

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Γεωτεχνικής



National Technical University of Athens
School of Civil Engineering
Geotechnical Department

Διπλωματική Εργασία

ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΤΣΙΩΝΗ

Επιβλέπων:

Αναπλ. Καθηγητής Ν. Γερόλυμος

ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ

**Σύγκριση των Καταστατικών Προσομοιωμάτων UBCSAND, PM4SAND
και Hardening Soil small**

1D SEISMIC ANALYSIS OF SOIL DEPOSIT

Comparison of Constitutive Models UBCSAND, PM4SAND and Hardening
Soil Small

Diploma Thesis

VASILIKI TSIONI

Supervised by:

Ass. Prof. N. Gerolymos

Αθήνα, Ιούλιος 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το λογισμικό Πεπερασμένων Στοιχείων PLAXIS χρησιμοποιείται ευρύτατα σε δυναμικές γεωτεχνικές αναλύσεις και το καταστατικό προσομοίωμα Hardening Soil small είναι μία από τις δημοφιλέστερες επιλογές για την προσομοίωση της εδαφικής συμπεριφοράς. Επιπλέον, τα προσομοιώματα UBC Sand και PM4 Sand έχουν αναπτυχθεί με σκοπό την μοντελοποίηση του φαινομένου της εδαφικής ρευστοποίησης. Η διπλωματική εργασία επικεντρώνεται σε αυτά τα τρία προσομοιώματα και επιχειρεί να συγκρίνει την συμπεριφορά τους υπό δυναμική φόρτιση. Η σύγκριση γίνεται σε ξηρές εδαφικές συνθήκες, ώστε να απομονωθούν τα χαρακτηριστικά που διέπουν την δυναμική απόκριση των προσομοιωμάτων, χωρίς να συμβαίνει εδαφική ρευστοποίηση, η οποία θα καταστύσε τα αποτελέσματα μη συγκρίσιμα.

Η έρευνα χωρίζεται σε τέσσερις ομάδες αναλύσεων. Η πρώτη εξετάζει την ταύτιση των αποτελεσμάτων του λογισμικού PLAXIS για ελαστικό έδαφος με τις αναλυτικές επιλύσεις διαθέσιμες στην βιβλιογραφία σε φόρτιση με διατμητικά ή διαμήκη κύματα. Έπειτα, αφού οι παράμετροι των τριών μοντέλων βαθμονομηθούν καταλλήλως, ακολουθεί η σύγκριση της απόκρισης των τριών προσομοιωμάτων σε περίπτωση ημιτονοειδούς. Η σύγκριση επιχειρείται σε όρους συντελεστή εδαφικής ενίσχυσης και βρόγχου απόσβεσης. Η τρίτη ανάλυση συγκρίνει τα τρία προσομοιώματα υπό την φόρτιση τριων πραγματικών σεισμικών περιστατικών., όπου πέρα των προηγούμενων όρων, η σύγκριση εξετάζει και τις διαφορές που συναντώνται στα φάσματα απόκρισης. Τέλος, μία πληθώρα πραγματικών εδαφικών περιστατικών εφαρμόζεται ως φόρτισεις και τα φάσματα απόκρισης υπολογίζονται για κάθε προσομοίωμα και κάθε περιστατικό. Τα φάσματα τείθονται υπό σύγκριση με το αντίστοιχο φάσμα που προτείνει ο αντισεισμικός κανονισμός.

Η εργασία εξάγει συμπεράσματα για την απόκριση των τριών προσομοιωμάτων σε δυναμική φόρτιση και συγκρίνει τα κύρια χαρακτηριστικά που την καθορίζουν. Επίσης, αναγνωρίζεται ανα περίπτωση το προσομοίωμα που οδηγεί στο δυσχερέστερο σενάριο σχεδιασμού, και ιδιαίτερα στην περίπτωση ανάλυσης πραγματικών σεισμικών περιστατικών.

ABSTRACT

The Finite Element Method software PLAXIS is widely used in dynamic geotechnical analyses and the Hardening Soil small constitutive model is one of the most popular choices for modelling soil behavior. Also, models like UBC Sand and PM4 Sand have been developed with the goals of modelling the phenomenon of soil liquefaction. This thesis focuses on these three models and compares their behavior under dynamic loading. The comparison takes place in dry soil conditions, so that the features that dictate the models' dynamic response can be isolated. Otherwise, soil liquefaction would be possible, and the results of the models would not be comparable.

This research takes part in four analyses sets. The first one examines the likeness of the results of PLAXIS for elastic soil analysis to the available analytical solutions under dynamic loading with shear and compressive waves. Then, after calibrating the input parameters of the three constitutive models, their results are compared in the case of a dynamic sinusoidal loading. This comparison is being performed in terms of the soil amplification factor and damping loop. The third analysis compares the three constitutive models under loading with three real seismic events, where additionally to the previous terms, the comparison also focuses on the response spectrum. Finally, a plethora of real seismic events are supplied as loading scenarios in the analysis and the response spectrum of every model is calculated for each case. The spectra are put under comparison with the response spectrum advised by the seismic design standards.

This thesis draws conclusions on the response of the three constitutive models under dynamic loading and compares the main traits that dictate their dynamic behavior. Moreover, the constitutive model that leads to the worst-case design scenario is identified, which is even more important in the case of analyzing real seismic events.