

## **Η εφαρμογή του συστήματος «Τόξο του Οδυσσέα» στην κατασκευή της γέφυρας Καναλάκι.**

**Μάντζαρης Αλέξανδρος**

Πολίτικος Μηχανικός, *MSc Imperial College*, [am3907@googlemail.com](mailto:am3907@googlemail.com)

**Μάντζαρης Γιαννης**

Πολίτικος Μηχανικός *ΕΜΠ*, [imant@tee.gr](mailto:imant@tee.gr)

**Πνευματικός Νίκος**

Επίκουρος Καθηγητής *ΤΕΙ Αθήνας*, [pnevma@teiath.gr](mailto:pnevma@teiath.gr)

**Γεωργία Τσιμπουκάκη**

Πολιτικός Μηχανικός *Παν. Πατρών*, *MSc ΕΜΠ*, [getsimp@gmail.com](mailto:getsimp@gmail.com)

### **ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Η παρούσα εργασία αφορά την κατασκευή γέφυρας μήκους 60.00m στην σύνδεση Καναλλακίου με την Ε.Ο. Πρέβεζας – Ηγουμενίτσας στην χιλιομετρική θέση 5+875,965 έως 5+934,966. Η γέφυρα κατασκευάστηκε από την εταιρία Κωσταβασιλης –Σιώζος και τη συνεργασία της Φαντα-Ρεαλ ΑΒΕΤΕ και ήταν συνολικού προϋπολογισμού 1200000 €.

Το χαρακτηριστικό της γέφυρας είναι η μεγάλη λοξότητα (24°) του άξονα της γέφυρας με τον άξονα του καναλιού.

Ο φορέας είναι τριών ανοιγμάτων (15μ – 30.0μ – 15μ) και κατασκευάζεται με δύο (2) ευθύγραμμες δοκούς «ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ» μήκους 60.00m. Η τελική διατομή του φορέα είναι κιβωτιοειδής προεντεταμένη. Ο φορέας έχει πλάτος 10.50m (για δύο λωρίδες κυκλοφορίας) και ύψος 1.80m. Η θεμελίωση γίνεται μέσω δύο (2) κυκλικών μεσοβάθρων και δύο (2) ακροβάθρων επί συστοιχίας φρεατοπασσάλων.

Τα πλεονεκτήματα σε όρους κόστους, κατασκευαστικής ευκολίας και χρόνου της προτεινόμενης εφαρμογής σε σχέση με άλλες λύσεις όπως αυτό της καθαρής προκατασκευής ή της μεταλλικής και σύμμεικτης γέφυρας είναι τα ακόλουθα:

Το κόστος της γέφυρας με το σύστημα «Τόξο του Οδυσσέα» είναι παραπλήσιο με το κόστος της προκατασκευής με προεντεταμένες δοκούς, αλλά λόγω του πολύ μικρότερου αρχικού βάρους, είναι κατασκευαστικά πιο εύκολο και η μεταφορά και τοποθέτηση των δοκών δεν δημιουργεί προβλήματα.

Επίσης η γέφυρα με το σύστημα «Τόξο του Οδυσσέα» είναι οικονομικά συμφέρουσα αν συγκριθεί με μια μεταλλική ή σύμμεικτη γέφυρα.

### **ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ**

Για την μελέτη της ως άνω γέφυρας λαμβάνονται υπ' όψιν οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί, Ευρωκώδικες, και οι παρακάτω οδηγίες του Υπουργείου Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων.

- Εγκ-ΔΜΕΟγ/ο/844/39/24.12.99 Εγκ-39/99, Αναμόρφωση Εγκ-39/99 «Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών»

- Οδηγίες για την εφαρμογή των κανονισμών *Din-Fachberichte* στην Ελλάδα, Ιούνιος 2007 (Εγκύκλιος 23/27-8-2007/Α.Π. ΔΜΕΟ/ο/6289)

- Οδηγίες για τον αντισεισμικό σχεδιασμό γεφυρών σε συνδυασμό με *Din-F/B 102, 103, 104* (ΟΑΜΓ-F/B), Ιούνιος 2007 (Εγκύκλιος 23/27-8-2007/Α.Π. ΔΜΕΟ/ο/6289)

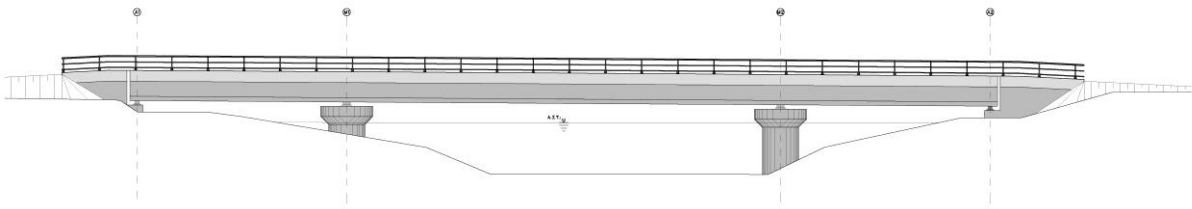
- PrEN 19138 (2004): Prestressing Steels

### **ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ – ΒΑΘΡΑ**

Από τη μακροσκοπική εξέταση του εδάφους, και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, επελέγη θεμελίωση με φρεατοπασσάλους.

Ειδικότερα, κάθε ακρόβαθρο θεμελιώνεται σε 8 φρεατοπασσάλους διατομής  $\Phi$  1.00μ και κάθε μεσόβαθρο σε 9 φρεατοπασσάλους διατομής  $\Phi$  1.00μ.

Ο κορμός των ακρόβαθρων είναι ορθογωνικής διατομής, με διαστάσεις 8.00 x 1.60 m και ύψος 3.00m. Ο κορμός των μεσοβάθρων είναι κυκλικός, με διάμετρο 2.5m, ύψους 5m για το μεσόβαθρο M1 και 4m για το ακρόβαθρο M2. Στην στέψη των μεσοβάθρων γίνεται διαπλάτυνση της διατομής σε κυκλική διατομή διαμέτρου 3.60m για την τοποθέτηση των ελαστομεταλλικών εφεδράνων. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια τομή της γέφυρας.



Σχήμα 1 Κατά μήκος τομή της γέφυρας.

### **ΦΟΡΕΑΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**

Το στατικό σύστημα της γέφυρας είναι συνεχής φορέας τριών ανοιγμάτων στηριζόμενος σε εφένδρανα ελαστομεταλλικά.

Ο αρχικός φορέας είναι ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ συνεχής 3 ανοιγμάτων και φέρει ως φορτία, το ίδιο βάρος, και το επί τόπου σκυρόδεμα.

Ο τελικός φορέας είναι κιβωτιοειδούς διατομής με 2 δοκούς «ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ» τελικού ύψους 1.80m. Η εγκάρσια στήριξη του κιβωτίου εξασφαλίζεται μέσω διαφραγμάτων στις θέσεις πάνω από τα εφένδρανα. Ο φορέας αυτός, φέρει όλα τα υπόλοιπα φορτία.

Η κατασκευή θα περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

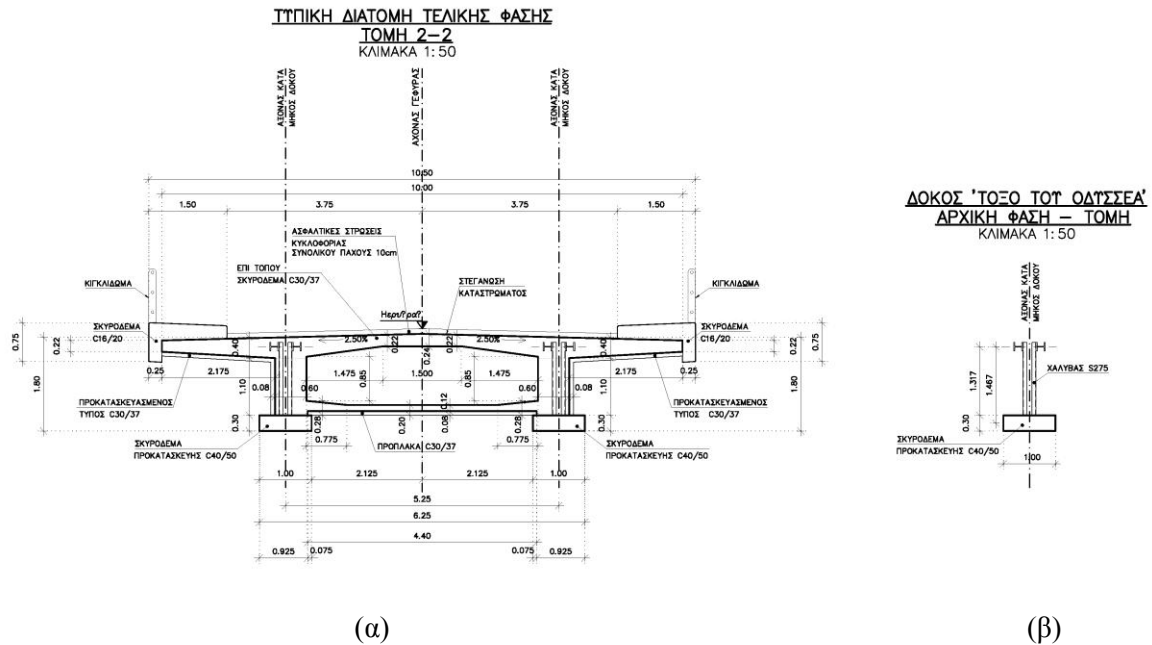
1. Τοποθέτηση των προεντεταμένων δοκών ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ. Στα ακρόβαθρα οι δοκοί τοποθετούνται απ' ευθείας επί των εφεδράνων, ενώ στα μεσόβαθρα, σε προσωρινή στήριξη. Μετά την τοποθέτηση, γίνεται σύνδεση συνέχειας.
2. Τοποθέτηση προπλακών, πλαϊνών.
3. Σιδέρωμα και καλούπωμα κορμών και άνω πλάκας.
4. Σκυροδέτηση των κορμών και της πλάκας του καταστρώματος.
5. Μετένταση.
6. Κατασκευή των πεζοδρομίων, στηθαίων και σημείων απορροής υδάτων.
7. Λοιπές εργασίες οδοποιίας, προσβάσεις, ασφαλτοστρώσεις, φωτισμός κλπ.

### **ΔΟΚΟΣ 'ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ' – ΤΥΠΟΣ Ι**

Η δοκός ΤΟΞΟ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ είναι σύμμικτη δοκός με κάτω πέλμα προεντεταμένο σκυρόδεμα, κορμό μεταλλικό δικτύωμα και άνω πέλμα μεταλλική διατομή.

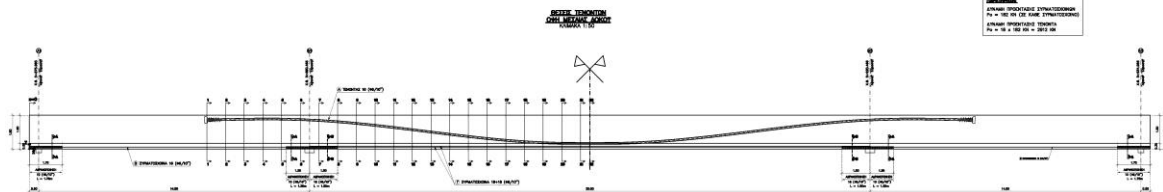
Το κάτω πέλμα αποτελείται από προεντεταμένο σκυρόδεμα C40/50 με αντίστοιχο οπλισμό προέντασης ποιότητας St 1700/1900. Ο χαλαρός οπλισμός της δοκού είναι ποιότητας B500c.

Το δικτύωμα του ΤΟΞΟΥ ΤΟΥ ΟΔΥΣΣΕΑ αποτελείται από πρότυπες διατομές μορφοσιδήρου UPN και HEB ποιότητας S 275 και S 355. Μια τυπική διατομή της γέφυρας και της δοκού Τόξου του Οδυσσέα φαίνονται στο σχήμα 2 α και 2 β αντίστοιχα.



Σχήμα 2 Τυπική διατομή της γέφυρας, (α) και της δοκού Τόξου του Οδυσσέα (β).

Η δοκός επρόκειτο να παραχθεί σε 3 τεμάχια (15-30-15 μ) στο εργοστάσιο σε κλίση προέντασης, αλλά τελικώς κατασκευάστηκε στον πόδα του έργου με μετένταση με το σύστημα BBV. Μετά την απόκτηση αντοχής του σκυροδέματος και την προένταση, οι δοκοί τοποθετήθηκαν στην θέση τους με την βοήθεια γερανού, και συνδέθηκαν μεταξύ τους ώστε να λειτουργούν ως συνεχής δοκός για τα ίδια βάρη (σκυρόδεμα). Η χάραξη του τένοντα μετεντασης φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3 Χάραξη του τένοντα μετεντασης,

### ΠΡΟΠΛΑΚΕΣ – ΠΛΑΪΝΑ – ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΚΙΒΩΤΙΟΥ

Υπήρχαν 2 τρόποι κατασκευής:

- 1.- Προκατασκευασμένες προπλάκες για το κάτω μέρος του κιβωτίου και προκατασκευασμένα φτερά για τα πλαϊνά. Το εσωτερικό του κιβωτίου, γεμίζει με διογκ. πολυστερίνη.
- 2.- Καλούπωμα.

Τελικώς επελέγη η β' λύση, με διογκ. πολυστερίνη στο εσωτερικό.

Παρακάτω επισυνάπτονται μια φωτογραφία κατά την διάρκεια της κατασκευής της γέφυρας,



Εικ.1 Τοποθέτηση δοκών «τοξου του Οδυσσέα» στα βάθρα της γέφυρας.

## Βιβλιογραφία

Gianis Mantzaris, Nikos Pnevmatikos, Persefoni Voutsina, Chris Machairas, Kostas Kostavasilis, “New method of arched bridge construction using the structural system “Arc of Ulysses”, Technical Chamber of Greece T.C.G, 16<sup>o</sup> Concrete conference, Pafos Cyprus, 21-23 October 2009. CD ROM Proceedings, paper #151042.

Giannis Mantzaris, Nikos Pnevmatikos, Alexandros Mantzaris, “The Arc of Ulysses-Precast, prestressed composite beams for bridge construction. Standard bridge beams with free spans up to 100m for road rail and walkway bridges”, 1<sup>st</sup> Albanian congress on roads, 27-28 September 2012, Tirana, Albania.

Gianis Mantzaris, Nikos Pnevmatikos, Gewrgia Tsiboukaki, Alekos Mantzaris, “Standard bridge beams with spans up to 100m for road, rail and walkway bridges”, *Concrete Plant International journal, CPI*, Volume 3, June 2010.

EN (2004), “Eurocode 3. Design of steel structures – Part 1–1: General rules and rules for buildings (EN 1993-1-1)”.

EN (2004), “Eurocode 3 -Design of steel structures -Part 2: Steel Bridges (EN 1993-2)”

EN (2004), “Eurocode 2. Design of concrete structures – Part 1–1: General rules and rules for buildings (EN 1992-1-1)”.

EN (2004), “Eurocode 2. Design of concrete structures - Part 2: – Concrete bridges -Design and detailing rules (EN 1992-2)”.

EN 15050:2007+A1:2012 Precast concrete products - Bridge elements