

ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΤΟΞΩΤΗ ΣΙΑ/ΜΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΜΕ ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΕΙΣ**Νέστορας Λουκάτος**

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Ν. Λουκάτος & Συνεργάτες ΑΕ

Αθήνα, Ελλάδα

e-mail: info@stand.gr**Νεονέλλης Τζανέτος**

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc, DIC, MBA

Ν. Λουκάτος & Συνεργάτες ΑΕ

Αθήνα, Ελλάδα

e-mail : eng@stand.gr**Ευάγγελος Ξυπολιτίδης**

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός

Ν. Λουκάτος & Συνεργάτες ΑΕ

Αθήνα, Ελλάδα

e-mail : eng@stand.gr**1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το άρθρο παρουσιάζει τη μελέτη γέφυρας μονής σιδηροδρομικής γραμμής πάνω από κατολισθαίνουσα περιοχή στην Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρο Αιγάλεω στην Αθήνα. Πρόκειται για την μεγαλύτερη σε άνοιγμα τοξωτή σιδηροδρομική γέφυρα που κατασκευάζεται στην Ελλάδα (110 m). Η μελέτη εκπονήθηκε με βάση τις διατάξεις του DIN-Fachbericht και τους Ευρωκώδικες. Η τοξωτή γέφυρα συνοδεύεται από γέφυρες πρόσβασης κιβωτοειδούς σύμμικτης διατομής, που αποτελούν μια από τις πρώτες εφαρμογές του τύπου αυτού στην χώρα μας. Η τοξωτή γέφυρα στηρίζεται επί ελαστομεταλλικών εφεδράνων φέρει δε σύστημα αποτελούμενο από τέσσερις μη γραμμικούς αποσβεστήρες ιξώδους συμπεριφοράς με μικρό εκθέτη που συμβάλλουν στην σεισμική μόνωση της γέφυρας σύμφωνα με τις οδηγίες του ΥΠΕΧΩΔΕ^[1].

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην περιοχή του έργου αρχικά προβλεπόταν η διέλευση της σιδηροδρομικής γραμμής να γίνει με κανονική στρώση γραμμής χωρίς την ανάγκη κατασκευής της γέφυρας. Όμως

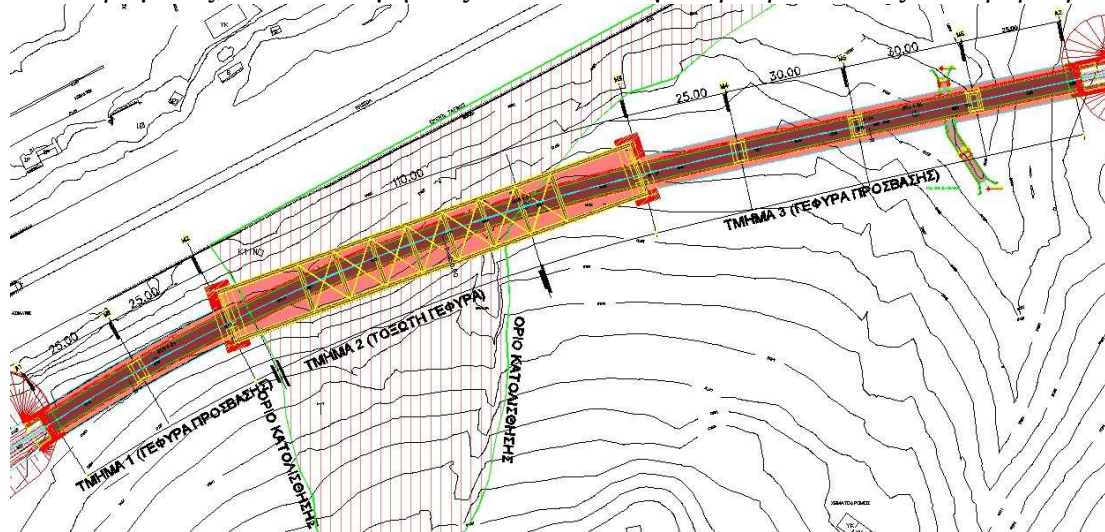
στην εν λόγω περιοχή το Μάιο του 1990 κατά την φάση κατασκευής της Δ.Π.Λ. Αιγάλεω, ενεργοποιήθηκε το αρχικό τμήμα της κατολίσθησης το οποίο είχε πλάτος 50μ περίπου, με κορυφή στο υψόμετρο +142μ και κατώτερη επιφάνεια ολίσθησης στην περιοχή του δρόμου. Η αρχική κατολίσθηση σταδιακά διευρύνθηκε με αποτέλεσμα να υπάρξει προσπάθεια σταθεροποίησής της με διάφορα έργα στην τελευταία φάση των οποίων η κατολίσθηση ενεργοποιήθηκε και διευρύνθηκε περαιτέρω. Με δεδομένη την κατάσταση αυτή εκπονήθηκε νέα μελέτη χάραξης και αποφασίστηκε αφενός μεν η τροποποίηση της χάραξης στην εν λόγω περιοχή με την μετάθεση της χάραξης προς την πλευρά της Δ.Π.Λ. Αιγάλεω αφετέρου δε την κατασκευή στην εν λόγω περιοχή τοξωτής γέφυρας (Φωτ. 1) και όχι επιχώματος.



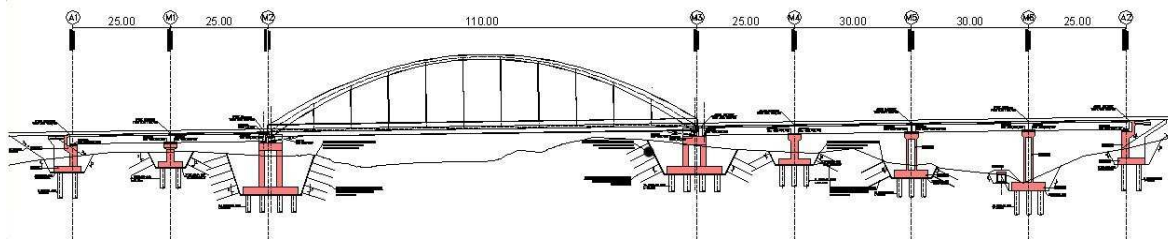
Φωτ. 1- Φωτορεαλιστική απεικόνιση γέφυρας

Το εν λόγω τεχνικό περιλαμβάνει την κατασκευή μονής σιδηροδρομικής μεταλλικής γέφυρας, τοξωτής μορφής, η οποία παρακάμπτει το σύνολο της κατολισθαίνουσας περιοχής, ενώ πριν και μετά την τοξωτή γέφυρα υπάρχουν οι γέφυρες πρόσβασης (Σχ. 1 και Σχ. 2). Αναλυτικότερα τα τμήματα του τεχνικού περιγράφονται ακολούθως:

- Το πρώτο τμήμα στην αρχή του τεχνικού, είναι γέφυρα δύο ανοιγμάτων σύμμικτου καταστρώματος, συνολικού μήκους 50m, από το ακρόβαθρο Α1 έως το μεσόβαθρο Μ2.
- Το δεύτερο τμήμα είναι η μεταλλική γέφυρα τοξοειδούς μορφής ανοίγματος 110.0m, από το μεσόβαθρο Μ2 έως το μεσόβαθρο Μ3.
- Το τρίτο τμήμα στο τέλος του τεχνικού είναι γέφυρα τεσσάρων ανοιγμάτων σύμμικτου καταστρώματος, συνολικού μήκους 110m από το μεσόβαθρο Μ3 έως το ακρόβαθρο Α2.



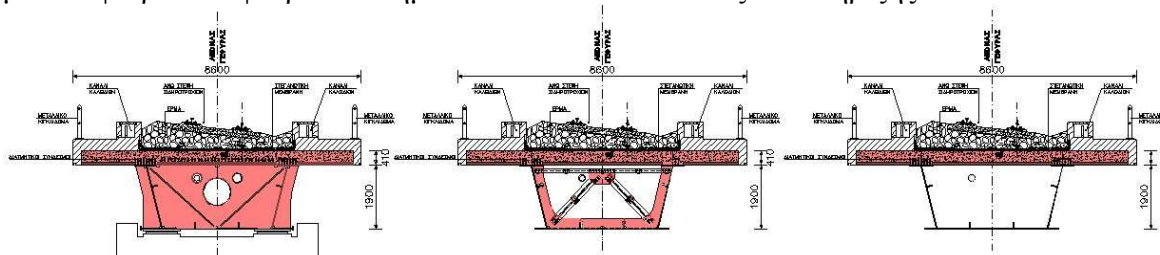
Σχ. 1- Οριζοντιογραφία γέφυρας



Σχ. 2-Μηκοτομή γέφυρας

3. ΓΕΦΥΡΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Μεγάλο μέρος των γεφυρών είναι σε καμπύλη χάραξη με αποτέλεσμα την ύπαρξη σημαντικών στρεπτικών καταπονήσεων. Για τον λόγο αυτό προτιμήθηκε η κιβωτοειδής διατομή του καταστρώματος που παρέχει πολύ μεγαλύτερη στρεπτική δυσκαμψία από τις ανοικτού τύπου διατομές. Η σύμμικτη κατασκευή προτιμήθηκε γιατί επιτρέπει ταχύτερη κατασκευή λόγω της χρήσης προκατασκευασμένων τεμαχίων την αποφυγή τοποθέτησης προσωρινών κριωμάτων στην περιοχή κοντά στην κατολίθωση και φυσικά συνδυάζει την κατάλληλη χρήση των ιδιοτήτων του σκυροδέματος και του χάλυβα. Οι γέφυρες πρόσβασης αποτελούνται από αμφιέριστα ανοίγματα μήκους 25m και 30m, προβλέπεται δε να κατασκευαστούν από σύμμικτη κιβωτοειδή διατομή σταθερού ύψους εδραζόμενη μέσω σφαιρικών εφεδράνων σημειακού τύπου σε κάθε άξονα στήριξης.



Σχ. 3-Διατομές σύμμικτου φορέα πρόσβασεων

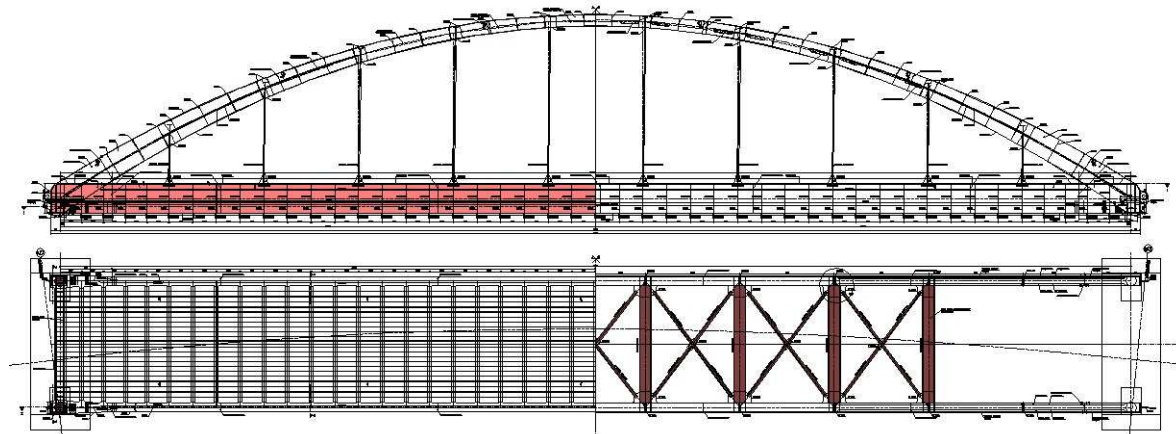
Ο φορέας του καταστρώματος των γεφυρών πρόσβασης έχει συνολικό ύψος 1900 mm και πλάτος 8600 mm. Το πλάτος του κάτω πέλματος του κιβωτίου είναι 4000mm. Οι κορμοί κατασκευάζονται για λόγους αισθητικής κεκλιμένοι. Το εξωτερικό περίγραμμα κατασκευάζεται από συγκολλημένες λάμες πάχους 30mm το κάτω πέλμα και 20 έως 25mm οι κορμοί. Το άνω πέλμα του κιβωτίου αποτελείται από δύο λάμες πλάτους 700mm και πάχους 50mm. Κάθε 4000 mm κατά μήκος τοποθετείται εσωτερικά κατακόρυφο διάφραγμα για την παραλαβή και μεταφορά των εγκάρσιων φορτίων λόγω της καμπυλότητας οριζοντιογραφικά της σιδ/μικής γραμμής, αλλά και για την αύξηση της στρεπτικής ακαμψίας του κιβωτίου. Για την αποφυγή τοπικού λυγισμού των πλευρών του κιβωτίου τοποθετούνται δύο στοιχεία ακαμψίας (stiffeners) στο κάτω πέλμα του κιβωτίου και από ένα στους κορμούς αυτού. Εγκάρσιο μεταλλικό διάφραγμα με κατάλληλη οπή για την διέλευση των αγωγών αποχέτευσης τοποθετείται στο τέλος των ανοιγμάτων και αποτελείται από λάμα πάχους 25mm με κατάλληλες ενισχύσεις. Η πλάκα του φορέα του καταστρώματος είναι σταθερού πάχους 350mm και κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα B35, το οποίο χυτεύεται επιτόπου πάνω σε πρόπλακες πάχους 60mm. Η οπλισμένη πλάκα του καταστρώματος συνδέεται μέσω διατημητικών συνδέσμων Φ22 ύψους 175 mm τύπου Nelson με το άνω πέλμα του κιβωτίου.

Το κατάστρωμα φέρεται επί μεσοβάθρων ορθογωνικής διατομής. Τα δύο από αυτά M1 και M4 που είναι μικρού ύψους είναι συμπαγή με διαστάσεις 4.40x1.80m, ενώ τα M5 και M6 που είναι ψηλότερα είναι κοίλης διατομής διαστάσεων 4.40x2.50m. Η θεμελίωση των βάθρων γίνεται μέσω εσχάρας πασσάλων διαμέτρου $\Phi 120$. Ο αριθμός και το μήκος των πασσάλων ποικίλει ανά βάθρο ανάλογα με τις γεωτεχνικές συνθήκες και τα εντατικά μεγέθη στη βάση του βάθρου.

Στην μελέτη του σύμμικτου καταστρώματος ελήφθησαν υπόψη οι απαιτήσεις του EC4 και του DIN-Fachbericht 104, ενώ για τις φορτίσεις χρησιμοποιήθηκαν ο EC1 και το DIN-Fachbericht 101. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στις αυτεντατικές τάσεις που δημιουργούνται στη διατομή λόγω διαφοράς θερμοκρασίας άνω-κάτω πέλματος, όπως και λόγω της συστολής ξηράνσεως του σκυροδέματος στη σύμμικτη διατομή. Επίσης, λήφθηκε υπόψη η ερπυστική συμπεριφορά του σκυροδέματος που προκαλεί ανακατανομή των τάσεων μεταξύ σκυροδέματος και χάλυβα με το πέρασμα του χρόνου από την αρχική φόρτιση. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε μεταβαλλόμενο μέτρο ελαστικότητας για το σκυρόδεμα στις φορτίσεις από μόνιμα φορτία.

4. ΤΟΞΩΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΚΥΡΙΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ

Το κεντρικό τμήμα αποτελείται από ένα ενιαίο άνοιγμα μήκους 110m τοξωτής μορφής που παρακάμπτει την περιοχή της κατολίσθησης. Οριζοντιογραφικά η τοξωτή γέφυρα βρίσκεται αρχικά στο μεγαλύτερο κομμάτι της σε καμπύλη με ακτίνα καμπυλότητας 450m, ενώ στην συνέχεια εισέρχεται σε κλωθοειδή. Κατασκευάζεται από δύο κατακόρυφα τόξα, για λόγους κατασκευαστικής ευκολίας, από τα οποία αναρτώνται οι ελκυστήρες που συνδέουν τα σημεία στήριξης του καταστρώματος με τα τόξα. Οι δύο τοξωτοί φορείς αποτελούν τμήμα παραβολής. Το μέγιστο ύψος του τόξου από το κέντρο βάρους του ελκυστήρα μέχρι το κέντρο βάρους του τόξου είναι 18.0m.



Σχ. 4- Οριζόντια και κατά μήκος τομή τοξωτού φορέα

Η τοξωτή μορφή του φορέα προτιμήθηκε λόγω του μικρού διαθέσιμου ύψους κάτω από την ερυθρά για να κατασκευαστεί γέφυρα αυτού του ανοίγματος. Σημαντική ιδιαιτερότητα για την συγκεκριμένη γέφυρα με τοξωτό φορέα είναι ότι η σιδηροδρομική γραμμή διέρχεται οριζοντιογραφικά σε καμπύλη πάνω από τη γέφυρα. Αυτό επέβαλε την αύξηση του πλάτους μεταξύ των τόξων προκειμένου να διέρχεται η γραμμή πάνω στο κατάστρωμα χωρίς πρόβλημα στο ελεύθερο περίγραμμα του τρένου, αλλά και την τοποθέτηση των

τόξων κατά τρόπο που να μειώνει όσο περισσότερο γίνεται την διαφορετική φόρτισή τους λόγω της προκύπτουσας εκκεντρότητας από την υπάρχουσα καμπυλότητα της χάραξης. Επίσης, η επιλογή της παραβολικής μορφής του τόξου, το αυξανόμενο ύψος της διατομής των τόξων προς τις στηρίξεις τους, αλλά και το συνολικό ύψος της χορδής τους επιλέχθηκαν μετά από πλήθος δοκιμών, ώστε να επιτευχθεί την κατά το δυνατόν αξονική φόρτιση των τόξων και τη μείωση των οριζοντίων και κατακόρυφων βελών. Η τοποθέτηση των ελκυστήρων έγινε ώστε να βελτιωθεί η συνολική ακαμψία της κατασκευής τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο. Το κατάστρωμα επιλέχθηκε μεταλλικό ορθότροπο αντί για κατάστρωμα από σκυρόδεμα πάνω στις εγκάρσιες κύριες δοκούς, γιατί λειτουργεί ως ελκυστήρας για τα τόξα με αποτέλεσμα την μόνιμη παρουσία εφελκυστικών τάσεων σ' αυτό.

Κατόπιν τούτων αποφασίσθηκε τα τόξα να τοποθετηθούν σε αξονική απόσταση 12.80 m μεταξύ τους. Τα τόξα είναι μεταβλητής κιβωτοειδούς ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 1000 mm σταθερού πλάτους και 1200 mm έως 2700 mm μεταβλητού ύψους από συγκολλητές λάμες. Προβλέπονται εγκάρσιες ενισχύσεις σε κάθε σημείο ανάρτησης και στα τρίτα του ανοίγματος μεταξύ των αναρτήσεων. Τα εγκάρσια αυτά διαφράγματα στις περιοχές των αναρτήσεων αποτελούνται από ελάσματα καταλλήλου πάχους με κατάλληλη διαμόρφωση στα άκρα τους για να είναι δυνατή η προσαρμογή της ράβδου ανάρτησης. Τα λοιπά εγκάρσια διαφράγματα κατασκευάζονται πάχους 20 mm και ενισχύονται καταλλήλως. Προβλέπεται ανάρτηση του ελκυστήρα με την βοήθεια κυκλικών συμπαγών μεταλλικών ράβδων διατομής $\Phi 130$ mm. Οι αναρτήσεις από τα τόξα προβλέπονται ανά 9600 mm. Οι ελκυστήρες συνδέονται μονολιθικά με τα τόξα στα δύο άκρα τους στην περιοχή της στήριξης και έχουν διατομή διπλού ταυ. Τα δύο τόξα συνδέονται μεταξύ τους εγκάρσιως με στοιχεία πλάτους 1000 mm και ύψους όσο το ύψος του τόξου στην αντίστοιχη θέση. Αυτά τοποθετούνται στις θέσεις των αναρτήσεων πλην του πρώτου σημείου ανάρτησης όπου η αντίστοιχη δοκός δεν τοποθετείται έτσι ώστε να επιτρέπει τη διέλευση των συρμών, και να αφήνεται το ελάχιστο ελεύθερο ύψος των 7500 mm. Πέραν αυτών προβλέπεται και οριζόντιο αντιανέμιο σύστημα από κυκλικές δοκούς διαμέτρου $\Phi 298,5$ και πάχους 12,5mm. Επί των ελκυστήρων εδράζονται οι εγκάρσιες κύριες δοκοί που φέρουν το κατάστρωμα το οποίο είναι ορθότροπη πλάκα και κατασκευάζεται από ενιαία λάμα πάχους 25mm επί της οποίας τοποθετούνται διαμήκεις νευρώσεις διάστασης 325x20 mm ανά 500mm. Οι εγκάρσιες δοκοί έχουν μορφή ταυ και τοποθετούνται ανά 2400 mm περίπου. Οι ακραίες εγκάρσιες δοκοί στην περιοχή της στήριξης είναι κιβωτοειδούς διατομής.

Τα μεσόβαθρα M2 και M3 λόγω των απαιτούμενων διαστάσεών τους έχουν διατομή πολυκυψελωτού κιβωτίου, με διαστάσεις κάτοψης 17.30x6.00m και θεμελιώνονται με πασσάλους. Το M2 φέρεται επί πασσαλοομάδας 24 πασσάλων διαμέτρου $\Phi 120$ με βάθος 15.0m, ενώ το M3 επί πασσαλοομάδας 24 πασσάλων διαμέτρου $\Phi 150$ με βάθος 30.0m. Στα μεσόβαθρα τα τόξα εδράζονται μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων για την μεταφορά των κατακόρυφων φορτίων. Για την διαμήκη δέσμευση της γέφυρας κατά την φάση πέδησης του τραίνου αλλά και για την ελεύθερη μετακίνηση της γέφυρας σε ήρεμες φορτίσεις όπως είναι οι θερμοκρασιακές μεταβολές τοποθετήθηκαν τέσσερις συσκευές μορφής Shock Transmission Units της Maurer τύπου MHD 1000/1000 οι οποίοι λειτουργούν και ως αποσβεστήρες μονώνοντας σεισμικά την γέφυρα. Λόγω της λοξής διάταξης των μεσοβάθρων M2 και M3 σε σχέση με τον άξονα της γραμμής αποφασίσθηκε η εγκάρσια δέσμευση της γέφυρας για όλα τα εγκάρσια φορτία είτε ανέμου είτε σεισμού. Για τον λόγο αυτό τοποθετούνται δύο εγκάρσιοι διατμητικοί συνδέσμοι που δεσμεύουν τη γέφυρα εγκάρσιως.

Η ανάλυση του φορέα έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις φορτίσεις του EC1 και του DIN-Fachbericht 101. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν για τους συρμούς τα προσομοιώματα φόρτισης Π.Φ 71, SW/0 και SW/2 όπως και οι αντίστοιχες σύνοδες δράσεις κάθε συρμού για εκκίνηση-τροχοπέδηση, φυγόκεντρο και πλευρική κρούση. Οι δράσεις αυτές συνδυάστηκαν σε κατάλληλες ομάδες φορτίων και στη συνέχεια επαλληλίστηκαν με τα υπόλοιπα φορτία από ίδιο βάρος, λοιπά μόνιμα, άνεμο και θερμοκρασία. Εκτός των φορτίων ανέμου που προβλέπονται από το EC1 και το DIN-Fachbericht 101, εκπονήθηκε μελέτη των φορτίων του ανέμου με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού και τρισδιάστατης δυναμικής ανεμοφόρτισης στους ελκυστήρες, το κατάστρωμα και τα τόξα. Οι έλεγχοι των διατομών έγιναν σύμφωνα με τον EC3 και το DIN-Fachbericht 103. Ελέγχθηκε η περίπτωση συνολικού λυγισμού και τοπικού λυγισμού όπου ήταν αυτό απαραίτητο, ενώ έγιναν και έλεγχοι κόπωσης σε όλα τα στοιχεία του φορέα και στις συνδέσεις. Επίσης, έγιναν έλεγχοι της γέφυρας στην τυχηματική περίπτωση κοπής κάποιου αναρτήρα.

5. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ

Η έδραση της τοξωτής γέφυρας, όπως ήδη αναφέρθηκε, γίνεται με τη χρήση τεσσάρων ελαστομεταλλικών εφεδράνων (ένα σε κάθε συμβολή τόξου με ακραία δοκό-ελκυστήρα). Επίσης, η εγκάρσια στήριξη της γέφυρας γίνεται και στα δύο άκρα της με την χρήση κατάλληλων διατμητικών συνδεσμών τύπου τόρμου-εντορμίας και εφεδράνων. Στη διαμήκη όμως διεύθυνση αυτή η διάταξη δεν είναι επαρκής για να περιορίσει σε ικανοποιητικό βαθμό τις μετακινήσεις. Από την άλλη πλευρά η χρήση κάποιου σταθερού εφεδράνου κατά την διαμήκη έννοια θα συγκέντρωνε όλη την αντίδραση σε ένα βάρθο πράγμα που δεν είναι επιθυμητό. Προκειμένου λοιπόν να περιορισθούν οι διαμήκεις σεισμικές μετακινήσεις, αλλά και να περιοριστεί η ένταση στην γέφυρα επιλέχθηκε η χρησιμοποίηση τεσσάρων μη γραμμικών αποσβεστήρων ιξώδους συμπεριφοράς με μικρό εκθέτη ($P = C v^{\alpha}$, $C=1000 \text{ KNs/m}$, $\alpha=0.02$). Ο κάθε ένας από αυτούς τοποθετείται σε μία συμβολή τόξου με δοκό-ελκυστήρα. Οι αποσβεστήρες αυτοί λόγω του πολύ μικρού εκθέτη λειτουργούν και σε φορτία που επιβάλλονται με μικρή σχετικά ταχύτητα όπως είναι η τροχοπέδηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα γι' αυτά τα φορτία η γέφυρα να λειτουργεί σαν δεσμευμένη και στη διαμήκη της διεύθυνση. Αντιθέτως σε φορτίσεις με πολύ μικρή ταχύτητα όπως η θερμοκρασία οι αποσβεστήρες παρακολουθούν την επιβαλλόμενη μετακίνηση χωρίς να αντιδρούν σ' αυτή.

Οι αναλύσεις και οι έλεγχοι των ελαστομεταλλικών εφεδράνων και των αποσβεστήρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις οδηγίες για τη μελέτη γεφυρών με σεισμική μόνωση του ΥΠΕΧΩΔΕ. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε φασματική ανάλυση στην οποία συμμετέχει ένας ικανός αριθμός ιδιομορφών. Η ανάλυση είναι γραμμικής φύσης οι δε μη γραμμικοί αποσβεστήρες λαμβάνονται υπόψη ως γραμμικοί με την ίδια σταθερά C. Στη συνέχεια λόγω της έντονα μη γραμμικής συμπεριφοράς των αποσβεστήρων, ως ρεαλιστικότερη μέθοδος επιβεβαίωσης της συμπεριφοράς χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Μη Γραμμικής Ανάλυσης Χρονοϊστορίας με την επιλογή επτά επιταχυνσιογραφήματων κατάλληλα επικλιμακούμενων σε σχέση με το φάσμα σχεδιασμού. Η απόκριση του συστήματος δίδεται ως ο μέσος όρος των επιμέρους αποκρίσεων. Συνολικά χρησιμοποιούνται 4 σεισμοί από τον Ελληνικό χώρο (Αθήνα 1999, Αίγιο 1995, Καλαμάτα 1985 και Αλκυονίδες 1981) που συνδυάζονται με 3 σεισμούς από άλλες χώρες (Kocaeli Τουρκία 1999, Chi Chi Taiwan 1999 και Northridge Ηνωμένες Πολιτείες 1994) για τη δημιουργία της ομάδας σεισμών της ανάλυσης. Τα επιταχυνσιογραφήματα συνδυάζουν

σεισμούς μακρινού αλλά και κοντινού πεδίου ώστε των εύρος των τιμών να αντιστοιχεί σε μέγιστες εντάσεις και μετακινήσεις αντίστοιχα.

6. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

Η στατική μελέτη του έργου έγινε από τη Ν. Λουκάτος ΑΕ, ενώ η εδαφοτεχνική από την Κάστωρ ΕΠΕ με υπεύθυνο τον Ι. Μεταξά Δρ. Πολ. Μηχανικό. Η συμβολή των μελών και των συνεργατών των εταιριών αυτών υπήρξε ανεκτίμητη κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της μελέτης, χωρίς τη συμμετοχή των οποίων θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση του έργου. Ευχαριστίες όμως ανήκουν και στους ειδικούς συμβούλους που εργάστηκαν μαζί μας καθόλη τη διάρκεια της μελέτης καθοδηγώντας και φωτίζοντας δύσκολα σημεία του έργου. Πιο συγκεκριμένα ως ειδικοί σύμβουλοι μας καθοδήγησαν και κάλυψαν τμήματα της μελέτης οι Δρ. Πολ. Μηχ. Ερμόπουλος Ιωάννης Καθηγητής ΕΜΠ, Δρ. Πολ. Μηχ. Κουμούσης Βλάσης Καθηγητής ΕΜΠ, Δρ. Πολ. Μηχ. Γαντές Χαράλαμπος Αν. Καθηγητής ΕΜΠ, Δρ. Πολ. Μηχ. Βάγιας Ιωάννης Καθηγητής ΕΜΠ, Dr. – Ing. Anil Anwikar, Δρ. Μηχ. Μηχ. Θεοδωρίδης Γεώργιος Flow-Dynamic Hellas A.E, Τρανταφύλλου Σάββας Πολ. Μηχ ΕΜΠ, Δρ. Πολ. Μηχ. Δήμου Χρήστος.

Βιβλιογραφία^{[2],[3],[4],[5],[6]} που χρησιμοποιήθηκε στην εκπόνηση της μελέτης αναφέρεται στο τέλος του άρθρου.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μεταλλικές γέφυρες έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς παλαιότερα ιδίως στη δημιουργία του σιδηροδρομικού δικτύου της χώρας. Παρόλο που το προεντεταμένο σκυρόδεμα αντικατέστησε σε πολλές περιπτώσεις το χάλυβα τα πιο πρόσφατα χρόνια, παρατηρείται τον τελευταίο καιρό μια όλο και μεγαλύτερη χρήση του χάλυβα για την κατασκευή αποκλειστικά μεταλλικών ή και σύμμικτων γεφυρών ιδίως για σιδηροδρομική χρήση. Με την μελέτη αυτή επιχειρείται η χρήση σύμμικτου και μεταλλικού φορέα σε μια γέφυρα με μεγάλο κεντρικό άνοιγμα και αρκετούς περιορισμούς λόγω της ιδιαιτερότητας της χάραξης (μικρό διαθέσιμο ύψος, καμπύλη χάραξη σε οριζοντιογραφία, μεγάλο άνοιγμα, απαγόρευση πρόσβασης στην περιοχή που αναπτύσσεται η κατολίσθηση). Η χρήση σύμμικτου κιβωτοειδούς φορέα για τις προσβάσεις και μεταλλικού τοξωτού φορέα για το κεντρικό άνοιγμα, με τις δυνατότητες προκατασκευής μεγάλων τμημάτων και με τη μεγάλη αντοχή που προσφέρει ο χάλυβας έδωσε τη δυνατότητα να αντιμετωπιστούν, πιστεύουμε ικανοποιητικά, όλες οι ιδιαιτερότητες του έργου.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Οδηγίες για μελέτη γεφυρών με σεισμική μόνωση,. ΥΠΕΧΩΔΕ, Οκτώβριος 2005
- [2] Βάγιας Ιωάννης, Σύμμικτες Κατασκευές 2η έκδοση, Κλειδάριθμος 2001
- [3] Ερμόπουλος Ιωάννης, Σιδηρές και Σύμμικτες Γέφυρες, Κλειδάριθμος 2000
- [4] Bauer T., Muller M., Uth H., Eisenbahnbruckenbau nach DIN-Fachbericht Band 2, Bauerk 2003
- [5] Le Bulletin Ponts Metalliques, no 19
- [6] Xanthakos P. Petros, Theory and Design of Bridges, John Wiley & Sons Inc., 1994

RAILWAY ARCH STEEL BRIDGE WITH COMPOSITE ACCESS BRIDGES**Nestoras Loukatos**

Dipl. Civil Engineer NTUA
N. Loukatos & Associates SA
Athens, Greece
e-mail: info@stand.gr

Neonellis Tzanetos

Dipl. Civil Engineer NTUA, MSc, DIC, MBA
N. Loukatos & Associates SA
Athens, Greece
e-mail : eng@stand.gr

Evangelos Xypolitidis

Dipl. Civil Engineer University of Patras
N. Loukatos & Associates SA
Athens, Greece
e-mail : eng@stand.gr

SUMMARY

The article refers to the design of a single line railway bridge over a landsliding area at the West Ring Road Aigaleo in Athens. It is the longest one span railway arch bridge that is currently under construction in Greece. The design has been carried out according to DIN-Fachbericht and the Eurocodes. At the two ends of the arch bridge there are access bridges of composite box-girder cross section. This is among the first applications of such a cross section in Greece. The arch bridge uses a system of four non linear viscous dampers for seismic isolation, in order to reduce both forces and displacements under earthquake load. The article reports the key aspects of the design.