



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Τοπογραφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης
στη γειτονία μονοκλινών πρανών**

Αποστολία Κοντογιάννη

Περίληψη διπλωματικής εργασίας

Έχουν ήδη υπάρξει αρκετές ερευνητικές προσπάθειες μελέτης του φαινομένου της τοπογραφικής επιδείνωσης της σεισμικής κίνησης στη γειτονία μονοκλινών πρανών, φωτίζοντας αρκετές εκφάνσεις του φαινομένου. Για παράδειγμα, οι Bouckouvalas & Paradimitriou (2005), εκτίμησαν την τοπογραφική επιδείνωση καθ' όλο το μήκος της επιφάνειας του εδάφους (μπρος και πίσω από το πρανές) και πρότειναν προσεγγιστικές σχέσεις υπολογισμού της επίδρασης της τοπογραφίας μονοκλινούς πρανούς, μόνο όμως στη μέγιστη σεισμική επιτάχυνση. Στην παρούσα εργασία μελετάται αριθμητικά η τοπογραφική επιδείνωση όχι μόνο της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης, αλλά ολόκληρου του ελαστικού φάσματος απόκρισης τόσο στην οριζόντια, όσο και στην (παρασιτική) κατακόρυφη συνιστώσα. Επίσης διερευνάται προκαταρκτικά η επίδραση που μπορεί να έχει η ύπαρξη «μαλακής» στρώσης πίσω από τη στέψη του πρανούς στους συντελεστές τοπογραφικής επιδείνωσης και στο ελαστικό φάσμα απόκρισης, συγκριτικά μ' ένα αντίστοιχο ομοιόμορφο πρανές.

Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν αριθμητικές αναλύσεις με τη μέθοδο πεπερασμένων διαφορών FLAC. Το έδαφος θεωρήθηκε ιξωδο-ελαστικό, ομοιόμορφο με ταχύτητα διατμητικών κυμάτων $V_s = 500\text{m/s}$, λόγο Poisson $\nu = 1/3$ και πυκνότητα $\rho = 2\text{Mg/m}^3$. Χαρακτηριστικά των αναλύσεων αποτελούν οι ιδιαίτερα πυκνοί και ευρείς κάρναβοι, σύνορα ελευθέρου πεδίου στα πλευρικά όρια του καννάβου, και επιβολή της σεισμικής διέγερσης στη βάση του καννάβου ως χρονοϊστορία διατμητικής τάσης, που σε συνδυασμό με αποσβεστήρες στη βάση αντιστοιχεί σε κατακόρυφη πρόσπτωση κυμάτων SV από τον υποκείμενο ημίχωρο. Υιοθετείται απόσβεση τύπου Rayleigh, με ελάχιστη τιμή $\xi=5\%$ στη δεσπόζουσα περίοδο T_e της διέγερσης. Ως σεισμικές διεγέρσεις χρησιμοποιήθηκαν η καταγραφή του σεισμού του Αιγίου (1995) με έναν σημαντικό κύκλο φόρτισης, και η καταγραφή του σεισμού της Κοζάνης (1995) με τέσσερις σημαντικούς κύκλους φόρτισης, κατάλληλα προσαρμοσμένες κάθε φορά για να επιτυγχάνεται η επιθυμητή δεσπόζουσα περίοδος διέγερσης T_e . Οι αναλύσεις για κάθε μορφή χρονοϊστορίας διέγερσης πραγματοποιήθηκαν για κλίσεις $i = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ και αδιάστατα ύψη πρανούς $H/\lambda = 0.125, 0.20, 0.45$ και 1.0 ομοιόμορφων μονοκλινών πρανών (H το ύψος και $\lambda = V_s T_e$ το δεσπόζον μήκος διατμητικών κυμάτων). Το συνολικό πλήθος των αναλύσεων για ομοιόμορφα πρανή ανέρχεται σε 48. Στα πρανή με «μαλακή» στρώση πίσω από τη στέψη (πάχους $h=10\text{m}$, ταχύτητας S κυμάτων 180m/s), οι ιξωδο-ελαστικές αναλύσεις για κάθε μορφή χρονοϊστορίας διέγερσης πραγματοποιήθηκαν ενδεικτικά για κλίση $i = 30^\circ$ και δεσπόζουσες περιόδους διέγερσης $T_e = 0.5, 0.222$ και 0.1sec . Το συνολικό πλήθος των αναλύσεων για τη συγκεκριμένη μορφή ανομοιομορφίας του εδάφους ανέρχεται σε 12.

Η έμφαση στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων, δόθηκε στην τοπογραφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης (απόσβεση 5%) καθ' όλο το μήκος της επιφάνειας του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα:

- (α) η τοπογραφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση ορίζεται με τον **φασματικό λόγο AS_{ah}** που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης S_{ah} για την οριζόντια ταλάντωση κάθε σημείου της επιφάνειας του μονοκλινούς πρανούς προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση του εκάστοτε ελευθέρου πεδίου $S_{ah,ff}$ (διαφορετικό για την περιοχή πίσω από τη στέψη $S_{ah,c}$ και μπροστά από τον πόδα $S_{ah,t}$).
- (β) η τοπογραφική επιδείνωση του (παρασιτικού) ελαστικού φάσματος απόκρισης στην κατακόρυφη διεύθυνση ορίζεται με τον **φασματικό λόγο AS_{av}** που ορίζεται ως ο λόγος του ελαστικού φάσματος απόκρισης S_{av} για την (παρασιτική) κατακόρυφη ταλάντωση κάθε σημείου της επιφάνειας του μονοκλινούς πρανούς προς το ελαστικό φάσμα απόκρισης στην οριζόντια διεύθυνση του εκάστοτε ελευθέρου πεδίου $S_{ah,ff}$ (διαφορετικό για τις περιοχές πίσω από τη στέψη και μπροστά από τον πόδα, όπως ανωτέρω).

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτουν τα κάτωθι γενικά συμπεράσματα, ειδικά για το ελαστικό φάσμα απόκρισης:

- Η τοπογραφική επιδείνωση του ελαστικού φάσματος απόκρισης δεν είναι ενιαία, αλλά διαφοροποιείται ανάλογα με την περίοδο κατασκευής T . Σε κάθε περίπτωση διαφαίνεται ότι είναι σημαντική για $T=0$ (μέγιστη εδαφική επιτάχυνση) και για σχετικά μικρές περιόδους κατασκευής, έως τη δεσπόμενη περίοδο της διέγερσης T_e . Για παράδειγμα, η τοπογραφική επιδείνωση κρίνεται μη σημαντική (και πρακτικώς αμελητέα) για $T \geq 1\text{sec}$, και μόνο για ιδιαίτερα χαμηλόσυχνες διεγέρσεις το εν λόγω όριο μετατοπίζεται προς μεγαλύτερες περιόδους. Το πόσο σημαντική είναι η τοπογραφική επιδείνωση της κίνησης για σχετικά μικρές περιόδους κατασκευής εξαρτάται κυρίως από τις κρίσιμες παράμετρους του φαινομένου, δηλαδή το αδιάστατο ύψος του πρανούς H/λ και την κλίση του i , ενώ δεν εξαρτάται ουσιαστικά από τον αριθμό κύκλων της διέγερσης. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν και τους δύο φασματικούς λόγους AS_{ah} και AS_{av} .
- Εν γένει, η ύπαρξη «μαλακής» στρώσης πίσω από τη στέψη αλλάζει τις επιταχύνσεις στην περιοχή πίσω από τη στέψη, αλλά δεν επηρεάζει την περιοχή μπροστά από τον πόδα του πρανούς. Οι επιταχύνσεις αλλάζουν, ως επί το πλείστον, με βάση τη θεωρία 1Δ μετάδοσης κυμάτων για «μαλακή» στρώση επί ελαστικού βράχου. Η τιμή των τοπογραφικών επιδεινώσεων διαφοροποιείται λόγω «μαλακής» στρώσης σε μικρό βαθμό και ως τιμή και ως χωρική διαφοροποίηση, συγκριτικά με ό,τι αναμένεται για ομοιόμορφο πρανός. Σε κάθε περίπτωση, όταν προκύπτουν αλλαγές στις τοπογραφικές ενισχύσεις λόγω «μαλακής» στρώσης πίσω από τη στέψη, αυτές είναι ελαφρώς ενισχυτικές (έως 10%). Στην πράξη οι αλλαγές αυτές προκύπτουν μόνο σε υψίσυχνες διεγέρσεις, δηλαδή όταν η δεσπόμενη περίοδος T_e είναι μικρότερη της ιδιοπερίοδου της «μαλακής» στρώσης T_s , οπότε και υπάρχει ελαφρά ενίσχυση των τοπογραφικών ενισχύσεων, όχι μόνο για $T=0$ αλλά και τοπικά στην περιοχή περιόδων της T_e , κυρίως στην παρασιτική κατακόρυφη διεύθυνση και λιγότερο στην οριζόντια.

Επιβλέπων: Αχιλλέας Παπαδημητρίου, Επίκ. Καθηγητής
Φεβρουάριος 2013