

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΓΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ :

Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη

Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι.

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:

Δρόσου Άννα

Α.Μ.: 5641

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΓΗ Ή ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ

1.1 ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΓΗ (ΟΡΙΣΜΟΙ).....10
1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....15
 1.2.1 Διαμορφωτικά επιχώματα.....15
 1.2.2 Οδοποιητικά επιχώματα.....15
 1.2.3 Κρητιδώματα υδατορεμμάτων.....16
 1.2.4 Επιχώματα ως στοιχεία βαρύτητας για ασταθής κλίσεις.....16
1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....18
 1.3.1 Οπλισμοί.....18
 1.3.2 Γεωλικά.....23
 1.3.3 Επενδύσεις παρειάς.....24
 1.3.4 Τυπικοί συνδυασμοί ποιότητας υλικών επίχωσης, επενδύσεων και οπλισμού.....32
1.4 ΤΡΟΠΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ).....34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

2.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ.....35
 2.1.1 Κατασκευή οδοποιίας.....35
 2.1.2 Σιδηροδρομικές υποδομές.....36
 2.1.3 Γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή.....37
 2.1.4 Γειτονικές κατασκευές μεγάλου μεγέθους.....38
 2.1.5 Διερεύνηση δρόμων.....39
 2.1.6 Οπλισμένοι τοίχοι.....40
2.2 ΕΡΓΑ ΣΗΜΕΡΑ.....43
 2.2.1 Εγνατία οδός.....43
 i. Επίχωμα σε ποταμό στην περιοχή του Μετσόβου.....43
 ii. Χώρος στάθμευσης στην περιοχή Ελευθεροχώρι, Ιωάννινα.....49

Οπλισμένη Γή

2.2.2 Κατασκευή του πόδα αναχώματος στην περιοχή Άραχθος-Περιστέρι.....	51
2.2.3 Συντήρηση του επαρχιακού οδικού τμήματος Καλλιθέα-Λαμπίρι.....	53
2.2.4 Αποκατάσταση προβλημάτων εθνικής οδού Τρίπολη-Καλαμάτα.....	58
2.2.5 Δημοτικό Στάδιο Καλλιθέας, Αττική.....	59
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	61
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	62

*Η ιθαρώσα ιδιωματική εργασία είναι αφιερωμένη στους
γονείς μου Κωνίνο και Δήμητρα αλλά και στην αδελφή
μου Νάνου, που με στήριξαν και με στηρίζουν στα κινήμα-
τα των στόχων μου.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω την Εισηγήτρια και Επιβλέποντα καθηγήτρια μου Δρ. Βγενοπούλου Ειρήνη, Πολιτικό Μηχανικό, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το εν λόγω θέμα, για την συνεχή καθοδήγησή της και την υπομονή της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την φίλη της μητέρας μου Αγγελική Βλαχογιάννη για την πολύτιμη βοήθειά της στην Παπαχαραλάμπειος Δημόσια Κεντρική Βιβλιοθήκη Ναυπάκτου.

Τέλος ευχαριστώ όλους με βοήθησαν στην συλλογή πληροφοριών για αυτό εδώ το αποτέλεσμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιλαμβάνεται η παρουσίαση μεθόδων και εφαρμογών, καθώς και οι κατασκευαστικές οδηγίες σχεδιασμού και υλοποίησης οπλισμένης γης ή αλλιώς οπλισμένων επιχωμάτων. Μεταξύ άλλων, θα παρουσιαστούν οδηγίες για την ορθή χρήση της μεθόδου, των χρησιμοποιούμενων υλικών και των υπολοίπων συντελεστών ασφαλείας και αλληλεπίδρασης.

Τα παραπάνω θα έχουν ως αποτέλεσμα να κατανοηθούν πλήρως οι απαραίτητοι έλεγχοι ευστάθειας και λειτουργικότητας της οπλισμένης γης ή αλλιώς των επιχωμάτων αντιστήριξης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιστήμη και το επάγγελμα ενός Πολιτικού Μηχανικού έχει ένα ευρύ γνωστικό κλάδο όπως και το αντικείμενο εργασίας του. Κύρια όμως ενασχόληση του είναι ο τομέας της γεωτεχνικής μηχανικής εφόσον όλες οι εφαρμογές του έχουν ως έδραση το έδαφος και εν συνεχεία η μελέτη του εδάφους είναι πολύ σημαντική για την επίτευξη των στόχων του, οι όποιοι είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής των ατόμων αλλά και η ανάπτυξη της κοινωνίας μας. ([Wikipedia](#))

Γενικά το έδαφος χαρακτηρίζεται από την εδαφική υφή του και την εδαφική δομή του, εξ αυτών και η ταξινόμησή του. Έτσι έχουμε τα συνεκτικά (χημική διεργασία) εδάφη και τα κοκκώδη ή μη συνεκτικά εδάφη (φυσική διεργασία). Ανάλογα με την σύσταση του εδάφους διακρίνεται η διατμητική του αντοχή σε καθεστώς τριαξονικής θλίψης. Απεναντίας η διατμητική του αντοχή σε κατάσταση εφελκυσμού είναι αρκετά μικρή έως και μηδενική (τα λεγόμενα ψαθυρά εδάφη). Για την αντιμετώπιση αυτής της αδυναμίας του εδάφους υιοθετήθηκε η τεχνική της όπλισής του με πολυμερή υλικά, γνωστά ως γεωσυνθετικά. Έτσι όταν το έδαφος χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα γεωσυνθετικά υλικά δημιουργείται ένα νέο «υλικό», το οποίο αποκαλείται οπλισμένη γη και είναι σε θέση να αναλάβει θλιπτικές και εφελκύστηκες τάσεις. (ΟΑΣΠ ,2001)

Παρόλο που υπάρχει πλήθος εφαρμογών που σχετίζονται με την οπλισμένη γη και η τεχνολογία κατασκευής των οπλισμένων τοίχων ή επιχωμάτων είναι σε πολύ υψηλό επίπεδο, εντούτοις παρουσιάζεται μία μεγάλη διασπορά, σε παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά τις μεθοδολογίες και τους τρόπους υπολογισμού και ελέγχου σχετικά με την ευστάθεια τέτοιου είδους κατασκευών. Οι μεθοδολογίες αυτές, βασίζονται σε πρακτικές, σε συγγράμματα και σε ελάχιστες εθνικές οδηγίες και κανονισμούς, που παρουσιάζουν μεταξύ τους, τις περισσότερες φορές, μεγάλες αποκλείσεις, διαφορές ή ελλείψεις. Όλα αυτά, ενόψει της επικείμενης έκδοσης του EN, του Ευρωπαϊκού Προτύπου δηλαδή, που θα αφορά καθαρά το συγκεκριμένο ζήτημα. ([frank, etal, 2004](#))

Η Ελλάδα την τελευταία δεκαετία έχει να επιδείξει την μελέτη και κατασκευή πολλών έργων οπλισμένων επιχωμάτων, που θεωρούνται σημαντικότερα στον κατασκευαστικό κλάδο, εξαιτίας της τεχνικής τους δυσκολίας και των ιδιαίτερων γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους. Φυσικά, η χρονική εμπειρία από την συμπεριφορά των

επιχωμάτων στον Ελλαδικό χώρο, είναι ακόμη πολύ μικρή, ενώ η διαθέσιμη βιβλιογραφία ακόμη λιγότερη. (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2003 α)

Παρόλο που για τα Ελληνικά δεδομένα, η μελέτη, ο σχεδιασμός και η κατασκευή οπλισμένης γης με κλίσεις πρανών που φτάνουν έως τις 70° , είναι μία νέα εμπειρία, δεν μπορούμε να πούμε το ίδιο και για το εξωτερικό, αφού σε διεθνές επίπεδο η συγκεκριμένη πρακτική δεν αποτελεί καινοτομία ή ένα πρόσφατο απόκτημα. Φυσικά είναι γεγονός πως την τελευταία κυρίως δεκαετία έχει υπάρξει σημαντική ανάπτυξη αυτού τί είδους των γεωκατασκευών, ενώ την ίδια περίπου περίοδο έκαναν την εμφάνισή τους οδηγίες και σχετικοί κανονισμοί που έχουν άμεση σχέση με την άρτια κατασκευή και το σχεδιασμό των επιχωμάτων.

Το βασικό δεδομένο είναι το ότι δεν υπάρχει ένα σαφές και ενοποιημένο κανονιστικό πλαίσιο, που να αναλύει την ευστάθεια της οπλισμένης γης που κατασκευάζεται με την χρησιμοποίηση πολυμερικών υλικών όπλισης. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχει μεγάλη ποικιλία στον έλεγχο των συγκεκριμένων κατασκευών, όσον αφορά τους συντελεστές ασφαλείας τους και του τρόπου υπολογισμού τους.

Είναι λοιπόν απαραίτητο να παρατεθούν οι κυριότερες κανονιστικές οδηγίες κατασκευής και επιλογής των υλικών, που ισχύουν στις μέρες μας και που αφορούν την οπλισμένη γη, παίρνοντας σαν δεδομένο πως το πεδίο που αφορά το κομμάτι της κατασκευής καλύπτεται από κανονισμούς. Επίσης είναι αναγκαία η πρόταση μίας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας, που θα αφορά τον υπολογισμό της γης που οπλίζεται με την χρησιμοποίηση πολυμερικών οπλισμών, και που θα καλύπτει τις ανάγκες ανάλυσης της ευστάθειας της οπλισμένης γης, σε συνάρτηση με το πνεύμα των παρεμφερών διαθέσιμων διεθνών οδηγιών και κανονισμών. (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2003 α)

Οι πρόσφατες Αμερικανικές οδηγίες που αφορούσαν τον σχεδιασμό και την κατασκευή οπλισμένων επιχωμάτων – RSS και τοίχων οπλισμένου εδάφους – MSEW, αποτελούν αξιόπιστα εργαλεία στα χέρια του κατασκευαστή που θέλει να σχεδιάσει και να δημιουργήσει οπλισμένα επιχώματα. Υπάρχει λοιπόν ο γενικός όρος Reinforced Soil Slopes - RSS, που στην Ελληνική γλώσσα μεταφράζεται ως «οπλισμένο επίχωμα», και ορίζεται ως η κλίση των πρανών που δεν ξεπερνάει τις 70° . Από την άλλη μεριά, ο γενικός όρος Mechanically Stabilized Earth Walls - MSEW, αφορά τις γεωκατασκευές που στην Ελληνική γλώσσα είναι γνωστές ως «τοίχοι οπλισμένου εδάφους», με την κλίση

Οπλισμένη Γή

των πρανών να ξεπερνάει τις 70° και σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι ακόμη και κατακόρυφη. (ΟΑΣΠ,2001)

Οι παραπάνω οδηγίες είναι ουσιαστικά κανονιστικές διατάξεις που αφορούν τον σχεδιασμό και την κατασκευή έργων οπλισμένης γης τόσο στον ιδιωτικό, όσο και στον δημόσιο τομέα. Η αξιοπιστία αυτών των οδηγιών, έγκειται στο γεγονός της χρησιμοποίησής τους για τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός μεγάλου πλήθους τέτοιων έργων, τόσο στο εξωτερικό, όσο και στην Ελλάδα και που παρουσιάζουν εξαιρετική κατασκευαστική συμπεριφορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΓΗ Ή ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΩΜΑ

1.1. ΟΠΛΙΣΜΕΝΗ ΓΗ (ΟΡΙΣΜΟΙ)

Ως οπλισμένη γη ή αλλιώς οπλισμένο επίχωμα, ορίζεται κάθε είδους επίχωμα πολιτικού μηχανικού ή όπως είναι γνωστό στην διεθνή βιβλιογραφία Engineering Fill, που περιλαμβάνει οπλισμό οποιουδήποτε αποδεκτού τύπου, είτε στο σύνολο του ύψους του επιχώματος, είτε στην στέψη ή τοπικά στην βάση.

Η οπλισμένη γη αποτελεί γεωκατασκευή με κάποια ενσωματωμένα υλικά οπλισμού από χάλυβα ή γεωσυνθετικών υλικών, όπως για παράδειγμα τα μεταλλικά πλέγματα, οι μεταλλικές λωρίδες, τα γεωπλέγματα και τα γεωφάσματα, εντός των εδαφικών υλικών επίχωσης, ώστε να επιτευχθεί αντιστήριξη κατά την διάρκεια των κατασκευών των στρώσεων των επιχωμάτων. Η αντιστήριξη χρησιμοποιείται σε διάφορες περιπτώσεις, όπως θα δούμε και σε επόμενες ενότητες, όπως για παράδειγμα για την σταθεροποίηση εδαφών και την ευστάθεια πρανών. (PrEN 1997-2, 2004)

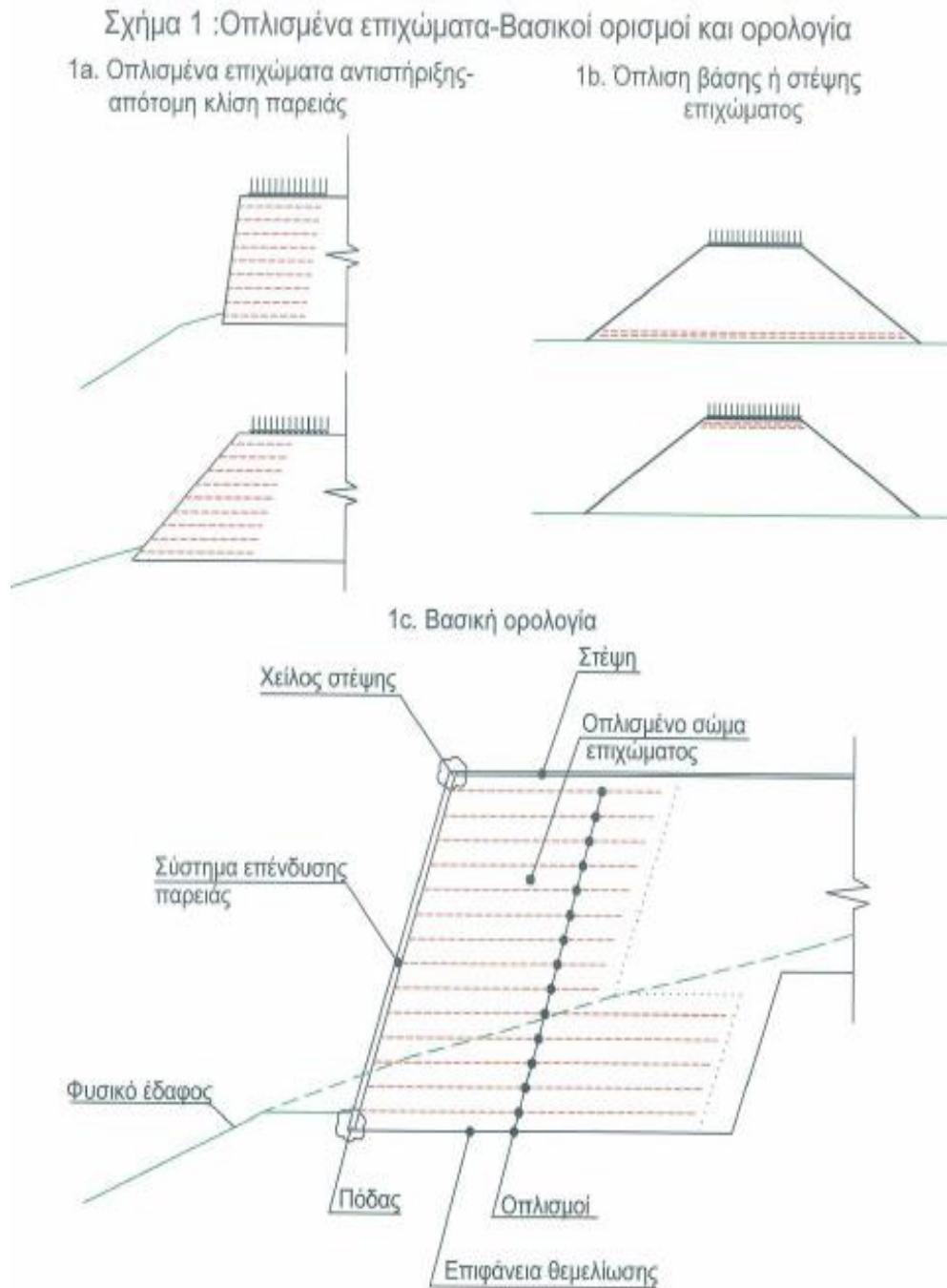
Τα επιχώματα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: (British Standar BS8006:1995)

- Στα οπλισμένα επιχώματα ήπιας κλίσης πρανών, που αφορούν την όπλιση στην στέψη ή στην θεμελίωση. Τέτοιες περιπτώσεις είναι όταν θέλουμε να αντιμετωπιστούν οι καθιζήσεις ή για την ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους.
- Στα οπλισμένα επιχώματα κατακόρυφης ή απότομης κλίσης πρανών, που δεν θα μπορούσαν να ευσταθήσουν χωρίς την ύπαρξη όπλισης. Τέτοιες περιπτώσεις είναι τα οπλισμένα επιχώματα αντιστήριξης ή όπως είναι γνωστά στην διεθνή βιβλιογραφία Retaining Structures.

Ακολουθεί το Σχήμα 1, όπου παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα οπλισμένων επιχωμάτων. Στο σχήμα 2, παρουσιάζεται μία επιπλέον διάκριση των οπλισμένων επιχωμάτων αντιστήριξης, αναλόγως της κλίσης των πρανών τους και πάντα βάσει των κανονισμών του EN 14475/2006. Τέλος στο σχήμα 3, παρατίθεται ένα εποπτικό

Οπλισμένη Γή

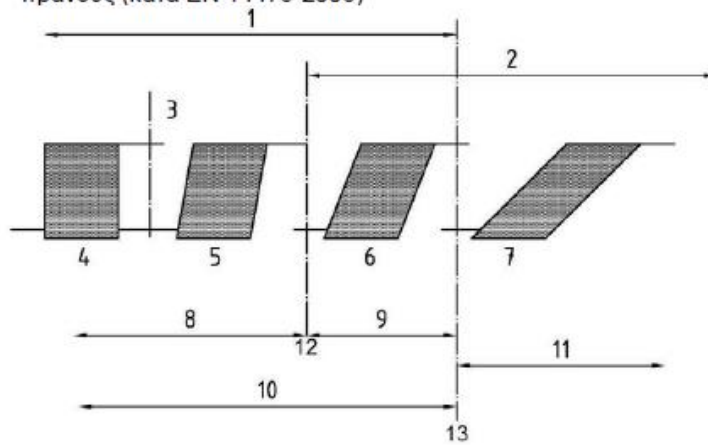
σκαρίφημα, που αφορά την σημαντική συνεισφορά της λειτουργίας του οπλισμού, όσον αφορά την κατασκευή και την ευστάθεια ενός οπλισμένου επιχώματος αντιστήριξης.



Εικόνα 1. Είδη οπλισμένων επιχωμάτων Πηγή: ΤΕΕ Αθήνας

Οπλισμένη Γή

Σχήμα 2: Διάκριση - ορολογία οπλισμένων επιχωμάτων αντιστήριξης σε σχέση με την κλίση πρανού (κατά EN 14475-2006)

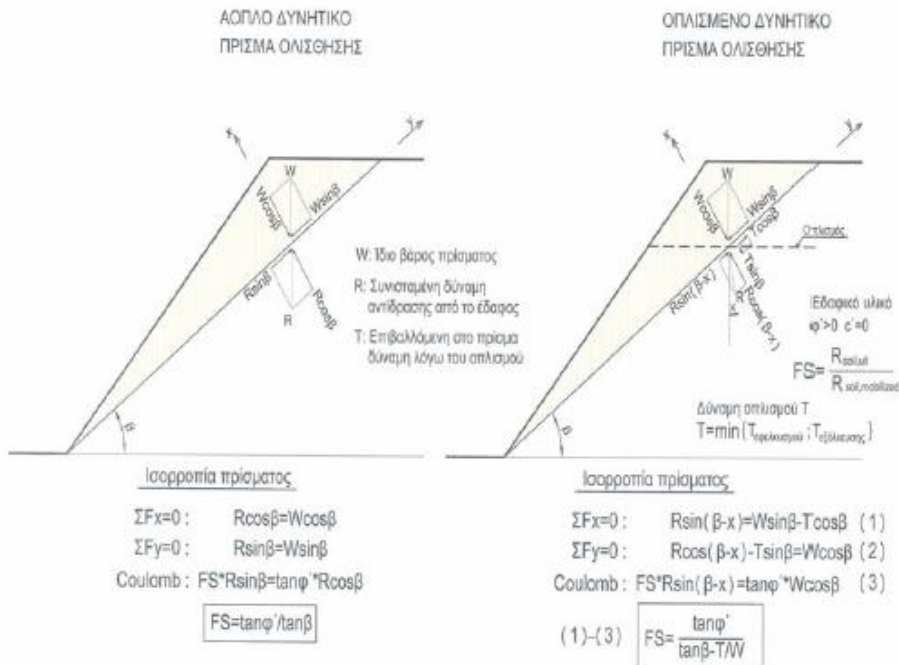


Key

- | | |
|------------------------------|--|
| 1 Earth retaining structures | 8 Some specific types of facings : panels, blocks, 1/2 elliptical steel units, gabions |
| 2 Reinforced slopes | 9 Specific types of sloping panel, eg for bulk storage |
| 3 Vertical | 10 Some common types of facings: planter units, wire mesh, wrapped around |
| 4 Vertical wall | 11 No facing, erosion protection may be required |
| 5 Battered wall | 12 Line of 4:1 face slope angle |
| 6 Inclined wall Steep slope | 13 Line of 1:1 face slope angle |
| 7 Shallow slope | |

Εικόνα 2. Διάκριση οπλισμένων επιχωμάτων αντιστήριξης Πηγή: ΤΕΕ Αθήνας

Σχήμα 3 :Βασική αρχή λειτουργίας οπλισμού επιχωμάτων αντιστήριξης



Συμπέρασμα : Ο συντελεστής ασφαλείας FS αυξάνεται με την αύξηση της δύναμης του σπλισμού T

Εικόνα 3. Λειτουργία οπλισμού επιχωμάτων αντιστήριξης Πηγή: ΤΕΕ Αθήνας

Οπλισμένη Γή

Το πρότυπο EN 14475/2006, αποτελεί τον βασικό και ισχύοντα κανονισμό του κατασκευαστικού κλάδου της Ελλάδος σχετικά με την οπλισμένη γη και υιοθετήθηκε αυτούσιο από τον ΕΛΟΤ, ως εθνικό πλέον κείμενο που αφορά την χώρα μας. Μέσω αυτού του προτύπου καλύπτονται διάφορες πλευρές του ζητήματος, όπως οι απαιτήσεις των υλικών, οι ορισμοί, οι ορολογίες, καθώς και οι βασικές οδηγίες εφαρμογής και ο τρόπος παρασκευής των οπλισμένων επιχωμάτων. (ΕΛΟΤ EN 14475,2006)

Αυτό που θεωρείται πολύ σημαντικό, είναι η έλλειψη κάλυψης των θεμάτων σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα των ελέγχων λειτουργικότητας και των ελέγχων ευστάθειας, κάτι που δεν καλύπτεται ούτε από τον διεθνή κανονισμό με την ονομασία «Ευρωκώδικας 7».

Υπάρχουν και άλλοι επιμέρους κανονισμοί και οδηγίες που αφορούν τις τιμές των συντελεστών ασφαλείας και την μεθοδολογία ελέγχου / ανάλυσης σχετικά με την οπλισμένη γη. Πιο συγκεκριμένα:

- Η Βρετανική οδηγία BS 8006 του 1995: Καλύπτει ζητήματα ελέγχου και κατασκευών οπλισμένων επιχωμάτων με την χρησιμοποίηση γεωσυνθετικών οπλισμών. Δεν καλύπτει όμως το ζήτημα ελέγχου ευστάθειας σε περίπτωση σεισμού.
- Η Γαλλική NFG 38064 του 1997: Ουσιαστικά αποτελεί προσχέδιο κανονισμού που καλύπτει ζητήματα οπλισμένων επιχωμάτων, με την χρησιμοποίηση γεωσυνθετικών οπλισμών.
- Η Γαλλική NFP 94-220 του 1998: Καλύπτει στον μεγαλύτερο βαθμό τα ζητήματα ελέγχου και κατασκευής της οπλισμένης γης. Στο εσωτερικό αυτού του κανονισμού, η οπλισμένη γη ορίζεται ως «οπλισμένο επίχωμα αντιστήριξης, κατακόρυφου προσανατολισμού χαλύβδινων οπλισμών και επένδυση παρειάς με πλάκες σκυροδέματος που έχουν προκατασκευαστεί». Είναι γεγονός πως η συγκεκριμένη τεχνολογία άρχισε να χρησιμοποιείται από το 1970 στην Γαλλία.
- Η οδηγία της Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Αυτοκινητοδρόμων των ΗΠΑ FHWA NHI 00043 του 2001: Βασιζόταν σε ένα κομμάτι της στις Γαλλικές οδηγίες και κάλυπτε θέματα ελέγχου και κατασκευής της οπλισμένης γης.

Βάσει του Ευρωκώδικα 7 και κατ' επέκταση του EN 14475, θα πρέπει να υπάρχει κατηγοριοποίηση της οπλισμένης γης, αναλόγως της περιπτώσεως, της σπουδαιότητάς της που απορρέει από τους λόγους αστοχίας και της προβλεπόμενης χρονικής διάρκειας

Οπλισμένη Γή

της ωφέλιμης χρήσης από τον σχεδιασμό. Η κατηγοριοποίηση αυτή, μπορεί να καταγραφεί με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση σε σχέση με την διάρκεια ωφέλιμης χρήσης και σπουδαιότητας

Διάρκεια ωφέλιμης χρήσης Κατηγορία	Κατηγορία Σπουδαιότητας		
	1 Περιορισμένες συνέπειες από αστοχία	2 Μέτριες συνέπειες από αστοχία	3 Σοβαρές συνέπειες από αστοχία
0 (2 έτη) Κατά την κατασκευή			
1 (10 έτη) Προσωρινό έργο			
2 (25 έτη) Αντικαταστάσιμα μέλη κατασκευής			
3 (25 έτη) Αγροτικές και δευτερεύουσες κατασκευές			
4 (50 έτη) Συνήθη δομικά έργα			
5 (100 έτη) Υψηλών απαιτήσεων έργα			

1.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Στην ενότητα αυτή, μπορούν να παρουσιαστούν ορισμένες συνηθισμένες εφαρμογές και μέθοδοι χρησιμοποίησης της οπλισμένης γης:

1.2.1 Διαμορφωτικά επιχώματα

- Επίπεδοι χώροι όπως οι αυλές και οι βαθμιδωτές κατασκευές, έναντι κατασκευών κλασσικών τοίχων στέψης με οπλισμένο σκυρόδεμα.

1.2.2 Οδοποιητικά επιχώματα

- Κυκλοφορούμενη οπλισμένη γη, προς αντικατάσταση τοίχων αντιστήριξης ποδός ή στέψης, στην περίπτωση που για την εφαρμογή της ήπιας κλίσης πρανών που απαιτούνται στα άοπλα επιχώματα, δεν διατίθεται το απαιτούμενο πλάτος. Παράδειγμα αυτής της περίπτωσης αποτελούν τα επιχώματα διαπλάτυνσης υφιστάμενων οδών ή τα νέα επιχώματα, που αφορούν περιορισμένο εύρος κατάληψης προς διάθεση.
- Κυκλοφορούμενη οπλισμένη γη, προς αντικατάσταση υψηλών τοίχων ποδός ή γεφυρωτικών έργων, στην περίπτωση απότομης εγκάρσιας κλίσης του φυσικού εδάφους. Παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι η γεωμετρικά και πρακτικά ανέφικτη εφαρμογή των ήπιων κλίσεων πρανών που είναι αναγκαία για τα άοπλα επιχώματα.
- Κυκλοφορούμενη οπλισμένη γη, που παρουσιάζει ήπια κλίση πρανών και οπλισμό στην στέψη και στην βάση, για περιπτώσεις όπως η ομογενοποίηση των συνθηκών έδρασης, ώστε να αποφευχθεί η διαφορική καθίζηση ή για την περίπτωση ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους.
- Κυκλοφορούμενη οπλισμένη γη, που παρουσιάζει ήπια κλίση πρανών και οπλισμό κάτω από την στάθμη της έδρασης του οδοστρώματος. Η συγκεκριμένη περίπτωση εμφανίζεται στην χρήση υλικού σώματος του επιχώματος που όμως μπορεί να παρουσιάσει παραμορφώσεις με την πάροδο του χρόνου. Παράδειγμα

αυτής της περίπτωσης αποτελεί η έντονη μεταβολή λόγω υγρασίας ή το φαινόμενο της παγοπληξίας.

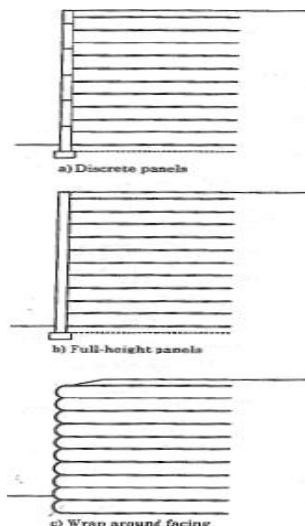
- Οπλισμένη γη γεφυρών, για περιπτώσεις αντικατάστασης των βάθρων ή των τοιχών αντεπιστροφής.
- Ηχητικά φράγματα, όπως το ηχώπλασμα με χρησιμοποίηση οπλισμένης γης απότομης κλίσης, σε περιπτώσεις όπως οι φυτεύσιμες σπονδυλωτές δομές των επενδυτικών συστημάτων. (PEN ISO10318,2001)

1.2.3 Κρηπιδώματα υδατορευμάτων

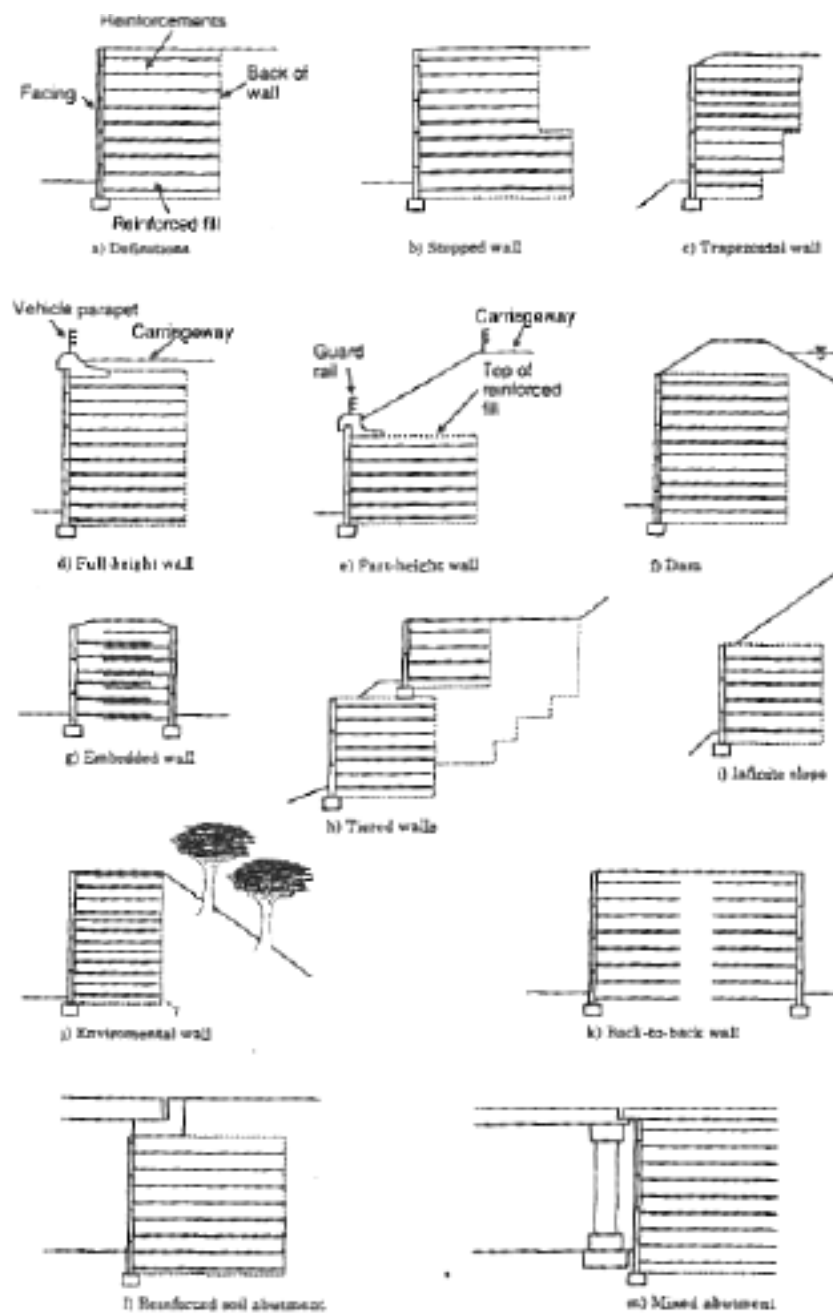
- Επενδύσεις όχθων υδατορευμάτων, με όπλιση απότομης κλίσης.
- Οπλισμένα κατακόρυφα κρηπιδώματα που αφορούν λιμενικά έργα.

1.2.4 Επιχώματα ως στοιχεία βαρύτητας για ασταθής κλίσεις ορυγμάτων ή φυσικού εδάφους

- Η κατηγορία περιλαμβάνει αντίβαρα απότομης κλίσης για επικίνδυνες περιοχές προς κατολίσθηση ή ήδη κατολισθαίνουσες περιοχές. Παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι η δημιουργία μίας τεχνητής βαθμίδας στην στέψη του επιχώματος, ώστε να παρέχεται στον καταντή χώρο, πρόσθετη παθητική προστασία.



Εικόνα 4. Τύποι επιφανειακής κάλυψης έργων αντιστήριξης οπλισμένης γης



Εικόνα 5. Περιπτώσεις έργων αντιστήριξης οπλισμένης γης

1.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1.3.1. Οπλισμοί

Οι οπλισμοί μπορεί να προέρχονται από πολυμερικά υλικά ή από χάλυβα. Τοποθετούνται κατά την διάρκεια της ανέγερσης του επιχώματος, σε διαδοχικά οριζόντια επίπεδα, ενώ ταυτόχρονα συνδέονται με το σύστημα επένδυσης της παρειάς. Στην περίπτωση χρησιμοποίησης πολυμερικών οπλισμών, τότε η διαδικασία αλλάζει ελαφρώς, αφού ακολουθείται η ελαφριά τάνιση και η προσωρινή στερέωση του πίσω άκρου τους, επί της εκάστοτε συμπυκνωμένης επιφάνειας επίχωσης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται πρώτου να τοποθετηθούν και να διαστρωθούν οι επόμενες στρώσεις υλικών επιχωμάτων.

Τα πολυμερικά υλικά που χρησιμοποιούνται ως οπλισμοί, όπως είναι για παράδειγμα τα πολυμερικά φύλλα, οι πολυμερικές λωρίδες και τα πολυμερικά γεωπλέγματα, εμφανίζουν πολυαιθυλενική ή πολυεστερική σύσταση, αλλά χωρίς να μιλάμε για κάτι το απόλυτο, αφού κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλοι τύποι συστάσεων. Άλλωστε, σε προσωρινές και ερευνητικές κατασκευές του παρελθόντος έχουν χρησιμοποιηθεί οπλισμοί από ίνες τύπου Carbon Fiber.

Φυσικά, στους πολυμερικούς οπλισμούς θα πρέπει να τηρούνται ορισμένα χαρακτηριστικά μηχανικής αντοχής και να ισχύουν κάποιες τιμές, σε συνάρτηση με τις επικρατούσες συνθήκες περιβάλλοντος, θερμοκρασίας και τοποθέτησης. Αυτό είναι αντίστοιχο είτε σε περιπτώσεις ταχείας φόρτισης, είτε αργής φόρτισης σε ισοδυναμία με την ωφέλιμη διάρκεια ζωής της οπλισμένης γης. Εναλλακτικά μιλάμε για το όριο αντοχής σε ερπυσμό.

Εφόσον δίνεται η γωνία τριβής του υλικού που χρησιμοποιείται για την επίχωση, θα πρέπει να δίνονται και οι τιμές παραμέτρων που έχουν συνάφεια με τον υπολογισμό των συντελεστών τριβής σε εξόλκευση. Τέλος, θα πρέπει να δίνονται οι τιμές που παρουσιάζουν οι παραμορφώσεις, σε διάφορες τιμές του εφελκυστικού φορτίου, σε συνάρτηση με την διάρκεια της φόρτισης. Εναλλακτικά μιλάμε για ισόχρονες καμπύλες παραμόρφωσης – τάσης.

Για τους πολυμερικούς οπλισμούς υπάρχουν κάποιες σχετικές προδιαγραφές, πάντα βάσει του EN 14475/2006. Πιο συγκεκριμένα:

- EN 12224
- EN 12225
- EN 13251
- EN ISO 13431
- EN ISO 12957
- ENV ISO 10722

Από την άλλη μεριά, υπάρχουν οι χαλύβδινοι οπλισμοί, όπως τα χαλύβδινα πλέγματα, οι χαλύβδινες λωρίδες και οι ράβδοι. Αυτοί οι οπλισμοί, αναλόγως του τύπου τους και των απαιτήσεων της διάρκειας χρήσης, είναι γαλβανισμένοι. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται συρματοπλέγματα όπλισης, συνίσταται η προστασία με επικάλυψη PVC και γαλβάνιση με κράμα Zn95Al5.

Γενικά, δεν συνίσταται να χρησιμοποιούνται σε μόνιμες κατασκευές κράματα αλουμινίου και ανοξείδωτοι χάλυβες. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε πολύ ειδικές περιπτώσεις και να εγκαθίστανται έπειτα από ειδικές μελέτες.

Συνίσταται επίσης, για την αντοχή σε εφελκυσμό έναντι της θραύσης του χάλυβα, να δίνονται για τους χαλύβδινους οπλισμούς τα χαρακτηριστικά της μηχανικής αντοχής. Εφόσον δίνεται η γωνία τριβής του υλικού που χρησιμοποιείται για την επίχωση, θα πρέπει να δίνονται και οι επιμέρους παράμετροι που αφορούν τον υπολογισμό των συντελεστών τριβής του οπλισμού που τελεί υπό εξόλκευση.

Για τους χαλύβδινους οπλισμούς υπάρχουν κάποιες προδιαγραφές και πάλι βάσει του EN 14475/2006:

- EN 10025
- EN 10080
- EN 10218
- EN 10223
- EN 10244
- EN 10326
- EN ISO 1461

Οι έλεγχοι ευστάθειας προσφέρουν το τελικό μήκος των οπλισμών. Οι Γαλλικές οδηγίες αναφέρουν πως το ελάχιστο μήκος ορίζεται ως $L > 0.4H_m$ στον πόδα ή μέσω $L > 0.4H_m$ για κατακόρυφη παρειά.

Οπλισμένη Γή

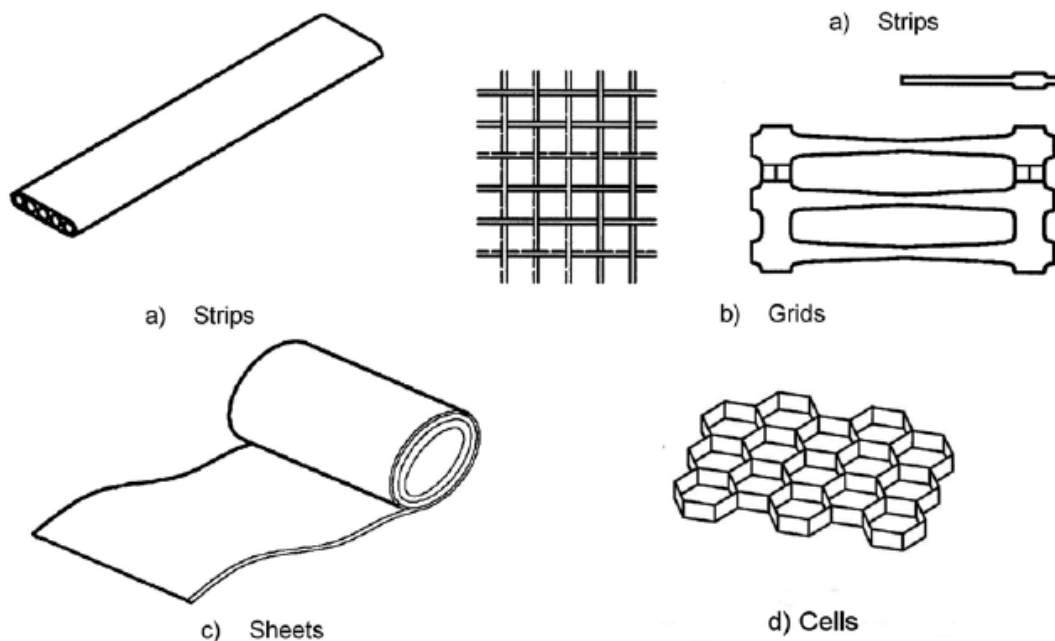
H_m = Στατικό ύψος οπλισμένου επιχώματος.

Ως προς το μήκος των οπλισμών, ο σχεδιασμός καθ ύψος θα πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε εν τέλει να σχηματίζεται ένα γεωμετρικά κανονικό οπλισμένο πρίσμα. Εξ ορισμού, οι αλλαγές μήκους μεταξύ γειτονικών οπλισμών, δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν την σχέση $\Delta L = 0.15H_m$.

Εφόσον επιτρέπεται από το οπίσθιο άοπλο τμήμα και το έδαφος θεμελίωσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγάλη προσοχή μικρά μήκη οπλισμού. Για παράδειγμα, το άοπλο τμήμα να έχει ένα πολύ καλά συμπηκνωμένο υλικό επιχώματος ή να αποτελείται από φυσικό υλικό πρανούς, που να μην μεταβιβάζει την οριζόντια ώθηση και από το έδαφος θεμελίωσης να διατίθεται υψηλή φέρουσα ικανότητα.

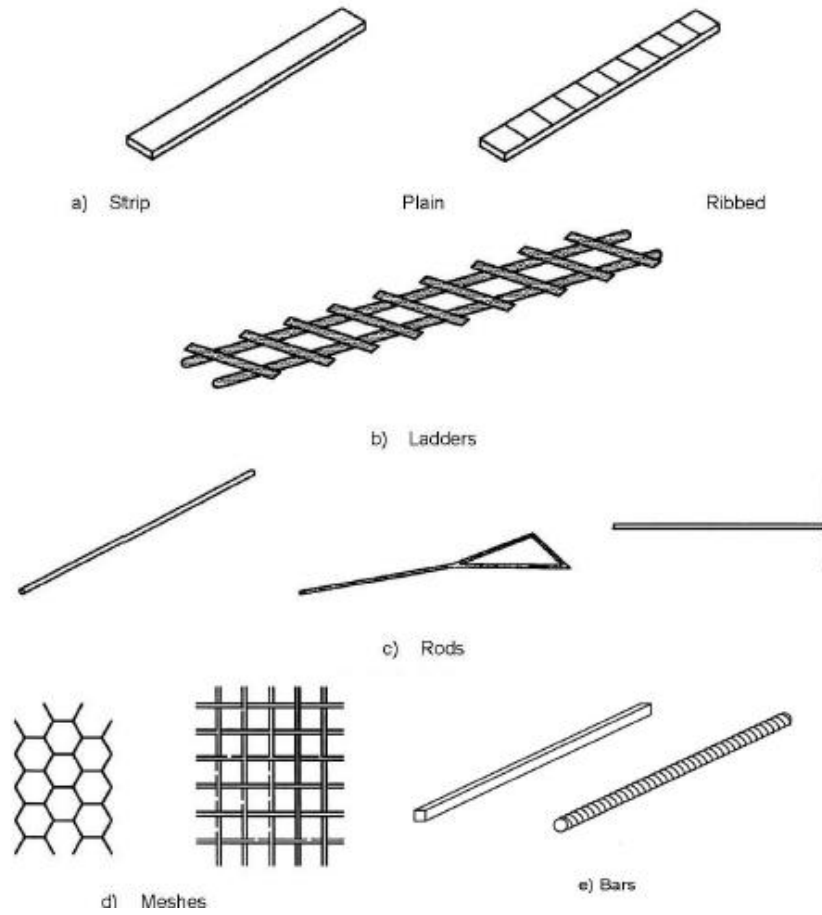
Επίσης, βάσει πάντα των Γαλλικών οδηγιών, συνίσταται οι διαδοχικές στρώσεις οπλισμού να απέχουν καθ ύψος περισσότερο από 0.80 m ή λιγότερο από 0.20 m, για να διατηρείται η ομογενής συμπεριφορά του οπλισμένου σώματος του επιχώματος.

Υπάρχουν διάφορες μορφές και τύπου οπλισμών, όπως για παράδειγμα αυτοί που καταγράφονται παρακάτω:



Εικόνα 6. Ορισμένα τυπικά είδη πολυμερικών οπλισμών

Οπλισμένη Γή



Εικόνα 7. Ορισμένα τυπικά είδη χαλύβδινων οπλισμών

Οπλισμένη Γή

Πίνακας 2. Παράδειγμα προδιαγραφόμενων τιμών για παραμέτρους υλικών οπλισμένου επιχώματος με πολυμερικούς οπλισμούς

1. Φορτίσεις		Μονάδες	Τιμές	
Ίδιο βάρος οπλισμένου επιχώματος	γ_1	kN/m^3	21,5	
Συντελεστής πίεσης νερού πόρων εντός του οπλισμένου επιχώματος	$\max \Gamma_u$		0,05	
Μόνιμη δυσμενής επιφόρτιση	$\max Q_1$	kN/m^2		
Μεταβλητή επιφόρτιση επί του οπλισμένου επιχώματος (κινητό)	$\max q$	kN/m^2	20	
Οριζόντια Σεισμική επιτάχυνση	$\max \alpha_h$		0,14	
Κατακόρυφη Σεισμική επιτάχυνση	$\max \alpha_v$		0	
2. Γεωυλικά				
Οπλισμένο Επίχωμα : Θραυστά κοκκώδη υλικά E4 (Διάσταση κόκκων <80mm), 3<PH<10 Μέγιστο πάχος στρώσης συμπίκνωσης :25cm , Β.Σ. 95% κατά AASHO T-180D				
Χαρακτηριστική Ενεργός γωνία τριβής οπλισμένου επιχώματος :	$\min \varphi'_{1k}$	Deg	36,0	
Χαρακτηριστική Ενεργός συνοχή οπλισμένου επιχώματος :	$\min c'_{1k}$	kN/m^2	0	
Χαρακτηριστική Ενεργός γωνία τριβής όπισθεν εδάφους	φ'_{2k}	Deg	38,0	
Χαρακτηριστική Ενεργός συνοχή όπισθεν εδάφους	c'_{2k}	kN/m^2	0	
Χαρακτηριστική Αστράγγιστη συνοχή όπισθεν εδάφους	c_{u2k}	kN/m^2		
Φαινόμενο βάρος όπισθεν εδάφους	γ_2	kN/m^3	21,5	
Χαρακτηριστική Ενεργός γωνία τριβής εδάφους θεμελίωσης	φ'_{fk}	Deg	38,0	
Χαρακτηριστική Ενεργός συνοχή εδάφους θεμελίωσης	c'_{fk}	kN/m^2	0	
Χαρακτηριστική Αστράγγιστη συνοχή εδάφους θεμελίωσης	c_{ufk}	kN/m^2		
Φαινόμενο βάρος εδάφους θεμελίωσης	γ_f	kN/m^3	21,5	
3. Γεωπλέγματα		Τύποι :	80	120
Είδος : Μονοαξονικά, απο Πολυμερικό Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας HDPE ή πολυεστερικά, υψηλής αντοχής έναντι βιολογικής δράσης, αδρανή σε χημικές ουσίες και προστατευμένα έναντι UV ακτινοβολίας με σταθεροποιητή carbon black				
Εφελκυστική χαρακτηριστική αντοχή σε ταχεία φόρτιση (Short term, ISO 10319,2602)				
	$\min T_{k,uLt,short}$	kN/m	88,0	136,0
max Παραμόρφωση στην $T_{k,uLt,short}$ (Short term, ISO 10319)	$\max \epsilon_{k,pic}$	%	11,5	11,4
Εφελκυστική χαρακτηριστική αντοχή σε βραδεία φόρτιση t=120 ετών υπό 20 °C (Long term, BS 6906,ASTM 5262)	$T_{k,uLt,120}$	kN/m	34,2	49,0
Συντελεστής μείωσης έναντι αποκλίσεων της παραγωγής	f_{m11}		1,02	1,03
Συντελεστής μείωσης λόγω χρονικής προέκτασης Δεδομένων	f_{m12}		1,03	1,04
Συντελεστής μείωσης παραγωγής - προέκτ. Δεδομένων	$f_m = f_{m11} * f_{m12}$		1,05	1,07
Ακτινικό Μέτρο Παραμόρφωσης σε εφελκυσμό $J_k = T_k / \epsilon_k$				
Short Term J_k για $\epsilon_k=2\%$:	$\min J_{k,2\%}$	kN/m	1.185	1.900
Short Term J_k για $\epsilon_k=5\%$:	$\min J_{k,5\%}$	kN/m	904	1.510
Loading t=1000 hours 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=15\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{15,1000h}$	%	2,8	2,6
Loading t=1000 hours 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=25\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{25,1000h}$	%	5,0	4,8
Loading t=1000 hours 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=35\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{35,1000h}$	%	7,5	7,7
Loading t=1000 hours 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=40\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{40,1000h}$	%	8,9	9,8
Loading t=120 years 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=15\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{15,120y}$	%	3,3	3,1
Loading t=120 years 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=25\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{25,120y}$	%	5,8	5,8
Loading t=120 years 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=35\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{35,120y}$	%	9,0	9,7
Loading t=120 years 20°C Παραμόρφωση ϵ_k για $T_{mob}=40\% * T_{k,ult}$:	$\max \epsilon_{40,120y}$	%		
4. Παράμετροι αλληλεπίδρασης				
Φθορά γεωπλέγματος λόγω συνθηκών τοποθέτησης	$f_d = f_{m21}$		1,15	1,10
Φθορά γεωπλέγματος λόγω συνθηκών τοποθέτησης (short term)	$f_d = f_{m22}$		1,00	1,00
Τελική Ασφαλής Εφελκυστική χαρακτηριστική αντοχή σε ταχεία φόρτιση: $T_{fk,uLt,short} = T_{k,uLt,short} / (f_d * f_e)$	$\min T_{fk,uLt,short}$	kN/m	76,5	123,6
Τελική Ασφαλής Εφελκυστική χαρακτηριστική αντοχή σε βραδεία φόρτιση t=120 ετών υπό 20 °C : $T_{fk,uLt,120} = T_{k,uLt,120} / (f_m * f_d * f_e)$	$\min T_{fk,uLt,120}$	kN/m	28,3	41,6
Λόγος τριβής (για το επιλεγθέν υλικό) $f_{ds} = \tan \varphi'_{gsk} / \tan \varphi'_{1k}$	$\min f_{ds}$		0,90	0,85
Συντελεστής τριβής με f_{ds} των υλικών, TEE, Αθήνα, 11 Ιανουαρίου, 2007	$\min \mu^*$		0,65	0,62 ^δ

1.3.2. Γεωυλικά

Για να κατασκευαστεί οπλισμένη γη, θεωρούνται κατάλληλα όλα τα γεωυλικά, που χρησιμοποιούνται και στην περίπτωση των άοπλων επιχωμάτων. Θεωρείται πλέον σημαντικό ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται υδατοδιαλυτά, οργανικά ή διογκούμενα γεωυλικά.

Γενικά συνίστανται κοκκώδη ή μικτής κοκκομετρικής διαβάθμισης γεωυλικά, αναλόγως των απαιτήσεων χρήσης και σχεδιασμού της οπλισμένης γης. Από το είδος των χρησιμοποιούμενων οπλισμών (για να μην καταστρέφονται κατά την τοποθέτησή τους), και από το καθορισμένο μέγιστο πάχος στρώσης του υλικού προς συμπίκνωση, εξαρτάται η μορφή και η μέγιστη διάσταση των κόκκων του υλικού, σε σχέση πάντα με την προέλευσή του και την ορυκτολογική του σύσταση.

Είναι απαραίτητο, κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των γεωυλικών, όπως είναι για παράδειγμα η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, τα θειϊκά και τα χλωροϊόντα, να βρίσκονται εντός των ανεκτών ορίων. Αυτό συμβαίνει επειδή οι οπλισμοί είναι χαλύβδινοι. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του υλικού του οπλισμού, θα πρέπει ο βαθμός οξύτητας – pH να μην παίρνει ακραίες τιμές, όταν αναφερόμαστε σε πολυμερικής σύστασης οπλισμούς. (NF P94-220, 1992)

Πέραν των όσων προηγήθηκαν, θα πρέπει να ελέγχονται κατά την κατασκευή τα παρακάτω:

- Το Y_k = Φερόμενο βάρος του υλικού.
- Το Φ_k = Χαρακτηριστικά διατμητικής αντοχής.
- Οι παράμετροι συμπίκνωσης – διάστρωσης (βέλτιστη υγρασία, πάχος στρώσης, βέλτιστη πυκνότητα συμπίκνωσης).

Οπλισμένη Γή

Πίνακας 3. Ηλεκτροχημικές ιδιότητες γαιωλικών επίχωσης (περίπτωση χαλόβδινων οπλισμών)

STEEL REINFORCEMENTS				Strips,				Welded meshes, ladders, rods		Woven wire meshes		
Criteria based on corrosivity				Non-coated "black" steel	Continuously hot-dip galvanised (35 µm)	Hot dip galvanised (70 µm)	Zinc/Aluminium coated (Zn85Al15, thermal spray coated 70 µm)	Non coated black steel	Hot dip galvanised (70µm)	Zinc/Aluminium coated (Zn85Al15, hot dip coated 35µm)	Zinc/Aluminium coated (Zn85Al15, hot dip coated 35µm) + polymer coated (PVC/U or PE, 0.5 mm)	
Notes												
Commonly used sizes				3 to 6 mm	3 mm thick	4 to 6 mm thick		bars Ø8 to 12 mm	mm to	Wire φ 2 mm to 3 mm		
Usual field of application – Class of structure (related to design life)				(1) Class 3 or 4	Class 4	Class 4 or 5	Class 4 or 5	Class 4	Class 4 or 5	Class 1	Class 4 for steep slopes up to 70°	
Electro-chemical characteristics compatible with routine design				(2)								
ENVIRONMENT	Land based, out of water	pH	(3)	5 to 10	5 to 10	5 to 10	A (9)	5 to 10	5 to 10	5 to 10	3 to 10	
		Resistivity Ω cm	(4)	> 1 000	> 1 000	> 1 000		> 1 000	> 1 000	> 1 000	B (7)	
		Chlorides Cl	(5)	< 200	< 200	< 200		< 200	< 200	< 200		
		Sulfates SO ₄	(6)	< 1 000	< 1 000	< 1 000		< 1 000	< 1 000	< 1 000		
	In fresh water (8)	pH	(3)	5 to 10	5 to 10	5 to 10	A (9)	5 to 10	5 to 10	5 to 10	3 to 10	
		Resistivity Ω cm	(4)	> 3 000	> 3 000	> 3 000		> 3 000	> 3 000	> 3 000	B (7)	
		Chlorides Cl	(5)	< 100	< 100	< 100		< 100	< 100	< 100		
		Sulfates SO ₄	(6)	< 500	< 500	< 500		< 500	< 500	< 500		
Non-routine, unusual design												
ENVIRONMENT	Marine environment, or fill of marine origin			Specific study required. Thicker strips or larger bars generally needed				pH 5 to 10 No other requirement	Specific study required. Larger bars generally needed		C	Specific study required
	Industrial waste fills, & environments of high aggressivity			Specific study required					Specific study required			Specific study required

Key :  Material not normally used  Test not relevant  Material not normally applicable

1.3.3. Επενδύσεις παρειάς

Η παρειά που βρίσκεται εντός της οπλισμένης γης, μπορεί να επενδυθεί με παραπάνω από έναν τρόπους, αναλόγως της χρήσης του έργου, των εκάστοτε απαιτήσεων του περιβάλλοντος και της κλίσης. Υπάρχει φυσικά μία ελάχιστη απαίτηση, αφού για την προβλεπόμενη διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του έργου, η παρειά θα πρέπει να προστατεύεται από τα υλικά της επένδυσης έναντι της διάβρωσης. Ο τύπος της επένδυσης θα πρέπει να παρουσιάζει την απαραίτητη αντοχή, αναλόγως της περιπτώσεως. Επίσης, θα πρέπει να υλοποιείται με μεγαλύτερη ακρίβεια και από τις επιτρεπόμενες κατασκευαστικές αντοχές.

Οπλισμένη Γή

Κατά την διάρκεια της ωφέλιμης χρήσης του έργου, το σύστημα επένδυσης θα πρέπει να μπορεί να μένει ανεπηρέαστο από τις αναμενόμενες διαφορικές καθιζήσεις. (FitWA-NHI-00043, 2001)

Οι αρμοί και τα ανοίγματα του συστήματος επένδυσης, θα πρέπει να προστατεύονται με την κατάλληλη μέθοδο, απέναντι στο ενδεχόμενο διαρροής του υλικού του επιχώματος, μέσω αυτού (του συστήματος επένδυσης).

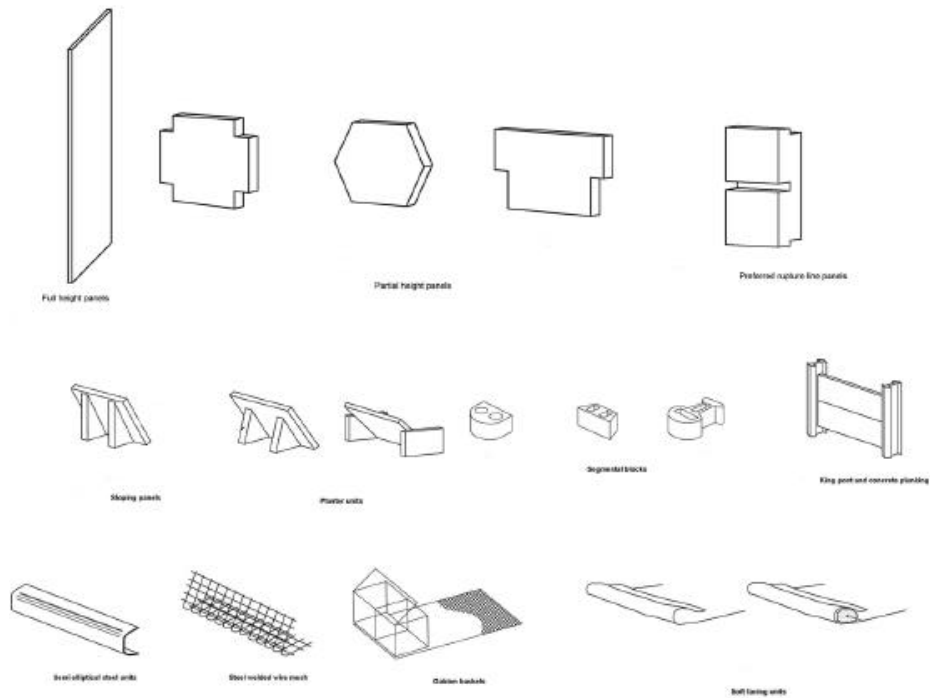
Οι παρακάτω κατηγορίες επενδύσεων, διακρίνονται από μηχανικής απόψεως:

- Πλήρως εύκαμπτες επενδύσεις. Τέτοιες είναι οι ανεξάρτητες επενδύσεις παρειάς με φυτικές γαίες και γεωδύκτια και οι αναδιπλώσεις γεωπλεγμάτων.
- Ημιεύκαμπτες επενδύσεις. Τέτοιες είναι τα συρματοπλέγματα, τα χαλύβδινα πλέγματα, τα ημιελλειπτικά χαλύβδινα ελάσματα και τα συρματοκιβώτια.
- Δύσκαμπτες επενδύσεις. Τέτοιες είναι οι αρθρωτοί συνδεδεμένοι δόμοι από σκυρόδεμα και οι πρακατασκευασμένες πλάκες.

Πίνακας 4. Προδιαγραφές και απαιτήσεις σχετικές με τα συστήματα επένδυσης

REQUIREMENTS	FACING SYSTEMS					
	Concrete panel	Segmental block wall	Welded steel mesh facing	Woven steel mesh facing and gabions	Semi elliptical steel facing	Wrap around facing
Concrete quality	EN 206	EN 771-3				
Steel reinforcement (in panel)	EN 10080/ EN 1992-1-1					
Dimension tolerances	a	a				
Compressive strength at installation	a	a				
Surface quality	a	a				a
Steel quality			EN 10079/ EN 10080	EN 10218-1&2 EN 10223-3	EN 10025-2	a
Galvanizing quality			EN ISO 1461	EN 10244-1&2	EN ISO 1461	
Organic coating quality				EN 10245-1,2&3		

a: Requirements are needed but no relevant standard is available



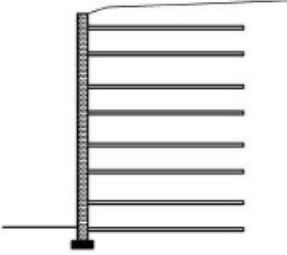
Εικόνα 8. Στοιχεία επένδυσης πρανών οπλισμένων επιχωμάτων

Ακολουθούν εικόνες βάσει του EN 14475/2006, που αφορούν τα συστήματα επενδύσεων πρανών οπλισμένης γης:

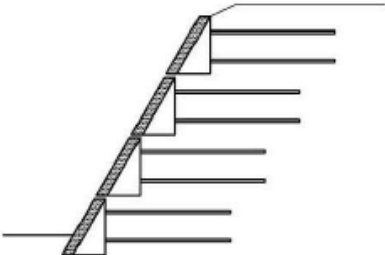
: PARTIAL HEIGHT FACING PANELS

		REINFORCEMENT Most commonly used with steel or polymeric strips, or steel welded wire mesh. Also with steel ladder strips, rods, or geogrids.	MAIN APPLICATIONS Most commonly used for vertical walls, straight or curved, possibly tiered, and bridge abutments. Slightly battered walls can be built, provided the wall is more or less straight.
TECHNOLOGY Usually built in vertical rows and a staggered arrangement, which makes propping unnecessary. Compressible bearing devices are applied to all horizontal joints.	LONGITUDINAL FLEXIBILITY Panel aspect ratio, combined with compressible bearing devices gives good system articulation. Hence, significant tolerance to longitudinal differential settlement, especially when panel aspect ratio is near unity.	TRANSVERSAL FLEXIBILITY The compressible bearing devices make the systems semi-flexible	FILL MATERIAL Most commonly used with granular fill material. Intermediate fills can also be used for some applications (see Annex A for guidance).
TOLERANCES <u>Alignment</u> ± 25 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 1% with panel aspect ratio = 1 to ~ 0,5% with larger ratios.	<u>Compressibility</u> ~ 1%	OTHER COMMENTS

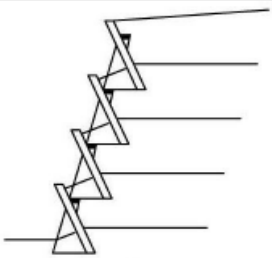
FULL HEIGHT FACING PANELS

		REINFORCEMENT Mostly used with geogrids, steel strips, or welded wire mesh. Polymeric strips, steel ladder strips or rods can also be used.	MAIN APPLICATIONS Most commonly used for vertical walls a few metres high, straight or curved, and minor bridge abutments. Slightly battered walls can be built, provided the wall is straight.
		TECHNOLOGY Propping is needed during construction.	LONGITUDINAL FLEXIBILITY High vertical panel aspect ratio gives low tolerance to longitudinal differential settlement.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 25 mm	<u>Differential settlement</u> ≤ 0,5%	<u>Compressibility</u> ~ 0 % (unless moving connections are used)	Panels with horizontal "fracture lines" having a controlled degree of fragility, are meant to provide some transversal flexibility which eases the mobilisation of the soil/reinforcement interaction.

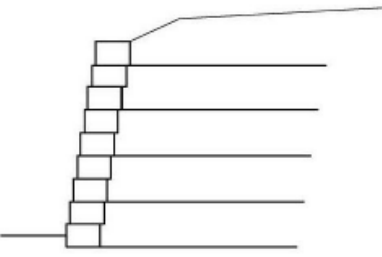
SLOPING PANELS

		REINFORCEMENT Commonly used with steel strips	MAIN APPLICATIONS Sloping straight walls for bulk slot storage facilities. Inclination usually between 50° and 65°.
		TECHNOLOGY Habitually built in horizontal courses in a brickwork arrangement. Buttresses sitting on compacted fill. Compressible bearing pads applied to horizontal joints.	LONGITUDINAL FLEXIBILITY Tolerance to longitudinal differential settlement is limited as a result of the brickwork pattern and since it also affects the evenness of the face.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 25 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 0,5%	<u>Compressibility</u> ~ 1 %	Placement and compaction of fill between buttresses and under sloping slabs requires special care.

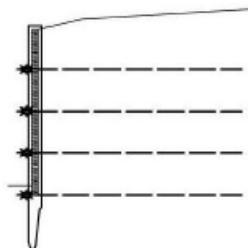
PLANTER UNITS

		REINFORCEMENT Commonly used with steel strips	MAIN APPLICATIONS Vertical, battered or inclined vegetated walls.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Units installed in horizontal courses and vertical rows. Buttresses sitting partially (vertical or battered walls) or totally (inclined walls) on the compacted fill. Compressible bearing pads applied when units sit on top of each other. (vertical or battered).	Independent units arranged in vertical rows, possibly combined with compressible bearing pads, gives good system articulation. Hence, good tolerance to longitudinal differential settlement.	The compressible bearing pads (where applicable) combined with the direct support by the compacted fill make the systems semi-flexible	Most commonly used with granular fill material. Intermediate fills can also be used for some applications (see Annex A for guidance).
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 50 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 1 %	<u>Compressibility</u> ~ 1 % if bearing pads are used More when units are fully supported by compacted fill (inclined walls).	The layout of battered walls should be straight or polygonal. For curved layouts an adjustment is necessary (modification of the length of facing units within the level)

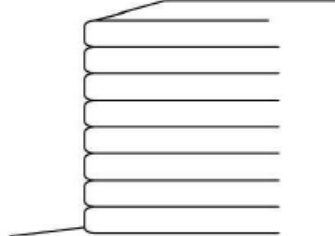
SEGMENTAL CONCRETE BLOCKS

		REINFORCEMENT Mostly used with geogrids, steel ladder strips or steel grid reinforcement. Other types of reinforcement (steel or polymeric strips) can also be considered.	MAIN APPLICATIONS Most commonly used for vertical, tiered or battered walls and minor bridge abutments.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Segmental blocks are installed in horizontal courses and brickwork arrangement, usually without compressible packing material on horizontal joints. Fill reinforcement is usually either held between block courses, or attached to connecting devices at their interface.	The resistance of segmental block systems to longitudinal differential settlement is limited, since it can only result from the small size of the units and their movements relative to each other.	The lack of allowance for differential movement between the facing and the reinforcement makes the system rigid.	Good quality granular fill is recommended to mitigate the consequences of potential differential settlement between facing and reinforcement.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 50 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 0,5 %	<u>Compressibility</u> ~ 0 %	

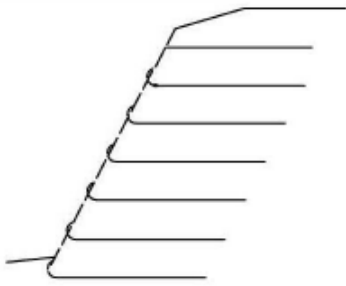
KING POST SYSTEM

		REINFORCEMENT Mostly used with polymeric geogrids. The reinforcement is usually connected to a bar that slides on the rear flanges of the king posts or clamped between the concrete planks with a lock on the outside face.	MAIN APPLICATIONS Used for vertical walls only
		TECHNOLOGY Horizontal precast concrete planking slid between vertical steel universal column posts. Compressible bearing pads generally applied to horizontal joints.	LONGITUDINAL FLEXIBILITY Large panel aspect ratio results in low ability to articulate longitudinally and limited tolerance to longitudinal differential settlement.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 25 mm	<u>Differential settlement</u> ~0,5 %	<u>Compressibility</u> ~ 1 %	The reinforcement may also be attached directly to the steel posts. In this case the system becomes rigid unless sliding connections are used.

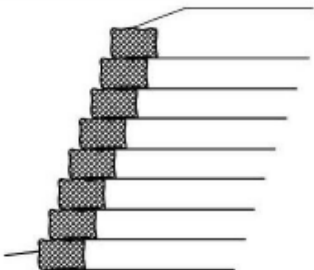
SEMI ELLIPTICAL STEEL FACE

		REINFORCEMENT Steel strips, or ladders, bolted to steel facing units.	MAIN APPLICATIONS Vertical walls (for example for industrial applications) and bridge abutments. Applies to straight or polygonal layouts.
		TECHNOLOGY Facing elements of steel sheet formed into semi-elliptical or U-shaped half cylinders.	LONGITUDINAL FLEXIBILITY The large deformability of the units gives the system a high resistance to longitudinal differential settlements.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 50 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 2 %	<u>Compressibility</u> ~ 10 %	

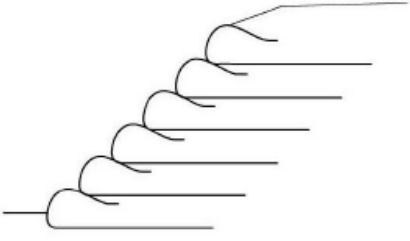
STEEL WIRE GRID

		REINFORCEMENT	MAIN APPLICATIONS
		Mostly used with polymeric geogrids, steel strip, ladder or grid fill reinforcement.	Vertical, battered or inclined, possibly tiered, earth retaining structures. Inclined faces are usually seeded to give vegetation cover. Vertical or battered faces are usually backed with geotextile (particularly for temporary applications) or with a layer of stone or crushed rock.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Open backed steel grid or steel mesh sections, either flat or pre-bent to required slope angle.	Generally high resistance to longitudinal differential settlement.	Semi-flexible system : low bending stiffness and vertical compressibility allow the facing to deform vertically and to accompany moderate settlement of the retained fill.	Most commonly used with granular fill material. Intermediate fills can also be used for some applications (see Annex A for guidance).
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 100 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 2 %	<u>Compressibility</u> ~ 5 %	A filter may be required between fill and crushed rock, if used at the face.

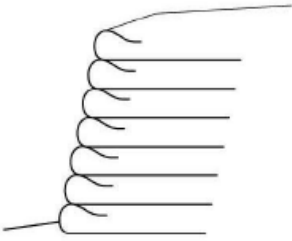
GABION BASKET

		REINFORCEMENT	MAIN APPLICATIONS
		Mostly used with layers of metallic meshes, polymeric geogrids and geotextiles (woven, or special nonwoven or compound fabrics). The reinforcement is connected to or continuous with the base of the gabion basket.	Mostly used for vertical or battered, possibly tiered walls.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Gabion baskets may be formed from steel welded or woven wire mesh, or polymeric geogrids. The gabion baskets are filled with stone or crushed rock.	Generally high resistance to longitudinal differential settlement.	The compressibility of the gabion baskets is controlled by the nature and placement of the material used to fill the baskets. This generally makes the system semi flexible.	Most commonly used with granular fill material. Intermediate fills can also be used for some applications (see Annex A for guidance).
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 100 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 2 %	<u>Compressibility</u> ~ 5 %	A filter is usually required between the fill and the gabion baskets.

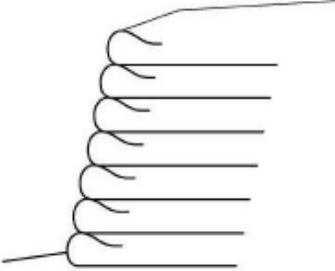
WRAPPED AROUND (without formwork)

		REINFORCEMENT Geogrids, geotextiles, woven wire mesh.	MAIN APPLICATIONS Shallow slopes, around 1/1. In most cases such slopes are sprayed or seeded to produce a vegetative cover.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Facing made of polymeric grids or geotextiles, or woven wire mesh. Built in horizontal courses. Where polymeric grids or woven wire mesh are used, these may be backed with a suitable geotextile to guard against erosion.	High tolerance to longitudinal differential settlement.	Flexible system	May include fine materials when draining geotextiles are used.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 200 mm Construction tolerances decrease with increasing height and decreasing fill quality.	<u>Differential settlement</u> ~ 5 %.	<u>Compressibility</u> ≥ 10 %.	Risk from vandalism and fire, reduced by vegetative or shotcrete cover.

WRAPPED AROUND (with formwork) or BAGGED

		REINFORCEMENT Geogrids, geotextiles, woven wire mesh.	MAIN APPLICATIONS Inclined or battered walls. Such slopes are often sprayed or seeded to produce a vegetative cover, or faced with shotcrete. Also used for vertical walls, with an independent concrete cladding in front.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Facing made of polymeric grids or geotextiles, or woven wire mesh. Built in horizontal courses. To construct such slopes to an acceptable alignment it is common practice to use temporary formwork.	High tolerance to longitudinal differential settlement (except once possibly covered with shotcrete).	Flexible system.	May include fine materials when draining geotextiles are used.
TOLERANCES		OTHER COMMENTS	
<u>Alignment</u> ± 100 mm Fair construction tolerances obtained with care and better quality fill.	<u>Differential settlement</u> ~ 5 %	<u>Compressibility</u> ≥ 10 %	Risk from vandalism and fire reduced by vegetative or shotcrete cover.

IN SITU CONCRETE FACING

		REINFORCEMENT	MAIN APPLICATIONS
		See comments for steel wire grid facing and wrapped around facing.	Inclined or battered walls.
TECHNOLOGY	LONGITUDINAL FLEXIBILITY	TRANSVERSAL FLEXIBILITY	FILL MATERIAL
Used occasionally as adjunct to steel wire grid facing or wrapped around facing.	Near zero tolerance to longitudinal differential settlement once the concrete face is cast.	Near zero tolerance to differential settlement between facing and reinforcement once the concrete face is cast.	See comments for steel wire grid facing and wrapped around facing.
TOLERANCES			OTHER COMMENTS
<u>Alignment</u> ± 50 mm	<u>Differential settlement</u> ~ 0 %	<u>Compressibility</u> ~ 0 %	

1.3.4. Τυπικοί συνδυασμοί ποιότητας υλικών επίχωσης, επενδύσεων και οπλισμού

Ο πίνακας που ακολουθεί, περιέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία που θα πρέπει να καταγραφούν:

Οπλισμένη Γή

Πίνακας 5. Τυπικοί συνδυασμοί γεωλικών επίχωσης, επενδύσεων και οπλισμού

FILL TYPE		Type 1	Type 2	Type 3		Type 4		
		Draining	Granular	Intermediate		Fine		
	Geomechanical characteristics	% passing the 80micron sieve	<5%	<12%	12 to 35%	12 to 35%	>35%	Others
		% passing the 20micron sieve	n.a.	n.a.	<10%	>10%	<40%	
		Plasticity Index	n.a.	n.a.	n.a.	<25	<25	
APPLICATION								
	Parts of structure exposed to flooding and/or rapid water draw-down	A	B	B	D	D	D	
	Structure supporting bridge abutments, railways, buildings	A	A	B	C (a)	D	D	
	High reinforced fill walls	A	A	B	B	D	D	
	High reinforced fill slopes	A	A	B	B	C (b)	C (b)	
	Common walls and slopes	A	A	A	B	C (c)	C (c)	
REINFORCEMENT								
	Smooth strips or rods (metallic or polymeric)	A	A	C (d)		D		
	Ribbed strips or rods, ladders (metallic or polymeric)	A	A	B	C (d)	D		
	Bar mats, ladders, meshes, grids, sheets (metallic or polymeric)	A	A	B	C (d)	D		
	Draining geosynthetics (in-plane permeability)	B	A	A		C (b)		
FACING								
	Rigid	A	A	D(a)		D		
	Semi flexible	A	A	C(e)		D		
	Flexible	A	A	A	B	C(e)		
				KEY :	A = Often Used			
					B = Sometimes Used			
					C = Subject to Specific Study			
					D = Not Recommended			
NOTES								
General	The typical combinations above are given for general guidance only and are not intended to be a specification of where various fills or components may be used. The brief descriptions of the fills above are only some of the principle characteristics and do not fully describe a fill. The design documents or a project should specify the particular fills and components which should be used. Fine fill which is too wet of optimum is difficult to compact and likely to cause facings, if used, to go out of alignment during compaction. Fine fill laid and compacted in adverse weather conditions may be problematic. Frost susceptibility should be checked if applied in cold climates.							
Specific	<ul style="list-style-type: none"> a If adequate compaction is not achieved then differential settlements between facing and reinforcements may occur which may overload the connection. b The effect of the drainage properties on the fill characteristics should be assessed. c Special attention should be paid to : angle of internal friction, compaction procedure with respect to moisture content and climatic conditions, need for drainage layers. d The fill-reinforcement interaction should be assessed for long term and during construction conditions e Special attention should be paid to the control of the alignment of the facing units (if any) during construction. 							

1.4. ΤΡΟΠΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ (ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ)

Για την έδραση του τοίχου αντιστήριξης και του ακρόβαθρου πραγματοποιούνται εκσκαφές, κατά τις οποίες απομακρύνονται οι χαλαρές και φυτικές επιφανειακές εδαφικές στρώσεις. Το βάθος της εκσκαφής σχετίζεται με τις απαιτήσεις της κατασκευής, αλλά και το τοπικό εδαφικό προφίλ, ενώ το πλάτος της για την θεμελίωση είναι τόσο όσο απαιτεί η δημιουργία του απαραίτητου χώρου για την τοποθέτηση των γεωπλεγμάτων. Οι εκσκαφές μπορεί να περιλαμβάνουν τη δημιουργία απαιτούμενων αναβαθμών αγκύρωσης, εφόσον η εγκάρσια κλίση του φυσικού πρανούς επί του οποίου εδράζεται η γεωκατασκευή είναι μεγαλύτερη των 10° .

Σε κάθε περίπτωση αφού ολοκληρωθούν πλήρως οι εκσκαφές, τοποθετηθεί η εξυγιαντική - αποστραγγιστική στρώση λιθορριπής, και πριν ξεκινήσει η κατασκευή του έργου, θα πρέπει να προηγηθεί τελικός έλεγχος, ώστε η προς θεμελίωση επιφάνεια να είναι ομοιόμορφη, με κατάλληλη κλίση, στο τμήμα τοποθέτησης του γεωσυνθετικού οπλισμού, και να παρουσιάζει στιφρή επιφάνεια, απαλλαγμένη από πιθανούς θύλακες χαλαρού ή ακατάλληλου υλικού το οποίο θα πρέπει τοπικά να εκσκαφτεί και να αντικατασταθεί από στρώση λιθορριπής. Επίσης, οι αναβαθμοί αγκύρωσης θα πρέπει να είναι ευκρινώς κατασκευασμένοι και να μην υφίστανται επί αυτών χαλαρά υλικά ή υλικά από μικροκαταπτώσεις από τα ανάντη.

Η διάστρωση του γεωϋλικού επίχωσης θα γίνεται σε επάλληλες στρώσεις ομοιόμορφου πάχους, παράλληλα προς την επιφάνεια έδρασης, κατά μήκος της γεωκατασκευής και σε όλο το πλάτος της, ώστε να δημιουργείται ομοιόμορφη επιφάνεια. Το υλικό κάθε στρώσης εκφορτώνεται στο έργο πάνω σε τμήμα ήδη διαστρωμένο της ίδιας στρώσης και κοντά στο άκρο προώθησης (μέτωπο κατασκευής). Από τη θέση αυτή προωθείται μέχρι το μέτωπο κατασκευής και διαστρώνεται πέραν αυτού με τρόπο, που να ελαχιστοποιεί τον τυχόν διαχωρισμό του. Το πάχος πρέπει να ανταποκρίνεται προς την ικανότητα συμπίκνωσης των μηχανημάτων, που διατίθενται, ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη συμπίκνωση. Η επιλεγείσα μέθοδος συμπίκνωσης, πρέπει να διασφαλίζει την επίτευξη των απαιτούμενων συμπεκνώσεων. Για τη συμπίκνωση χρησιμοποιούνται δονητικοί οδοστρωτήρες, δονητικοί συμπιεστές, δονητικές πλάκες ή δονητικοί κύλινδροι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

2.1. ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

Όταν υπάρχει έντονος κίνδυνος για να αναπτυχθούν καθιζήσεις σε εδάφη μικρής διατμητικής αντοχής, τότε εφαρμόζεται η τεχνική της οπλισμένης γης. Με την χρήση γεωφασμάτων ή γεωπλεγμάτων, επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα καθίσταται πιο ικανό ώστε να σηκώσει το φορτίο μίας γειτνιάζουσας ή υπερκείμενης κατασκευής.

Παρακάτω μπορούν να αναφερθούν ορισμένα από τα σημαντικότερα παραδείγματα εφαρμογής οπλισμένης γης.

2.1.1 Εφαρμογή κατασκευών οδοποιίας

Γενικά και πολλές φορές έπειτα από έργα οδοποιίας, παρατηρούνται περιοχές όπου αναμένονται αστοχίες του εδάφους, περιοχές στις οποίες πραγματοποιούνται εξορύξεις, χώροι όπου εναποτίθενται προϊόντα εξορύξεων και άλλων αποβλήτων και θέσεις όπου ο υδροφόρος ορίζοντας του ύδατος είναι υψηλός, ακόμη και μετά την χάραξη της ακριβής τοποθεσίας του δρόμου.

Σε περιπτώσεις όπως οι παραπάνω, είναι ενδεικτική η κατάλληλη προετοιμασία του εδάφους και η χρησιμοποίηση υψηλής εφελκυστικής αντοχής γεωπλεγμάτων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι υψομετρικές διαφορές της επιφάνειας του εδάφους, που συμβαίνουν λόγω καθιζήσεων και να παρασχεθεί η μέγιστη δυνατή ευστάθεια.



Εικόνα 9. Επάνω: Πανοραμική απεικόνιση της τοποθεσίας έργου οδοποιίας, Κάτω: Απεικόνιση τοποθέτησης γεωπλεγμάτων με ειδικό σχήμα

2.1.2 Εφαρμογή κατασκευής σιδηροδρομικών γραμμών και άλλων υποδομών

Έχει παρατηρηθεί σε αρκετές περιπτώσεις έντονων βροχοπτώσεων, να γίνονται πλημμύρες, κοντά σε περιοχές όπου διέρχονται σιδηροδρομικές ράγες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να προκαλούνται καθιζήσεις στις υποδομές και τις γραμμές, εξαιτίας του φαινομένου των ασταθειών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 10. Απεικόνιση περίπτωσης καθίζησης εξαιτίας βαλτωδών εδαφών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή της ράγας που διέρχεται το τρένο

Με την εγκατάσταση γεωσυνθετικής ενισχυμένης οπλισμένης γης, τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να λυθούν, αφού ανυψώνεται η στάθμη των σιδηροδρομικών ραγών. Η ευστάθεια του εδάφους και του πρανούς, εξασφαλίζεται με τον συνδυασμό του υλικού επίχωσης του εδάφους και των χρησιμοποιούμενων γεωσυνθετικών. Οι σιδηροδρομικές γραμμές προστατεύονται από τις πλυμύρες, λόγω της ύπαρξης των γεωσυνθετικών οπλισμένων επιχωμάτων. Το επίχωμα διοχετεύει το νερό σε μικρότερα υψόμετρα, είτε με την διαβάθμιση του εδάφους όπου βρίσκονται οι ράγες, είτε μέσω του συστήματος των εσωτερικών αγωγών. Έτσι, το έδαφος γίνεται ασφαλές, αφού μειώνονται οι πιθανότητες ύπαρξης καθιζήσεων, που μπορεί να οδηγήσουν στην καταστροφή των γραμμών.

2.1.3 Γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή

Για να επιτυγχάνεται ευστάθεια, χρησιμοποιούνται ορισμένες κατασκευές που ονομάζονται «οπλισμένα πρανή». Η επιλογή του τρόπου όπλισης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, αφού οι τρόποι όπλισης ποικίλουν. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες είναι η εκάστοτε περίπτωση του πρανούς, αφού υπάρχει το ενδεχόμενο της κατασκευαστικής αστοχίας. Ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα της εφαρμογής οπλισμένων πρανών.

2.1.4 Γειτονικές κατασκευές μεγάλου μεγέθους

Γενικά, παρατηρούνται φαινόμενα αστοχιών και καθιζήσεων, στις περιπτώσεις κατασκευής κτισμάτων σε λόφους, που όμως έχουν να παρουσιάσουν μεγάλο μέγεθος. Το έδαφος καταλήγει να καθιζάνει και να αστοχεί, λόγω του ότι δεν μπορεί να φέρει τα φορτία που ασκούνται από την κατασκευή.



Εικόνα 11. Επάνω: Απεικόνιση τοποθετημένων γεωσυνθετικών, Κάτω: Ενισχυμένο πρανές για την επίτευξη αντιστήριξης ξενοδοχείου

Τα συστήματα γεωσυνθετικών, εξασφαλίζουν εξωτερική και εσωτερική ευστάθεια στο πρανές. Στο εσωτερικό του πρανούς εγκαθίσταται το σύστημα των γεωσυνθετικών, ενώ για να αποφεύγεται η διάβρωση του εδάφους χρησιμοποιούνται πλέγματα στην πρόσοψη του γεωσυνθετικού πρανούς.

2.1.5 Διεύρυνση δρόμων

Λόγω της σύστασης του εδάφους, παρουσιάζονται πολλά προβλήματα σε κάποιες από τις εφαρμογές διεύρυνσης των δρόμων. Το έδαφος μπορεί να παρουσιάζει υψηλό υδροφόρο ορίζοντα ή χαμηλή φέρουσα ικανότητα. Χάρη στην ύπαρξη αυτών των καταστάσεων, αυξάνονται γεωμετρικά οι πιθανότητες εμφάνισης καθιζήσεων του εδάφους, που θα κατέληγε σε καταστροφές στις γύρω περιοχές και στον διευρυμένο δρόμο. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί έλλειψη χώρου κοντά στον υπάρχον δρόμο, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτό το να πραγματοποιηθεί η διεύρυνση. Σε περιπτώσεις όπως η συγκεκριμένη, ενδείκνεται το να κατασκευάζονται και να χρησιμοποιούνται γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή. Εάν τοποθετηθούν οι ενισχύσεις, τότε το σύστημα αναβαθμίζεται και αποκτάει την απαραίτητη ελαστική δύναμη που χρειάζεται, για να απορροφάει τις δυνάμεις που του ασκεί το υπόγειο νερό, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται και μεγαλύτερη ευστάθεια.

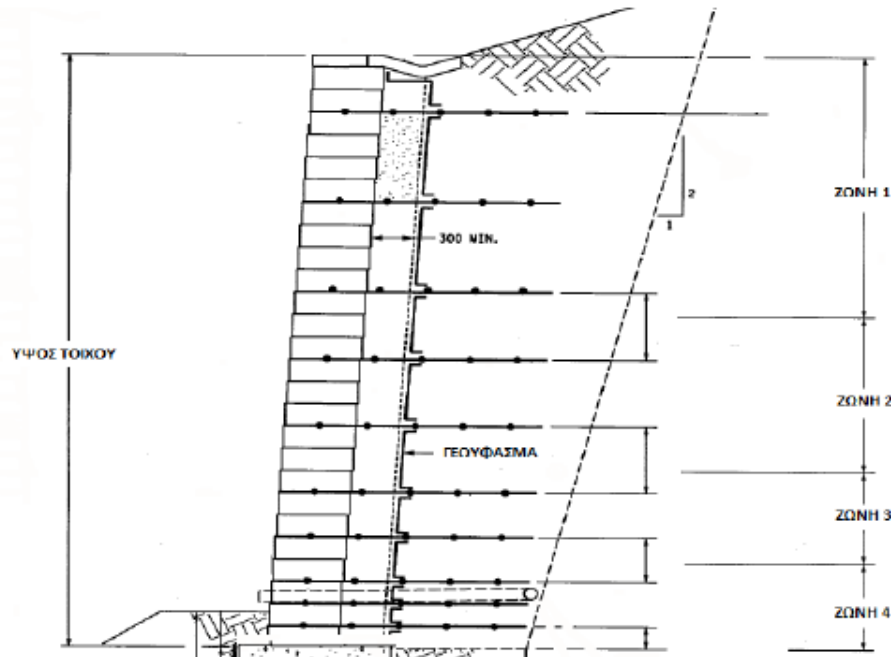
Στην παρακάτω εικόνα, βλέπουμε ένα παράδειγμα διεύρυνσης δρόμου με την χρησιμοποίηση οπλισμένου πρανούς.



Εικόνα 12. Παράδειγμα διεύρυνσης δρόμων

2.1.6 Οπλισμένοι τοίχοι

Οι τοίχοι που χαρακτηρίζονται ως γεωσυνθετικά οπλισμένοι, χρησιμοποιούνται ως κατασκευές αντιστήριξης και αποτελούνται από συμπυκνωμένο υλικό επίχωσης και οπλισμούς, σε στρώσεις γεωσυνθετικού. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί στην δομή τους, είναι το ότι όσο προστίθεται το υλικό επίχωσης, οι στρώσεις του οπλισμού τοποθετούνται οριζοντίως.



Εικόνα 13. Απεικόνιση γεωσυνθετικά οπλισμένου τοίχου

Υπάρχουν πολλές κατασκευαστικές και σχηματικές ομοιότητες των γεωσυνθετικών οπλισμένων τοίχων με τα γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή, ενώ η βασική τους διαφορά έγκειται στην κλίση τους. Τα εδάφη που παρουσιάζουν κλίση μέχρι 70 μοίρες κατηγοριοποιούνται στα γεωσυνθετικά οπλισμένα πρανή, ενώ από εκεί και πάνω θεωρούνται γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι.

Οι γεωσυνθετικά οπλισμένοι τοίχοι, δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στον Ελληνικό κατασκευαστικό τομέα, αν και υπάρχουν παραδείγματα εφαρμογής τους κυρίως σε έργα όπως αυτό της Εγνατίας οδού.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της συγκεκριμένης κατηγορίας, αποτελεί η διαπλάτυνση του δεξιού κλάδου ενός κομματιού της Εγνατίας οδού, και πιο συγκεκριμένα το σημείο

Οπλισμένη Γή

Παναγιάς – Γρεβενών, όπου είχε παρατηρηθεί ελαφριά διαφοροποίηση της χάραξης στην περιοχή του ανισόπεδου κόμβου της Παναγιάς. Επιβλήθηκε λοιπόν περιορισμός του ίχνους ποδός του νέου επιχώματος της διαπλάτυνσης, ενώ σε πιο δυσμενή σημεία, ήταν αναγκαία η κατασκευή πασσαλότοιχου ποδός. Αυτό συνέβει εξαιτίας:

- Του επικλινούς φυσικού εδάφους έδρασης του υφιστάμενου επιχώματος, η κλίση του οποίου ανερχόταν από 25 έως 30 μοίρες
- Των ενδείξεων μακροχρόνιων μετακινήσεων του φυσικού εδάφους στα κατόντη
- Της μετακίνησης της παρειάς της οδού προς τα κατόντη, έως και 11.0 m
- Των φαινομένων αστάθειας του επιχώματος που προϋπήρχε.

Από τα παραπάνω προέκυψε η ανάγκη σχεδιασμού και κατασκευής οπλισμένης γης που θα παρουσίαζε μέγιστο ύψος μετώπου $H_{max} = 15.0$ m και κλίση πρανών τις 79 μοίρες 5:1.

Στην περίπτωση αυτή, προκρίθηκε η επιλογή της όπλισης με γεωσυνθετικά πλέγματα αντοχής σχεδιασμού σε μακροχρόνιες συνθήκες της τάξεως των $T_{des} = 46.6$ kN/m, με στρώσεις ανά 0.50 m ύψος και μήκη πλεγμάτων έως 12.0 m. Παράλληλα, έπρεπε να γίνει παραδοχή κάποιων χαρακτηριστικών τιμών παραμέτρων, βάσει των προδιαγραφόμενων γεωυλικών πλήρωσης του επιχώματος:

Ενεργός τιμή συνοχής: $C_k = 2.0$ KPa

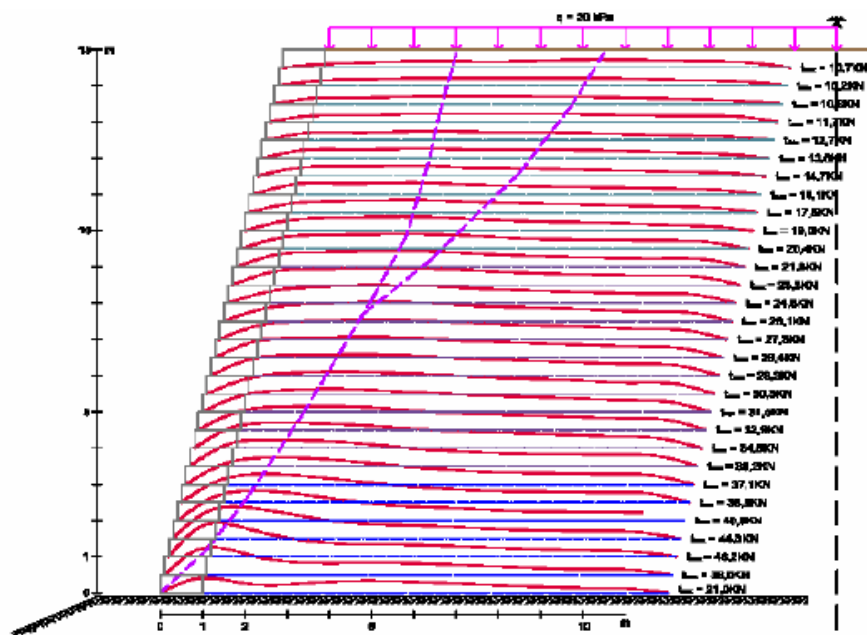
Ενεργός γωνία τριβής: $\Phi_k = 32^\circ$

Συντελεστής Poisson: $\nu = 0.30$

Μέτρο ελαστικότητας: $E_{s,k} = 30.0$ MPa

Φαινόμενο βάρος: $\gamma = 20.5$ kN/m³.

Έτσι, μπορεί να παρουσιαστεί το παρακάτω σχήμα, που προκύπτει από τους υπολογισμούς:



Εικόνα 14. Απεικόνιση κατανομής των οπλισμών στο πρανές

Επεξηγηματικά, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την εφαρμογή γεωσυνθετικών πλεγμάτων αντοχής σχεδιασμού έως $T_{des} = 38.9 \text{ kN/m}$ σε μακροχρόνιες συνθήκες, με πρόσθετο μήκος αναδίπλωσης στο μέτωπο $L_{wrap} = 2.0 \text{ m}$, μήκη ανάπτυξης έως 9.0 m , τοποθετούμενων σε στρώσεις ανά 0.50 m ύψους διατομής.

2.2. ΕΡΓΑ ΣΗΜΕΡΑ

2.2.1(i) Εγνατία οδός (περιοχή Μετσόβου)

Ο οδικός άξονας της Εγνατίας οδού μετρά συνολικά 670 χιλιόμετρα. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Βορείου Ελλάδας ξεκινώντας από την Ηγουμενίτσα και λήγοντας στα όρια του Έβρου. Είναι γνωστό πως αποτελεί το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα χρησιμοποίησης οπλισμένης γης ή επιχωμάτων, αφού δεν είναι κατασκευές που τις βλέπουμε συχνά στην Ελληνική κατασκευαστική πραγματικότητα. Ένα από τα έργα αυτά βρίσκεται στο τμήμα 1.1.5/6 της Εγνατίας Οδού και αφορά τον σχεδιασμό οπλισμένου επιχώματος, ως αντικατάσταση μίας γέφυρας.



Εικόνα 15. Συνολική έκταση Εγνατίας οδού

Βάσει των μελετών της οδοποιίας, τα 32.0 μέτρα αποτελούν το μέγιστο ύψος του επιχώματος και παρουσιάζεται στην διατομή = 1.354 (Αφού X.Θ. 26 + 999,55) όπου η κλίση των πρανών ισούται με 70 μοίρες. Το υφιστάμενο φυσικό πρανές, είναι της τάξεως του 1:1. Βλέποντας τα σχέδια των διατομών της μελέτης εφαρμογής της οδοποιίας, παρατηρούμε πως εάν κατασκευαζόταν επίχωμα με πιο ήπια κλίση, θα είχαμε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ύψους του. Εάν αντιθέτως, είχαμε την κατασκευή επιχώματος με κλίση πιο απότομη από τις 70 μοίρες, τότε δεν θα προσφερόταν σημαντική μείωση του ύψους. Βάσει λοιπόν των κλίσεων των πρανών, έχουμε και την βέλτιστη γεωμετρική συνθήκη.

Με την χρησιμοποίηση συνθετικών γεωπλεγμάτων, είναι δυνατή η όπλιση επιχωμάτων με κλίσεις έντονες, της τάξεως των 45 έως 70 μοιρών. Φυσικά, απαραίτητη προϋπόθεση είναι να υπάρχει ειδική πρόβλεψη, ώστε να προστατεύεται η εξωτερική παρειά, από τις διαρροές των γεωυλικών μεταξύ των οπλισμών, από την επιφανειακή διάβρωση, από τις πυρκαγιές, από τους βανδαλισμούς και από την έκθεση στις υπεριώδεις ακτίνες UV.

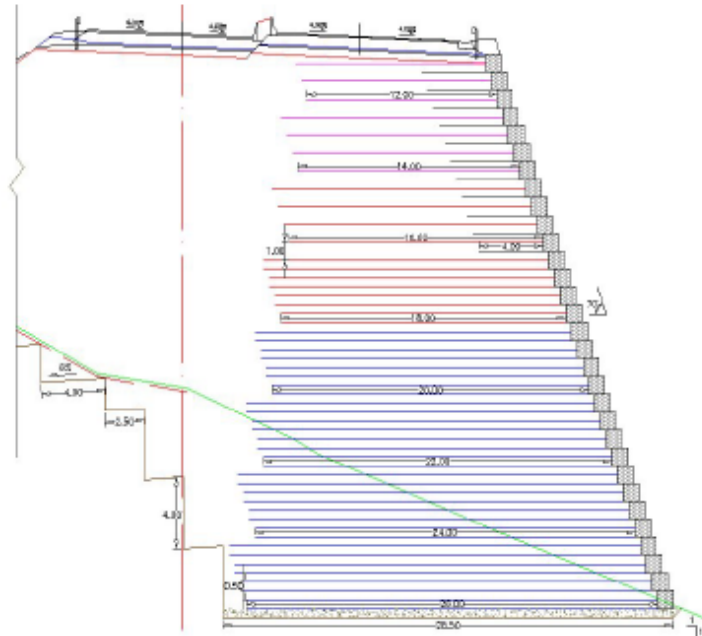
Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η προστασία του απότομου πρανού, πραγματοποιήθηκε μέσω ειδικών συρματοκιβωτίων πληρωμένων με λιθορρίπη, διαστάσεων 2 X 1 X 1 m (μήκος X πλάτος X ύψος). Τα παραπάνω, διέθεταν ένα τμήμα τεσσάρων μέτρων που προεξείχε και που χρησίμευε ως δευτερεύον οπλισμός, για τις περιπτώσεις εκείνες όπου η κατακόρυφη απόσταση του πρωτεύοντα οπλισμού από γεωσυνθετικά ξεπερνούσε τα 0.5 μέτρα.

Σαν δεδομένο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η επένδυση της παρειάς του οπλισμένου επιχώματος θα πρέπει να είναι από την μία πολύ εύκαμπτη, ενώ από την άλλη να μπορεί να ενταχθεί αισθητικά στο φυσικό περιβάλλον. Όλες οι προϋποθέσεις αυτές πληρούνται, με την χρησιμοποίηση ειδικών συρματοκιβωτίων με πλήρωση με υγιείς λίθους που θα εμφανίζουν συγκεκριμένες διαστάσεις. Έτσι επιτυγχάνεται μία τεχνικά άρτια και ευέλικτη κατασκευαστική λύση που συνδυάζεται σε εξαιρετικό επίπεδο με την όπλιση από γεωπλέγματα.

Όπως είναι γνωστό από προηγούμενες ενότητες, ο γεωσυνθετικός οπλισμός τοποθετείται σε οριζόντιες στρώσεις και πιο συγκεκριμένα καθ ύψος αποστάσεις $S_v = 0.5$ m στις αρχικές στρώσεις και 1 m στα υψηλότερα σημεία της οπλισμένης γης.

Σε μία εξυγιαντική – αποστραγγιστική στρώση πάχους 0.50 m από καθαρό, θραυστό χαλίκι ή αμμοχάλικο εδράζεται ο πόδας του οπλισμένου επιχώματος, ώστε να εξασφαλίζεται η στράγγιση των κατεισδύοντων υδάτων και ταυτόχρονα να τοποθετούνται τα ειδικά συρματοκιβώτια επένδυσης της παρειάς και ο απαραίτητος οπλισμός.

Η παρακάτω εικόνα είναι χαρακτηριστική ως μία τυπική διατομή έργου, με τους οπλισμούς που προκύπτουν από τους ελέγχους:



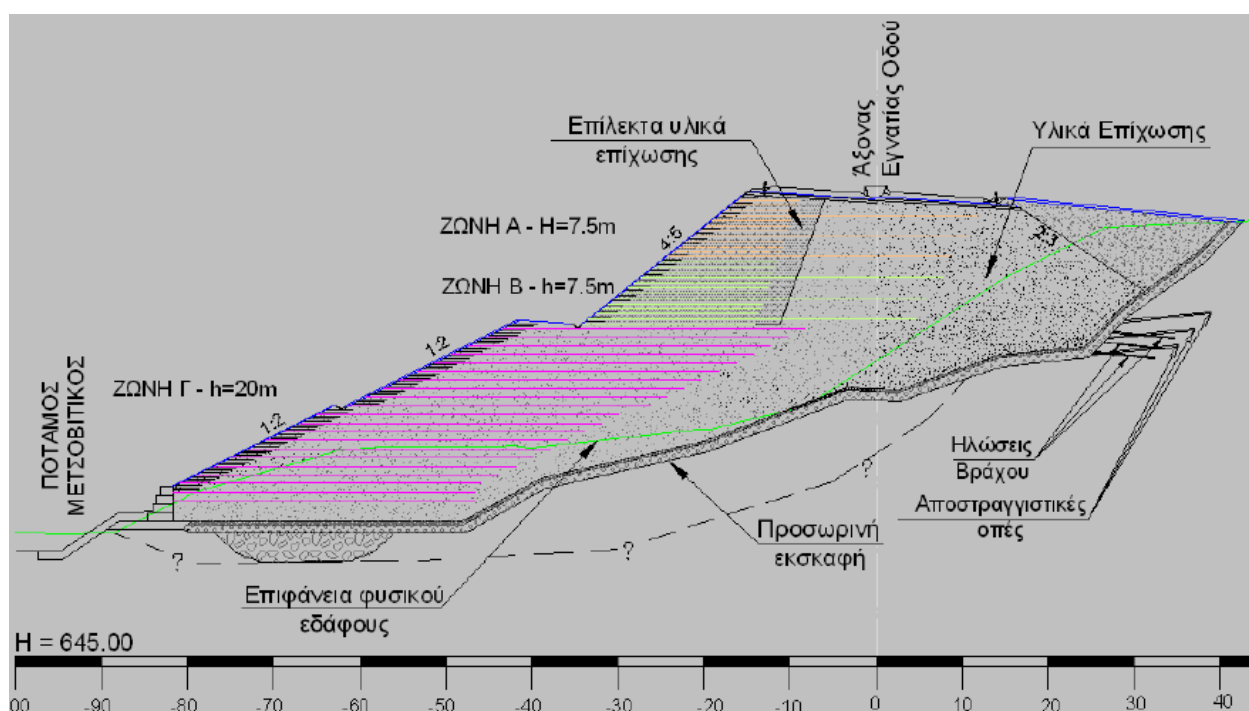
Εικόνα 16. Τυπική διατομή κατασκευαστικού έργου

Σύμφωνα με την γεωλογική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή, αποκαλύφθηκε πως η στρωματογραφία του εδάφους παρουσιάζει δύο βασικές μορφολογίες: Στην επιφάνεια έχουμε μία στρώση ασβεστολιθικού υλικού που παρουσιάζει μέγιστο πάχος τα 3 m και αποτελείται από αργιλώδη – ιλυώδη άμμο και χαλίκι, ενώ πιο βαθιά έχουμε το λεγόμενο ασβεστολιθικό υπόβαθρο.

Τέλος, και όσον αφορά τα σεισμολογικά δεδομένα, έχουμε την κατάταξη της περιοχής σε επίπεδο μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας και πιο συγκεκριμένα βάση του Ε.Α.Κ. 2000 – ΦΕΚ 1154 – 12/08/2000 κατηγοριοποιείται στην σεισμική κατηγορία 2, όπου η μέγιστη αναμενόμενη επιτάχυνση του εδάφους ορίζεται ως $a_{\max} = 0.24 \text{ g}$.

Επίσης στην συγκεκριμένη περιοχή έχουμε..

Τυπική διατομή επιχώματος σε κοντινή γειτονία με ποταμό – Περιοχή Μετσόβου.



Εικόνα 17. Εγνατία οδός - Περιοχή Μετσόβου (Τμήμα 3.1) / Τυπική διατομή

Κατασκευή επιχώματος: Διάστρωση υλικών στραγγιστηρίου Βάσης και φίλτρων αυτού.



Εικόνα 18. Εγνατία Οδός - Περιοχή Μετσόβου (Τμήμα 3.1) / Διάστρωση υλικών

Κατασκευή επιχώματος: Διάστρωση ομοαξωνικών γεωπλεγμάτων.

Επίχωση γεωπλεγμάτων με τεχνική σταδιακής προώθησης υλικών.



Εικόνα 19. Εγνατία Οδός - Περιοχή Μετσόβου (Τμήμα 3.1) / Διάστρωση και επίχωση

Κατασκευή επιχώματος: Βαθμίδες αγκύρωσης επιχώματος με το έδαφος θεμελίωσης.



Εικόνα 20. Εγνατία Οδός - Περιοχή Μετσόβου (Τμήμα 3.1) / Αγκύρωση επιχώματος

Άποψη κατασκευασμένου επιχώματος.



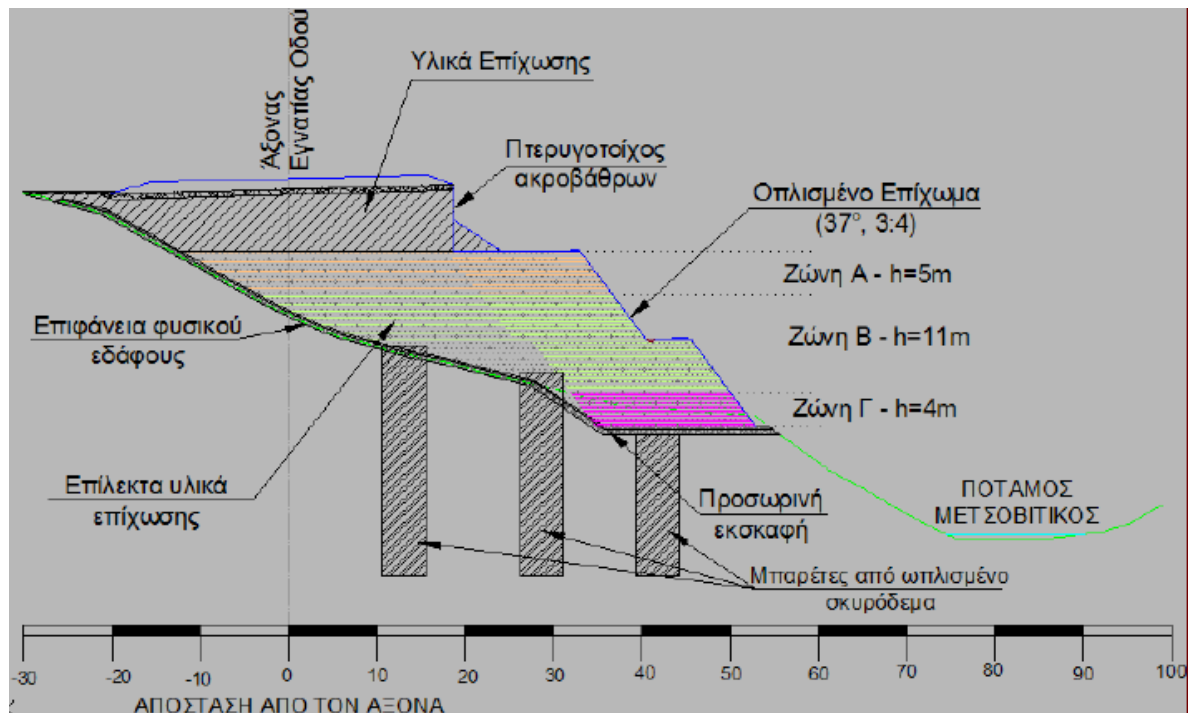
Εικόνα 21. Εγνατία Οδός - Περιοχή Μετσόβου (Τμήμα 3.1) / Πρώτη άποψη ολοκληρωμένου επιχώματος

2^η άποψη κατασκευασμένου επιχώματος.



Εικόνα 22. Εγνατία Οδός - Περιοχή Μετσόβου (Τμήμα 3.1) / Δεύτερη άποψη ολοκληρωμένου επιχώματος

Τυπική διατομή επιχώματος σε περιοχή του πόδα ολισθαίνουσας μάζας.



Εικόνα 23. Τμήμα 2.4 Αραχθος - Περιστέρι (Περιοχή Β, Υποπεριοχή Β1) – Τυπική διατομή

2.2.1(ii) Χώρος στάθμευσης Εγνατία οδού

Μια αστοχία αν θέλουμε της μελέτης της Εγνατία οδού μπορούμε να αναφέρουμε την έλλειψη σταθμού στάθμευσης κοντά στο Ελευθεροχώρι Ιωαννίνων. Εφόσον είχε ολοκληρωθεί η κατασκευή του κύριου άξονα, βρέθηκε ότι υπήρχε ανάγκη δημιουργίας χώρου στάθμευσης, διότι τρέχοντας τα χιλιόμετρα, για μεγάλο μήκος κοντά στην περιοχή είχε έλλειψη αυτού. Κάτι που οι Ευρωπαϊκές Αρχές έχουν ως αρχή. (MACCAFERRI)

Έτσι άρχισε η μελέτη του χώρου στα βορειοδυτικά της Εγνατίας οδού στο χωριό Ελευθεροχώρι. Στην θέση αυτή επειδή δεν επαρκούσε ο διαθέσιμος χώρος, ένα οπλισμένο επίχωμα ήταν απαραίτητο να κατασκευαστεί ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί η ιδέα στην πράξη.

Με όλα τα απαραίτητα δεδομένα για γεωπλέγματα και φορτίσεις μαζί με την αρμόδια δεξιοτεχνία του εργολάβου και της τεχνικής υπηρεσίας κατασκευάστηκε επίχωμα με σχεδόν κατακόρυφη κλίση μετώπου (84°) σε συνδυασμό δυο υλικών :

Οπλισμένη Γή

- Συρματοκιβώτια 1X1 για την κατασκευή του μετώπου



Εικόνα 24 Κατά την διάρκεια της κατασκευής

- Και πολυεστερικό γεώπλεγμα υψηλής ελκυστικής αντοχής με επικάλυψη πολυαιθυλενίου ώστε να είναι ανθεκτικό στις περιβαλλοντικές συνθήκες του εδάφους.



Εικόνα 25 Κατά την διάρκεια της τοποθέτησης του γεωπλέγματος

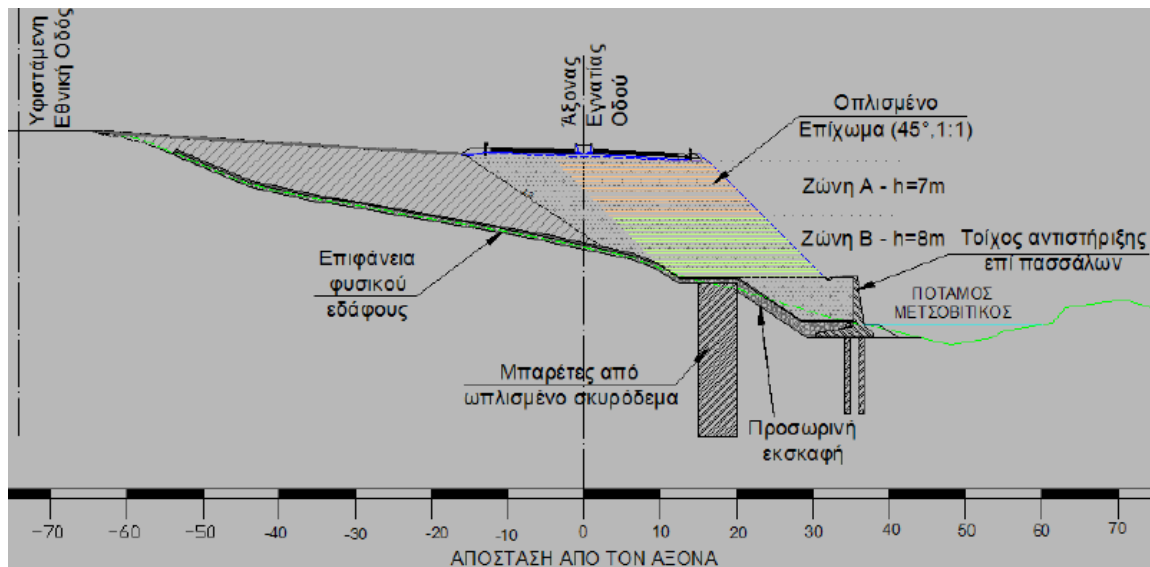
Άλλα αντίστοιχα έργα είναι :

2.2.3 Άποψη της περιοχής κατασκευής του πόδα οπλισμένου επιχώματος. Περιορισμοί από: Υπάρχοντα έργα (σήραγγα ΔΕΗ). Υπαρξη ποταμού. Απαιτήση κατασκευής ακροβάθρου γέφυρας στην στέψη του οπλισμένου επιχώματος.



Εικόνα 26. Τμήμα 2.4 Αραχθος - Περιστέρι (Περιοχή Β, Υποπεριοχή Β1) – Άποψη της περιοχής

Τυπική διατομή επιχώματος σε περιοχή του πόδα ολισθαίνουσας μάζας.



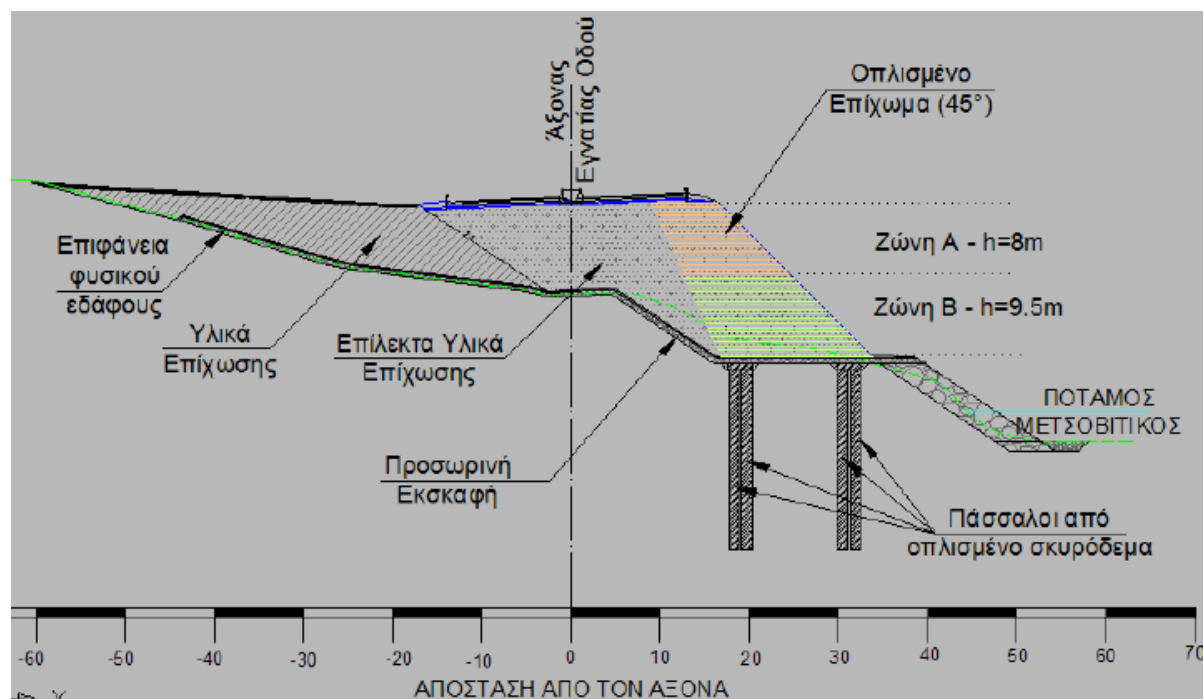
Εικόνα 27. Τμήμα 2.4 Αραχθος - Περιστέρι (Περιοχή Β, Υποπεριοχή Β1) - Τυπική διατομή επιχώματος

Άποψη της περιοχής κατασκευής του πόδα οπλισμένου επιχώματος.



Εικόνα 28. Τμήμα 2.4 Άραχθος - Περιστέρι (Περιοχή Β, Υποπεριοχή Β1) - Άποψη της περιοχής

Τοπική διατομή επιχώματος σε περιοχή του πόδα ολισθαίνουσας μάζας.



Εικόνα 29. Τμήμα 2.4 Άραχθος - Περιστέρι (Περιοχή Β, Υποπεριοχή Β1) - Τοπική διατομή επιχώματος

2.2.3 Συντήρηση του επαρχιακού οδικού τμήματος Καλλιθέα-Λαμπίρι-Όρια νομού

Η Ορεινή Ναυπακτίας, ως γνωστόν είναι μια περιοχή η οποία φημίζεται για τα υπόγεια ύδατα της, παρότι το υψόμετρο των τοπικών χωριών της. Η αρμόδια αρχή που βοηθά στην ανάπτυξη και βελτίωση των προβλημάτων διαβίωσης είναι η Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας και ειδικότερα η Διεύθυνση Τεχνικών έργων Περιφερειακής Ενότητας Αιτωλοακαρνανίας, στην οποία πραγματοποίησα την πρακτική μου άσκηση. Έτσι είχα την ευκαιρία να επιβλέψω αρκετά από τα έργα τους. Ένα από αυτά ήταν το έργο «Συντήρηση του επαρχιακού οδικού τμήματος Καλλιθέα-Λαμπίρι-Όρια νομού» όπου είχα και την τιμή να είναι ανάδοχος ο Πατέρας μου Κων/νος Δρόσος με πτυχίο της Τεχνική εταιρεία «ΑΙΤΩΛΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε» του αδερφού του όπου και συνεργάζονται.

Ένα κομμάτι του έργου ήταν στο γνωστό ρέμα της περιοχής Λαμπιράκι , λόγω των πολλών κυβικών νερού που κατεβάζει μαζί με φερτά υλικά-πέτρες-δένδρα με αποτέλεσμα την διακοπή της κυκλοφορίας του δρόμου. Η αρχική μελέτη είχε την κατασκευή «προφραγμάτων» (μικρού μεγέθους) ή αλλιώς ορθά αναβαθμών από οπλισμένο σκυρόδεμα, για την διαχείριση του νερού. Όμως η αστοχία σε αντίστοιχο ρέμα της περιοχής είχε ως αποτέλεσμα της αλλαγής σε οπλισμένο επίχωμα με την χρήση σαρζανέτ και γεωφάσματος.



Εικόνα 30 Αστοχία μικρο-αναβαθμού από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οπλισμένη Γή

Οι αναβαθμοί (πεζούλες) είναι μια από τις κύριες τεχνικές προστασίας του εδάφους με σκοπό την καταπολέμηση της ερημοποίησης της γης. Είναι μια πρακτική που εφαρμόζεται για την αποτροπή επιφανειακής απορροής που προκύπτει από την παρουσία των βροχών σε επικλινή εδάφη ή ρέματα και προκαλεί διάβρωση του εδάφους. Οι αναβαθμοί είναι σχετικά επίπεδες επιφάνειες ενός λογικού μεγέθους και συντελούν στην καλύτερη διαχείριση του εδάφους και του νερού.

Έτσι ξεκινώντας το έργο είχαμε αρχικά τον καθαρισμό της «κοίτης» του ρέματος και ύστερα την διευθέτηση αυτού. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η εκσκαφή του θεμελίου σε βάθος 2x3 μέτρα πλάτος. Τις επόμενες μέρες είχαμε την τοποθέτηση των φατνών 3x1 και το καλούπωμα του θεμελίου, με τον ξυλότυπο που χρησιμοποιούν και για την κατασκευή τοίχων αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εν συνεχεία την πλήρωση των φατνών και το δέσιμο αυτών. Εδώ οφείλουμε να τονίσουμε την ύπαρξη της λεγόμενης ουράς στο πίσω μέρος του θεμελίου που έτσι έχουμε την επίτευξη του οπλισμένου επιχώματος.



Εικόνα 31 Καλούπωμα και τοποθέτηση φατνών θεμελίου

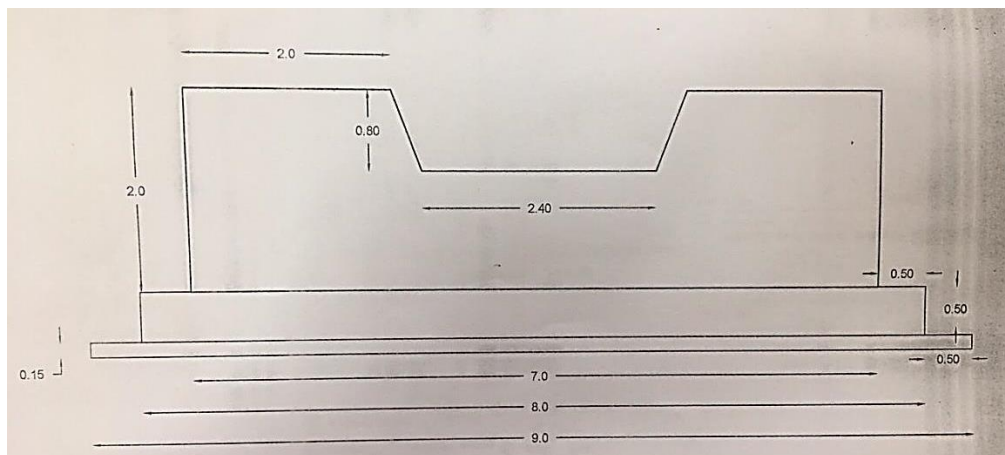
Οπλισμένη Γή

Ύστερα από μέρες τελειώνοντας το θεμέλιο και το πάτημα αυτού με οδοστρωτήρα έχουμε το «σήκωμα» του πρώτου παταριού. Η διαδικασία είναι η ίδια με το καλούπωμα και το πάτημα ωστόσο η εκτέλεση θα γίνει σύμφωνα με την μελέτη δηλαδή σε διατομή εγκάρσια της κατασκευής που είναι 2x2 διαστάσεων φατνών και μήκους 7 μέτρα. Στο κάτω μέρος των «κουτιών» έχουμε την ούρα μήκους 5 μέτρα και από πάνω το μπάζωμα με τα υλικά εκσκαφής.



Εικόνα 32 Ξεκαλούπωμα και δέσιμο κουτιών

Το τελευταίο κομμάτι μένει για να ολοκληρωθεί η κατασκευή του αναβαθμού το οποίο είναι το παρακάτω σχέδιο με τις διαστάσεις του. Το οποίο σαν οπλισμός του επιχώματος έχει την ουρά 5 μέτρων στο κάτω του μέρος.





Εικόνα 33 Οπλισμένος Αναβαθμός

Η ίδια κατασκευή σε διαφορετικές διαστάσεις έγινε στο κάτω μέρος του ρέματος πριν την εισαγωγή του στον περυγότοιχο και στην συνέχεια της πλακοσκεπής του δρόμου που κατασκευάζεται παράλληλα. Στην θέση αυτή είχαμε την ύπαρξη καλωδίων οπτικών υνών όπως και σωλήνες ύδρευσης που διαπερνούσαν το ρέμα και για την προστασία αυτών αλλά και για την καλύτερη απόδοση του έργου είχαμε την επικάλυψη από μπετό C20/25 στο σημείο που θα διαπερνούσε το νερό και τα φερτά υλικά του ρέματος. Έτσι η τελική μορφή του κομματιού του έργου των οπλισμένων αναβαθμών ήταν:

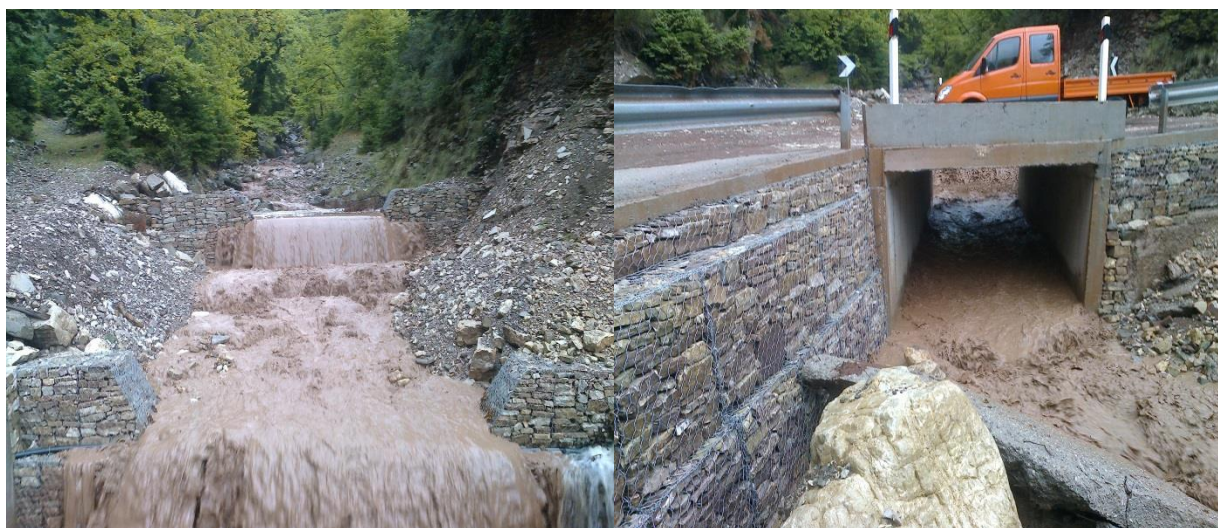


Εικόνα 34 Οπλισμένοι Αναβαθμοί με επικάλυψη από μπετό

Οπλισμένη Γή

Κλείνοντας την παράγραφο αυτή του έργου θα ήθελα να αναφέρω ένα περιστατικό που έτυχε στην οριστική παραλαβή του έργου με την παρουσία των αρμόδιων επιβλεπόντων αλλά και της Αντιπεριφερειάρχισσας κ.Σταρακά Χριστίνα κάνοντας ένα μίνι έλεγχο στα έργα της περιοχής.

Ο μήνας τότε μέσα Δεκεμβρίου και η βροχή είχε κατακλήσει την περιοχή καταφέροντας να έχει κρατήσει 5 συνεχόμενες μέρες. Καταφθάνοντας λοιπόν στο ένα τμήμα του έργου που είναι οι οπλισμένοι αναβαθμοί του ρέματος ήμασταν τυχεροί γιατί διαπιστώσαμε στην πράξη την λειτουργία του έργου. Οι φωτογραφίες μιλούν από μόνες τους:



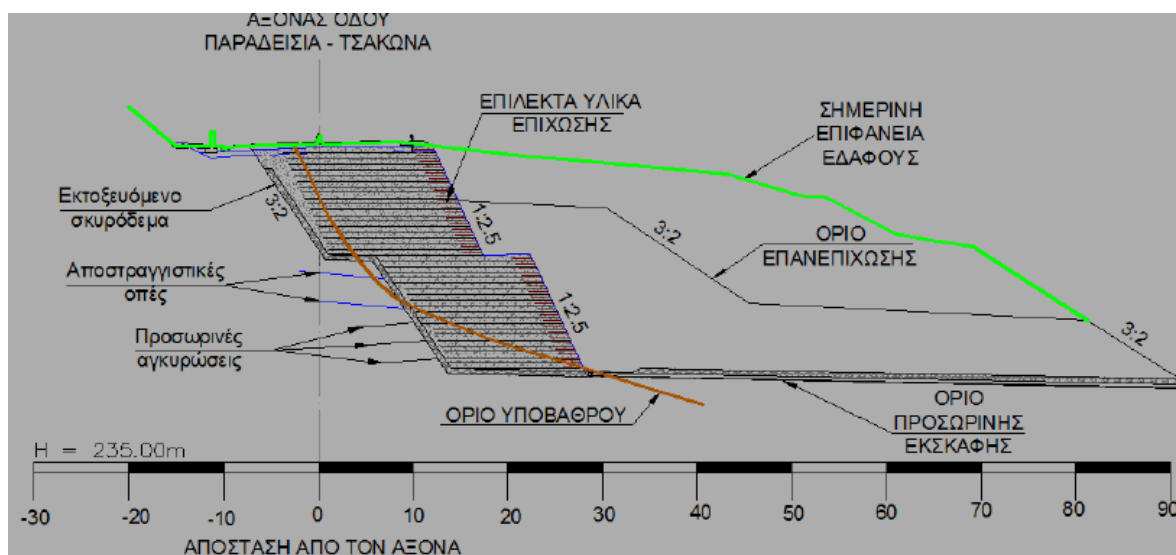
Εικόνα 35 Λειτουργίας οπλισμένων αναβαθμών

2.2.4 Αποκατάσταση προβλημάτων εθνικής οδού Τρίπολη-Καλαμάτα



Εικόνα 36. Πλήρης μελέτη αποκατάστασης προβληματικών τμημάτων της Εθνικής Οδού Τριπόλεως – Καλαμάτας (Τμήμα: Παραδείσια – Τσάκωνα) – ‘Αποψη

Τυπική διατομή επιχώματος στην περιοχή της κεφαλής ολισθαίνουσας μάζας.



Εικόνα 37. Πλήρης μελέτη αποκατάστασης προβληματικών τμημάτων της Εθνικής Οδού Τριπόλεως – Καλαμάτας (Τμήμα: Παραδείσια – Τσάκωνα) – Τυπική διατομή επιχώματος

2.2.5 Δημοτικό Στάδιο Καλλιθέας, Αττική

Το στάδιο «ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ» κατασκευάστηκε το 1970 και έχει χωρητικότητα 4200 θέσεις. Στην πρόσφατη ανακατασκευή του, υπήρξε η τελική διαμόρφωση του βορείου τμήματος με πρηνές κλίσης πάνω από 70°. Λόγω της φύσης του έργου ήταν απαραίτητη η ύπαρξη πράσινου μετώπου έτσι ξεκίνησε η μελέτη για την υλοποίηση αυτού του "προβλήματος". Καθώς η κλίση ήταν πολύ μεγάλη και η απαραίτητη ύπαρξη βλάστησης, αποφασίστηκε η επένδυσή του με γεωκυψέλες.



Εικόνα 38 Τοποθέτηση γεωκυψελών

Έτσι ξεκινώντας από την βάση “χτίστηκαν” προς τα πάνω για την καλύτερη επίτευξη της συγκράτησης των ωθήσεων του φυσικού εδάφους πίσω από τις γεωκυψέλες.



Εικόνα 39 Ολοκληρωμένο έργο 2016

Η συνολική ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή αυτού του “τοιχού” είναι 7009 m² και το υψηλότερο σημείο μέτραγε 11m ύψος και βάθος 2-3m κατά σημεία.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Γεωσυνθετικά υλικά και διάφορες μορφές τότε έχουν στην πλάτη τους χιλιάδες χρόνια χρήσης. Μια ιστορική αναδρομή αλλά και «φήμη» είναι και το εξώφυλλό μου.

Στις αρχές της 3^{ης} χιλιετίας οι πολιτισμοί της Μεσοποταμίας και του Ιρανικού οροπεδίου, είχαν ως πρωτοτυπία την ξακουστή κατασκευή των ΖΙΓΚΟΥΡΑΤ, μια ογκώδης κατασκευή που στη κορυφή τοποθετούσαν τον ναό τους. Αξιοσημείωτα ΖΙΓΟΥΡΑΤ είναι το ΜΕΓΑΛΟ ΖΙΓΚΟΥΡΑΤ ΤΗΣ ΟΥΡ κοντά στην Νασιρίγια και ο βιβλικός ΠΥΡΓΟΣ ΤΗΣ ΒΑΒΕΛ (η κατεστραμμένο ετεμενάκι της ΒΑΒΥΛΩΝΑΣ. Σήμερα σώζονται 32 ΖΙΓΟΥΡΑΤ.

Έτσι λέγεται πως ο ΠΥΡΓΟΣ ΤΗΣ ΒΑΒΕΛ ήταν μια κατασκευή σαν ένα οπλισμένο επίχωμα. Ιστορικοί και μελετητές ισχυρίζονται πως η κατάρρευση του οφείλεται στην κακή όπλιση του εδάφους στην θεμελίωσή του.

Ήταν εύκολο λοιπόν την ΤΟΤΕ εποχή να αποδώσουν την ευθύνη στους αλλόγλωσσους εργάτες, αφού αυτό δεν τους έδινε την δυνατότητα να υπερασπιστούν τον εαυτό τους.

*Στην ΒΙΒΛΟ ως γνωστόν ο συγγραφέας δεν έχει τον αποδιοπομπαίο τράγο τον σύμβουλο μηχανικό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΟΤ EN 14475 (2006): Execution of special geotechnical works - Reinforced fill, Ελλάδα.

British Standard BS 8006:1995 (1999), “Code of practice for strengthened / reinforced soils and other fills”, British Standards Institution, UK.

EN 1997-1 (2004), “Eurocode 7 Geotechnical design - Part 1: General Rules”, Technical Committee CEN/TC 250, p. 168.

Frank, R., Bandin, C., Driscoll, R., Kavvadas, M., Krebs Oresen, N., Orr, T. and Schuppener, B. (2004), “Designers guide to EN 1997-1. Eurocode 7: Geotechnical design - General rules”, Thomas Telford Publishing, London, UK, 1st edition, p. 216.

NF G38064 (1997), “T1: Recommandations pour l’ utilisation des geotextiles et produits apparentes, T2: Ouvrages en sols rapportes renforces par geotextiles on produits apparentes, T3: Dimensionnement et mise en oeuvre”, French National Standard, Association Francaise de Normalization, France.

NF P94-220 (1992), “Soil Reinforcement: Backfilled structures with inextensible and flexible reinforcing strips or sheets”, French National Standard, Association Francaise de Normalization, France.

prEN 1997-2 (2004), “Eurocode 7 Geotechnical design - Part 2: Guidance for the planning and interpretation of geotechnical laboratory and field tests”, Technical Committee CEN/TC 250, p. 162.

prEN 14475 (2002), “Execution of special geotechnical works - Reinforced fill”, German version.

prEN NF 14475 (2005), “T1: Execution de travaux geotechniques speciaux, T2: Remblais renforces, French version, Association Française de Normalisation”, France.

prEN ISO 10318 (2001), “Geosynthetics - Geotextiles, geotextile-related products, geomembranes and geosynthetic clay liners. Terms and their definitions”, Trilingual version, UK.

Οργανισμός αντισεισμικού σχεδιασμού και προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) (2001), “ΕΑΚ 2000 - Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000”, Σύλλογος Πολιτικών Μηχανικών Ελλάδος, 1η έκδοση, σελ. 257, Ελλάδα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (2003), “Οδηγίες μελετών έργων Οδοποιίας, Τεύχος 11: Γεωλογικές και γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες”, Γενική Γραμματεία Δημοσίων έργων, Ειδική επιτροπή επεξεργασίας θεμάτων διευρωπαϊκού δικτύου, σελ. 133, Αθήνα, Ελλάδα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (2003), “Οδηγίες μελετών έργων Οδοποιίας, Τεύχος τεχνικών έργων, Κεφάλαιο 10: Οπλισμένες επιχώσεις - οπλισμένη γη”, Γενική Γραμματεία Δημοσίων έργων, Ειδική επιτροπή επεξεργασίας θεμάτων διευρωπαϊκού δικτύου, σελ. 31, Αθήνα, Ελλάδα.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (2003), “Τροποποίηση και συμπλήρωση της απόφασης έγκρισης του “Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού ΕΑΚ2000”, Αριθ. εγκ. Δ17α/67/1/ΦΝ275/03 (ΦΕΚ Β 781/18-6- 03)”, Ελλάδα.

FHWA-NHI-00-043 (2001): Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines, Η.Π.Α.

CH_GR_GR_Σταθμός_Στάθμευσης_Ελευθεροχώρι_GR MACCAFERRI - CH-EC-GR +MACWEB+E2015.3+KALLITHEA-rev0-Aug15-GR MACCAFERRI

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://el.wikipedia.org/wiki/Ζιγκουράτ>

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Αναβαθμοί_και_προστασία_εδάφους

https://el.wikipedia.org/wiki/Πολιτικός_μηχανικός

<https://el.wikipedia.org/wiki/Εδαφος>

http://eclass.opencourses.teicm.gr/eclass/modules/document/file.php/TMB106/KEF_10.pdf

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

(Wikipedia, PrEN 1997-2, 2004, British Standar BS8006:1995, ΕΛΟΤ EN 14475,2006, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, 2003 α, frank, etal, 2004, ΟΑΣΠ ,2001)