

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΞΩΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΣΑΚΩΝΑΣ

Κυριάκος Σταθόπουλος
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
ΔΟΜΗ Α.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
k.stathopoulos@domi-ae.gr

Πάυλος Θανόπουλος
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
ΔΟΜΗ Α.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
p.thanopoulos@domi-ae.gr

Σάββας Βλάχος
Πολιτικός Μηχανικός MSc
ΔΟΜΗ Α.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
s.vlachos@domi-ae.gr

Ιωάννης Σπυρόπουλος
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
ΔΟΜΗ Α.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
i.spyropoulos@domi-ae.gr

Παναγιώτης Κοτσανόπουλος
Πολιτικός Μηχανικός MSc
ΔΟΜΗ Α.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
p.kotsanopoulos@domi-ae.gr

Σταμάτιος Σταθόπουλος
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός
ΔΟΜΗ Α.Ε.
Αθήνα, Ελλάδα
s.stathopoulos@domi-ae.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επειτα από εκτεταμένη κατολίσθηση που είχε σαν αποτέλεσμα την καταστροφή τμήματος της Εθνικής Οδού Κορίνθου-Τρίπολης-Καλαμάτας στην περιοχή Τσακώνα-Παραδεισίων, δημιουργήθηκε η ανάγκη για την κατασκευή ενός φορέα ικανού να γεφυρώσει ασφαλώς το σύνολο της κατολίσθησης, σε μια περιοχή υψηλής σεισμικότητας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, σχεδιάστηκε μια τοξωτή γέφυρα μήκους 390 m. Το κύριο άνοιγμα μήκους 300 m, γεφυρώνει την κατολίσθηση και αποτελείται από δύο κατακόρυφα χαλύβδινα τόξα ύψους 45 m και ένα σύμμικτο κατάστρωμα χάλυβα-οπλισμένου σκυροδέματος, πλάτους 22,80 m, το οποίο αναρτάται από τα τόξα με 2×20 κατακόρυφους αναρτήρες. Η πρόσβαση προς την κυρίως γέφυρα επιτυγχάνεται μέσω μιας γέφυρας σχήματος V από προεντεταμένο σκυρόδεμα μήκους 90 m και πλάτους 20,40 m.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν μια εκτεταμένη κατολίσθηση (περισσότερα από 6 εκατομμύρια m³ εδάφους) κατέστρεψε τμήμα μήκους 300 m της Εθνικής Οδού Κορίνθου – Καλαμάτας στην περιοχή Τσακώνα-Παραδεισίων, έγινε αναγκαίος ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός φορέα που θα πληρούσε, μεταξύ άλλων, τα ακόλουθα βασικά κριτήρια:

- Ασφαλή γεφύρωση του συνόλου της – ενεργής ακόμα – κατολίσθησης, χωρίς κανενός είδους αλληλεπίδραση μεταξύ φορέα και έρποντος εδάφους.
- Αντισεισμικές απαιτήσεις: η γέφυρα σχεδιάζεται έναντι σεισμού με μέγιστη επιτάχυνση εδάφους 0,31·g και περίοδο επαναφοράς 1044 ετών.
- Ικανότητα ανάληψης μιας διαμήκους ή/και κατακόρυφης πιθανής τεκτονικής μετακίνησης της δεξιάς πλευράς (προς Καλαμάτα) μεγέθους 20 cm.

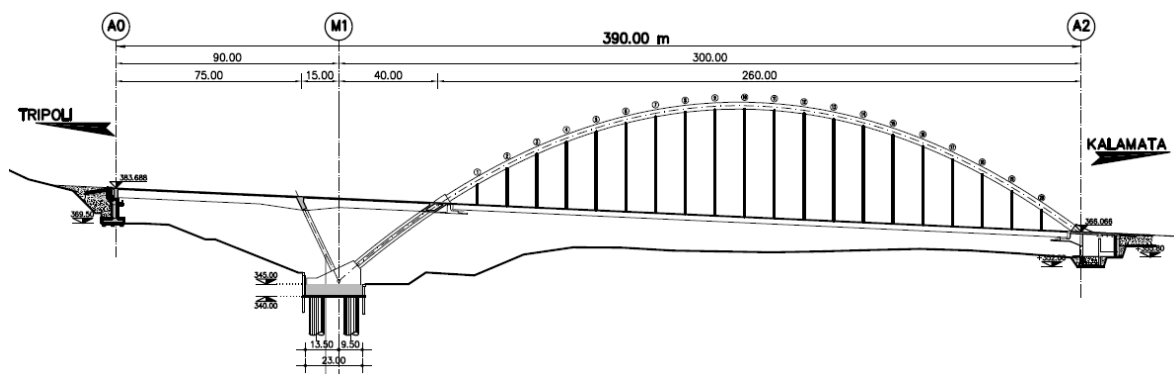
Η εκτενής γεωλογική και γεωτεχνική διερεύνηση ολόκληρης της περιοχής έδειξε ότι εντός εύρους άνω των 350 m, μόνο μια νησίδα ημίβραχου μπορούσε να φέρει με ασφάλεια σημαντικά φορτία, χωρίς να επηρεάζεται από την κατολίσθηση. Υπό αυτά τα δεδομένα,

από τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις που εξετάστηκαν στη φάση της προκαταρκτικής μελέτης προέκυψε ότι η λύση της τοξωτής γέφυρας ήταν οικονομοτεχνικά βέλτιστη.

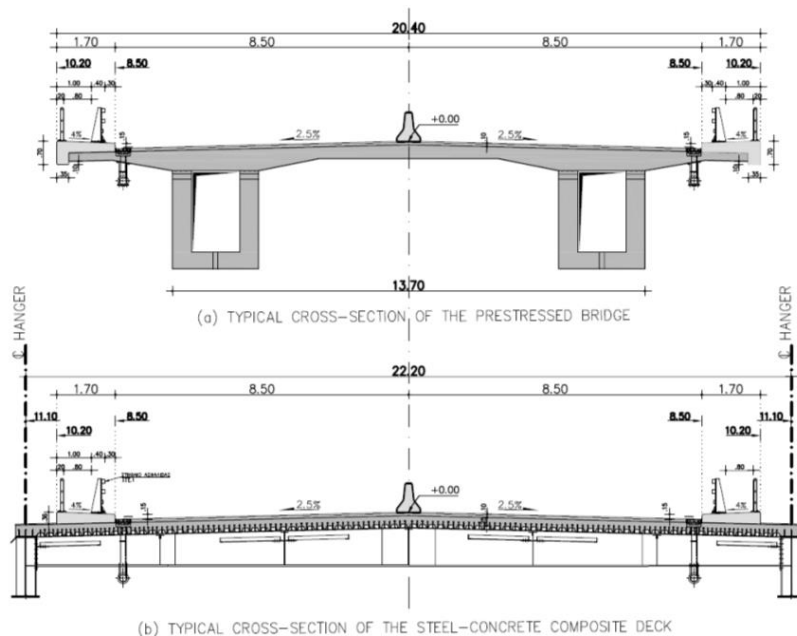
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΟΡΕΑ

3.1 Γενικά

Η γέφυρα έχει συνολικό μήκος 390 m και αποτελείται από δύο κύρια ανοίγματα, μήκους 90 m και 300 m, τα οποία ορίζονται από τη θέση θεμελίωσης του μεσοβάθρου. Παρόλα αυτά, το μεσόβαθρο σχήματος V από οπλισμένο σκυρόδεμα ορίζει ένα κατάστρωμα τριών ανοιγμάτων (Σχ.1). Τα πρώτα δύο ανοίγματα, μήκους 75 m και 55 m και πλάτους 20,40 m, αποτελούνται από φορέα προεντεταμένου σκυροδέματος, μονολιθικά συνδεδεμένο με το βάθρο, σχηματίζοντας τη «γέφυρα πρόσβασης» προς το τρίτο και κύριο άνοιγμα.



Σχ. 1: Όψη γέφυρας



Σχ. 2: Τυπικές διατομές καταστρώματος: (α) γέφυρα πρόσβασης (β) κυρίως γέφυρα

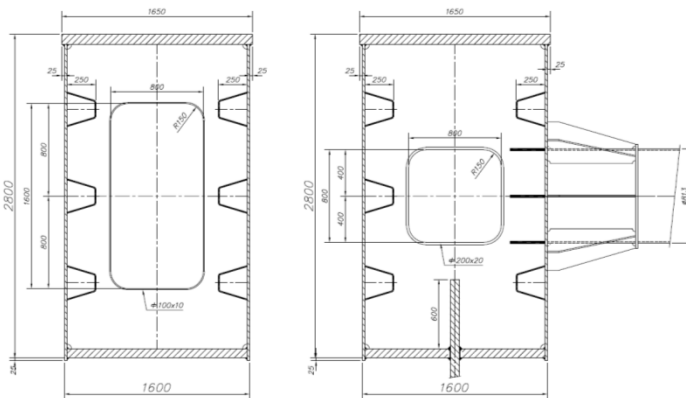
Το τρίτο άνοιγμα, μήκους 260 m, αποτελείται από δύο κατακόρυφα χαλύβδινα τόξα, πακτωμένα στα δύο άκρα, και ένα σύμμικτο κατάστρωμα χάλυβα – σκυροδέματος, πλάτους 22,80 m, πλήρως αναρτημένο από τα τόξα μέσω 2×20 κατακόρυφων αναρτήρων. Το κατάστρωμα δεν συνδέεται μονολιθικά με τα τόξα, όπως θα γινόταν σε ένα σύστημα τόξου–ελκυστήρα, έτσι ώστε να αποφευχθεί μια πιθανή απώλεια στήριξης του ισοστατικού

συστήματος στην περίπτωση τεκτονικής μετακίνησης της περιοχής του ακροβάθρου. Ο άξονας της γέφυρας είναι ευθύγραμμος με σταθερή κατωφερή κλίση ίση με 4,5%. Η τυπική διατομή της γέφυρας αποτελείται από δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, πλάτους 3,50 m, μια κεντρική νησίδα πλάτους 2,00 m, 2 ερείσματα πλάτους 0,50 m και 2 πεζοδρόμια πλάτους 1,70 m (Σχ. 2).

Το παρόν άρθρο επικεντρώνεται κυρίως στα χαλύβδινα τμήματα της γέφυρας, χωρίς να γίνεται εκτενής αναφορά στη θεμελίωση, το μεσόβαθρο σχήματος V και το κατάστρωμα προεντεταμένου σκυροδέματος του φορέα πρόσβασης.

3.2 Δομικά στοιχεία

3.2.1 Τόξα



Σχ. 3: Τυπικές διατομές χαλύβδινου τόξου

Τα δύο κατακόρυφα τόξα, με μήκος 271 m κατά μήκος παραβολικής καμπύλης και ύψος 45 m, τοποθετούνται σε απόσταση $\pm 11,10$ m από τον άξονα της οδού. Το θεωρητικό παραβολικό σχήμα με $R_{\min} = 185$ m αντικαθίσταται από μια πολυγωνική γραμμή με κορυφές ανά 6 m. Οι τοξωτοί φορείς αποτελούνται από μια κιβωτοειδή διατομή σταθερού ύψους και πλάτους $2,80 \times 1,60$ m, και είναι προσβάσιμοι σε όλο το μήκος τους. Η διατομή αποτελείται από ελάσματα πάχους 70-120 mm για τα πέλματα και 20-40 mm για τους κορμούς. Η ποιότητα του χάλυβα είναι S355-J2+N (EN-10025), προδιαγράφεται όμως εγγυημένη τάση διαρροής $f_{yk} > 355$ MPa για όλα τα ελάσματα των πελμάτων, ανεξαρτήτως πάχους. Όλες οι ενώσεις κατά μήκος των τόξων είναι συγκολλητές και τα δύο τους άκρα πακτώνονται με 36 προεντεταμένες ράβδους D36-835/1030 χωρίς συνάφεια με τον φορέα της γέφυρας πρόσβασης και του ακροβάθρου, αντίστοιχα. Κατακόρυφα διαφράγματα πάχους 20-30 mm τοποθετούνται εντός των κιβωτίων ανά 6 m, καθώς και εκατέρωθεν των θέσεων των αναρτήρων. Τρεις διαμήκεις τραπεζοειδείς νευρώσεις, σε όλο το μήκος των τόξων, προστατεύουν τους κορμούς των κιβωτίων έναντι κύρτωσης (Σχ. 3). Οι εγκάρσιοι αντιανεμίμοι σύνδεσμοι αποτελούνται από κοίλες κυκλικές διατομές (S355-J2+N) με διαστάσεις D813/12,5 και D610/10 mm, και σχηματίζουν ένα δικτύωμα το οποίο συνδέει τα δύο τόξα και προσφέρει επαρκή δυσκαμψία και αντοχή έναντι ανέμου, εγκάρσιου σεισμού και λυγισμού εκτός του επιπέδου του τόξου.

Όλες οι χαλύβδινες επιφάνειες προστατεύονται με ένα σύστημα βαφής ελάχιστης διάρκειας ζωής 15 ετών, κατάλληλο για περιβαλλοντικές συνθήκες Κατηγορίας C2.

3.2.2 Σύμμικτο κατάστρωμα χάλυβα – οπλισμένου σκυροδέματος

Το σύμμικτο κατάστρωμα χάλυβα – οπλισμένου σκυροδέματος του τοξωτού φορέα αποτελείται από 2 χαλύβδινες κύριες δοκούς, 83 χαλύβδινες διαδοκίδες, και μια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (Σχ. 2). Κάθε κύρια δοκός έχει διατομή σχήματος I με σταθερό ύψος 1,80 m, και αποτελείται από ελάσματα (S355-J2+N) διαστάσεων 600×25 mm για το άνω πέλμα, 1715×20 mm για τον κορμό και 800×60 mm για το κάτω πέλμα. Το συνολικό τους μήκος των 248,50 m χωρίζεται σε 21 τμήματα, μήκους 9 m και 15 m, τα οποία

συνδέονται μεταξύ τους με συνδέσεις πλήρους αντοχής οι οποίες πραγματοποιούνται μέσω διπλών ελασμάτων κορμού και πελμάτων και προεντεταμένων κοχλιών (GV 10.9). Οι διαδοκίδες έχουν ένα θεωρητικό άνοιγμα μήκους 22,20 m (καθαρό άνοιγμα 21,55 m) και τοποθετούνται ανά 3,00 m. Έχουν διατομή σχήματος I μεταβλητού ύψους, από 870 mm στις στηρίξεις έως 1210 mm στο άνοιγμα, και αποτελούνται από ελάσματα (S355-J2+N) διαστάσεων 400×20 mm για το άνω πέλμα, 12 mm (κεντρικό τμήμα) ή 15 mm (ακραία τμήματα) για τον κορμό, και 500×35 (κεντρικό τμήμα) ή 500×25 (ακραία τμήματα) για το κάτω πέλμα. Η διαδοκίδα συνδέεται με την κύρια δοκό μέσω μιας μετωπικής πλάκας και προεντεταμένων κοχλιών (GV 10.9). Ο χαλύβδινος φορέας του καταστρώματος περιλαμβάνει κάποια δευτερεύοντα στοιχεία (S355-JR) (π.χ. αντιανέμια κτλ) που του προσφέρουν επαρκή αντοχή και πλευρική ευστάθεια έναντι ανέμου. Τα στοιχεία αυτά είναι ενεργά μόνο κατά τη συναρμολόγηση του χαλύβδινου φορέα και τη σκυροδέτηση της πλάκας. Η πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος (C30/37) σκυροδετείται πάνω σε γαλβανισμένα χαλυβδόφυλλα 100/1,5 και έχει συμπαγές πάχος 25 cm πάνω από το χαλυβδόφυλλο. Η διατμητική σύνδεση της πλάκας με τις κύριες και τις εγκάρσιες δοκούς εξασφαλίζεται μέσω διατμητικών ήλων κεφαλής Ø22/200 (S235J2+C450).

3.2.3 Σύστημα στήριξης σύμμικτου καταστρώματος

Το σύμμικτο κατάστρωμα αναρτάται από τα τόξα μέσω 2×20 πλεκτών συρματοσχοίων κλειστού τύπου (full locked coil) από χάλυβα υψηλής αντοχής ($f_u = 1570$ MPa) και με διαμέτρους 100, 90 και 80 mm. Τα συρματόσχοινα διατάσσονται κατακόρυφα, ανά 12,00 m και συνδέονται με το τόξο και το κατάστρωμα μέσω αρθρωτών συνδέσεων με πείρους. Κάθε αναρτήρας φέρει στο άνω και κάτω άκρο του κεφαλή ανοικτού τύπου (open spelter socket) με άρθρωση διατεταγμένη κατά τη διαμήκη διεύθυνση. Τα συρματόσχοινα έχουν ισχυρή αντιδιαβρωτική προστασία, για τις εσωτερικές στρώσεις (κυκλικά σύρματα) μέσω γαλβανισμού και προστατευτικού κάλυμματος και για τις εξωτερικές στρώσεις (καλώδια σχήματος Z) μέσω επένδυσης με Galfan ποιότητας A. Επιπλέον, εφαρμόζεται μία τελική εξωτερική προστατευτική επίστρωση επί εγκατεστημένων αναρτήρων. Το σύμμικτο κατάστρωμα είναι σεισμικά μονωμένο, καθώς στηρίζεται στον φορέα πρόσβασης και το ακρόβαθρο μέσω 4 ελαστομεταλλικών εφεδράνων συνήθους απόσβεσης διαστάσεων 900×900×198 mm, ενώ 8 υδραυλικοί αποσβεστήρες 500/±200mm ελέγχουν την οριζόντια μετακίνηση του καταστρώματος τόσο σε σεισμικές όσο και σε στατικές δράσεις, όπως η φόρτιση του ανέμου και η τροχοπέδηση των οχημάτων.

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

4.1 Βασικές παραδοχές σχεδιασμού

Ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς DIN αν και λόγω της σπουδαιότητας της κατασκευής, ελέγχθηκε η συμμόρφωσή της προς τις απαιτήσεις των Ευρωκωδίκων. Η κατηγορία της γέφυρας είναι 60/30 σύμφωνα με τον DIN1072 με συντελεστή δυναμικής φόρτισης από 1,00 έως 1,40, (ανάλογα με το εξεταζόμενο δομικό στοιχείο) και έχει ελεγχθεί επίσης για την Πρότυπη Φόρτιση 1 σύμφωνα με τον EN1991-2. Επιπρόσθετα των ονομαστικών μόνιμων και μεταβλητών δράσεων, η γέφυρα έχει σχεδιαστεί και για τις ακόλουθες σεισμικές και ειδικές δράσεις: (1) Σεισμική δράση με $PGA = 0,24 \cdot g$ για Κατηγορία Εδάφους A και συντελεστή σπουδαιότητας $\gamma_1 = 1,30$: Επιτάχυνση σχεδιασμού $A = 0,312 g$. Ο συντελεστής συμπεριφοράς q λαμβάνεται ίσος με 1,0 λόγω της τοξωτής κατασκευής του βάθρου σχήματος V και της εφαρμογής συστήματος σεισμικής μόνωσης. (2) Αντικατάσταση κάθε

αναρτήρα (ενός κάθε φορά) με δυναμικό συντελεστή $k = 1,0$, θεωρώντας την ύπαρξη ενός γερανού 50 tn στην περιοχή του υπό αντικατάσταση αναρτήρα. (3) Τυχηματική απώλεια ενός ή δύο παρακείμενων αναρτήρων (εξετάστηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί) με δυναμικούς συντελεστές $k = 2,0$ και $1,5$, αντίστοιχα. Για τις περιπτώσεις αντικατάστασης και απώλειας αναρτήρων, λαμβάνεται ως συνοδεύον το 50% του ονομαστικού φορτίου κυκλοφορίας στις δυσμενέστερες θέσεις κατά μήκος του καταστρώματος. (4) Διαμήκη ή/και κατακόρυφη τεκτονική μετακίνηση του ακροβάθρου A2 ίση με 20 cm.

4.2 Ανάλυση και ενδεικτικά αποτελέσματα

Για το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση της κατασκευής εκπονήθηκε ένας σημαντικός αριθμός γραμμικών και μη γραμμικών αναλύσεων με την ανάπτυξη τρισδιάστατων προσομοιώματων της γέφυρας. Σε αυτά έγινε λεπτομερής περιγραφή της γεωμετρίας της, χρησιμοποιώντας γραμμικά στοιχεία για τα μέλη της γέφυρας πρόσβασης, τα χαλύβδινα τόξα, τους αντιανεμίους συνδέσμους, τις κύριες και εγκάρσιες χαλυβδόδοκους, επίπεδα πεπερασμένα στοιχεία για την πλάκα σκυροδέματος του σύμμικτου καταστρώματος και στοιχεία καλωδίων για τους αναρτήρες (Σχ. 4). Στα προσομοιώματα εφαρμόστηκαν οι μόνιμες δράσεις σύμφωνα με τις προκαθορισμένες φάσεις κατασκευής, φορτία κυκλοφορίας και λοιπές μεταβλητές δράσεις, καθώς και οι σεισμικές ή άλλες ειδικές δράσεις (π.χ. αντικατάσταση ή απώλεια αναρτήρων και οι τεκτονικές μετακινήσεις). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση έναντι κόπωσης.



Σχ.4: Κύριο τρισδιάστατο προσομοίωμα γέφυρας

Εκτός των άλλων, τα μεταλλικά τόξα σχεδιάζονται και ελέγχονται έναντι λυγισμού, μέσω εκτενών αναλύσεων 2^{ης} τάξης. Κρίσιμος για το σχεδιασμό των τόξων αποδείχτηκε ο εντός επιπέδου γενικός λυγισμός. Οι τάσεις που προκύπτουν στα τόξα είναι σημαντικά αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες της ανάλυσης 1^{ης} τάξης (Πίν. 1). Αντιθέτως, ο εκτός επιπέδου λυγισμός δεν είναι κρίσιμος, καθώς η ύπαρξη ενός ισχυρού συστήματος δυσκαμψίας μεταξύ των τόξων αποτρέπει την εγκάρσια αστάθεια της κατασκευής.

| Τάση ΟΚΛ [MPa] | Ανάλ. 1 ^{ης} τάξης | Ανάλ. 2 ^{ης} τάξης |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Μέγ. θλιπτική | -200 | -230 |
| Μέγ. εφελκυστική | +40 | +70 |
| Μέγ. διατμητική | 25 | 45 |

Πίν. 1: Σύγκριση τάσεων τόξων μεταξύ αναλύσεων 1^{ης} και 2^{ης} τάξης

Επιπλέον, υπολογίστηκε το κρίσιμο φορτίο λυγισμού του φορέα, ως μια ποσοτική ένδειξη της ευαισθησίας των τόξων έναντι καθολικού λυγισμού. Για το πλήρες φορτίο κυκλοφορίας, ομοιόμορφα κατανεμημένο στην επιφάνεια του σύμμικτου καταστρώματος, προέκυψε ένας συντελεστής $n = P_{cr}/P = 4,0$. Όταν όμως το φορτίο κατανέμεται στο δεξί μισό του καταστρώματος, ο συντελεστής μειώνεται σε $n = 2,5$.

Λόγω των μόνιμων δράσεων, η θλιπτική αξονική δύναμη στη βάση του τόξου για την ΟΚΛ και η συνοδεύουσα ροπή ως προς τον ισχυρό άξονα είναι -46 MN και -13 MNm, αντίστοιχα. Παρόλα αυτά, ανάλογα με τη θέση των φορτίων κυκλοφορίας στο σύμμικτο

κατάστρωμα, η ροπή μεταβάλλεται κατά $\Delta M = +64/-52$ MNm. Αντιθέτως, η αξονική δύναμη είναι πρακτικά σταθερή, καθώς η ποσοστιαία μεταβολή της κυμαίνεται στο $\pm 5\%$. Οι αναρτήρες σχεδιάζονται με τις δυνάμεις του Πίν. 2 και τον έλεγχο κόπωσης ($\Delta\sigma = 140$ MPa για 70% των ονομαστικών φορτίων κυκλοφορίας), ο οποίος είναι ο πλέον κρίσιμος. Όσον αφορά στις κύριες δοκούς, η τυχηματική απώλεια δύο γειτονικών αναρτήρων είναι καθοριστική για το σχεδιασμό τους (Πίν. 3), ενώ οι διαδοκίδες δεν είναι ευαίσθητες στις ειδικές φορτίσεις και παρουσιάζουν τη μέγιστη τάση 215 MPa στην ΟΚΛ λόγω των φορτίων κυκλοφορίας.

| Δράση | D100 | D90 | D80 |
|-----------------------------|------|------|------|
| Σχεδιασμός ΟΚΛ [kN] | 3600 | 3100 | 2750 |
| Αντικατάσταση αναρτήρα [kN] | 4100 | 3600 | 3400 |
| Απώλεια δύο αναρτήρων [kN] | 6100 | 5000 | 4600 |

Πίν. 2: Δυνάμεις αναρτήρων

| Τάση [MPa] | ΟΚΛ | Αντικατ. αναρτ. | Απώλεια αναρτ. |
|---------------------|------|-----------------|----------------|
| Μέγιστη θλιπτική | -130 | -70 | -10 |
| Μέγιστη εφελκυστική | +155 | +180 | +310 |
| Μέγιστη διατμητική | 55 | 70 | 115 |

Πίν 3: Τάσεις κύριων χαλυβοδοκών

5. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ο σχεδιασμός έγινε με βάση τις ακόλουθες, υποχρεωτικές φάσεις κατασκευής: Η γέφυρα πρόσβασης κατασκευάζεται σε δύο φάσεις. Η πρώτη περιλαμβάνει τη θεμελίωση του μεσόβαθρου, τις τέσσερις αντηρίδες και το τμήμα του προεντεταμένου καταστρώματος που αντιστοιχεί σε αυτές, έτσι ώστε να σχηματιστεί ένα κλειστό πλαίσιο τριγωνικού σχήματος. Το τμήμα αυτό στηρίζεται στην κατακόρυφη διεύθυνση από τα δύο προσωρινά βάθρα ΜΤ (ένα κάτω από κάθε τοξωτή αντηρίδα), τα οποία τοποθετούνται κάτω από τον κόμβο σύνδεσης μεταξύ των χαλύβδινων τόξων και της γέφυρας πρόσβασης. Κάθε βάθρο μπορεί να μεταφέρει λειτουργικό κατακόρυφο φορτίο 12 MN. Τα βάθρα παραμένουν πλήρως ενεργά για όλες τις φάσεις κατασκευής του φορέα, προσφέροντας στην κατασκευή μια δύσκαμπτη, προσωρινή στήριξη στην κατακόρυφη διεύθυνση.

| Υλικό | Ποσότητα |
|-----------------------------|----------|
| Δομικός χάλυβας [tn] | 3600 |
| Αναρτήρες [tn] | 50 |
| Σκυρόδεμα [m ³] | 18000 |
| Χάλυβας οπλισμών [tn] | 2450 |
| Χάλυβας προέντασης [tn] | 150 |

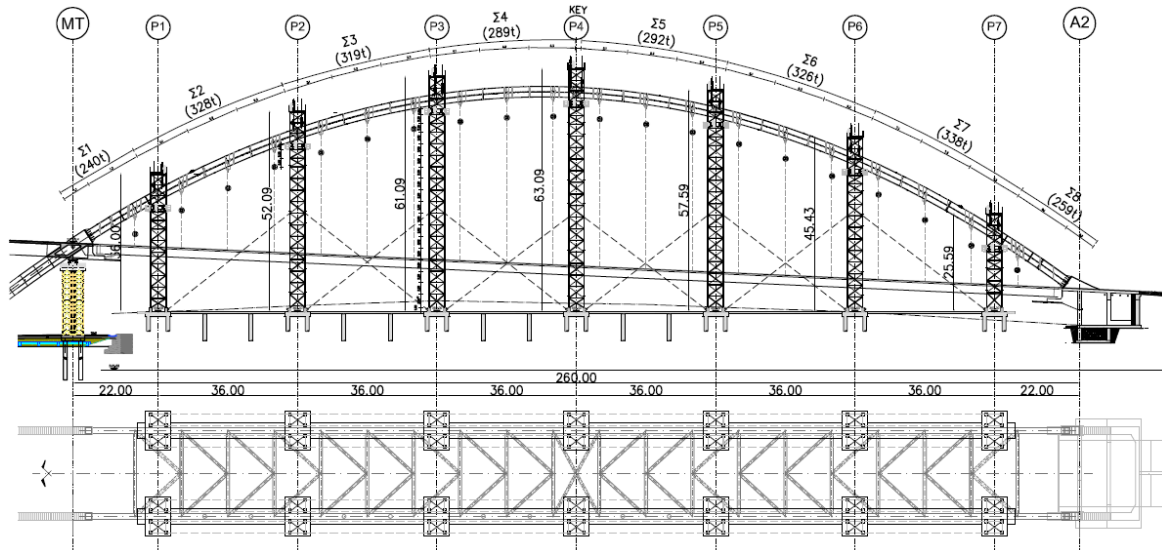
Πίν. 4: Κύριες ποσότητες της γέφυρας

Μετά την ολοκλήρωση του δεύτερου τμήματος της γέφυρας πρόσβασης και του ακροβάθρου Α2, τα συναρμολογημένα στο εργοστάσιο 12μετρα τμήματα των τόξων συγκολλούνται επιτόπου σε οκτώ μεγάλους σπονδύλους, οι οποίοι περιλαμβάνουν και τους αντιανέμιους συνδέσμους. Κατασκευάζονται 2×7 δικτυωτοί πύργοι, με ύψος από 26 m έως 63 m, οι οποίοι τοποθετούνται κάθε 36 m, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η ανέγερση των τόξων μέσω

συστήματος συρματοσχοίνων και γρύλλων (Σχ. 5). Οι οκτώ σπόνδυλοι, με βάρος μεταξύ 240 tn και 340 tn, τοποθετούνται στην τελική τους θέση, εδραζόμενοι σε γρύλλους επί των προσωρινών πύργων και συγκολλούνται μεταξύ τους. Η κατασκευή γίνεται διαδοχικά και από τις δύο πλευρές και η τελική σύνδεση των δύο ημιφορέων γίνεται στην στέψη των τόξων, με την τοποθέτηση ενός «κλειδιού» μήκους ~1,50 m. Στη συνέχεια, οι βοηθητικοί πύργοι αποσυναρμολογούνται και οι τοξωτοί φορείς φέρουν το ίδιο βάρος τους.

Το χαλύβδινο κατάστρωμα συναρμολογείται ενώ τοποθετούνται οι αναρτήρες. Η σκυροδέτηση της πλάκας του καταστρώματος γίνεται σε 11 προκαθορισμένες φάσεις έτσι

ώστε να επιτευχθεί ελεγχόμενη ανάπτυξη τάσεων στα τόξα. Μετά την ολοκλήρωση του φορέα, τα προσωρινά βάθρα MT απομακρύνονται και η κατασκευή της γέφυρας ολοκληρώνεται με τις σχετικές εργασίες (πεζοδρόμια, ασφαλτικές στρώσεις κλπ.). Οι κύριες ποσότητες των βασικών δομικών στοιχείων παρατίθενται στον Πίν. 4.



Σχ.5: Προσωρινά βάθρα MT και βοηθητικοί πύργοι P1-P7 για την κατασκευή των τόξων

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τοξωτή γέφυρα της Τσακώνας είναι η δεύτερη μεγαλύτερη γέφυρα στην Ελλάδα, μετά τη γέφυρα Ρίου-Αντιρίου και μια από τις μεγαλύτερες του τύπου της σε παγκόσμιο επίπεδο. Επιτυγχάνει να γεφυρώσει μια τεράστια, ενεργή κατολίθηση σε μια περιοχή έντονης σεισμικότητας, ενώ αποτελεί τοπόσημο υψηλής αισθητικής.

Κύριος του Έργου είναι το Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων. Η μελέτη της γέφυρας εκπονήθηκε από τη «ΔΟΜΗ Α.Ε.–Σύμβουλοι Μηχανικοί», η οποία είναι και Σύμβουλος του ΚτΕ επί της κατασκευής. Η μελέτη ελέγχθηκε για λογαριασμό του ΚτΕ από το γραφείο «LEONHARDT, ANDRÄ UND PARTNER S.A.». Η επίβλεψη της κατασκευής ασκείται από την ΕΥΔΕ/ΔΔΠ του ΥΠΟΜΕΔΙ. Η κατασκευή της γέφυρας από την εταιρεία «ΤΕΡΝΑ Α.Ε.» βρίσκεται σε τελικό στάδιο και αναμένεται να ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του 2014 (Σχ. 6).



Σχ.6: Φωτορεαλιστική απεικόνιση ολοκληρωμένης γέφυρας

DESIGN OF THE TSAKONA ARCHED BRIDGE

Kyriakos Stathopoulos

Civil Engineer, PhD
Domi S.A.
Athens, Greece
k.stathopoulos@domi-ae.gr

Pavlos Thanopoulos

Civil Engineer, PhD
Domi S.A.
Athens, Greece
p.thanopoulos@domi-ae.gr

Savvas Vlachos

Civil Engineer, MSc
Domi S.A.
Athens, Greece
s.vlachos@domi-ae.gr

Ioannis Spyropoulos

Civil Engineer, PhD
Domi S.A.
Athens, Greece
i.spyropoulos@domi-ae.gr

Panagiotis Kotsanopoulos

Civil Engineer, MSc
Domi S.A.
Athens, Greece
p.kotsanopoulos@domi-ae.gr

Stamatios Stathopoulos

Civil Engineer, PhD
Domi S.A.
Athens, Greece
s.stathopoulos@domi-ae.gr

ABSTRACT

An extended landslide cut the National Road Corinthos-Tripoli-Kalamata in Southern Greece and emerged the need for the construction of a large singular structure, capable to bridge the whole landslide in an area of high seismicity. In order to address the challenge, a bridge with length of 390 m was designed. The main span, which passes over the landslide, is 300 m long and consists of two vertical steel arches with rise of 45 m and a steel-concrete composite deck, 22,80 m wide, fully suspended by the arches with 2×20 vertical full locked coil hangers. The approach to the main span of the bridge is achieved by a V-shaped prestressed concrete bridge 90m long and 20,40 m wide. The current publication focuses mainly on the design of the steel parts of the bridge.