

## **ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΦΥΡΑΣ Τ10 ΤΗΣ ΕΓΝΑΤΙΑΣ ΟΔΟΥ ΜΕ ΣΥΜΜΙΚΤΟ ΦΟΡΕΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ**

**Χαρίσης Κέκης**  
Δ/ντής Μελετών  
Εγνατία Οδός Α.Ε.  
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα  
Email : hkekis@egnatia.gr

**Σπύρος Γ. Κωνσταντόπουλος**  
Πολιτικός Μηχανικός, MSc  
Εγνατία Οδός Α.Ε.  
Ιωάννινα, Ελλάδα  
Email : skonst21@teemail.gr

**Ο. Κουρουμλή-Arend**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Εγνατία Οδός Α.Ε.  
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα  
Email : oarend@egnatia.gr

**Δημήτριος Κωνσταντινίδης**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Εγνατία Οδός Α.Ε.  
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα  
Email : dkon@egnatia.gr

### **1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στη δημοσίευση περιγράφονται η μελέτη και κατασκευή της Γέφυρας Τ10 στο τμήμα 2.4 (Αραχθος-Περιστέρι) Χ.Θ. 8+500 της Εγνατίας Οδού. Η γέφυρα, δύο ανεξάρτητων κλάδων, συνολικού μήκους 288,0m και πλάτους καταστρώματος 14,45m έκαστος, με συνεχή, σύμμικτο φορέα οκτώ ανοιγμάτων (8x36,0m), εξυπηρετεί τη διέλευση του αυτοκινητοδρόμου άνωθεν του Μετσοβίτικου ποταμού.

Ο σύμμικτος φορέας ανωδομής αποτελείται από έξι (6) μεταλλικές δοκούς ύψους 1.50 m, τραπεζοειδείς λαμαρίνες τύπου ΚΟΝΤΙ - ΚSH 100, ως θυσιαζόμενο μεταλλότυπο, και έγχυτη πλάκα καταστρώματος εξ ωπλισμένου σκυροδέματος, η οποία συνδέεται μέσω διατμητικών συνδέσμων με τις δοκούς. Ο συνεχής σύμμικτος φορέας, συνολικού ύψους 1,85m, εδράζεται στα μεσόβαθρα και ακρόβαθρα επί ελαστομεταλλικών εφεδράνων. Τα μονόστηλα, κοίλης κυκλικής διατομής μεσόβαθρα διαμέτρου 3.20m καθώς και τα τοιχοειδή ακρόβαθρα θεμελιώνονται επί πασσάλων διαμέτρου 1.20m.

Θα περιγραφεί επίσης η εργοστασιακή παραγωγή των μεταλλικών δοκών, οι μέθοδοι κατασκευής της γέφυρας και οι ποσότητες υλικών που απαιτήθηκαν.

### **2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η μελέτη της Γέφυρας Τ10 στην περιοχή Μικρό Περιστέρι στο Νομό Ιωαννίνων, Περιφέρεια Ηπείρου ανατέθηκε από την Εγνατία Οδός ΑΕ στο μελετητικό γραφείο Δομή ΟΕ σύμβουλοι μηχανικοί, η δε κατασκευή αυτής πραγματοποιήθηκε από την κατασκευαστική εταιρεία Άκτωρ Α.Τ.Ε.

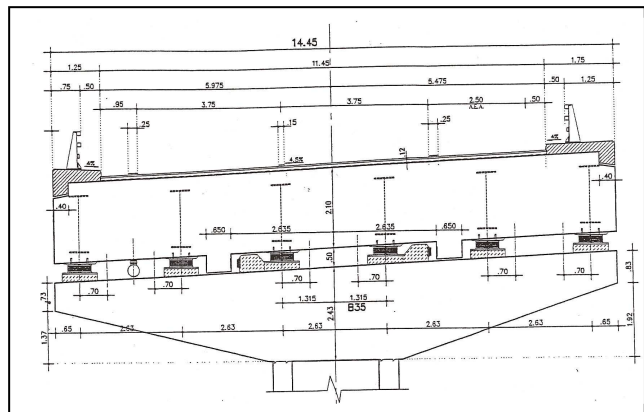
Τα ύψη των βάθρων της γέφυρας μεταβάλλονται από 11.50μ έως 17.50μ, μορφώνονται με ένα κοίλο κυκλικό υποστήλωμα διαμέτρου Ø320εκ, πάχους τοιχωμάτων 50εκ, τα οποία θεμελιώνονται επί ορθογωνικών κεφαλοδέσμων 10.0x10.0μ., ύψους 2,50μ., με τρεις σειρές των τριών πασσάλων διαμέτρου Ø1,20μ. Η γέφυρα μηκοτομικά ευρίσκεται σε ευθυγραμμία με καθοδική κλίση 0,45% ενώ οριζοντιογραφικά η χάραξη κινείται σε κυκλικό τόξο (R=1500μ.) (Φωτ. 1). Τα δε καταστρώματα έχουν σταθερή επίκλιση 4,50% (Σχ.1).

Στην κεφαλή των βάθρων κατασκευάζεται δοκός προσκεφαλαίου για την έδραση των κύριων μεταλλικών δοκών της ανωδομής (Σκυρόδεμα B35). [2]

Η διατομή του φορέα ανωδομής της Γέφυρας T10 για κάθε κλάδο είναι σύμμικτη και αποτελείται από έξι (6) σύνθετες χαλυβδοδοκούς μορφής διπλού T, ύψους 1,50μ. συνδεμένες ανά δύο μεταξύ τους σε ζεύγματα από σύνθετες μεταλλικές διατομές και έγχυτη πλάκα καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα (Σχ. 1). Η πλάκα σκυροδετείται πάνω σε τραπεζοειδείς λαμαρίνες τύπου KONTI - KSH 100, πάχους 1χιλ. Το συνολικό πλάτος της άνω πλάκας είναι 14,45μ. Το ελάχιστο συνολικό πάχος της πλάκας καταστρώματος είναι 25εκ. (μαζί με τις τραπεζοειδείς λαμαρίνες).



Φωτ. 1 Γέφυρα T10, της Εγνατίας οδού



Σχ. 1 Τυπική Διατομή της Γέφυρας

Ο φορέας της Γέφυρας κατασκευάζεται κατά φάσεις. Αρχικά συναρμολογούνται τμηματικά πίσω από τα Δυτικά Ακρόβαθρα. Λόγω του μεγάλου μήκους των μεσαίων φατνωμάτων οι χαλυβδοδοκοί θα κοπούν σε μικρότερα μήκη. Οι συνδέσεις αποκατάστασης συνέχειας μεταξύ των τμημάτων των κυρίων μεταλλικών δοκών θα είναι πλήρους αποκατάστασης διατομής (100% διατμητική και καμπτική ικανότητα της μικρότερης συνδεδεμένης διατομής) και θα γίνουν με προεντεταμένους κοχλίες στο εργοτάξιο. Ο αριθμός των κοχλιώσεων ορίστηκε σύμφωνα προς τις οδηγίες της κατασκευάστριας εταιρείας σε 2 ανά φάτνωμα.

Επί τόπου του έργου οι χαλυβδοδοκοί συνδέονται ανά δύο με τις διαδοκίδες (αποστάτες) και τοποθετούνται ως ζεύγματα επί των βάθρων, πάνω σε προσωρινές εδράσεις. Η τοποθέτηση των ζευγμάτων προβλέπεται με γερανό.

Επί των ήδη εγκατεστημένων χαλυβδοδοκών τοποθετούνται τα χαλυβδόφυλλα, πάνω στα οποία σκυροδετείται το κατάστρωμα. Η σκυροδέτηση του καταστρώματος θα γίνει σε δύο φάσεις. Σε 1<sup>η</sup> φάση σκυροδετείται το κεντρικό τμήμα μήκους ~70% και σε 2<sup>η</sup> φάση τα ακραία τμήματα κάθε φατνώματος και η διαδοκίδα.

Οι διαδοκίδες από οπλισμένο σκυρόδεμα διατάσσονται μόνο στις θέσεις των στηρίξεων. Έχουν ορθογωνική διατομή ύψους 2,10 μ. και κάτοψη σφηνοειδούς μορφής, μέσου πάχους 1,00 μ. ώστε να επιτρέπουν την τυποποίηση του μήκους των χαλυβδοδοκών. Οι διαδοκίδες συνδέονται με τις χαλυβδοδοκούς μέσω διατμητικών ήλων διατεταγμένων σε μετωπική πλάκα των δοκών. Οι διαδοκίδες εδράζονται επί ελαστομεταλλικών εφευδάνων διατεταγμένων στον άξονα των χαλυβδοδοκών (άμεση στήριξη καταστρώματος).

Χαλύβδινες διαδοκίδες διατάσσονται ανά -5,00 μ. μεταξύ των χαλυβδοδοκών με σκοπό την αποτροπή του λυγισμού του θλιβόμενου πέλματος (στρεπτοκαμπτικός λυγισμός) στη

φάση σκυροδέτησης και τη σταθεροποίηση του ζεύγματος έναντι ανέμου στην φάση κατασκευής.

Οι διαδοκίδες αυτές, παρ' ότι έχουν κυρίως προσωρινό χαρακτήρα, παραμένουν και στην τελική κατάσταση της γέφυρας, βελτιώνοντας κατ' ολίγον την εγκάρσια κατανομή των φορτίων της γέφυρας (Φωτ. 2) .

Το βάρος της μεταλλικής κατασκευής κάθε κλάδου είναι 1672tn.

### 3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΜΟΝΩΣΗΣ

Λόγω του σύμμικτου φορέα δεν είναι δυνατή η μονολιθική σύνδεση με τα βάθρα αλλά και για να περιορισθεί ο όγκος των θεμελιώσεων λόγω ανεπάρκειας χώρου, η γέφυρα εφοδιάζεται με σύστημα σεισμικής μόνωσης. Το σύστημα μόνωσης αποτελείται από ελαστομεταλλικά εφεδράνα με πυρήνα μολύβδου (Lead Rubber Bearings).

Ο φορέας της γέφυρας εδράζεται στα βάθρα της γέφυρας επί ελαστομεταλλικών εφεδράνων με πυρήνα μολύβδου (Lead Rubber Bearings) που συνεισφέρουν στην συνολική απόσβεση του συστήματος. Τίθενται 6 εφεδράνα ανά θέση έδρασης επί των βάθρων και ακροβάθρων (ένα ανά κύρια δοκό) (Φωτ. 3).

Ο έλεγχος των εφεδράνων γίνεται σύμφωνα με τις Οδηγίες για Μελέτη Γεφυρών με Σεισμική Μόνωση (Υπ. Απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ ΔΜΕΟ/γ/115/14-04-2004), παρ. 6 [1].

Τα ελαστομεταλλικά εφεδράνα με πυρήνα μολύβδου κατασκευαστήκαν στην εταιρεία ALGA στην Ιταλία, όπου και πραγματοποιήθηκαν οι πρότυπες δοκιμές συμπεριφοράς για την επιβεβαίωση του καταστατικού νόμου συμπεριφοράς των. [4]



Φωτ. 2 Διαδοκίδα της Γέφυρας



Φωτ. 3 Εφεδράνα της Γέφυρας T10

#### 4. ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η εργοστασιακή παραγωγή των στοιχείων του μεταλλικού φορέα πραγματοποιήθηκε σε εξειδικευμένο εργοστάσιο στην Λάρισα από την εταιρεία ΙΝΤΡΑΚΑΤ Α.Ε.. Η παραγωγή των υψίκορμων σύνθετων μεταλλικών δοκών, που παρουσιάζεται στην Φωτ. 4, έγινε σε αυτόματη μηχανή συγκόλλησης με συνδέσεις πελμάτων/κορμού με αμφίπλευρη συνεχή εξωραφή κατάλληλου πάχους (παραλαβή του 100% της διατμητικής ροής) με την διαδικασία του βυθιζόμενου τόξου (S.A.W). Τα ελάσματα ακαμψίας (διαμήκη και εγκάρσια) των κυρίων δοκών τοποθετήθηκαν στο εργοστάσιο παραγωγής με συγκολλήσεις εξωραφές κατάλληλου πάχους. Η σύμμικτη λειτουργία του φορέα μεταξύ μεταλλικού σκελετού και πλάκα καταστρώματος επιτυγχάνεται μέσω διατμητικών ήλων συγκολλημένων στο εργοστάσιο παραγωγής στα άνω πέλματα όλων των δοκών. Η διατμητική σύνδεση θεωρείται πλήρης 100%.



Φωτ. 4 Συγκόλληση Κάτω πέλματος δοκού με S.A.W.

Η Ποιότητα του χάλυβα που χρησιμοποιήθηκε στην γέφυρα ήταν S 355J2G3 και S 355 N κατά EN 10025 και EN 10113, parts 1 to 3. Η ποιότητα J2 εξασφαλίζει αντοχή σε ψαθυρά θραύση κατ' ελάχιστον 27J στους -20°C. Για τις δευτερεύουσες κατασκευές επιτρέπεται ποιότητα χάλυβα S 355J2G0 (St 53.3U) κατά EN 10025.

Για την επί-τόπου αποκατάσταση της συνέχειας των κυρίων δοκών και τη σύνδεση των εγκάρσιων διαφραγμάτων χρησιμοποιήθηκαν προεντατεμένοι κοχλίες, ποιότητας 10.9. Οι κοχλιοτές συνδέσεις είναι «τριβής» με συντελεστή τριβής  $\mu = 0.50$ .

Για την αντιδιαβρωτική προστασία της Γέφυρας T10 λαμβάνεται σαν σημείο αναφοράς το ατμοσφαιρικό περιβάλλον με κατηγορία διαβρωσιμότητα C3-M (μέτρια) με επίπεδο ανθεκτικότητας 'πάνω από 15 έτη', σύμφωνα με το ISO 12944:1998. Το σύστημα επάλειψης που επιλέχθηκε με συνολικό πάχος 220μm με 280μm είναι το ακόλουθο:

- Στο εργοστάσιο:
    - Πλήρης αμμοβολή: Sa 2 ½
    - Βασική στρώση primer (Hempadur Mastic 54880) 80 μm
    - Ενδιάμεση στρώση εποξειδικής βάσης (Hempadur Mastic 54880) : 100 μm
  - Επί-τόπου μετά τη συναρμολόγηση:
    - Τελική στρώση πολυουρεθάνης βάσης (Hempathane Topcoat 55210): 60 μm
- Συνολικό πάχος 240μm

Η βαφή θα αναδιπλώνεται και στο άνω πέλμα κατά 110 mm.



Στις περιοχές των κόμβων με κοχλίες, η απαίτηση αυξημένου συντελεστή τριβής ( $\mu=0,5$ ) στη δι-επιφάνεια δοκού-κομβοελάσματος εξασφαλίζεται με τη χρήση ασταριού πυριτικού ψευδαργύρου αντί του φωσφορικού.

## 5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### - ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΧΛΙΩΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΟΚΑΡΙΩΝ

Η μεταλλική κατασκευή (δοκάρια, κομβοελάσματα, κτλ) μεταφέρονται από τον οίκο εργοστασιακής παραγωγής της INTRAKAT Α.Ε. στην περιοχή Μικρό Περιστερι, Νομού Ιωαννίνων, Περιφέρειας Ηπείρου.

Συνολικά προβλέπεται η συναρμολόγηση οκτώ (8) τμημάτων, συνολικού μήκους 288,0μ (8x36,0μ.) για την ολοκλήρωση του μεταλλικού φορέως ανωδομής εκάστου κλάδου. Κάθε κλάδος αποτελείται από έξι (6) σειρές κύριων μεταλλικών δοκών μορφής διπλού T ύψους 1,50μ.



Φωτ. 5 Ανέγερση Μεταλλικών Δοκαριών

Λόγω του μεγάλου μήκους των μεσαίων φατνωμάτων οι χαλυβδοδοκοί θα κοπούν σε μικρότερα μήκη, τα οποία θα ενωθούν στο εργοτάξιο με κοχλιωτές συνδέσεις. Το κάθε τμήμα αποτελείται από έξι (6) κυρίους δοκούς και οι εγκάρσιες διαδοκίδες οι οποίες συναρμολογούνται με κοχλίες επιτόπου στο εργοτάξιο. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την κοχλίωση της Γέφυρας T10 είναι η μέθοδος ελεγχόμενης στροφής περικόχλιου. Στην συγκεκριμένη μέθοδο εφαρμόζεται μια προκαθορισμένη στροφή του περικόχλιου σε σχέση με τον κορμό, η οποία για το δεδομένο βήμα σπειρώματος προκαλεί συγκεκριμένη επιμήκυνση του κορμού, που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη δύναμη προέντασης.[3]

Επί τόπου του έργου οι χαλυβδοδοκοί συνδέονται ανά δύο με τις διαδοκίδες (αποστάτες) και τοποθετούνται ως ζεύγματα επί των βάθρων, πάνω σε προσωρινές εδράσεις. Η τοποθέτηση των ζευγμάτων προβλέπεται με γερανό. Επί των ήδη εγκατεστημένων χαλυβδοδοκών τοποθετούνται τα χαλυβδόφυλλα, πάνω στα οποία σκυροδετείται το κατάστρωμα.

Σε πρώτη φάση σκυροδετείται το κεντρικό τμήμα μήκους ~70% και των ακραίων ανοιγμάτων μήκους ~85%. Στη φάση αυτή, οι χαλυβδοδοκοί λειτουργούν ως αμφιέρεστοι

δοκοί (επί των προσωρινών στηρίξεων) ανοίγματος  $L=33,20$  μ. οι ενδιάμεσες και  $L=31,85$  μ. οι ακραίες. Ελέγχονται όλες οι διατομές ως χαλύβδινες, υπολογίζεται το βέλος κάμψης και ελέγχεται το πάνω πέλμα έναντι στρεπτοκαμπικού λυγισμού.

Σε δεύτερη φάση γίνεται σκυροδέτηση του υπόλοιπου 30% των ανοιγμάτων και των διαδοκίδων. Οι δοκοί εξακολουθούν να είναι αμφιέρειστες.

Μετά τη σκλήρυνση και της δεύτερης φάσης σκυροδέτησης αφαιρούνται οι προσωρινές στηρίξεις (με τοπική ανύψωση του καταστρώματος μέχρι 5 mm ή και χωρίς ανύψωση) και μεταφέρεται η στήριξη στα οριστικά εφάδρανα, τα οποία έχουν ήδη πακτωθεί στη διαδοκίδα.



Φωτ. 6 Γέφυρα T10, τμήμα 2.4 της Εγνατίας οδού

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την κατασκευή της γέφυρας T10 στην περιοχή Μικρό Περιστέρι στο Νομό Ιωαννίνων, επιλέγει συνεχής σύμμικτος φορέας οκτώ (8) ανοιγμάτων ( $8 \times 36,0\text{m}$ ) που παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα :

- Μειώνεται το βάρος του φορέα (σε σχέση με αντίστοιχο φορέα από σκυρόδεμα), με σημαντικά οφέλη στις διαστάσεις των θεμελίων.
- Με την ταυτόχρονη κατασκευή των βάθρων και την εργοστασιακή παραγωγή του μεταλλικού φορέα μειώνεται σημαντικά ο χρόνος κατασκευής της γέφυρας.
- Μείωση του χρόνου κατασκευής και ανεξαρτητοποίηση μεγάλου μέρους των εργασιών από τις καιρικές συνθήκες (χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα στη συγκεκριμένη περιοχή).

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Υπ. Απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ ΔΜΕΟ/γ/115/14-04-2004
- [2] Δομή Ο.Ε., "Τεχνική Έκθεση Εγκεκριμένης Μελέτης Γέφυρας T10",
- [3] Παπανικόλας Π. "Προεντετανένοι Κοχλίες – Εφαρμογή στη Γέφυρα Ρίου-Αντιρίου", Πρακτικά Εθνικού Συνεδρίου Μεταλλικών Κατασκευών, Τόμος II σελ.206-215, Ξάνθη 29/09/2005-02/10/2005
- [4] Infanti S., Papanikolas P., Theodossopoulos G., *Rion-Antirion Bridge: Full-scal testing of Seismic devices*, fib 2003 Symposium in Athens
- [5] David Collins "Steel - Concrete Composite bridges".
- [6] Ερμόπουλος Ιωάννης – "Σιδηρές και Σύμμικτες Γέφυρες".

## CONSTRUCTION OF A CONTINUOUS COMPOSITE BRIDGE OF EGNATIA ODOS MOTORWAY

### **Harisis Kekis**

Design Director Engineer  
Egnatia Odos S.A.  
Thessaloniki, Hellas  
Email : hkekis@egnatia.gr

### **Spyros G. Konstantopoulos**

Civil Engineer, MSc  
Egnatia Odos S.A.  
Ioannina, Hellas  
Email : skonst21@teemail.gr

### **O. Kourovli-Arend**

Civil Engineer  
Egnatia Odos S.A.  
Thessaloniki, Hellas  
Email : oarend@egnatia.gr

### **Dimitrios Konstantinidis**

Civil Engineer  
Egnatia Odos S.A.  
Thessaloniki, Hellas  
Email : dkon@egnatia.gr

## **SUMMARY**

This paper describes the design and construction of T10 Bridge in the section 2.4 (Arahtos-Peristeri) located near the village Peristeri in Epirus as part of the Egnatia Motorway project. This bridge crosses Metsovitiko river and consists two independent and identical decks, 288m. length and 12.76m. wide each deck. The T10 bridge is a continuous of eight (8x36) span composite construction.

Each deck is composed of six (6) steel plate girders 1.50m. height each of them with a shape of a double T and an insitu reinforced concrete slab. The slab is concreting with static collaborated steel slabs type τύπου KONTI - KSH 100. In the positions where the steel beams are settled, diaphragms are constructed in a form of double T. The composite deck, total height 1,85m, settled on the piers and abutments via bearings. The piers (diameter 3.20m) and the abutments founded in piles of diameter 1.20m.

In this paper will be described the steel prefabrication of the steel beams, the methodology of construction of the bridge and the quantities that have been used for the construction.