

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε διερεύνηση του τρόπου επιλογής των εντατικών μεγεθών για τη διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων στα πλαίσια της γραμμικής χρονολογικής μεθόδου ανάλυσης (linear time history analysis). Η διερεύνηση αυτή κρίθηκε απαραίτητη καθώς κανένας σύγχρονος αντισεισμικός κανονισμός δεν ορίζει τον τρόπο διαστασιολόγησης με τη μέθοδο αυτή. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν μη γραμμικές χρονολογικές αναλύσεις με σκοπό τον έλεγχο της ανελαστικής απόκρισης του φορέα για τρεις περιπτώσεις διαστασιολόγησης.

Για το σκοπό αυτό και με τη βοήθεια του προγράμματος SAP2000 v10.0.1 πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι δύο οριζόντιες καταγραφές των επιταχύνσεων κατά  $x$  και κατά  $y$  από τέσσερις σεισμούς: El Centro, Kobe, Landers, Loma Prieta. Για κάθε σεισμό έγιναν δύο γραμμικές χρονολογικές αναλύσεις στις οποίες οι συνιστώσες της διέγερσης εφαρμόστηκαν κατά μήκος δύο οριζόντιων και κάθετων μεταξύ τους διευθύνσεων που σχηματίζουν γωνία  $0^\circ$  και  $90^\circ$  αντίστοιχα με τους άξονες του κτιρίου.

Η διαστασιολόγηση πραγματοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές μεθόδους στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλοι συντελεστές πολλαπλασιασμού των επιταχυνσιογραφημάτων ώστε ο απαιτούμενος διαμήκης οπλισμός των δομικών στοιχείων να μην υπερβαίνει τις μέγιστες απαιτήσεις του Ελληνικού Κανονισμού Ωπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ 2000). Κατά την πρώτη και δεύτερη μέθοδο χρησιμοποιήθηκαν οι χρονοϊστορίες των εντατικών μεγεθών  $N$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  που προέκυψαν από ανάλυση με συνιστώσες της σεισμικής διέγερσης παράλληλες με τους κατασκευαστικούς άξονες του κτιρίου. Συγκεκριμένα:

- Στην πρώτη μέθοδο υπολογίστηκαν οι χρονοϊστορίες των τάσεων στις τέσσερις γωνίες της διατομής των δομικών στοιχείων που μελετήθηκαν. Από τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές των τάσεων προέκυψαν οι τιμές των εντατικών μεγεθών που χρησιμοποιήθηκαν στη διαστασιολόγηση.
- Στη δεύτερη μέθοδο προσδιορίστηκαν η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή όλων των εντατικών μεγεθών ( $\max N$ ,  $\min N$ ,  $\max M_2$ ,  $\min M_2$ ,  $\max M_3$ ,  $\min M_3$ ) από τις αντίστοιχες χρονοϊστορίες. Η διαστασιολόγηση πραγματοποιήθηκε για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των τιμών αυτών.
- Στην τρίτη μέθοδο υπολογίστηκαν οι χρονοϊστορίες των τάσεων στις τέσσερις γωνίες της διατομής των δομικών στοιχείων που μελετήθηκαν για γωνίες διέγερσης  $0^\circ$  και  $90^\circ$ . Από τις χρονοϊστορίες αυτές προέκυψαν με τη μέθοδο της απλής τετραγωνικής επαλληλίας η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή των τάσεων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η κρίσιμη γωνία για κάθε τάση και προσδιορίστηκαν οι τριάδες των εντατικών μεγεθών που αντιστοιχούν στη χρονική στιγμή που εμφανίζεται η τάση αυτή.

Σε κάθε περίπτωση έγινε επαλληλία των εντατικών μεγεθών που προέκυψαν με τα αντίστοιχα μεγέθη στατικής ανάλυσης για κατακόρυφα φορτία  $G+0,3Q$ .

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις τρεις μεθόδους διαστασιολόγησης είναι τα εξής:

- Ανάλογα με τη μέθοδο διαστασιολόγησης που επιλέγεται η διακύμανση του ποσοστού του απαιτούμενου διαμήκους οπλισμού είναι πολύ μεγάλη.
- Η τρίτη μέθοδος διαστασιολόγησης δίνει σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερο ή ίσο ποσοστό απαιτούμενου διαμήκους οπλισμού σε σύγκριση με την πρώτη. Αυτό ήταν αναμενόμενο αφού στη τρίτη μέθοδο ο οπλισμός προκύπτει από την κρίσιμη γωνία που δίνει πάντα τη μεγαλύτερη τάση. Στην περίπτωση που η κρίσιμη γωνία προκύπτει ίση με  $0^\circ$  τότε οι δύο μέθοδοι δίνουν το ίδιο ποσοστό διαμήκους οπλισμού.
- Μεταξύ της δεύτερης και της τρίτης μεθόδου διαστασιολόγησης δεν είναι ξεκάθαρο το ποια από τις δύο δίνει μεγαλύτερο ποσοστό απαιτούμενου διαμήκους οπλισμού. Η

δυσμενέστερη διαστασιολόγηση διαφοροποιείται τόσο για την κάθε σεισμική διέγερση που εξετάστηκε όσο και για το κάθε δομικό στοιχείο.

Στη συνέχεια έγινε έλεγχος της ανελαστικής απόκρισης του φορέα για κάθε περίπτωση διαστασιολόγησης, καθώς και έλεγχος της επιρροής της διεύθυνσης διέγερσης στην ανελαστική απόκριση για τους σεισμούς El Centro, Kobe και Landers. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν μη γραμμικές χρονολογικές αναλύσεις (nonlinear time history analysis) τόσο για το σεισμό σχεδιασμού όσο και για μεγαλύτερους. Οι συνιστώσες της διέγερσης εφαρμόστηκαν κατά μήκος δύο κάθετων διευθύνσεων που σχηματίζουν γωνία με τους άξονες του κτιρίου η οποία μεταβάλλεται από  $0^\circ$  έως  $360^\circ$  ανά  $45^\circ$ . Για τον υπολογισμό των μη γραμμικών ιδιοτήτων των διατομών των δομικών στοιχείων (hinge properties) αξιοποιήθηκε ενσωματωμένη δυνατότητα του προγράμματος. Η πιθανή εμφάνιση πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα των δομικών στοιχείων προσομοιώθηκε με την επιλογή frame hinges.

Από τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων προκύπτουν τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

- Ο φορέας συμπεριφέρεται ελαστικά στις περιπτώσεις για τις οποίες διαστασιολογήθηκε. Συγκεκριμένα για την πρώτη και τη δεύτερη μέθοδο για γωνία εφαρμογής της σεισμικής διέγερσης ίση με  $0^\circ$  δεν εμφανίστηκαν πλαστικές αρθρώσεις. Στην τρίτη μέθοδο ο φορέας παρέμεινε στην ελαστική περιοχή για οποιαδήποτε γωνία εφαρμογής της διέγερσης.
- Στην πρώτη και στη δεύτερη μέθοδο εμφανίστηκαν πλαστικές αρθρώσεις για το σεισμό σχεδιασμού αλλά για γωνίες εφαρμογής της διέγερσης διαφορετικές από αυτή που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διαστασιολόγηση. Συνεπώς οι μέθοδοι αυτές υστερούν σε σχέση με την τρίτη στην οποία ο φορέας δεν πλαστικοποιήθηκε για οποιαδήποτε γωνία εφαρμογής της διέγερσης.
- Για σεισμούς μεγαλύτερους από το σεισμό σχεδιασμού όπως ήταν αναμενόμενο εμφανίζονται πλαστικές αρθρώσεις και στις τρεις περιπτώσεις διαστασιολόγησης. Ωστόσο, στην τρίτη μέθοδο ο φορέας παρουσίασε καλύτερη συμπεριφορά αφού εμφάνισε αρκετά λιγότερες πλαστικές αρθρώσεις σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους.