

Επιρροή κρίσιμων παραμέτρων στη σεισμική συμπεριφορά κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία με ή χωρίς διαφράγματα από οπλισμένο σκυρόδεμα

Θεοδώρα Καραμάνου

Πολιτικός Μηχανικός, theodorkara@gmail.com

Αλκυόνη Σαρρή

Πολιτικός Μηχανικός, alkionisarri@gmail.com

Στέφανος Δρίτσος

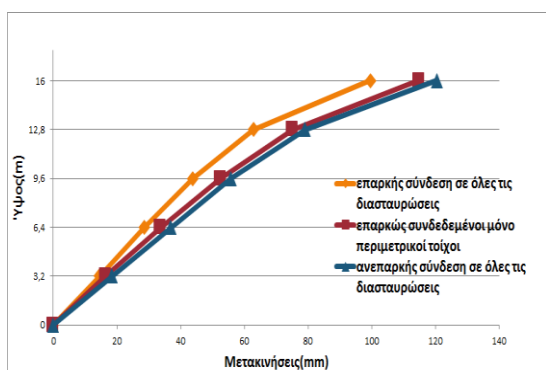
Καθηγητής Π. Πατρών, dritsos@upatras.gr

Εκτενής περίληψη

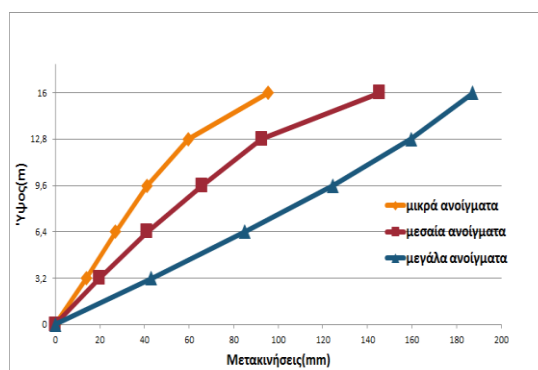
Ένα μεγάλο πλήθος από τις παλιές υφιστάμενες κατασκευές, πολλές εκ των οποίων απαρτίζουν ιστορικά σύνολα, είναι δομημένες από φέρουσα τοιχοποιία χωρίς να είναι εύκολα προσδιορίσιμη (με αξιόπιστους αναλυτικούς υπολογισμούς) η φέρουσα σεισμική τους ικανότητα. Παράλληλα, έχει καταδειχθεί από τις μέχρι σήμερα έρευνες και από τις βλάβες που παρατηρούνται μετά από ισχυρές σεισμικές δονήσεις, ότι υπάρχουν κρίσιμα δομικά χαρακτηριστικά που έχουν σημαντική επιρροή στη σεισμική συμπεριφορά αυτών των κτιρίων.

Στη παρούσα έρευνα αρχικά διερευνάται η επιρροή στη σεισμική συμπεριφορά των κατασκευών δύο βασικών παραμέτρων, του βαθμού σύνδεσης μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων των κτιρίων και του μεγέθους των ανοιγμάτων των φερόντων τοίχων, σε κτίρια με ή χωρίς ισχυρά διαφράγματα. Τα υπό μελέτη κτίρια αποτελούνται από άοπλη αργολιθοδομή και έχουν κοινά μηχανικά χαρακτηριστικά. Προκειμένου να αξιολογηθεί η επιρροή του πρώτου παράγοντα, εξετάζονται κτίρια με επαρκώς συνδεδεμένους τοίχους σε όλες τις διασταυρώσεις, κτίρια όπου οι περιμετρικοί τοίχοι είναι επαρκώς συνδεδεμένοι μεταξύ τους, όχι όμως και με τους εσωτερικούς και κτίρια με ανεπαρκή σύνδεση σε όλες τις διασταυρώσεις. Για την αξιολόγηση της επιρροής του δεύτερου παράγοντα, επιλέγεται να εξεταστούν κτίρια με μικρά, μεσαία και μεγάλα ανοίγματα. Για λόγους πληρότητας, μελετώνται συμμετρικά και ασύμμετρα κτίρια, ενός, δύο και πέντε ορόφων, παρουσία ή απουσία διαφραγμάτων. Για την διερεύνηση της επιρροής της διαφραγματικής λειτουργίας στην απόκριση των κατασκευών, τα υπό μελέτη κτίρια εξετάζονται με ή χωρίς πατώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα σε όλες τις στάθμες των ορόφων τους. Στα πλαίσια της έρευνας μελετώνται πατώματα χωρίς καθόλου διαφραγματική λειτουργία και πατώματα με ισχυρή διαφραγματική λειτουργία. Η ανάλυση όλων των κατασκευών πραγματοποιείται με τη χρήση του προγράμματος ETABS, χρησιμοποιώντας προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων από επιφανειακά και γραμμικά μέλη, προκειμένου να προσδιοριστεί η απόκρισή τους. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η τιμή της σεισμικής αντίστασης κτιρίου R του δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, ο οποίος προτείνεται από τον ΟΑΣΠ, προκειμένου να συγκριθεί με το αντίστροφο της μέγιστης γωνιακής παραμόρφωσης των τοίχων κάθε κτιρίου, η τιμή της οποίας υπολογίζεται μέσω των τιμών των μετακινήσεων που προέκυψαν από την ανάλυση και θεωρείται πως αντιπροσωπεύει την πραγματική αντίσταση του κάθε κτιρίου. Σκοπός της σύγκρισης αυτής είναι να αξιολογηθεί η αξιοπιστία της προσεγγιστικής μεθόδου του ΟΑΣΠ. Επειδή η τιμή της αντίστασης R του δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου δε λαμβάνει υπόψη τη διεύθυνση

της σεισμικής δράσης, η σύγκριση γίνεται με το αντίστροφο της μέγιστης τιμής των γωνιακών παραμορφώσεων που προκύπτουν για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης και για εντός και εκτός επιπέδου μετακινήσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, οι μέγιστες τιμές των γωνιακών παραμορφώσεων προκύπτουν για όλα τα κτίρια χωρίς διάφραγμα για εκτός επιπέδου μετακινήσεις, ενώ παρουσία διαφράγματος οι τιμές των εντός και εκτός επιπέδου γωνιακών παραμορφώσεων συμπίπτουν. Παρακάτω, παρατίθενται ενδεικτικά διαγράμματα, όπου παρουσιάζονται οι τιμές των εκτός επιπέδου μετακινήσεων πενταώροφων, ασύμμετρων κτιρίων, χωρίς διάφραγμα, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον βαθμό σύνδεσης μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων τους (Σχ.1) και ως προς το μέγεθος των ανοιγμάτων τους (Σχ.2).



Σχ. 1 Μετακινήσεις κτιρίων με διαφορετικό βαθμό σύνδεσης



Σχ. 2 Μετακινήσεις κτιρίων με διαφορετικό μέγεθος ανοιγμάτων

Μέσω της διερεύνησης, η οποία περιεγράφηκε παραπάνω, συμπεραίνεται πως για όλα τα κτίρια η ύπαρξη διαφράγματος δρα ευνοϊκά στη μείωση των εκτός επιπέδου μετακινήσεων. Όμως, αυτό δεν ισχύει πάντα και για τις εντός επιπέδου μετακινήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα διάφορα ασύμμετρα κτίρια τα οποία μελετήθηκαν ως προς το βαθμό σύνδεσης μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων τους, όπου παρατηρείται πως παρουσία διαφράγματος οι εντός επιπέδου μετακινήσεις αυξάνονται. Ακόμη, παρατηρείται ότι για τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις η ύπαρξη διαφράγματος είναι περισσότερο σημαντική στα χαμηλά κτίρια, ενώ για τις εντός επιπέδου μετακινήσεις η διαφραγματική λειτουργία είναι ανεξάρτητη του ύψους των κτιρίων. Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει ότι για τον ίδιο όροφο, όσο αυξάνεται το ύψος των κτιρίων, αυξάνεται και η τιμή των μετακινήσεων. Εξάιρεση αποτελούν οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις των συμμετρικών κτιρίων για σεισμό στη διεύθυνση X και οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις των ασύμμετρων κτιρίων και για τις δύο διευθύνσεις της σεισμικής δράσης. Όσον αφορά την επιρροή του βαθμού σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων στην απόκριση των κτιρίων, συμπεραίνεται πως η μείωση αυτού οδηγεί σε αύξηση τόσο των εντός, όσο και των εκτός επιπέδου μετακινήσεων, ενώ η διαφραγματική λειτουργία δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τον βαθμό σύνδεσης. Επιπλέον, παρατηρείται ότι η αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων των φερόντων τοίχων προκαλεί αύξηση των εντός και εκτός επιπέδου μετακινήσεων. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι για εκτός επιπέδου μετακινήσεις, τόσο για συμμετρικά, όσο και για ασύμμετρα κτίρια, με αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων η επιρροή του διαφράγματος μειώνεται. Όσον αφορά τις εντός επιπέδου μετακινήσεις προκύπτει ότι για συμμετρικά κτίρια, η αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων προκαλεί μείωση της επιρροής του διαφράγματος, ενώ αυτό δεν ισχύει πάντα για τα ασύμμετρα κτίρια.

Έπειτα από την σύγκριση της τιμής της σεισμικής αντίστασης R που προκύπτει από την προσεγγιστική μέθοδο του ΟΑΣΠ, με την αντίσταση που υπολογίζεται από τα αποτελέσματα της ανάλυσης, προκύπτει ότι οι διαφορές μεταξύ των δύο τιμών είναι μικρότερες για κτίρια τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον βαθμό σύνδεσης μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων τους, σε σύγκριση με τα κτίρια με διαφορετικό μέγεθος ανοιγμάτων. Όσον αφορά τα κτίρια με διαφορετικό βαθμό σύνδεσης μεταξύ εγκάρσιων τοίχων, παρατηρείται ότι η τιμή της αντίστασης που προκύπτει από τον δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο τις περισσότερες φορές είναι μεγαλύτερη από την τιμή της αντίστασης που προκύπτει από την ανάλυση, γεγονός το οποίο δεν είναι υπέρ της ασφάλειας. Ακόμη, παρατηρείται ότι η μέθοδος του ΟΑΣΠ λειτουργεί καλύτερα σε κτίρια με ανεπαρκή σύνδεση σε όλες τις διασταυρώσεις, ενώ οι διαφορές των τιμών των δύο σεισμικών αντιστάσεων των κτιρίων μειώνονται με την αύξηση του πλήθους των ορόφων. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως η αντίσταση που προκύπτει από την ανάλυση φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τον αριθμό των ορόφων των κτιρίων, σε αντίθεση με την αντίσταση της προσεγγιστικής μεθόδου, η οποία παίρνει σχεδόν σταθερή τιμή παρά την αύξηση του αριθμού των ορόφων, ενώ φαίνεται να επηρεάζεται έντονα από την ύπαρξη διαφράγματος και τον βαθμό σύνδεσης μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων. Όσον αφορά τα κτίρια με διαφορετικό μέγεθος ανοιγμάτων, παρατηρείται ότι και σε αυτή την περίπτωση η προσεγγιστική μέθοδος υπερεκτιμά την πραγματική αντίσταση των κτιρίων, ενώ εξαίρεση αποτελούν τα συμμετρικά κτίρια, απουσία διαφράγματος. Ακόμη, παρατηρείται πως στα κτίρια με διάφραγμα οι διαφορές μεταξύ των τιμών των δύο σεισμικών αντιστάσεων μειώνονται με την αύξηση του μεγέθους των ανοιγμάτων, ενώ στα κτίρια χωρίς διάφραγμα συμβαίνει το αντίθετο. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως η τιμή της αντίστασης που προκύπτει από τον δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο, παρουσία διαφράγματος, είναι μεγαλύτερη κατά μια σταθερή ποσότητα σε σύγκριση με την τιμή αυτής απουσία διαφράγματος, ανεξάρτητα από τον αριθμό των ορόφων, ενώ η αντίσταση που προκύπτει από την ανάλυση δείχνει να επηρεάζεται έντονα από τον αριθμό των ορόφων.

Συνεπώς, από τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι η επιρροή του πλήθους των ορόφων στη σεισμική αντίσταση των κτιρίων προκύπτει αναλυτικά πολύ ισχυρότερη από ότι συνεκτιμά η εκτιμήτρια σεισμικής αντίστασης που ορίζεται στη προσεγγιστική μέθοδο του ΟΑΣΠ για τον δευτεροβάθμιο προσεισμικό έλεγχο. Ως εκ τούτου, θα ήταν σκόπιμο να επικαιροποιηθούν οι επιμέρους δείκτες αντίστασης που ορίζονται στον παραπάνω προσεγγιστικό έλεγχο, συνεκτιμώντας ισχυρότερη επιρροή του πλήθους των ορόφων.

Βιβλιογραφία

- «Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία» Δρίτσος Σ., Ιγνατάκης Χ., Παναγιωτοπούλου Δ., Σπηλιόπουλος Α., Ο.Α.Σ.Π, Νοέμβριος 2012.
- Καραμάνου Θ. & Σαρρή Α., “Επιρροή κρίσιμων παραμέτρων στη σεισμική συμπεριφορά κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Συγκρίσεις με τον Β’ Βάθμιο του ΟΑΣΠ”, Εργασία 22^{ου} Φοιτητικού Συνεδρίου: “Ενισχύσεις και Επισκευές Κατασκευών 2016”, Πάτρα, 16-17 Φεβρουαρίου 2016, <http://www.episkeves2.civil.upatras.gr>
- Παπαλυμπέρη Κ. Αργυρή, “Επιρροή δομικών χαρακτηριστικών κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία στο βαθμό της σεισμικής τους επάρκειας σύμφωνα με τον EC8 και την προσεγγιστική μέθοδο του ΟΑΣΠ”, Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, Πάτρα Μάρτιος 2015.
- Χουτόπουλος Γ. Πέτρος, “Επιρροή δομικών χαρακτηριστικών κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία στην απόκρισή τους παρουσία σεισμικής έντασης”, Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, Πάτρα Μάρτιος 2015.