

## Αναβάθμιση Υφιστάμενης Γέφυρας Ποταμού Σελινούντα στην Χ.Θ. 85+674 του Αυτοκινητοδρόμου Κόρινθος - Πάτρα

### Χρήστος Κατσάρας

Πολ.Μηχανικός ΕΜΠ, M.Sc. U.C. Berkeley, ckatsaras@denco.gr

### Δρ. Τηλέμαχος Παναγιωτάκος

Πολ.Μηχανικός, PhD Παν. Πάτρας, tranagiotakos@dencorc.gr

### Εκτενής περίληψη

Το παρόν άρθρο αναφέρεται στην Αναβάθμιση της Υφιστάμενης Γέφυρας Β289 του Ποταμού Σελινούντα στην Χ.Θ. 85+674 του Αυτοκινητοδρόμου ΕΚΠΠΤ (Ελευσίνα-Κόρινθος-Πάτρα-Πύργος-Τσακώνα) της ΟΛΥΜΠΙΑΣ ΟΔΟΥ. Η μελέτη αναβάθμισης της γέφυρας καθώς και η υποστήριξη της μελέτης κατά την κατασκευή εκπονήθηκαν από την DENCO Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε και DENCO Στατικές Μελέτες Ι.Κ.Ε. Οι εργασίες αναβάθμισης ξεκίνησαν το 2014. Σήμερα έχει ολοκληρωθεί και έχει δοθεί στην κυκλοφορία ο πρώτος κλάδος και ο δεύτερος κλάδος είναι υπό κατασκευή.

Η αναβάθμιση της γέφυρας Σελινούντα αποτελεί την πρώτη εφαρμογή στην Ελλάδα των παρακάτω τεχνικών: α) αντικατάσταση υφιστάμενων εφεδράνων με εφέδρανα σεισμικής μόνωσης, β) εφαρμογή συστήματος εξωτερικής προέντασης για την ανάληψη πρόσθετων φορτίων λόγω κατά πλάτους επέκτασης του φορέα, γ) αντικατάσταση τμήματος του επιχώματος πίσω από τα ακρόβαθρα με ελαφρύ επίχωμα από Διογκωμένη Πολυστερίνη (Expanded Polystyrene, EPS) με στόχο την μείωση των σεισμικών ωθήσεων στα ακρόβαθρα.

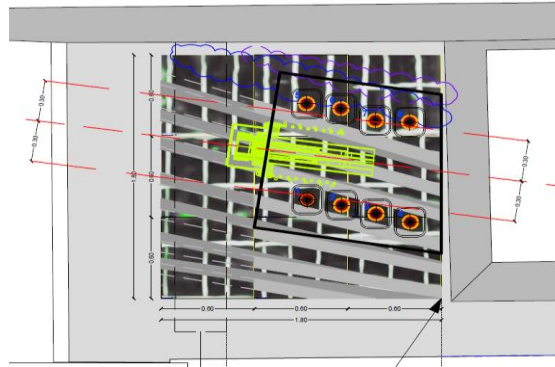
Πρόκειται για γέφυρα αυτ/μου συνολικού μήκους 145m που αποτελείται από τρία αμφιέριστα ανοίγματα 47.0m+48.2m+47.0m. Η γέφυρα αποτελείται από δύο ανεξάρτητους κλάδους πλάτους 12.4m ο κάθε ένας. Ο φορέας κάθε κλάδου αποτελείται από 5 επιτόπου χυτές προεντεταμένες δοκούς ύψους 2.65m οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με επιτόπου χυτή πλάκα πάχους 0.20m και εδράζονται στα βάθρα μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων. Τα μεσόβαθρα και τα ακρόβαθρα είναι τοιχοειδή στοιχεία τα οποία θεμελιώνονται σε μεγάλο βάθος περίπου 10m κάτω από την κοίτη του ποταμού.

Στην μελέτη αναβάθμισης της γέφυρας σχεδιάστηκαν οι απαιτούμενες επεμβάσεις με στόχο την διατήρηση του υφιστάμενου τεχνικού λαμβάνοντας υπόψη α) την αναβάθμιση της αντοχής του τεχνικού με βάση τις απαιτήσεις των σύγχρονων κανονισμών για σεισμική επιτάχυνση εδάφους  $1.5 \times 0.24g = 0.36g$  και β) την ανάγκη επέκτασης κατά 1.40m του φορέα της γέφυρας με βάση την νέα τυπική διατομή του αυτ/μου. Οι απαιτούμενες επεμβάσεις είναι οι εξής:

1. Κατά πλάτος επέκταση του φορέα. Οι πλευρικοί πρόβολοι του φορέα επεκτείνονται κατά 1.40m για να υλοποιηθεί η νέα τυπική διατομή του αυτ/μου. Η κατά πλάτος επέκταση υλοποιήθηκε με πρόσθετα στοιχεία από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αντοχής ισοδύναμης με C30/37. Η διατμητική σύνδεση του νέου σκυροδέματος έγινε στο κάτω τμήμα με βλήτρα Φ12. Στο άνω τμήμα η σύνδεση έγινε μέσω συνάφειας με υδροκαθαίρεση πάχους 8cm της άνω επιφάνειας της πλάκας και αγκύρωσης των άνω οπλισμών του προβόλου με χρήση επισκευαστικού κονιάματος υψηλής συνάφειας.

2. Εφαρμογή εξωτερικής προέντασης. Η πρόσθετη ένταση στις ακραίες δοκούς λόγω της επέκτασης του φορέα δημιουργεί την απαίτηση πρόσθετης προέντασης η οποία υλοποιείται από δύο εξωτερικούς τένοντες τύπου EX-66 ποιότητας Y1860 εκατέρωθεν της κάθε εξωτερικής δοκού. Οι τένοντες έχουν τραπεζοειδή χάραξη με δύο μεταλλικά στοιχεία εκτροπής περίπου στα  $L/4$  και  $3L/4$ . Η αγκύρωση των εξωτερικών τενόντων στα άκρα της δοκού πραγματοποιείται με στοιχεία αγκύρωσης οπλισμένου σκυροδέματος C40/50 (Σχήμα 1) τα οποία συνδέονται μέσω τριβής με την υφιστάμενη δοκό. Η απαιτούμενη τριβή για την μεταφορά των δυνάμεων επιτυγχάνεται μέσω 8 εγκάρσιων προεντεταμένων ράβδων Φ47 ποιότητας Y1050. Η θέση των προεντεταμένων ράβδων και η γενικότερη γεωμετρία των στοιχείων αγκύρωσης καθορίζεται πλήρως από τις θέσεις από τις οποίες ήταν δυνατή η διάτρηση οπής στις δοκούς χωρίς να θίγονται οι υφιστάμενοι εσωτερικοί τένοντες. Οι παραπάνω θέσεις καθορίστηκαν μέσω επιτόπου μαγνητικών μετρήσεων.
3. Εφαρμογή ινοπλισμένων πολυμερών (Fiber Reinforced Polymers, FRP) στον φορέα. Η εφαρμογή των ινοπλισμένων πολυμερών έχει ως στόχο την αύξηση της αντοχής του φορέα στα σημεία όπου αυτό απαιτείται (Σχήμα 2). Συγκεκριμένα απαιτήθηκε α) αύξηση της καμπτικής αντοχής στο κάτω πέλμα των εξωτερικών δοκών, β) αύξηση της διατμητικής αντοχής στα άκρα όλων των δοκών με μεγαλύτερη απαίτηση στα άκρα των ακραίων δοκών, γ) τοποθέτηση οριζόντων λωρίδων στις θέσεις των μπλοκ αγκύρωσης της εξωτερικής προέντασης με στόχο την αγκύρωση του 25% της δύναμης της εξωτερικής προέντασης στο πίσω μέρος της δοκού.
4. Αντικατάσταση των υφιστάμενων εφεδράνων με σύστημα σεισμικής μόνωσης. Το μεγάλο βάθος θεμελίωσης των βάθρων της γέφυρας περίπου 10m εντός της κοίτης του ποταμού καθιστά απαγορευτική οποιαδήποτε επέμβαση με στόχο την αύξηση της αντοχής της βάσης των βάθρων και της θεμελίωσης τους. Για τον λόγο αυτό προτιμάται αντί της αύξησης της αντοχής η μείωση της σεισμικής απαίτησης στα βάθρα μέσω συστήματος σεισμικής μόνωσης. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν 60 εφέδρανα τριπλού εκκρεμούς τριβής (triple friction pendulum) τα οποία αντικατέστησαν τα ισάριθμα υφιστάμενα εφέδρανα στο άκρο κάθε δοκού. Τα εφέδρανα τριπλού εκκρεμούς τριβής αποτελούνται από στοιχείο ολίσθησης με επικάλυψη από Teflon το οποίο ολισθαίνει σε επαφή με καμπύλες επιφάνειες από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα εφέδρανα τριπλού εκκρεμούς τριβής έχουν μη-γραμμική υστερητική συμπεριφορά η οποία μειώνει την σεισμική απαίτηση μέσω αύξησης της ισοδύναμης περιόδου και αύξησης της ισοδύναμης απόσβεσης. Τα ισοδύναμα στοιχεία των εφεδράνων σεισμικής μόνωσης είναι: μέσος συντελεστής τριβής  $\mu=0.09$ , ακτίνα καμπυλότητας  $R=2.92m$ , ενεργός περίοδος  $T_{eff}=2.30s$ , ισοδύναμη απόσβεση  $\xi_{eff}=34\%$ , απαιτούμενη ικανότητα μετακίνησης  $\pm 320mm$ .
5. Σύνδεση των ανεξάρτητων αμφιέρειστων ανοιγμάτων και των δύο ανεξάρτητων κλάδων μέσω στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος έτσι ώστε η ανωδομή να συμπεριφέρεται ως ενιαίο στερεό σώμα πάνω από το σύστημα σεισμικής μόνωσης. Μεταξύ των ανεξάρτητων αμφιέρειστων ανοιγμάτων κατασκευάστηκαν επιτόπου χυτές πλάκες συνέχειας πάχους περίπου 0.30m. Οι δύο ανεξάρτητοι κλάδοι συνδέονται μεταξύ τους με λωρίδες συνέχειας πάχους 0.20m, πλάτους 0.50m που κατασκευάζονται ανά 2.0m από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37.
6. Αντικατάσταση των υφιστάμενων αρμών στα άκρα της γέφυρας. Τοποθετούνται νέοι αρμοί συστολής-διαστολής στα άκρα του τεχνικού με ικανότητα μετακίνησης που καλύπτει την απαίτηση μετακίνησης του συστήματος σεισμικής μόνωσης. Για τον ίδιο λόγο κατασκευάζεται νέο θωράκιο στις θέσεις των ακροβάθρων το οποίο εξασφαλίζει διάκενο 0.45m μεταξύ φορέα και θωρακίου.
7. Αντικατάσταση μέρους του επιχώματος πίσω από τα ακρόβαθρα με ελαφρύ επίχωμα από Διογκωμένη Πολυστερίνη (Expanded Polystyrene, EPS) (Σχήμα 3). Η διογκωμένη πολυστερίνη

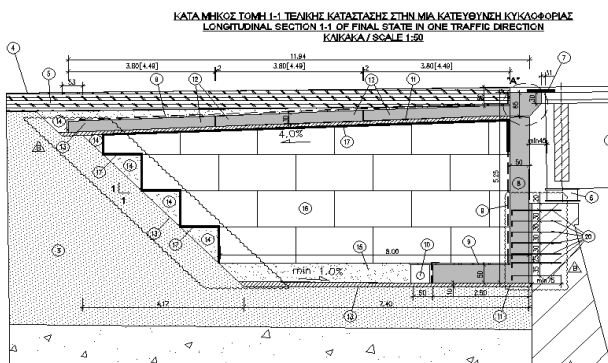
έχει πολύ μικρό βάρος της τάξης των  $30\text{kg}/\text{m}^3$  και δημιουργεί αμελητέες σεισμικές ωθήσεις στα ακρόβαθρα της γέφυρας. Ταυτόχρονα έχει υψηλή αντοχή σε κατακόρυφα φορτία κυκλοφορίας. Μέρος του επιχώματος σε μήκος περίπου 8m και βάθος 5m αντικαταστάθηκε με διογκωμένη πολυστερίνη τύπου EPS150 με ονομαστική αντοχή 150kPa σύμφωνα με το EN14933.



Σχ. 1 - Στοιχείο αγκύρωσης εξωτερικής προέντασης μέσω τριβής. Οι θέσεις διάτρησης οπών για την διέλευση των εγκάρσιων προεντεταμένων ράβδων καθορίστηκαν από επιτόπου μαγνητικές μετρήσεις.



Σχ. 2 – Εφαρμογή ινοπλισμένων πολυμερών FRP για την καμπτική και διατμητική ενίσχυση του φορέα



Σχ. 3 - Αντικατάσταση επιχώματος πίσω από τα ακρόβαθρα με ελαφρύ επίχωμα EPS. Η κατασκευή πραγματοποιείται ανεξάρτητα για κάθε κλάδο με χρήση αντιστήριξης μεταλλικών πασσαλοσανίδων

## Βιβλιογραφία

prEN 14933:2006: Thermal insulation and light weight fill products for civil engineering applications  
– Factory made products of expanded polystyrene (EPS) – Specification