

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την επιρροή της δυσκαμψίας των μονωτήρων στην σεισμική απόκριση μιας σεισμικά μονωμένης κατασκευής. Για τον σκοπό αυτό θεωρήθηκε ένα τριώροφο κτίριο, με ασύμμετρη διάταξη των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων του, σεισμικά μονωμένο στη βάση του με ελαστομεταλλικά εφέδρανα από πυρήνα μολύβδου. Για το κτίριο αυτό εξετάστηκαν δύο εναλλακτικά συστήματα σεισμικής μόνωσης: ένα, στο οποίο όλοι οι μονωτήρες διέθεταν την ίδια οριζόντια δυσκαμψία [μοντέλο (β)] και το οποίο επιλέχθηκε, έτσι ώστε η θεμελιώδης ιδιοπερίοδός του να μην υπερβαίνει το τριπλάσιο της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου του ίδιου κτιρίου θεωρούμενου ως πλήρως πακτωμένου και ένα δεύτερο, στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικοί ως προς την οριζόντια δυσκαμψία τους τύποι μονωτήρων [μοντέλο (γ)]. Η εκλογή των ιδιοτήτων των μονωτήρων, καθώς και ο καθορισμός της θέσης τους πραγματοποιήθηκαν με κριτήριο τη σύμπτωση του ίχνους του άξονα βέλτιστης στρέψης του κτιρίου με το θεωρητικό κέντρο μάζας της κατασκευής. Η τελική επιλογή έγινε μετά από σειρά παραμετρικών αναλύσεων, έτσι ώστε η συνολική οριζόντια δυσκαμψία του συστήματος να παραμείνει αμετάβλητη, καθώς επίσης και να διατηρηθεί η συνολική δυστρεψία του κτιρίου σταθερή.

Στο *πρώτο κεφάλαιο* περιγράφεται ο φέρων οργανισμός του κτιρίου και επισημαίνονται όλα τα βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του. Λόγω του ότι τα πολυώροφα ασύμμετρα κτίρια δεν διαθέτουν πραγματικό ελαστικό άξονα, παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό του άξονα βέλτιστης στρέψης και των κυρίων διευθύνσεων του κτιρίου. Η μεθοδολογία αυτή των Α. Αθανατοπούλου και Ν. Δουδούμη, που χρησιμοποιήθηκε, αποτελεί γενίκευση της μεθοδολογίας των Marino και Rossi. Ενδεικτικά παρουσιάζεται και η ανάλυση της κατασκευής με τη θεώρηση ότι είναι πλήρως πακτωμένη. Με τον τρόπο αυτό γίνεται φανερό η βελτίωση της συμπεριφοράς της κατασκευής χρησιμοποιώντας σεισμική μόνωση. Με την εφαρμογή συστήματος μόνωσης με μονωτήρες ίδιου τύπου, παρατηρείται σημαντική μετακίνηση του ίχνους του άξονα βέλτιστης στρέψης προς το θεωρητικό κέντρο μάζας του κτιρίου.

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* πραγματοποιούνται όλες οι γραμμικές αναλύσεις. Εφαρμόζεται η Απλοποιημένη Φασματική Μέθοδος και η Δυναμική Φασματική, καθώς πρόκειται για μεθόδους που περιγράφονται αναλυτικά σε όλους τους σύγχρονους Αντισεισμικούς Κανονισμούς και χρησιμοποιούνται ευρέως στην καθημερινή πρακτική. Οι δύο προαναφερθείσες μέθοδοι δεν δίνουν σαφή και ξεκάθαρα αποτελέσματα, γεγονός που δικαιολογείται διότι πρόκειται για προσεγγιστικές μεθόδους. Η εφαρμογή των μεθόδων έγινε σύμφωνα με τις διατάξεις του Ε.Α.Κ. 2003 και παρά το γεγονός ότι οι στροφές των διαφραγμάτων των ορόφων προέκυψαν στις περισσότερες περιπτώσεις μειωμένες, οι μετακινήσεις των κατακόρυφων στοιχείων προκύπτουν άλλοτε μειωμένες και άλλοτε αυξημένες, ανάλογα με τη θέση της μάζας και το σημείο εφαρμογής των δυνάμεων. Για την εξακρίβωση της ευνοϊκής επιρροής των μονωτήρων κρίθηκε σκόπιμη η διενέργεια γραμμικής ανάλυσης με την Χρονολογική Μέθοδο, που είναι σωστότερη και ακριβέστερη. Θεωρήθηκαν πέντε διαφορετικοί σεισμοί, του El Centro, του Kobe, της Λευκάδας, του Αιγίου και της Κοζάνης, τα αποτελέσματα των οποίων οδηγούν στα ίδια συμπεράσματα. Ο υπολογισμός της μέγιστης μετακίνησης των κατακόρυφων στοιχείων

πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της μεθοδολογίας της Α. Αθανασοπούλου, σύμφωνα με την οποία είναι δυνατός ο υπολογισμός της μέγιστης τιμής ενός μεγέθους απόκρισης θεωρώντας συζευγμένες τις τρεις συνιστώσες του σεισμού. Η μέγιστη τιμή οποιοδήποτε μεγέθους απόκρισης επιτυγχάνεται για μια συγκεκριμένη γωνία προσανατολισμού των συνιστωσών της σεισμικής διέγερσης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Τόσο η γωνία όσο και η χρονική στιγμή για τις οποίες το μέγεθος απόκρισης μεγιστοποιείται, χαρακτηρίζονται ως κρίσιμες. Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προέκυψαν ότι η τιμή της κρίσιμης γωνίας, για την οποία τα μεγέθη απόκρισης μεγιστοποιούνται, διαφέρει, καθώς επίσης και πως για διαφορετική σεισμική καταγραφή προκύπτει διαφορετική τιμή της κρίσιμης γωνίας για το ίδιο μέγεθος απόκρισης.

Στο *τρίτο κεφάλαιο* πραγματοποιήθηκαν οι Μη Γραμμικές Αναλύσεις με τη Χρονολογική Μέθοδο, με τη θεώρηση ότι όλη η ανελαστικότητα του συστήματος είναι συγκεντρωμένη στη στάθμη έδρασης των ελαστομεταλλικών εφεδράνων, ενώ η ανωδομή παραμένει ελαστική καθ' όλη τη διάρκεια του σεισμού. Τα επιταχυνσιογραφήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αυτά του El Centro, του Kobe και της Λευκάδας, σεισμοί που έδωσαν τα δυσμενέστερα αποτελέσματα στις γραμμικές αναλύσεις. Η αδυναμία εφαρμογής της αρχής της επαλληλίας στις μη γραμμικές μεθόδους καθώς και το γεγονός ότι τα διάφορα μεγέθη απόκρισης μεγιστοποιούνται για διαφορετικές γωνίες προσανατολισμού των συνιστωσών του σεισμού οδήγησαν στην διενέργεια των αναλύσεων θεωρώντας κάθε φορά το ζεύγος των σεισμικών συνιστωσών μετατοπισμένο κατά γωνία 30° . Με τον τρόπο αυτό έγινε προσπάθεια εντοπισμού των δυσμενέστερων τιμών των μετακινήσεων των στοιχείων και των στροφών των διαφραγμάτων του κτιρίου.

Τα αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων επιβεβαίωσαν τα αντίστοιχα των γραμμικών αναλύσεων, με βάση τα οποία οι μετακινήσεις των στοιχείων της εύκαμπτης πλευράς του κτιρίου μειώθηκαν σημαντικά, έως και 46%, στην περίπτωση του μοντέλου (γ) συγκριτικά με τις αντίστοιχες προκύπτουσες μετακινήσεις του μοντέλου (β). Στις μη γραμμικές αναλύσεις η μέγιστη μείωση ανήλθε σε ποσοστό 27%. Στα στοιχεία της δύσκαμπτης πλευράς οι μετακινήσεις προκύπτουν επίσης μειωμένες στις γραμμικές αναλύσεις με τη χρονολογική μέθοδο, ενώ στις μη γραμμικές αναλύσεις εμφανίζονται άλλοτε μειωμένες και άλλοτε παρουσιάζουν μικρή αύξηση της τάξης του 10%. Σε κάθε περίπτωση οι στρόφες των διαφραγμάτων των ορόφων λαμβάνονται κατά μια τάξη μεγέθους μικρότερες στο μοντέλο (γ) σε σχέση με το μοντέλο (β), παρά το γεγονός ότι τελικά κατά τη μόρφωσή του το μοντέλο (γ) προέκυψε κατά 1,4% πιο εύστρεπτο από το μοντέλο (β). Τα παραπάνω συνηγορούν στη σημαντική μείωση της καταπόνησης που υφίστανται τα περιμετρικά στοιχεία του κτιρίου κατά τη διάρκεια του σεισμού. Αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι με την κατάλληλη εκλογή των μονωτήρων ενός συστήματος μόνωσης, έτσι ώστε να ταυτίζονται το ίχνος του άξονα βέλτιστης στρέψης με το θεωρητικό κέντρο μάζας του κτιρίου, επιτυγχάνεται ομοιομορφοποίηση της παραμόρφωσης όλων των στοιχείων του κτιρίου. Τέλος, όπως ήταν άλλωστε αναμενόμενο, τα μέτρα των μετακινήσεων προκύπτουν αρκετά μεγαλύτερα στις Μη Γραμμικές Αναλύσεις. Η αύξηση, μάλιστα, αυτή φτάνει μέχρι ποσοστό 42% για το σεισμό του El Centro, 20% για το σεισμό του Kobe και 42% για το σεισμό της Λευκάδας.

Συμπερασματικά, όλες οι παραπάνω διαπιστώσεις τεκμηριώνουν τη σημαντική επιρροή της δυσκαμψίας των μονωτήρων στην απόκριση μιας κατασκευής, με την κατάλληλη εκλογή της οποίας είναι εφικτό να επιτευχθεί η βέλτιστη συμπεριφορά.
