



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Παθητική σταθεροποίηση ρευστοποιήσιμων εδαφών:
βιβλιογραφική έρευνα – καταστατική προσομοίωση**

Κωνσταντίνος Βελαλής και Παναγιώτης Παπαγιαννάκης

Περίληψη διπλωματικής εργασίας

Η ρευστοποίηση μη συνεκτικών εδαφών θεωρείται εκ των πλέον σημαντικών αιτιών δομικών αστοχιών κατά τη διάρκεια σεισμικών διεγέρσεων. Η αποτροπή της σεισμικής ρευστοποίησης μη συνεκτικών εδαφών σε θέσεις νέων κατασκευών δεν παρουσιάζει συνήθως τεχνικά προβλήματα και γίνεται επιλέγοντας από μια σειρά καθιερωμένες μεθοδολογίες που στηρίζονται συνήθως στη συμπύκνωση, στη σταθεροποίηση ή την αποτόνωση των αναπτυσσόμενων υπερπιέσεων πόρων. Όμως σε θέσεις υφισταμένων κατασκευών, η χρήση των περισσότερων από τις υπάρχουσες μεθοδολογίες βελτίωσης είναι είτε δυσχερής ή αδύνατη. Μια νέα τεχνική βελτίωσης του εδάφους θεμελίωσης, κυρίως υφισταμένων κατασκευών, είναι η παθητική σταθεροποίηση, κατά την οποία ένας σταθεροποιητής (σε διάλυμα) εισάγεται μέσω διήθησης χαμηλής υδραυλικής κλίσης στο ρευστοποιήσιμο έδαφος θεμελίωσης ολόκληρης της περιοχής μιας υφιστάμενης κατασκευής. Βασικά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου σταθεροποιητή, πέραν της αύξησης της αντοχής σε ρευστοποίηση του σταθεροποιημένου εδάφους, είναι να δημιουργεί διάλυμα με χαμηλή αρχική τιμή ιξώδους, ώστε να επιτρέπεται η διήθηση με χαμηλή υδραυλική κλίση, και η τιμή αυτή να αυξάνει ραγδαία όταν ο σταθεροποιητής φθάσει στην επιθυμητή θέση (μετά από χρονικό διάστημα που ονομάζεται χρόνος γέλης). Η νέα αυτή τεχνική βελτίωσης παραμένει σε ερευνητικό επίπεδο διεθνώς, και το να καταστεί πρακτικώς εφαρμόσιμη αποτελεί το βασικό στόχο ενός μεγάλου ερευνητικού προγράμματος που εκπονείται από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σε συνεργασία με άλλα ΑΕΙ της χώρας (ακρωνύμιο NANO-LIQ, στο πλαίσιο του προγράμματος ΘΑΛΗΣ).

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο αυτής της ερευνητικής προσπάθειας και έχει δύο βασικούς στόχους: α) να γίνει μια κριτική αξιολόγηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για τα πειραματικά αποτελέσματα από δοκιμές σε εδαφικά στοιχεία, στοχεύοντας στην κατοχύρωση της μηχανικής συμπεριφοράς του νέου γεωϋλικού που ονομάζεται σταθεροποιημένο έδαφος, και β) να διερευνηθούν οι δυνατότητες προσομοίωσης της μηχανικής συμπεριφοράς του ως άνω νέου γεωϋλικού με ευφυή χρήση υπάρχοντων ελαστοπλαστικών προσομοιωμάτων κρίσιμης κατάστασης για άμμους.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικώς γίνεται μια αναφορά σε πιθανούς σταθεροποιητές, μα η έμφαση δίνεται στο κολλοειδές οξείδιο του πυριτίου (colloidal silica) που αποτελεί τον σταθεροποιητή που έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στη σχετική διεθνή βιβλιογραφία. Παρουσιάζονται εκτενώς τα χημικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του, και υποδεικνύονται οι βασικές παράμετροι που

καθορίζουν το χρόνο γέλης του, όπως το ποσοστό κατά βάρος στο διάλυμα (CS%), το pH του διαλύματος, και το ιονικό σθένος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα φυσικά χαρακτηριστικά των πέντε (5) άμμων που έχουν σταθεροποιηθεί στη βιβλιογραφία, και για τις οποίες έχουν γίνει αποσπασματικά διαφορετικών ειδών δοκιμές. Η συναξιολόγηση των αποτελεσμάτων για διαφορετικές άμμους υποδεικνύει ότι το νέο γεωϋλικό (άμμος σταθεροποιημένη με κολλοειδές οξείδιο του πυριτίου) αποκτά αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (που αυξάνει με το CS%), και εμφανίζει σαφώς πιο δύσμητη και πιο διαστολική συμπεριφορά από τη φυσική άμμο στις ίδιες αρχικές συνθήκες. Επιπλέον εμφανίζει μικρή αύξηση στις τιμές του ελαστικού μέτρου διάτμησης G_{max} , αλλά καμία ουσιώδη επίδραση στις καμπύλες απομείωσης του μέτρου διάτμησης G/G_{max} και αύξησης της υστερητικής απόσβεσης D με την ανακυκλική διατμητική παραμόρφωση γ . Από ανακυκλικές δοκιμές προκύπτει ότι το νέο γεωϋλικό εμφανίζει ρευστοποίηση σε πολύ μεγαλύτερες τιμές του λόγου ανακυκλικών τάσεων CSR, συγκριτικά με την ίδια άμμο στις ίδιες συνθήκες.

Με βάση όλα τα ανωτέρω, προκύπτει ότι η επίδραση της σταθεροποίησης στη μηχανική συμπεριφορά ενός μη-συνεκτικού εδάφους μπορεί να αποδοθεί ποιοτικά ως αντίστοιχη μιας «ψευδο-αύξησης» της σχετικής πυκνότητας του φυσικού εδάφους. Αυτή η πρώτη αδρή προσέγγιση αποτέλεσε τη βάση της προσπάθειας προσομοίωσης με χρήση ενός υπάρχοντος καταστατικού προσομοιώματος οριακής επιφάνειας Κρίσιμης Κατάστασης που έχει αποδεδειγμένα τη δυνατότητα προσομοίωσης (τουλάχιστον) της μονοτονικής συμπεριφοράς άμμων με την ίδια ομάδα σταθερών ανεξαρτήτως αρχικών συνθηκών. Οι προσομοιώσεις υποδεικνύουν ότι πράγματι είναι δυνατή ποιοτικά η προσομοίωση του σταθεροποιημένου εδάφους ως «ψευδο-πυκνότερο» του φυσικού. Ποσοτικά όμως η όλη προσομοίωση απέχει απ' την ακρίβεια, δεδομένου ότι η αναγκαία «ψευδο-αύξηση» της σχετικής πυκνότητας δε μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια, ενώ διαφαίνεται και ανάγκη αλλαγής στις τιμές των σταθερών του προσομοιώματος ειδικώς για ανακυκλική φόρτιση.

Επιβλέπων: Αχιλλέας Παπαδημητρίου, Επίκ. Καθηγητής
Οκτώβριος 2012