



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Οπλισμένη γη, με έμφαση στο σχεδιασμό τοίχων
αντιστήριξης με γεωσυνθετικά υλικά**

Αικατερίνη Πετροπούλου

Περίληψη Διπλωματικής Εργασίας

Η οπλισμένη γη είναι ένα σύνθετο γεωυλικό που αποτελείται από έδαφος και μη γαιώδη υλικά ενίσχυσης (σχετικά μικρής διατομής), που προσφέρουν εφελκυστική αντοχή, κυρίως κατά τη διεύθυνσή τους. Δύο είναι οι κατηγορίες της οπλισμένης γης από τις οποίες η πρώτη έχει να κάνει με την ενίσχυση του φυσικού εδάφους και η δεύτερη με την χρήση γεωσυνθετικών υλικών και μεταλλικών στοιχείων σε γεωτεχνικές κατασκευές. Στην παρούσα εργασία, η έμφαση δίνεται στη χρήση γεωσυνθετικών υλικών σε γεωτεχνικές κατασκευές.

Υπάρχουν οκτώ (8) διαδεδομένα είδη γεωσυνθετικών υλικών: γεωϋφάσματα, γεωπλέγματα, γεωδικτυωτά, γεωμεμβράνες, γεωσυνθετική αργιλική μεμβράνη, γεωαφρός, γεωσύνθετα και γεω-άλλα (μια πολυσυλλεκτική κατηγορία που εμπεριέχει τα υλικά που δεν ανήκουν στις υπόλοιπες επτά κατηγορίες). Ανάλογα με το είδος τους και τον τύπο της γεωτεχνικής κατασκευής, τα υλικά αυτά επιτελούν πέντε (5) βασικές λειτουργίες (ή συνδυασμό αυτών): όπλιση, στράγγιση, διαχωρισμό, φίλτρο και στεγάνωση. Το ενδιαφέρον στην παρούσα εργασία εντοπίζεται στη λειτουργία όπλισης, την οποία προσφέρουν μόνο τα δύο πρώτα είδη υλικών. Πιο συγκεκριμένα, τα γεωϋφάσματα και τα γεωπλέγματα λειτουργούν ως όπλισμός μέσω του μηχανισμού διάτμησης και του μηχανισμού αγκύρωσής τους στο περιβάλλον έδαφος. Επιπλέον αυτών, τα γεωϋφάσματα προσφέρουν εφελκυστική αντοχή μέσω του μηχανισμού μεμβράνης, ενώ τα γεωπλέγματα μέσω της παθητικής αντίστασης του εδάφους επί των εγκαρσίων μελών τους.

Στα πλαίσια του σχεδιασμού τοίχων αντιστήριξης οπλισμένων με γεωσυνθετικά υλικά, παρουσιάζονται δύο απλουστευτικές μεθοδολογίες (Α και Β) από τη βιβλιογραφία. Και οι δύο απαιτούν τον έλεγχο της εσωτερικής ευστάθειας (μέσα στο σώμα του τοίχου), καθώς και της εξωτερικής ευστάθειας του τοίχου που συνίσταται στους κλασικούς ελέγχους ολίσθησης, ανατροπής και φέρουσας ικανότητας αυτών. Η βασική τους διαφορά έγκειται στην παραδοχή για τις οριζόντιες τάσεις του εδάφους εντός του σώματος του τοίχου και όπισθεν αυτού. Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία Α θεωρεί ενεργητική αστοχία κατά Rankine σε όλο το ύψος του τοίχου, ενώ η Β θεωρεί ότι η ενεργητική αστοχία περιορίζεται μόνο σε μεγάλα βάθη ($> 6\text{m}$) εντός του τοίχου, ενώ πιο επιφανειακά υπάρχουν μεγαλύτερες τιμές οριζοντίων τάσεων που προσεγγίζουν τις γεωστατικές. Συμβατά με τις παραδοχές αυτές, η μεθοδολογία Α θεωρεί ως κρίσιμη επιφάνεια μέσα στο σώμα του τοίχου, τη γραμμική επιφάνεια ενεργητικής αστοχίας κατά Rankine, ενώ η Β θεωρεί μια δι-γραμμική επιφάνεια, κατά Rankine σε μεγάλα βάθη ($> 6\text{m}$) και σαφώς πιο κατακόρυφη προσεγγίζοντας την επιφάνεια του τοίχου. Αποτέλεσμα των διαφορετικών παραδοχών για τις οριζόντιες τάσεις και την επιφάνεια αστοχίας είναι οι δύο μεθοδολογίες να οδηγούν σε διαφορετικό πλήθος στρώσεων η γεωσυνθετικού υλικού, και διαφορετικό μήκος L του γεωσυνθετικού υλικού που προκύπτει από τον έλεγχο εσωτερικής ευστάθειας. Προφανώς, οι διαφορετικές παραδοχές για τις οριζόντιες τάσεις, οδηγούν και σε διαφορετικές ωθήσεις γαιών όπισθεν αυτών, και σε αντίστοιχες διαφοροποιήσεις για το αναγκαίο μήκος L του γεωσυνθετικού υλικού που προκύπτει από τους ελέγχους εξωτερικής ευστάθειας.

Χάριν διεξοδικής διερεύνησης των προβλέψεων των δύο μεθοδολογιών για διαφορετικές συνθήκες εδάφους επίχωσης, ύψους τοίχου και επιφόρτισης, έγινε προγραμματισμός τους



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

σε MS Excel. Έτσι κατέστη ευχερής η μελέτη της επίδρασης του εδάφους επίχωσης (ενδεικτικά ένα μη συνεκτικό και ένα συνεκτικό «καλής ποιότητας»), του ύψους του τοίχου ($H = 3$ έως 12m) και της επιφόρτισης (ομοιόμορφη $q = 0$ έως 100kPa) σε παραμέτρους (συντηρητικού) σχεδιασμού, όπως είναι το τελικό πλάτος σχεδιασμού L ενός ορθογωνικού τοίχου (το μέγιστο εκ των L που διερευνώνται), το ελάχιστο αναγκαίο πλήθος n (ισαπεχουσών) στρώσεων γεωσυνθετικού και του συνολικού αναγκαίου μήκους nL αυτού ως μια ένδειξη της συντηρητικότητάς τους.

Οι συνδυασμοί περιπτώσεων εδάφους επίχωσης, ύψος τοίχου H και επιφόρτισης q που μελετήθηκαν ανέρχονται στους ογδόντα (80). Από την σύγκριση των προβλέψεων για τα δύο ενδεικτικά εδάφη επίχωσης προκύπτει, ότι ένας τοίχος με μη συνεκτικό έδαφος επίχωσης είναι σαφώς πιο οικονομικός σε σχέση με εκείνον ίδιου ύψους H και ίδιας επιφόρτισης q , που έχει κατασκευασθεί με συνεκτικό έδαφος. Επιπλέον, από τη συγκριτική αξιολόγηση των δύο μεθοδολογιών ξεχωριστά για μη συνεκτικό και συνεκτικό έδαφος επίχωσης προκύπτει ότι:

- Για τη μεθοδολογία A, ισχύει ότι ο έλεγχος εσωτερικής ευστάθειας είναι ο πιο κρίσιμος, και για τον οποίο το μήκος L είναι πρακτικώς γραμμική συνάρτηση του H και δεν εξαρτάται από την επιφόρτιση q .
- Για τη μεθοδολογία B, ισχύει ότι ενώ ο έλεγχος εσωτερικής ευστάθειας δίνει μια τιμή του L ως συνάρτηση του H και ανεξάρτητη του q , όλοι οι υπόλοιποι έλεγχοι εξωτερικής ευστάθειας δίνουν τιμές του L που αυξάνουν ραγδαία με την επιφόρτιση q . Έτσι, ο κρίσιμότερος έλεγχος για τη μεθοδολογία B είναι συνάρτηση της επιφόρτισης q .
- Για ένα μη συνεκτικό έδαφος επίχωσης, προκύπτει ότι η μεθοδολογία B είναι πιο οικονομική, καθώς τόσο το μήκος L , όσο και το συνολικό μήκος αναγκαίου γεωσυνθετικού nL είναι μικρότερο, απ' ότι για τη μεθοδολογία A. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και για συνεκτικό έδαφος επίχωσης και μεγάλου ύψους τοίχους ($H > 6-8\text{m}$). Αντιθέτως, για μικρού σχετικά ύψους τοίχους από συνεκτικό έδαφος, η μεθοδολογία A είναι οικονομικότερη, ειδικά για μεγάλες επιφορτίσεις ($q=50-100\text{kPa}$).

Τα ανωτέρω συμπεράσματα έχουν τρεις (3) βασικούς περιορισμούς: α) απουσία νερού εντός και όπισθεν του τοίχου, β) ομοιόμορφη επιφόρτιση q , και γ) θεώρηση συντελεστών ασφαλείας των επιμέρους ελέγχων ίσων με 1.0, ώστε να καταστεί πιο ευδιάκριτη η κρίσιμότητα των επιμέρους ελέγχων. Μελλοντική έρευνα στο ίδιο αντικείμενο μπορεί να περιλαμβάνει την αναίρεση των ανωτέρω παραδοχών, αλλά και διερεύνηση άλλων παραμέτρων, όπως της επίδρασης της επιτρεπόμενης αντοχής σχεδιασμού T_{allow} του γεωσυνθετικού υλικού, της επίδρασης των χαρακτηριστικών του εδάφους θεμελίωσης, αλλά και της επίδρασης των χαρακτηριστικών του εδάφους επίχωσης (π.χ. της μέγιστης γωνίας τριβής φ) στις παραμέτρους σχεδιασμού L , n και nL . Επιπλέον, η χρήση αριθμητικών αναλύσεων (π.χ. με χρήση πεπερασμένων στοιχείων ή διαφορών) για τη μελέτη της βήμα-προς-βήμα κατασκευής ενός τοίχου σχεδιασμένου με τις δύο μεθοδολογίες θα έδινε τη δυνατότητα κριτικής επί των βασικών παραδοχών που τις διαχωρίζουν.

Επιβλέπων: Αχιλλέας Παπαδημητρίου, Λέκτορας

Μάρτιος 2009