

Μία έρευνα επί των δυνατοτήτων αποκατάστασης μονολιθικής σύνδεσης φορέα-βάθρων στις προκατασκευασμένες γέφυρες

Ιωάννης Παπαευθυμίου

Υποψήφιος Διδάκτωρ, Πολιτικός Μηχανικός, MBA, MSc, ipapaef@yahoo.gr

Μάριος Τζωρτζινάκης

Πολιτικός Μηχανικός

Ιωάννης Τέγος

Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ., itegos@civil.auth.gr

Εκτενής περίληψη

1. Αντικείμενο

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη δυνατότητα να κατασκευαστεί μια προκατασκευασμένη γέφυρα με μονολιθική σύνδεση του φορέα και των μεσοβάθρων, ώστε να αποφευχθεί η έδραση αυτού με την παρεμβολή ελαστομεταλλικών εφεδράνων. Επιδιώκεται δηλαδή η απόκτηση ενός πλάστιμου συστήματος και η αποφυγή της σεισμικής μόνωσης, η οποία στην πράξη είναι αλληλένδετη με τις προκατασκευασμένες γέφυρες. Εξετάζεται πειραματικά και αναλυτικά μία πρόταση εξασφάλισης μονολιθικής σύνδεσης φορέα και μεσοβάθρων. Το πρόβλημα της διαστασιολόγησης του φορέα στηρίχθηκε σε δύο βασικά δεδομένα: το πρώτο από αυτά είναι ότι τα μόνιμα φορτία παραλαμβάνονται από εν σειρά αμφιέριστους φορείς, ενώ τα πρόσθετα μόνιμα (ασφαλτοτάπητας, πεζοδρόμια κ.α.), καθώς και τα κινητά φορτία παραλαμβάνονται από το διαμορφωθέν συνεχές σύστημα. Το δεύτερο δεδομένο είναι ότι τα ανοίγματα της γέφυρας διαστασιολογήθηκαν ως προεντεταμένα και οι στηρίξεις ως συμβατικά οπλισμένες. Τέλος, οι αμφίπλευροι πρόβολοι των κεφαλών των μεσοβάθρων, που αποτελούν το φορέα έδρασης των εκατέρωθεν φατνωμάτων του φορέα, διαστασιολογήθηκαν επίσης συμβατικά ως στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος.

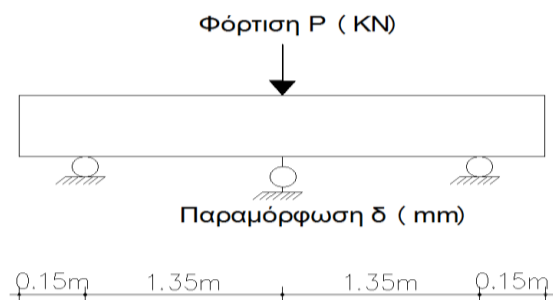
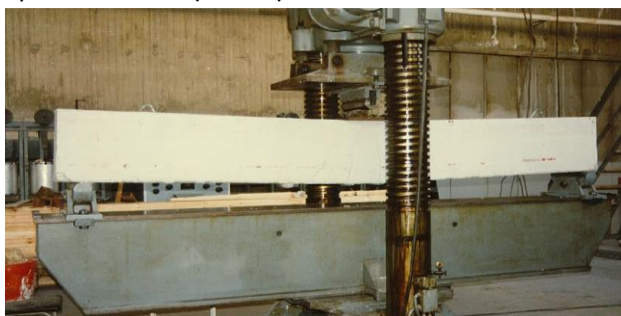
2. Περιγραφή της πρότασης

Οι διαφοροποιήσεις που υπεισέρχονται στην προτεινόμενη διαδικασία, η οποία καταλήγει σε μονολιθικό αποτέλεσμα, είναι σημαντικές. Στην περίπτωση αυτή οι προκατασκευασμένες δοκοί δεν εδράζονται επί των δοκών εδράσεως των μεσοβάθρων αλλά συγχωνεύονται με αυτές, καθώς η τοποθέτησή τους γίνεται στη φάση που οι δοκοί εδράσεως έχουν σκυροδετηθεί μόνο στο κάτω πέλμα τους και σε πάχος (ύψος) της τάξεως των 15-20cm, στο οποίο ευρίσκονται ενσωματωμένοι οι κάτω οπλισμοί αυτών και το κάτω μέρος των συνδετήρων αυτών, οι οποίοι αναμένεται να λειτουργήσουν ως οπλισμοί αναρτήσεως. Αυτονόητο είναι, ότι προκειμένου να εδραστούν οι προκατασκευασμένοι δοκοί επί των δοκών εδράσεως-προβόλων απαιτείται ισχυρή υποστήλωση αυτών των προβόλων, γεγονός που γίνεται εφικτό χάρη στην παρουσία της πλάκας κεφαλοδέσμου της θεμελίωσης του οικείου μεσοβάθρου. Για την εγκάρσια υποστήριξη του αναγκαίου μεταλλικού ικριώματος αξιοποιείται ο κορμός του μεσοβάθρου. Το βάθος εδράσεως έκαστης προκατασκευασμένης δοκού είναι της τάξεως του 1m. Τούτο συνεπάγεται την επιλογή πλάτους για τη δοκό εδράσεως μεγαλύτερου των 2m. Το κενό που αφήνεται μεταξύ των μετώπων των εκατέρωθεν δοκών επιλέγεται της τάξεως

των 20-30cm. Μετά την τοποθέτηση των δοκών ακολουθεί η τοποθέτηση των προπλακών και κατόπιν η τοποθέτηση των άνω οπλισμών της πλάκας καταστρώματος, της δοκού εδράσεως και των οπλισμών στηρίξεως του φορέα, οι οποίοι επιλέγονται συμβατικοί και όχι προεντεταμένοι. Έπεται η σκυροδέτηση της ενσωμάτωσης, η οποία καλό είναι να ξεκινά από τα μέσα των φατνωμάτων των επιμέρους ανοιγμάτων και να κατευθύνεται προς τα αντίστοιχα μεσόβαθρα, των οποίων οι δοκοί εδράσεως καλόν είναι να σκυροδετούνται τελευταίοι, ούτως ώστε να έχουν εκδηλωθεί οι αναγκαίες στροφές στα σημεία εδράσεως των προκατασκευασμένων δοκών πριν την σκυροδέτηση των δοκών εδράσεως. Συστήνεται για την προτεινόμενη μέθοδο κατασκευής το μήκος των ακραίων ανοιγμάτων να ανέρχεται στο 80%-90% του μήκους των ενδιάμεσων ανοιγμάτων, καθώς οι δοκοί των ακραίων ανοιγμάτων εδράζονται στις θέσεις των ακροβάθρων σε ελαστομεταλλικά εφέδρανα και έτσι το όφελος από τη μείωση των ροπών ανοιγμάτων λόγω της συνέχειας του συστήματος είναι μικρότερο για αυτά τα ανοίγματα από ότι για τα ενδιάμεσα ανοίγματα όπου οι δοκοί συνδέονται και στα δύο άκρα τους μονολιθικά με τα μεσόβαθρα.

3. Πειραματική έρευνα

Η πειραματική έρευνα που έγινε περιελάμβανε τρία δοκίμια: ένα δοκίμιο εξαρχής μονολιθικό (ενιαία δοκός) και δύο δοκίμια τα οποία κατασκευάστηκαν το καθένα από δύο τμήματα ημι-δοκών (σύνθετες δοκοί), οι οποίες ενώθηκαν εκ των υστέρων υπό συνθήκες οι οποίες εκπροσωπούν την κατασκευαστική διαδικασία που προτείνεται στα πλαίσια της εργασίας. Τα εξεταζόμενα δοκίμια αντιπροσωπεύουν το στατικό υποσύνολο του πραγματικού φορέα μεταξύ των εκατέρωθεν της στηρίξεως επί των μεσοβάθρων, συμμετρικών ως προς τη στήριξη, σημείων μηδενισμού των ροπών του προτεινόμενου συνεχούς συστήματος. Το εν λόγω στατικό υποσύνολο που ευρίσκεται όπως ειπώθηκε μεταξύ των σημείων μηδενισμού των ροπών είναι δυνατόν να προσομοιωθεί με ένα αμφιέριστο σύστημα φορτιζόμενο με μοναχική δύναμη εις το μέσον του, η οποία εκπροσωπεί την αντίδραση που ασκείται στο μεσόβαθρο. Μετά την ωρίμανση του σκυροδέματος των δοκιμίων αυτά υποβλήθηκαν σε μοναχική φόρτιση η οποία ασκήθηκε εις το μέσον των δοκών. Ταυτόχρονα με την αύξουσα μονότονη φόρτιση γινόντουσαν μετρήσεις των βελών παραμορφώσεως εις το μέσο των δοκών, ούτως ώστε να προκύψουν αντίστοιχα διαγράμματα φορτίσεων-παραμορφώσεων. Παράλληλα καταγράφονταν και οι εικόνες καμπτικής ρηγμάτωσης των δοκιμίων στις διάφορες φάσεις των φορτίσεων. Από τις προκύψασες καμπύλες φορτίσεων-παραμορφώσεων αφενός για το ενιαίο δοκίμιο και αφετέρου για τα αντίστοιχα τμηματικώς σκυροδετηθέντα, προκύπτει ξεκάθαρα το συμπέρασμα ότι η μηχανική συμπεριφορά είναι η ίδια και συνεπώς η πρόταση είναι δυνατόν να κριθεί ως αξιόπιστη, καθόσον η σταδιακή αποκατάσταση μονολιθικότητας στις θέσεις εδράσεως των προκατασκευασμένων δοκών δεν παρουσιάζει παρενέργειες και είναι ίδια με την συμπεριφορά ως εάν η μονολιθικότητα προήρχετο από χυτή επί τόπου περίπτωση, άνευ μεσολαβήσεως προκατασκευασμένων μελών.



Σχ. 1 Διάταξη φόρτισης των δοκιμίων

4. Εφαρμογή της πρότασης σε παραλλαγή μελέτης προκατασκευασμένης γέφυρας

Αξιοποιήθηκε ως γέφυρα αναφοράς μία γέφυρα στον αυτοκινητόδρομο Π.Α.Θ.Ε. 5 ανοιγμάτων και συνολικού μήκους 177,5m (μήκος ακραίων ανοιγμάτων 34,75m, μήκος ενδιάμεσων 36m), η οποία έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί συμβατικά με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών. Όσον αφορά το αντισεισμικό σκέλος, τα μεσόβαθρα λόγω της απουσίας εφεδράνων δεν διατήρησαν τη διατομή τους. Η ανάγκη της προσαρμογής προέκυψε από το γεγονός ότι η μονολιθική σύνδεση του φορέα με τα μεσόβαθρα θα επιδείνωνε τα αποτελέσματα των λειτουργικών καταναγκασμών, οπότε παρέστη η ανάγκη προσφυγής σε διατομές μεγαλύτερης ευκαμψίας. Κύρια χαρακτηριστικά αυτής της μεθόδου είναι το μεγάλο πλάτος της δοκού εδράσεως και η ανάγκη χρησιμοποίησης ικρωμάτων για την προσωρινή στήριξη των δοκών, τα οποία στηρίζονται στη θεμελίωση των μεσοβάθρων. Η άκαμπτη σύνδεση των προκατασκευασμένων δοκών με τη δοκό έδρασης εξασφαλίζεται με τη τοποθέτηση οπλισμού αναρτήσεως (συνδετήρες) στην κάθε πλευρά των δοκών. Σημειώνεται ότι στην περιοχή των στηρίξεων επιλέγεται συμβατικός οπλισμός και όχι οπλισμός προέντασης.



Σχ. 2 Αποκατάσταση συνέχειας κατά τη διαμήκη έννοια της γέφυρας

5. Συμπεράσματα

Ως κυριότερα συμπεράσματα της εργασίας είναι δυνατόν να αναφερθούν τα εξής:

- α) Η ανθεκτικότητα του προκύπτοντος αποτελέσματος είναι σαφώς μεγαλύτερη χάρη στην απαλλαγή αλλά και στην αποφυγή ανάγκης αντικατάστασης κατά τακτά χρονικά διαστήματα του συντριπτικού όγκου των εφεδράνων, που χρησιμοποιούνται στη συμβατική αντιμετώπιση.
- β) Η οικονομία είναι μεγαλύτερη για το προτεινόμενο σύστημα λόγω της κατάργησης των εφεδράνων στις θέσεις των μεσοβάθρων, λόγω της συνέχειας του συστήματος για ένα μεγάλο ποσοστό των φορτίων, καθώς και χάρη στη δραστική μείωση του οπλισμού προέντασεως.
- γ) Η αισθητική είναι καλύτερη λόγω της συγχώνευσης των δοκών στο πάχος των δοκών εδράσεως και της δυνατότητας μείωσης του ύψους των δοκών του φορέα.
- δ) Η ασφάλεια του προκύπτοντος συστήματος όχι μόνο δεν υστερεί σε σχέση με τη συμβατική αντιμετώπιση, αλλά λόγω και της υπερστατικότητας που προκύπτει, κρίνεται μεγαλύτερη.
- ε) Η λειτουργικότητα, η οποία ως γνωστόν πλήττεται από την υπερστατικότητα, είναι διαχειρίσιμη.

Βιβλιογραφία

- Katirtzoglou K., Tegou S.D., Papaefthymiou I., Tegou I.A. (2013), "Influence Precast applications for the accomplishment of monolithic results in seismic resistant bridges", *2013 Van Earthquake Symposium*, 23-27 October 2013, Van, Turkey, ID:104.
- Tegou I.A., Tegou S.D., Tsitotas M.A. (2014), "A Proposal for the improvement of the earthquake resistance of multi-span precast I-Beam bridges", *Proceedings of the Istanbul Bridge Conference*, Istanbul, Turkey, 2014, ID: 137.