

## ΜΕΛΕΤΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΔΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΥΠΟΥ BAILEY

**Βασίλειος Δ. Παπαβασιλείου**  
Πολιτικός Μηχανικός  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Ζωγράφου, Αθήνα  
e-mail : [vasiliospapavasiliou@yahoo.com](mailto:vasiliospapavasiliou@yahoo.com)

**Ιωάννης Γ. Ραυτογιάννης**  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Ζωγράφου, Αθήνα  
e-mail : [rafto@central.ntua.gr](mailto:rafto@central.ntua.gr)

### 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια έρευνα βασιζόμενη σε πειραματικά δεδομένα και συνοδευόμενη από αναλυτική μελέτη πάνω στη εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας μιας παλαιάς χαλύβδινης δικτυωτής οδικής γέφυρας τύπου Bailey που εξακολουθεί να είναι σε λειτουργία. Τούτο επιτυγχάνεται μέσω επιτόπιων μετρήσεων υπό στατικά και δυναμικά φορτία, όσο και πειραματικών αποτελεσμάτων που αφορούν τις ιδιότητες του χάλυβα που έχει χρησιμοποιηθεί. Μορφώνεται ένα αναλυτικό προσομοίωμα του φορέα και εκτιμάται η φέρουσα ικανότητα της γέφυρας σε σεισμικά φορτία και ανεμοπίεση σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς. Βάσει των πειραματικών και των αναλυτικών αποτελεσμάτων προτείνονται ενισχύσεις σε διάφορα μέλη και η τοποθέτηση μεσοβάθρου ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η αντοχή του φορέα βάσει των σημερινών απαιτήσεων. Επίσης γίνεται εκτίμηση της απομένουσας διάρκειας ζωής της γέφυρας έναντι κόπωσης λαμβανομένων υπόψιν και των προτεινόμενων ενισχύσεων.

### 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Επινοημένη, σχεδιασμένη και αναπτυγμένη κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, η μεταλλική δικτυωτή γέφυρα τύπου Bailey, έμελε να διαδραματίσει πρωταγωνιστικό ρόλο, τόσο στα μεταβλητά από πλευράς γεωμορφολογίας πεδία μάχης, όσο και στην ανασυγκρότηση του Ελλαδικού οδικού δικτύου με το πέρας αυτού.

Για την αποκατάσταση του οδικού δικτύου στη περιοχή Θέρμο Αιτωλοακαρνανίας το έτος 1954, μετά από την καταστροφή με εκρηκτικά το 1944, λίθινης τοξωτής γεφύρας (Γέφυρα Μπανιά), καθελκύσθηκε με τη μέθοδο προώθησης με χρήση προβόλου, ένας αμφιρέιστος φορέας ανοίγματος 54,87 m.

Η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου μετά την δεκαετία του 70' στο Δυτικό κλάδο του Εθνικού Δικτύου και η προώθηση κατά περιόδους της κυκλοφορίας επί του συγκεκριμένου οδικού άξονα (ΑΝΤΙΡΙΟ-ΓΕΦΥΡΑ ΜΠΑΝΙΑ-ΑΓΡΙΝΙΟ-ΗΠΕΙΡΟ) για

την κάλυψη αναγκών οδήγησε τη τοπική αυτοδιοίκηση να κατασκευάσει μεσόβαθρο για την υποστήριξη του φορέα.



Φωτ. 1 Η Γέφυρα Μπανιά μέχρι το 1986



Φωτ. 2 Η γέφυρα Μπανιά με το μεσόβαθρο

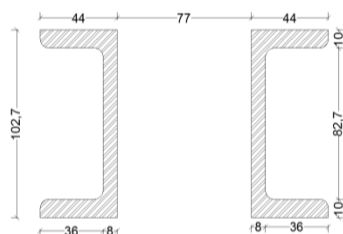
Η πρόκληση της παραπάνω αξιολόγησης προέκυψε κατόπιν των εμφανών επιφανειακών φθορών της γέφυρας, λόγω οξείδωσης τόσο στα χαλύβδινα στοιχεία του φορέα όσο και στο κατάστρωμα αυτού. Τα προβλήματα τα οποία προέκυψαν κατά τη φάση της επιτόπου επιθεώρησης ήταν τόσο η έλλειψη κατασκευαστικών στοιχείων του μεσοβάθρου όσο και στοιχεία συντήρησης η οποία μπορεί να είχε πραγματοποιηθεί κατα καιρούς στο φορέα. Οι μετρήσεις στις διαστάσεις των διατομών των στοιχείων του φορέα πιστοποιήθηκαν με ανάλογη μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε κατά το παρελθόν [1]. Οι συγκεκριμένοι φορείς από το σχεδιασμό τους και την πολιτική χρήσης προοριζόταν για την διέλευση στρατιωτικών οχημάτων για βραχεία χρήση και κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Η εκτεταμένη και ανεξέλεγκτη χρήση με τη διέλευση οχημάτων μεγαλύτερης κλάσης αυξάνει τον κίνδυνο αστοχίας από κόπωση.

### 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

Η μεταλλική δικτυωτή γέφυρα τύπου Bailey, χαρακτηρίστηκε από το όνομα του επικεφαλής της ομάδας ανάπτυξης της, Βρετανού μηχανικού Sir Donald Bailey, αποτελείται από εξαρτήματα τα οποία συναρμολογούμενα με πείρους και κοχλίες μπορούν να γεφυρώσουν ανοίγματα είτε ως αμφιέριστοι είτε ως συνεχείς φορείς.

Κάθε πλαίσιο που χρησιμοποιείται έχει μήκος 3,048 m με διατομή, άνω και κάτω πελμάτων, όπως αυτή στο Σχ.1 και φέρει τέσσερις οπές στα άκρα του όπου και γίνεται η σύνδεση των πλαισίων με πείρους. Ο φορέας στη τοποθεσία Μπανιά στο Θέρμο Αιτωλοακαρνανίας χαρακτηρίζεται ως Τριπλός-Διπλός καθώς αποτελείται από δύο σύνθετες δικτυωτές δοκούς στα άκρα του φορέα με τρεις σειρές πλαισίων κατά πλάτος και δύο σειρές καθ' ύψος έκαστη (Σχ.2). Το συνολικό μήκος του αμφιέριστου ανοίγματος είναι 54,87 m και χρησιμοποιούνται συνολικά 108 πλαίσια.

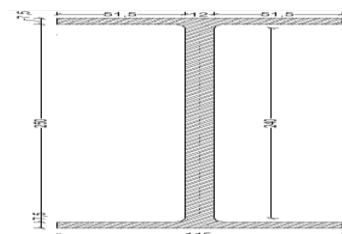
Για την υποστήριξη του καταστρώματος και την κατανομή των φορτίων στις δοκούς, αυτές συνδέονται με διαδοκίδες διατομής IPN με διαστάσεις που φαίνονται στο Σχ. 2.



Σχ.: 1 Διατομή Άνω και Κάτω πέλματος πλαισίου σε mm



Σχ.: 2 Διατομή σύνθετης δικτυωτής δοκού σε mm



Σχ. :3 Διατομή διαδοκίδας σε mm

Η μεταβίβαση των φορτίων στις διαδοκίδες γίνεται με τη χρήση μηκίδων στις οποίες εδράζεται ξύλινο κατάστρωμα με επιπλέον επίστρωση γαλβανισμένης λαμαρίνας πάχους

5mm. Το βάρος ανά ολοκληρωμένο φάτνωμα είναι 5.880 Kgr με αποτέλεσμα το συνολικό βάρος του φορέα να είναι  $18 \times 5.880 \text{ Kgr} = 105840 \text{ Kgr}$  ή  $1058,4 \text{ kN}$ , με συνολική μάζα  $107,8 \text{ kNm}^{-1}\text{sec}^2$  λογιζόμενη για τη δυναμική ανάλυση. Τα αδρανειακά στοιχεία των σύνθετων δικτυωτών δοκών όπως αυτό προκύπτει από τον EC-3 είναι  $I_{\text{eff}} = 0,08895 \text{ m}^4$  σύμφωνα με την εξ(1).

$$I_{\text{eff}} = 0,5 * A_f * h_0^2 \quad (1)$$

όπου  $A_f$  είναι το εμβαδό της διατομής εκάστου πέλματος και ισούται με  $0,31 \text{ m}^2$  περίπου, ενώ ταυτόχρονα όπως υπολογίζεται θεωρητικά και με τη χρήση λογισμικού είναι  $I_{3-3} = 0,0833 \text{ m}^4$ . Στις επιλύσεις λήφθηκε υπόψη το δυσμενέστερο εκ των αποτελεσμάτων  $I_{3-3} = 0,0833 \text{ m}^4$ .

#### 4. ΧΑΛΥΒΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Η λήψη δοκιμών για τη συγκεκριμένη μελέτη δεν κρίθηκε σκόπιμη τόσο για πρακτικούς όσο και οικονομικούς λόγους καθώς υπήρχαν διαθέσιμα αποτελέσματα από αντίστοιχη εργασία [1] σε υλικό ίδιου έτους παραγωγής και με ανάλογη χρήση πριν τη τοποθέτηση του, σε τοποθεσία στο Πακιστάν. Ο χάλυβας τύπου BS 968 συναντάται σε διάφορες παραλλαγές αναλόγως της χρονικής περιόδου παραγωγής του σε συνδυασμό με την εξέλιξη της βιομηχανίας μετάλλου και χρησιμοποιείται λόγω ιδιοτήτων στα πλαίσια και τις διαδοκίδες ενώ για τα υπόλοιπα εξαρτήματα χρησιμοποιείται χάλυβας BS 15 [2].

Ιδιότητα	Υλικό	Μονάδα	Τιμή
E: μέτρο ελαστικότητας	Steel BS 968	Gpa	206,8
$f_y$ : τάση διαρροής	Steel BS 968	Mpa	344
$f_u$ : τάση θραύσης	Steel BS 968	Mpa	540

Πιν. 1: Ιδιότητες χάλυβα κατασκευής BS 968

Ο χάλυβας του υπόψη φορέα διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζε φθορές και βλάβες σε διάφορα τμήματα του καθώς και εκτεταμένη οξειδωση.



Φωτ. 3 Οξειδωση μελών του φορέα



Φωτ. 4 Βλάβη κλείδας ακροβάθρου

#### 5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

Από τη θεωρία προκύπτει ότι το βέλος κάμψης αμφιέριστου φορέα δίδεται από τη σχέση

$$w_M = \frac{5 * p * l^4}{384 * EI} \quad (2)$$

όπου  $l$ : το μήκος της δοκού =  $54,864 \text{ m}$

$p$ : κατανομημένο φορτίο ίδιου βάρους της δοκού =  $1058,4 \text{ kN} / 54,864 \text{ m} = 19,29 \text{ kN/m}$

$EI$ : η ακαμψία της δοκού =  $206,8 \text{ GPa} * 0,0833 \text{ m}^4$ .

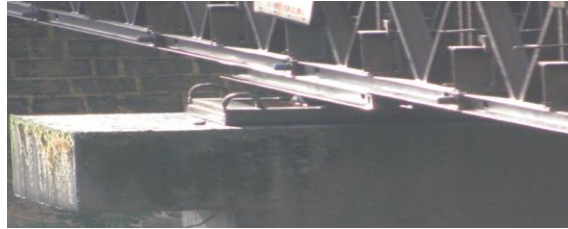
$$w_M = \frac{5 * 19,29 * 54,864^4}{384 * 206800000 * 0,0833} = 0,132 \text{ m} \text{ ή } 132 \text{ mm} \quad (3)$$

Επιτόπου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις βέλους κάμψης με τη χρήση χωροβάτη και προέκυψε στο μέσο του φορέα βέλος ίσο με  $34 \text{ mm}$ . Αυτό σημαίνει ότι μετά τη κατασκευή του μεσοβάθρου ο φορέας στο μέσο του αναλκύθηκε και αφού τοποθετήθηκε πλάκα

έδρασης και εφέδρανο, με ταυτόχρονη ενίσχυση με πρόσθετη δοκό απετέθει πάνω στο εφέδρανο μειώνοντας το αρχικό βέλος κατά 98 mm. Αναλογιζόμενοι ότι λόγω της ανοχής των οπών υφίσταται και βέλος αρχικής ολίσθησης  $e_o$

$$e_o = \frac{0,5 * L * \delta_o}{h * \cos \alpha} \quad (4)$$

υπολογίζεται ότι το βέλος κάμψης μειώθηκε τελικά κατά  $W_{M+e_o}=123$  mm.



Φωτ. 1 Λεπτομέρεια μεσοβάθρου και έδραση γέφυρας

Θεωρώντας τον αμφιέριστο φορέα ως μονοβάθμιο ταλαντωτή η πρώτη (θεμελιώδης ) ιδιοσυχνότητα προκύπτει από την εξ (5)

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{\pi}{L} \right]^2 \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (5)$$

όπου  $m=(1058,4 \text{ kN}/9,81 \text{ m}/\text{sec}^2 )/54,864\text{m}= 1,967\text{kNm}^{-1}\text{sec}^2 /\text{m}$ . Προκύπτει από τα δεδομένα ότι  $f_1 = 1,545 \text{ sec}^{-1}$ .

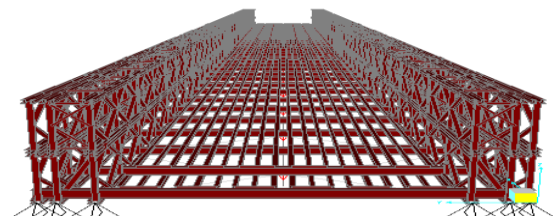
Δεν κατέστη δυνατό να πραγματοποιηθεί ενοργάνωση για την επίτευξη δυναμικών μετρήσεων επιτόπου. Για το λόγο αυτό προκειμένου να διαπιστωθεί η αξιοπιστία του μορφούμενου φορέα, με ραβδωτά πεπερασμένα στοιχεία, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε αμφιέριστο φορέα μήκους 18,29 m τόσο με δοκιμές ελεύθερης ταλάντωσης (free vibration tests) όσο και με μετρήσεις απόκρισης (Frequency Response Function) στα πλαίσια μεταπτυχιακής εργασίας. Από τις μετρήσεις προέκυψε χρονοϊστορία απόκρισης η οποία εφαρμόστηκε σε φορέα ραβδωτών στοιχείων, μέσω του λογισμικού Sap2000, όπου διαπιστώθηκε ότι ανταποκρίθηκε ανάλογα με την απόκριση του πραγματικού φορέα.

## 6. ΜΟΡΦΩΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ

Για την αξιολόγηση του φορέα μορφώθηκε προσομοίωμα στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες επιλύσεις προκειμένου να αξιολογηθεί η βελτίωση της συμπεριφοράς μετά τη τοποθέτηση του μεσοβάθρου. Για τη φόρτιση της γέφυρας και την επίτευξη των δυναμικών αναλύσεων, εκτός των βασικών συνδυασμών αστοχίας και λειτουργικότητας, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση κινούμενου φορτίου κλάσης 12 και από τους δύο φορείς καθώς και ταυτόχρονης διέλευσης τριών κινουμένων φορτίων κλάσης 12 όπως αυτά καθορίζονται στο κανονισμό [3].



Φωτ. 5 Η Τριπλή Διπλή Γέφυρα Μπανία



Σχ. 4 Φωτορεαλιστική απεικόνιση προσομοίωσης

Όλα τα στοιχεία θεωρήθηκαν ραβδωτά και τοποθετήθηκαν με το κεντροβαρικό άξονα όπως καθορίζεται στον EC-3 [4]. Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε σε ποσοστό 90%



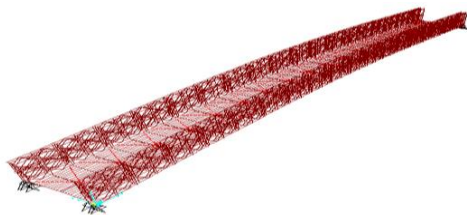
προκειμένου να αποδοθεί ρεαλιστικότερα η συμπεριφορά του φορέα, δεν προσομοιώθηκαν επιζυγίδες και δίπλακες καταστρώματος,. Στις συνδέσεις στους κόμβους των πλαισίων δεν δημιουργήθηκαν ελευθερώσεις παρά μόνο στα σημεία σύνδεσης μεταξύ τους όπου θεωρήθηκε ελευθέρωση στις ροπές κατά τον κύριο άξονα φόρτισης  $M_{3-3}$ . Επίσης τα αντιανέμια τοποθετήθηκαν ως συνδέσεις δύο κόμβων ( 2 joint Link) με δυνατότητα παραλαβής φορτίων μόνο αξονικά και με ακαμψία  $K_{ελ}=13 \text{ kN/m}$ .

## 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

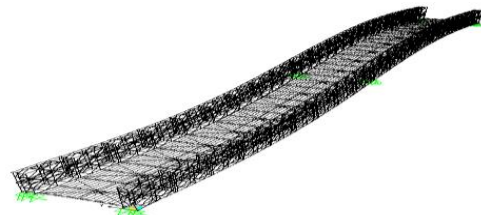
Οι επιλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο φορείς, αμφιέριστο και δύο ανοιγμάτων. Δεν ελήφθησαν υπόψη τυχόν ατέλειες οι βλάβες στην επίλυση του αμφιέριστου φορέα καθώς σκοπός δεν ήταν η αξιολόγηση στην προ του 1986 κατάσταση για την οποία ουδεμία πληροφορία υπήρχε. Οι δομικές βλάβες θεωρήθηκε ότι προκλήθηκαν μετά τη τοποθέτηση του μεσοβάθρου. Η εκτεταμένη οξείδωση του φορέα είναι εμφανής σε όλο το φορέα και σε ποσοστό το οποίο δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί με απλή απόξωση. Ενδεικτικά κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων οι απομειώσεις βασίζονται σε αποδεκτές πειραματικές μετρήσεις [5].

Από τις δύο επιλύσεις για τους διάφορους συνδυασμούς φορτίσεων προέκυψαν από την ιδιομορφική ανάλυση οι πρώτες καμπτικές ιδιοπερίοδοι. Είναι  $T_1= 0,664 \text{ sec}$  ( $f_1 = 1,51 \text{ sec}^{-1}$ ) για την περίπτωση του αμφιέριστου φορέα με θεωρητική τιμή ίση με  $0,647 \text{ sec}$  (2,5 % σφάλμα) ενώ για τον συνεχή φορέα δύο ανοιγμάτων υπολογίστηκε  $T_1=0,248 \text{ sec}$ .

Οι πρώτες των ιδιομορφών οι οποίες προέκυψαν από την ανάλυση των δύο φορέων, αμφιέριστου και δύο ανοιγμάτων, φαίνονται στα σχ. 4 και 5 αντίστοιχα

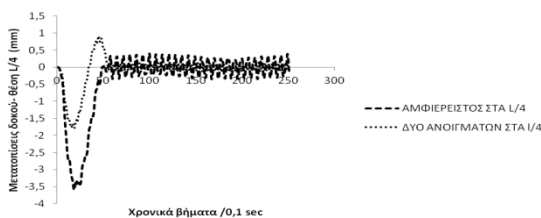


Σχ. 5 1<sup>η</sup> Ιδιομορφή αμφιέριστου φορέα

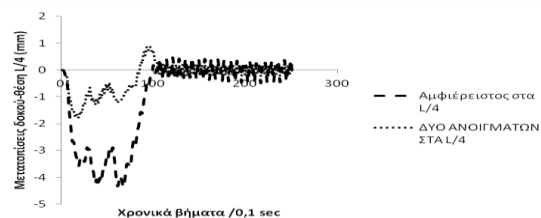


Σχ. 6 1<sup>η</sup> Ιδιομορφή φορέα δύο ανοιγμάτων

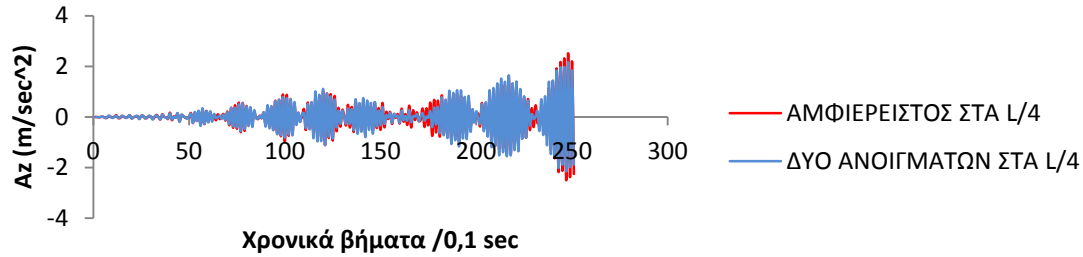
Από τα ζητούμενα της εργασίας ήταν να διαπιστωθεί το κατά πόσο μια τέτοια τοποθέτηση μεσοβάθρου ήταν αποτελεσματική. Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό από τα διαγράμματα που ακολουθούν.



Σχ. 7 Διάγραμμα μετατοπίσεων για διέλευση 1 οχήματος κλάσης 12



Σχ. 8 Διάγραμμα μετατοπίσεων για διέλευση 3 οχημάτων κλάσης 12



Σχ. 9 Διάγραμμα επιτάχυνσης για τη διέλευση 3 οχημάτων

Από το συνδυασμό φόρτισης για την επίδραση του ανέμου δε προέκυψε εντατικό μέγεθος ικανό να προκαλέσει αστοχία και δυσλειτουργικότητα.

Για τη έλεγχο της αντοχής σε κόπωση στο συγκεκριμένο τύπο φορέα τα κυριότερα σημεία ενδιαφέροντος [6] είναι τα σημεία σύνδεσης των ορθοστατών με τα κάτω πέλματα των πλαισίων καθώς και στις οπές στις οποίες προσαρμίζονται τα αντιανεμία. Ο έλεγχος σε κόπωση της συγκεκριμένης γέφυρας είναι επιτακτικός καθώς η πολιτική ορθής χρήσης αφορά σε βραχείας διάρκειας λειτουργία και κάτω από συνεχή επίβλεψη. Η κατηγορία για τους ορθοστάτες και για την οπή προσαρμογής του αντιανεμίου καθορίζεται σε 100.

Ο αριθμός των οχημάτων τα οποία που διέρχονται ετησίως από τη συγκεκριμένη γέφυρα καθορίζεται από τη κατηγορία κυκλοφορίας 4 ίσο με  $0,05 \cdot 10^6$  ενώ η διάρκεια ζωής από τη στιγμή της κατέλκυσης είναι 60 έτη. Ο έλεγχος σε κόπωση γίνεται σύμφωνα με τα κριτήρια των εξ. (6) και (7) και όπως προέκυψε για τη ορθή και χωρίς υπερβάσεις της φόρτισης, χρήση δεν υφίσταται πρόβλημα κόπωσης:

$$\gamma_{Ff} * \Delta_{\sigma_{E2}} \leq \frac{\Delta_{\sigma_c}}{\gamma_{Mf}} = \frac{90}{1,15} = 78,26 \quad \gamma_{Ff}=1,0 \text{ και } \gamma_{Mf}=1,15 \quad (6)$$

$$\gamma_{Ff} * \Delta_{\tau_{E2}} \leq \frac{\Delta_{\tau_c}}{\gamma_{Mf}} = \frac{75}{1,15} = 65,22 \quad \gamma_{Ff}=1,0 \text{ και } \gamma_{Mf}=1,15 \quad (7)$$

$$\Delta_{\sigma_{E2}} = \lambda * \varphi_1 * \Delta_{\sigma_p} \text{ με } \varphi_1=1 \text{ (δυναμικός συντελεστής για οδικές γέφυρες)} \quad (8)$$

$$\Delta_{\tau_{E2}} = \lambda * \varphi_2 * \Delta_{\sigma_p} \text{ με } \varphi_1=1 \text{ (δυναμικός συντελεστής για οδικές γέφυρες)} \quad (9)$$

## 8. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ωστόσο οι ιδανικές συνθήκες λειτουργίας του προσομοιώματος και του κανονισμού δεν είναι δυνατό να προσομοιώσουν όλες τις ατέλειες και δομικές βλάβες που επηρεάζουν τη λειτουργία του φορέα. Αυτό απαιτεί πειραματικές δοκιμές και σε πολλές περιπτώσεις ελεγχόμενη παρακολούθηση χρήσης. Αξιολογώντας το φορέα από την υποδομή ως την ανωδομή διαπιστώθηκαν βλάβες τόσο στην έδραση του φορέα, καθώς γίνεται πάνω σε λίθινα ακρόβαθρα στη στέψη των οποίων κατασκευάστηκε επίσης πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα για την έδραση του φορέα. Και στα δύο ακρόβαθρα έχει προκληθεί βλάβη στις κλείδες των ανιδων πιθανόν από τα βαρέα οχήματα τα οποία κατά την είσοδο και έξοδο από τη γέφυρα προκαλούν φαινόμενα κρούσης. Από την επιθεώρηση διαπιστώθηκε ότι μικρός αριθμός πλαισίων έχει υποστεί βλάβες με πιθανά αίτια την πρόσκρουση οχημάτων επί των ορθοστατών ή λυγισμό. Λείπει μέρος των κοχλιών σύνδεσης των διαδοκίδων με τα πλαίσια της πρώτης σειράς. Οι συνδετήρες διαδοκίδων λόγω των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων έχουν χαλαρώσει. Η οξειδωση του φορέα σε όλα τα δομικά στοιχεία του είναι εκτεταμένη και σε βάθος. Στη προσπάθεια απόξεσης με συρμάτινη βούρτσα δεν κατέστη δυνατό να εντοπιστεί καθαρό μέταλλο. Τα αντιανεμία λόγω του μεγάλου ύψους και του

τρόπου σύνδεσης των μηκίδων με το κατάστρωμα δεν επιθεωρήθηκαν πάρα μόνο με λήψη φωτογραφιών. Επίσης η έδραση του φορέα επί του μεσοβάθρου δεν είναι πλήρως σύμφωνη με τα καθοριζόμενα στο εγχειρίδιο κατασκευής καθώς απουσιάζει τεμάχιο για την επίτευξη καθαρής άρθρωσης. Όλα τα παραπάνω καθιστούν αρκετά δύσκολη την υπόθεση δημιουργίας αξιόπιστου προσομοιώματος.

## **9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

Συνοψίζοντας διαπιστώνεται ότι η τοποθέτηση μεσοβάθρου επιδρά ανακουφιστικά τόσο στην εξέλιξη των δυναμικών φαινομένων όσο και στη κόπωση των μελών του φορέα. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται αύξηση της φέρουσας ικανότητας, βάσει του εγχειριδίου κατασκευής [3], με τη μετατροπή σε συνεχή φορέα μετά τη τοποθέτηση του μεσοβάθρου. Οι κατακόρυφες μετατοπίσεις και επιταχύνσεις σε άνοιγμα  $L/4$  μειώνονται σε κάθε περίπτωση φόρτισης. Η αστοχία του υλικού από κόπωση δεν προκύπτει μέσα από την ανάλυση του προσομοιώματος. Ωστόσο θα πρέπει να ελέγχεται με επιφύλαξη κάθε φορά για την ύπαρξη ρωγμών στα σημεία συγκόλλησης των ορθοστατών με τα πέλματα των πλαισίων και τις οπές σύνδεσης των αντιανεμίων καθώς είναι δυσδιάκριτες πριν αποκτήσουν ικανό μήκος (6-12 mm). Εφόσον δεν υπάρχει δυνατότητα προμήθεια νέου υλικού για τη κατασκευή καθ' ύψος μιας ακόμα σειράς πλαισίων προς ενίσχυση του φορέα προτείνεται η συντήρηση αυτού. Αρχικά θα πρέπει να αποκατασταθούν οι κλειδες των αψίδων των ακροβάθρων με επισκευαστικά κονιάματα για τη διατήρηση της μορφής τους καθώς έχουν και ιστορική χαράκτηρα. Αντικατάσταση ή αφαίρεση και επισκευή των πλαισίων και λοιπών δομικών μελών τα οποία έχουν υποστεί βλάβες. Αφαίρεση όλου του καταστρώματος για την αντικατάσταση των τυχόν βεβλαμμένων αντιανεμίων. Καθαρισμό της επιφάνειας των μελών με αμμοβολή και ελαιοχρωματισμό αυτών με νέας τεχνολογίας χρώματα. Αποκατάσταση των βεβλαμμένων κοχλιών και συνδετήρων σύνδεσης διαδοκίδων μετά πλαίσια. Κατασκευή εμποδίων πριν την είσοδο στη γέφυρα προκειμένου να ελαττωθούν οι ταχύτητες οι οποίες επηρεάζουν τη δυναμική συμπεριφορά του φορέα .

Προκειμένου αρκετές προτάσεις ενίσχυσης να είναι βιώσιμες και λειτουργικές απαιτείται η πειραματική τους διερεύνηση. Για παράδειγμα η τοποθέτηση αποσβεστήρων μάζας ή ενίσχυση του καταστρώματος μετατρέποντας το σε σύμμικτο απαιτεί επισταμένη μελέτη καθώς και στη δεύτερη περίπτωση αυξάνεται η μάζα της γέφυρας κατά 87% με αμφίβολα αποτελέσματα. Η δαπάνη για την έρευνα ενισχύσεων αναλογικά είναι οικονομικότερη από μια πιθανή καταστροφή της γέφυρας και ανάγκη αποκατάστασης η αντικατάστασης της.

## **10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Associated Consulting Engineers L.T.D, Evaluation of Bailey Bridge at Ardu (Kunar River),Lahore,Pakistan,1990
- [2] Bates W.,(1991) Historical Structural Steelwork Handbook, London,BCSA.
- [3] Department of the Army(DOA).(1986),Bailey Bridges FM5-277,Washington D.C
- [4] EN 1993-2, EUROCODE 3:Design of Steel Structures Part 2. Steel Bridges (2004)
- [4] Chen.Y.Y, Corrosion resistance and mechanical properties of low-alloy steels under atmospheric conditions, Corrosion Science 47 (2005) 1001–1021.
- [6] Greenaway L.R.,(1968) Fatigue Risk in Bailey Bridges, Technical Memorandum, Ministry of Transport, London
- [7] FHWA, (2013),Manual for Repair and Retrofit of Fatigue Cracks in Steel Bridges Publication No. FHWA-IF-13-020
- [7] Βάγιας Ι.Κ,(2009), Σιδηρές Γέφυρες, Ανάλυση και διαστασιολόγηση, Κλειδάριθμος
- [8] Ερμόπουλος Ι.Χ.,(2008), Σιδηρές και Σύμμικτες Γέφυρες,Κλειδάριθμος.

# EVALUATION OF CAPACITY AND STRENGTHENING - MAINTENANCE MEASURES OF A BAILEY-TYPE ROAD BRIDGE

**Vasileios Papavasileiou**

Civil Engineering

National Technical University of Athens

Zografou Campus, Athens

e-mail : [vasiliospapavasiliou@yahoo.com](mailto:vasiliospapavasiliou@yahoo.com)

**Ioannis G. Raftoyiannis**

Associate Professor

National Technical University of Athens

Zografou Campus, Athens

e-mail : [rafto@central.ntua.gr](mailto:rafto@central.ntua.gr)

## SUMMARY

In this paper, a survey based on experimental data accompanied by a detailed study on the assessment of the carrying capacity of an old Bailey-type steel truss road-bridge that is still in service is presented. This task is achieved through field measurements under static and dynamic loads as well as experimental results based on the properties of the steel material. An analytical model has been employed to assess the carrying capacity of the bridge under seismic loads and wind loads according to the provisions of current regulations. Based on the experimental and analytical results presented herein, strengthening and maintenance measures have been proposed in order to ensure strength and carrying capacity of the bridge under the current requirements. Also, an estimation of the remaining life of the bridge against fatigue is presented taking into account the proposed strengthening measures.