



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Βελτιωμένη καταστατική προσομοίωση της μηχανικής συμπεριφοράς συνεκτικών εδαφών

Αντιγόνη Βράννα

### Περίληψη Διπλωματικής Εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγιναν προσπάθειες βελτίωσης ενός υπάρχοντος καταστατικού προσομοιώματος της μηχανικής συμπεριφοράς συνεκτικών εδαφών. Για το σκοπό αυτό, ως αφετηρία θεωρήθηκε ένα σύγχρονο αλλά σχετικά απλό καταστατικό προσομοίωμα, το SANICLAY των Dafalias et al (2006). Πρόκειται για ένα προσομοίωμα ανισοτροπικής πλαστικότητας που ενσωματώνει τις αρχές της Εδαφομηχανικής Κρίσιμης Κατάστασης και χαρακτηρίζεται από μη συσχετισμένο νόμο ροής. Έτσι, στην παρούσα εργασία, έγινε κατ' αρχήν μια αξιολόγηση του εν λόγω προσομοιώματος σε ό,τι αφορά στην ικανότητά του για ακριβή απόδοση της αστράγγιστης και στραγγιζόμενης συμπεριφοράς της αργίλου.

Στη συνέχεια, έγινε μια πρώτη απόπειρα βελτίωσής του χωρίς αλλαγή στις επιφάνειες του προσομοιώματος και το πλήθος των παραμέτρων κράτυνσης. Πιο συγκεκριμένα, η έμφαση δόθηκε στη διαφοροποίηση του μη συσχετισμένου νόμου ροής του προσομοιώματος, ο οποίος επηρεάζει κυρίως τις στραγγιζόμενες παρά τις αστράγγιστες δοκιμές διάτμησης. Η διαφοροποίηση συνίσταται στη μεταβολή της παραμέτρου  $x$  από σταθερά του προσομοιώματος σε γραμμική συνάρτηση του λόγου αποκλίνουσας τάσης  $\eta$ . Η εν λόγω διαφοροποίηση δρομολογήθηκε με βάση προβλέψεις που έδειξαν ότι τιμές της σταθεράς  $x$  μεγαλύτερες της τιμής αναφοράς  $x_0$  (που δίνει ορθή πρόβλεψη της μονοδιάστατης στερεοποίησης) οδηγούν σε ορθότερες προβλέψεις των δοκιμών στραγγιζόμενης διάτμησης. Όπως προέκυψε, μια συσχέτιση της  $x$  με τον αποκλίνοντα λόγο τάσεων  $\eta$  δεν επιφέρει σημαντικές διαφοροποιήσεις στις προβλέψεις του προσομοιώματος για δοκιμές διάτμησης, καθώς ο λόγος  $\eta$  μεταβάλλεται γρήγορα κατά τη διάρκεια αυτών, με αποτέλεσμα την αντίστοιχα γρήγορη επαναφορά της τιμής της μεταβλητής  $x$  σε τιμές πλησίον της  $x_0$ .

Σε μια δεύτερη προσπάθεια βελτίωσης προτάθηκε και αξιολογήθηκε ένα νέο προσομοίωμα με το όνομα «στρεβλωμένος λημνίσκος» το οποίο διατηρεί πολλά από τα χαρακτηριστικά του SANICLAY και διαθέτει μία νέα μορφή επιφάνειας διαρροής, η οποία έχει προταθεί από τους Whittle & Kanvadas (1994) και από την οποία πήρε το όνομά του. Η νέα αυτή επιφάνεια διαρροής απαιτεί τη βαθμονόμηση δύο σταθερών ( $m$  και  $n$ ) στη θέση της μίας σταθεράς  $N$  του SANICLAY, γεγονός που το καθιστά συγκριτικά πιο πολύπλοκο. Εκτεταμένες συγκρίσεις προβλέψεων του νέου προσομοιώματος με το προσομοίωμα αναφοράς έδειξαν ότι μπορούν να προκύψουν



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

συγκριτικά καλύτερες προβλέψεις, αλλά μόνο με διαφορετικά ζεύγη τιμών ( $m$ ,  $n$ ) ανάλογα με το αν η διάτμηση ξεκινά από ισοτροπική ή μονοδιάστατη στερεοποίηση (δηλαδή ανάλογα με το λόγο  $K = \sigma_{ho}' / \sigma_{vo}'$  στο τέλος της στερεοποίησης). Όμως, η χρήση διαφορετικών ζευγών τιμών ( $m$ ,  $n$ ) για διαφορετικές τιμές του  $K$  δεν είναι πρακτικώς εύχρηστη σε προβλήματα συνοριακών συνθηκών, και σε συνδυασμό με την επαύξηση των σταθερών του προσομοιώματος κατά μία, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο «στρεβλωμένος λημνίσκος» δεν εξασφαλίζει ικανοποιητική βελτίωση χωρίς ραγδαία αύξηση της πολυπλοκότητας της προσομοίωσης.

Η προαναφερθείσα ανεπάρκεια του «στρεβλωμένου λημνίσκου» οδήγησε στη διερεύνηση ενός δεύτερου νέου προσομοιώματος, με την ονομασία «στρεβλωμένο ελλειψοειδές». Όπως και το προηγούμενο, το προσομοίωμα αυτό διατηρεί πολλά χαρακτηριστικά του SANICLAY και διαθέτει νέα επιφάνεια διαρροής, ως μια στρεβλωμένη εκδοχή της ελλειψοειδούς επιφάνειας διαρροής του SANICLAY. Η νέα αυτή επιφάνεια διαρροής απαιτεί κατ' όνομα τη βαθμονόμηση δύο νέων σταθερών ( $n$  και  $z$ ) επιπλέον της μίας σταθεράς  $N$  του SANICLAY, αλλά πρακτικώς εκφυλίζεται στην επιφάνεια διαρροής του SANICLAY για  $n=1$  ή/και  $z=0$ . Όμως, όπως αποδεικνύεται στην παρούσα εργασία, υπάρχουν άπειρα ζεύγη τιμών ( $n$  και  $z$ ) που σχηματίζουν πρακτικώς την ίδια μορφή επιφάνειας διαρροής, γεγονός που συνεπάγεται ότι το νέο αυτό προσομοίωμα έχει πρακτικά μόνο μία επιπλέον σταθερά, την  $z$ . Εκτεταμένες συγκρίσεις προβλέψεων του νέου προσομοιώματος με το προσομοίωμα αναφοράς έδειξαν ότι προσφέρει ικανοποιητική βελτίωση των προβλέψεων σε κάποιες περιπτώσεις φόρτισης, ενώ στις υπόλοιπες η απόδοσή του είναι αντίστοιχη με εκείνη του SANICLAY. Συνολικά κρίνεται ότι η βελτίωση στην απόδοση είναι σαφής, αλλά δεδομένης της ανάγκης για βαθμονόμηση μιας επιπλέον σταθεράς, η τελική επιλογή μεταξύ του νέου και του υπάρχοντος προσομοιώματος επαφίεται στην κρίση του κάθε χρήστη.

Περαιτέρω έρευνα στο παρόν θέμα μπορεί να ακολουθήσει δύο άξονες: α) τη μετατροπή της σταθεράς  $N$  σε παράμετρο κράτυνσης, γεγονός που συνεπάγεται αύξηση της πολυπλοκότητας του προσομοιώματος, και β) ενσωμάτωση του νέου προσομοιώματος «στρεβλωμένου ελλειψοειδούς» σε κώδικα αριθμητικών αναλύσεων (π.χ. πεπερασμένων στοιχείων ή διαφορών) για τη διερεύνηση της ακρίβειάς του σε προβλήματα συνοριακών συνθηκών.

**Επιβλέπων:** Αχιλλέας Παπαδημητρίου, Λέκτορας

Μάρτιος 2009