

Αριθμητική μελέτη της σεισμικής συμπεριφοράς σφονδυλωτών κατασκευών

Νικόλαος Αργυρίου
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ

Κυριαζής Πιτιλάκης
Καθηγητής, Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ

Αναστάσιος Σέξτος
Λέκτορας, Τομέας Επιστήμης και Τεχνολογίας των Κατασκευών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ιδιαίτερο ενδιαφέρον από την επιστημονική κοινότητα για τα μνημεία της Κλασικής και Ελληνιστικής εποχής τόσο αναφορικά με την προστασία τους όσο και τη σεισμική τους επάρκεια. Γεγονός είναι ότι πολλά από τα μνημεία αυτά έχουν συμπεριφερθεί ικανοποιητικά στις σεισμικές διεγέρσεις στο πέρασμα των αιώνων. Από πρόσφατες αναλυτικές μελέτες ακόμη, προκύπτει ότι η συμπεριφορά τους επιπλέον σε γνωστούς σεισμούς των τελευταίων δεκαετιών έχει αποδειχθεί εξαιρετική. Άλλωστε, είναι εξακριβωμένο πλήρως σε ποιο βαθμό η καταστροφή τους και η μορφή ερειπίου στην οποία βρίσκονται πολλά από αυτά σήμερα οφείλεται στη σεισμική δράση, σε άλλες φυσικές διαδικασίες ή στον ανθρώπινο παράγοντα. Μεταξύ του συνόλου των μνημειακών κατασκευών, οι σφονδυλωτές αποτελούν μια ειδική κατηγορία τόσο από ιστορική, αρχιτεκτονική άποψη όσο και ως προς το δομικό τους σύστημα.

Οι κατασκευές αυτές αποτελούνται από μεγάλα τεμάχια λίθων που τοποθετούνταν το ένα πάνω στο άλλο ύστερα από καλή επεξεργασία, χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος. Πρόκειται δηλαδή για ‘εν ξηρώ’ δόμηση. Συνήθως, για την σύνδεση μεταξύ των σφονδύλων υπήρχε σύστημα πόλου-εμπολίου ενώ γόμφοι και σύνδεσμοι χρησιμοποιούνταν για την σύνδεση των υπολοίπων στοιχείων μεταξύ τους καθώς και στοιχείων με το επιστύλιο. Είναι αξιοσημείωτο ότι η μέθοδος αυτή δημιουργεί έναν ιδιαίτερο μηχανισμό απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας μέσω της ολίσθησης, αποκόλλησης και κρούσης μεταξύ των τμημάτων λίθου. Επιπλέον η διατμητική αντίσταση που προσέφερε το σύστημα πόλου εμπολίου πεπερασμένης αντοχής, που υπολείπεται της αντοχής των συνδεόμενων λίθων, αποτελεί αντικείμενο έρευνας, καθώς σχετίζεται άμεσα με την χρήση του στις σύγχρονες αναστηλωτικές εργασίες.

Τα βασικά συμπεράσματα ερευνητών όπως αποτυπώνονται στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία (βλέπε αναφορές 2-3, 5-8), συνοψίζονται παρακάτω:

- Τα συστήματα των σφονδυλωτών κατασκευών δεν έχουν ‘φυσικές ιδιομορφές’ με την κλασική έννοια του όρου, καθώς ο τρόπος απόκρισής τους είναι συνάρτηση, μεταξύ άλλων, της διέγερσης στην οποία υπόκεινται, η οποία και καθορίζει τη μεταβολή της δυσκαμψίας με το χρόνο.
- Η συμπεριφορά τους είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη σε μικρές αλλαγές τόσο της γεωμετρίας της ίδιας της κατασκευής όσο και των παραμέτρων της διέγερσης, ακριβώς εξαιτίας των γεωμετρικών μη-γραμμικοτήτων του προβλήματος.
- Τα αποτελέσματα από τη μελέτη του φαινομένου σε δύο διαστάσεις είναι μάλλον πιο συντηρητικά σε σχέση με την μελέτη του σε τρεις διαστάσεις.
- Κατά την δυναμική διέγερση παρατηρούνται τρεις κύριοι τρόποι απόκρισης: Κατάσταση καθαρής ολίσθησης μεταξύ δύο διαδοχικών σφονδύλων, κατάσταση καθαρού λικνισμού (αποκόλληση μεταξύ δύο διαδοχικών σφονδύλων) και μια τρίτη κατάσταση συζευγμένης ολίσθησης - λικνισμού.
- Η διέγερση εντός επιπέδου μπορεί, υπό προϋποθέσεις, να προκαλέσει μεγάλες μετακινήσεις των σφονδύλων και στην εκτός επιπέδου διεύθυνση της διέγερσης.
- Το συχνοτικό περιεχόμενο της εδαφικής κίνησης και η γεωμετρία της κατασκευής είναι οι βασικοί παράμετροι ευστάθειας των κατασκευών αυτών. Έτσι, παρατηρείται ότι μεγάλης περιόδου παλμοί και μικρότεροι σε ύψος κίονες (μεταξύ αυτών που έχουν τον ίδιο λόγο γεωμετρικών διαστάσεων βάσης – ύψους) αυξάνουν τις πιθανότητες για κατάρρευση. Παράλληλα, η ένταση της σεισμικής κίνησης σε