

## Περίληψη

Αντικείμενο του Ερευνητικού Προγράμματος είναι ο Σχεδιασμός Συστημάτων Σεισμικής Μόνωσης Κτιρίων και Γεφυρών. Η σεισμική μόνωση αποτελεί μέρος της ευρύτερης επιστημονικής περιοχής του Παθητικού Ελέγχου της σεισμικής απόκρισης κατασκευών. Σε αντίθεση με τον Ενεργητικό Έλεγχο που ενεργοποιεί μηχανισμούς επιβολής δυνάμεων στην κατασκευή ο Παθητικός Έλεγχος χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρότερο κόστος γεγονός που επιτρέπει την ευρύτερη εφαρμογή του. Προϋπόθεση εφαρμογής των συστημάτων αυτών είναι η ύπαρξη ανάλογου θεσμικού πλαισίου που θα καλύπτει την εφαρμογή της σεισμικής μόνωσης.

Με τον όρο σεισμική μόνωση βάσης νοείται η τοποθέτηση ειδικών συσκευών – μονωτήρων στη βάση της κατασκευής ή σε άλλη ενδεδειγμένη θέση, με σκοπό την απορρόφηση μεγάλου μέρους της σεισμικής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό η ανωδομή αναλαμβάνει το υπόλοιπο σημαντικά μικρότερο μέρος αποκρινόμενη συνήθως ελαστικά, εκδηλώνοντας μικρές σχετικές μετακινήσεις και εντάσεις στα δομικά της στοιχεία.

Η παρούσα έκθεση περιλαμβάνει:

### **Μέρος Α – Θεωρητικό:**

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται η έννοια της σεισμικής μόνωσης και τα πλεονεκτήματα της έναντι του συμβατικού αντισεισμικού σχεδιασμού. Επιπλέον γίνεται αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης και σχεδιασμού κτιρίων με συστήματα σεισμικής μόνωσης. Αναφέρονται επίσης οι προϋποθέσεις αποτελεσματικής εφαρμογής της σεισμικής.

Η χρήση της σεισμικής μόνωσης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον σχεδιασμό των γεφυρών, λόγω διαφόρων πλεονεκτημάτων που σχετίζονται με τα ειδικά χαρακτηριστικά των κατασκευών αυτών, και λόγω του ότι συνήθως αποτελούν έργα

ειδικής σπουδαιότητας. Στο κεφάλαιο 2, γίνεται αναφορά στο σχεδιασμό των γεφυρών με συστήματα σεισμικής μόνωσης, ενώ αναφέρονται και κάποια παραδείγματα σεισμικά μονωμένων γεφυρών που έχουν ήδη κατασκευαστεί σε διάφορες χώρες όπως Ιταλία, Ιαπωνία, Ηνωμένες Πολιτείες, κ.α.

Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κυριότεροι τύποι σεισμικών μονωτήρων οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην σεισμική μόνωση κτηριακών έργων και γεφυρών. Επιπλέον παρουσιάζονται οι μηχανικές ιδιότητες των μονωτήρων οι οποίες ενδιαφέρουν στην ανάλυση και τον σχεδιασμό των σεισμικά μονωμένων κατασκευών.

Ένας διαδεδομένος τύπος μονωτήρα είναι τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα με πυρήνα μολύβδου (LRB). Τα συστήματα αυτά αποτελούν εξέλιξη των συνήθων ελαστομεταλλικών εφεδράνων που χρησιμοποιούνται στη γεφυροποιία με την προσθήκη πυρήνα μολύβδου, ο οποίος αφενός παρέχει οριζόντια δυσκαμψία σε περιπτώσεις πλευρικών ανεμοπιέσεων και σεισμών μικρής έντασης και αφετέρου διαρρέει απάγοντας θερμότητα κατά τις ανακυκλιζόμενες μετακινήσεις του εφεδράνου αυξάνοντας σημαντικά την απόσβεσή του σε σεισμικές διεγέρσεις μεγάλης έντασης. Στο κεφάλαιο 5 αναφέρονται διάφορα στοιχεία σχετικά τον βέλτιστο σχεδιασμό σεισμικά μονωμένων κατασκευών με εφέδρανα LRB.

Το 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των διαφόρων στοιχείων, (ελαστικά στοιχεία, υστερητικά στοιχεία, στοιχεία με συμπεριφορά τριβής, και στοιχεία με ιξώδη συμπεριφορά), που χρησιμοποιούνται στην προσομοίωση των διατάξεων σεισμικής μόνωσης, καθώς επίσης και οι καταστατικές διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν την συμπεριφορά τους.

Για την ανάλυση κατασκευών με συστήματα σεισμικής μόνωσης, η σεισμικά μονωμένη βάση της κατασκευής συμπεριφέρεται ανελαστικά και απαιτεί μη-γραμμική ανάλυση, ενώ η ανωδομή θεωρείται ότι αποκρίνεται ελαστικά στην περιοχή των μικρών παραμορφώσεων. Στο κεφάλαιο 7 αναφέρονται αναλυτικά οι εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση της ανωδομής και της βάσης, καθώς επίσης και η μητρική εξίσωση της δυναμικής ισορροπίας ολόκληρης της κατασκευής.

Με βάση το θεωρητικό μέρος που αναπτύχθηκε ακολουθεί σειρά εφαρμογών σε κτίρια και γέφυρες, με χρήση του προγράμματος στατικής και δυναμικής ανάλυσης,

“SAP 2000n”, το οποίο διαθέτει ειδικά μη-γραμμικά στοιχεία προσομοίωσης της σεισμικής μόνωσης. Στο κεφάλαιο 8 γίνεται περιγραφή των μη-γραμμικών στοιχείων προσομοίωσης της σεισμικής μόνωσης στο πρόγραμμα “SAP 2000n” και στο κεφάλαιο 9 παρουσιάζονται δύο εφαρμογές:

- **Εφαρμογή 1 - Οκταόροφο κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα.** Αναφέρεται σε ένα πολυώροφο κτίριο με έντονες εκκεντρότητες μάζας και ακαμψίας στους ορόφους του, σε διάφορες παραλλαγές: μόνο με υποστυλώματα, και με τοιχώματα. Εξετάζονται τα δυναμικά χαρακτηριστικά και η απόκριση του κτιρίου για τον σεισμό της Πάρνηθας. Γίνεται σύγκριση του συμβατικού και του σεισμικά μονωμένου κτιρίου, με χρήση μονωτήρων μολύβδου (LRB).
- **Εφαρμογή 2 - Γέφυρα τεσσάρων ανοιγμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα.** Παρουσιάζεται για μια γέφυρα 4 ανοιγμάτων, συνολικού μήκους καταστρώματος 200m, με τρία βάθρα ύψους 21m, 14m και 7m. Οι μονωτήρες τοποθετούνται μεταξύ καταστρώματος και βάθρων. Εξετάζονται τα δυναμικά χαρακτηριστικά και η απόκριση της γέφυρας για τον σεισμό της Πάρνηθας, και γίνεται σύγκριση της συμβατικής και της σεισμικά μονωμένης γέφυρας με χρήση μονωτήρων μολύβδου (LRB).

Τέλος, στο κεφάλαιο 10, παρουσιάζονται οι διατάξεις του αντισεισμικού κανονισμού FEMA 356 για την επανάχρηση κτιρίων και του κανονισμού γεφυροποιίας AASHTO 91, που σχετίζονται με τον σχεδιασμό των συστημάτων σεισμικής μόνωσης.

### **Μέρος Β – Πειραματικό:**

Μελετήθηκαν πειραματικά στο εργαστήριο του Catholic University των Ηνωμένων Πολιτειών στην Ουάσιγκτον από τον Αν. Καθηγητή Π. Τσόπελα τρία διαφορετικά δοκίμια μονώροφης και διώροφης κατασκευής χωρίς σεισμική μόνωση και με σύστημα σεισμικής μόνωσης από μονωτήρες εκκρεμούς – τριβής FPS που παρείχε η εταιρία EPS. Μετά την βαθμονόμιση των συστημάτων τα δοκίμια διεγέρθησαν με ένα αριθμό σεισμών και καταδείχθηκε η αξιόπιστη συμπεριφορά των μονωμένων κατασκευών η οποία και συγκρίθηκε με τις αντίστοιχες μη μονωμένες.

Με βάση την θεωρητική ανάπτυξη και τις εφαρμογές που αναπτύχθηκαν, προκύπτει ότι η χρήση των συστημάτων σεισμικής μόνωσης, τόσο στα κτίρια όσο και στις

γέφυρες, παρέχει νέες δυνατότητες αντιμετώπισης του προβλήματος του αντισεισμικού σχεδιασμού των κατασκευών. Προς τούτο απαιτείται η ακριβής κατανόηση της συμπεριφοράς των συστημάτων αυτών, η οποία να εξασφαλίζει την σωστή λειτουργία τους σε κάθε περίπτωση. Η εισαγωγή αυτών των νέων τεχνολογιών, αναβαθμίζει την αξιοπιστία των κατασκευών κατά τις σπάνιες τυχηματικές δράσεις όπως ο σεισμός σχεδιασμού.

### **Δημοσιεύσεις**

Από το συγκεκριμένο ερευνητικό πρόγραμμα έχουν προκύψει μέχρι στιγμής δύο εργασίες σε συνέδρια οι οποίες και επισυνάπτονται και είναι έτοιμη να υποβληθεί προς δημοσίευση και μία εργασία σε περιοδικό διεθνούς κυκλοφορίας.

1. Koumouisis V. K., (2001), “Non-Linear Dynamic Behaviour of Base-Isolators”, Proceedings of the 3<sup>rd</sup> HSTAM Conference, Thessaloniki 19-21 July.
2. Katsaras C. and Koumouisis V. K. “Optimal Design of LRB Isolators in Buildings” 3rd International Conference on Engineering Computational Technology, Prague – Czech Republic, 4-6 September 2002.