

# Επίδραση υπογείων έργων στα φάσματα αντισεισμικού σχεδιασμού κτιρίων

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα έχει ως αντικείμενο την διερεύνηση των συνθηκών υπό τις οποίες η επίδραση των υπογείων έργων είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον αντισεισμικό σχεδιασμό των κτιρίων καθώς και τον προσδιορισμό των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών της επίδρασης αυτής.

Σημείο εκκίνησης υπήρξε η βιβλιογραφική έρευνα, μέσω της οποίας πραγματοποιήθηκαν συγκεντρώθηκαν πρακτικοί κανόνες και οδηγίες σχετικά με την αντισεισμική δόμηση πλησίον υπόγειων έργων καθώς και αποτελέσματα από θεωρητικές αναλύσεις συγκεκριμένων έργων. Τα στοιχεία αυτά βοήθησαν στην αναγνώριση των παραμέτρων του προβλήματος και καθοδήγησαν τον προγραμματισμό των παραμετρικών αναλύσεων.

Η έρευνα βασίστηκε σε λεπτομερή αριθμητική προσομοίωση της δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους - υπόγειου έργου με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών. Οι αναλύσεις που έγιναν έλαβαν υπόψη τον δυναμικό χαρακτήρα της φόρτισης, την τρισδιάστατη έκταση των υπόγειων έργων και τη μη γραμμική-υστερητική συμπεριφορά του εδάφους υπό σεισμική διέγερση. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο κώδικας πεπερασμένων διαφορών Flac, τα δε αποτελέσματα που παρείχε ελέγχθηκαν με βάση θεωρητικές λύσεις καθώς και αντίστοιχα αποτελέσματα του κώδικα SHAKE, ο οποίος αποτελεί το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο σήμερα υπολογιστικό μέσο για μονοδιάστατες αναλύσεις σεισμικής απόκρισης.

Το μεγαλύτερο τμήμα της έρευνας απετέλεσε η εκτέλεση παραμετρικών αναλύσεων για την ποιοτική και ποσοτική αποτίμηση του προβλήματος. Στους παράγοντες που εξετάστηκαν περιλαμβάνονται οι διαστάσεις και η δυσκαμψία των υπόγειων έργων, το βάθος τους, το είδος του εδάφους και τα χαρακτηριστικά της σεισμικής διέγερσης.

Τα είδη εδαφών που εξετάστηκαν κυμαίνονταν από βράχο έως έδαφος με ταχύτητες διάδοσης διατμητικού κύματος  $V_s = 200 - 1500 \text{ m/s}$ , ενώ το φάσμα τιμών των περιόδων των διεγέρσεων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ευρύ, ώστε να περιλαμβάνει τόσο υψίσυχνους όσο και σχετικά μακροπερίόδους κραδασμούς ( $T = 0.05 \div 1.0 \text{ sec}$ ). Το εύρος τιμών των χαρακτηριστικών του υπόγειου ανοίγματος επιλέχθηκε με κριτήριο τα συνήθη υπόγεια έργα ως εξής: εξωτερική διάμετρος κυκλικών ανοιγμάτων  $D = 5 \div 20 \text{ m}$ , εσωτερική διάμετρος κυκλικών ανοιγμάτων με τοιχώματα  $d = 4 \div 17 \text{ m}$ , εξωτερικό μήκος πλευράς τετραγωνικού ανοίγματος  $a = 5 \div 20 \text{ m}$ .

Πιο συγκεκριμένα έγιναν οι εξής αναλύσεις:

- Παραμετρικές αναλύσεις με αρμονική διέγερση σε κυκλική ανεπένδυτη, κυκλική επενδεδυμένη και τετραγωνική ανεπένδυτη σήραγγα.
- Αναλύσεις για 2 πραγματικές περιπτώσεις: σταθμός και τυπική σήραγγα του Μετρό Αθηνών.
- Παραμετρικές αναλύσεις με αρμονική διέγερση σε ανομοιόμορφο έδαφος
- Παραμετρικές αναλύσεις με διέγερση μορφής παλμού Chang's signal

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε κατέδειξε σαφώς πως η ύπαρξη υπογείου έργου επιδρά πράγματι στη σεισμική κίνηση της επιφάνειας του εδάφους καθώς:

- μεταβάλλει (ενισχύει ή απομειώνει) την οριζόντια συνιστώσα της κίνησης σε σχέση με την τιμή του ελευθέρου πεδίου και
- προκαλεί την εμφάνιση παρασιτικής κατακόρυφης συνιστώσας, που δύναται να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την οριζόντια.

Τα αποτελέσματα των παραμετρικών αναλύσεων από την αριθμητική προσομοίωση υπέστησαν εν συνεχεία στατιστική επεξεργασία και διατυπώθηκαν προσεγγιστικές σχέσεις, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον μηχανικό για την ποσοτική εκτίμηση της επίδρασης των υπόγειων έργων στα φάσματα αντισεισμικού σχεδιασμού.