



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Νέο καταστατικό προσομοίωμα της συμπεριφοράς
συνεκτικών εδαφών υπό μονοτονική φόρτιση**

Αγαπουλάκη Γεωργία

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 αρχικώς 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 μία κριτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων παλαιότερης έρευνας στο Π.Θ. (Βράννα 2009), από την οποία επιβεβαιώθηκε πως ένας πιθανός τρόπος βελτίωσης της απόδοσης ελαστο-πλαστικών προσομοιωμάτων όπως το SANICLAY είναι η μορφή της επιφάνειας διαρροής που υιοθετείται, και ειδικά για αστράγγιστες συνθήκες διάτμησης. Όπως προέκυψε, οι δύο επιλογές για εναλλακτικές μορφές της επιφάνειας διαρροής που εξετάστηκαν εκεί (με τα ονόματα «στρεβλωμένος λημνίσκος» και «στρεβλωμένο ελλειψοειδές») επέφεραν βελτίωση των προσομοιώσεων σε κάποιες περιπτώσεις φόρτισης (ειδικά για το «στρεβλωμένο ελλειψοειδές»), μα δεν δικαιολογούσαν το κόστος στη δυσχέρεια χρήσης λόγω ανάγκης βαθμονόμησης μίας επιπλέον σταθεράς (Παπαδημητρίου κ. α. 2010, Paradimitriou et al. 2010).

Έτσι, στην παρούσα εργασία έγινε μια νέα αντίστοιχη προσπάθεια. Συγκεκριμένα, αρχικώς προτάθηκε ένα προσομοίωμα με το όνομα «στρεβλωμένη έλλειψη», το οποίο διατηρεί πολλά από τα χαρακτηριστικά του SANICLAY (μορφή επιφάνειας πλαστικού δυναμικού και νόμος κράτυνσης αυτού, ισότροπη ελαστικότητα) αλλά διαθέτει μία νέα μορφή επιφάνειας διαρροής. Πιο συγκεκριμένα, η νέα μορφή επιφάνειας διαρροής, που προτάθηκε από τους Taiebat (2008) και Taiebat and Dafalias (2010), ορίζεται μαθηματικώς πάντα (σε αντίθεση με εκείνη του SANICLAY που εκφυλίζεται σε ευθεία υπό προϋποθέσεις), και στη «στρεβλωμένη έλλειψη» διατηρεί τη μορφή των νόμων (ισοτροπικής και περιστροφικής) κράτυνσης της επιφάνειας διαρροής του SANICLAY με μικρές διαφοροποιήσεις. Η νέα αυτή επιφάνεια διαρροής απαιτεί τη βαθμονόμηση δύο σταθερών στη θέση της μίας σταθεράς του SANICLAY, γεγονός που το καθιστά συγκριτικά πιο πολύπλοκο. Εκτεταμένες συγκρίσεις προβλέψεων του νέου προσομοιώματος με το προσομοίωμα αναφοράς έδειξαν ότι σε μεμονωμένες περιπτώσεις μπορούν να προκύψουν συγκριτικά καλύτερες προβλέψεις, αλλά, στο σύνολό τους, κρίνεται ότι δεν προσφέρει κάποια σημαντική βελτίωση. Συμπερασματικά, δεδομένου ότι η «στρεβλωμένη έλλειψη» έχει συγκριτικά μία



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

επιπλέον σταθερά, κρίνεται ότι η χρήση του SANICLAY σε όρους ευχρηστίας – ακρίβειας είναι μάλλον προτιμότερη.

Στη συνέχεια, εξετάστηκε ένα νέο προσομοίωμα το οποίο δεν υιοθετεί μια νέα μορφή της επιφάνειας διαρροής, όπως τα προαναφερθέντα, αλλά διατηρεί την ίδια εξίσωση περιγραφής της επιφάνειας διαρροής $f=0$ του προσομοιώματος αναφοράς SANICLAY, μετατρέποντας τη σταθερά καθορισμού του εύρους της, N , σε μια επιπλέον μεταβλητή κράτυνσης, και για το λόγο αυτό το νέο προσομοίωμα ονομάστηκε SANICLAY-N. Η νέα μεταβλητή κράτυνσης N συσχετίζεται άμεσα με τη μεταβλητή περιστροφικής κράτυνσης β της ίδιας επιφάνειας, και εισάγει μία μόνο νέα σταθερά προς βαθμονόμηση, η οποία μάλιστα είναι εύκολα βαθμονομήσιμη (χωρίς ανάγκη επαναλήψεων). Εκτεταμένες συγκρίσεις προβλέψεων του νέου προσομοιώματος με το προσομοίωμα αναφοράς έδειξαν ότι προσφέρει ικανοποιητική βελτίωση των προσομοιώσεων σε αρκετές περιπτώσεις φόρτισης (κυρίως σε δοκιμές μετά από ιστροπική συμπίεση), ενώ στις υπόλοιπες η απόδοσή του είναι αντίστοιχη με εκείνη του SANICLAY. Όπως είναι φυσικό, στο SANICLAY-N, εξακολουθεί να υφίσταται το πρόβλημα μαθηματικής ύπαρξης της επιφάνειας διαρροής, γεγονός που αντιμετωπίζεται επιτυχώς με κατάλληλη μορφοποίηση του ρυθμού επαύξησης της μεταβλητής β , όπως και στο προσομοίωμα αναφοράς. Επισημαίνεται ότι με κατάλληλη βαθμονόμηση της επιπλέον σταθεράς, το νέο προσομοίωμα μεταπίπτει απολύτως στο SANICLAY.

Συνεπώς, συνολικά κρίνεται ότι το SANICLAY-N είναι προτιμότερο προς χρήση από το προσομοίωμα αναφοράς, καθώς το κέρδος σε ακρίβεια (σε στραγγιζόμενες και αστράγγιστες συνθήκες φόρτισης) είναι μεγαλύτερο του κόστους μιας επιπλέον σταθεράς, δεδομένης της ευχέρειας στη βαθμονόμησή της. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από εκτεταμένες συγκρίσεις μετρήσεων (τριαξονικών δοκιμών) – προσομοιώσεων για 2 διαφορετικές αργίλους (Lower Cromer Till, Boston Blue Clay) και τιμές OCR από 1 έως 10.

Περαιτέρω έρευνα στο παρόν θέμα μπορεί να ακολουθήσει δύο άξονες: α) γενίκευση του προσομοιώματος SANICLAY-N στις 3 διαστάσεις τάσεων-παραμορφώσεων, και διερεύνηση της βελτίωσης απόδοσης σε μη-τριαξονικές συνθήκες φόρτισης (επίπεδη παραμόρφωση, απευθείας διάτμηση, κλπ), β) ενσωμάτωση του SANICLAY-N σε κώδικα αριθμητικών αναλύσεων (π.χ. πεπερασμένων στοιχείων ή διαφορών) για τη διερεύνηση της βελτίωσης απόδοσης σε προβλήματα συνοριακών τιμών.

Επιβλέπων: Αχιλλέας Παπαδημητρίου, Λέκτορας

Οκτώβριος 2011