

## Μία Καινοτόμος Πρόταση για την Κατασκευή Μονολιθικών Χυτών Επί Τόπου Γεφυρών σε Οποιοδήποτε Ύψος από το Έδαφος

**Σεβαστή Δ. Τέγου**

*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, MSc, s.tegou@hotmail.com*

**Ιωάννης Α. Τέγος**

*Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ., itegos@civil.auth.gr*

### Εκτενής περίληψη

#### Αντικείμενο

Μονολιθικές είναι οι γέφυρες χωρίς αρμούς και εφέδρανα (Burke, 2009). Διαθέτουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε όλο το φάσμα των αρχών που πρέπει να διέπουν τις σύγχρονες κατασκευές και κατεξοχήν σέβονται και ενσωματώνονται άριστα στο περιβάλλον. Δεν είναι υπερβολή να λεχθεί ότι οι μονολιθικές γέφυρες αποτελούν σήμερα την πλέον επιθυμητή λύση στην κατασκευή των γεφυρών, καθώς διαθέτουν σημαντικά πλεονεκτήματα αναφορικά με την οικονομία, την ασφάλεια έναντι σεισμού, τη λειτουργικότητα και την αισθητική. Ωστόσο αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης των μελετών σε όλο το φάσμα των οικονομοτεχνικών απαιτήσεων των κατασκευών αυτού του είδους. Ειδικότερα, εάν θεωρηθεί ότι τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα είναι η ασφάλεια, η ανθεκτικότητα στο χρόνο, η λειτουργικότητα, η αισθητική, η ένταξη στο περιβάλλον, η οικονομία και η κατασκευασιμότητα, στα οποία συνοψίζονται απολύτως οι επιθυμητές ιδιότητες μίας κατασκευής, η βελτιστοποίηση στο πλαίσιο μιας έρευνας αυτών παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον.

Σε περιπτώσεις συμβατικών γεφυρών των οποίων το κάτω πέλμα του φορέα βρίσκεται σε ύψος μεγαλύτερο των 10 μέτρων από το έδαφος, η προσφυγή στην προκατασκευή αποτελεί την οικονομικά συμφερότερη λύση καθόσον το κόστος των κριωμάτων καθιστά την χυτή επί τόπου προσφυγή ασύμφορη. Είναι γνωστό το μεγάλο αυτό πλεονέκτημα της προκατασκευής (CEB-FIB, 2004), ωστόσο, από την άλλη μεριά είναι γνωστά τα πολλά μειονεκτήματα αυτής, από τα οποία απαριθμούνται, από πολλά ολίγα, η μέτρια αισθητική του αποτελέσματος, η απόλυτη ανάγκη χρησιμοποίησής εφεδράνων, η χρήση των οποίων επιτείνει την ανομοιογένεια του φέροντος οργανισμού, και φορτώνει τη γέφυρα με εξαρτήματα τα οποία έχουν μικρό χρόνο ζωής. Σημαντική συνέπεια των προαναφερθέντων μειονεκτημάτων αποτελεί το γεγονός ότι το κόστος συντήρησης στο χρόνο ζωής του έργου είναι της ίδιας τάξεως με το κόστος κατασκευής, το οποίο κόστος κατασκευής ούτως ή άλλως είναι μεγαλύτερο ανά τετραγωνικό μέτρο από εκείνο των χυτών επί τόπου γεφυρών. Ιδιαίτερως για την αντισεισμική θωράκιση αυτού του είδους των γεφυρών αναφέρεται ότι το μη πλάστιμο του φέροντος οργανισμού τους καθλώνει την αποδεκτή τιμή του συντελεστού συμπεριφοράς  $q$  στην τιμή  $q=1,5$  σε αντίθεση με τις χυτές επί τόπου περιπτώσεις οι οποίες κατά κανόνα και λόγω υψηλού βαθμού υπερστατικότητας που διαθέτουν είναι δυνατόν να αξιοποιήσουν  $q$  κατά πολύ μεγαλύτερο της μονάδας (CEN, 2003). Βεβαίως οι προκατασκευασμένες γέφυρες μέσω της σεισμικής μόνωσης που παρέχουν τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα είναι δυνατόν με την αυξημένη προκύπτουσα ιδιοπερίοδο να υποβιβάσουν το μέγεθος των αδρανειακών σεισμικών δράσεων σε παραπλήσιο ύψος. Επιπλέον στη γενική περίπτωση στην οποία οι μονωτήρες προσφέρουν και σημαντική αύξηση της απόσβεσης επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της σεισμικής έντασης και

ουσιαστικά εξαλείφεται η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης στην ανωδομή και στην υποδομή. Αυτό όμως καθίσταται ασύμφορο, καθώς τα εφέδρανα αφενός κοστίζουν και αφετέρου πληρώνονται πολλές φορές στη διάρκεια ζωής της γέφυρας. Συνεπώς, μία δυνατότητα παραγωγής μονολιθικού αποτελέσματος και σε υψηλές γέφυρες με φθινό κόστος αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα για τη σύγχρονη γεφυροποιία.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας παρουσιάζεται ένας νέος, καινοτόμος τρόπος κατασκευής ο οποίος προσφέρει τη δυνατότητα κατασκευής μονολιθικών γεφυρών για ύψος μεγαλύτερο των 10μ. Αδρομερώς περιγραφόμενες οι φάσεις κατασκευής έχουν ως εξής: Φάση 1η: Προηγείται η κατασκευή των βάθρων περίπου μέχρι το ύψος του φορέα με το γνωστό συμβατικό τρόπο. Φάση 2η: Έπεται η συμπλήρωση των μεσοβάθρων με οριζόντιους αμφίπλευρους συμμετρικούς προβόλους μεταβλητής διατομής και μήκους 12m. Για την κατασκευή χρησιμοποιείται αυτοφερόμενος μεταλλότυπος. Ο μεταλλότυπος είναι μία κατασκευή που έχει σαν σκοπό να δώσει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός δαπέδου εργασίας σε πολύ μεγάλος ύψος, ανεξάρτητα από το ύψος του μεσόβαθρου, και αποτελείται από ένα σύστημα μεταλλικών δοκών που διακρίνονται σε κύριες και δευτερεύουσες. Το βάρος του ναυπού σκυροδέματος των προβόλων μεταβλητού ύψους (0,80 -2,25m) φέρεται από δύο τριάδες ανά πρόβολο δοκών IPE360 μήκους 12,0m, οι οποίες στηρίζονται ως προέχουσες δοκοί αφενός στον κορμό του οικείου μεσοβάθρου και αφετέρου σε ισάριθμες αντηρίδες, Σχήμα 1. Φάση 3η: Η φάση αυτή αφορά στη συμπλήρωση των μεταξύ των αμφίπλευρων προβόλων τμημάτων, η σκυροδέτηση των οποίων γίνεται με τη βοήθεια αναρτημένου μεταλλοτύπου από τα άκρα των απέναντι προβόλων. Τους κύριους φορείς αυτού αποτελούν δύο μεταλλικά δικτυώματα τα οποία αναρτώνται στα άκρα τους από τα άκρα των προβόλων με τη βοήθεια ράβδων υψηλής αντοχής τύπου Dywidag, Σχήμα 2. Επί αυτών εδράζονται εγκαρσίως δοκοί χάλυβα μορφής, οι οποίες φέρουν το σανίδωμα, επί του οποίου γίνεται η σκυροδέτηση. Η σκυροδέτηση απαιτεί τη λήψη ειδικών μέτρων λόγω της μεγάλης ευαισθησίας των συστημάτων έναντι μη συμμετρικών φορτίσεων. Ως κύριο μέτρο προστασίας λαμβάνεται η ακινητοποίηση του άκρου του συμμετρικού προβόλου, όταν σκυροδετείται το πρώτο, μειωμένου ανοίγματος φάτνωμα. Ως μέσο ακινητοποιήσεως χρησιμοποιούνται ράβδοι Dywidag μεγάλου μήκους που ενεργούν ως ελκυστήρες, με το ένα άκρο τους στο άκρο του προς το δεύτερο φάτνωμα άκρο του προβόλου και το άλλο «βιδωμένο» σε «μούφα» αγκυρωμένη σε μικροπάσαλλο καταλλήλου μήκους, ο οποίος αντιστέκεται όσο χρειάζεται χάρη στην τριβή με το έδαφος.

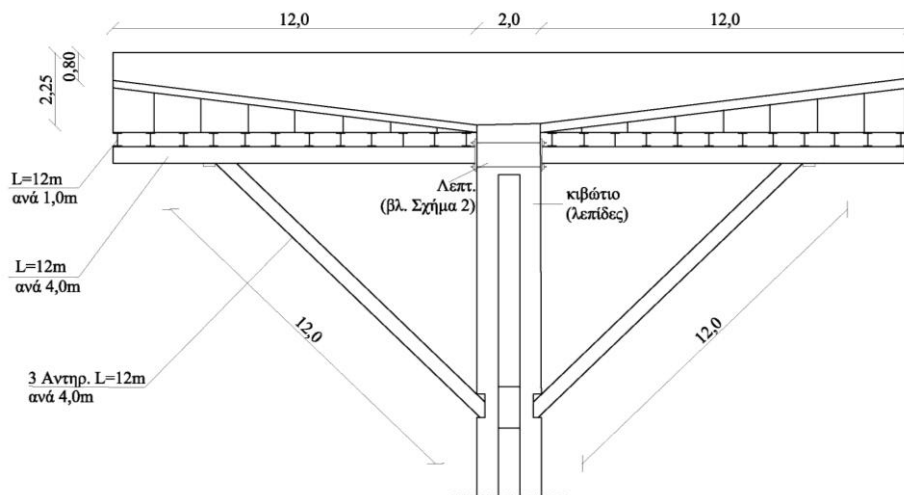
### Εφαρμογή

Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόστηκε επί πραγματικών γεφυρών. Η διαδικασία διερεύνησης περιλαμβάνει τη σύγκριση γεφυρών που έχουν κατασκευαστεί ως μονολιθικές βάσει της πρότασης της παρούσας, με γέφυρες – αφετηρίες, με στόχο τη διαπίστωση του εφικτού της κατασκευής και την επιρροή που αυτή έχει στην αντισεισμική ασφάλεια, την ανθεκτικότητα στο χρόνο, τη λειτουργική απόκριση, την αισθητική, την ένταξη στο περιβάλλον, την οικονομία και την κατασκευασιμότητα. Η βιωσιμότητα του αποτελέσματος της προτεινόμενης μεθόδου, αξιολογήθηκε με βάσει παραμέτρους, όπως η συμβατική διάρκεια ζωής των γεφυρών και το κόστος οχλήσεως της κυκλοφορίας κατά τη διεξαγωγή των εργασιών συντήρησης και αποκατάστασης βλαβών.

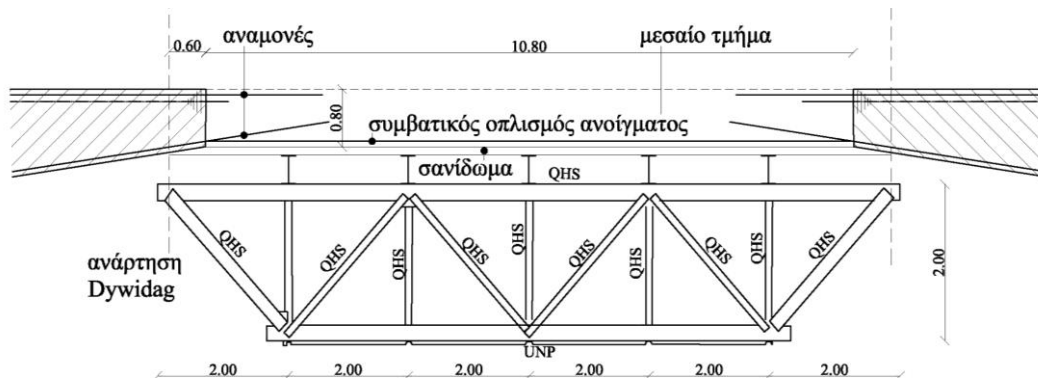
### Συμπεράσματα

Οι προτεινόμενοι μεταλλότυποι διαθέτουν χαμηλό κόστος το οποίο προκύπτει από το βάρος των δυο ειδών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ειδικότερα συνολικά απαιτείται βάρος μεταλλοτύπων για την κατασκευή μιας οποιαδήποτε γέφυρας, οποιουδήποτε συνολικού μήκους, είκοσι έως εικοσιπέντε

τόνοι. Με το δεδομένο ότι ένα μονολιθικό αποτέλεσμα στην κατασκευή μιας γέφυρας ελαχιστοποιεί το κόστος συντήρησης, το οποίο είναι πολύ βαρύ για τις προκατασκευασμένες γέφυρες, το ως άνω κόστος των μεταλλότυπων είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με εκείνο της προκατασκευασμένης λύσης. Όσον αφορά τις υπόλοιπες επιθυμητές ιδιότητες μιας κατασκευής, οι οποίες είναι η ασφάλεια, η αισθητική και η λειτουργικότητα εκτός από τις προαναφερθείσες που είναι η οικονομία και η ανθεκτικότητα, μια μονολιθική λύση υπερέχει λόγω και της αυξημένης αντισεισμικότητας που διαθέτει χάρη στην υπερστατικότητα και την εξασφαλισμένη πλαστιμότητα. Επίσης, και στο τομέα της αισθητικής η υπεροχή της μονολιθικής λύσης είναι δεδομένη, αφού με αυτήν μπορεί να επιτευχθεί μικρότερο ύψος διατομής και βελτιωμένο αποτέλεσμα μεσοβάθρων.



Σχ. 1 Σκαρίφημα διάταξης μεταλλότυπου μορφής «Υ» - Τομή



Σχ. 2 Σκαρίφημα διάταξης μεταλλικών δικτυωμάτων αναρτώμενων επί οπλισμών υψηλής αντοχής Dywidag - Τομή.

## Βιβλιογραφία

- Burke, M.P. (2009), "Integral and semi-integral bridges, Blackwell Pub.  
 CEB-FIB, (2004), "fib bulletin 29: Precast concrete bridges State of the art report", Task Group 6.4, Switzerland.  
 CEN (2003), "Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance– Part 2: bridges (EN 1998-2)", Brussels.