

Γέφυρα Νέδοντα

Κυριάκος Σταθόπουλος

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΔΟΜΗ ΑΕ Σύμβουλοι Μηχανικοί, k.stathopoulos@domi-ae.gr

Ευάγγελος Σταθόπουλος

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός, ΔΟΜΗ ΑΕ Σύμβουλοι Μηχανικοί, v.stathopoulos@domi-ae.gr

Ιωάννης Σπυρόπουλος

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΔΟΜΗ ΑΕ Σύμβουλοι Μηχανικοί, i.spyropoulos@domi-ae.gr

Σταμάτιος Σταθόπουλος

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΔΟΜΗ ΑΕ Σύμβουλοι Μηχανικοί, s.stathopoulos@domi-ae.gr

Εκτενής περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα τεχνικά έργα του αυτοκινητοδρόμου ΜΟΡΕΑΣ (Κορίνθος-Τρίπολη-Καλάματα και κλάδος Λεύκτρο-Σπάρτη) βρίσκεται στην Περιμετρική Καλαμάτας και αφορά στην ολική γεφύρωση της κοιλάδας του ποταμού Νέδοντα, στο βόρειο άκρο της Καλαμάτας, συνολικού μήκους 365m και ύψους 42m (απόσταση ερυθράς γραμμής από την κοίτη του ποταμού), επί καμπύλης χάραξης ακτίνας 500m, με ανάπτυξη δίδυμης γέφυρας τριών ανοιγμάτων (101+162+101m) προεντεταμένου σκυροδέματος, ειδικών αντισεισμικών απαιτήσεων, κατασκευασμένη με τη μέθοδο της συμμετρικής προβολοδόμησης.

Στο σχεδιασμό του έργου πρωτεύοντα ρόλο είχαν τα παρακάτω κριτήρια:

(α) Αντοχή έναντι σεισμού και τεκτονικών παραμορφώσεων

Η πόλη της Καλαμάτας είναι δομημένη πάνω στην τομή της προέκτασης δύο μεγάλων ενεργών ρηξιγενών ζωνών, της ζώνης του Νέδοντα και της ζώνης του Ξερίλα. Από τη διερεύνηση του τεκτονικού καθεστώτος στη στενή περιοχή της γέφυρας εντοπίστηκαν ενδείξεις δυνητικής ύπαρξης δύο ρηγμάτων στα άκρα της ευρείας κοίτης του Νέδοντα, κάθετα προς τον άξονα της γέφυρας, τα οποία θεωρούνται ως εν δυνάμει ενεργά. Για τον λόγο αυτό τέθηκαν τα παρακάτω επιτάγματα αντισεισμικού σχεδιασμού του έργου:

- σε επίπεδο αστοχίας η γέφυρα έπρεπε να σχεδιασθεί με την παραδοχή βύθισης της ευρείας κοίτης του Νέδοντα ως προς τους παρακείμενους λόφους κατά μέγιστο 15 cm.
- σε επίπεδο λειτουργικότητας ένα ποσοστό 40% των αναμενόμενων τεκτονικών παραμορφώσεων θα έπρεπε να θεωρηθούν ως μόνιμες δράσεις
- λόγω της γειννίασης του έργου με ενεργά ρήγματα στην ευρύτερη περιοχή έπρεπε να αυξηθεί η κανονιστικά απαιτούμενη επιτάχυνση εδάφους 0,24g κατά 25%.
- δεδομένου ότι σεισμός και τεκτονική διάρρηξη δεν συνυπάρχουν ως φυσικά φαινόμενα, ο αντισεισμικός έλεγχος έπρεπε να γίνει υπό τον δυσμενέστερο μεταξύ των δύο συνδυασμών: (1) 100% σεισμική δράση + 50% τεκτονικές μετακινήσεις και (2) 50% σεισμική δράση + 100% τεκτονικές μετακινήσεις με ταυτόχρονη δυνατότητα προσωρινής ελαφριάς χρήσης της γέφυρας (20% του κανονιστικού κινητού φορτίου)
- ελαχιστοποίηση των βλαβών του έργου μετά από το σεισμό σχεδιασμού, περιορισμός τους σε συγκεκριμένες προσβάσιμες θέσεις και σε μέγεθος το οποίο θα επιτρέπει την αξιόπιστη επισκευή τους

- δυνατότητα αποκατάστασης της γεωμετρίας του φορέα και αναίρεσης της επιβληθείσας έντασης λόγω τεκτονικών μετακινήσεων

(β) Αισθητική

Το έργο δεσπόζει της ευρύτερης περιοχής και είναι ορατό εκ του μακρόθεν· επιβάλλεται λοιπόν, ο σχεδιασμός ενός επιβλητικού έργου, το οποίο θα σφραγίζει την είσοδο του Νέδοντα στον αστικό ιστό της Καλαμάτας και ταυτόχρονα δεν θα πνίγει την όψη της κοιλάδας, όπως αυτή προβάλλει από νότο προς βορρά.

(γ) Ταχύτητα και απλότητα κατασκευής

Για λόγους χρονικού προγραμματισμού του ευρύτερου έργου της Περιμετρικής Καλαμάτας, ήταν επιτακτική η ανάγκη για τον σχεδιασμό ενός έργου απλού, που θα επέτρεπε τη γρήγορη και κυρίως την απόλυτα προγραμματισμένη κατασκευή με εφαρμογή υπάρχουσας τεχνογνωσίας.

Για την ασφαλή και αξιόπιστη κάλυψη των παραπάνω απαιτήσεων, αναπτύχθηκε έργο δύο ανεξάρτητων κλάδων συνεχούς φορέα προεντεταμένου σκυροδέματος τριών ανοιγμάτων, οι οποίοι κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο της συμμετρικής προβολοδόμησης. Ο Αριστερός Κλάδος (Α.Κ.) έχει συνολικό μήκος ίσο προς 364,93m, με επιμέρους ανοίγματα 101,37+162,19+101,37m, (μετρούμενων επί του άξονα του τεχνικού). Ο Δεξιός Κλάδος (Δ.Κ.) έχει συνολικό μήκος ίσο προς 355,09m, με επιμέρους ανοίγματα 98,64+157,81+98,64m, (μετρούμενων επί του άξονα του τεχνικού). Ο άξονας της οδοποιίας βρίσκεται οριζοντιογραφικά σε τόξο κύκλου ακτίνας $R=500m$ ($R_{Α.Κ.}=506,835m$, $R_{Δ.Κ.}=493,165m$) και μηκοτομικά σε ανωφέρεια επί τόξου κύκλου ακτίνας 1057 m.

Η τυπική διατομή του έργου περιλαμβάνει για κάθε κλάδο οδόστρωμα με 2 λωρίδες κυκλοφορίας πλάτους 3,50m και 2 πλευρικά ερείσματα πλάτους 1,50m και 0,75m. Με βάση τα παραπάνω το πλάτος του οδοστρώματος ανέρχεται 9,25m. Πέραν του οδοστρώματος, η τυπική διατομή περιλαμβάνει πεζοδρόμιο πλάτους 2,00m, με στηθαίο ασφαλείας ΣΤΕ-1 και πεζοδιάδρομο πλάτους 0,85m καθώς και στηθαίο ασφαλείας ΣΤΕ-9 στην αριστερή παρυφή του καταστρώματος. Η εγκάρσια κλίση του καταστρώματος είναι μονοκλινής +7% σταθερή σε όλο το μήκος του φορέα.

Η κατασκευή του καταστρώματος έγινε με τη μέθοδο της συμμετρικής προβολοδόμησης, επί μήκους 79,60m και 77,40m εκατέρωθεν των αξόνων των μεσοβάθρων του Α.Κ. και Δ.Κ., αντίστοιχα, σε 16 σπονδύλους μήκους 3,00m έως 5,00m. Η κεντρική κλειδα, μήκους 3,00m, σκυροδετήθηκε επί φορείου. Τα υπόλοιπα δύο πλευρικά τμήματα, μήκους 21,78m και 21,24m του Α.Κ. και Δ.Κ., αντίστοιχα, σκυροδετήθηκαν συμβατικά επί ικριωμάτων.

Το κατάστρωμα του κάθε κλάδου μορφώνεται κιβωτιοειδές μονοκυψελικό, προεντεταμένου σκυροδέματος κατηγορίας B45 (C40/50). Το πλάτος της άνω πλάκας είναι 11,58m και της κάτω πλάκας 6,50m. Το ύψος της διατομής μεταβάλλεται παραβολικά, κυμαινόμενο μεταξύ 9,20m στις γενέσεις και 3,60m στις κλείδες. Το πάχος της κάτω πλάκας μεταβάλλεται παραβολικά, κυμαινόμενο μεταξύ 1,26 και 0,35 m. Το πάχος της επάνω πλάκας κλιμακώνεται σε τέσσερις βαθμίδες με πάχος 0,80m, 0,55m, 0,45m και 0,35m. Οι κορμοί του κιβωτίου είναι κατακόρυφοι και κλιμακώνονται σε τέσσερις βαθμίδες με πάχος 0,90m, 0,55m, 0,50m και 0,45m. Οι πρόβολοι του κιβωτίου έχουν μεταβλητό πάχος, κυμαινόμενο μεταξύ 0,55 και 0,25 m.

Το κατάστρωμα προεντείνεται μόνο κατά τη διαμήκη διεύθυνση. Χρησιμοποιούνται μονάδες 22 συρματοσχοίνων $\varnothing 15,7mm$ ποιότητας 1600/1860. Οι πρόβολοι εξυπηρετούνται από 56x22T15 τένοντες τοποθετούμενους στην άνω πλάκα του κιβωτίου, με μέγιστο πλήθος κεφαλών αγκυρώσεων 4 ανά σπόνδυλο. Το κεντρικό άνοιγμα εξυπηρετείται από 28x22T15 τένοντες τοποθετούμενους στην κάτω πλάκα του κιβωτίου, με μέγιστο πλήθος κεφαλών αγκυρώσεων 4 ανά σπόνδυλο. Τέλος, τα

ακραία ανοίγματα εξυπηρετούνται από 14x22T15 τένοντες, τοποθετούμενους στην κάτω πλάκα του κιβωτίου, με μέγιστο πλήθος κεφαλών αγκυρώσεων 4 ανά σπόνδυλο.

Τα ακρόβαθρα Α1 και Α2 μορφώνονται ολόσωμα από οπλισμένο σκυρόδεμα κατηγορίας Β35 (C30/37) και έχουν ύψος από 12 έως 15m. Εξυπηρετούν, με κοινή θεμελίωση επί πασσαλομάδας, και τους δύο κλάδους. Το Α1 έχει 2 x 7 πασσάλους Ø150 (Β35-C30/37) μήκους 15 και 28 m ενώ το Α2 έχει 2 x 9 πασσάλους Ø150 (Β35-C30/37) μήκους 15 και 23 m. Επί των ακροβάθρων εδράζονται τα ακραία ανοίγματα του φορέα, μέσω ολισθαινόντων εφεδράνων σημειακού τύπου (pot-bearing) και διατμητικής κλειδας (shear-key) ολισθαίνουσας κατά μήκος και δεσμευμένης εγκάρσια. Η διαμόρφωση των ακροβάθρων επιτρέπει την ελεύθερη λειτουργική, σεισμική και τεκτονική κίνηση του φορέα, τη δυνατότητα παρεμβολής γρύλλων για την υψομετρική ρύθμισή του και παρέχει χώρο για την ελεύθερη προσπέλαση για την επιθεώρηση αρμών και εφεδράνων.

Τα μεσόβαθρα Μ1 και Μ2 μορφώνονται κιβωτιοειδή μονοκυψελικά, οπλισμένου σκυροδέματος κατηγορίας Β45 (C40/50). Οι εξωτερικές διαστάσεις του κιβωτίου είναι 6,50x7,50m, με πάχη κορμών 0,90m κατά τη διαμήκη και 0,70m κατά την εγκάρσια διεύθυνση. Στις γωνίες της διατομής διαμορφώνονται φάλτσα διαστάσεων 0,50x0,50m για λόγους στατικούς και αισθητικούς. Το καθαρό ύψος των μεσοβάθρων (από τον κεφαλόδεσμο έως την κάτω πλάκα του καταστρώματος) ανέρχεται σε: 22,28m (Μ1α), 21,54m (Μ1δ), 28,28m (Μ2α) και 27,53m (Μ2δ). Η κατασκευή τους έγινε με αναρριχώμενο ξυλότυπο, σε βήματα των 3,00 έως 5,00 m.

Η θεμελίωση των μεσοβάθρων είναι κοινή για τους δύο κλάδους μέσω κεφαλοδέσμου και φρεατοπασσάλων. Ο κεφαλόδεσμος οπλισμένου σκυροδέματος κατηγορίας Β45 (C40/50), αποτελείται από δύο συμπαγή ορθογώνια παραλληλεπίπεδα τμήματα πάχους 2,00m το καθένα, όπου σκυροδετήθηκαν σε δύο ξεχωριστές φάσεις. Οι διαστάσεις του Α' (κάτω) τμήματος είναι 24,60x29,10m, ενώ του Β' (άνω) τμήματος 11,50x23,00m. Σε κάθε κεφαλόδεσμο διατάσσονται 42 φρεατοπάσσαλοι Ø150 οπλισμένου σκυροδέματος κατηγορίας Β35 (C30/37). Οι περιμετρικοί πάσσαλοι του κεφαλοδέσμου Μ1 έχουν μήκος 25m ενώ οι εσωτερικοί 23m. Οι πάσσαλοι του κεφαλοδέσμου Μ2 έχουν όλοι μήκος 28m.

Για το σχεδιασμό του έργου εκπονήθηκε πλήθος στατικών και δυναμικών αναλύσεων χωρικών προσομοιωμάτων γραμμικών και επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων στα οποία έγινε λεπτομερής περιγραφή της γεωμετρίας του φορέα και των δράσεων σχεδιασμού, με ακριβή παρακολούθηση των επιμέρους φάσεων κατασκευής. Πέραν των κανονιστικών απαιτούμενων, πλήρες χωρικό προσομοίωμα και των δύο κλάδων σε κοινή θεμελίωση μεσοβάθρων αναλύθηκε δυναμικά με εφαρμογή των επιταχυνσιογραφημάτων του σεισμού της Καλαμάτας του 1986, όπως αυτές καταγράφηκαν από το σταθμό του Δημαρχείου. Ο φορέας αποκρίνεται πλήρως ελαστικά υπό τη συγκεκριμένη διέγερση, έχοντας μεγάλα περιθώρια μέχρι την έναρξη εμφάνισης βλαβών (πλαστικών αρθρώσεων στη βάση των βάθρων).

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει για την βήμα προς βήμα υλοποίηση στο χώρο της απαιτούμενης προπαραμόρφωσης των προβολοδομούμενων σπονδύλων, ώστε ο φορέας να αποκτήσει την επιθυμητή καμπύλη γεωμετρία μετά το πέρας της κατασκευής. Η μέγιστη υπερύψωση του καταστρώματος πριν το κεντρικό κλειδώμα ανήλθε στα 100mm, ενώ η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο ημιπροβόλων στην κλειδα ήταν μικρότερη των 15mm.

Η οριστική στατική μελέτη καθώς και οι μελέτες εφαρμογής και υπερυψώσεων εκπονήθηκαν από το γραφείο ΔΟΜΗ ΑΕ ενώ η κατασκευή από την Κ/Ξ ΜΟΡΕΑΣ.