική διατομή για την αξιολόγηση, το εξεταζόμενο πλάτος βάσης είναι $0,7 \times$ το ύψος του τοίχου με κλίση 6 μοιρών ως προς την κατακόρυφο για πρότυπο σύστημα σαραζανέτ 39 και $0,55 \times$ το ύψος του τοίχου με κλίση 10 μοιρών ως προς την κατακόρυφο για σύστημα σαραζανέτ 27. Το ύψος του τοίχου για την αξιολόγηση θα πρέπει να επιτρέπει μια ελάχιστη βάση από 0.3 έως 0.5 m που εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους.

Βασισμένο σε 3.0 m ύψους τοίχου, τα πλάτη βάσης θα είναι:

Πρότυπα συρματοκιβώτια $0.7 \times 3.0 = 2.1 \text{ m}$ (πλησιέστερη τυποποιημένη μονάδα πλάτους είναι 2 m)

Σύστημα σαραζανέτ 27 $0.55 \times 3.0 = 1.65 \text{ m}$ (πλησιέστερη τυποποιημένη μονάδα πλάτους είναι 1.7 m)

Η ανωδομή των τοίχων θα είναι:

<u>Σειρά</u>	<u>Πρότυπα συρματοκιβώτια (σύστημα 39)</u> (πλάτος x ύψος)	<u>Σύστημα 27</u> (πλάτος x ύψος)
4		1.7 x 1.0
3	2.0 x 1.0	1.4 x 0.7
2	1.5 x 1.0	1.0 x 0.7
1	1.0 x 1.0	0.7 x 0.7
Συνολικός όγκος	4.5 m³/m	3.87 m³/m

3.2 Ανάλυση σχεδιασμού

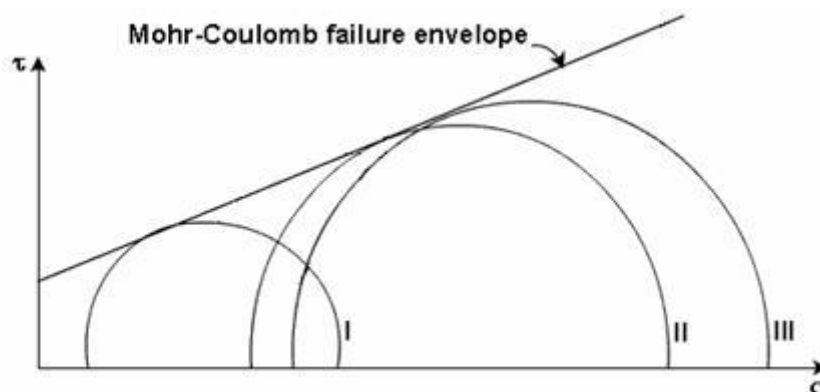
Μόλις καθοριστεί το αρχικό τμήμα, οι έλεγχοι ευστάθειας μπορούν να πραγματοποιηθούν.

Η πρόβλεψη για τυχόν πρόσθετες φορτίσεις που ασκούνται στο έδαφος από το στάδιο της κατασκευής και την μόνιμη κατάσταση, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Κανονικά, η φόρτιση μιας τυπικής κατασκευής λαμβάνεται ως 10 kN/m² που διατηρείται στα εδάφη με ονομαστικές κλίσεις. Αν το ύψος του τοίχου αντιστήριξης είναι μεγάλο ή είναι κατασκευασμένος σε κεκλιμένη επιφάνεια ή σε αργιλώδες υλικό, τότε μπορεί να χρειαστεί να προβεί σε συνολικό έλεγχο ευστάθειας πρνανών διότι ενδέχεται να συμβεί μια κυκλική αποτυχία του επιπέδου του οποίου διέρχεται κάτω από τη δομή στα στρώματα του εδάφους.

Δύο μέθοδοι υπολογισμού των δυνάμεων εδάφους στον τοίχο αντιστήριξης από συρματοκιβώτια μπορούν να χρησιμοποιηθούν :

3.2.1 Ανάλυση Coulomb

Αυτή είναι μια μαθηματική ανάλυση που βασίζεται στην εξέταση ενός συντελεστή ενεργητικής ώθησης για το έδαφος. Η μέθοδος θεωρεί τις παραμέτρους του εδάφους και την τριβή που αναπτύσσεται στο πίσω μέρος του τοίχου. Η ανάλυση περιορίζεται στη διατήρηση των χαρακτηριστικών του εδάφους, αλλά και σε πιο σύνθετες κλίσεις μπορεί να θεωρηθεί με τον εξορθολογισμό της πολύπλοκης επιφάνειας σε ένα ενιαίο βαθμό και την εφαρμογή μιας συνεχής επιφόρτισης για την προσέγγιση του προφίλ. Μπορεί να εξετάσει μόνο μια συνεχής και μόνο με επιπλέον φόρτιση, αλλά οι μέθοδοι είναι διαθέσιμες για την αντιμετώπιση των κατανεμημένων ή σημειακών φορτίσεων στο έδαφος.



Σχ. 3.1 Διάγραμμα Mohr-Coulomb

3.2.2 Ανάλυση Wedge

Αυτή είναι μια γραφική λύση που θεωρεί τις δυνάμεις που δρουν στο έδαφος (σαν σφήνα) πίσω από τον τοίχο για να το διατηρήσει σε ισορροπία. Η μέθοδος αυτή εξετάζει διάφορα επίπεδα αποτυχίας. Για κάθε επίπεδο, ένα διάγραμμα διανυσματικών δυνάμεων παρίσταται γραφικώς και η μέγιστη ώθηση μπορεί να προσδιοριστεί από τον γεωμετρικό τόπο της διανυσματικής ώθησης στο διάγραμμα. Αυτή η μέθοδος είναι η προτιμώμενη μέθοδος της ανάλυσης καθώς μπορεί να φιλοξενήσει διακυμάνσεις στο προφίλ του εδάφους κατά μήκος που διατηρείται με πολλαπλές περιπτώσεις φορτίσεων. Ωστόσο, η ανάλυση μπορεί να είναι χρονοβόρα, καθώς πρέπει να διενεργείται σε κάθε τμήμα και ως εκ τούτου, είναι καλύτερο να την διαχειρίζονται τα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Η ακόλουθη μέθοδος σχεδιασμού βασίζεται στην ανάλυση κατά Coulomb. Το να είναι μαθηματική ανάλυση είναι σχετικά εύκολο να πραγματοποιήσει τον σχεδιασμό

Απαραίτητα στοιχεία για τον σχεδιασμό:

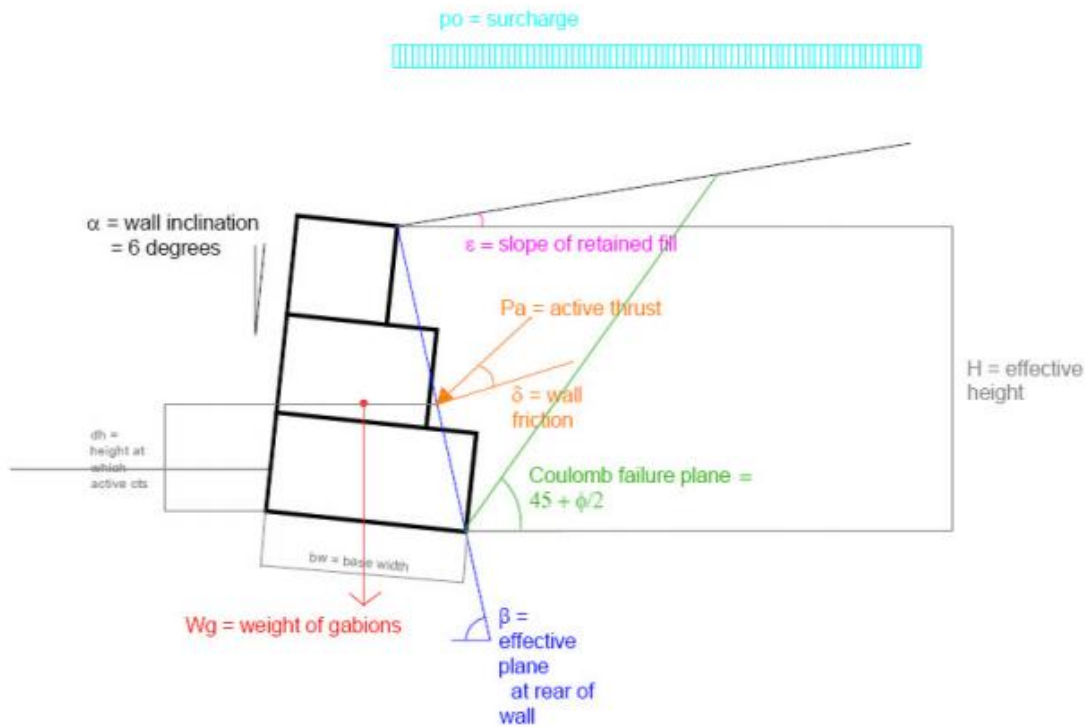
- Γεωμετρία:	Κεκλιμένο ύψος τοίχου	h (m)
	Γωνία κλίσης του εδάφους	ϵ (μοίρες)
- Παράμετροι του εδάφους:	Γωνία τριβής του εδάφους	ϕ (μοίρες)
	Ειδικό βάρος	γ (kN/m ³)
- Φορτία	Επιφόρτιση	p_0 (kN/m ²)
- Επιτρεπόμενη τάση έδρασης		σ (kN/m ²)

3.3 Υπολογισμοί ενεργητικής ώθησης

Από τον κώδικα για συρματοκιβώτια, η τριβή δ του τοίχου λαμβάνεται ίση με ϕ όπου δεν υπάρχει διαχωριστικό γεώφασμα που απαιτείται πίσω από τον τοίχο και $0.9 \times \phi$ όπου απαιτείται γεώφασμα.

Για τον συντελεστή της τριβής στην βάση, ο κώδικας προτείνει μια τιμή του $0,66 \times \phi$, που βασίζεται στην εμπειρία και τις ιστορικές δοκιμές, η τιμή μπορεί να ληφθεί ίδια με τον συντελεστή του ενεργητικού του εδάφους.

Το τμήμα μπορεί τώρα να σχεδιαστεί και οι δυνάμεις που δρουν στον τοίχο δείχνονται στο Σχ. 3.2.



Σχ. 3.2 Δυνάμεις τοίχου συρματοκιβωτίων

Με την εξέταση του διαγράμματος διανυσμάτων των δυνάμεων στον τοίχο με βάση την γωνία αστοχίας κατά Coulomb, η ενεργητική ώθηση μπορεί να προσδιοριστεί από τον συντελεστή της ενεργητικής ώθησης K_a .

$$k_a = \frac{\sin^2(b + f)}{\sin^2 b \sin(b - f) \frac{e}{d} + \sqrt{\frac{\sin(f + d) \sin(f - e)}{\sin(b - d) \sin(b + e)} \frac{u}{g}}^2}$$

Η ενεργητική ώθηση λόγω του εδάφους και των επιφορτίσεων έχει ως εξής:

$$Pa_{\text{edaf ou V}} = \frac{1}{2} \times ka \times g \times H^2$$

$$Pa_{\text{epif or t isewn}} = po \times ka \times H$$

Όπου:

- $Pa_{\text{edaf ou V}}$ = ενεργός ώθηση λόγω εδάφους
- $Pa_{\text{epif or t isewn}}$ = ενεργός ώθηση λόγω των επιφορτίσεων
- H = πραγματικό ύψος τοίχου
- po = επιπρόσθετη φόρτιση πάνω από τον τοίχο

3.4 Σύνολο ενεργούς ώθησης Pa

$$Pa = Pa_{\text{εδάφους}} + Pa_{\text{επιφόρτιση}}$$

Η ενεργός ώθηση λόγω του εδάφους λειτουργεί στο 1/3 του πραγματικού ύψους του τοίχου και η επιφόρτιση δρα στο 1/2 του ύψους του τοίχου. Το προκύπτον σημείο εφαρμογής της συνολικής ενεργού ώθησης πάνω από το πόδα του τοίχου μπορεί να υπολογιστεί από:

$$dh_{\text{εδάφους}} = H / 3 [(H + 3hs) / (H + 2hs)]$$

$$dh = dh_{\text{εδάφους}} - bw \times \sin \alpha$$

Όπου: bw = πλάτος βάσης της κατασκευής των συρματοκιβωτίων

hs = το ισοδύναμο ύψος του εδάφους ίση με την επιφόρτιση = po/g_s

Επιλύουμε την ενεργό ώθηση Pa σε οριζόντιες και κάθετες συνιστώσες του. Ph και Pn αντίστοιχα:

$$Ph = Pa \times \cos(90 - \alpha + \delta)$$

$$Pn = Pa \times \sin(90 - \alpha + \delta)$$

$\delta = \varphi_{\text{des}}$ του εδάφους, εάν δεν απαιτείται γεώφρασμα
 $\delta = 0.9 \times \varphi_{\text{des}}$ του εδάφους, εάν χρησιμοποιείται γεώφρασμα

3.5 Υπολογισμοί συρματοκιβωτίων

Ίδιο βάρος της δομής των συρματοκιβωτίων

$$Wg = \sum_{i=1}^n uw \times ud \times g_d$$

Όπου:

- n = αριθμός των επιπέδων στρώσεων (σειρών)
- uw = πλάτος από κάθε επίπεδο στρώσης (σειράς)
- ud = ύψος από κάθε τμήμα
- g_d = ειδικό βάρος υλικού πλήρωσης των συρματοκιβωτίων
- Wg = βάρος της δομής των συρματοκιβωτίων

Για να προσδιορίσουμε το κέντρο βάρους της δομής των συρματοκιβωτίων, οι χωρικές ροπές παίρνονται από το θεμέλιο του τοίχου. Αθροίζουμε τις χωρικές ροπές από κάθε επίπεδο συρματοκιβωτίων από το θεμέλιο του τοίχου. Για τους τοίχους χωρίς κλίση, προσδιορίζουμε τις χωρικές ροπές μόνο στον άξονα X. Για κεκλιμένους τοίχους καθορίζονται και στους δύο άξονες X και Y.

$$xg = \frac{\sum_{i=1}^n st \times (uw \times ud)}{\sum_{i=1}^n (uw \times ud)}, \quad yg = \frac{\sum_{i=1}^n hc \times (uw \times ud)}{\sum_{i=1}^n (uw \times ud)}$$

Όπου: st = οριζόντια μετατόπιση του κέντρου βάρους του κάθε επιπέδου από

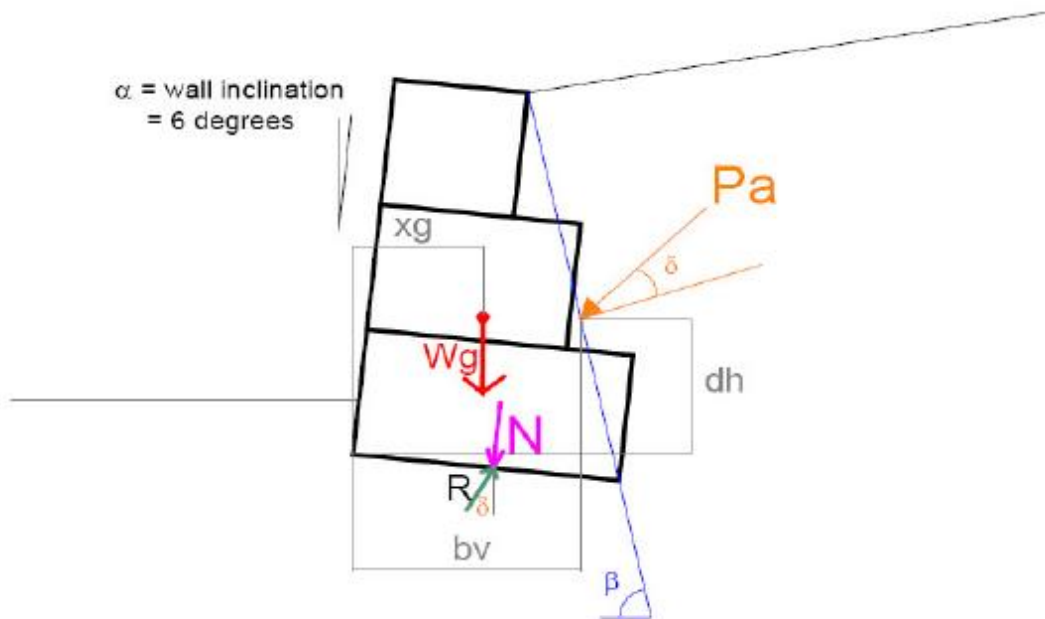
το σημείο αναφοράς της βάσης του τοίχου θεωρώντας κλίση τοίχου = 0 μοίρες,
 x_g = οριζόντια απόσταση του κέντρου βάρους της δομής από το σημείο
αναφοράς της βάσης του τοίχου λαμβάνοντας υπόψη την κλίση τοίχου = 0 μοίρες
 h_c = κάθετο ύψος του κέντρου βάρους του κάθε επιπέδου από το σημείο
αναφοράς της βάσης του τοίχου θεωρώντας κλίση τοίχου = 0 μοίρες
 y_g = κάθετη απόσταση του κέντρου βάρους της δομής από το σημείο
αναφοράς της βάσης του τοίχου λαμβάνοντας υπόψη την κλίση τοίχου = 0 μοίρες

Διόρθωση για την κλίση τοίχου a

$$X_g = x_g \cos a + y_g \sin a$$

Όπου: X_g = διορθωμένο κατακόρυφο ύψος του κέντρου
βάρους της δομής για την κλίση του τοίχου
 a = κλίση του τοίχου

3.6 Υπολογισμοί ευστάθειας



Σχ. 3.3 Κύριες δυνάμεις

3.6.1 Έλεγχος ανατροπής

Έλεγχος ανατροπής είναι ο λόγος των ροπών ευστάθειας λόγω του βάρους του τοίχου W_g και την κατακόρυφη συνιστώσα P_v της ενεργούς ώθησης προς των ροπών ανατροπής λόγω της οριζόντιας συνιστώσας P_h της ενεργούς ώθησης. (P_h και P_v υπολογίζονται για το έδαφος και κάθε επιπλέον φορτίου σε αυτό, εκτός εάν το άθροισμα των ενεργών ωθήσεων P_a όπως χρησιμοποιήθηκε – υπολογίστηκε στην ανάλυση του Coulomb).

$$M_r (\text{ROP H EUSTAQEIAS}) = P_v \times b_v + W_g \times X_g$$

$$M_o (\text{ΡΟΠΗ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ}) = Ph \times dh$$

$$F_o (\text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ}) = \frac{Mr}{M_o}$$

$F_o = > 2.0$ για σχεδιασμό σε οριακή κατάσταση αστοχίας

$F_o = > 1.0$ για σχεδιασμό σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

bn = οριζόντια απόσταση από τη βάση στο σημείο εφαρμογής της ενεργούς ώθησης $Pa = bw \times \cos a - dh_{\text{εδάφους}} / \tan b$

bw = πλάτος βάσης του κάθε μέρους του τοίχου υπό θεώρηση

3.6.2 Έλεγχος ολίσθησης

Ο έλεγχος ολίσθησης είναι ο λόγος των δυνάμεων που αντιστέκονται στην ολίσθηση (λόγω της μάζας των συρματοκιβωτίων Wg και της κατακόρυφης συνιστώσας Pv της ενεργούς ώθησης) προς των δυνάμεων ολίσθησης (λόγω της οριζόντιας συνιστώσας Ph της ενεργού ώθησης) στο επίπεδο ολίσθησης.

Κατακόρυφη δύναμη προς το επίπεδο ολίσθησης:

$$N = Wg + \overset{\circ}{a} Pv$$

Εφαπτομενική δύναμη προς το επίπεδο ολίσθησης:

$$T = \overset{\circ}{a} Ph$$

Συντελεστής ασφαλείας ολίσθησης:

$$F_s = \frac{(N \cos a + T \sin a) \tan f_{des}}{(T \cos a - N \sin a)}$$

$F_s = > 1.5$ για σχεδιασμό σε οριακή κατάσταση αστοχίας

$F_s = 1.0$ για σχεδιασμό σε οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

3.7 Φέρουσα ικανότητα

Το φορτίο πάνω στο έδαφος έδρασης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα επιτρεπόμενα όρια της φέρουσας ικανότητας του. Το προκύπτον φορτίο είναι κανονικά έκκεντρο προς το κέντρο της βάσης. Η βέλτιστη πρακτική του σχεδιασμού είναι να εξισώσει τις τάσεις στο θεμέλιο και στα πλαινά όσο το δυνατόν περισσότερο είτε με την ενίσχυση των συρματοκιβωτίων είτε από την κλίση του τοίχου, αλλά να μην υπερβαίνει τις 6 μοίρες για το πρότυπο σύστημα 39 ή τις 10 μοίρες για το σύστημα 27.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{(Mr - Mo)}{N}$$

$$e \leq \frac{B}{6}$$

$$s = N / B (1 + 6e / B)$$

$$s = N / B (1 - 6e / B)$$

$s \leq$ από την επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα του εδάφους

3.8 Κριτήρια σχεδιασμού

Ο έλεγχος του σχεδιασμού θα πρέπει να πραγματοποιηθεί για κάθε μπλόκ. Το μέγεθος της τριβής μεταξύ 2 συρματοκιβωτίων (της διεπιφάνειας) λαμβάνεται 35° , όπως προέκυψε από πραγματικές δοκιμές.

Συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής > 2.0

Συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης > 1.5

Στην περίπτωση που ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης είναι εντός της περιοχής από 1.3 με 1.5 τότε ο τοίχος μπορεί να εδράζεται σε βάση από κοκκώδες υλικό με πάχος ελάχιστων 300 χιλιοστών ώστε να βελτιωθεί η αντίσταση ολίσθησης. Αξιολογούμε εκ νέου τον συντελεστή ασφαλείας ολίσθησης για ένα κοκκώδες υλικό με τιμή ϕ για να δούμε αν ξεπερνάει τον απαιτούμενο συντελεστή 1.5, αν όχι τότε αλλάζουμε τις διαστάσεις του τοίχου.

Η ευστάθεια μπορεί να βελτιωθεί με κοκκώδες υλικό επίχωσης πίσω από τον τοίχο:

- Εάν η κλίση του πρανούς είναι 45° ή λιγότερο, τότε ο τοίχος έχει σχεδιαστεί σαν να διατηρεί ένα κοκκώδη γέμισμα.
- Εάν η κλίση του πρανούς είναι 45° με 90° , τότε ο τοίχος είναι σχεδιασμένος για τα υπάρχοντα εδάφη. Ωστόσο, η τριβή του τοιχώματος μπορεί να αυξηθεί σε 34° στην αξιολόγηση της κάθετης και οριζόντιας συνιστώσας της ενεργούς ώθησης.

Η εκκεντρότητα (e) πρέπει να συμπίπτει στο ενδιάμεσο τμήμα $B/3$ του πλάτους της βάσης του συρματοκιβωτίου.

Οι μέγιστες τάσεις που φέρει η δομή πρέπει να είναι κάτω από το επιτρεπόμενο όριο του υποκείμενου εδάφους.

3.9 Ειδικά βάρη συρματοκιβωτίου

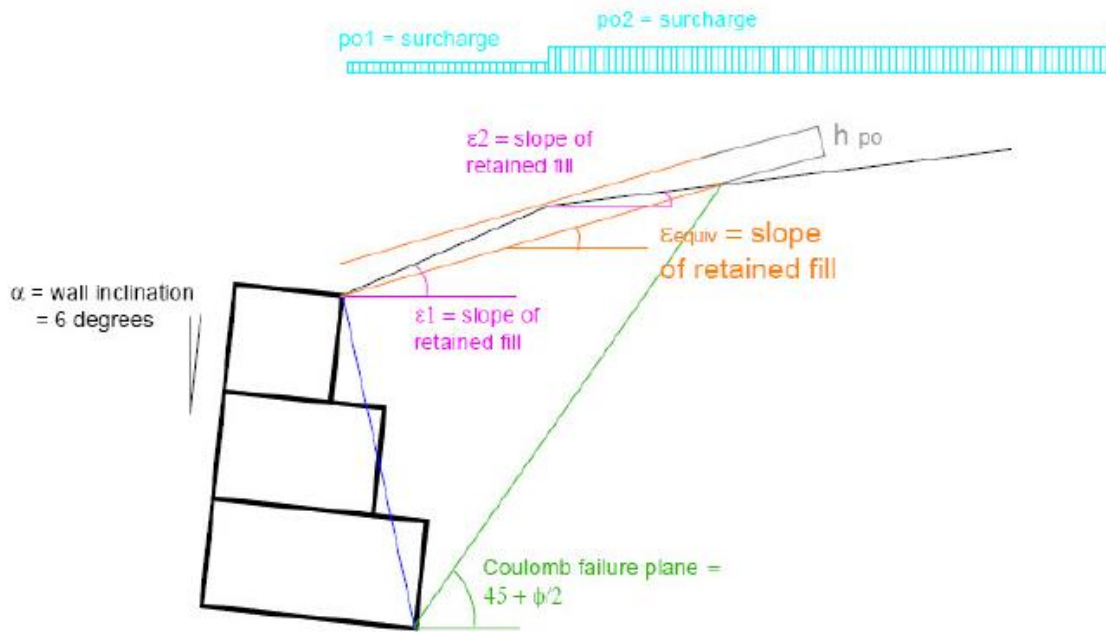
Παρακάτω δίνονται τα τυπικά ειδικά βάρη σχεδιασμού για διάφορους τύπους υλικών πλήρωσης των συρματοκιβωτίων:

Σύντριμμα από σκυρόδεμα	15	KN/m^3
Αμμόλιθος	15.5	KN/m^3
Ασβεστόλιθος	16	KN/m^3
Γρανίτης	17	KN/m^3
Βασάλτης	18	KN/m^3
Διάφορα αδρανή	16	KN/m^3

3.10 Πολύπλοκο προφίλ επιστημονικής και τεχνικής έρευνας

Όταν το προφίλ της επιφάνειας του πρανούς είναι πολύπλοκο, η ανάλυση του Coulomb δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκτός και αν είναι σε μία ενιαία κλίση.

Η ακόλουθη μέθοδος είναι μια προσέγγιση για την αντιμετώπιση της περίπλοκης κατάστασης.



Σχ. 3.4 Πολύπλοκη επιφόρτιση

Στο Σχ.3.4, ο τοίχος υπόκειται σε δυο επιφορτίσεις P_{o1} και P_{o2} μαζί με δύο κλίσεις.

Για την αξιολόγηση αυτής της κατάστασης το επίπεδο αστοχίας Coulomb έχει σχεδιαστεί μέχρι να τμήσει την ελεύθερη επιφάνεια. Μια γραμμή στη συνέχεια σχεδιάζεται από το σημείο τομής προς το πίσω μέρος του τοίχου στη κορυφή. Η γωνία αυτή με τον οριζόντιο άξονα κάνουν την κλίση που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυση (ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ).

Μια γραμμή στη συνέχεια χαράσσεται παράλληλα προς την κορυφή του τριγώνου πάνω από αυτό, η κατακόρυφη μετράται (h_s), το ύψος αυτό είναι ισοδύναμο με την επιφόρτιση του εδάφους για την υποτιθέμενη κλίση και υπολογίζεται ως εξής:

$$p_{o \text{ υπογετικο}} = h_{po} \times \epsilon_{δαφου}$$

$$p_{o \text{ σχεδιασμου}} = p_{o1} + p_{o \text{ υπογετικο}} \quad \text{ή} \quad p_{o2} \text{ ανάλογα με το ποιά είναι μεγαλύτερη}$$

3.11 Τυπικές διατομές συρματοκιβωτίων

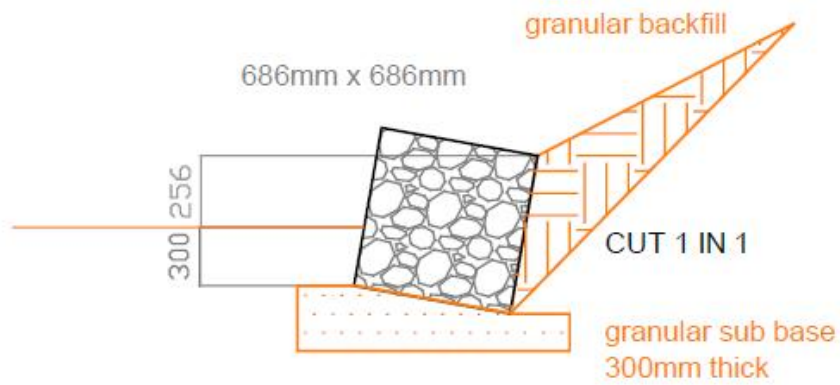
Κάποιες τυπικές λεπτομερείς διατομές απεικονίζονται για διάφορες συνθέσεις του τοίχου από 1 έως 4 σειρές κατ' ύψος.

Οι πλήρεις λεπτομέρειες της κάθε διατομής που δίνονται, έχουν τέτοιες διαστάσεις ώστε να δείξουν τα διατηρητέα ύψη με θεωρούμενο πόδα σε 300 mm.

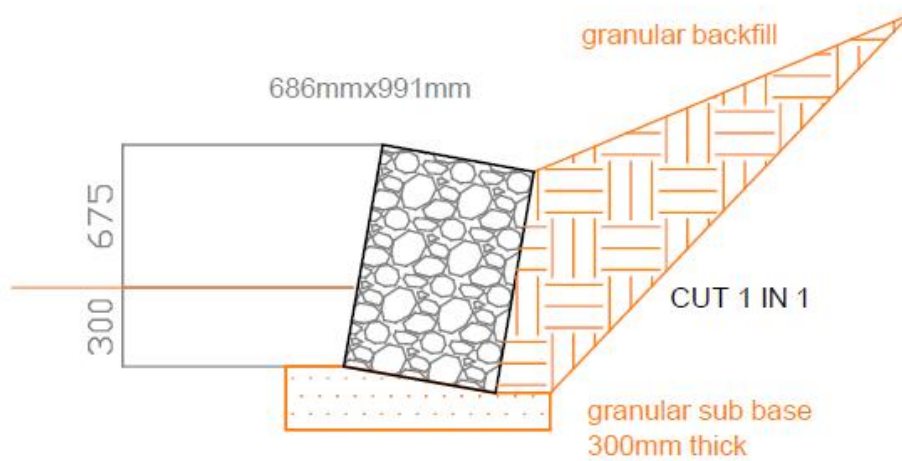
Τα τμήματα αυτά του τοίχου στηρίζονται σε ένα κοκκώδες υλικό. Η επίχωση είναι επίσης ενός κοκκώδους υλικού που κόβεται πίσω σε μια γραμμή των 45° . Αυτές οι τυπικές διατομές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως βασικοί παράγοντες για εκτίμηση ενός πανομοιότυπου έργου, εκτός εάν τα υλικά της θεμελίωσης και της επίχωσης όπως περιγράφονται παραπάνω, η επιφόρτιση δεν υπερβαίνει τα 10 kN/m^2 για την αντιστήριξη του πρανού με κλίση από 0° έως 15° , και δεν υπερβαίνει τα 5 kN/m^2 για αντιστήριξη με κλίση από 15° έως 34° .

Η κλίση πίσω από τον τοίχο δεν μπορεί να υπερβαίνει την εσωτερική γωνία τριβής της επίχωσης.

- 1) Ενιαία μονάδα υψηλού τοίχου – κεκλιμένη κατά 10°
Θεμέλιο και επίχωση από κοκκώδες υλικό



Σχ. 3.5



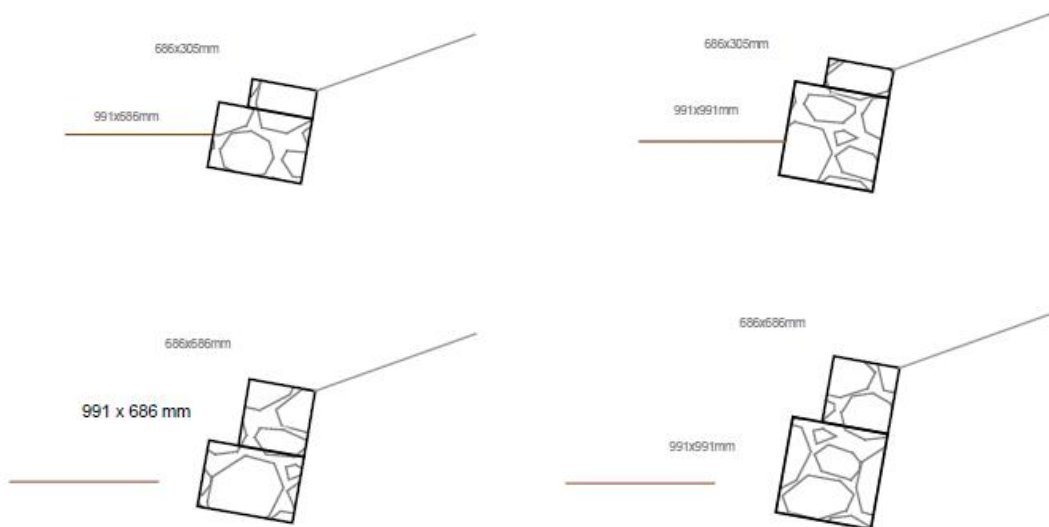
Σχ. 3.6

2) 2 μονάδες υψηλού τοίχου που έχει κλίση περίπου 10°
Θεμέλιο και επίχωση από κοκκώδες υλικό



Σχ. 3.7

Άλλες συνθέσεις



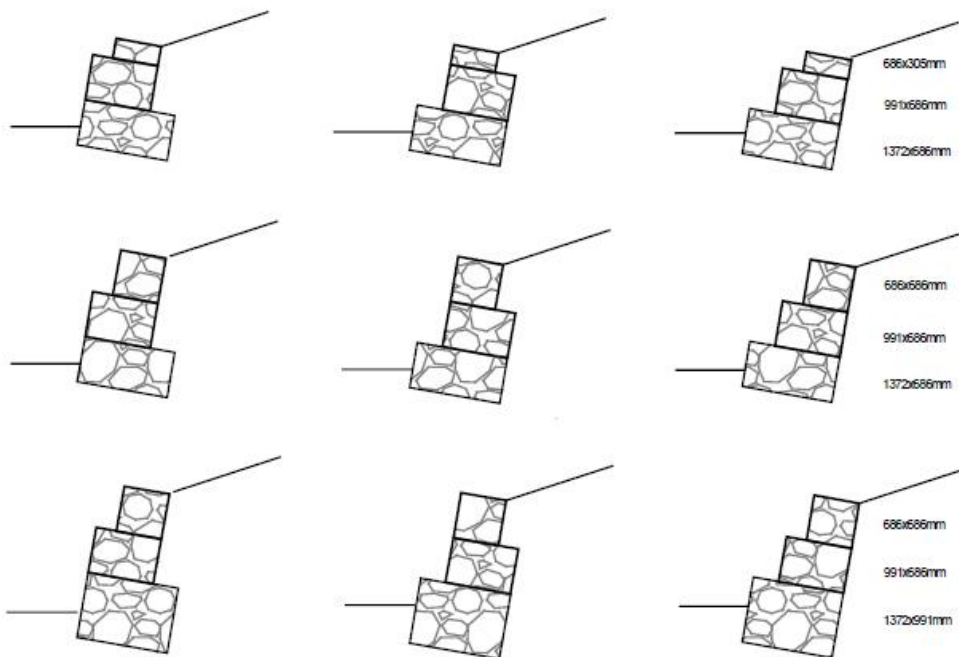
Σχ. 3.8

3) 3 μονάδες υψηλού τοίχου που έχει κλίση περίπου 10°
Θεμέλιο και επίχωση από κοκκώδες υλικό



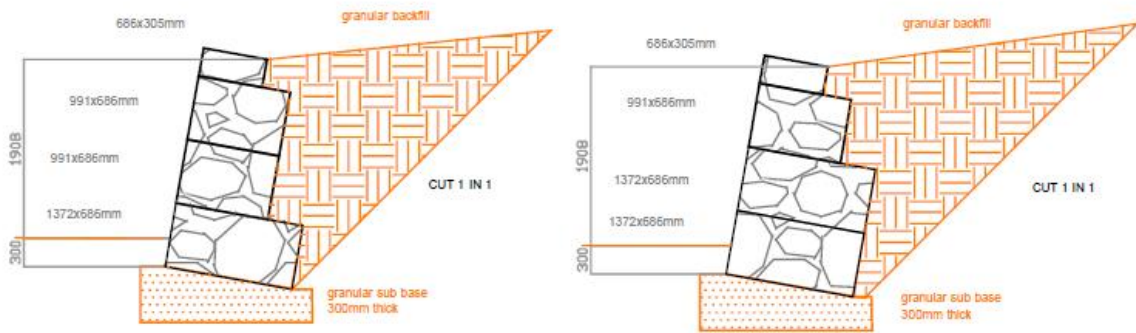
Σχ. 3.9

Άλλες συνθέσεις



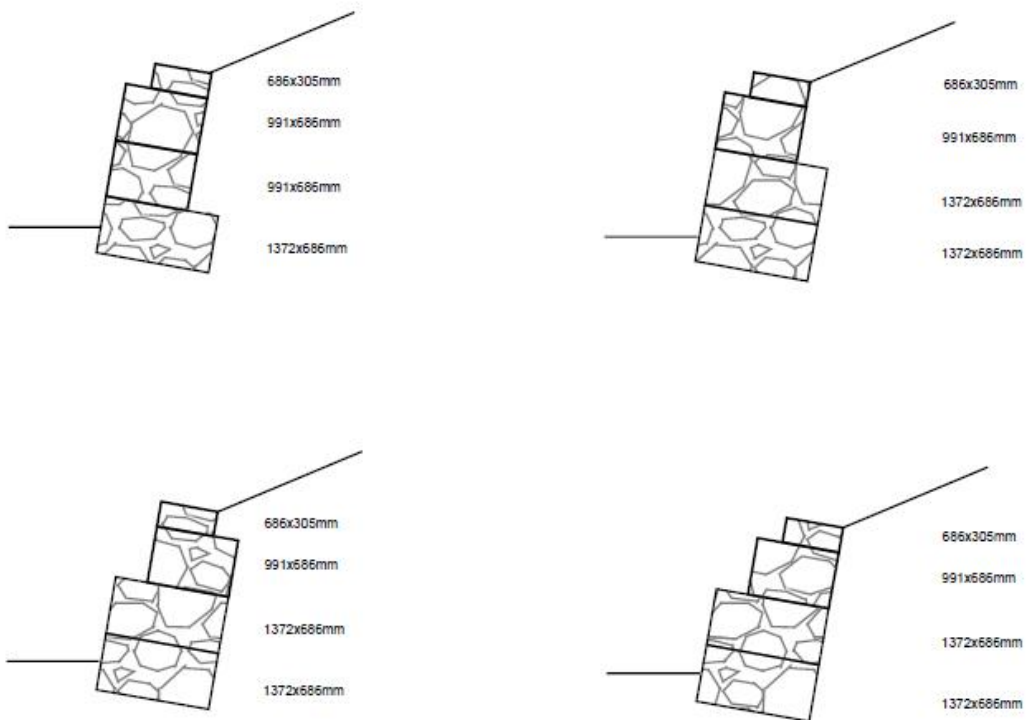
Σχ. 3.10

4) 4 μονάδες υψηλού τοίχου που έχει κλίση περίπου 10°
Θεμέλιο και επίχωση από κοκκώδες υλικό



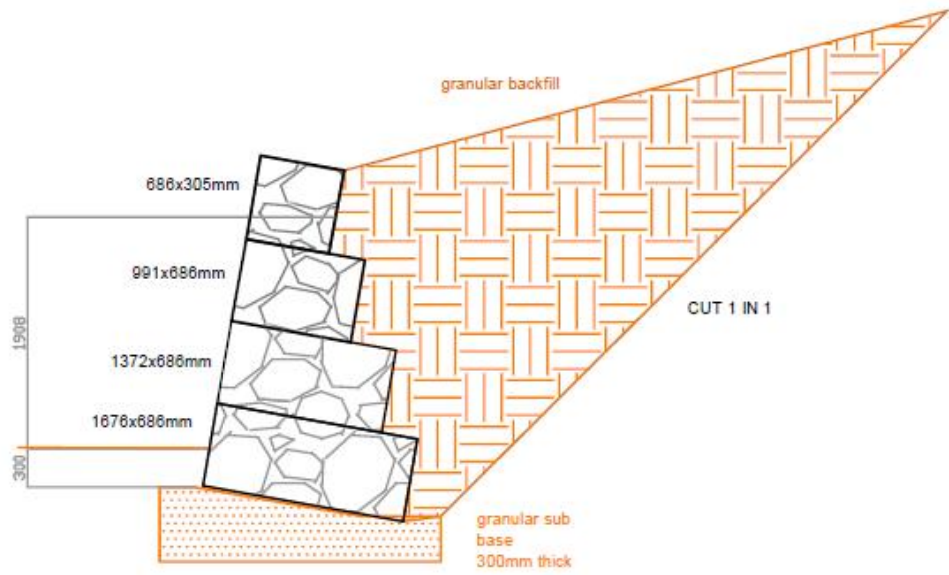
Σχ. 3.11

Άλλες συνθέσεις



Σχ. 3.12

- 5) 4 μονάδες υψηλού τοίχου που έχει κλίση περίπου 10°
Θεμέλιο και επίχωση από κοκκώδες υλικό



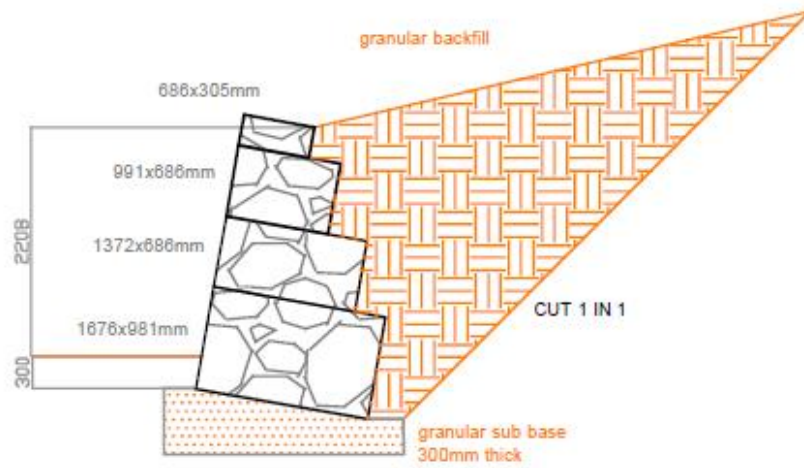
Σχ. 3.13

Άλλες συνθέσεις



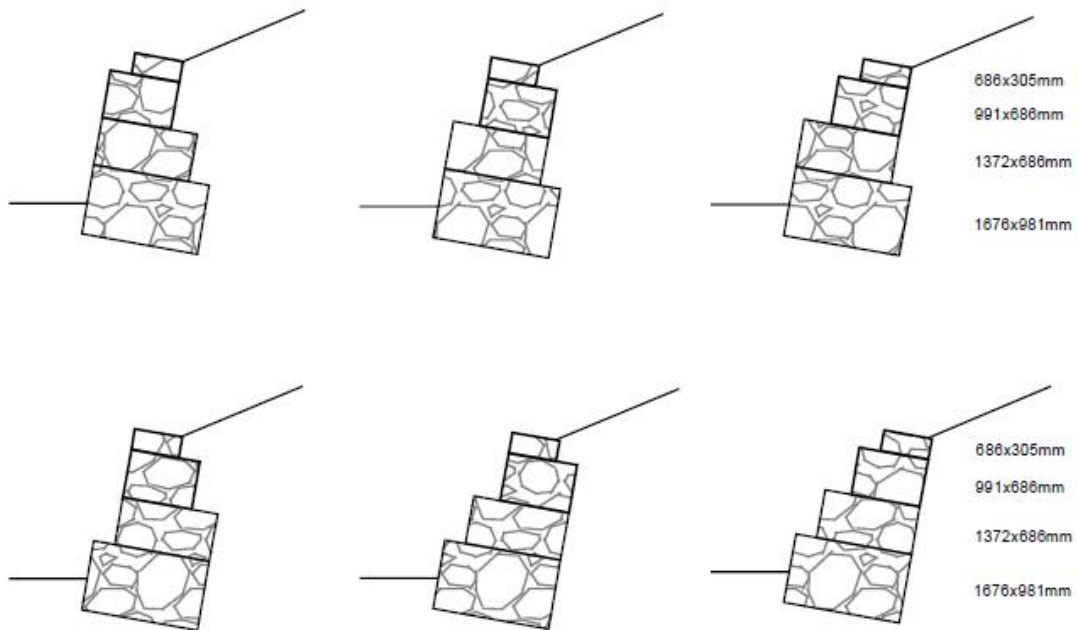
Σχ. 3.14

- 6) 4 μονάδες υψηλού τοίχου που έχει κλίση περίπου 10°
Θεμέλιο και επίχωση από κοκκώδες υλικό



Σχ. 3.15

Άλλες συνθέσεις



Σχ. 3.16

4 Ελληνικές προδιαγραφές - Συρματοκιβώτια προστασίας κοίτης, πρανών και επιχωμάτων (Serasanetti)

4.1 Αντικείμενο

Οι εργασίες που προδιαγράφονται στην παρούσα Προδιαγραφή αφορούν στην κατασκευή συρματοκιβωτίων, στρωμών και συρματοκυλίνδρων, καθώς και στην πλήρωση τους με αργούς λίθους, στην θέση τοποθέτησής τους.

4.2 Τυποποιητικές παραπομπές

Η παρούσα Προδιαγραφή ενσωματώνει, μέσω παραπομπών, προβλέψεις άλλων δημοσιεύσεων, χρονολογημένων ή μη. Οι παραπομπές αυτές αναφέρονται στα αντίστοιχα σημεία του κειμένου και κατάλογος των δημοσιεύσεων αυτών παρουσιάζεται στη συνέχεια. Προκειμένου περί παραπομπών σε χρονολογημένες δημοσιεύσεις, τυχόν μεταγενέστερες τροποποιήσεις ή αναθεωρήσεις αυτών θα έχουν εφαρμογή στην παρούσα όταν θα ενσωματωθούν σε αυτή, με τροποποίηση ή αναθεώρηση της. Όσον αφορά τις παραπομπές σε μη χρονολογημένες δημοσιεύσεις ισχύει η τελευταία έκδοσή τους.

ΕΛΟΤ EN 10218-1 Steel wire and wire products. - General. - Part 1: Test methods. – Χαλύβδινα σύρματα και συρμάτινα προϊόντα - Γενικότητες - Μέρος 1: Μέθοδοι δοκιμών.

ΕΛΟΤ EN 10223-3 Steel wire and wire products for fences. - Part 3: Hexagonal steel wire netting for engineering purposes. – Χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα σύρματος για φράκτες. – Μέρος 3: Εξαγωνικά χαλύβδινα συρματοπλέγματα για οικοδομικές κατασκευές.

ΕΛΟΤ EN 10244-2 Steel wire and wire products. Non-ferrous metallic coatings on steel wire. - Part 2: Zinc or zinc alloy coatings. - Χαλύβδινα σύρματα και προϊόντα συρμάτων. Επικαλύψεις χαλύβδινων συρμάτων με μη σιδηρούχα μέταλλα. - Μέρος 2: Επικαλύψεις ψευδάργυρου ή κραμάτων ψευδαργύρου.

ΕΛΟΤ EN 123 Natural stone test methods. - Determination of frost resistance. - Μέθοδοι δοκιμής φυσικών λίθων. - Προσδιορισμός της αντοχής σε παγετό.

ΕΛΟΤ EN 1925 Natural stone test methods. - Determination of water absorption coefficient by capillarity. - Μέθοδοι δοκιμής για φυσικούς λίθους. - Προσδιορισμός του συντελεστή απορρόφησης νερού δια τριχοειδών.

ΕΛΟΤ EN 772-11 Methods of test for masonry units. - Part 11: Determination of water absorption of aggregate concrete, manufactured stone and natural stone masonry units due to capillary action and the initial rate of water absorption of clay masonry units. - Μέθοδοι δοκιμής στοιχείων τοιχοποιίας. - Μέρος 11: Προσδιορισμός υδαταπορρόφησης στοιχείων τοιχοποιίας από σκυρόδεμα με αδρανή, από λίθους τεχνητούς ή φυσικούς, λόγω τριχοειδούς δράσεως και της αρχικής ταχύτητας υδαταπορρόφησης στοιχείων τοιχοποιίας από άργιλο.

4.3 Όροι και ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας προδιαγραφής εφαρμόζονται οι ακόλουθοι όροι και ορισμοί:

4.3.1 Συρματοκιβώτια

Εννοούνται όλοι οι τύποι φατνών από συρματοπλέγμα εξαγωνικής διπλής πλέξης. Διακρίνονται τα εξής είδη, ως προς το σχήμα και την γενικότερη μορφή των κιβωτίων:

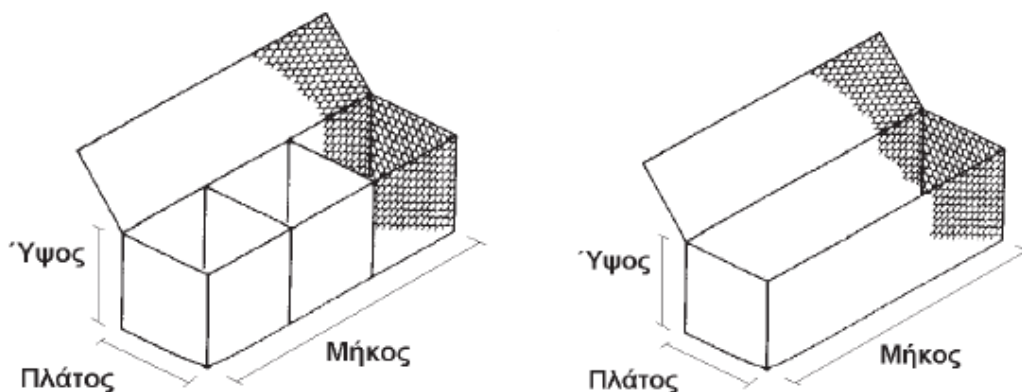
4.3.1.1 Συνήθη συρματοκιβώτια (*gabions*)

Πεδίο εφαρμογής:

- Επενδύσεις πρανών χειμάρρων, ποταμών και άλλων έργων (αντιμετώπιση υψηλών ταχυτήτων, στερεομεταφοράς, δυσμενών γεωλογικών συνθηκών κ.λπ.)
- Κατασκευή εγκαρσίων οδών, αναβαθμών και προβόλων.
- 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. Ενίοτε φέρουν και εγκάρσια διαφράγματα (συνήθως ανά 1,00 m).

Οι ακμές τους ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από την διάμετρο του σύρματος του πλέγματος.

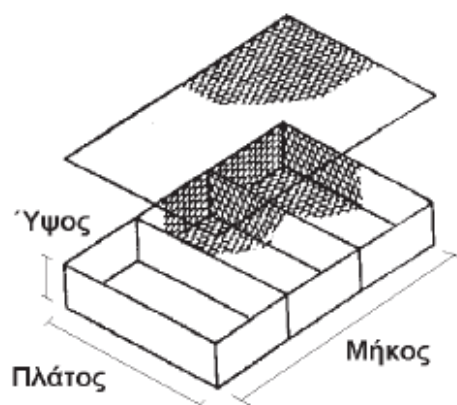


Σχ. 4.1

4.3.1.2 Στρωμένες (συρματοκιβώτια μικρού πάχους, τύπου *Reno*)

Εφαρμόζονται σε επενδύσεις πρανών για την προστασία ποδός και σε 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 παραλληλεπιπέδου, πλάτους 2,00 m, ύψους 0,17 – 0,30 m με εγκάρσια διαφράγματα (ανά 1,00 m). Οι ακμές των συρματοκιβωτίων ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από την διάμετρο του σύρματος του πλέγματος.

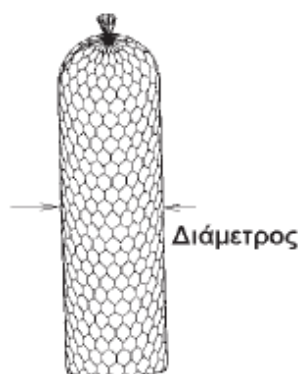


Σχ. 4.2

4.3.1.3 Συρματοκύλινδροι (sack gabions)

Εφαρμόζονται σε επενδύσεις πρανών για προστασία ποδός πρανών και σε κοιτοστρώσεις χειμάρρων, ποταμών και άλλων έργων καθώς επίσης και για την υποθεμελίωση κατασκευών από άλλου είδους συρματοκιβώτια, καθόσον η ευκαμψία και το σχήμα τους επιτρέπει την ευχερέστερη προσαρμογή στο έδαφος.

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



Σχ. 4.3

4.3.1.4 Συρματοκιβώτια με προεκτάσεις συρματοπλέγματος για τον οπλισμό των αναχωμάτων (τύπου Terramesh)

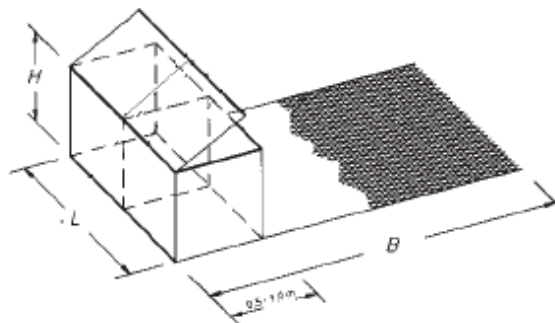
Χαρακτηριστικό τους είναι η ύπαρξη ελεύθερης προέκτασης φύλλου συρματοπλέγματος. Μετά την λιθοπλήρωση του συρματοκιβωτίου επιχώνεται και εγκιβωτίζεται στο διαμορφωμένο πρανές η προέκταση του συρματοπλέγματος (λειτουργία οπλισμένης γης).

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 από την μελέτη.

Οι ακμές των συρματοκιβωτίων ενισχύονται με σύρμα μεγαλύτερης διαμέτρου από την διάμετρο του σύρματος του πλέγματος. Το τμήμα της προέκτασης θα είναι ενιαίο με το συρματοπλέγμα του κιβωτίου.

Το σύρμα του πλέγματος θα είναι κράμα Zn95Al5 (95% Ψευδάργυρος, 5% Αλουμίνιο) με επικάλυψη ΧΡΕ (αυτοσβεννύμενο τροποποιημένο πολυαιθυλένιο), κατά ΕΛΟΤ EN 10245-3. Πάχος επικάλυψης: 0,50 mm.



Σχ. 4.4

4.3.1.5 Κρίσιμη ταχύτητα

Η μέγιστη ταχύτητα ροής κατά την οποία η κατασκευή παραμένει ευσταθής, χωρίς μετακίνηση των λίθων πληρώσεως.

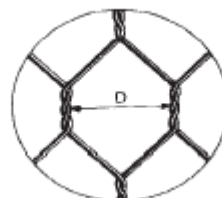
4.3.1.6 Οριακή ταχύτητα

Η μέγιστη ταχύτητα ροής κατά την οποία η κατασκευή παραμένει ευσταθής, με αποδοχή και σχετικών μετακινήσεων των λίθων.

4.4 Απαιτήσεις

4.4.1 Συρματοπλέγμα

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



D = η απόσταση μεταξύ δύο συστροφών στον βρόχο του πλέγματος

Πεδίο εφαρμογής	Βρόχος D (mm)	Διάμετρος σύρματος (mm)	Ανοχές
Συρματοκιβώτια	100 (100 x 120)	2,70 ή 3,00	
	80 (80 x 100)	2,70 ή 3,00	
	60 (60 x 80)	2,70	16%
Στρωμένες	60 (60 x 80)	2,20	-4%
	50 (50 x 70)	2,00	
Συρματοκύλινδροι	80 (80 x 100)	3,00	
Συρματοκιβώτια με προεκτάσεις	80 (80 x 100)	2,70 ή 3,70	

Άνοιγμα βρόχου (mm)	Διάμετρος σύρματος (mm)	Βάρος (kg/m ²)
50	2	1,4
60	2,2	1,4
	2,7	2
	2,70/3,70 PVC	2,3
80	2,7	1,6
	2,70/3,70 PVC	1,9
	3	2
100	2,7	1,4
	3	1,8

Η επιμήκυνση θραύσεως του σύρματος θα είναι μεγαλύτερη ή ίση του 10% (ΕΛΟΤ EN 10223-3).

Εάν δεν καθορίζεται διαφορετικά από την μελέτη των έργων προστασίας έχουν εφαρμογή τα ακόλουθα:

Πίν. 4.3 - Διατομή σύρματος βρόγχων (ΕΛΟΤ EN 10222 - 3)			
Πεδίο εφαρμογής	Βρόγχος D (mm)	Διάμετρος σύρματος (mm)	Ανοχές
Συρματοκιβώτια ύψους 0,50 έως 1,00 m	80 (80 x 100)	3,00	± 0,07 mm
Συρματοκιβώτια ύψους 0,17 έως 0,30 m	60 (60 x 80)	2,20	± 0,06 mm
Συρματοκιβώτια με προεκτάσεις ύψους 0,50 έως 1,00 m	80 (80 x 100)	2,70 ελαχ.	± 0,06 mm

Πίν. 4.4 - Διατομή συρμάτων ενίσχυσης ακμών				
Διάμετρος σύρματος συρματοπλέγματος (mm)	2,00	2,20	2,70	3,00
Διάμετρος σύρματος ενίσχυσης (mm)	2,40	2,70	3,40	3,90

Το σύρμα του πλέγματος και το σύρμα ραφής θα είναι γαλβανισμένα εν θερμώ, ομοιογενούς σύστασης και σταθερής κυκλικής διατομής χωρίς σχισμές ή αυλακώσεις. Το γαλβάνισμα θα είναι ισοπαχές, ομόκεντρο, θα παρουσιάζει λεία επιφάνεια και θα καλύπτει πλήρως την επιφάνεια του σύρματος χωρίς να αφήνει κενά. Η επικάλυψη για την αντιδιαβρωτική προστασία των συρμάτων θα είναι ενός εκ των ακόλουθων τύπων:

4.4.1.1 Επικάλυψη ψευδαργύρου

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

Πίν. 4.5 - ελάχιστες ποσότητες επίστρωσης ψευδαργύρου κατά ΕΛΟΤ EN 10281 -1							
Φ Σύρματος (mm)	2,00	2,20	2,40	2,70	3,00	3,40	3,90
Ποσότητα Zn (g/m ²)	240	240	260	260	275	275	290

4.4.1.2 Επικάλυψη κράματος ψευδαργύρου / αλουμινίου τύπου GALFAN (Zn95Al5 – MM)

Γαλβάνισμα με κράμα ψευδαργύρου 95% - αλουμινίου 5% (Zn95Al5 Class A), κατά ΕΛΟΤ EN 10244 -2. Η πρόσφυση της επικάλυψης στο σύρμα ελέγχεται (ως ανωτέρω) κατά ΕΛΟΤ EN 10218 – 1.

Πίν. 4.6 - Ελάχιστες απαιτούμενες ποσότητες επίστρωσης Zn95Al5							
Φ Σύρματος (mm)	2,00	2,20	2,40	2,70	3,00	3,40	3,90
Ποσότητα κράματος Zn (g/m ²)	215	230	230	245	255	265	275

4.4.1.3 Επικάλυψη με XPE (αυτοσβεννόμενο τροποποιημένο πολυαιθυλένιο)

Για περαιτέρω προστασία το γαλβανισμένο σύρμα μπορεί να είναι πλαστικοποιημένο με XPE (αυτοσβεννόμενο τροποποιημένο πολυαιθυλένιο). Ο εφαρμοστέος τύπος συρματοπλέγματος συρματοκιβωτίων θα καθορίζεται από την μελέτη του έργου.

4.4.2 Σύρμα ραφής

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

Η ραφή των συρματοκιβωτίων θα γίνεται με δακτύλιους από γαλβανισμένο σύρμα διαμέτρου 3 mm τουλάχιστον και εφελκυστικής αντοχής 1.700 N/mm². Για την σύνδεση συρματοκιβωτίων με πλαστικοποιημένο σύρμα θα χρησιμοποιούνται ανοξείδωτα δαχτυλίδια.

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

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

4.4.3 Λίθοι πλήρωσης φατνών

Η εφαρμοστέα διαβάθμιση των λίθων πλήρωσης αποτελεί συνάρτηση των αναμενόμενων ταχυτήτων ροής.

Εάν δεν καθορίζεται διαφορετικά από την μελέτη έχουν εφαρμογή τα ακόλουθα:

Πίν. 4.7 - Διαβάθμιση λίθων πλήρωσης συρματοκιβωτίων					
Εφαρμογή	Υψος συρματο- Κιβωτίου (m)	Διάσταση λίθου		Κρίσιμη ταχύτητα (m/sec)	Οριακή ταχύτητα (m/sec)
		Διάμετρος (mm)	d ₅₀ (mm)		
Στρώμνη (τύπου Reno)	0,17	70-100	85	3,5	4,2
		70-150	110	4,2	4,5
	0,23	70-100	85	3,6	5,5
		70-150	120	4,5	6,1
	0,30	70-120	100	4,2	5,5
		100-150	125	5,0	6,4
Συρματοκιβώτια	0,50 και 1,00	100-200	150	5,8	7,6
		120-250	190	6,4	8,0

Το υλικό λιθοπλήρωσης των φατνών θα είναι ασβεστολιθικής προέλευσης ή από υγιές πέτρωμα, απαλλαγμένο από αργλικές προσμίξεις, εύθριπτα και σαθρά υλικά.

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

4.5 Συναρμολόγηση, τοποθέτηση και ανοχές

4.5.1 Γενικά

- Τα προς ενσωμάτωση στο έργο υλικά θα εκφορτώνονται στο εργοτάξιο μετά προσοχής, για την αποφυγή φθορών, στρεβλώσεων κ.λπ. ζημιών, και θα αποθηκεύονται σε προστατευμένο χώρο απόθεσης σε στοιβάσεις οι οποίες θα εξασφαλίζουν τα υλικά έναντι παραμορφώσεων και ρύπανσης.

Το συρματοπλέγμα θα παραδίδεται συσκευασμένο σε ρολά.

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

Το σύρμα ραφής θα παραδίδεται συσκευασμένο σε ρολά μέχρι 25 kg.

Όλα τα πακέτα θα φέρουν ετικέτες του εργοστασίου παραγωγής.

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

- Κατά την παραλαβή των υλικών στο εργοτάξιο, θα γίνεται οπτικός έλεγχος για να διαπιστωθεί η ακεραιότητά τους. Ο εντεταλμένος υπεύθυνος παραλαβής του υλικού, θα συντάσσει Πρωτόκολλο Παραλαβής, στο οποίο θα αναγράφονται τα στοιχεία των ετικετών του εργοστασίου κατασκευής (παρτίδα, βάρος, τύπος κ.λπ.).

Υλικά που παρουσιάζουν κακώσεις ή στρεβλώσεις δεν θα γίνονται αποδεκτά και θα απομακρύνονται αμέσως από το εργοτάξιο.

- Τα γαλβανισμένα υλικά θα συνοδεύονται από πιστοποιητικό αναγνωρισμένου εργοστηρίου, από το οποίο θα προκύπτει η συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις των προτύπων ΕΛΟΤ EN 10218-1 και ΕΛΟΤ EN 10223-2.

Το γαλβανισμένο συρματόπλεγμα, το γαλβανισμένο σύρμα ενίσχυσης και οι δακτύλιοι στερέωσης θα φέρουν σήμανση CE της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Για συρματόπλεγμα με άλλο τρόπο αντιδιαβρωτικής προστασίας, περαν του συμβατικού γαλβανίσματος, θα πρέπει να προσκομίζονται πιστοποιητικά του εργοστασίου κατασκευής προερχόμενα από αναγνωρισμένα εργαστήρια, από τα οποία να προκύπτουν τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του συστήματος προστασίας.

4.5.2 Κατασκευή συρματοκιβωτίων και στρωμών

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

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

Οι ακμές των εφαπτομένων εδρών του νέου κιβωτίου και του υποκείμενου του θα συρράπτονται ισχυρά κατά την παρ. 4.2.

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

4.5.3 Λιθοπλήρωση συρματοκιβωτίων και στρωμών

Αφού συρραφεί το κιβώτιο επακολουθεί επιμελημένη λιθοπλήρωση με χάλικες, κροκάλες ή λίθους, διαστάσεων σύμφωνα με το παρόν Πρότυπο ή με τα καθοριζόμενα από την 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.

Επιπροσθέτως το απαραμόρφωτο των κιβωτίων κατά την λιθοπλήρωση θα εξασφαλίζεται και με ελκυστήρες, οι οποίοι θα συνδέουν δύο απέναντι έδρες. Οι ελκυστήρες θα προσδένονται στην εφαπτόμενη 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, τανυζόμενο με μοχλούς.

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

4.5.4 Ανοχές

- Δειγματοληπτικός έλεγχος γεωμετρικής ακρίβειας κατασκευής συρματοκιβωτίων, σύμφωνα με τα σχέδια της εγκεκριμένης μελέτης. Ανοχές μεγαλύτερες των ± 10 cm δεν είναι αποδεκτές.
- Έλεγχος συρραφών συρματοκιβωτίων / συρματοκυλίνδρων, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο παρόν Πρότυπο. Κατασκευές με ανεπαρκείς συρραφές στοιχείων δεν γίνονται αποδεκτές.

4.6 Δοκιμές

Εάν κατά τις παρακάτω δοκιμές παρουσιασθεί αστοχία τα υλικά δεν θα γίνονται αποδεκτά.

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

Η υπηρεσία έχει την δυνατότητα να απαιτήσει την εκτέλεση των ακόλουθων δοκιμών στο εργοταξιακό εργαστήριο (ανά 1.500 m² συρματοπλέγματος και αντίστοιχου μήκους σύρματος ραφής και σύρματος ενίσχυσεων).

4.6.1.1 Δοκιμή στρέψεως

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

4.6.1.2 Δοκιμή ευκαμψίας

Κομμάτι σύρματος μήκους 200 mm πρέπει να αντέχει σε 10 συνεχείς κάμψεις κατά 180° χωρίς το επίστρωμα ψευδαργύρου να σπάει και να παρουσιάζει ρωγμές ή αποφλοιώση.

4.6.1.3 Δοκιμή πάχους γαλβανίσματος

Καθαρίζεται το σύρμα επιμελώς με οινόπνευμα, παρασκευάζεται διάλυμα 1:5 κατά βάρος θεικού χαλκού σε αποσταγμένο νερό. Στο διάλυμα εμβαπτίζονται: το σύρμα του συρματοπλέγματος 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.

4.6.2 Δοκιμές υλικού πλήρωσης φατνών.

Για την αποδοχή του υλικού πλήρωσης των φατνών απαιτείται εκτέλεση ελέγχων υγείας πετρώματος και υδατοαπορροφητικότητας ανά θέση (πηγή) λήψεως υλικού (Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 1925, ΕΛΟΤ EN 772-11).

4.7 Όροι και απαιτήσεις υγείας – ασφάλειας εργαζομένων και προστασίας περιβάλλοντος

4.7.1 Πηγές κινδύνου κατά την εκτέλεση των εργασιών

- Φορτοεκφορτώσεις βαρέων αντικειμένων (ρολών πλέγματος).
- Μεταφορά δια χειρός ή μηχανικών μέσων αντικειμένων μεγάλου βάρους.
- Χρήση εργαλείων κοπής ή ραφής σύρματος.
- Ολισθήσεις ασταθών πρανών, είτε κατά την διαμόρφωση τους, είτε κατά την φάση της επένδυσής τους.
- Πλημμελής χρήση μηχανικού εξοπλισμού κατά την πλήρωση των φατνών με λίθους.

4.7.2 Μέτρα υγιεινής – ασφάλειας

Εφαρμόζεται η οδηγία 92/57/ΕΕ, που αναφέρεται στις "Ελάχιστες Απαιτήσεις Υγείας και Ασφάλειας Προσωρινών και Κινητών Εργοταξίων" και ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία με το Π.Δ. 305/96 καθώς επίσης και η λοιπή Ελληνική Νομοθεσία στα θέματα υγείας και ασφάλειας (Π.Δ. 17/96 , Π.Δ. 159/99 κ.λπ.).

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

Υποχρεωτική επίσης είναι η χρήση μέσων ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής:

- Προστασία χεριών και βραχιόνων (ΜΑΠ σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 388)
- Προστασία κεφαλιού (ΜΑΠ σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 397)
- Προστασία ποδιών (ΜΑΠ σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN ISO 20345)
- Προστατευτική ενδυμασία (ΜΑΠ σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 863)

4.8 Τρόπος επιμέτρησης

Επιμετρώνται τα εξής δύο αντικείμενα εργασιών:

- Η προμήθεια του συρματοπλέγματος (ή των προκατασκευασμένων συρματοκιβωτίων), του σύρματος ή των δακτυλίων ραφής (σε τεμάχια) και του

σύρματος ενίσχυσης των ρόλων, η κοπή του σύρματος, η κατασκευή των φατνών, (ή η ανάπτυξη των προκατασκευασμένων φατνών), η τοποθέτηση τους στις προβλεπόμενες θέσεις, η συμπληρωματική ραφή μετά την πλήρωσή τους και η συρραφή με τα γειτονικά συρματοκιβώτια:

Επιμετρώνται σε χιλιόγραμμα αναπτύγματος κιβωτίου βάσει θεωρητικών διαστάσεων μελέτης και πινάκων ονομαστικού βάρους στοιχείων.

- Η πλήρωση των φατνών με λίθους λατομείου, διακρίνεται ανάλογα με την προέλευση των υλικών (λατομείου ή συλλεκτά)

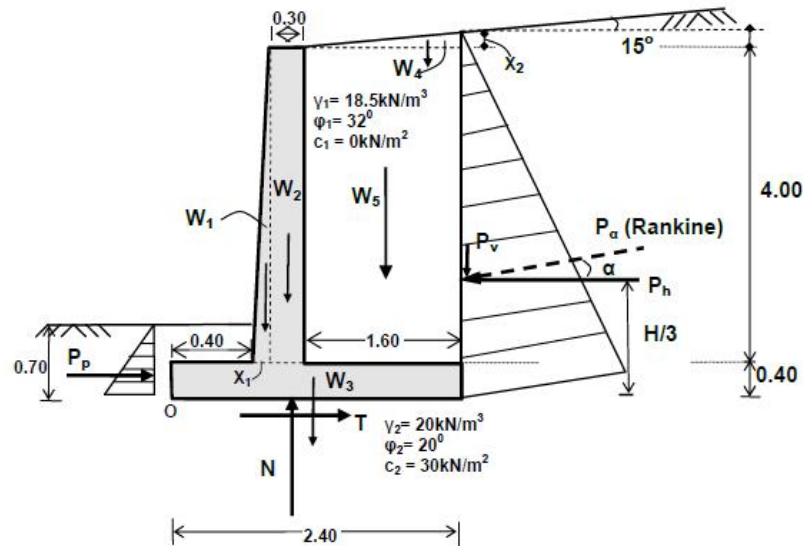
Επιμετράται σε κυβικά μέτρα (m^3) πληρωθέντος κιβωτίου ή κυλίνδρου. Δεν επιμετρούνται χωριστά, διότι είναι ενσωματωμένες, όλες οι αναγκαίες εργασίες, καθώς και τα πάσης φύσεως υλικά και εξοπλισμός, η εξασφάλιση και η κατανάλωση της ενέργειας, καθώς και άλλη συμπαραομαρτούσα δράση απαιτούμενη για την πλήρη και έντεχνη κατά τα ανωτέρω κατασκευή τους. Ειδικότερα ενδεικτικά αλλά όχι περιοριστικά, δεν επιμετρούνται χωριστά τα παρακάτω:

- Η προμήθεια, η μεταφορά επί τόπου του έργου, η αποθήκευση και οι πλάγιες μεταφορές όλων των ενσωματούμενων υλικών.
- Η φθορά και απομείωση των υλικών κατασκευής, συρραφής και ενίσχυσης των φατνών, καθώς και των λιθωδών υλικών πλήρωσης αυτών.
- Η προμήθεια των απαραίτητων αναλώσιμων ή μη υλικών
- Η μεταφορά και προσωρινή αποθήκευση τους στο έργο
- Η ενσωμάτωση ή η χρήση τους στο έργο
- Η φθορά και απομείωση των υλικών και η απόσβεση και οι σταλίες του εξοπλισμού
- Η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων για την εκτέλεση των εργασιών σύμφωνα με τους όρους της παρούσας Προδιαγραφής.
- Η συγκέντρωση των απορριμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν κατά την εκτέλεση των εργασιών και την μεταφορά τους προς οριστική απόθεση.
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων κλπ για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά) εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.

Για την επιμέτρηση της μεταφοράς των λιθορριπών πλήρωσεως έχουν εφαρμογή τα προβλεπόμενα στα συμβατικά τεύχη.

5 Επίλυση τοίχων αντιστήριξης από σκυρόδεμα και συρματοκιβώτια

5.1 Τοίχος αντιστήριξης από άοπλο σκυρόδεμα



Σχ. 5.1

5.1.1 Υπολογισμός λοιπών γεωμετρικών στοιχείων

$$x_1 = 2.40 - 0.40 - 0.30 - 1.60 = 0.10 \text{ m}$$

$$x_2 = \tan 15^\circ \cdot 1.60 = 0.43 \text{ m}$$

$$H_{oi} = 0.40 + 4.00 + 0.43 = 4.83 \text{ m}$$

5.1.2 Υπολογισμός P_a , P_v , P_h

Σημείωση: ο τοίχος θεωρείται απείρου μήκους, οπότε ο υπολογισμός γίνεται ανά μέτρο μήκους (του τοίχου).

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} = \frac{1 - \sin 32^\circ}{1 + \sin 32^\circ} = 0.307$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_1 H^2 K_a = \frac{1}{2} \cdot 18.5 \cdot 4.83^2 \cdot 0.307 = 66.3 \text{ kN/m}$$

$$P_v = \sin 15^\circ \cdot P_a = 17.16 \text{ kN/m}$$

$$P_h = \cos 15^\circ \cdot P_a = 64.04 \text{ kN/m}$$

5.1.3 Υπολογισμός P_p

Σημείωση: ο υπολογισμός της P_p γίνεται εφόσον απαιτείται έλεγχος ευστάθειας με θεώρηση της P_p .

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi_2}{1 - \sin \phi_2} = \frac{1 + \sin 20^\circ}{1 - \sin 20^\circ} = 2.04$$

$$P_p = \frac{1}{2} k_p g_2 h^2 + 2\sqrt{k_p c_2} h = \frac{1}{2} 2.04 \times 20 \times 0.7^2 + 2\sqrt{2.04} \times 30 \times 0.70 = 69.98 \text{ kN/m}$$

5.1.4 Υπολογισμός επί μέρους βαρών και μοχλοβραχιόνων ως προς το σημείο O

- Το ειδικό βάρος του άοπλου σκυροδέματος λαμβάνεται 24 kN/m^3
- Τα βάρη υπολογίζονται ανά μέτρο μήκους του τοίχου.

Πιν. 5.1				
Τμήμα	Εμβαδόν διατομής m^2/m	Βάρος kN/m	Μοχλοβραχίονας ως προς O M	Ροπή τμήματος kNm/m
1	$0.10 \times 4.00 / 2 = 0.2$	$0.2 \times 24 = 4.8$	$0.40 + 0.10 \times 2 / 3 = 0.47$	$4.8 \times 0.47 = 2.26$
2	$0.30 \times 4.00 = 1.2$	$1.2 \times 24 = 28.8$	$0.40 + 0.10 + 0.30 / 2 = 0.65$	$28.8 \times 0.65 = 18.72$
3	$2.40 \times 0.40 = 0.96$	$0.96 \times 24 = 23.04$	$2.40 / 2 = 1.20$	$23.04 \times 1.20 = 27.65$
4	$1.60 \times 0.43 / 2 = 0.344$	$0.344 \times 18.5 = 6.36$	$0.40 + 0.10 + 0.30 + 1.60 \times 2 / 3 = 1.87$	$6.36 \times 1.87 = 11.89$
5	$1.60 \times 4.00 = 6.4$	$6.4 \times 18.5 = 118.4$	$0.40 + 0.10 + 0.30 + 1.60 / 2 = 1.60$	$118.4 \times 1.60 = 189.44$
Σύνολα		$\Sigma W = 181.40$		$\Sigma M_w = 249.96$

5.1.5 Έλεγχος ολίσθησης

Συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης:

$$FS_{\text{OLISQSHS}} = \frac{\dot{a} F_{\text{eustáqeiaV}}}{\dot{a} F_{\text{olísqshV}}} = \frac{(\dot{a} W + P_v) \tan \phi_2 + B \times c_2 + P_p}{P_h} =$$

$$= \frac{(181.40 + 17.16) \tan 20^\circ + 2.40 \times 30 + 69.98}{64.04} = 3.35 > 1.5$$

5.1.6 Έλεγχος ανατροπής

Ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής:

$$FS_{\text{ANATROPHS}} = \frac{\dot{a} M_{\text{eustáqeiaV}}}{\dot{a} M_{\text{anatrophiV}}}$$

$$\dot{a} M_{\text{ANATROPHS}} = P_h \frac{H_{ol}}{3} = 64.04 \frac{4.83}{3} = 103.10 \text{ kNm/m}$$

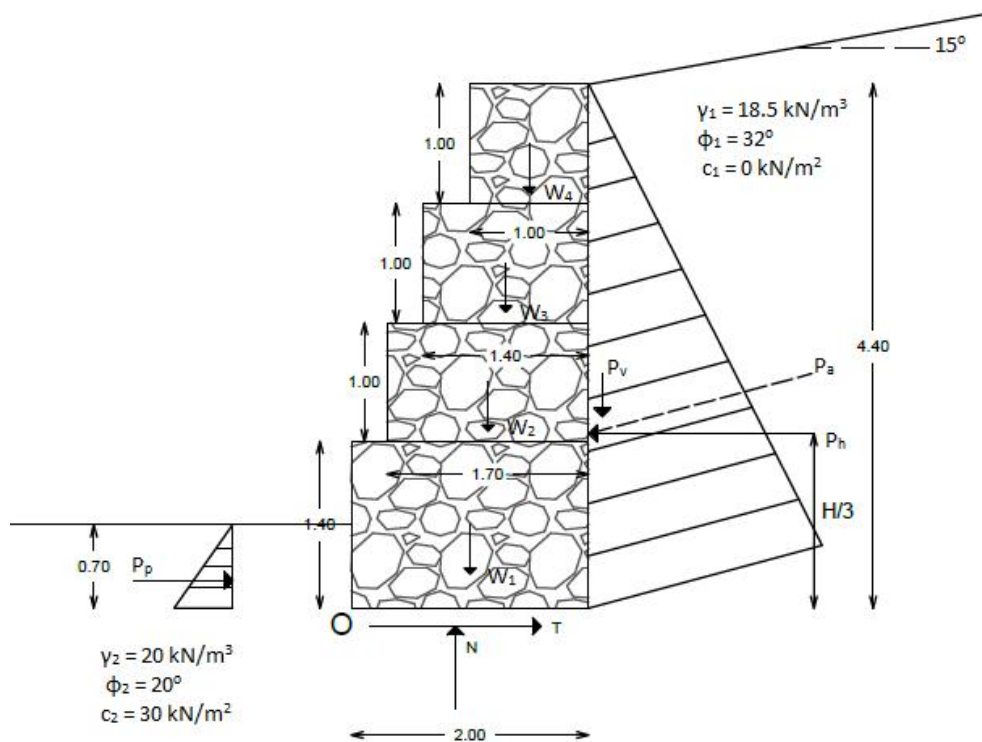
Και

$$\begin{aligned} \dot{a} M_{\text{EUSTAQUEIAS}} &= W_1 x_1 + W_2 x_2 + W_3 x_3 + W_4 x_4 + W_5 x_5 + P_v B = 249.96 + 17.16 \times 2.40 = \\ &= 291.14 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Οπότε:

$$FS_{\text{ANATROPHS}} = \frac{\dot{a} M_{\text{eustáqueiaV}}}{\dot{a} M_{\text{ol ísqhshV}}} = \frac{291.14}{103.10} = 2.82 > 2$$

5.2 Τοίχος αντιστήριξης από συρματοκιβώτια



Σχ. 5.2

5.2.1 Υπολογισμός P_a , P_v , P_h

Σημείωση: ο τοίχος θεωρείται απείρου μήκους, οπότε ο υπολογισμός γίνεται ανά μέτρο μήκους (του τοίχου). Ολόκληρος ο τοίχος θεωρούμε ότι είναι μονολιθικά συνδεδεμένος. Η κλίση του τοίχου θεωρείται μηδενική.

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} = \frac{1 - \sin 32^\circ}{1 + \sin 32^\circ} = 0.307$$

$$P_a = \frac{1}{2} g_1 H^2 K_a = \frac{1}{2} 18.5 \times 4.40^2 \times 0.307 = 55.0 \text{ kN/m}$$

$$P_v = \sin 15^\circ P_a = 14.24 \text{ kN/m}$$

$$P_h = \cos 15^\circ P_a = 53.13 \text{ kN/m}$$

5.2.2 Υπολογισμός P_p

Σημείωση: ο υπολογισμός της P_p γίνεται εφόσον απαιτείται έλεγχος ευστάθειας με θεώρηση της P_p .

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi_2}{1 - \sin \phi_2} = \frac{1 + \sin 20^\circ}{1 - \sin 20^\circ} = 2.04$$

$$P_p = \frac{1}{2} k_p g_2 h^2 + 2\sqrt{k_p c_2} h = \frac{1}{2} 2.04 \times 20 \times 0.7^2 + 2\sqrt{2.04} \times 30 \times 0.70 = 69.98 \text{ kN/m}$$

5.2.3 Υπολογισμός επί μέρους βαρών και μοχλοβραχιόνων ως προς το σημείο O

- Το ειδικό βάρος του υλικού πλήρωσης λαμβάνεται 16 kN/m^3
- Τα βάρη υπολογίζονται ανά μέτρο μήκους του τοίχου.

Πιν. 5.2				
Τμήμα	Εμβαδόν διατομής m^2/m	Βάρος kN/m	Μοχλοβραχίονας ως προς O M	Ροπή τμήματος kNm/m
1	$2.0 \times 1.4 = 2.8$	$2.8 \times 16 = 44.8$	$2.0/2 = 1.0$	$44.8 \times 1.0 = 44.80$
2	$1.7 \times 1.0 = 1.7$	$1.7 \times 16 = 27.2$	$(1.7/2) + 0.3 = 1.15$	$27.2 \times 1.15 = 31.28$
3	$1.4 \times 1.0 = 1.4$	$1.4 \times 16 = 22.4$	$(1.4/2) + 0.6 = 1.3$	$22.4 \times 1.3 = 29.12$
4	$1.0 \times 1.0 = 1.0$	$1.0 \times 16 = 16.0$	$(1.0/2) + 1.0 = 1.5$	$16.0 \times 1.5 = 24.00$
Σύνολα		$\Sigma W = 110.40$		$\Sigma M_w = 129.20$

5.2.4 Έλεγχος ολίσθησης

Συντελεστής ασφαλείας έναντι ολίσθησης:

$$FS_{\text{OLISQSHS}} = \frac{\overset{\circ}{a} F_{\text{eustáqeiaV}}}{\overset{\circ}{a} F_{\text{ol isqshV}}} = \frac{(\overset{\circ}{a} W + P_v) \tan \phi_2 + B \times c_2 + P_p}{P_h}$$

$$= \frac{(110.40 + 14.24) \tan 20^\circ + 2.00 \times 30 + 69.98}{53.13} = 3.30 > 1.5$$

5.2.5 Έλεγχος ανατροπής

Ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ανατροπής:

$$FS_{\text{ANATROPHS}} = \frac{\dot{a} M_{\text{eustaqeiaV}}}{\dot{a} M_{\text{anatrophiV}}}$$

$$\dot{a} M_{\text{ANATROPHS}} = P_h \frac{H_{\text{ol}}}{3} = 53.13 \frac{4.40}{3} = 77.92 \text{ kNm/m}$$

Και

$$\dot{a} M_{\text{EUSTAQUEIAS}} = W_1 x_1 + W_2 x_2 + W_3 x_3 + W_4 x_4 + P_v B = 129.20 + 14.24 \times 2.00 = 157.68 \text{ kNm/m}$$

Οπότε:

$$FS_{\text{ANATROPHS}} = \frac{\dot{a} M_{\text{eustaqeiaV}}}{\dot{a} M_{\text{ol isqshshV}}} = \frac{157.68}{77.92} = 2.02 > 2$$

5.3 Υπολογισμός κόστους των δύο διαφορετικών τοίχων αντιστήριξης (άοπλου σκυροδέματος – συρματοκιβωτίων)

Για να συμπεράνουμε ποιο είδος τοίχου είναι ωφέλιμο από οικονομο-τεχνικής πλευράς υπολογίζουμε ανάλογα με τα κυβικά του υλικού, το κόστος τους σύμφωνα με τα υπάρχοντα τιμολόγια από την παρασκευή σκυροδέματος (αφορούν τον τοίχο από άοπλο σκυρόδεμα) και την εξόρυξη συνήθους λίθου (αφορά τον τοίχο από συρματοκιβώτια).

- Το κόστος του σκυροδέματος είναι περίπου 65 €/ανά κυβικό μέτρο (m^3)
- Το κόστος του λίθου πλήρωσης των συρματοκιβωτίων είναι περίπου 25 €/ανά κυβικό μέτρο (m^3).

Υπολογισμός κόστους ανά τρέχον μέτρο μήκους:

Πιν. 5.3 - Κόστος τοίχους σκυροδέματος		
Τμήμα	Εμβαδόν διατομής m^2/m	€/ (m^2/m)
1	$0.10 \times 4.00 / 2 = 0.2$	$0.2 \times 65 = 13.0$
2	$0.30 \times 4.00 = 1.2$	$1.2 \times 65 = 78.0$
3	$2.40 \times 0.40 = 0.96$	$0.96 \times 65 = 62.4$
4	$1.60 \times 0.43 / 2 = 0.344$	$0.344 \times 65 = 22.4$
5	$1.60 \times 4.00 = 6.4$	$6.4 \times 65 = 416.0$
Σύνολα		$\Sigma = 591.8$

Πιν. 5.4 - Κόστος τοίχους συρματοκιβωτίων		
Τμήμα	Εμβαδόν διατομής m²/m	€/ (m²/m)
1	2.0*1.4=2.8	2.8*25=70.0
2	1.7*1.0=1.7	1.7*25=42.5
3	1.4*1.0=1.4	1.4*25=35.0
4	1.0*1.0=1.0	1.0*25=25.0
Σύνολα		Σ=172.5

Άρα από την άποψη της οικονομίας συμφέρει αναμφισβήτητα ο τοίχος από συρματοκιβώτια με **172.50 €/ m³** σε αντίθεση με τον τοίχο από σκυρόδεμα με κόστος **591.80 €/ m³**.

6 Αστοχία τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια

Παραθέτουμε τις παρακάτω εικόνες οι οποίες δείχνουν διάφορες περιπτώσεις αστοχίας πραγματικών τοίχων αντιστήριξης εδαφών από συρματοκιβώτια.



Εικ. 6.1



Εικ. 6.2



Еук. 6.3



Еук. 6.4



Ек. 6.5



Ек. 6.6



Ек. 6.7



Ек. 6.8



Етк. 6.9



Етк. 6.10

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. The stability of gabion walls for earth retaining structures - Mahyuddin Ramli, T.J.r. Karasu, Eethar Thanon Dawood - Alexandria Engineering Journal (2013) 52, 705–710
2. Designing with Gabions - Enviromesh – 01/02/07 Edition
3. Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή - Συρματοκιβώτια προστασίας κοίτης, πρανών και επιχωμάτων (Serasanetti) - ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-08-02-01-00:2009
4. Κατασκευές αντιστήριξης γαιών - Σημειώσεις Εδαφομηχανικής ΙΙ – Δρ. Ειρήνη Βγενοπούλου – Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ:

1. Panmetal saci (<http://www.panmetal.gr/>)
2. Αφοί Γεωργαντά ΕΠΕ (<http://www.georgantas.gr/proionta/plegmata/antiplimirika-plegmata-sarazaneti.html>)
3. Δημήτρης Τσομπίκος Gabion - Κατασκευή Συρματοκιβωτίων Ζαρζανέτια - Χωματουργικά. Designed by PlanTech (<http://www.gabion.gr/gabions.html>)
4. QSV Δ.Σακαρέλης Α.Ε. (<http://www.qsv.gr/>)
5. ΠΛΕΚΤΑΜ ΑΕ Συρματοουργία Κρήτης (<http://plektam.gr/el/>)
6. Αστοχία τοίχου αντιστήριξης από συρματοκιβώτια (<http://www.e-archimedes.gr/faq/item/4289->)
7. TEMKA Ε.Π.Ε. (<http://www.temkald.gr/ylikadimosionergon/gr/gabions/gabions.htm>)
8. Wikimedia Foundation, Inc. , Gabion from Wikipedia (<https://en.wikipedia.org/wiki/Gabion>)
9. Use of gabions in small hydraulic works, 2004 – Tricoli Dario – www.tricardi.it
10. Gravity Wall Systems Pty Ltd (<http://www.gravitywallsystems.com/gabion-retaining-walls/>)
11. Modular Gabion Systems – A Division of C. E. Shepherd Company (www.gabions.net)
12. <http://www.gabion1.com/retaining-wall-design.htm>
13. <https://gr.pinterest.com/pin/547328160933367738/>