

Ελαστική και πλαστική ανάλυση της απόκρισης δεκαώροφου πλαισιακού φορέα - διερεύνηση της λειτουργίας του nllink στοιχείου τύπου gap & hook του προγράμματος SAP 2000

Γαλαζούλα Ιωάννα

Η παρούσα διπλωματική εργασία, με τίτλο "Ελαστική και Πλαστική ανάλυση της απόκρισης δεκαώροφου πλαισιακού φορέα - Διερεύνηση της λειτουργίας του nllink στοιχείου τύπου Gap & Hook του προγράμματος SAP2000", που εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών "Αντισεισμικός σχεδιασμός τεχνικών έργων" στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ασχολείται με την ελαστική και πλαστική ανάλυση της απόκρισης ενός δεκαώροφου πλαισίου και επιδιώκεται, μέσω συγκριτικών επιλύσεων, η τεκμηρίωση της δυνατότητας χρησιμοποίησης χιαστί μεταλλικών συνδέσμων για την ανάληψη των σεισμικών δράσεων.

Οι επιπτώσεις του σεισμού σε μια τεχνική κατασκευή, δεν εξαρτώνται μόνο από το μέγιστο πλάτος της εδαφικής κίνησης, αλλά και από το συχνοτικό της περιεχόμενο. Στην περίπτωση που στη συγκεκριμένη θέση υπάρχουν κατασκευές διαφόρων χαρακτηριστικών (ιδιοπερίοδος, απόσβεση, πλαστιμότητα), η συμπεριφορά, της κατασκευής είναι μια συνάρτηση των ιδιοτήτων, τόσο της εδαφικής κίνησης, όσο και της ίδιας της κατασκευής.

Η ελαστοπλαστική ανάλυση του κτιρίου έγινε, τόσο με το SAP2000, όσο και με ένα δεύτερο πρόγραμμα με δυνατότητες δυναμικού ανελαστικού υπολογισμού επίπεδων φορέων, το DRAIN - 2D/85. Η δυναμική ανάλυση του κτιρίου έγινε με τον σεισμό του ELECENRO, δεδομένου ότι το φάσμα του σεισμού αυτού παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με τους συνήθεις σεισμούς του Ελληνικού χώρου.

Ο φορέας που μελετήθηκε είναι ενισχυμένος με πλαίσια, τα οποία έχουν στο πρώτο τους άνοιγμα διαγώνιες μεταλλικές ράβδους σε κατακόρυφη διάταξη. Το κτίριο θεωρείται πακτωμένο στο έδαφος. Από τον δεκαώροφο χωρικό φορέα, μελετήθηκε συγκεκριμένα ένα επίπεδο πλαίσιο, στο οποίο και αποδόθηκαν τα αντίστοιχα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του συνολικού φορέα. Προκειμένου να διερευνηθεί η απόκριση του πλαισίου με χρήση μεταλλικών διαγώνιων ράβδων μεταβλητής λειτουργίας ως αντισεισμικά στοιχεία, επιλέχθηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Καθαρό 10-όροφο πλαίσιο
2. 10-όροφο πλαίσιο με σταθερές διαγώνιες ράβδους
3. 10-όροφο πλαίσιο με διαγώνια στοιχεία μεταβλητής λειτουργίας

Στα στοιχεία μεταβλητής λειτουργίας, περίπου στο μέσο της ράβδου διαμορφώνεται ειδική εγκοπή (χάσμα), έτσι ώστε στην αρχική κατάσταση των μικρών στατικών μετακινήσεων οι διαγώνιοι ράβδοι να μη συμμετέχουν στο στατικό σύστημα και ο φορέας να συμπεριφέρεται ως καθαρό πλαίσιο χωρίς διαγώνια στοιχεία. Όταν οι μετακινήσεις ξεπεράσουν κάποιες οριακές τιμές, τα δύο μέλη της ράβδου

απομακρύνονται ή πλησιάζουν μεταξύ τους, εφαρμόζουν στην ειδικά διαμορφωμένη υποδοχή και τίθενται σε λειτουργία, παραλαμβάνοντας αντίστοιχα θλιπτικές ή εφελκυστικές αξονικές δυνάμεις. Έτσι, η κατασκευή έχει μεταβλητό στατικό σύστημα και συνεπώς μεταβαλλόμενη δυσκαμψία, οπότε μειώνονται οι πιθανότητες να έχουμε επιβάρυνση λόγω του φαινομένου του συντονισμού. Γενικά, πάντως, η ιδιοπερίοδος του κτιρίου δεν είναι δυνατόν να οριστεί για την περίπτωση αυτή, ενώ το μέγεθος του χάσματος παίζει καταλυτικό ρόλο στην απόκριση του φορέα. Προκειμένου το πρόγραμμα SAP2000 να λάβει υπόψη του τη μεταβλητή λειτουργία των διαγώνιων στοιχείων (εφελκυσμό - θλίψη), χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία nlink τύπου gap & hook.

Κατά την διεξαγωγή του πλαστικού υπολογισμού και χάρη στις πλαστικές ιδιότητες του χάλυβα, κάποια σημεία φτάνουν και ξεπερνούν το ελαστικό τους όριο, χωρίς όμως να επέρχεται θραύση στη δεδομένη διατομή του φορέα. Οι παραπάνω περιοχές θεωρούνται ύποπτες για να πλαστικοποιηθούν και ονομάζονται κρίσιμες διατομές. Το SAP2000 λαμβάνει υπόψη του τις κρίσιμες διατομές, με την εισαγωγή στις παραπάνω θέσεις στοιχείων nlink τύπου plastic 1. Τόσο το πρόγραμμα DRAIN-2D/85 όσο και το SAP2000, θεωρούν υποχρεωτικά, ότι ο φορέας βρίσκεται στην ελαστική περιοχή υπό την επίδραση των μόνιμων και κινητών κατακόρυφων φορτίων και πλαστικοποιείται μόνο για τα σεισμικά δυναμικά φορτία. Το Drain, παρέχει τη δυνατότητα να ληφθεί υπόψη η μεταβολή της ροπής συναρτήσει του αξονικού φορτίου και δίνει το ποσοστό πλαστικοποίησης των διατομών που εισέρχονται στην πλαστική περιοχή όμως δεν μπορεί να λάβει υπόψη του τη λειτουργία στοιχείων nlink, γεγονός καθοριστικό για τη συγκεκριμένη έρευνα.

Τα σημαντικότερα οφέλη που προκύπτουν με την εφαρμογή των στοιχείων μεταβλητής λειτουργίας είναι:

- Με την περιστασιακή λειτουργία των μεταλλικών διαγώνιων στοιχείων μεταβλητής λειτουργίας, δημιουργείται ένα μεταβλητό στατικό σύστημα, με συνεχώς μεταβαλλόμενη δυσκαμψία και κατά συνέπεια με μη σταθερή ιδιοπερίοδο καθ' όλη τη διάρκεια τον σεισμού. Έτσι, μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα συντονισμού της κατασκευής.
- Το κατασκευαστικό αυτό τέχνασμα, δίνει τη δυνατότητα τα μεταλλικά διαγώνια στοιχεία μεταβλητής λειτουργίας να χρησιμοποιηθούν ως δεύτερη γραμμή άμυνας, αφού δεν λειτουργούν σε πρώτη φάση.
- Τα στοιχεία αυτά λειτουργούν μόνο για την αντιμετώπιση ισχυρών επιπονήσεων και όχι για τα στατικά φορτία.

Οι βασικές προϋποθέσεις για τη σωστή εφαρμογή των στοιχείων μεταβλητής λειτουργίας, όπως αυτές προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη είναι:

- Να μη λειτουργούν οι ράβδοι για την παραλαβή κατακόρυφων φορτίων.
- Να μη λειτουργούν οι ράβδοι για μικρής έντασης σεισμούς.
- Να λειτουργήσουν οι ράβδοι σε ισχυρές καταπονήσεις, αλλά και πάλι για περιορισμένες χρονικές στιγμές.

Στην ελαστική ανάλυση, οι φορείς με τα στοιχεία μεταβλητής λειτουργίας έδωσαν μετακινήσεις μεταξύ των αντίστοιχων του καθαρού πλαισίου και του πλαισίου με τους διαγώνιους συνδέσμους σταθερής λειτουργίας. Η συνολική τιμή της τέμνουσας

που παραλαμβάνει το πλαίσιο όταν χρησιμοποιούνται nllik στοιχεία εμφανίζεται μειωμένη. Γενικά παρατηρείται μια βελτίωση στη συμπεριφορά, των φορέων που οφείλεται στην καλύτερη κατανομή των εντατικών μεγεθών.

Η πλαστική ανάλυση που αποδίδει καλύτερα την συμπεριφορά του φορέα, έδωσε βελτιωμένη, έναντι της ελαστικής ανάλυσης, εικόνα για την σεισμική απόκριση του ενισχυμένου φορέα με στοιχεία μεταβλητής λειτουργίας. Βεβαιώθηκε δηλαδή ότι, ο φορέας με τα στοιχεία μεταβλητής λειτουργίας συγκεντρώνει τα πλεονεκτήματα του χιαστί πλαισίου (μικρές μετακινήσεις) και ταυτόχρονα δημιουργεί ένα μεταβλητό στατικό σύστημα, χωρίς σταθερή ιδιοπερίοδο, που αποφεύγει σε μεγάλο βαθμό το φαινόμενο του συντονισμού.