ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΔΧΤ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΧΑΒΑ, ΕΠΙ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ (Χ.Θ. 111+367), ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ»

ΠΙΣΠΙΡΙΓΚΟΣ Π. ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ, 2020

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή ΠΙΣΠΙΡΙΓΚΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΥ που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΧΑΒΑ, ΕΠΙ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ (Χ.Θ. 111+367), ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ»

Πισπιρίγκος Γεώργιος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Μπισκίνης Διονύσιος
Μέλος ΣΕΠ
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
Πνευματικός Νικόλαος
Αναπληρωτής Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Πάτρα, Αύγουστος, 2020

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Μπισκίνη Διονύσιο, μέλος ΣΕΠ στο Ελληνικό Ανοιχτό Πανεπιστήμιο (ΕΑΠ), για την πολύτιμη καθοδήγηση που μου προσέφερε, καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τους κ. Κεφαλά Παναγιώτη, Εργοταξιάρχη Τεχνικών και κ. Παπαϊωάννου Νικόλαο, Μηχανικό Κατασκευής της εν λόγω Γέφυρας, για την συνεργασία τους και την παροχή χρήσιμων πληροφοριών, σχετικά με όλες τις φάσεις κατασκευής του τεχνικού.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως, τους συναδέλφους στο Τεχνικό Γραφείο του εργοταξίου, που συνέβαλλαν στην εκπόνηση και ολοκλήρωση της εργασίας, με την παροχή των απαιτούμενων στοιχείων από το αρχείο του έργου.

Περίληψη

Αναμφισβήτητα, η εφαρμογή της μεθόδου της προκατασκευής στη Γεφυροποιία, συνέβαλλε στην συντόμευση του χρόνου κατασκευής και τη βελτιστοποίηση του κόστους, στα μεγάλα οδικά έργα.

Η μέθοδος της προκατασκευής, αποτέλεσε ιδανική λύση σε περιοχές όπου η μορφολογία του εδάφους καθιστούσε δαπανηρή, έως και αδύνατη, την κατασκευή μιας γέφυρας με τον κλασικό-παραδοσιακό τρόπο, με τη χρήση ικριωμάτων (σκαλωσιές).

Η εφαρμογή της μεθόδου, κατέστη δυνατή με την εξέλιξη της εφαρμογής των τεχνικών προέντασης. Με τον τρόπο αυτό, αντιμετωπίστηκαν γεφυρώσεις μεγαλύτερων ανοιγμάτων μεταξύ των βάθρων των γεφυρών, με ταυτόγχρονη μείωση του αριθμού των βάθρων και κατά συνέπεια, την μείωση του κόστους και του χρόνου κατασκευής.

Ωστόσο, οι κατά περίπτωση επί τόπου συνθήκες, μπορεί να επηρεάσουν την εφαρμογή της μεθόδου, και να οδηγήσουν σε διαφοροποιήσεις ως προς τον αναμενόμενο χρόνο κατασκευής, το εκτιμώμενο κόστος και την ακολουθούμενη μεθοδολογία.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, εξετάζει την εν λόγω επιρροή των επί τόπου συνθηκών στην κατασκευή, με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών, της γέφυρας του ρέματος Χαβά, η οποία χωροθετείται στην περιοχή του Λουτρού Αιτ/νίας, επί του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού.

Αρχικά, μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, σε εγχώριο και διεθνές επίπεδο, έγινε η προσπάθεια για την κατανόηση και ανάλυση της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών, εντοπίζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου, ενώ στη συνέχεια, μέσα από χαρακτηριστικά παραδείγματα άλλων γεφυρών, συγκεντρώθηκαν στοιχεία χρήσιμα για την περαιτέρω διερεύνηση της εφαρμογής της.

Ακολούθησε η αναλυτική περιγραφή όλων των φάσεων κατασκευής της γέφυρας Χαβά, έτσι όπως καθορίστηκαν από τις επί τόπου συνθήκες, και του απαραίτητου ειδικού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Οι ιδιαιτερότητες που επέβαλλαν οι επί τόπου συνθήκες, επηρεάζοντας τον χρονοπρογραμματισμό και το κόστος κατασκευής του έργου και που κλήθηκαν να αντιμετωπιστούν, είναι:

- Η ανάγκη για αντιμετώπιση των καθιζήσεων του εδάφους στην ευρύτερη περιοχή, γεγονός που οδήγησε στην εφαρμογή μέτρων προφόρτισης του εδάφους θεμελίωσης, αλλά και την επί πασσάλων θεμελίωση των ακροβάθρων του τεχνικού.
- Η διέλευση του ρέματος Χαβά, κάτωθεν της γέφυρας, η οποία επέβαλλε την εφαρμογή έργων διευθέτησης της κοίτης του ρέματος, κατά τη διάρκεια της κατασκευής των μεσοβάθρων, με ταυτόγχρονη προστασία του πρανούς της διευθετημένης κοίτης στη νέα θέση, με συρματοκιβώτια.
- Η διέρχομενη, κάτωθεν της γέφυρας, επαρχιακή οδός, η οποία έπρεπε να παραλλαχθεί σε νέα θέση, προκειμένου να κατασκευαστεί το μεσόβαθρο Μ1 και η επαναφορά της στην αρχική της θέση, μετά την κατασκευή της γέφυρας.
- Ο περιορισμένος διαθέσιμος χώρος κατασκευής, ο οποίος απαίτησε την κατάλληλη προσαρμογή του οργανωμένου πλάνου μεταφοράς και ανέγερσης των προκατασκευασμένων δοκών, με τη χρήση τροχοφόρων μηχανημάτων ανάρτησης και μεταφοράς των δοκών στις θέσεις ανύψωσης και ανυψωτικών γερανών για την τοποθέτηση αυτών επί των βάθρων.

Λέξεις – Κλειδιά

Προκατασκευή, οδικές γέφυρες από σκυρόδεμα, μέθοδος προκατασκευασμένων δοκών, προένταση, πλάνο ανέγερσης, διευθέτηση ρέματος, Ιόνια Οδός.

«Analysis and construction of Havas stream Bridge on the "Ionia Odos" Motorway (CH. 111+367), using the method of precast beams»

PISPIRIGKOS GEORGIOS

Abstract

The use of precast in bridge construction, has undoubtedly contributed to the shortening of the construction time, as well as the cost reduction of major road works.

The precast technique has proved to be the perfect solution for areas, where the ground characteristics render the use of classic-traditional bridge construction methods, using scaffolds, impossible.

The implementation of this method was made possible, due to the development of prestressing techniques. This provides a way to bridge larger openings between the piers of the bridges, while reducing the number of piers required and consequently, the overall cost and construction time.

Despite this, the specific conditions of each project can affect the implementation of the method and result in deviations in terms of construction time, estimated cost, and exact methodology.

This dissertation studies the effect of the local conditions on the construction, using the method of precast beams, of the Havas stream bridge, on the "Ionia Odos" Motorway, in the area of Loutro Aitoloakarnanias.

First of all, through a review of both national and international literature, we attempt to understand and analyse the method of precast beams, pinpointing their advantages and disadvantages. Using examples of other bridges, we collect useful data to be used for further investigation of the implementation of the method.

We follow this, with a detailed description of all the construction phases of the specific project, as determined by the local conditions, as well as the necessary specialised equipment that was used.

The particularities that the local conditions imposed, affecting the scheduling and the cost of the construction were:

- The need to address the soil settlement in the surrounding area, leading to measures being taken to preload the foundation soil and to reinforce the abutments with piles.
- The crossing of the Havas stream, downstream of the bridge, which required measures to arrange the stream bed during the construction of the piers, while protecting the slopes of the arranged bed at the new location, using box gabions.
- The existing local road, downstream of the bridge, which needed to be temporarily moved to a new location in order for the pier M1 to be constructed, and then returned to its original arrangement after the bridge construction.
- The limited available construction space, requiring a suitable organised plan for the transportation and erection of the precast beams, using wheeled carriers to transport them to the appropriate locations and suitable raising cranes to place them on the piers.

Keywords

Precast method, road bridges, method of precast beams, prestressing, erection plan, arrangement and protection of stream bed, Ionia Odos

Περιεχόμενα

Περίληψη ..... **v**
Abstract ..... **vii**
Περιεχόμενα ..... **ix**
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων ..... **x**
Κατάλογος Πινάκων ..... **xii**
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια ..... **xiii**
1. Εισαγωγή **1**
1.1 Αντικείμενο και στόχος της εργασίας 1
1.2 Μεθοδολογία ανάλυσης 1
1.3 Δομή της εργασίας 2
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση **5**
2.1 Γενικά – Η προκατασκευή στις γέφυρες 5
2.2 Τύποι προκατασκευασμένων Γεφυρών 6
2.3 Κατασκευαστικά συστήματα 13
2.4 Μέθοδοι κατασκευής φορέα ανωδομής 16
2.5 Η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών 18
2.5.1 Γενικά 18
2.5.2 Πεδίο εφαρμογής 21
2.5.3 Συστήματα προκατασκευής 22
2.5.4 Φάσεις κατασκευής και απαιτούμενος εξοπλισμός 24
2.5.5 Βάθρα 26
2.5.6 Δοκοί 29
2.5.7 Προένταση 30
2.5.8 Πλάκες 32
2.6 Παραδείγματα γεφυρών με προκατασκευασμένα δοκάρια 34
2.6.1 Γέφυρα Μενιδίου (G043) – Ιόνια Οδός 35
2.6.2 Γέφυρα ρέματος Κακαβάκια (G031) – Ιόνια Οδός 39
2.6.3 Γέφυρα Γυμνότοπου – Ιόνια Οδός 42
2.6.4 Γέφυρες Γ6, Γ3 (Παναγιά – Γρεβενά) και Αλιάκμονα – Εγνατία Οδός 43
2.6.5 Παραδείγματα Γεφυρών από τον Διεθνή χώρο 49
2.7 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης 55
3. Μελέτη περίπτωσης – Γέφυρα Χαβά **57**
3.1 Πηγή προέλευσης δεδομένων 57
3.2 Γενική περιγραφή έργου 58
3.3 Ανάλυση μελέτης περίπτωσης 60
3.3.1 Γεωτεχνικές - Γεωλογικές συνθήκες 60
3.3.2 Διευθέτηση του ρέματος Χαβά 69
3.3.3 Προσβάσεις 75
3.3.4 Κατασκευή έργου 77
3.4 Αποτελέσματα ανάλυσης 112
4. Συμπεράσματα **114**
Βιβλιογραφικές Αναφορές **116**
Παράρτημα Α: Χρονοδιάγραμμα Έργου **118**
Παράρτημα Β: Κατασκευαστικά σχέδια αρμών και εφεδράνων **119**
Παράρτημα Γ: Στοιχεία Ανυψωτικών Γερανών **122**

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1. Παραδείγματα δοκών τέλειου Τ, μορφής U και κιβωτοειδούς διατομής με αναχείλωση. 9
Εικόνα 2. Γέφυρα G043_Πανοραμική λήψη 37
Εικόνα 3. Γέφυρα G043_Μεσόβαθρα Ξυλότυπος κεφαλόδεσμου & Αναρρίχηση 37
Εικόνα 4. Γέφυρα G043_Κατασκευή δοκαριών_Οπλισμός & Προένταση 37
Εικόνα 5. Γέφυρα G043_Μεταφορά και Τοποθέτηση δοκαριών 38
Εικόνα 6. Γέφυρα G043_Κατασκευή καταστρώματος 38
Εικόνα 7. Γέφυρα G031_Δοκάρια – προένταση – οπλισμός 40
Εικόνα 8. Γέφυρα G031_Τοποθέτηση Δοκαριών και κατασκευή διαδοκίδων 41
Εικόνα 9. Γέφυρα G031_Κολώνες μεσόβαθρο Μ1 41
Εικόνα 10. Γέφυρα G031_Ξυλότυπος και κατασκευή Κεφαλοδοκών μεσοβάθρων Μ1 και Μ2 41
Εικόνα 11. Γέφυρα G031_Όψη κατασκευής - Διαμόρφωση εδάφους 41
Εικόνα 12. Γέφυρα Γυμνότοπου_ Στάδια κατασκευής 42
Εικόνα 13. Γέφυρα Γ6_Κατασκευή μεσόβαθρων 44
Εικόνα 14. Γέφυρα Γ6_Φορείο καθέλκυσης δοκών – τοποθέτηση δοκών 44
Εικόνα 15. Γέφυρα Γ3_ Πανοραμική λήψη του εργοταξίου 45
Εικόνα 16. Γέφυρα Γ3_ Κατασκευή βάθρων 46
Εικόνα 17. Γέφυρα Γ3_ Κατασκευή κεφαλοδοκών (αριστερά), τοποθέτηση δοκών (δεξιά) 46
Εικόνα 18. Γέφυρα Γ3_Τοποθέτηση προπλακών δεξιού κλάδου 46
Εικόνα 19. Γέφυρα Γ3_ Κατασκευή αριστερού κλάδου (αριστερά) , κατάστρωμα (δεξιά) 46
Εικόνα 20. Γέφυρα Bijou Str στο Κολοράντο των ΗΠΑ 49
Εικόνα 21. Γέφυρα 5th Str Pedestrian Plaza στην Τζόρτζια των ΗΠΑ 50
Εικόνα 22. Σιδηροδρομική Γέφυρα στη όχθη του ποταμού Πάδου στην Πιατσέντζα (Ιταλία) 51
Εικόνα 23. Κοιλαδογέφυρα οδικού άξονα Βηρυτός – Δαμασκός (Λίβανον) 52
Εικόνα 24. Σιδηροδρομική γέφυρα τρένων υπερυψηλής ταχύτητας στη Μόντενα (Ιταλία) 53
Εικόνα 25. Σιδηροδρομική γέφυρα στην Πιατσέντζα (Ιταλία) 54
Εικόνα 26. G029_Μέτρα αντιστήριξης περί του μεσόβαθρου Μ1 66
Εικόνα 27. Γέφυρα G029_Διαμορφώσεις κοίτης ρέματος (1) 74
Εικόνα 28. Γέφυρα G029_Διαμορφώσεις κοίτης ρέματος (2) 74
Εικόνα 29. Γέφυρα G029_Οπλισμός θεμελίωσης - Μεσόβαθρα Μ1 (αριστερά) και Μ2 (δεξιά) 85
Εικόνα 30. Γέφυρα G029_Πάσσαλοι θεμελίωσης - Ακρόβαθρα Α1 (αριστερά) και Α2 (δεξιά) 85
Εικόνα 31. Γέφυρα G029_Μεταβατικά επιχώματα - Ακρόβαθρα Α1 (αριστερά) και Α2 (δεξιά) 86
Εικόνα 32. Γέφυρα G029_Ξυλότυπος και οπλισμοί Ακροβάθρων Α1 (αριστερά) και Α2 (δεξιά) 87
Εικόνα 33. Γέφυρα G029_Μεταλλότυπος - Μεσόβαθρα Μ2 (αριστερά) και Μ3 (δεξιά). 87

Εικόνα 34. Γέφυρα G029_Ξυλότυπος κεφαλοδοκών - Μεσόβαθρα Μ1(αριστερά) και Μ2 (δεξιά) 87
Εικόνα 35. Γέφυρα G029_Σκυροδέτηση Μεσοβάθρων Μ3 (αριστερά) και Μ2 (δεξιά)... 88
Εικόνα 36. Γέφυρα G029_Μονώσεις Ακρόβαθρου Α1 (αριστερά) και Μεσόβαθρου Μ2 (δεξιά) 88
Εικόνα 37. Γέφυρα G029_Οπλισμός δοκών..... 91
Εικόνα 38. Γέφυρα G029_Σκυροδέτηση και μεταλλότυπος δοκών 91
Εικόνα 39. Γέφυρα G029_Προένταση δοκών 91
Εικόνα 40. Γέφυρα G029_Ανέγερση δοκών 92
Εικόνα 41. Γέφυρα G029_Πρόπλακες και οπλισμός πλάκας καταστρώματος 93
Εικόνα 42. Γέφυρα G029_Σκυροδέτηση πλάκας καταστρώματος..... 93
Εικόνα 43. Γέφυρα G029_Κατασκευή Πεζοδρομίων 96
Εικόνα 44. Γέφυρα G029_Αρμοί καταστρώματος 97
Εικόνα 45. Γέφυρα G029_Αποχέτευση καταστρώματος – Διάταξη Διαχυτήρων (Diffusers) 99
Εικόνα 46. Γέφυρα G029_Στάδια ανέγερσης δοκού (Άνοιγμα Μ1-Μ2)..... 110
Εικόνα 47. Γέφυρα G029_Έδραση δοκού επί κεφαλοδοκού βάθρου..... 111

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1. Χαρακτηριστική όψη και τομή προκατασκευασμένης πλάκας. 6
Σχήμα 2. Πρόσθετη όπλιση καταστρώματος. 7
Σχήμα 3. Ζυγώματα τύπου ανεστραμμένου διπλού Τ & κιβωτιοειδείς προκατασκευασμένες πλάκες..... 7
Σχήμα 4. Εγκάρσια τομή γέφυρας με δοκούς ανεστραμμένου Τ και σχήματος Ι..... 8
Σχήμα 5. Εγκάρσια τομή γέφυρας κιβωτιοειδούς διατομής μονής κυψέλης..... 9
Σχήμα 6. Εγκάρσια τομή γέφυρας σκαφοειδούς μορφής 11
Σχήμα 7. Χαρακτηριστικά τμήματα Γέφυρας..... 20
Σχήμα 8. Τυπικές διατάξεις συστήματος αμιγούς συναρμολόγησης 22
Σχήμα 9. Τυπική τομή ολισθαίνοντος ξυλοτύπου..... 27
Σχήμα 10. Φάσεις λειτουργίας-αναρρίχησης του συστήματος..... 28
Σχήμα 11. Αναρριχόμενος ξυλότυπος 28
Σχήμα 12. Αυτοαναρριχόμενος ξυλότυπος..... 29
Σχήμα 13. Τυπική διατομή προκατασκευασμένη δοκού 30
Σχήμα 14. Πλάκα συνέχειας - γεωμετρία 32
Σχήμα 15. Πλάκα συνέχειας - οπλισμοί 32
Σχήμα 16. Γέφυρα Γ6_ Χαρακτηριστική κατά μήκος τομή 43
Σχήμα 17. Χαρακτηριστικές Τομές Γέφυρας Αλιάκμονα 48
Σχήμα 18. Γενική διάταξη Γέφυρας Χαβά 59
Σχήμα 19. Οριζοντιογραφία με θέσεις ερευνών 61
Σχήμα 20. Γεωλογική τομή αριστερού κλάδου 63
Σχήμα 21. Οριζοντιογραφία προσωρινών εκσκαφών 65
Σχήμα 22. Εύρος διευθέτησης ρέματος Χαβά 70
Σχήμα 23. Τυπική διατομή διευθέτησης κοίτης ρέματος 71
Σχήμα 24. Τυπική διατομή διαμόρφωσης κοίτης ρέματος με συρματοκιβώτια..... 71
Σχήμα 25. Διατομές διαμόρφωσης ουδών 72
Σχήμα 26. Τυπική διαμόρφωση χαλινού 72
Σχήμα 27. Διατομή σημείου πτώσης (Χ.Θ. 0+270.00) 73

Σχήμα 28. Λεπτομέρεια σημείου πτώσης (Χ.Θ. ≈ 0+090.00) 73
Σχήμα 29. Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για την κατασκευή του Μεσόβαθρου Μ1 76
Σχήμα 30. Φορείο κατασκευής Πεζοδρομίου 94
Σχήμα 31. Τυπικές λεπτομέρειες – Πεζοδρόμιο αριστερού κλάδου 95
Σχήμα 32. Τυπικές λεπτομέρειες – Πεζοδρόμιο δεξιού κλάδου 95
Σχήμα 33. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά στηθαίου NJ 97
Σχήμα 34. Αποχέτευση φορέα (εξωτερική οριογραμμή – πεζοδρόμια) 98
Σχήμα 35. Αποχέτευση φορέα (εσωτερική οριογραμμή – στηθαίο NJ) 99
Σχήμα 36. 1ο Στάδιο Ανέγερσης 105
Σχήμα 37. 2ο Στάδιο Ανέγερσης 106
Σχήμα 38. 3ο Στάδιο Ανέγερσης 107
Σχήμα 39. 4ο Στάδιο Ανέγερσης 108

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Στοιχεία γεωτρήσεων 61
Πίνακας 2. Μάρτυρες προφόρτισης ακρόβαθρων 67
Πίνακας 3. Αποτελέσματα νέων γεωτρήσεων 67
Πίνακας 4. Διάταξη - Γεωμετρία Θεμελίωσης 68
Πίνακας 5. Μηχανολογικός εξοπλισμός 77

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΣΥΝ	Συντονιστής
ΣΕΠ	Συνεργαζόμενο Εκπαιδευτικό Προσωπικό
Χ.Θ.	Χιλιομετρική Θέση

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και στόχος της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η περιγραφή και ανάλυση της κατασκευής της Γέφυρας του ρέματος Χαβά, επί της Ιόνιας Οδού, όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών, σε μια περιοχή με αρκετές ιδιαιτερότητες και διάφορα κατασκευαστικά ζητήματα προς αντιμετώπιση.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι, μέσα από την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης, να αναδειχθούν οι ιδιαιτερότητες και τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν πριν και κατά τη διάρκεια της κατασκευής και αξιολογώντας την επιρροή των επί τόπου συνθηκών στη πορεία της, να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την αντιμετώπιση παρόμοιων προβλημάτων σε μελλοντικές κατασκευές με παρεμφερή χαρακτηριστικά.

1.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας.

Αρχικά, μετά τον καθορισμό του θέματος, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο σε ελληνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο, γύρω από την προκατασκευή γενικά στις γέφυρες, με ειδική αναφορά στη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών. Αναζητήθηκαν παρεμφερείς έρευνες, επιστημονικά άρθρα και γενικές πληροφορίες που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες για τη συγκεκριμένη εργασία, ώστε να αποκτηθεί και η σχετική εμπειρία στην επεξεργασία παρόμοιων θεμάτων.

Στη συνέχεια, αφού μελετήθηκαν τα παραπάνω στοιχεία, συλλέχθηκαν τα δεδομένα για την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης από το αρχείο της κατασκευάστριας εταιρείας «ΤΕΡΝΑ Α.Ε.» της εν λόγω γέφυρας. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τις μελέτες του έργου, τη μεθοδολογία και τα στάδια κατασκευής, τις επιμετρήσεις, το χρονοδιάγραμμα και το κόστος κατασκευής. Σημαντικές πληροφορίες συγκεντρώθηκαν επίσης, σχετικά με τις επί τόπου συνθήκες που επηρέασαν την πορεία της κατασκευής και ειδικότερα τα στοιχεία για τις εδαφικές συνθήκες στην περιοχή θεμελίωσης και εκείνα για την απαραίτητη διευθέτηση και προστασία της κοίτης του διερχόμενου ρέματος.

Επόμενο βήμα, αποτελεί η περιγραφή των εργασιών σε κάθε φάση κατασκευής της γέφυρας και η ανάλυση όλων των παραπάνω δεδομένων, ώστε να προκύψουν πληροφορίες ικανές να οδηγήσουν σε χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία μπορούν να συμβάλλουν στην ορθότερη αντιμετώπιση προβλημάτων που εμφανίζονται στη κατασκευή γεφυρών με προκατασκευασμένα στοιχεία, σε περιοχές με αρκετές ιδιαιτερότητες και κατασκευαστικά ζητήματα προς επίλυση.

1.3 Δομή της εργασίας

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η γενική δομή της διπλωματικής εργασίας, όπου και γίνεται συνοπτική αναφορά στο περιεχόμενο των κεφαλαίων της.

♦ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Πρόκειται για εισαγωγικό κεφάλαιο, μέσα από το οποίο ο αναγνώστης θα έχει τη δυνατότητα να σχηματίσει μια εικόνα για το αντικείμενο με το οποίο ασχολείται η παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Αρχικά δίνεται το κύριο θέμα της εργασίας και παρουσιάζεται ο στόχος της συγκεκριμένης έρευνας και ανάλυσης.

Στη συνέχεια, περιγράφεται η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε, παραθέτοντας την αλληλουχία των ενεργειών που πραγματοποιήθηκαν, με όλα τα επιμέρους βήματα.

Τέλος, το παρόν κεφάλαιο τελειώνει με την συνοπτική παρουσίαση της δομής της διπλωματικής εργασίας.

♦ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια γενική αναφορά γύρω από την προκατασκευή στις γέφυρες, με ιδιαίτερη έμφαση στις γέφυρες με προκατασκευασμένες δοκούς. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται λόγος για το πεδίο εφαρμογής της μεθόδου, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτής, τα βασικά στάδια της κατασκευής, τον απαραίτητο εξοπλισμό εργοταξίου και τα μηχανήματα ανύψωσης και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων.

Ιδιαίτερη αναφορά επίσης, γίνεται στα διάφορα συστήματα προκατασκευής που υπάρχουν, όπως η αμιγής συναρμολόγηση προκατασκευασμένων στοιχείων, το κλασικό μικτό σύστημα προκατασκευής, το σύστημα πλήρους προκατασκευής, αλλά και διάφορες ειδικές περιπτώσεις λόγω αναγλύφου της περιοχής, όπου απαιτείται η χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων μεταφοράς και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων (π.χ. Carro Varo, πλωτών γερανών κ.λ.π.).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται παραδείγματα γεφυρών και μεθοδολογίες κατασκευής, με αντικείμενο συναφές με εκείνο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Πρόκειται για τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που έγινε, όπου μέσα από διάφορες μελέτες παρατίθενται πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου της προκατασκευής σε γέφυρες.

♦ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελεί το κυριότερο και εκτενέστερο μέρος της Διπλωματικής Εργασίας, καθώς περιλαμβάνει την αναλυτική περιγραφή της κατασκευής της γέφυρας του ρέματος Χαβά, εφαρμόζοντας την μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών.

Αρχικά, γίνεται αναφορά στην πηγή προέλευσης των δεδομένων για την ανάλυση της κατασκευής της γέφυρας και συγκεντρώνονται ακολούθως τα γενικά στοιχεία του έργου.

Ακολουθεί η ανάλυση της γέφυρας, ξεκινώντας με τη παρουσίαση των επί τόπου συνθηκών που επηρέασαν την πορεία και τη μεθοδολογία κατασκευής της και συνεχίζοντας με τη περιγραφή της κατασκευής, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα επιμέρους στάδια των εργασιών, με ειδική αναφορά στη διαδικασία ανέγερσης και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων δοκών.

Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται και αναλύονται, οι γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής θεμελίωσης της γέφυρας, οι υδραυλικές συνθήκες σχετικά με την ανάγκη διευθέτησης και προστασίας της κοίτης του ρέματος Χαβά, αλλά και οι απαιτούμενες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για τις αναγκαίες προσβάσεις στα διάφορα τμήματα του έργου.

Σχετικά με την περιγραφή κατασκευής της γέφυρας, συγκεντρώνονται στοιχεία για τον χρησιμοποιούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό, το τεχνικό προσωπικό και τα υλικά του έργου. Παρουσιάζονται τα επιμέρους τμήματα της γέφυρας με τα χαρακτηριστικά τους

και ξεκινά η αναλυτική περιγραφή των σταδίων κατασκευής της γέφυρας και εφαρμογής της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών, ολοκληρώνοντας με την ανάλυση του πλάνου ανέγερσης των δοκών επί των βάθρων, με τη χρήση ανυψωτικών γερανών.

Τέλος, το κεφάλαιο κλείνει με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της παραπάνω ανάλυσης, σχετικά με την εφαρμογή της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών στη γέφυρα Χαβά, σε συνδυασμό με την επιρροή των επί τόπου συνθηκών στη κατασκευή της.

♦ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Το κεφάλαιο 4 αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Σε αυτό συγκεντρώνονται τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν, ύστερα από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης που προηγήθηκε για την κατασκευή της γέφυρας Χαβά.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Γενικά – Η προκατασκευή στις γέφυρες

Η εισαγωγή της προκατασκευής στην γεφυροποιία, έγινε αρχικά με τη μορφή ξύλινων κατασκευών, για να καλύψει κυρίως στρατιωτικές ανάγκες ζεύξεως, σε γεφυρώσεις ρεμάτων. Αργότερα, ακολούθησαν οι σιδηρές προκατασκευασμένες γέφυρες, με αρκετά μεγαλύτερη αντοχή και με ευρεία χρήση κυρίως σε σιδηροδρομικά δίκτυα, ενώ στο τέλος εμφανίστηκαν οι γέφυρες από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σημαντική ώθηση στην προκατασκευή, επέφερε η εφαρμογή της προέντασης, η οποία συνέβαλε στην εκμετάλλευση πλήρως της αντοχής του σκυροδέματος, πετυχαίνοντας μικρότερο ειδικό βάρος κατασκευής, με αποτέλεσμα οι προκατασκευασμένες γέφυρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα να χρησιμοποιούνται και σε μεγαλύτερα ανοίγματα.

Η προκατασκευή στα μεγάλα τεχνικά έργα, αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο κατασκευής που επιτρέπει την εξέλιξη και απλοποίηση της κατασκευής, διευκολύνοντας παράλληλα την εισαγωγή νέων μεθόδων και τεχνολογιών με ταυτόγχρονη μειωμένη απαίτηση σε χειρονακτική εργασία.

Πρόκειται για μια από τις συνηθέστερες μηχανοποιημένες μεθόδους κατασκευής, η οποία χρησιμοποιείται στην Ευρώπη από την προ του Β' Παγκοσμίου πολέμου εποχή, με την πρώτη γέφυρα με προκατασκευασμένες δοκούς, ανοίγματος 33m, να εμφανίζεται στην Γερμανία το 1938. Η βιομηχανική ωστόσο, παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων στην γεφυροποιία, ξεκίνησε τη δεκαετία του 1960. Στην Ελλάδα, η μέθοδος αυτή είναι η περισσότερο εφαρμοζόμενη, κυρίως λόγω του περιορισμού στη χρήση ικριωμάτων και της συντόμευσης του χρόνου κατασκευής.

Η ανάπτυξη της μεθόδου οφείλεται κυρίως στη βιομηχανία προκατασκευής. Αρχικά, τα έργα βασίζονταν σε συστήματα δοκών με επί τόπου κατασκευή καταστρώματος σε καλούπι, ενώ στη συνέχεια αναπτύχθηκαν πιο ολοκληρωμένα συστήματα προκατασκευής, όπως οι δοκοί κιβωτιοειδούς διατομής. Πλέον, η εξέλιξη της μεθόδου εστιάζει περισσότερο στην αισθητική του έργου, σε μεγαλύτερα και βαρύτερα μέλη και σε κάποιες περιπτώσεις που απαιτούν ειδική αντιμετώπιση.

2.2 Τύποι προκατασκευασμένων Γεφυρών

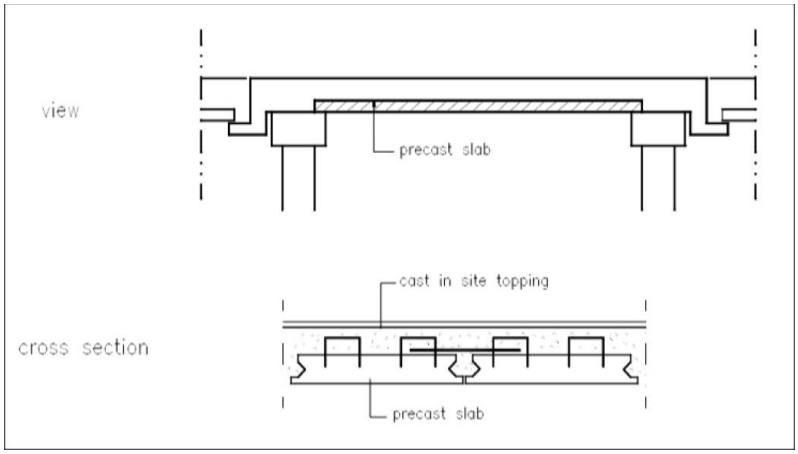
Οι συνήθεις τύποι προκατασκευασμένων γεφυρών που συναντώνται, είναι οι παρακάτω:

- **Γέφυρες με συμπαγές κατάστρωμα**

Εφαρμόζεται σε μικρές σχετικά γέφυρες, με το κατάστρωμα να κατασκευάζεται με προκατασκευασμένα στοιχεία σε συνδυασμό με επί τόπου σκυροδέτηση, μαζί ως μια σύνθετη δομή.

Χαρακτηριστική περίπτωση, είναι η **συμπαγής πλακοδοκός**, κυρίως για μικρά ανοίγματα 8-13m. Οι προκατασκευασμένες πλάκες, οι οποίες είναι προεντεταμένες στο μεγαλύτερο ποσοστό τους, τοποθετούνται δίπλα-δίπλα και η κατασκευαστική επικάλυψη κατασκευάζεται επί τόπου.

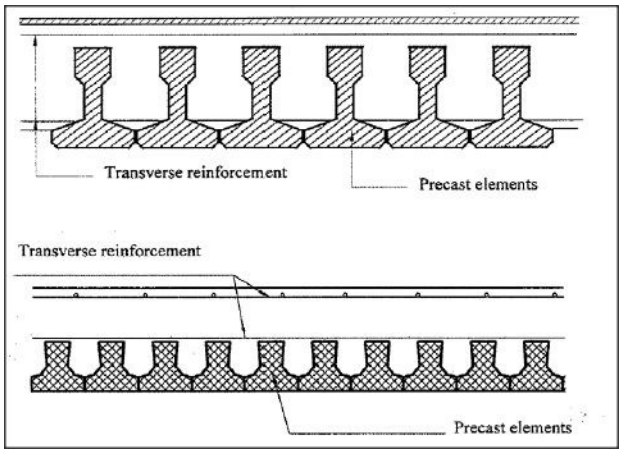
Οι προκατασκευασμένες πλάκες είναι, κατά το πλείστον, προεντεταμένες και οι ράβδοι που προεξέχουν εξασφαλίζουν μια καλή σύνδεση με την κατασκευαστική επικάλυψη. Οι προσόψεις των κατά μήκος αρμών των πλακών δίνονται με μια επίσης κατά μήκος σχισμή, ώστε να "κλειδώσουν" στη διατομή (**Σχήμα 1**). Το άκρο της γέφυρας, τυπικά ολοκληρώνεται με την επί τόπου σκυροδέτηση ενός τμήματος, μαζί με την επικάλυψη.



Σχήμα 1. Χαρακτηριστική όψη και τομή προκατασκευασμένης πλάκας.
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

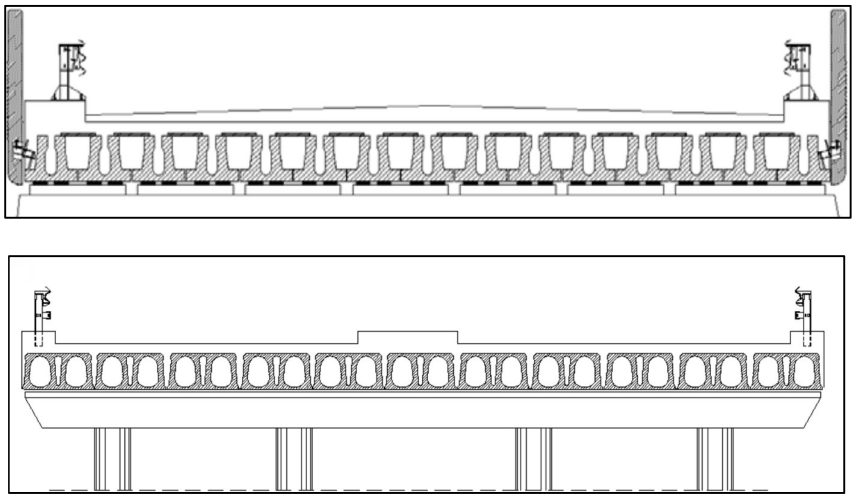
Μια πιο εξειδικευμένη τεχνική, σε γέφυρες με ανοίγματα 6-20m, είναι η συγκρότηση του καταστρώματος από **δοκούς σχήματος Ι**, **ανεστραμμένου Τ** ή βαρείς συνδέσμους **διπλού ταυ**, τοποθετημένους δίπλα-δίπλα και συνδεδεμένους με επί τόπου κατασκευασμένη επικάλυψη και σκυροδέτηση. Στο επί τόπου κατασκευασμένο μέρος, προστίθεται εγκάρσια όπλιση μεταξύ των κενών μέσα στο δίκτυο των δοκών και όπλιση πάνω από την

επιφάνεια των δοκών (**Σχήμα 2**). Το άκρο της γέφυρας ολοκληρώνεται με μια προκατασκευή πλευρικά της διατομής, ή με επί τόπου κατασκευή μιας πλάκας με τη μέθοδο της προβολοδόμησης.



Σχήμα 2. Πρόσθετη όπλιση καταστρώματος.
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

Τέλος, μια άλλη μορφή συναντάται σε γέφυρες μεταβλητών ανοιγμάτων, με μήκος ανοίγματος 12-20m, αποτελούμενες από **δοκούς διατομής ανεστραμμένου διπλού Τ** ή **μέλη κιβωτιοειδούς κυψέλης**, όμοια με πλάκες με κενά (**Σχήμα 3**).



Σχήμα 3. Ζυγώματα τύπου ανεστραμμένου διπλού Τ & κιβωτιοειδείς προκατασκευασμένες πλάκες.
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

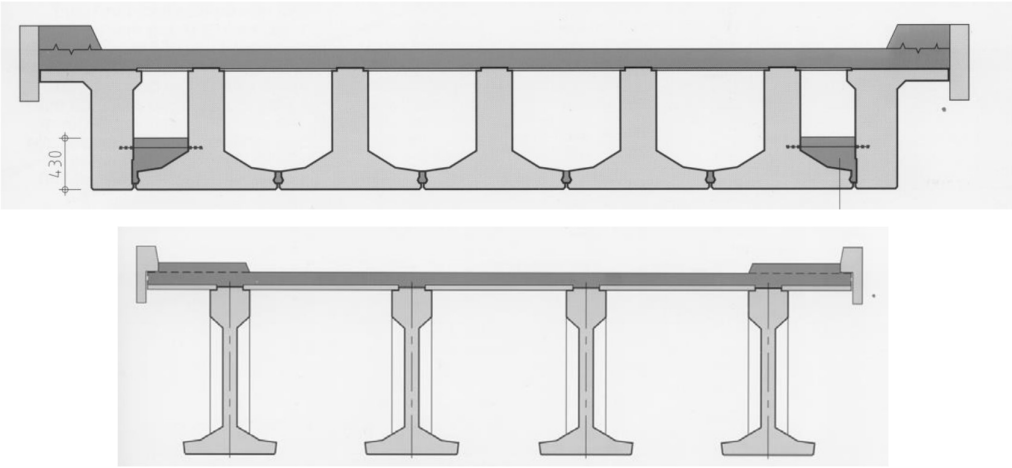
- **Γέφυρες με δοκούς**

Αποτελεί μια από τις βασικότερες μεθόδους προκατασκευής στη γεφυροποιία, όπου το κατάστρωμα συγκροτείται από **δοκούς τύπου ανεστραμμένου Τ** ή **Ι**, τοποθετημένες σε συγκεκριμένη απόσταση, οι οποίες ενώνονται από μια εγκάρσια δοκό (διαδοκίδα) σε κάθε στήριξη ή αν απαιτηθεί και σε ενδιάμεσες θέσεις. Μετά την τοποθέτηση των δοκών και την κατασκευή των διαδοκίδων, η πλάκα του καταστρώματος κατασκευάζεται επί τόπου.

Το σύστημα με δοκούς ανεστραμμένου Τ είναι κατάλληλο για ανοίγματα μήκους 15-45m, επιτρέποντας την κατασκευή γεφυρών με κλειστό το τμήμα του φορέα ανωδομής στο κάτω πέλμα των δοκών.

Το σύστημα με δοκούς Ι, ενδείκνυται για ανοίγματα μήκους μεταξύ σχεδόν 15 και 50m, με την απόσταση μεταξύ των μελών να διαφοροποιείται, συναρτήσει του απαιτούμενου ανοίγματος/φορτίου.

Χαρακτηριστικές τομές των παραπάνω περιπτώσεων, απεικονίζονται στην **Σχήμα 4**.



Σχήμα 4. Εγκάρσια τομή γέφυρας με δοκούς ανεστραμμένου Τ και σχήματος Ι.
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

- **Γέφυρες δοκών κιβωτιοειδούς διατομής**

Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα αποτελείται από προεντεταμένες δοκούς μορφής κιβωτίου. Έτσι, το κατάστρωμα συγκροτείται από μια σειρά κιβωτιοειδών δοκών, που τοποθετούνται δίπλα-δίπλα ή σε μικρή απόσταση.

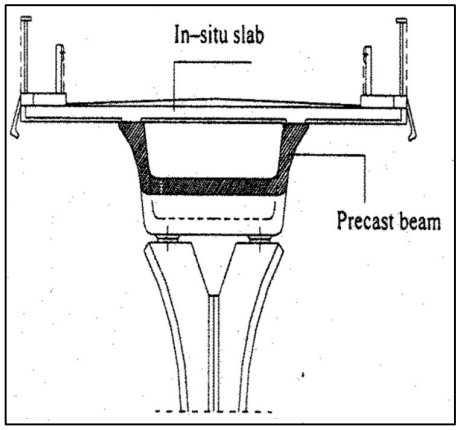
Οι διάφορες εκδοχές των δοκών κιβωτιοειδούς διατομής είναι, οι **δοκοί τέλειου Τ** (άνοιγμα περίπου 45m), οι **δοκοί κιβωτιοειδούς διατομής με αναχείλωση** (πατούρα)

στο κάτω μέρος και **προκατασκευασμένα στοιχεία μορφής U**, τα οποία τοποθετούνται κάτω από κατάστρωμα προκατασκευασμένων πλακών και ολοκληρώνονται με μια επί τόπου κατασκευαστική επικάλυψη. Στην **Εικόνα 1** που ακολουθεί, φαίνονται κάποια παραδείγματα των τριών εκδοχών.

Εικόνα 1. Παραδείγματα δοκών τέλειου Τ, μορφής U και κιβωτοειδούς διατομής με αναχείλωση.
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

- **Γέφυρες διατομής μονής κιβωτιοειδούς κυψέλης**

Αποτελεί νεότερο σύστημα, κατάλληλο για μεγάλα ανοίγματα και σύνθετες γέφυρες. Η γέφυρα απαρτίζεται από μια μεγάλη δοκό τραπεζοειδούς διατομής με τη μέθοδο της προβολοδόμησης ή υποστηρικτική πλάκα καταστρώματος με επί τόπου κατασκευή. Έτσι, οι γέφυρες μπορούν να σχεδιαστούν σαν ολόσωμες κατασκευές, με ανοίγματα που ξεπερνούν τα 90m. Μια τυπική διατομή γέφυρας μονής κιβωτιοειδούς κυψέλης, απεικονίζεται στην **Σχήμα 5** που ακολουθεί.



Σχήμα 5. Εγκάρσια τομή γέφυρας κιβωτιοειδούς διατομής μονής κυψέλης.
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

Πρόκειται για μια συνεχή διαδικασία κατασκευής, όπου κάθε φάση πρέπει να εκτελείται προσεκτικά. Το μέγεθος των δοκών μονής κυψέλης περιορίζεται περί τα 45m. Όταν απαιτούνται μεγάλου μήκους ανοίγματα, η γέφυρα κατασκευάζεται με διαφορετικές

δοκούς, που την κάνουν ολόσωμη με φόρτιση κατόπιν σκυροδέτησης. Οι δοκοί συνήθως τοποθετούνται πάνω σε προσωρινές στηρίξεις και αργότερα συνδέονται μεταξύ τους.

Η κατασκευή απαρτίζεται από προκατασκευασμένα στοιχεία ή επί τόπου κατασκευασμένα μέλη σκυροδέματος, διευκολύνοντας τη συντήρηση, ακόμα και σε δυσμενείς συνθήκες.

Σημειώνεται ότι, μετά την ανέγερση, μπορεί να απαιτείται πρόσθετη φόρτιση στις προεντεταμένες δοκούς, με καλώδια για προένταση κατόπιν σκυροδέτησης. Οι πρόσθετοι τένοντες προένταση τοποθετούνται, είτε εντός της εγκάρσιας τομής της δοκού, είτε εξωτερικά αυτής. Στις συνδέσεις μεταξύ των δοκών χρησιμοποιούνται επίσης προφορισμένες ράβδοι.

Το εν προβόλω τμήμα του καταστρώματος κατασκευάζεται είτε επί τόπου μαζί με την υπόλοιπη πλάκα καταστρώματος, είτε διαμορφώνεται με προκατασκευασμένες πλάκες, που υποστηρίζονται από προκατασκευασμένα χιαστί μέλη από σκυρόδεμα ή χαλύβδινα δικτυώματα.

Τέλος, σε περίπτωση καμπύλου υποκαταστρώματος, οι δοκοί κατασκευάζονται σε ειδικά καλούπια για την επίτευξη της καμπυλότητας, ενώ η προφόρτιση κανονικά αντικαθίσταται από φόρτιση κατόπιν κατασκευής, ώστε να εναρμονιστεί στην καμπυλωτή διαμόρφωση. Οι γέφυρες μονής κιβωτιοειδούς διατομής με καμπύλο υποκατάστρωμα, συνήθως κατασκευάζονται με δομική συνέχεια και ανοίγματα που μπορεί να ξεπεράσουν τα 50m.

Γενικώς, πρόκειται για την πιο σύνθετη μέθοδο δομής προκατασκευασμένων γεφυρών, η οποία όμως επιτρέπει την κατασκευή μεγαλύτερων ανοιγμάτων.

- **Καμπυλωτές γέφυρες κιβωτιοειδών δοκών**

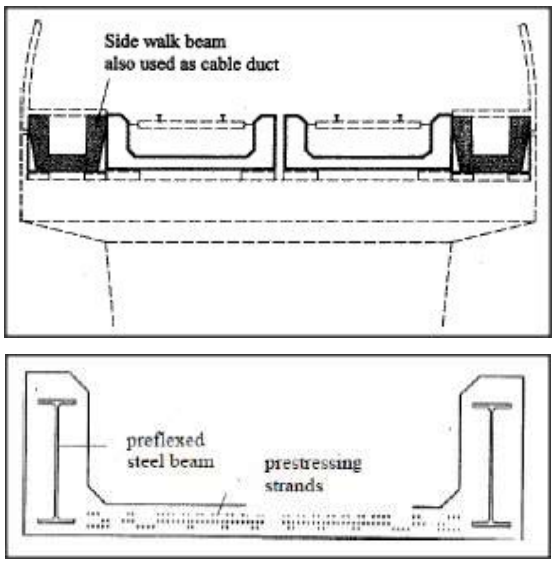
Πρόκειται για γέφυρες με διαμήκη καμπυλότητα, με την ακτίνα να ποικίλει από 200 έως 100m και στις οποίες ταιριάζει πολύ η δυστρεψία των δοκών κιβωτιοειδούς μορφής.

Κατά την κατασκευή των δοκών, η δύναμη εκτροπής των τενόντων παραλαμβάνεται από ειδικό εξοπλισμό που συνδέεται στη βάση του καλουπιού.

- **Γέφυρες μορφής σκάφης**

Συναντώνται περισσότερο στην κατασκευή σιδηροδρομικών γραμμών και αφορούν νέους τύπους καταστρωμάτων με μικρό κατασκευαστικό ύψος και πάχος διατομής.

Τα μέλη σκαφοειδούς μορφής είναι σύνθετες κατασκευές, με χαλύβδινο προφίλ διατομής στα άκρα και των οποίων η κάτω πλάκα είναι προεντεταμένη με μεγάλο πλήθος συρματόσχοινων, όπως φαίνεται και στην **Σχήμα 6**.



Σχήμα 6. Εγκάρσια τομή γέφυρας σκαφοειδούς μορφής
(Πηγή: Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004), 'Precast concrete Bridges', state-of-art report.)

- **Γέφυρες τμηματικής κατά μήκος κατασκευής**

Πρόκειται για γέφυρες μεγάλων ανοιγμάτων, όπου τα προκατασκευασμένα τμήματα καταστρώματος τοποθετούνται με προβολοδόμηση.

Τα τμήματα περιλαμβάνουν το συνολικό πλάτος της γέφυρας και το μήκος των μελών είναι ανάλογο με το βάρος τους και τα μέσα μεταφοράς και ανύψωσης. Η ανέγερση ολοκληρώνεται, στο μεγαλύτερο μέρος της, πάνω σε ένα προσωρινό ικρίωμα και μετά την πλήρωση των εγκάρσιων αρμών, τα μέλη τανύζονται στη διαμήκη διεύθυνση.

Κατά την ανέγερση γεφυρών με προκατασκευή, εξαιτίας των περιορισμών στη μεταφορά και την ανύψωση, χρησιμοποιούνται συχνά, επιπλέον διαμήκη τμήματα, που αφορούν απλές ή κιβωτιοειδείς δοκούς για γέφυρες μεγάλου ανοίγματος, με αρκετά προκατασκευασμένα τμήματα. Τα τμήματα συναρμολογούνται επί τόπου, κατόπιν τάνυσης πριν την ανέγερση.

- **Καλωδιωτές γέφυρες**

Η εφαρμογή προκατασκευασμένων καταστρωμάτων σε καλωδιωτές γέφυρες, μπορεί να πετύχει την κατασκευή ανοίγματων έως και 400m.

Τα προκατασκευασμένα καταστρώματα μπορούν να σχεδιαστούν για 2 σειρές καλωδίων με μια κιβωτοειδή δοκό κάτω από κάθε σειρά ή για μονή σειρά καλωδίων κιβωτιοειδών δοκών μονής ή διπλής κυψέλης, συνδεόμενες μέσω εγκάρσιας δοκού σε κάθε αγκύρωση των καλωδίων.

- **Ιδιαίτερες προκατασκευασμένες γέφυρες**

Η χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων από σκυρόδεμα, συναντάται και σε άλλες μορφές γεφυρών, λιγότερο ή περισσότερο διαδεδομένες, οι οποίες εξυπηρετούν ειδικότερους σκοπούς.

Σχετικά παραδείγματα, αποτελούν οι τοξωτές γέφυρες, οι πεζογέφυρες, οι γέφυρες διώρυγας και οι γέφυρες μεταβλητού ύψους.

2.3 Κατασκευαστικά συστήματα

Ως προς τα κατασκευαστικά συστήματα που εφαρμόζονται στις προκατασκευασμένες γέφυρες, προκύπτει η παρακάτω κατηγοριοποίηση:

- **Γέφυρες απλής στήριξης**

Πρόκειται για την περίπτωση γεφυρών, όπου το κατάστρωμα αποτελεί μια απλά στηριζόμενη κατασκευή, με εγκάρσιους αρμούς στα μεσαία ανοίγματα και ενδιάμεσα των ακραίων ανοιγμάτων και των αντερεισμάτων. Οι δοκοί εδράζονται στα εφέδρανα και οι αρμοί διαστασιολογούνται επιτρέποντας τη θερμική κίνηση του καταστρώματος.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα στα συστήματα καταστρώματος απλής στήριξης, πέρα από την απαίτηση της χρήσης εφεδράνων, τα οποία είναι ακριβά και χρειάζονται αντικατάσταση, είναι η παρουσία διογκωμένων αρμών λόγω της καταπόνησης από κινητά φορτία και της μακροχρόνιας έκθεσης στην ύπαρξη αλατιού προς αποπάγωση.

Το ορθότερο που μπορεί να γίνει για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος, είναι η αποφυγή εγκάρσιων αρμών εντός του καταστρώματος, είτε εφαρμόζοντας άλλα συστήματα ολόσωμων καταστρωμάτων ή με ολόσωμες γέφυρες.

- **Γέφυρες απλής στήριξης με συνεχόμενη πλάκα**

Με τη μέθοδο αυτή, οι δοκοί σχεδιάζονται με απλή στήριξη, ενώ συνέχεια παρέχεται μόνο στην πλάκα καταστρώματος.

Για την εφαρμογή της μερικής συνέχειας μεταξύ δοκού και καταστρώματος πλάκας, υπάρχει η τεχνική των συνεχόμενων διαχωρισμένων πλακών και εκείνη της συνδεδεμένης πλάκας καταστρώματος.

Στην 1η περίπτωση, οι δοκοί εδράζονται πάνω σε ξεχωριστά εφέδρανα και η πλάκα καταστρώματος διαχωρίζεται από αυτές πάνω από ένα μικρό μήκος, από επίστρωση παραμορφούμενου υλικού, ώστε να παρέχει ευκαμψία στη στροφή των στηρίξεων. Δεν υπάρχει με αυτό τον τρόπο συνέχεια οπλισμού μεταξύ των άκρων των δοκών, ενώ υπάρχει συνέχεια ροπών ανάμεσα στα ανοίγματα μόνο για τα κινητά φορτία.

Στην 2η περίπτωση, τα καταστρώματα κατασκευάζονται ως συνήθως για γέφυρες απλής στήριξης μεταβλητού ανοίγματος, με λεπτότερες διαδοκίδες στα άκρα των δοκών. Ο οπλισμός στο μέσο πάχος της πλάκας σταματάει πάνω από ένα μικρό μήκος σε κάθε

πλευρά της άρθρωσης, ώστε να επιτρέπεται η στροφή μεταξύ δυο διαδοχικών ανοιγμάτων, χωρίς να υπάρχει ροπή συνέχειας μεταξύ τους. Οι πλάκες από τα ανοίγματα διαχωρίζονται με τη χρήση συμπιεστού αρμόστοκου, αλλά η διαδικασία αδιαβροχοποίησης του καταστρώματος είναι συνεχής και πάνω από την άρθρωση εφαρμόζεται στεγάνωση για διπλή προστασία.

Και τα δυο παραπάνω συστήματα, προβλέπονται σε ολόσωμα καταστρώματα απλής στήριξης.

- **Ολόσωμες γέφυρες**

Πρόκειται για γέφυρες μεταβλητού ανοίγματος με μηχανική συνέχεια ανάμεσα σε διπλανά ανοίγματα, η οποία πραγματοποιείται με την ολοκλήρωση των κεφαλοδοκών οπό οπλισμένο σκυρόδεμα.

Η κατασκευή στις ολόσωμες γέφυρες ολοκληρώνεται στα εξής βήματα: Αρχικά οι δοκοί στηρίζονται σε απλή στήριξη και φέρουν το ίδιο βάρος τους, συν το φορτίο του ξυλότυπου και το υγρό σκυρόδεμα κατά την κατασκευή της πλάκας. Στη συνέχεια, μετά την στερεοποίηση της επί τόπου σκυροδέτησης, η κατασκευή γίνεται ολόσωμη, αλλά μόνο για το πρόσθετο μόνιμο φορτίο και για κινητό φορτίο.

Για την επίτευξη της συνέχειας, υπάρχουν οι παρακάτω τεχνικές:

Σε μια 1η τεχνική, οι δοκοί στηρίζονται σε προσωρινά ικριώματα και τα άκρα της με προεξέχοντα καλώδια και επιπλέον οπλισμό, ενσωματώνονται τελικώς σε μια φαρδιά επιτόπια κεφαλοδοκό, κατασκευασμένη στην κορυφή του βάθρου, στηριζόμενη σε μια σειρά εφεδράνων τοποθετημένα στο κέντρο του. Ο διαμήκης άνω οπλισμός τοποθετείται στην πλάκα καταστρώματος και το κατάστρωμα της γέφυρας οπλίζεται κατά την εγκάρσια διεύθυνση, είτε με μετένταση, είτε με χαλαρό οπλισμό.

Σε μια 2η τεχνική, οι προεντεταμένες δοκοί στηρίζονται προσωρινά στην κορυφή των βάθρων και η επιτόπια κεφαλοδοκός κατασκευάζεται με στενότερη κεφαλή, λόγω του μικρότερου κενού μεταξύ των δοκών. Η διαμήκης συνέχεια πραγματοποιείται με οπλισμό άνω πέλματος στην ολόσωμη σύνθετη πλάκα καταστρώματος. Μετά την πήξη του σκυροδέματος κεφαλοδοκού, οι δυο σειρές προσωρινών εφεδράνων αφαιρούνται για να μεταφέρουν την αντίδραση της στήριξης στην κεντρική σειρά των εφεδράνων.

Η 3η τεχνική αποτελεί παραλλαγή των δυο προηγούμενων. Η κεφαλοδοκός έχει μεγαλύτερο ύψος από τις κύριες δοκούς και το κάτω τμήμα κατασκευάζεται πρώτο για να τις στηρίξει, συνήθως πάνω σε λεπτές στρώσεις κονιάματος. Στη συνέχεια, η ολοκληρωμένη κεφαλοδοκός κατασκευάζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και στην 1η τεχνική που περιγράφηκε.

Τέλος, εκτός των παραπάνω τεχνικών, η πλήρης συνέχεια στις προκατασκευασμένες γέφυρες, μπορεί να πραγματοποιηθεί και με συστήματα προέντασης μετά την τοποθέτηση.

- **Ολόσωμες γέφυρες χωρίς αρμούς**

Οι γέφυρες αυτές, σχεδιάζονται χωρίς αρμούς, τόσο στα μεσαία ανοίγματα, όσο και μεταξύ των ακραίων ανοιγμάτων και των αντερεισμάτων.

Οι τύποι των αναπόσπαστων-ακέραιων αντερεισμάτων που εφαρμόζονται ποικίλουν και μπορεί να είναι ολόσωμα ή μερικώς ολόσωμα.

Τα αντερείσματα των ολόσωμων γεφυρών προσκολλώνται στη γέφυρα και οφείλουν να ακολουθούν τις οριζόντιες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας της, επιτρέποντας παράλληλα σ’ αυτήν την κίνηση να συμβεί και ταυτόχρονα να είναι ικανή να αντισταθεί στις κυκλοφοριακές φορτίσεις.

Σε γέφυρες με προφορτισμένες δοκούς, μπορούν να προβλεφθούν πέλματα στα αντερείσματα χωρίς αρμούς (ημι-ολόσωμες γέφυρες).

2.4 Μέθοδοι κατασκευής φορέα ανωδομής

Όσον αφορά το κατάστρωμα, οι συνηθέστερες σε χρήση μέθοδοι κατασκευής φορέων γεφυρών είναι οι εξής:

- **Μέθοδος προβολοδόμησης** (κλασική μέθοδος και διάφορες παραλλαγές αυτής: χρήση βοηθητικών καλωδίων, χρήση βοηθητικών φορέων κ.α.)

Με τη μέθοδο αυτή, εφαρμόζεται σταδιακή κατασκευή φορέων γεφυρών, σε σπονδύλους μήκους 3-5m, σε πρόβολο από την προηγούμενη φάση. Συνήθως η κατασκευή γίνεται συμμετρικά ως προς το μεσόβαθρο, είτε με επί τόπου σκυροδέτηση των σπονδύλων, είτε με προκατασκευασμένους σπονδύλους.

- **Μέθοδος σταδιακής προώθησης**

Η κατασκευή του φορέα γίνεται προοδευτικά, κατά σπονδύλους μήκους 15-30m, οι οποίοι προωθούνται στη συνέχεια, συνήθως από το ένα ακρόβαθρο.

- **Μέθοδος προωθούμενων – αυτοφερόμενων δοκών/δικτυωμάτων**

Στην περίπτωση αυτή, το καλούπι του φορέα της ανωδομής, στηρίζεται σ' έναν αυτοπροωθούμενο σχηματισμό, μέσω του οποίου μεταφέρεται από τη μια θέση στην άλλη. Η κατασκευή προχωρεί σε τμήματα μήκους ίσου προς το (τυπικό) άνοιγμα και σε πλήρες πλάτος (άνοιγμα-άνοιγμα).

- **Μέθοδος προκατασκευασμένων δοκών**

Αφορά την προκατασκευή των δοκών στο εργοτάξιο, την μεταφορά και τοποθέτησή τους στις θέσεις των βάθρων και την κατασκευή της πλάκας κυκλοφορίας με χρήση κατάλληλου ξυλότυπου (επικρατεί η χρήση προπλακών).

- **Συμβατική κατασκευή**

Η κατασκευή γίνεται επί ικριωμάτων εδραζομένων στο φυσικό έδαφος ή και σε προσωρινό επίχωμα κατάλληλα συμπυκνωμένο. Η κατασκευή του καταστρώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε για το σύνολο του καταστρώματος σε μία φάση, είτε να γίνει κατά φατνώματα.

Με εξαίρεση την συμβατική μέθοδο, όλες οι παραπάνω μέθοδοι κατασκευής γεφυρών, ανήκουν στις μηχανοποιημένες μέθοδους κατασκευής, λόγω της εισαγωγής ειδικού εξοπλισμού στην όλη κατασκευαστική διαδικασία.

Με εξαίρεση την προβολοδόμηση, η οποία αναπτύσσεται συμμετρικά περί τον άξονα του εκάστοτε μεσοβάθρου, οι άλλες μέθοδοι προχωρούν από το ένα ακρόβαθρο προς το άλλο χωρίς παλινδρόμηση.

Σε όλες τις παραπάνω μεθόδους, η κατασκευή των βάθρων γίνεται σε προηγούμενη φάση και η κατασκευή του καταστρώματος πραγματοποιείται κατά τμήματα.

Ειδικότερα:

- Στην μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών, έχουμε τμήματα πλήρους μήκους (τυπικού ανοίγματος) και μέρους του πλάτους.
- Στην προβολοδόμηση και στη μέθοδο της σταδιακής προώθησης, έχουμε τμήματα πλήρους πλάτους και μέρους του μήκους και τέλος,
- Στην μέθοδο των προωθούμενων-αυτοφερόμενων δοκών, έχουμε τμήματα πλήρους πλάτους και πλήρους μήκους.

Η επιλογή της συμφερότερης κατά περίπτωση μεθόδου, εξαρτάται από παράγοντες όπως το μήκος επιμέρους ανοίγματος, το συνολικό μήκος γεφύρωσης, η γεωμετρία της χάραξης κατά μήκος και οριζοντιογραφικά, το κόστος και η διαθεσιμότητα εξοπλισμού, αλλά και η προηγούμενη εμπειρία.

2.5 Η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών

2.5.1 Γενικά

Οι δυνατότητες στην προκατασκευή, έχουν αυξηθεί σημαντικά, τεχνικά και οικονομικά, λόγω της εξέλιξης των ανυψωτικών γερανών και των οχημάτων μεταφοράς, με αποτέλεσμα, να υπάρχουν πλέον προκατασκευασμένα στοιχεία που εκτείνονται ακόμη και πέρα των 10m.

Οι γέφυρες με προκατασκευασμένες δοκούς, είναι οι πλέον κατάλληλες για μικρά προς μεσαία ανοίγματα, σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή ικριωμάτων στο έδαφος συναντά εμπόδια, όπως υδάτινο κώλυμα (ποτάμι, ρέμα κτλ.), διέλευση σιδηροδρόμου, ύπαρξη υφιστάμενων επαρχιακών οδών ή αυτ/μων σε χρήση, είτε είναι οικονομικά απρόσιτη, αλλά και όπου απαιτείται επίσπευση της ανέγερσης.

Η μέθοδος κατασκευής γεφυρών με προκατασκευασμένες δοκούς, βασίζεται στην προκατασκευή προεντεταμένων δοκών στο εργοτάξιο, την μεταφορά αυτών στο σημείο τοποθέτησης και την κατασκευή της πλάκας καταστρώματος με την χρήση κατάλληλου ξυλοτύπου. Στην Ελλάδα έχει επικρατήσει σχεδόν αποκλειστικά η κατασκευή της πλάκας κυκλοφορίας με τη χρήση προπλακών και στη συνέχεια συμπλήρωμα με επί τόπου σκυροδέτηση. Οι πρόπλακες, φέρουν οπλισμό από το εργοστάσιο παραγωγής και τοποθετούνται με την βοήθεια ενός απλού γερανού. Από στατική άποψη, κατασκευάζονται συνήθως αμφιέρειστοι φορείς, ενώ χρησιμοποιούνται πλάκες συνεχείας καταστρώματος για τον περιορισμό των αρμών πάνω απ’ τα μεσόβαθρα.

Οι γέφυρες με προκατασκευασμένα δοκάρια κατασκευάζονται με τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα έργα υποδομής Πολιτικού Μηχανικού, δηλαδή με τη χρήση διάφορων τύπων σκυροδέματος και χάλυβα, ανάλογα με τις απαιτήσεις σχεδιασμού.

Σημαντική εξέλιξη στην κατασκευαστική τεχνολογία, στην πορεία των ετών, αποτέλεσε η ανάπτυξη των διατάξεων προέντασης που ενσωματώνονταν σε προκατασκευασμένα δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στις διατάξεις αυτές, η προκατασκευασμένη δοκός από σκυρόδεμα προεντάσσεται με άσκηση τάνυσης σε χαλύβδινες ράβδους (τένοντες), οι οποίες διατρέχουν τη δοκό και στη συνέχεια, αγκυρώνοντας τα άκρα των τενόντων στα άκρα της δοκού. Η προένταση λειτουργεί ως ζεύγος δυνάμεων στα άκρα της δοκού, αντισταθμίζοντας τις δυνάμεις εφελκυσμού που ασκούνται στη δοκό, όταν φορτίζεται από κάποιο φορτίο που διέρχεται κατά μήκος της γέφυρας.

Τα κύρια μέρη μιας γέφυρας που κατασκευάζεται με την μέθοδο των προκατασκευασμένων-προεντεταμένων δοκών είναι:

- Το σύστημα θεμελίωσης

  Τα θεμέλια μεταφέρουν κατανεμημένα τα φορτία όλης της κατασκευής στο έδαφος, έτσι ώστε το έδαφος να τα αναλάβει με επαρκή ασφάλεια και χωρίς μεγάλες και ανεπιθύμητες παραμορφώσεις.

  Τα βασικά είδη θεμελίωσης είναι η επιφανειακή θεμελίωση, η θεμελίωση με πασσαλοκολώνες, η θεμελίωση επί πασσάλων με κεφαλόδεσμο και τα φρέατα.

- Τα ακρόβαθρα

  Τα ακρόβαθρα βρίσκονται στην αρχή και στο τέλος μιας γέφυρας, μεταξύ επιχώματος και καταστρώματος, με σκοπό να παραλαμβάνουν τις οριζόντιες και κατακόρυφες αντιδράσεις της ανωδομής, να εγκιβωτίζουν το επίχωμα με τους πτερυγότοιχους και να αναλαμβάνουν τις ωθήσεις από το επίχωμα, ώστε να τις μεταφέρουν τελικά στο έδαφος.

- Τα μεσόβαθρα

  Τα μεσόβαθρα μεταφέρουν τα φορτία από τις οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις. Ο αριθμός, το ύψος και η διατομή τους, καθορίζονται από την μορφολογία του εδάφους και το είδος του κωλύματος που πρόκειται να γεφυρωθεί. Έτσι, μπορεί να είναι κυκλικά, ορθογωνικά, πολυγωνικά ή τοιχοειδή.

  Η κεφαλή του μεσόβαθρου (κεφαλοδοκός), βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο του και μεταβιβάζει τις μεγάλες δυνάμεις της ανωδομής στους στύλους των μεσόβαθρων και αυτοί με τη σειρά τους στη θεμελίωση.

- Η ανωδομή (προεντεταμένα δοκάρια, διαδοκίδες, πλάκα κυκλοφορίας)

  Οι προεντεταμένες δοκοί, είναι αυτές που γεφυρώνουν το όποιο άνοιγμα και πάνω στις οποίες μορφώνεται το κατάστρωμα του τεχνικού, δημιουργώντας ουσιαστικά, την ανωδομή.

  Οι διαδοκίδες είναι εγκάρσιες διαφραγματικές δοκοί από οπλισμένο σκυρόδεμα, επί των κεφαλοδοκών των μεσοβάθρων, με σκοπό την εγκάρσια σύνδεση των προκατασκευασμένων δοκών. Η σύνδεση του οπλισμού των δοκών με εκείνον των διαδοκίδων, γίνεται χάρη στην μόρφωση από πριν, αναμονών στα προκατασκευασμένα δοκάρια. Ακολούθως, τοποθετείται ο οπλισμός των διαδοκίδων και σκυροδετούνται επί τόπου.

- <u>Τα εφέδρανα</u>

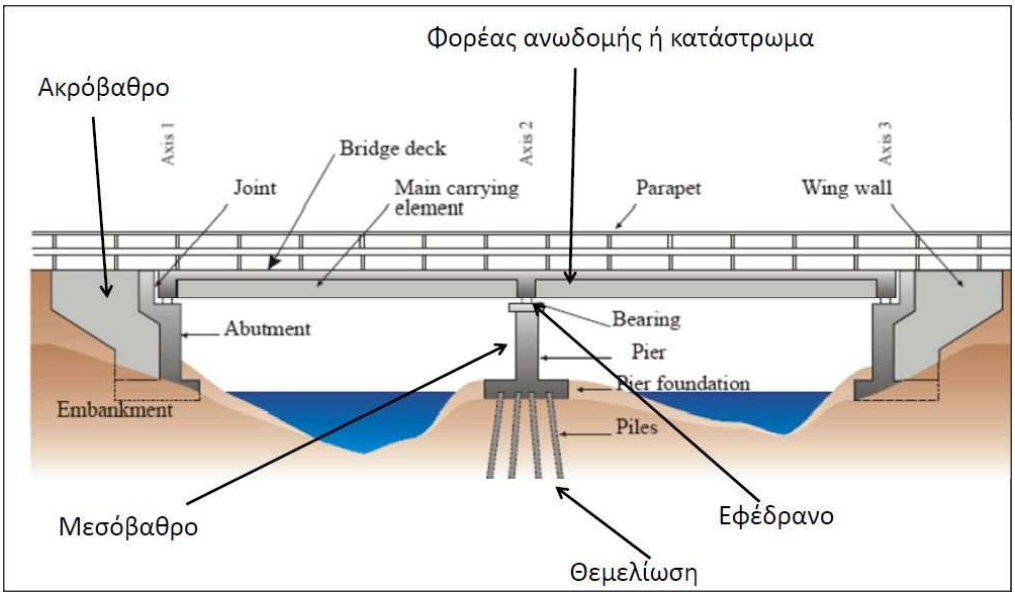
  Πρόκειται για ελαστομεταλλικές διατάξεις, που τοποθετούνται ανάμεσα στην ανωδομή και την υποδομή, στην διεπιφάνεια του φορέα με τα βάθρα, πάνω στις οποίες εδράζονται οι προκατασκευασμένες δοκοί.

  Σκοπός τους είναι να μεταφέρουν όλα τα φορτία (κυκλοφορίας, σεισμού, ίδια βάρη ανωδομής, ανέμου) από την ανωδομή στην υποδομή, επιτρέποντας παράλληλα τις σχετικές μετατοπίσεις μεταξύ τους.

  Τα εφέδρανα διακρίνονται σε σταθερά , τα οποία δεν επιτρέπουν την κατά μήκος ή την εγκάρσια μετακίνηση της ανωδομής και σε κινητά, τα οποία αντιθέτως την επιτρέπουν. Τόσο τα σταθερά όσο και τα κινητά εφέδρανα, επιτρέπουν την στροφή.

Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικός, κατασκευαστικά ή λειτουργικά, είναι και ο ρόλος διαφόρων συστημάτων-διατάξεων που εντοπίζονται στο κατάστρωμα μιας γέφυρας, όπως είναι οι αρμοί, το σύστημα αποχέτευσης/αποστράγγισης του καταστρώματος, οι πυλώνες ηλεκτροφωτισμού και τα στηθαία ασφαλείας.

Ενδεικτικά, τα βασικά μέρη μια γέφυρας, απεικονίζονται στην **Σχήμα 7** που ακολουθεί:



Σχήμα 7. Χαρακτηριστικά τμήματα Γέφυρας

2.5.2 Πεδίο εφαρμογής

Η πλέον ευνοϊκή περιοχή για την εφαρμογή της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών, κυμαίνεται για μήκη ανοιγμάτων από 18m έως 28m. Λιγότερο ευνοϊκές περιοχές είναι από 10m έως 18m και από 28m έως 35m, ενώ ανοίγματα μικρότερα των 10m και μεγαλύτερα των 35m, εμπίπτουν στη δυσμενή περιοχή εφαρμογής της μεθόδου.

Γενικότερα, σχετικά με την περιοχή και τον τρόπο εφαρμογής της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών, ισχύουν τα ακόλουθα:

- Μήκος ανοιγμάτων < 35m.
- Γωνία λοξότητας γέφυρας >60g (>54°).
- Οριζοντιογραφική ακτίνα καμπυλότητος R > 500m.
- Όχι εφαρμογή σε μεγάλες γέφυρες (κοιλαδογέφυρες ή γέφυρες υπεράνω ποταμών).
- Διατμητική σύνδεση/συμπλήρωση των προκατασκευασμένων δοκών με έγχυτες εγκάρσιες διαδοκίδες στους άξονες έδρασής τους και έγχυτη πλάκα.
- Αποκατάσταση της συνεχείας κατά τη διαμήκη έννοια σε γέφυρες πολλών ανοιγμάτων, με έγχυτες επί τόπου εγκάρσιες διαδοκίδες και πλάκα.
- Εφαρμογή προκατασκευασμένων προεντεταμένων δοκών διατομής Τ (ή παρόμοιας).
- Μονολιθική σύνδεση βάθρου με διαδοκίδα ή (συνηθέστερα) έδραση σε εφέδρανο/α.
- Ελαχιστοποίηση των εφεδράνων στον απολύτως απαραίτητο αριθμό.

2.5.3 Συστήματα προκατασκευής

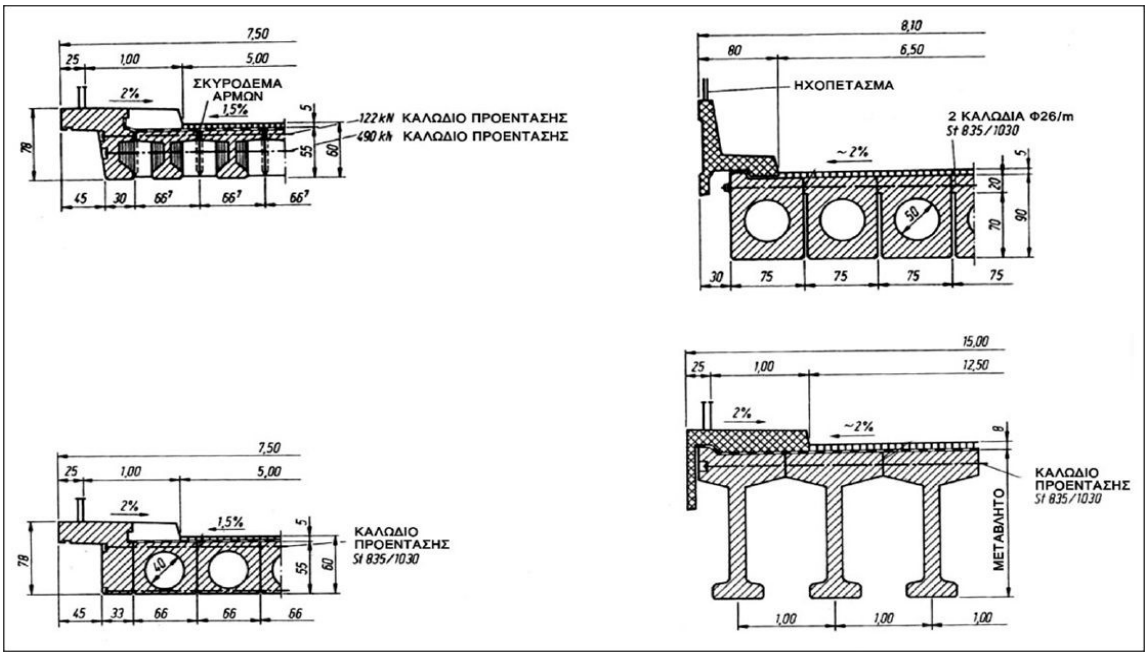
Τα συστήματα προκατασκευής, ανάλογα με το σύστημα δόμησης το οποίο εφαρμόζεται, διακρίνονται σε:

1. **Σύστημα αμιγούς συναρμολόγησης** προκατασκευασμένων στοιχείων.

   Στην περίπτωση αυτή, η σύνδεση των δοκών, γίνεται μόνο με εγκάρσια προεντεταμένα καλώδια και με χρήση κονιάματος στους αρμούς μεταξύ τους, χωρίς έγχυτη πλάκα επί τόπου.

   Το σύστημα αυτό, αποφεύγεται στη κατασκευή οδικών γεφυρών, αφού παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα που σχετίζονται με την απουσία χαλαρού οπλισμού στους πολυάριθμους αρμούς και την μη δυνατότητα αποκατάστασης της συνεχείας σε περιπτώσεις γεφυρών με πολλά ανοίγματα.

   Παραδείγματα τυπικών διατάξεων του παραπάνω συστήματος, απεικονίζονται στο **Σχήμα 8** που ακολουθεί.



Σχήμα 8. Τυπικές διατάξεις συστήματος αμιγούς συναρμολόγησης

2. **Μικτό σύστημα** προκατασκευής.

   Το σύστημα αυτό, συνίσταται στη σύνδεση των προκατασκευασμένων δοκών με έγχυτο επί τόπου σκυρόδεμα και ανάλογα με την απόσταση τοποθέτησης των προκατασκευασμένων δοκών, υπάρχουν οι εξής παραλλαγές του:

i. Το κλασικό μικτό σύστημα, στο οποίο οι προκατασκευασμένοι δοκοί τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη και ακολούθως γίνεται η σκυροδέτηση των διαδοκίδων στις θέσεις των στηρίξεων και της πλάκας αφού έχουν καλυφθεί οι αρμοί μεταξύ των προκατασκευασμένων δοκών με κατάλληλη ταινία.

   Το κλασικό μικτό σύστημα προκατασκευής είναι το συνιστώμενο στη Γερμανία και παρουσιάζει πλεονεκτήματα όπως, ακρίβεια στην τήρηση των υψομέτρων, πλάκα κυκλοφορίας χωρίς αρμούς, επιπεδότητα, εξασφάλιση ασφαλούς δαπέδου εργασίας, απλή και εύκολη στεγανοποίηση των αρμών μεταξύ των δοκών.

ii. Το μικτό σύστημα, στο οποίο οι δοκοί τοποθετούνται σε απόσταση μεταξύ τους και στη συνέχεια, η σκυροδέτηση της πλάκας κυκλοφορίας γίνεται με τη βοήθεια καταλλήλου ξυλοτύπου.

   Στην Ελλάδα, για την κατασκευή της πλάκας κυκλοφορίας, έχει επικρατήσει η χρήση προπλακών που φέρουν ενσωματωμένο τον πρωτεύοντα οπλισμό και συμπλήρωση με επί τόπου σκυροδέτηση.

3. Σύστημα πλήρους προκατασκευής κατά την οποία από βάθρο σε βάθρο τοποθετείται μόνο ένα προκατασκευασμένο στοιχείο.

   Το σύστημα αυτό, δεδομένου ότι τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορούν να καλύψουν επιφάνεια μέχρι 90m2 (μέγιστη ανυψωτική δυναμικότητα συνήθων γερανών ~900KN), είναι κατάληλο για φορείς περιορισμένου πλάτους, όπως σιδηροδρομικές γέφυρες μονής γραμμής.

Ανάλογα με το τοπογραφικό ανάγλυφο, τα εμπόδια και τα διατιθέμενα μέσα, για την τοποθέτηση επί των βάθρων των προκατασκευασμένων δοκών, τα συστήματα προκατασκευής διακρίνονται σε:

1. **Απλή προκατασκευή**, κατά την οποία χρησιμοποιούνται συνήθεις ανυψωτικοί γερανοί.
2. **Ειδική προκατασκευή**, κατά την οποία η δόμηση επιτυγχάνεται με ειδικά μέσα, τα οποία υπερβαίνουν τις δυνατότητες των συνήθων γερανών. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούνται ειδικές διατάξεις μεταφοράς και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων, όπως π.χ. Carro Varro, πλωτοί γερανοί κ.α.

Ειδικότερα, δεδομένου ότι η μέγιστη ανυψωτική δυναμικότητα των συνήθων γερανών ανέρχεται περίπου στα 900KN και το βάρος ανά τρέχον μέτρο προκατασκευασμένης δοκού είναι 20-25KN/m, προκύπτει ότι:

- Για ανοίγματα>40m, απαιτούνται ειδικές διατάξεις.
- Για ανοίγματα 30-40m, είναι δυνατή η χρήση είτε συνήθων γερανών, είτε ειδικών διατάξεων, το οποίο κρίνεται από διάφορες παραμέτρους, όπως το μήκος της γέφυρας, το πλήθος των δοκών, το ανάγλυφο του υπεδάφους κλπ.
- Για ανοίγματα<30m, χρησιμοποιούνται επί το πλείστον, συνήθεις γερανοί.

2.5.4 Φάσεις κατασκευής και απαιτούμενος εξοπλισμός

Η κατασκευή μιας γέφυρας με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών, περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

1. <u>Εργασίες υποδομής</u>
   - Διάνοιξη και κατασκευή των οδών πρόσβασης για την προσέγγιση των θέσεων κατασκευής των βάθρων
   - Εκσκαφές και κατασκευή των θεμελίων
   - Κατασκευή των κορμών των ακροβάθρων και των μεσοβάθρων
   - Κατασκευή των δοκών εδράσεως των προκατασκευασμένων δοκών
   - Τοποθέτηση των εφεδράνων
   - Κατασκευή των μεταβατικών επιχωμάτων
   - Επανεπίχωση των σκαμμάτων των μεσοβάθρων
   - Κατασκευή των πλακών πρόσβασης
   - Εργασίες διευθέτησης του ρέματος (εφόσον υπάρχει)

<u>Απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός</u>: προωθητής, εκσκαφέας, φορτωτής, ανατρεπόμενα φορτηγά, μηχάνημα διάτρησης πασσάλων, ολισθαίνων ή αναρριχώμενος ξυλότυπος, μεταλλότυπος δοκών εδράσεως, συγκρότημα παρασκευής σκυροδέματος, οχήματα μεταφοράς σκυροδέματος, αντλία σκυροδέματος, δονητές σκυροδέματος, αεροσυμπιεστής και γερανός.

2. Εργασίες ανωδομής
   - Προκατασκευή των δοκών
   - Προκατασκευή των προπλακών
   - Συναρμολόγηση του φορείου καθέλκυσης δοκών
   - Τοποθέτηση των δοκών
   - Τοποθέτηση των προπλακών
   - Σκυροδέτηση της πλάκας
   - Αποκατάσταση της συνέχειας της πλάκας καταστρώματος

Απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός: μεταλλότυπος, πρέσσες επιβολής προέντασης, συγκρότημα παρασκευής σκυροδέματος, οχήματα μεταφοράς σκυροδέματος, αντλία σκυροδέματος, δονητές σκυροδέματος, αεροσυμπιεστής, γερανός και φορείο καθέλκυσης των προκατασκευασμένων δοκών.

3. Εργασίες επιδομής
   - Κατασκευή των πεζοδρομίων
   - Τοποθέτηση στηθαίων ασφαλείας
   - Κατασκευή στηθαίου ασφαλείας τύπου New Jersey
   - Μόνωση-στεγάνωση του φορέα
   - Διάστρωση των ασφαλτικών στρώσεων
   - Τοποθέτηση των αρμών συστολοδιαστολής
   - Κατασκευή του αποχετευτικού συστήματος της γέφυρας
   - Τοποθέτηση ιστών ηλεκτροφωτισμού (όπου και αν προβλέπεται)
   - Διαγράμμιση του οδοστρώματος

Απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός: συγκρότημα παρασκευής σκυροδέματος, οχήματα μεταφοράς σκυροδέματος, αντλία σκυροδέματος, δονητές σκυροδέματος, αεροσυμπιεστής, γερανός, διαστρωτής σκυροδέματος τύπου Gomaco, συγκρότημα παραγωγής ασφαλτομίγματος, οχήματα μεταφοράς ασφαλτομίγματος, διαστρωτήρας ασφαλτομίγματος, οδοστρωτήρες, μηχάνημα διαγράμμισης οδοστρώματος.

2.5.5 Βάθρα

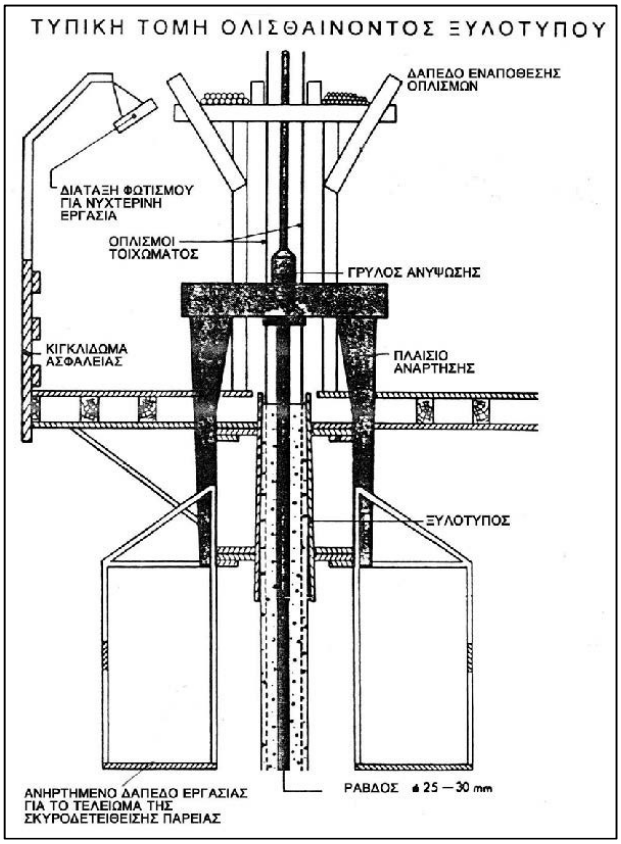
Σχετικά με την κατασκευή των βάθρων μιας γέφυρας με προκατασκευασμένα δοκάρια, ισχύουν τα παρακάτω:

- Οι μηχανοποιημένες μέθοδοι κατασκευής βάθρων, εφαρμόζονται συνήθως για ύψη >15~20m.
- Πρέπει να εφαρμόζονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας, κατά την εκτέλεση εργασιών σε μεγάλα ύψη.
- Στα υψηλά βάθρα, λόγω της μη δυνατότητας ολικής σκυροδέτησης, η κατασκευή τους γίνεται τμηματικά καθ' ύψος.
- Χαρακτηριστικό των μεθόδων κατασκευής είναι η ανύψωση του καλουπιού από τη μια στάθμη κατασκευής στην επόμενη.
- Για την ανύψωση του καλουπιού, εφαρμόζονται δυο ξεχωριστές τεχνικές:
    - Μέθοδος ολισθαίνοντος (ξυλο)τύπου
    - Μέθοδος αναρριχώμενου (ξυλο)τύπου

Κατά την <u>μέθοδο ολισθαίνοντος (ξυλο)τύπου</u>, η καθ' ύψος κατασκευή του βάθρου προχωρεί με μικρά αλλά συνεχή βήματα, κατά τα οποία το τυπικό τμήμα του (ξυλο)τύπου ανελκύεται με την βοήθεια ανυψωτικού συστήματος, που αποτελείται από γρύλους, ράβδους ανύψωσης (μεταφέρουν το φορτίο) και πλαίσιο ανάρτησης. Το όλο σύστημα συμπληρώνεται από τμήμα (ξυλο)τύπου (ύψους περί το 1.20m), δάπεδα εργασίας, διαδρόμους επιθεώρησης και στηθαία ασφαλείας. Τέλος, οι εργασίες εκτελούνται χωρίς διακοπή επί 24ωρου βάσεως.

<u>Πλεονεκτήματα</u> της μεθόδου αποτελεί η ακρίβεια, η μονολιθικότητα, η ταχύτητα, η ποικιλία μορφών και η σχετική οικονομία για ύψη βάθρων h>30m. Στα <u>μειονεκτήματα</u> εντάσσονται οι απαιτήσεις για υψηλό επίπεδο οργάνωσης και συντονισμού, για επαρκή βοηθητικό εξοπλισμό και για έμπειρο προσωπικό, οι ειδικές συνθήκες (καιρικές, μέρα-νύχτα) και τα τυχόν κοινωνικά προβλήματα από τη συνεχή εργασία.

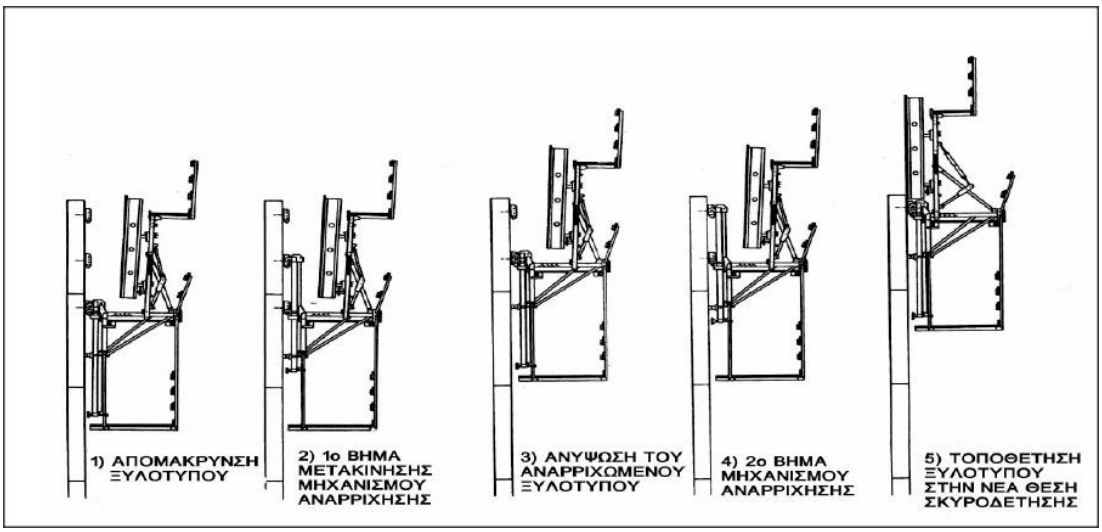
Η τυπική διάταξη του παραπάνω συστήματος δίνεται στο **Σχήμα 9**, που ακολουθεί.



Σχήμα 9. Τυπική τομή ολισθαίνοντος ξυλοτύπου

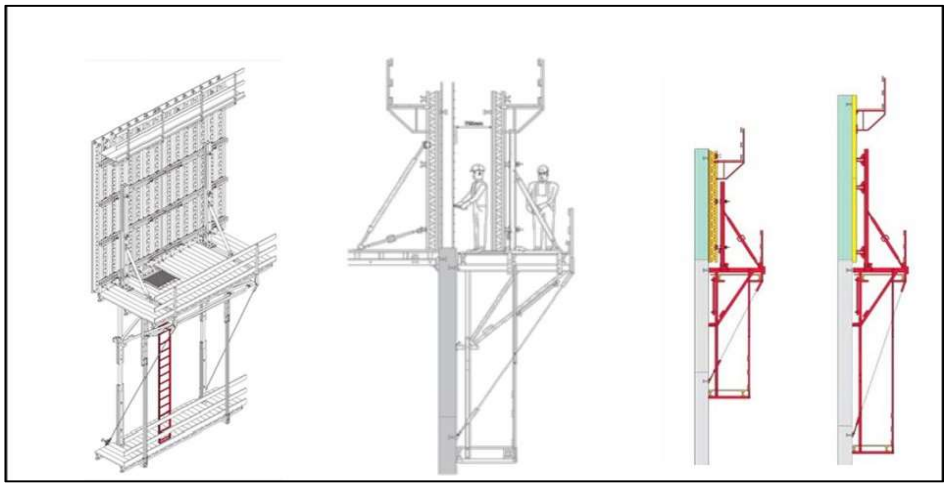
Κατά την μέθοδο αναρριχώμενου (ξυλο)τύπου, η σκυροδέτηση κάθε επιμέρους τμήματος βάθρου, γίνεται εντός ξυλοτύπου καταλλήλου ύψους, σε διαδοχικά τμήματα προς τα πάνω. Μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος, τα τμήματα του καλουπιού αποσυναρμολογούνται και προωθούνται (αναρριχώνται) στην επόμενη στάθμη, όπου επανασυνδέονται και είναι έτοιμα για τον επόμενο κύκλο. Ένας τυπικός κύκλος εργασιών για την κατασκευή ενός τμήματος διαρκεί συνήθως 4~6 ημέρες. Η κίνηση του ξυλοτύπου εδώ είναι ασυνεχής (κατ' αντίθεση προς τον ολισθαίνοντα) και η ανύψωση (αναρρίχηση) γίνεται με οικοδομικούς γερανούς ή με ειδικούς μηχανισμούς προσαρτημένους στο σύστημα (αυτοαναρρίχηση).

Οι φάσεις αναρρίχησης του συστήματος, απεικονίζονται στο **Σχήμα 10**.

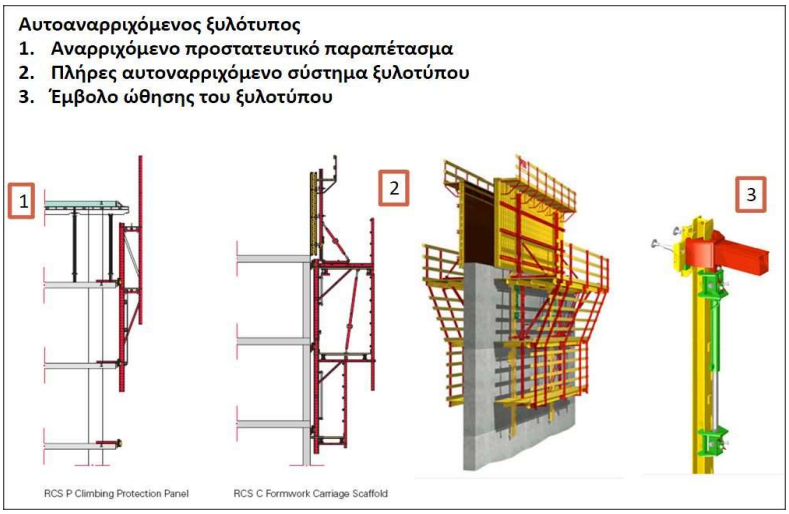


Σχήμα 10. Φάσεις λειτουργίας-αναρρίχησης του συστήματος

Το σύστημα αναρριχώμενου (ξυλο)τύπου, περιλαμβάνει δύο πανομοιότυπες διατάξεις για την εξωτερική και εσωτερική πλευρά του σκυροδετουμένου στοιχείου. Η διάταξη κάθε πλευράς αποτελείται από το τμήμα (ξυλο)τύπου και το φορείο εργασίας δικτυωτής διάταξης με ρυθμιζόμενα μέλη, ενώ προσαρτημένα στο φορείο αυτό είναι τα δάπεδα και οι διάδρομοι εργασίας και οι διατάξεις καθοδηγήσεως. Το όλο σύστημα στηρίζεται επί των ήδη σκυροδετηθέντων τμημάτων με διατάξεις αγκύρωσης που ενσωματώνονται στο σκυρόδεμα. Τέλος, με την προσθήκη οδηγού αναρρίχησης και την πρόβλεψη πελμάτων ανάρτησης το σύστημα μετατρέπεται σε αυτοαναρριχόμενο. Χαρακτηριστικές διατάξεις αναρριχώμενου και αυτοαναρριχώμενου συστήματος, δίνονται στο **Σχήμα 11** και **Σχήμα 12** αντίστοιχα.



Σχήμα 11. Αναρριχόμενος ξυλότυπος



Σχήμα 12. Αυτοαναρριχόμενος ξυλότυπος

Ουσιαστικά, με την ανάπτυξη των αυτοαναρριχομένων συστημάτων, η χρήση της μεθόδου αυτής ανεξαρτητοποιήθηκε από τους περιορισμούς ύψους εξυπηρέτησης των γερανών και συναγωνίζεται την μέθοδο του ολισθαίνοντος ξυλοτύπου σε όλο το εύρος των υψών, με συνέπεια να τείνει πρακτικά να την αντικαταστήσει.

2.5.6 Δοκοί

Ως προς τις διαστάσεις προκατασκευασμένων δοκών, τα πλέον συνήθη συναντώμενα πάχη είναι:

- Ελάχιστο πάχος έγχυτης πλάκας πάνω από προκατασκευασμένα στοιχεία: 20cm.
- Ελάχιστο πάχος πρόπλακας λαμβανομένης υπόψη στατικά: 8cm.
- Ελάχιστο πάχος κορμού προκατασκευασμένης δοκού:

  i. ύψους $\leq$ 1.0m: 30cm.

  ii. ύψους $\geq$ 4.0m: 50cm.

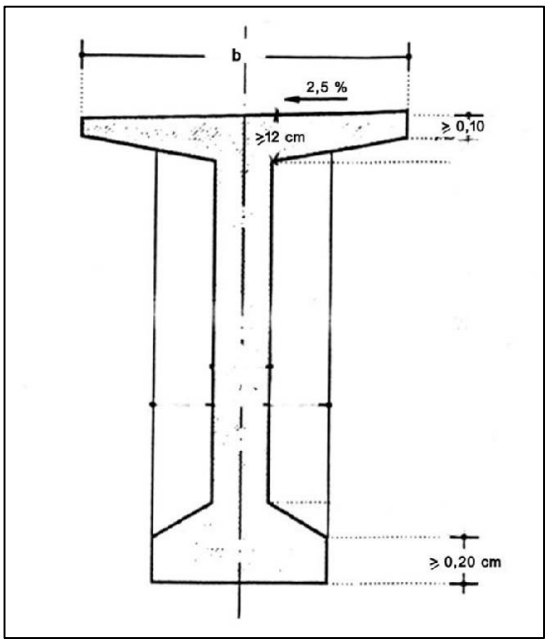
  iii. Για ενδιάμεσα ύψη γραμμική παρεμβολή

  iv. Για εργοστασιακά κατασκευαζόμενες δοκούς επιτρέπεται η μείωση των παραπάνω διαστάσεων κατά 5mm.

- Ελάχιστο πάχος άκρου πάνω πέλματος (σε σύνδεση με έγχυτη πλάκα) προκατασκευασμένης δοκού: 10cm.

- Ελάχιστο πάχος γένεσης πάνω πέλματος προκατασκευασμένης δοκού: 12cm.
- Ελάχιστο πάχος άκρου κάτω πέλματος προκατασκευασμένης δοκού: 20cm.
- Συνιστάται ο λόγος b/l ≤ 40, όπου b το πλάτος του πάνω πέλματος της δοκού και l το μήκος της.
- Ύψος h της δοκού προς μήκος l: h=l/15 εως l/20 (μπορεί να μειωθεί εως και l/25 για πολύ πυκνή διάταξη δοκών)

Στο **Σχήμα 13**, απεικονίζεται η τυπική διάταξη μιας προκατσκευασμένης δοκού με τα βασικά γεωμετρικά στοιχεία της .



Σχήμα 13. Τυπική διατομή προκατασκευασμένη δοκού

2.5.7 Προένταση

Πρόκειται για τη διαδικασία επιβολής θλιπτικών δυνάμεων στη κατασκευή σκυροδέματος πριν την επιβολή εξωτερικών φορτίων σε αυτή, με σκοπό τον μηδενισμό ή τη μείωση των εφελκυστικών τάσεων στο σκυρόδεμα που θα προκληθούν από τα εξωτερικά φορτία.

Η διαδικασία της προέντασης, αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία σε κατασκευές από προκατασκευασμένα μέλη και είναι αυτή που καθορίζει τη στατική και δυναμική συμπεριφορά των προκατασκευασμένων μελών μιας κατασκευής. Για το λόγο αυτό, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην ορθή εφαρμογή της και ιδιαίτερα, κατά την

προένταση των δοκών, ώστε να μην εξαντλούνται οι επιτρεπόμενες τάσεις θλίψης. Η εξάντληση αυτή των τάσεων θλίψης, σε συνδυασμό με τον χρόνο που μεσολαβεί μέχρι την ενσωμάτωση τους στην κατασκευή, μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμες παραμορφώσεις, με άμεσες συνέπειες στην λειτουργικότητα της γέφυρας (φαινόμενο γιρλάντας).

Σχετικά με την κατηγοριοποίηση της προέντασης, ισχύουν τα παρακάτω:

Ανάλογα με την κατάσταση του σκυροδέματος τη στιγμή της διαδικασίας, υπάρχουν οι εξής δυο περιπτώσεις:

- Τάνυση χάλυβα μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος.
  Οι τένοντες βρίσκονται ελεύθεροι εντός των σωλήνων περιβολής τους και αγκυρώνονται στα άκρα του φορέα. Μετά την τάνυση και σφήνωση των τενόντων, χρησιμοποιείται τσιμεντένεση εντός των σωλήνων περιβολής.
- Τάνυση χάλυβα πριν τη χύτευση του σκυροδέματος, σε προεντεταμένη κλίνη.
  Εδώ οι τένοντες δεν έχουν σωλήνες περιβολής, τανύονται πριν την χύτευση του σκυροδέματος και αγκυρώνονται σε σταθερά εξωτερικά στοιχεία αγκύρωσης. Μετά τη χύτευση και σκλήρυνση του σκυροδέματος απελευθερώνονται οι εξωτερικές αγκυρώσεις και η δύναμη προέντασης μεταφέρεται στο σκυρόδεμα μέσω συνάφειας τένοντα-σκυροδέματος.

Ανάλογα με την πλευρά από την οποία γίνεται η τάνυση, έχουμε:

- Μονόπλευρη προένταση, για μήκη τενόντων έως 40m
- Αμφίπλευρη προένταση, για μήκη τενόντων >40m

Ανάλογα με τον βαθμό προέντασης, έχουμε:

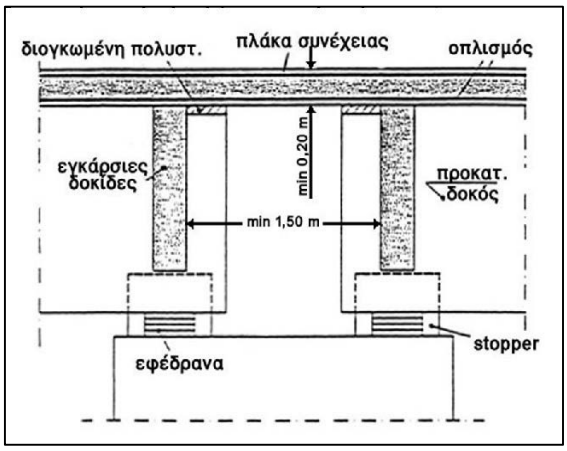
- Πλήρης προένταση, όταν αποκλείεται η εμφάνιση εφελκυστικών τάσεων στο σκυρόδεμα σε οποιαδήποτε φάση της "ιστορίας της κατασκευής".
- Περιορισμένη προένταση, όταν επιτρέπονται εφελκυστικές τάσεις στο σκυρόδεμα, αλλά όχι μεγαλύτερες από την εφελκυστική του αντοχή.
- Μερική προένταση, όταν για τα μόνιμα φορτία οι εφελκυστικές τάσεις περιορίζονται μέχρι την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος, αλλά για κάποιες σπανιότερες φορτίσεις αναπτύσσονται μεγαλύτερες εφελκυστικές τάσεις, τις οποίες παραλαμβάνει χαλαρός οπλισμός.

2.5.8 Πλάκες

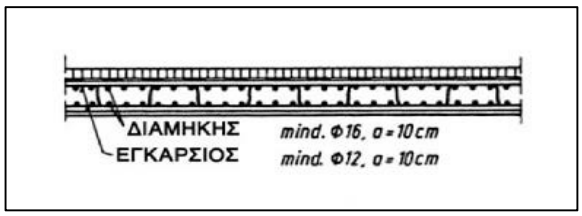
Για τις περιπτώσεις γεφυρών πολλών ανοιγμάτων, με αμφιέρειστες προκατασκευασμένες δοκούς και παράλληλη χρήση πλακών συνέχειας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Ελάχιστο πάχος της πλάκας συνέχειας 20cm.
- Ελάχιστη διάσταση των πλακών συνέχειας, κατά τη διαμήκη έννοια της γέφυρας, 1.50m.
- Οι παραπάνω ελάχιστες διαστάσεις, ισχύουν για αμφιέρειστους φορείς ανοίγματος ≤ 35m, αξονική απόσταση των προκατασκευασμένων δοκών ≤ 2.5m και διαφορική καθίζηση γειτονικών βάθρων 1mm. Διαφορετικά, το πάχος της πλάκας συνέχειας μπορεί να φθάσει τα 28cm και η διάστασή τους, κατά τη διαμήκη έννοια της γέφυρας, τα 2m.
- Στις πλάκες συνέχειας, θα εφαρμόζεται ελάχιστος διαμήκης οπλισμός Φ16/10 και εγκάρσιος Φ12/10.

Τα παραπάνω στοιχεία, σχετικά με τις πλάκες συνέχειας, συγκεντρώνονται στα **Σχήματα 14** & **15**.



Σχήμα 14. Πλάκα συνέχειας - γεωμετρία



Σχήμα 15. Πλάκα συνέχειας - οπλισμοί

Σχετικά με την συνέχεια κατά τη διαμήκη έννοια της γέφυρας, η αποκατάστασή της, στην περίπτωση γέφυρας πολλών ανοιγμάτων, γίνεται με επί τόπου εγχυνόμενο σκυρόδεμα και εφαρμογή προέντασης.

Η μετάβαση από το στάδιο των αμφιέρειστων προκατασκευασμένων δοκών, στη συνεχή στατική λειτουργία του φορέα, γίνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- Ενσυρμάτωση εκ των υστέρων τενόντων συνέχειας.
- Εφαρμογή τενόντων εξερχόμενων από τις προκατασκευασμένες δοκούς και αγκυρούμενων στην επί τόπου σκυροδετούμενη πλάκα.
- Εφαρμογή πρόσθετων τενόντων στην επί τόπου σκυροδετούμενη πλάκα.
- Ενσυρμάτωση εκ των υστέρων τενόντων, παρά τη στήριξη, στις δοκούς του προκατασκευασμένου στοιχείου.

2.6 Παραδείγματα γεφυρών με προκατασκευασμένα δοκάρια

Στο υποκεφάλαιο αυτό, αναζητώντας πηγές σε ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία αλλά και το διαδίκτυο, συγκεντρώνονται ενδιαφέρουσες περιπτώσεις γεφυρών με προκατασκευασμένα στοιχεία.

Ενδεικτικά, στον ελληνικό χώρο, επί της Ιόνιας οδού, χαρακτηριστικές γέφυρες με προκατασκευασμένα δοκάρια είναι η γέφυρα του Μενιδίου (G043), η γέφυρα του ρέματος Κακαβάκια (G031) και η γέφυρα του Γυμνότοπου. Ανάλογα παραδείγματα, αποτελούν επί της Εγνατίας Οδού, οι γέφυρες Γ6 και Γ3 στο τμήμα Παναγία-Γρεβενά και η γέφυρα Αλιάκμονα στο τμήμα Γρεβενά – Κοζάνη.

Στον διεθνή χώρο, χαρακτηριστικά παραδείγματα γεφυρών με προκατασκευασμένα δοκάρια που εντοπίστηκαν, είναι η Γέφυρα Bijou Str στην Πολιτεία του Κολοράντο των ΗΠΑ, η Γέφυρα 5th Str Pedestrian στην Πολιτεία της Γεωργίας των ΗΠΑ, η σιδηροδρομική γέφυρα στην όχθη του ποταμού Πάδου στην Πιατσέντζα της Ιταλίας, η διπλή κοιλαδογέφυρα στον οδικό άξονα Βηρυτός – Δαμασκός στο Λίβανο, η σιδηροδρομική γέφυρα τρένων υπερυψηλής ταχύτητας στην Μόντενα της Ιταλίας και η σιδηροδρομική γέφυρα στην Πιατσέντζα της Ιταλίας,.

Ακολουθούν στοιχεία και φωτογραφικό υλικό από τα διάφορα στάδια κατασκευής των προαναφερόμενων γεφυρών, όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών, με ιδιαίτερη αναφορά, στις **γέφυρες επί του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού**, που αποτελούν νεότερες, των υπολοίπων, κατασκευές και για τις οποίες υπήρχε η δυνατότητα να συγκεντρωθούν λεπτομερέστερα στοιχεία κατασκευής.

2.6.1 Γέφυρα Μενιδίου (G043) – Ιόνια Οδός

Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένο άνοιγμα (δοκοί και πρόπλακες)

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	532m
Πλήθος ανοιγμάτων	14
Πλάτος καταστρώματος	13.26m
Μέγιστο ύψος βάθρων	33m

Η γέφυρα του Μενιδίου (G043), χωροθετείται στο ύψος του Ελαιοχωρίου Αιτ/νίας, επί του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού, μεταξύ των Χ.Θ. 123+170 και Χ.Θ. 123+710.

Έχει συνολικό μήκος 532m, αποτελείται από 2 ξεχωριστούς κλάδους και διαθέτει 14 ανοίγματα, μήκους 35.50m - 12x39.00m -35.50m, με συνολικό μήκος καταστρώματος 540m. Διαθέτει 13 μεσόβαθρα, με μέγιστο ύψος βάθρων 33m.

Το συνολικό πλάτος κάθε κλάδου της γέφυρας είναι 13.26m, εκ των οποίων η επιφάνεια κυκλοφορίας καταλαμβάνει πλάτος 11.45m. Στην εξωτερική πλευρά κάθε κλάδου προβλέφθηκε πεζοδρόμιο, ενώ εσωτερικά τοποθετήθηκε στηθαίο τύπου New Jersey.

Η θεμελίωση του τεχνικού πραγματοποιήθηκε επιφανειακή, με εξαίρεση το βάθρο Μ8, όπου πραγματοποιήθηκε θεμελίωση σε πασσάλους. Στα 2 ακρόβαθρα και τα μεσόβαθρα Μ10, Μ11 και Μ12 τα πέδιλα θεμελίωσης είναι κοινά για τους δυο κλάδους, ενώ στα υπόλοιπα μεσόβαθρα η θεμελίωση έγινε μέσω μεμονομένων ορθογωνικών πεδίλων.

Κάθε ακρόβαθρο αποτελείται από τρεις στύλους από οπλισμένο σκυρόδεμα που συνδέονται στην κορυφή με κεφαλοδοκό, πάνω στην οποία εδράστηκε ο φορέας

καταστρώματος, ενώ τα βάθρα της γέφυρας είναι τοιχοειδή στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα, ορθογωνικής διατομής, καταλήγοντας επίσης στην κορυφή σε κεφαλή, για την έδραση του φορέα.

Ο φορέας της ανωδομής αποτελείται από τέσσερις (4), ανά άνοιγμα, προεντεταμένες προκατασκευασμένες δοκούς ύψους 2.05m και μήκους, για τα ακραία ανοίγματα 34.00m και για τα μεσαία 37.50m, η έδραση των οποίων πραγματοποιήθηκε μέσω σεισμικών μονωτήρων. Ο φορέας συμπληρώθηκε με πρόπλακες και επί τόπου έγχυτη πλάκα καταστρώματος, ελάχιστου πάχους 0.20m, ενώ στα άκρα τους, οι προκατασκευασμένες δοκοί συνδέθηκαν επί των βάθρων, μέσω επί τόπου χυτής διαδοκίδας. Για την εξασφάλιση της συνέχειας του φορέα καταστρώματος από άκρο σε άκρο, στη θέση των διαδοκίδων και για ένα μήκος 26.35m εκατέρωθεν αυτών, εφαρμόστηκε προένταση στην πλάκα καταστρώματος.

Κάτω από το τεχνικό πραγματοποιήθηκε διαμόρφωση και οδός πρόσβασης κατά μήκος της γέφυρας, προκειμένου να εξυπηρετούνται οι ανάγκες υδραυλικής κυκλοφορίας τόσο των επιφανειακών απορροών στην περιοχή κάτωθεν της γέφυρας και του καταστρώματος, όσο και να καλύπτονται οι ανάγκες επιθεώρησης της γέφυρας.

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από το αρχείο της κατασκευάστριας εταιρείας «ΤΕΡΝΑ Α.Ε.», σε διάφορες φάσεις κατασκευής.

Εικόνα 2. Γέφυρα G043_Πανοραμική λήψη

Εικόνα 3. Γέφυρα G043_Μεσόβαθρα Ξυλότυπος κεφαλόδεσμου & Αναρρίχηση

Εικόνα 4. Γέφυρα G043_Κατασκευή δοκαριών_Οπλισμός & Προένταση

Εικόνα 5. Γέφυρα G043_Μεταφορά και Τοποθέτηση δοκαριών

Εικόνα 6. Γέφυρα G043_Κατασκευή καταστρώματος

2.6.2 Γέφυρα ρέματος Κακαβάκια (G031) – Ιόνια Οδός

Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένο άνοιγμα (δοκοί και πρόπλακες)

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	72.50m
Πλήθος ανοιγμάτων	3
Πλάτος καταστρώματος	13.26m
Μέγιστο ύψος βάθρων	12m

Η γέφυρα του ρέματος Κακαβάκια (G031), χωροθετείται στην περιοχή του Λουτρού Αιτ/νίας, επί του Αυτ/μου της Ιόνιας, στο τμήμα από Χ.Θ. 111+898.29 έως Χ.Θ. 111+971.25.

Αποτελείται από δύο ανεξάρτητους στατικά κλάδους, με κάθε κλάδο να αποτελείται από φορέα τριών ανοιγμάτων, συνολικού μήκους, μεταξύ των αξόνων στήριξης επί των ακροβάθρων, 72.50m.

Το συνολικό πλάτος κάθε κλάδου είναι 13.26m, εκ των οποίων η επιφάνεια κυκλοφορίας καταλαμβάνει πλάτος 11.45m. Στην εξωτερική οριογραμμή κάθε κλάδου κατασκευάστηκε πεζοδρόμιο, ενώ στην εσωτερική οριογραμμή στηθαίο τύπου New Jersey.

Η θεμελίωση τόσο των μεσοβάθρων της γέφυρας όσο και των ακροβάθρων έγινε επί πασσάλων. Συγκεκριμένα, κάθε μεσόβαθρο θεμελιώθηκε σε ομάδα εννιά (9) φρεατοπασσάλων μέσω κεφαλοδέσμου μορφής πλάκας, ενώ τα ακρόβαθρα σε ομάδα οκτώ (8) φρεατοπασσάλων. Πριν την κατασκευή των πασσάλων της γέφυρας πραγματοποιήθηκε προφόρτιση της περιοχής θεμελίωσης του ακροβάθρου Α1. Η

προφόρτιση του εδάφους έγινε μέσω του επιχώματος πρόσβασης, σε γεωμετρία τελικού επιχώματος οδοποιίας, για χρονικό διάστημα 60 ημερών περίπου.

Τα ακρόβαθρα της γέφυρας είναι τοιχοειδούς μορφής και κατασκευάστηκαν από οπλισμένο σκυρόδεμα ανεξάρτητα για κάθε κλάδο.

Ο φορέας κάθε ανοίγματος των δύο κλάδων αποτελείται από τέσσερις (4) αμφιέρειστες προκατασκευασμένες δοκούς (διατομής Τ) από προεντεταμένο σκυρόδεμα, συνολικού μήκους 24.00m και ύψους 2.03m. Στις δοκούς αυτές είχε προηγηθεί η επιβολή του συνόλου της προένταση (προένταση σε μία φάση). Η έδραση των δοκών πραγματοποιήθηκε μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων στα ακρόβαθρα και στα μεσόβαθρα.

Μετά την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων στοιχείων στη τελική τους θέση, κατασκευάστηκαν οι διαδοκίδες και η πλάκα καταστρώματος συνολικού πάχους 0.30m, με επι τόπου σκυροδέτηση με οπλισμένο σκυρόδεμα, επί προκατασκευασμένων προπλακών. Η συνεργασία της πλάκας καταστρώματος με τις πρόπλακες αλλά και τις δοκούς πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλων αναμονών οπλισμού. Η πλάκα του καταστρώματος κατασκευάστηκε συνεχής για κάθε άνοιγμα.

Κάτω από το τεχνικό κατασκευάστηκε η διευθέτηση και προστασία της κοίτης του ρέματος Κακαβάκια, με τη διαμόρφωση τραπεζοειδούς διατομής επενδεδυμένης με συρματοκιβώτια.

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από το αρχείο της κατασκευάστριας εταιρείας «ΤΕΡΝΑ Α.Ε.», σε διάφορες φάσεις κατασκευής.

Εικόνα 7. Γέφυρα G031_Δοκάρια – προένταση – οπλισμός

Εικόνα 8. Γέφυρα G031_Τοποθέτηση Δοκαριών και κατασκευή διαδοκίδων

Εικόνα 9. Γέφυρα G031_Κολώνες μεσόβαθρο Μ1

Εικόνα 10. Γέφυρα G031_Ξυλότυπος και κατασκευή Κεφαλοδοκών μεσοβάθρων Μ1 και Μ2

Εικόνα 11. Γέφυρα G031_Όψη κατασκευής - Διαμόρφωση εδάφους

2.6.3 Γέφυρα Γυμνότοπου – Ιόνια Οδός

Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένο άνοιγμα (δοκοί και πρόπλακες)

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	252m
Πλήθος ανοιγμάτων	7 (36m)
Πλάτος καταστρώματος	13.26m
Μέγιστο ύψος βάθρων	30m

Η γέφυρα του Γυμνότοπου, χωροθετείται στο οδικό τμήμα Φιλιππιάδας (οικισμός Καμπής) – Πέρδικας, επί του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού (158^{ο} χλμ) και κατασκευάστηκε με προκατασκευασμένες δοκούς και πρόπλακες.

Έχει συνολικό μήκος 252m και μέγιστο ύψος 30m, ενώ διαθέτει 7 ανοίγματα μήκους 36m και 6 μεσόβαθρα.

Το συνολικό πλάτος κάθε κλάδου της γέφυρας είναι 13.26m, και διαθέτει 2 λωρίδες κυκλοφορίας και ΛΕΑ (Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης).

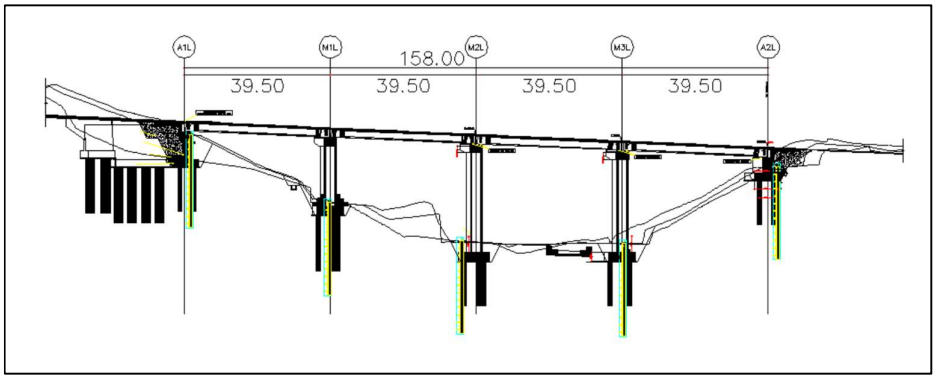
Εικόνα 12. Γέφυρα Γυμνότοπου_ Στάδια κατασκευής

2.6.4 Γέφυρες Γ6, Γ3 (Παναγιά – Γρεβενά) και Αλιάκμονα – Εγνατία Οδός

- Η **γέφυρα Γ6** στο τμήμα Παναγία-Γρεβενά

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	158m
Πλήθος ανοιγμάτων	4 (39.5m)
Πλάτος καταστρώματος	31.68m
Ύψος βάθρων	15-33m
Ύψος φορέα	2.28m
Εμβαδόν καταστρώματος	4250m2

Η γέφυρα Γ6 της Εγνατίας Οδού, συνολικού μήκους 158m, αποτελείται από 4 ανοίγματα ανά κλάδο, με επί μέρους θεωρητικά ανοίγματα ανωδομής 39.50m., όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 16**.



Σχήμα 16. Γέφυρα Γ6_ Χαρακτηριστική κατά μήκος τομή

Η θεμελίωση της γέφυρας έγινε επί πασσάλων με κεφαλόδεσμο. Τα μεσόβαθρα έχουν ορθογωνική διατομή και αποτελούνται από δυο δίδυμες ορθογωνικές λεπίδες, ενώ τα ακρόβαθρα είναι συμβατικού τύπου.

Η ανωδομή της γέφυρας αποτελείται από προκατασκευασμένες δοκούς, πέντε (5) ανά κλάδο, οι οποίες τοποθετήθηκαν επί των βάθρων, πάνω σε εφέδρανα, με ειδικό φορείο τοποθέτησης (CARO-VARO).

Οι δυο κλάδοι προχώρησαν σχεδόν ταυτόχρονα. Κατασκευάστηκαν με τη σειρά οι πάσσαλοι, οι κεφαλόδεσμοι, οι κορμοί των βάθρων και οι κεφαλοδοκοί των μεσοβάθρων. Στη συνέχεια, ακολούθησε η κατασκευή και τοποθέτηση των δοκών των ανοιγμάτων, αφού έγινε η συναρμολόγηση του Caro – Varo. Αφού τοποθετήθηκαν οι δοκοί, ακολούθησε η τοποθέτηση των προπλακών, η κατασκευή των διαδοκίδων και τέλος η κατασκευή της πλάκας. Προβλέφθηκαν πλάκες συνέχειας, έχοντας έτσι συνεχές κατάστρωμα με αρμούς μόνο στις θέσεις των ακροβάθρων.

Εικόνα 13. Γέφυρα Γ6_Κατασκευή μεσόβαθρων

Εικόνα 14. Γέφυρα Γ6_Φορείο καθέλκυσης δοκών – τοποθέτηση δοκών

- Η **γέφυρα Γ3** στο τμήμα Παναγία-Γρεβενά

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	200m
Πλήθος ανοιγμάτων	5 (40m)
Πλάτος καταστρώματος	14.20m
Εμβαδόν κατατρώματος	5666m2

Η γέφυρα Γ3, βρίσκεται στο τμήμα Παναγία-Γρεβενά του Αυτ/μου της Εγνατίας Οδού, στην περιοχή του Κηπουριού Γρεβενών και κατασκευάστηκε με την μέθοδο προκατασκευασμένων δοκών. Πρόκειται για γέφυρα 2 κλάδων, με 5 ανοίγματα των 40m έκαστο, συνολικού μήκους 200m, με το πλάτος κάθε κλάδου να φτάνει τα 14.20m.

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό από τα διάφορα στάδια της κατασκευής.

Εικόνα 15. Γέφυρα Γ3_ Πανοραμική λήψη του εργοταξίου

Εικόνα 16. Γέφυρα Γ3_ Κατασκευή βάθρων

Εικόνα 17. Γέφυρα Γ3_ Κατασκευή κεφαλοδοκών (αριστερά), τοποθέτηση δοκών (δεξιά)

Εικόνα 18. Γέφυρα Γ3_Τοποθέτηση προπλακών δεξιού κλάδου

Εικόνα 19. Γέφυρα Γ3_ Κατασκευή αριστερού κλάδου (αριστερά) , κατάστρωμα (δεξιά)

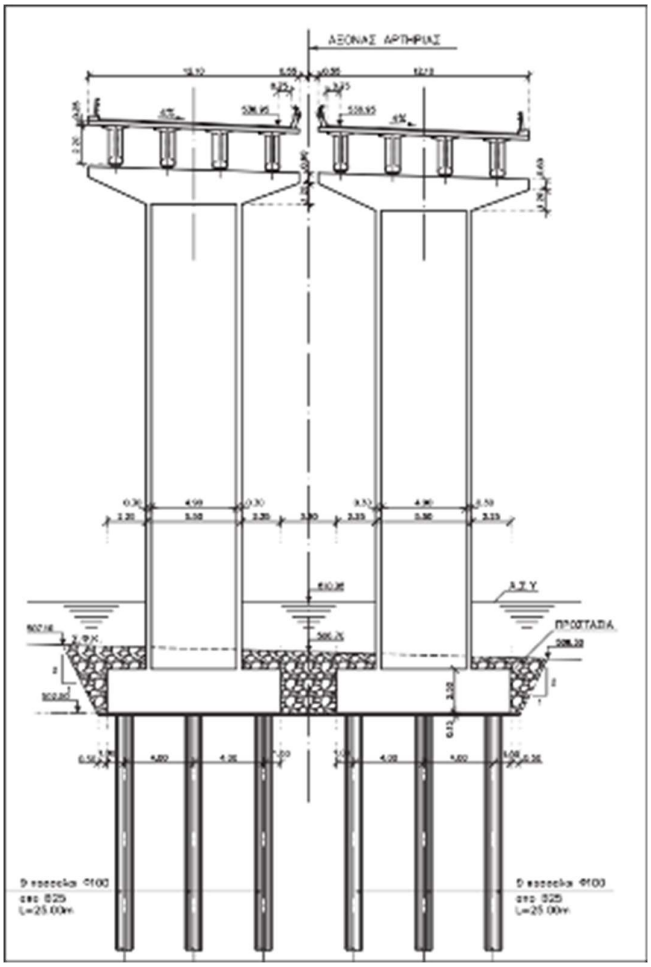
- Η **γέφυρα Αλιάκμονα** – Εγνατία Οδός

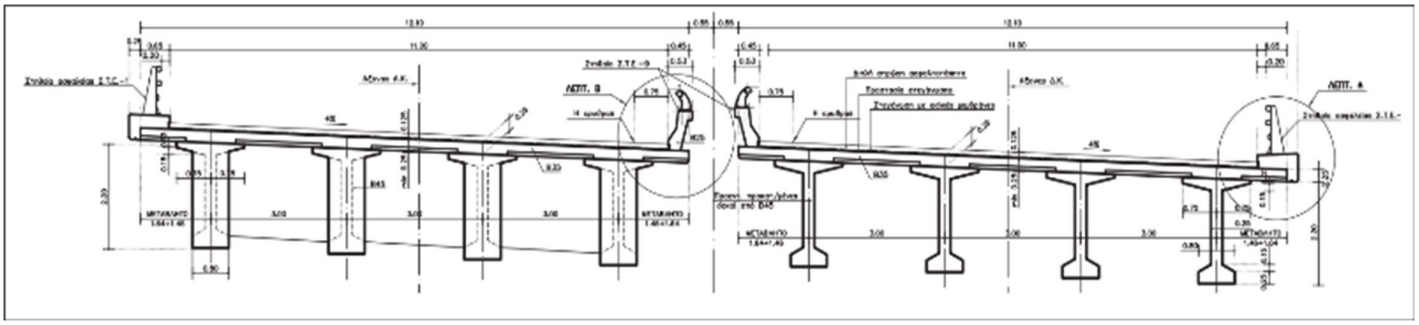
Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	280m
Πλήθος ανοιγμάτων	7 (40m)
Πλάτος καταστρώματος	12.10m

Η γέφυρα Αλιάκμονα της Εγνατίας Οδού βρίσκεται περί τη Χ.Θ 14+400 του τμήματος Γρεβενά – Κοζάνη και εξυπηρετεί τη διάβαση της Ε.Ο. πάνω από τον ποταμό Αλιάκμονα.

Το συνολικώς γεφυρούμενο μήκος είναι 280m και περιλαμβάνει επτά (7) ανοίγματα των 40m. Ο φορέας της γέφυρας, κατασκευάστηκε από προκατασκευασμένες δοκούς, ύψους 2.20m με πλάκα καταστρώματος πάχους 0.25m. Τα μεσόβαθρα είναι μονόστυλα κιβωτοειδούς διατομής, ενώ η θεμελίωση της γέφυρας έγινε με έγχυτους πασσάλους Φ100.

Ακολουθεί στο **Σχήμα 17**, η απεικόνιση χαρακτηριστικών τομών της γέφυρας.





Σχήμα 17. Χαρακτηριστικές Τομές Γέφυρας Αλιάκμονα

2.6.5 Παραδείγματα Γεφυρών από τον Διεθνή χώρο

- **Γέφυρα Bijou Str**, Colorado Springs, Colorado, USA
  Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένοι δοκοί

Εικόνα 20. Γέφυρα Bijou Str στο Κολοράντο των ΗΠΑ

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	145m
Πλήθος ανοιγμάτων	4 (36m)
Συνολικό πλάτος	27-51m

Η γέφυρα Bijou Str, βρίσκεται στην πολιτεία του Κολοράντο των Η.Π.Α., στην πόλη Κολοράντο Σπρινγκς, διασχίζοντας το κανάλι Monument και τον αυτ/μο Union Pacific. Κατασκευάστηκε με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών και αποτελείται από τέσσερα ανοίγματα, ενώ για την τοποθέτηση των δοκών χρησιμοποιήθηκε ειδικό σύστημα ανύψωσης, το οποίο δε χρειαζόταν καμία υποστήριξη από το έδαφος.

- **Γέφυρα 5th Str Pedestrian Plaza**, Atlanta, Georgia, USA
  Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένοι δοκοί

Εικόνα 21. Γέφυρα 5th Str Pedestrian Plaza στην Τζόρτζια των ΗΠΑ

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	78m
Πλήθος ανοιγμάτων	2 (36m & 42m)
Συνολικό πλάτος	68m

Πρόκειται για την διαπλάτυνση και ανακατασκευή υφιστάμενης γέφυρας, στην πόλη της Ατλάντα, της Πολιτείας Τζόρτζια των ΗΠΑ, όπου επιλέχθηκε η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών, ως η οικονομικότερη.

Σκοπός ήταν να δημιουργηθεί ένας φιλικότερος στο χρήστη χώρος, που να περιλαμβάνει τον αυτ/μο με τις λωρίδες κυκλοφορίας, αλλά και τη δημιουργία ποδηλατόδρομου, πεζοδρομίων και χώρων πρασίνου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, τα μεγάλα νεκρά φορτία που οφείλονται στα πεζοδρόμια, τα φυτά και την αρχιτεκτονική τοπίου, να επιβάλλουν τη χρήση δοκού μεγάλου ύψους και σκυροδέματος υψηλής αντοχής.

- **Σιδηροδρομική γέφυρα** στην όχθη του ποταμού Πάδου, Πιατσέντζα, Ιταλία

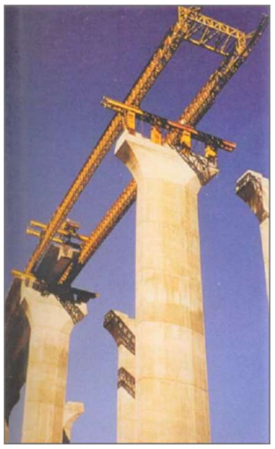
  Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένο άνοιγμα

Εικόνα 22. Σιδηροδρομική Γέφυρα στη όχθη του ποταμού Πάδου στην Πιατσέντζα (Ιταλία)

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	554m
Πλήθος ανοιγμάτων	12 (46.17m)
Πλάτος καταστρώματος	13.72m
Βάθος καταστρώματος	3.60m
Ύψος βάθρων	10.30m

- **<u>Διπλή κοιλαδογέφυρα</u>** <u>στον οδικό άξονα Βηρυτός – Δαμασκός, Λίβανον</u>

  Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένοι δοκοί



Εικόνα 23. Κοιλαδογέφυρα οδικού άξονα Βηρυτός – Δαμασκός (Λίβανον)

Γενικά Χαρακτηριστικά	
Μήκος γέφυρας	430m (Αρ. κλάδος) / 310m (Δεξ. Κλάδος)
Πλήθος ανοιγμάτων	11 (40m) , 8 (40m)
Πλάτος καταστρώματος	16,15m
Βάθος καταστρώματος	2.25m
Ύψος βάθρων	25-70m

- **<u>Σιδηροδρομική γέφυρα τρένων υπερυψηλής ταχύτητας</u>**, <u>Μόντενα, Ιταλία</u>

  Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένο άνοιγμα

Εικόνα 24. Σιδηροδρομική γέφυρα τρένων υπερυψηλής ταχύτητας στη Μόντενα (Ιταλία)

<u>Γενικά Χαρακτηριστικά</u>	
Μήκος γέφυρας	25km
Πλήθος ανοιγμάτων	767

- **<u>Σιδηροδρομική γέφυρα</u>**, <u>Πιατσέντζα, Ιταλία</u>

  Μέθοδος κατασκευής: Προκατασκευασμένο άνοιγμα

Εικόνα 25. Σιδηροδρομική γέφυρα στην Πιατσέντζα (Ιταλία)

<u>Γενικά Χαρακτηριστικά</u>	
Μήκος γέφυρας	5103μ
Πλήθος ανοιγμάτων	75 (33m), 1 (50m) , 75 (33m) , 1 (38m), 1 (40m)
Πλάτος καταστρώματος	14.02m
Βάθος καταστρώματος	2.80m

2.7 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε, ερευνώντας γενικά την προκατασκευή στις γέφυρες, μελετώντας τα διάφορα συστήματα που εφαρμόζονται και τις μεθόδους που ακολουθούνται, αλλά και εστιάζοντας ειδικά στην μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών, συγκεντρώθηκαν χρήσιμα συμπεράσματα για την εφαρμογή της μεθόδου.

Αναμφισβήτητα λοιπόν, όπως προκύπτει και από τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά παραδείγματα γεφυρών, από τον εγχώριο και διεθνή χώρο, η μέθοδος της προκατασκευής στην γεφυροποιία, αποτελεί μια από τις πλέον διαδεδομένες μέθοδους κατασκευής γεφυρών, καθώς συγκεντρώνει πλήθος πλεονεκτημάτων, όπως:

- Ταχύτητα κατασκευής. (Ακόμη περισσότερο σε περιπτώσεις που τα προκατασκευασμένα μέλη κατασκευάζονται στο εργοστάσιο παράλληλα με τις άλλες προπαρασκευαστικές εργασίες).
- Σχετικά απλή εφαρμογή, χωρίς να είναι αναγκαία η χρήση πολύπλοκων διατάξεων.
- Ποιότητα και ομοιομορφία στην αντοχή του σκυροδέματος.
- Δημιουργία μελών με περίτεχνα σχήματα.
- Οικονομία λόγω της μη χρήσης ικριωμάτων, τα οποία επιβραδύνουν την κατασκευή.
- Μειωμένες, συγκριτικά με άλλες μεθόδους, επιπτώσεις των εργασιών κατασκευής της γέφυρας, στην κυκλοφορία, αλλά και το περιβάλλον.

Ώστοσο, κάποια από τα μειονεκτήματα της μεθόδου που εντοπίζονται, αφορούν:

- Έλλειψη μονολιθικότητας, σε συνδυασμό με τον σεισμικό κίνδυνο (για κατασκευή αμφιέρειστων δοκών).
- Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης, λόγω ύπαρξης μεγάλου αριθμού εφεδράνων και αρμών. Ακόμη και σε περίπτωση αντικατάστασης των αρμών με πλάκες συνεχείας, βελτιώνεται μεν η κατάσταση από την πλευρά του χρήστη (οδηγού), παραμένουν όμως τα προβλήματα στεγανότητας στην ευαίσθητη αυτή περιοχή.
- Διαμόρφωση της διατομής του φορέα με σκυροδέματα διαφορετικής ηλικίας, αντοχής και ενδεχομένως ποιότητας (δοκοί, πρόπλακες, πλάκα με επί τόπου σκυροδέτηση).

- Συγκέντρωση οπλισμού για τη μεταβίβαση δυνάμεων στις μεταβατικές επιφάνειες διαφορετικών σκυροδεμάτων, γεγονός που απαιτεί αυξημένη προσοχή κατά τη σκυροδέτηση.
- Ζήτημα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της μεταφοράς των διατμητικών τάσεων, στη σύνδεση του επί-τόπου κατασκευασμένου σκυροδέματος με τα στοιχεία προκατασκευής.
- Αμφίβολο αισθητικό αποτέλεσμα, που σχετίζεται με την ακολουθούμενη πρακτική υλοποίησης της μεθόδου.

3. Μελέτη περίπτωσης – Γέφυρα Χαβά

3.1 Πηγή προέλευσης δεδομένων

Όλα τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία, προέρχονται από το Μητρώο κατασκευής της εν λόγω γέφυρας και τις μελέτες που εφαρμόστηκαν, σε σχετικό αρχείο της κατασκευάστριας εταιρείας του έργου, «ΤΕΡΝΑ Α.Ε.».

Το παραπάνω αρχείο τηρήθηκε από το εγκατεστημένο, στο Στάνο Αμφιλοχίας, εργοτάξιο της εταιρείας, στα πλαίσια της ολοκλήρωσης και παράδοσης σε κυκλοφορία, του έργου «ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ ΙΟΝΙΑ ΟΔΟΣ ΑΠΟ ΑΝΤΙΡΡΙΟ ΜΕΧΡΙ ΙΩΑΝΝΙΝΑ, ΠΑΘΕ ΑΘΗΝΑ (Α/Κ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ) – ΜΑΛΙΑΚΟΣ (ΣΚΑΡΦΕΙΑ) ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΙΟΣ ΚΛΑΔΟΣ ΤΟΥ ΠΑΘΕ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ – ΧΑΛΚΙΔΑ».

Το μητρώο κατασκευής της γέφυρας περιλαμβάνει συνοπτικά τα παρακάτω:

- Τεχνική έκθεση με την περιγραφή του αντικειμένου
- Εργαστηριακά στοιχεία δοκιμών
- Ποιοτικά στοιχεία της κατασκευής
- Στοιχεία γεωτρήσεων
- Επί τόπου αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν κατά την κατασκευή
- Στοιχεία προέντασης των δοκών της ανωδομής
- Στοιχεία των πασσάλων θεμελίωσης των ακρόβαθρων
- Φύλλα οπλισμών
- Στοιχεία παρακολούθησης καθιζήσεων (μάρτυρες)
- Φωτογραφικό υλικό από όλα τα στάδια της κατασκευής

Σημειώνεται ότι, στα αρχεία των μελετών και του Μητρώου κατασκευής του έργου, η γέφυρα του ρέματος Χαβά αναφέρεται με την κωδική ονομασία «***G029***».

3.2 Γενική περιγραφή έργου

Η γέφυρα που εξετάζεται στην παρούσα εργασία, βρίσκεται στη περιοχή του Λουτρού του Νομού Αιτωλοακαρνανίας και κατασκευάστηκε για τη διέλευση του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού πάνω από το ρέμα Χαβά και την υφιστάμενη οδό της περιοχής.

Χωροθετείται μεταξύ των τμημάτων Χ.Θ. 111+308.66 και 111+425.35 του δεξιού κλάδου και μεταξύ των Χ.Θ. 111+307.83 και 111+426.17 του αριστερού κλάδου του Αυτ/μου της Ιόνιας οδού.

Η χάραξη του Αυτ/μου στην περιοχή του τεχνικού είναι οριζοντιογραφικά σε αριστερόστροφη καμπύλη ακτίνας R= 750m και μηκοτομικά σε καμπύλη ακτίνας 15000m με μεταβλητή ανοδική κλίση 1.3%-1.6%.

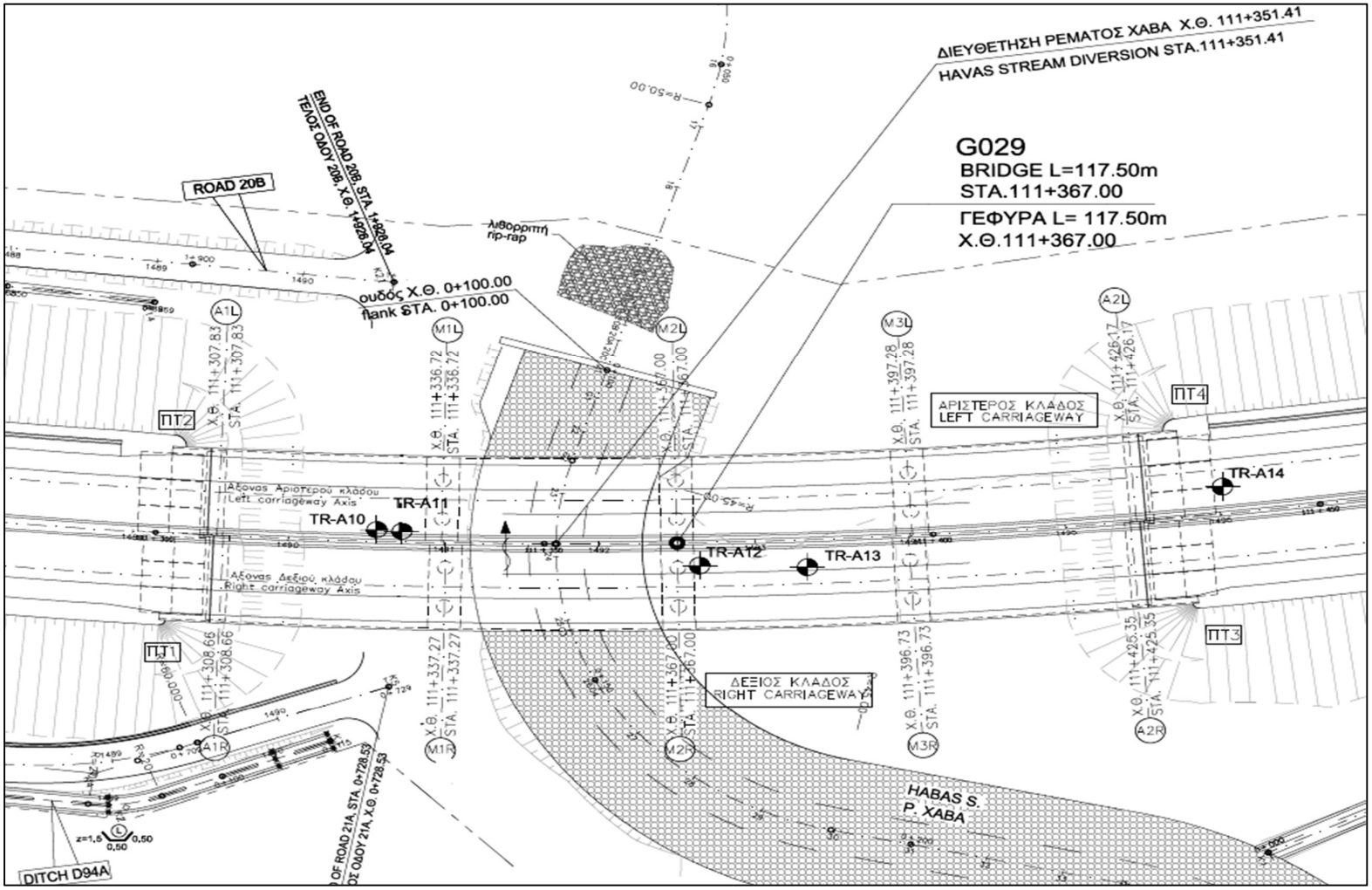
Η γέφυρα θεμελιώθηκε σε δύο ακρόβαθρα (Α1 και Α2) και τρία μεσόβαθρα (Μ1, Μ2 και Μ3) και αποτελείται από δύο ανεξάρτητους στατικά κλάδους. Κάθε κλάδος αποτελείται από φορέα 4 ανοιγμάτων, συνολικού μήκους, μεταξύ των αξόνων στήριξης επί των ακροβάθρων, 117.50m.

Το συνολικό πλάτος κάθε κλάδου είναι 13.26m, ενώ το πλάτος του καταστρώματος είναι 11.45m. Στην εξωτερική οριογραμμή κάθε κλάδου κατασκευάστηκε πεζοδρόμιο πλάτους 1.25m, ενώ στην εσωτερική οριογραμμή στηθαίο τύπου New Jersey. Μεταξύ των δύο κλάδων μεσολαβεί απόσταση 0.68m.

Στην περιοχή της γέφυρας, πραγματοποιήθηκε παράλληλα με την κατασκευή του τεχνικού και η διευθέτηση και προστασία της κοίτης του ρέματος Χαβά με τη διαμόρφωση τραπεζοειδούς διατομής επενδεδυμένης με συρματοκιβώτια.

Η κατασκευή της γέφυρας Χαβά ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2016 και ολοκληρώθηκε τον Μάιο του 2017, όπως παρουσιάζεται και αναλυτικότερα, στο **Χρονοδιάγραμμα** των εργασιών του έργου (**Παράρτημα Α**).

Η γενική διάταξη της γέφυρας, παρουσιάζεται στο **Σχήμα 18** που ακολουθεί.



Σχήμα 18. Γενική διάταξη Γέφυρας Χαβά

3.3 Ανάλυση μελέτης περίπτωσης

Από την συλλογή και ανάλυση των στοιχείων της μελέτης περίπτωσης, περιγράφονται τα στάδια κατασκευής της γέφυρας και αναλυτικά η εφαρμογή της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών.

Ακολουθεί η καταγραφή και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παραπάνω ανάλυσης, αναδεικνύοντας τα προβλήματα που προέκυψαν αλλά και της επίλυσης αυτών.

Ειδική αναφορά γίνεται στις επι τόπου συνθήκες και συγκεκριμένα:

- Στις **γεωτεχνικές-γεωλογικές συνθήκες** της περιοχής θεμελίωσης της γέφυρας.
- Στις **υδραυλικές συνθήκες** που σχετίζονται με τη διευθέτηση και προστασία του ρέματος Χαβά.
- Στις **προσβάσεις** και τις **κυκλοφοριακές ρυθμίσεις** που εφαρμόστηκαν για την κατασκευή του έργου.
- Στη **διαδικασία ανέγερσης και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων δοκών** επί των βάθρων με ανυψωτικούς γερανούς.

3.3.1 Γεωτεχνικές - Γεωλογικές συνθήκες

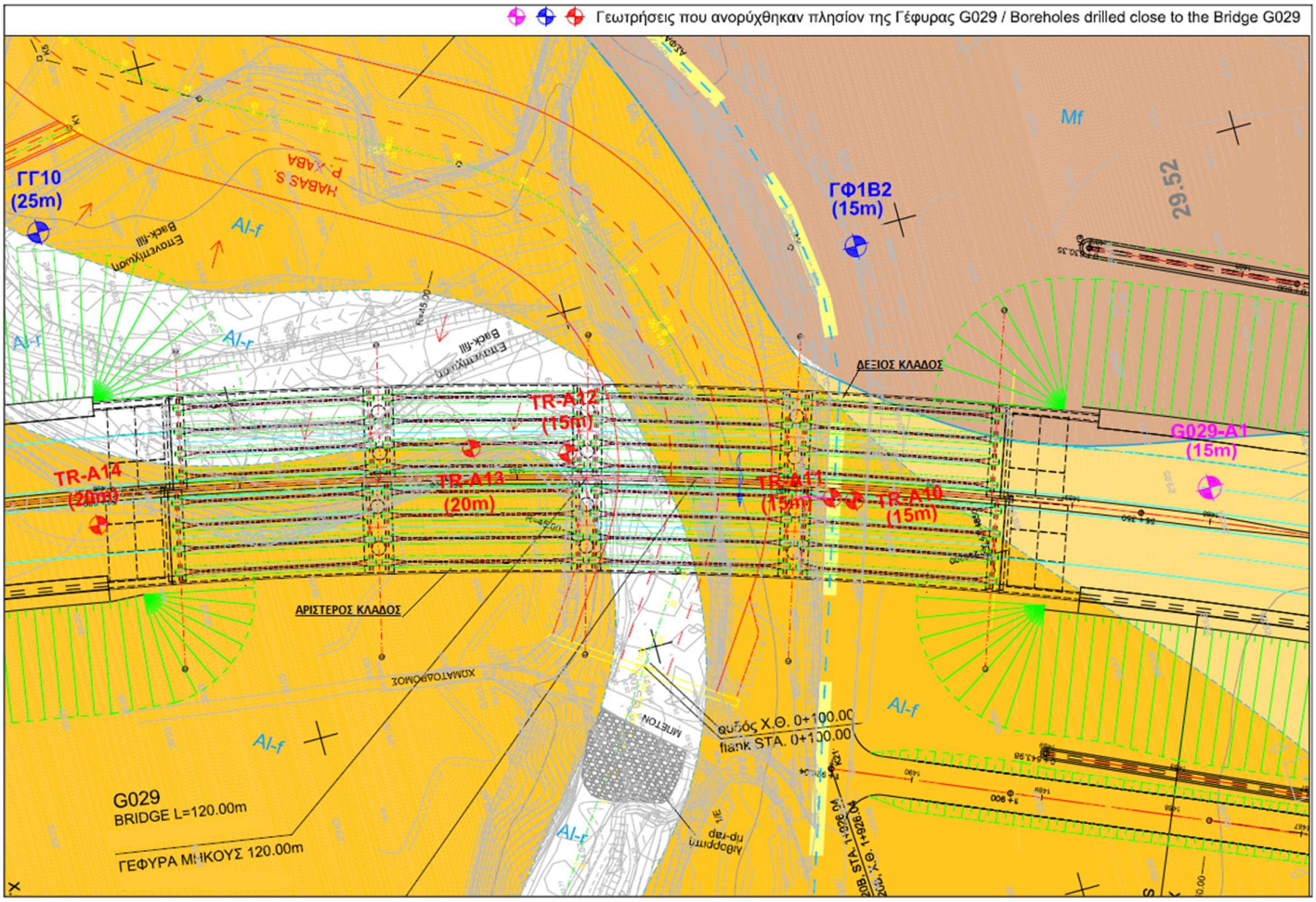
Η γεωτεχνική μελέτη θεμελίωσης του τεχνικού, βασίστηκε σε ένα αντιπροσωπευτικό εδαφικό προφίλ το οποίο επιλέχθηκε λαμβάνοντας υπόψη όλα τα διαθέσιμα στοιχεία. Εν γένει, για κάθε επιφανειακή θεμελίωση ελέγχθηκαν η φέρουσα ικανότητα και οι καθιζήσεις και εκτιμήθηκαν τιμές δείκτης εδάφους για τις στατικές αναλύσεις. Για βαθιές θεμελιώσεις υπολογίστηκαν η οριακή φέρουσα ικανότητα μεμονωμένων πασσάλων καθώς και της ομάδας πασσάλων, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των καθιζήσεων που οφείλεται είτε στο φορτίο των πασσάλων, είτε στην παρουσία επιχωμάτων πρόσβασης ακριβώς δίπλα στα βάθρα.

Οι γεωερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης, περιελάμβαναν τις γεωτρήσεις G029-A1, TRA10, TR-A11, TR-A12, TR-A13 και TR-A14 στις περιοχές θεμελίωσης της γέφυρας, καθώς και τις γεωτρήσεις ΓΦ1Β2, ΓΓ10 και ΓΓ11 στην ευρύτερη περιοχή.

Οι θέσεις και τα στοιχεία των γεωτρήσεων συγκεντρώνονται στον **Πίνακα 1** και απεικονίζονται οριζοντιογραφικά**,** στο **Σχήμα 19**.

Γεώτρηση	Χ.Θ.	Συντεταγμένες		Απόλυτο υψόμετρο (m)	Βάθος έρευνας (m)
		X	Y		
ΓΦ1Β2	111+335,91	256248	4314857	31.70	15m
ΓΓ10	111+453,90	256281	4314970	28.80	25m
ΓΓ11	111+497,91	256288	4315013	31.00	25m
G029-A1	111+277.00	256201,00	4314817,00	29,00	15m
TR-A10	111+327.00	256212,71	4314866,83	31,51	15m
TR-A11	111+332.00	256213,90	4314869,86	31,46	15m
TR-A12	111+372.00	256230,24	4314904,86	25,91	15m
TR-A13	111+382.00	256234,53	4314918,06	26,50	20m
TR-A14	111+437.00	256238,00	4314972,73	31,36	20m

Πίνακας 1. Στοιχεία γεωτρήσεων



Σχήμα 19. Οριζοντιογραφία με θέσεις ερευνών

Η Γέφυρα Χαβά, βρίσκεται στην πεδιάδα του Λουτρού που χαρακτηρίζεται από σχεδόν επίπεδη μορφολογία.

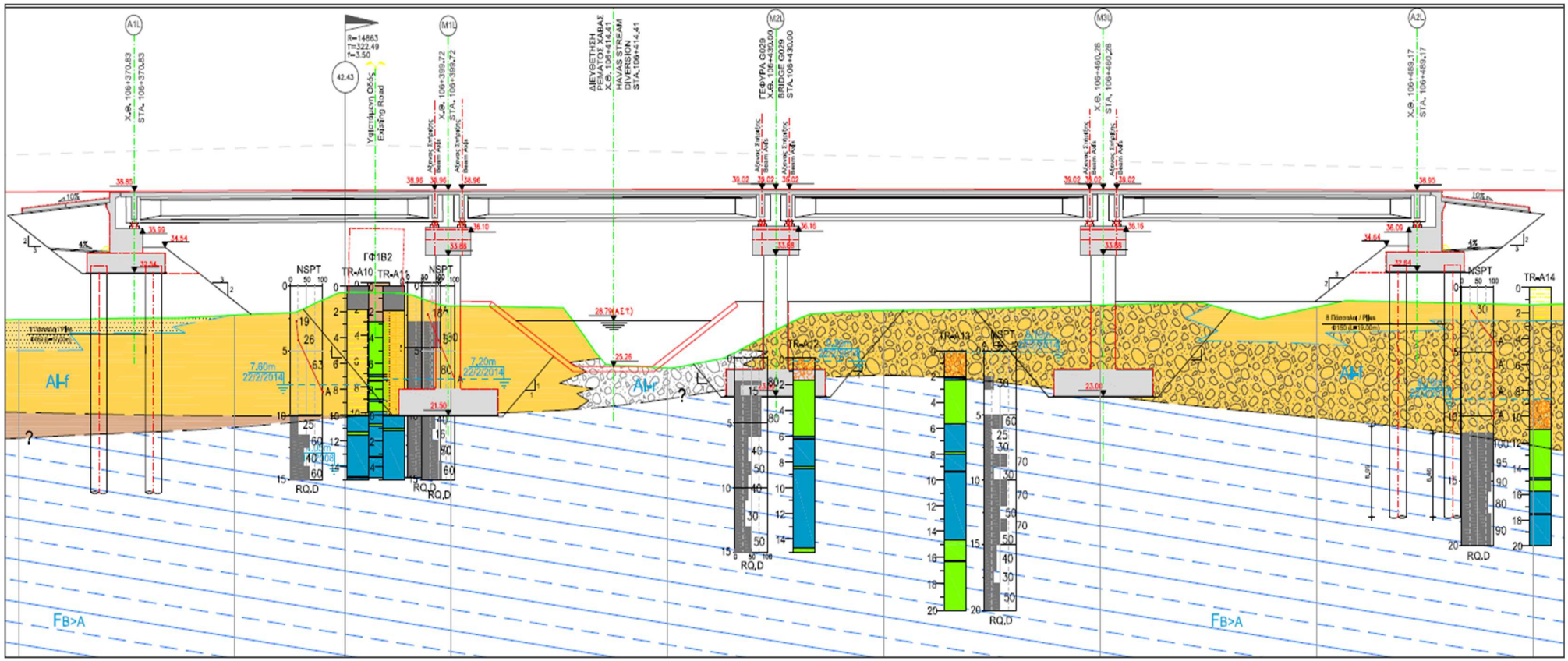
Όσον αφορά τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες στην περιοχή αυτή, η θεμελίωσή του τεχνικού, έγινε εντός περιβάλλοντος αλλουβιακών αποθέσεων, που καλύπτουν την πεδιάδα και υπέρκεινται του φλυσχικού βραχώδους υποβάθρου που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή.

Το φλυσχικό υπόβαθρο βυθίζεται σταδιακά προς τον βορρά, σύμφωνα με τα ευρήματα των γεωερευνητικών εργασιών. Οι αλλουβιακές αποθέσεις γενικά έχουν σχεδόν οριζόντια στρωμάτωση, με εναλλασσόμενη ή μεταβατική σχέση των οριζόντων/φακών πλευρικά ή κατακόρυφα.

Μια γενικευμένη κατανομή χονδρόκοκκων υλικών, παρατηρείται μεταξύ των Χ.Θ. 111+297 έως 111+637, καθώς η χάραξη στη συγκεκριμένη περιοχή τέμνει σχεδόν κάθετα τα ρέματα της πεδιάδας του Λουτρού, τα οποία γίνονται περισσότερο αδρόκοκκα περί την κεντρική περιοχή της πεδιάδας.

Οι αλλουβιακές αποθέσεις καλύπτονται επιφανειακά από μαλακά αργιλικά υλικά ή χαλαρές άμμους, πάχους 0 - 1.5m, καστανού χρώματος που περιέχουν ριζικά υπολείμματα.

Ενδεικτική γεωλογική τομή κατά μήκος του τεχνικού, παρουσιάζεται στο ακόλουθο **Σχήμα 20**.



Σχήμα 20. Γεωλογική τομή αριστερού κλάδου

Σύμφωνα με τη γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής, αλλά και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, το υπόβαθρο πλησίον της γέφυρας συνίσταται από ιλυολιθική φάση φλύσχη επί του οποίου υπέρκειται μικρού πάχους μανδύας αποσάθρωσης και αλλουβιακές αποθέσεις. Ο υδροφόρος ορίζοντας διαμορφώνεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και κυμαίνεται έως βάθους 9.0m.

Η θεμελίωση της γέφυρας Χαβά, όπως προαναφέρθηκε, έγινε σε επιφανειακά πέδιλα στα τρία μεσόβαθρα (Μ1, Μ2 και Μ3) και επί φρεατοπασσάλων στα δύο ακρόβαθρα (Α1 και Α2).

Λαμβάνοντας υπόψη τα γεωλογικά δεδομένα και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, για κάθε θέση θεμελίωσης, οι στρώσεις που απαντώνται κάτω από τη στάθμη έδρασης είναι:

<u>Ακρόβαθρο Α1 (θεμελίωση επί πασσάλων)</u>
Βάθος 0.00-6.00m Αλλουβιακές αποθέσεις (αμμώδης άργιλος)
Βάθος 6.00-9.00m Μανδύας φλύσχη
Βάθος >9.00m: Φλυσχικό βραχώδες υπόβαθρο

<u>Μεσόβαθρο Μ1 (επιφανειακή θεμελίωση)</u>
Βάθος >0.00m: Φλυσχικό βραχώδες υπόβαθρο

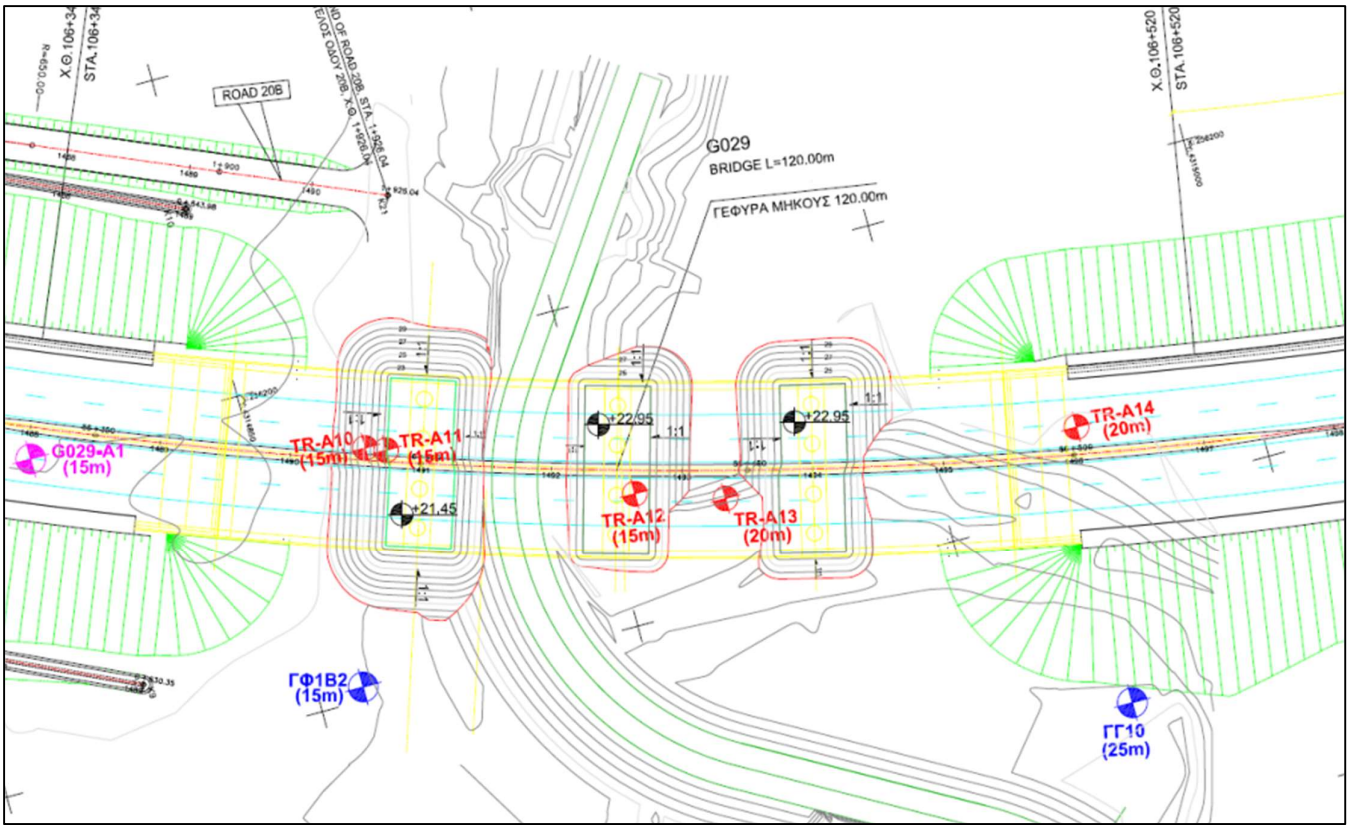
<u>Μεσόβαθρο Μ2 (επιφανειακή θεμελίωση)</u>
Βάθος >0.00m: Φλυσχικό βραχώδες υπόβαθρο

<u>Μεσόβαθρο Μ3 (επιφανειακή θεμελίωση)</u>
Βάθος >0.00m: Φλυσχικό βραχώδες υπόβαθρο

<u>Ακρόβαθρο Α2 (θεμελίωση επί πασσάλων)</u>
Βάθος 0.00-11.00~12.00m: Αλλουβιακές αποθέσεις (αργιλώδης άμμος έως αμμοχάλικα)
Βάθος >11.00~12.00m: Φλυσχικό βραχώδες υπόβαθρο

Για την κατασκευή των επιφανειακών θεμελιώσεων των τριών <u>μεσοβάθρων</u> της γέφυρας, πραγματοποιήθηκαν **προσωρινές εκσκαφές**, οι οποίες κατόπιν επανεπιχώθηκαν έως την αρχική στάθμη του φυσικού εδάφους.

Στο **Σχήμα 21**, απεικονίζονται οριζοντιογραφικά οι θέσεις των προσωρινών εκσκαφών, των τριών μεσοβάθρων, συμπεριλαμβάνοντας και τις θέσεις των προαναφερόμενων γεωτρήσεων.



Σχήμα 21. Οριζοντιογραφία προσωρινών εκσκαφών

Το μέγιστο βάθος εκσκαφής ήταν της τάξης των 10m, ενώ οι κλίσεις των προσωρινών εκσκαφών ήταν από 1:1 έως 2:3 (κατ : οριζ).

Ειδικά στις προσωρινές εκσκαφές του μεσοβάθρου Μ1, απαιτήθηκε η εφαρμογή πρόσθετων μέτρων αντιστήριξης και συγκεκριμένα στα πρανή της εκσκαφής κάτω από την υφιστάμενη οδό.

Τα μέτρα αυτά, περιελάμβαναν σταθεροποίηση πρανών με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, ενισχυμένο με δομικό πλέγμα και αγκύρια ολόσωμης πάκτωσης Φ25, μήκους 6.0m., όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 26**.

Εικόνα 26. G029_Μέτρα αντιστήριξης περί του μεσόβαθρου Μ1

Δεδομένου ότι το ρέμα Χαβάς παρουσιάζει περιοδική ροή, όλα τα προσωρινά χωματουργικά έργα στα μεσόβαθρα, εκτελέστηκαν κατά τη διάρκεια ξηρής περιόδου, ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εισροής νερού εντός των εκσκαφών.

Πριν την έναρξη των εργασιών θεμελίωσης των ακροβάθρων Α1 και Α2 επί πασσάλων, προηγήθηκε, λόγω του μεγέθους των αναμενόμενων καθιζήσεων, η απαιτούμενη από τη μελέτη, προφόρτιση της περιοχής θεμελίωσης.

Η προφόρτιση του εδάφους θεμελίωσης των ακροβάθρων έγινε μέσω επιχωμάτων πρόσβασης, σε γεωμετρία τελικού επιχώματος οδοποιίας, για χρονικό διάστημα 30 ημερών περίπου για το ακρόβαθρο Α1 και 60 ημερών περίπου για το ακρόβαθρο Α2.

Για την παρακολούθηση της εξέλιξης των καθιζήσεων, τοποθετήθηκαν μάρτυρες παρακολούθησης. Τα αποτελέσματα της ενόργανης παρακολούθησης των επιχωμάτων προφόρτισης, συγκεντρώνονται στον **Πίνακα 2**, όπως καταγράφηκαν και στο αντίστοιχο πεδίο "Monitoring" του Μητρώου Έργου του τεχνικού.

ΤΕΧΝΙΚΟ G29	ΜΑΡΤΥΡΕΣ ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ ΤΕΧΝΙΚΟΥ					
Date		Z	ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ d z		Z	ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ d z
7/7/2016	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α1	40,708		ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α2	41,254	
12/7/2016		40,692	-0,016		41,232	-0,022
19/7/2016		40,666	-0,042		41,222	-0,032
26/7/2016		40,634	-0,074		41,221	-0,033
1/8/2016		40,632	-0,076		41,220	-0,034
9/8/2016		40,632	-0,076		41,220	-0,034
23/8/2016					41,219	-0,035
6/9/2016					41,219	-0,035
13/9/2016					41,218	-0,036

Πίνακας 2. Μάρτυρες προφόρτισης ακρόβαθρων

Κατόπιν νέων συμπληρωματικών γεωτρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του ακροβάθρου Α1, προέκυψε ότι το βραχώδες υπόβαθρο βρέθηκε σε βάθος μικρότερο από αυτό που είχε ληφθεί υπόψη στη μελέτη, με αποτέλεσμα να τροποποιηθεί το απαιτούμενο μήκος πασσάλων από 17m σε 15m, για το ακρόβαθρο Α1 του αριστερού κλάδου και αντίστοιχα από 17m σε 13m, για το ακρόβαθρο Α1 του δεξιού κλάδου.

Τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων που οδήγησαν στις παραπάνω αλλαγές, συγκεντρώνονται στον **Πίνακα 3**.

Γεώτρηση	Χ.Θ.	Συντεταγμένες		Απόλυτο υψόμετρο (m)	Βάθος έρευνας (m)
		X	Y		
Γ29Α1-ΑΓ/Α	111+277.00	256221.00	4314846.00	-	10.2
Γ29Α1-ΑΓ/Δ	111+277.00	256201.00	4314853.00	-	11.2

Πίνακας 3. Αποτελέσματα νέων γεωτρήσεων

Τέλος, το σύνολο των στοιχείων θεμελίωσης του τεχνικού, παρουσιάζεται συγκεντρωτικά, στον **Πίνακα 4** που ακολουθεί.

Θεμελίωση επί πασσάλων	**Πάσσαλοι ανά κλάδο / διάταξη**	**Διάμετρος πασσάλων / Μήκος**	**Διαστάσεις κεφαλόδεσμου ανά κλάδο**	**Έδαφος θεμελίωσης**
Ακρόβαθρο Α1	8 / 2 σειρές με 4 πασσάλους ανά σειρά	Φ150 / L=15.00m (L) L=13.00m (R)	2x(13.35mx7.10m), 1.50m πάχος	Αλλουβιακές αποθέσεις επί φλυσχικού βραχώδους υποβάθρου
Ακρόβαθρο Α2	8 / 2 σειρές με 4 πασσάλους ανά σειρά	Φ150 / L=19.00m	2x(13.35mx7.10m), 1.50m πάχος	Αλλουβιακές αποθέσεις επί φλυσχικού βραχώδους υποβάθρου
Επιφανειακή Θεμελίωση	**Διαστάσεις ανά κλάδο**		**Έδαφος θεμελίωσης**	
Μεσόβαθρο Μ1	9.00m x 11.00m		Βραχώδες υπόβαθρο φλύσχη	
Μεσόβαθρο Μ2	9.00m x 11.00m		Βραχώδες υπόβαθρο φλύσχη	
Μεσόβαθρο Μ3	9.00m x 11.00m		Βραχώδες υπόβαθρο φλύσχη	

Πίνακας 4. Διάταξη - Γεωμετρία Θεμελίωσης

3.3.2 Διευθέτηση του ρέματος Χαβά

Η χάραξη του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού, στη Χ.Θ. 111+351.41, απαντά το ρέμα Χαβάς και διέρχεται πάνω από αυτό, όπως προαναφέρθηκε, μέσω της γέφυρας που εξετάζεται στην παρούσα εργασία.

Το ρέμα Χαβάς συμβάλλει με το ρέμα Κακαβακιά σε απόσταση 500m κατάντη του Αυτ/μου, σχηματίζοντας το ρέμα Κρίκελλο και αποτελεί τον μεγαλύτερο κλάδο με παροχή 262 m3/s για την περίοδο επαναφοράς της 100ετίας.

Το ρέμα Χαβάς κάτωθεν της γέφυρας, καταλαμβάνει μόνο το ένα απο τα τέσσερα ανοίγματα της γέφυρας.

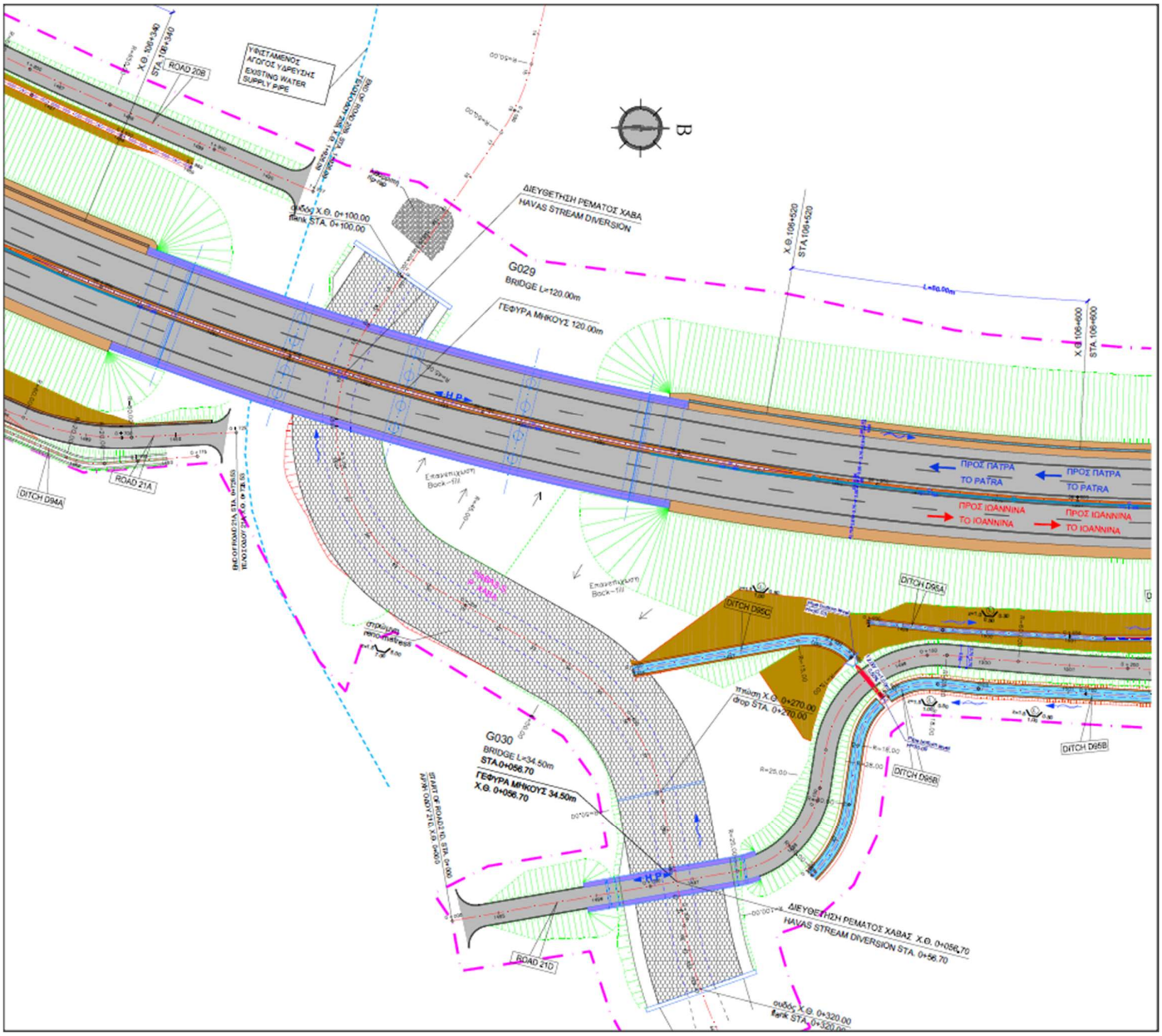
Η προστασία και εκτροπή του ρέματος, ξεκινά με την κατασκευή γέφυρας (G030) για τη διέλευση τοπικής οδού (Road 21D) πάνω από το ρέμα, σε αντικατάσταση υφιστάμενης ιρλανδικής διάβασης.

Κατάντη της γέφυρας αυτής, διαμορφώνεται αναβαθμός ύψους 1m (Χ.Θ. 0+270.00) και η χάραξη του ρέματος, μετά από δύο στροφές ακτίνας 50m και 45m, καταλήγει σε αναβαθμό ύψους 2m.

Οι διαστάσεις της κοίτης διατηρούνται στις φυσικές της διαστάσεις, που είναι 7m πλάτος και 5m ύψος, ενώ το ύψος επένδυσης καλύπτει και την αναμενόμενη ανύψωση λόγω των μικρών ακτίνων καμπυλότητας.

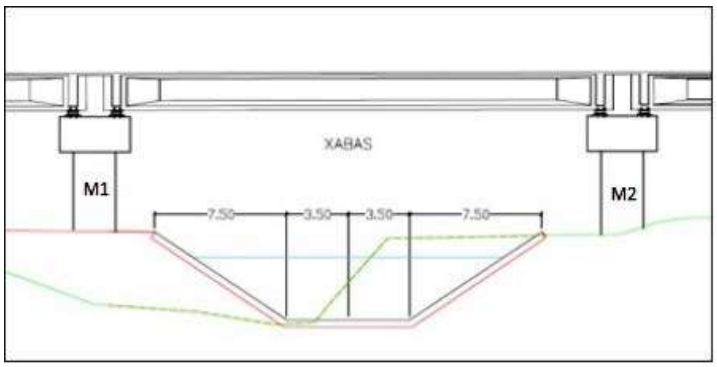
Οι αναπτυσσόμενες ταχύτητες φτάνουν τα 8 m/s στην περιοχή της νέας πτώσης, ενώ κατά το υπόλοιπο μήκος είναι χαμηλότερες περί τα 6 m/s.

Λόγω της διάνοιξης νέας κοίτης και των απότομων μαιανδρισμών (μορφή που παρουσιάζει το ρέμα και στη φυσική του κατάσταση), πραγματοποιήθηκε επένδυση του ρέματος με συρματοκιβώτια, σε όλο το μήκος της χάραξης, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχέδιο οριζοντιογραφίας. (**Σχήμα 22**).



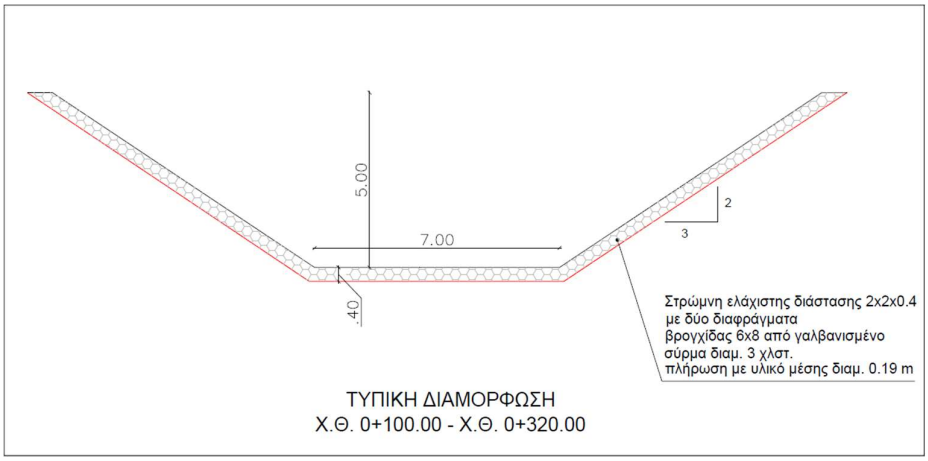
Σχήμα 22. Εύρος διευθέτησης ρέματος Χαβά

Ακολουθεί χαρακτηριστική διατομή της διευθέτησης του ρέματος, όπου φαίνεται η γεωμετρία του σε σχέση και με τη θέση των μεσοβάθρων (Μ1 και Μ2) της γέφυρας, (**Σχήμα 23**).



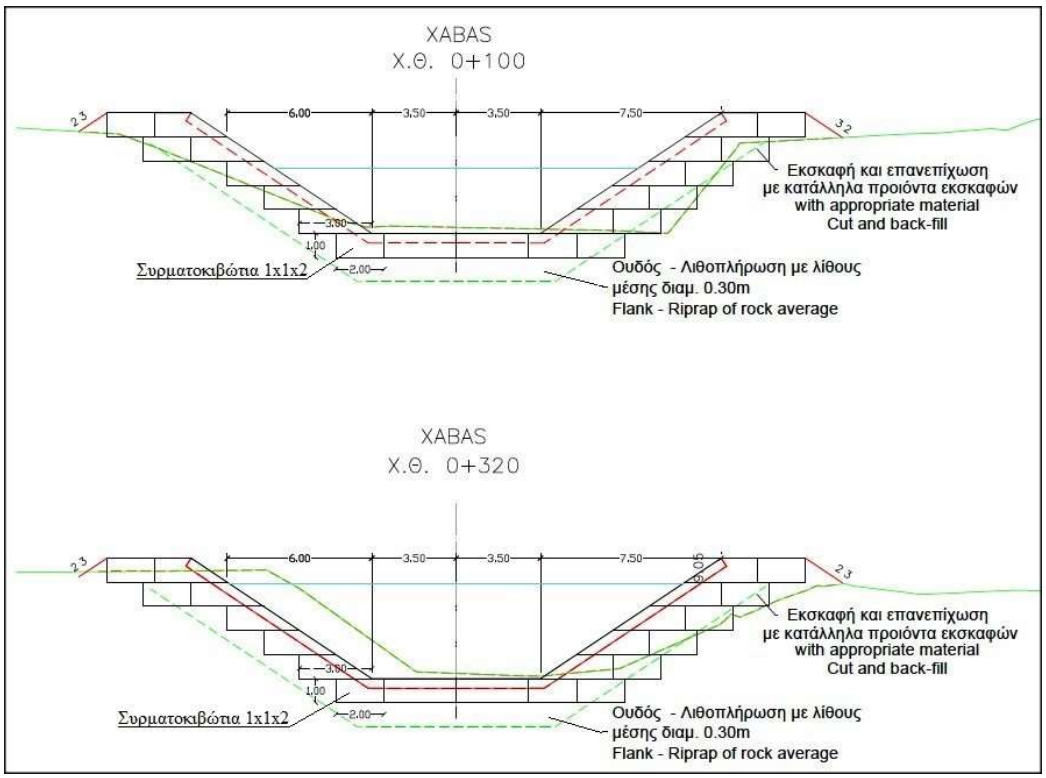
Σχήμα 23. Τυπική διατομή διευθέτησης κοίτης ρέματος

Πιο συγκεκριμένα, η διευθέτηση και προστασία της κοίτης του ρέματος Χαβά, πραγματοποιήθηκε με τη διαμόρφωση τραπεζοειδούς διατομής, επενδεδυμένης με συρματοκιβώτια (στρώμνες), διαστάσεων 2.00m x 2.00m x 0.40m, με δύο διαφράγματα βρογχίδας 6x8, από γαλβανισμένο σύρμα διαμ. 3mm, τα οποία πληρώθηκαν με υλικό μέσης διαμ. 0.19m, όπως φαίνεται στην τυπική λεπτομέρεια διαμόρφωσης της κοίτης (**Σχήμα 24**).

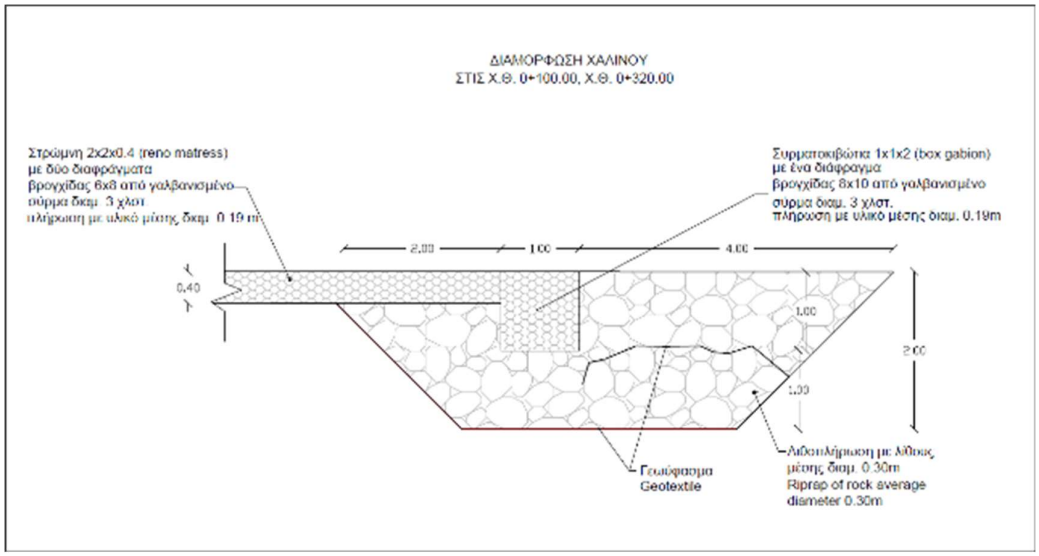


Σχήμα 24. Τυπική διατομή διαμόρφωσης κοίτης ρέματος με συρματοκιβώτια

Στην αρχή (Χ.Θ. 0+100.00) και στο τέλος (Χ.Θ. 0+320.00) της διευθέτησης του ρέματος, διαμορφώθηκε ουδός (χαλινός), οι λεπτομέρειες του οποίου απεικονίζονται στο **Σχήμα 25** και στο **Σχήμα 26**.

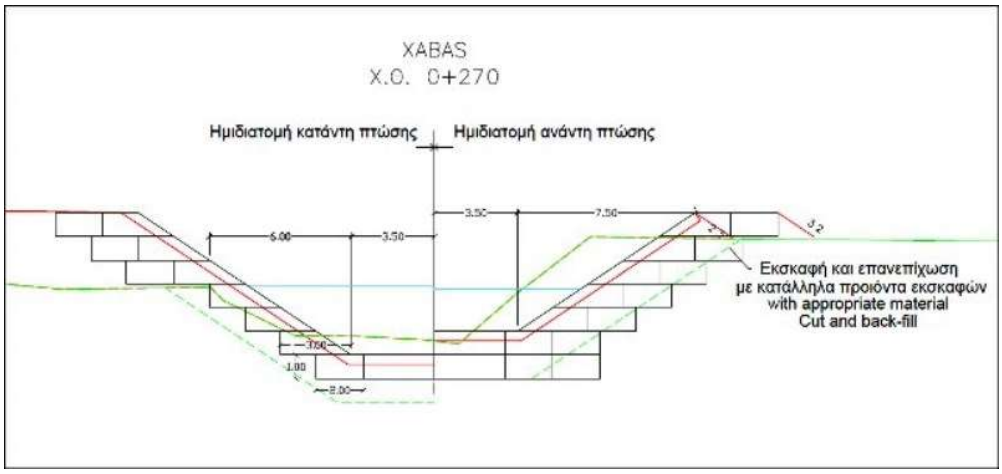


Σχήμα 25. Διατομές διαμόρφωσης ουδών

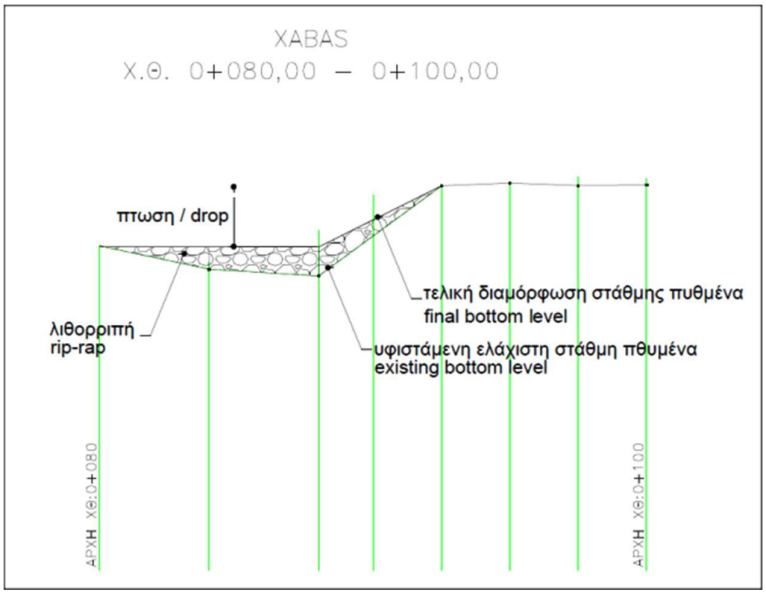


Σχήμα 26. Τυπική διαμόρφωση χαλινού

Τέλος, ο αναβαθμός ύψους 1.00m στη Χ.Θ. 0+270.00, διαμορφώθηκε με συρματοκιβώτια όπως φαίνεται στο **Σχήμα 27**, ενώ ο αναβαθμός ύψους 2.00m περί τη Χ.Θ. 0+090.00, προστατεύτηκε με ελεύθερη λιθορριπή, για την κάλυψη πιθανής υποσκαφής, όπως φαίνεται στο απόσπασμα μηκοτομής της διευθέτησης του ρέματος (**Σχήμα 28**).



Σχήμα 27. Διατομή σημείου πτώσης (Χ.Θ. 0+270.00)



Σχήμα 28. Λεπτομέρεια σημείου πτώσης (Χ.Θ. ≈ 0+090.00)

Ακολουθεί χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό, με τα μέτρα που εφαρμόστηκαν για τη διευθέτηση και προστασία του ρέματος Χαβά.

Εικόνα 27. Γέφυρα G029_Διαμορφώσεις κοίτης ρέματος (1)

Εικόνα 28. Γέφυρα G029_Διαμορφώσεις κοίτης ρέματος (2)

3.3.3 Προσβάσεις

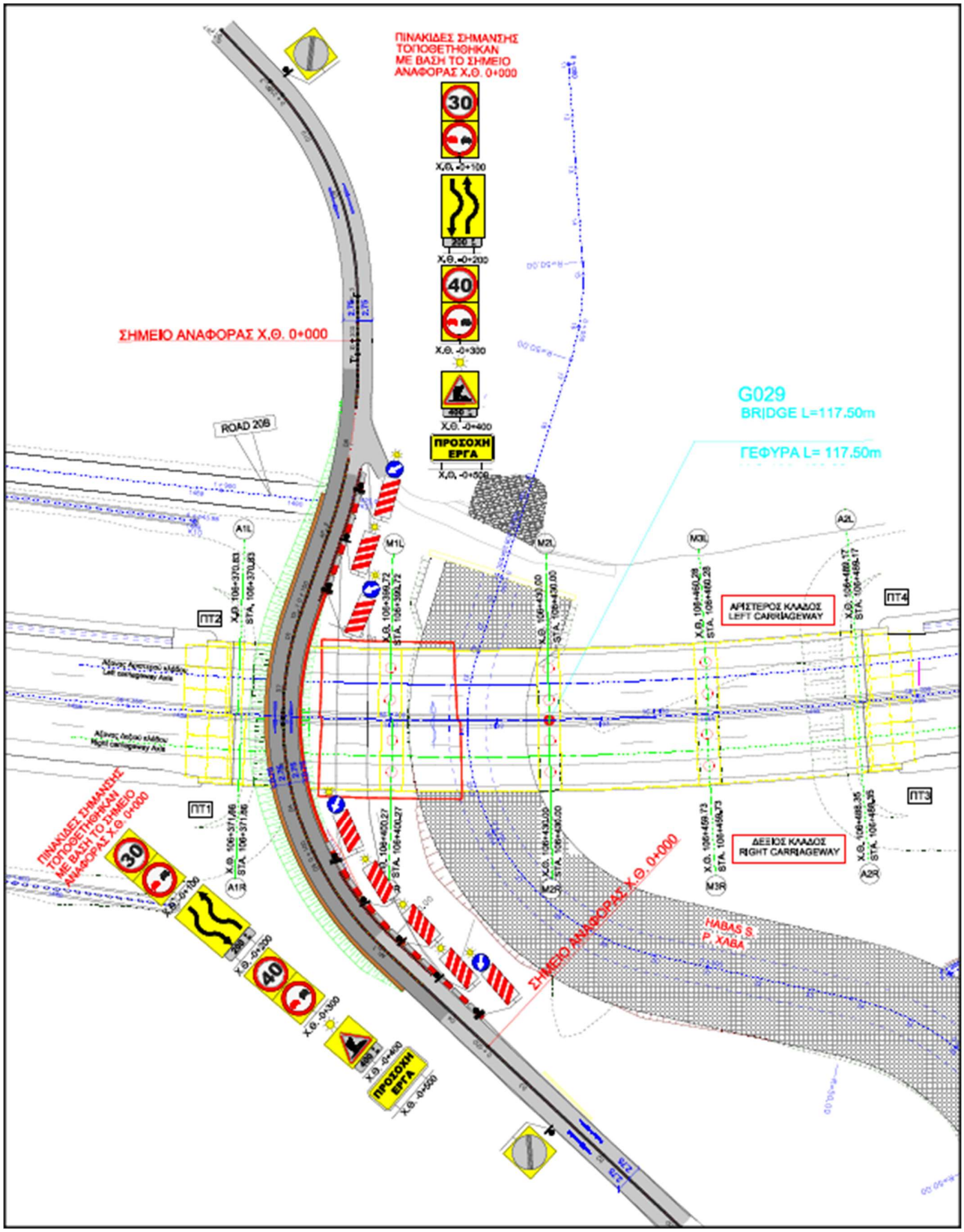
Για την πρόσβαση των συνεργείων κατασκευής στην περιοχή της γέφυρας Χαβά, χρησιμοποιήθηκε η υφιστάμενη επαρχιακή οδός δίπλα από το ρέμα Χαβά.

Για την κατασκευή του μεσόβαθρου Μ1, προκειμένου να εξασφαλιστεί ο απαιτούμενος χώρος, απαιτήθηκε η εφαρμογή κατάλληλης κυκλοφοριακής ρύθμισης σε τμήμα της υφιστάμενης επαρχιακής οδού. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μετατόπιση της υφιστάμενης κυκλοφορίας, στον ελεύθερο χώρο μεταξύ του ακρόβαθρου Α1 και του υφιστάμενου δρόμου, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η συνεχής λειτουργία στην επαρχιακή οδό και η ασφαλής πρόσβαση των συνεργείων στους χώρους εργασίας.

Η κυκλοφορία διεξήχθη σε μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, πλάτους 2.75m η κάθε μία και έρεισμα πλάτους 0.75m από τις δύο πλευρές. Οι λωρίδες κυκλοφορίας χωρίστηκαν μεταξύ τους με διπλή συνεχή κίτρινη γραμμή πλάτους 0.12m, ενώ παράλληλα εφαρμόστηκαν και όλες οι απαραίτητες προσωρινές οριζόντιες και κατακόρυφες σημάνσεις.

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω εκτροπές, η κυκλοφορία των οχημάτων έγινε χωρίς προβλήματα και με ασφάλεια και οι κατασκευές απρόσκοπτα και χωρίς καμία καθυστέρηση.

Η γενική διάταξη των κυκλοφοριακών ρυθμίσεων που εφαρμόστηκαν, παρουσιάζονται στο **Σχήμα 29.**



Σχήμα 29. Κυκλοφοριακές ρυθμίσεις για την κατασκευή του Μεσόβαθρου Μ1

3.3.4 Κατασκευή έργου

- **Μηχανολογικός εξοπλισμός**

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της γέφυρας με τις αντίστοιχες εργασίες τους, συγκεντρώνονται στον **Πίνακα 5**, που ακολουθεί.

ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΕΡΓΑΣΙΑ
Εκσκαφέας	Διαμόρφωση χώρου εργασίας, εκσκαφές θεμελίων βάθρων και διαμόρφωση επιφανειών προκατασκευής των δοκών
Φορτηγά	Μεταφορά υλικών
Φορτωτής	Διαμόρφωση χώρου εργασίας, εκσκαφές θεμελίων βάθρων και διαμόρφωση επιφανειών προκατασκευής των δοκών
Ανυψωτικό Μηχάνημα	Τοποθέτηση και απομάκρυνση μεταλλοτύπου δοκού και προπλάκων, βοηθητικές εργασίες για προένταση, τσιμεντένεση δοκών κ.λ.π.
Γερανοί (300tn ~ 500tn)	Τοποθέτηση δοκών επί των κεφαλών των βάθρων
Λαστιχοφόρες Γερανογέφυρες / Τροχοφόροι μεταφορείς («Ελέφαντες»)	Μεταφορά δοκών στις θέσεις ανάρτησης των δοκών
Βαρέλες Σκυροδέματος	Μεταφορά Σκυροδέματος
Πρέσα Σκυροδέματος	Σκυροδέτηση
Δονητές Σκυροδέματος	Σκυροδέτηση
Γρύλος Προέντασης και αναδευτήρας τσιμεντενέματος	Προένταση Δοκών και τσιμεντένεμα
Υδροφόρα	Διαβροχή τμημάτων προκατασκευής των Δοκών
Ισοπεδωτής γαιών	Διαμόρφωση επιφανειών προκατασκευής των δοκών και επιφανειών εργασίας των γερανών
Οδοστρωτήρας	Διαμόρφωση επιφανειών προκατασκευής των δοκών και επιφανειών εργασίας των γερανών
Συγκρότημα σκυροδέματος	Παραγωγή σκυροδέματος
Διατρητικό μηχάνημα	Διάτρηση πασσάλων
Γερανός	Τοποθέτηση μεταλλικών κλωβών πασσάλων

Πίνακας 5. Μηχανολογικός εξοπλισμός

Τεχνικό προσωπικό

Το εμπλεκόμενο προσωπικό στις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν κατά την κατασκευή του έργου, αποτέλεσαν ενδεικτικά, από την πλευρά της κατασκευάστριας εταιρείας, οι παρακάτω:

- Μηχανικός κατασκευής
- Τοπογράφος μηχανικός
- Βοηθός τοπογράφου μηχανικού
- Εργαστηριακός
- Βοηθός εργαστηριακού
- Εργοδηγός σκυροδεμάτων
- Εργοδηγός σιδηρού οπλισμού
- Χειριστές
- Οδηγοί
- Εργάτες
- Τεχνικός και Συντονιστής Ασφάλειας

Μεγάλο μέρος των εργασιών (ξυλότυποι, μονώσεις, σιδηρός οπλισμός, ηλεκτρολογικές και υδραυλικές εργασίες κ.α.), πραγματοποιήθηκε από εξειδικευμένα συνεργεία Υπεργολάβων.

Σημειώνεται ότι, καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών, η επίβλεψη του έργου πραγματοποιήθηκε από ανεξάρτητη αρχή, που είχε οριστεί στα πλαίσια του ευρύτερου έργου κατασκευής του αυτ/μου της Ιόνιας οδού.

Υλικά έργου

Το σύνολο των κυριότερων υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και τελικά ενσωματώθηκαν στο έργο, αφού πρώτα υποβλήθηκαν και εγκρίθηκαν από την υπηρεσία επίβλεψης του έργου, είναι τα παρακάτω:

Σκυροδέματα

- Προκατασκευασμένες δοκοί : B45 (C35/45)
- Πρόπλακες, έγχυτη πλάκα και διαδοκίδες : B45 (C35/45)
- Μεσόβαθρα : B35 (C30/37)
- Πέδιλα μεσοβάθρων : B25 (C20/25)
- Ακρόβαθρα, κεφαλόδεσμοι και πτερυγότοιχοι : B25 (C20/25)
- Πάσσαλοι : B25 (C20/25)
- Πλάκες πρόσβασης : B25 (C20/25)
- Πεζοδρόμια : B25 (C20/25)
- Άοπλο σκυρόδεμα εξομαλυντικών στρώσεων : B10 (C8/10)

Οπλισμοί

- Προένταση : 1670/1860
  (Σύστημα προένταση MTAI, Χάλυβας προένταση 1860N/mm2, 7-κλωνος, ονομαστικής διατομής 150mm2_VOESTALPINE AUSTRIA Draht GmbH)
- Χάλυβας χαλαρού οπλισμού : B500C (S500s)

Εφέδρανα

- Αγκυρούμενα GANNE A.T.C.P. S.A.
- Ακρόβαθρα: 16 τεμ. Type C4-3 500x600x230(132)
- Μεσόβαθρα: 48 τεμ. Type C4-3 500x600x200(110)

Αρμοί

- Αρμοί συστολοδιαστολής τύπου AGFLEX J200 (+/-100mm) της AGOM
- Υλικό σφράγισης αρμών Hyperseal 25 LM_ALCHIMICA
- Υλικό διαμόρφωσης αρμών Flexcell_FOSROC
- Ταινία στεγάνωσης αρμών διαστολής (Waterstop) τύπου Sika Waterbar_SIKA

Μόνωση καταστρώματος

- Σύστημα στεγάνωσης ESHA IZOTON

Διπλή ασφαλτική επάλειψη

- Ασφαλτικό γαλάκτωμα ISOPAST_ISOMAT

Αποστράγγιση

- Γεωύφασμα στραγγιστηρίου THRACENG S.A.
- Διατρητος σωλήνας στραγγιστηρίου (DRENOSEWER) Φ200mm_POLIECO

Αποχέτευση

- Χυτοσιδηρές απορροές με σχάρα 500 X 300 κλ. D400_VLCEK
- Σωλήνες GRP_HOBAS PIPE SYSTEMS
- Διαχυτήρες (Diffusers)

Ασφάλιση

- Μεταλλικά στηθαία ασφαλείας, τύπου H2/W4, 3n32122 της FRACASSO

Πλαστικοί σωλήνες

- Σωλήνες PE καλωδίων Φ90-PN6_ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ ΧΡ. & ΥΙΟΙ ΑΕΒΕ
- HDPE διπλού δομημένου τοιχώματος CAVIDOTTO_POLIECO HELLAS AEBE

Έλεγχοι Ποιότητας

Η κατασκευή μιας γέφυρας από προκατασκευασμένα δοκάρια, ακολουθεί σε γενικές γραμμές τις διαδικασίες ελέγχου ποιότητας, που καθορίζονται από τις τεχνικές προδιαγραφές του Έργου και την σχετική Εθνική ή Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.

Σχετικά με τη γέφυρα Χαβά, κατά τη διάρκεια της κατασκευής, εφαρμόστηκαν από τα Εργοταξιακά Εργαστήρια οι Δοκιμές που προβλέφθηκαν στο Πρόγραμμα Ελέγχων και Δοκιμών του Έργου, για σκυροδέματα που χρησιμοποιήθηκαν:

- Στους πασσάλους θεμελίωσης των ακρόβαθρων (Σκυρόδεμα B25-C20/25)
- Στην κατασκευή των προεντεταμένων δοκών (Σκυρόδεμα B45-C35/45)
- Στην κατασκευή των προπλακών, έγχυτων πλακών και διαδοκίδων (Σκυρόδεμα B45-C35/45)
- Στα υπόλοιπα στοιχεία, από σκυρόδεμα, των ακροβάθρων (Σκυρόδεμα B25-C20/25) και των μεσοβάθρων (Σκυρόδεμα B35-C30/37)
- Στα πεζοδρόμια και τις πλάκες πρόσβασης (Σκυρόδεμα B25-C20/25)

Οι έλεγχοι σκυροδέματος διενεργήθηκαν βάσει του κανονισμού Σκυροδέματος και αφορούσαν τον εργαστηριακό έλεγχο κάθισης και αντοχής. Οι δοκιμές αντοχής πραγματοποιήθηκαν μέσω της λήψης κυβικών δοκιμίων, ενώ μετά την διενέργεια των δοκιμών, έγινε η καταγραφή και αρχειοθέτηση των αποτελεσμάτων, προκειμένου να είναι δυνατή η ιχνηλάτησή τους, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του τεχνικού.

Ο έλεγχος ποιότητας επιβεβαίωσε την πλήρη συμβατότητα των χαρακτηριστικών του σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε κατά την κατασκευή, με αυτά που προδιαγράφονταν στη μελέτη του τεχνικού, ανάλογα με την κατηγορία και το είδος που απαιτήθηκε κατά περίπτωση (B25, B35, B45). Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της λήψης του απαιτούμενου αριθμού δειγμάτων, όπως προβλέφθηκε στο Πρόγραμμα Ελέγχων και Δοκιμών του Έργου, από το εξειδικευμένο εργαστηριακό προσωπικό του Εργοταξίου, με τη χρήση του κατάλληλου εργαστηριακού εξοπλισμού.

Το ίδιο αποτέλεσμα επιβεβαίωσαν και οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν μετά την κατασκευή των πασσάλων θεμελίωσης (pile tests), όπως και κατά την εφαρμογή των στοιχείων προέντασης.

Επιμέρους τμήματα έργου

Η γέφυρα του ρέματος Χαβά, αποτελεί δίδυμη γέφυρα τεσσάρων ανοιγμάτων με δυο ανεξάρτητους στατικά κλάδους, ίδιου μήκους και πλάτους, 117.50m και 13.26m αντίστοιχα, όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών. Η θεμελίωση, όπως προαναφέρθηκε, έγινε με πέλματα επιφανειακής θεμελίωσης στα μεσόβαθρα και επί πασσάλων στα ακρόβαθρα.

Τα ακρόβαθρα είναι τοιχοειδούς μορφής και κατασκευάστηκαν ανεξάρτητα για κάθε κλάδο από οπλισμένο σκυρόδεμα B25 (C20/25). Για την συγκράτηση του επιχώματος της οδού, κατασκευάστηκαν πτερυγότοιχοι μονολιθικά συνδεδεμένοι με τα βάθρα, ενώ πίσω από το κάθε ακρόβαθρο κατασκευάστηκαν πλάκες πρόσβασης πάχους 30cm από οπλισμένο σκυρόδεμα B25 (C20/25), οι οποίες θεμελιώθηκαν σε στρώση μεταβατικού επιχώματος.

Τα μεσόβαθρα κάθε κλάδου της γέφυρας αποτελούνται από δύο κολώνες Φ220 με εγκάρσια αξονική απόσταση 6.00m, στη στέψη των οποίων εδράζεται η ορθογωνικής διατομής δοκός έδρασης, η οποία φέρει τις προκατασκευασμένες δοκούς. Η κατασκευή των μεσοβάθρων έγινε απο οπλισμένο σκυρόδεμα B35 (C30/37).

Ο φορέας της γέφυρας αποτελείται από προκατασκευασμένες δοκούς με έγχυτη πλάκα σκυροδέματος και αποκατάσταση συνέχειας στη θέση των μεσοβάθρων με την κατασκευή συμπαγών διαδοκίδων. Ο συνεχής φορέας εδράζεται σε ακρόβαθρα και μεσόβαθρα μέσω σεισμικών μονωτήρων (ελαστομεταλλικά εφέδρανα).

Κάθε κλάδος αποτελείται από τέσσερα ανοίγματα μήκους 28.75m – 2x30.00m – 28.75m και έχει μήκος 117.50m, μετρούμενο μεταξύ των αξόνων θεωρητικής στήριξης και κατά μήκος του άξονα κάθε κλάδου.

Ο φορέας κάθε ανοίγματος των δύο κλάδων αποτελείται από τέσσερις (4) αμφιέρειστες προκατασκευασμένες δοκούς από προεντεταμένο σκυρόδεμα B45 (C35/45), συνολικού μήκους 29.00m. Οι δοκοί είναι διατομής T με πεπλατυσμένο κάτω πέλμα. Το ύψος τους είναι 2.03m, το πλάτος του άνω πέλματος είναι 1.60m, του κάτω πέλματος 0.85m και το πάχος του κορμού 0.25m. Οι δοκοί τοποθετήθηκαν ανά 3.35m αξονική απόσταση μεταξύ τους. Στις δοκούς αυτές είχε προηγηθεί η επιβολή του συνόλου της προέντασης (προένταση σε μία φάση).

Ο φορέας συμπληρώνεται με πρόπλακες πάχους 0.10m και επιτόπου πλάκα καταστρώματος από έγχυτο οπλισμένο σκυρόδεμα B45 (C35/45), συνολικού πάχους 0.30m. Στα άκρα τους οι προκατασκευασμένοι δοκοί συνδέονται μέσω επί τόπου χυτής διαδοκίδας από σκυρόδεμα ποιότητας B45 (C35/45).

Στη συνέχεια, ακολουθεί η περιγραφή της μεθοδολογίας κατασκευής της γέφυρας και των επιμέρους εργασιών που εκτελέστηκαν, σε κάθε φάση της κατασκευής.

Φάσεις κατασκευής

Θεμελίωση

Για την εκσκαφή των θεμελίων των ακροβάθρων και των μεσοβάθρων εφαρμόστηκαν τα υψόμετρα και οι διαστάσεις που προέβλεπε η γεωτεχνική μελέτη, με ταυτόχρονη εφαρμογή των μόνιμων και προσωρινών μέτρων αντιστήριξης των πρανών της εκσκαφής, όπως περιέγραφε η εγκεκριμένη μελέτη.

Οι εκσκαφές για τις θεμελιώσεις των μεσοβάθρων, προηγήθηκαν της κατασκευής των επιχωμάτων πρόσβασης των δυο ακροβάθρων.

Τα μεσόβαθρα κάθε κλάδου θεμελιώθηκαν επιφανειακά μέσω μεμονομένων ορθογωνικών πεδίλων, με διαστάσεις 9.00m στη διαμήκη διεύθυνση, 11.00m στην εγκάρσια και πάχους 2.00m, επί βραχώδους φλυσχικού υποβάθρου. Η κατασκευή των πεδίλων θεμελίωσης, έγινε από οπλισμένο σκυρόδεμα B25 (C20/25).

Το ακρόβαθρο A1 του αριστερού κλάδου, θεμελιώθηκε σε ομάδα οκτώ (8) φρεατοπασσάλων Φ150 και μήκους 15.0m, ενώ το ακρόβαθρο A1 του δεξιού κλάδου, θεμελιώθηκε σε ομάδα οκτώ (8) φρεατοπασσάλων Φ150 και μήκους 13.0m, μέσω κεφαλοδέσμου μορφής πλάκας, διαστάσεων κατόψεως 7.10x13.35m και πάχους 1.50m.

Το ακρόβαθρο A2 κάθε κλάδου, θεμελιώθηκε σε ομάδα οκτώ (8) φρεατοπασσάλων Φ150 και μήκους 19.0m, μέσω κεφαλοδέσμου μορφής πλάκας, διαστάσεων κατόψεως 7.10x13.35m, και πάχους 1.50m. Οι οκτώ πάσσαλοι κάθε ακροβάθρου είναι διανεμημένοι σε δύο σειρές των τεσσάρων με διαμήκη αξονική απόσταση 5.00m, ενώ οι πάσσαλοι κάθε σειράς απέχουν μεταξύ τους εγκάρσια 3.31m και εισχωρούν τουλάχιστον 4.50m στο βραχώδες υπόβαθρο. Η κατασκευή των πασσάλων, έγινε από οπλισμένο σκυρόδεμα B25 (C20/25).

Για την αποστράγγιση των νερών που πιθανόν να συγκεντρώνονται πίσω από τα ακρόβαθρα, κατασκευάστηκαν στραγγιστήρια που εδράζονται σε στρώση αόπλου σκυροδέματος B10 (C8/10) και αποχετεύονται στο φυσικό έδαφος.

Όλες οι επιφάνειες των βάθρων που επανεπιχώθηκαν, προστατεύτηκαν με διπλή ασφαλτική επάλειψη, με ασφαλτικό γαλάκτωμα. Οι εμφανείς επιφάνειες καλύφθηκαν με αντιρρυπαντική βαφή.

Τέλος, η επίχωση των εκσκαφών πραγματοποιήθηκε με υλικό μεταβατικού επιχώματος και κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών.

Χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό από τη θεμελίωση της γέφυρας, δίνεται παρακάτω:

Εικόνα 29. Γέφυρα G029_Οπλισμός θεμελίωσης - Μεσόβαθρα Μ1 (αριστερά) και Μ2 (δεξιά)

Εικόνα 30. Γέφυρα G029_Πάσσαλοι θεμελίωσης - Ακρόβαθρα Α1 (αριστερά) και Α2 (δεξιά)

Βάθρα

Έπειτα από την κατασκευή θεμελίωσης των μεσοβάθρων, ακολούθησε η κατασκευή των κορμών των βάθρων με αναρριχόμενο κυκλικό μεταλλότυπο (αρμοί ανά 4.00m). Ακολούθως, ολοκληρώθηκε η κατασκευή των βάθρων και της κεφαλής όλων των ακροβάθρων και μεσοβάθρων. Για την έδραση του φορέα χρησιμοποιήθηκαν, ανά βάθρο, αγκυρούμενα ελαστομεταλλικά εφέδρανα.

Στην κεφαλοδοκό των ακροβάθρων διαμορφώθηκε θωράκιο και στη συνέχεια αυτού κατασκευάστηκε πτερυγότοιχος, ώστε να κλείσει το κενό μεταξύ των ακροβάθρων και των δύο κλάδων. Στο θωράκιο κάθε ακροβάθρου στηρίζεται φορέας πρόσβασης από οπλισμένο σκυρόδεμα B25 (C20/25).

Τέλος, πίσω από κάθε ακρόβαθρο, διαμορφώθηκε μεταβατικό επίχωμα, έτσι ώστε τα ακρόβαθρα να μην δέχονται ωθήσεις γαιών, παρά μόνο σε ένα τμήμα μικρού ύψους στην κορυφή των θωρακίων.

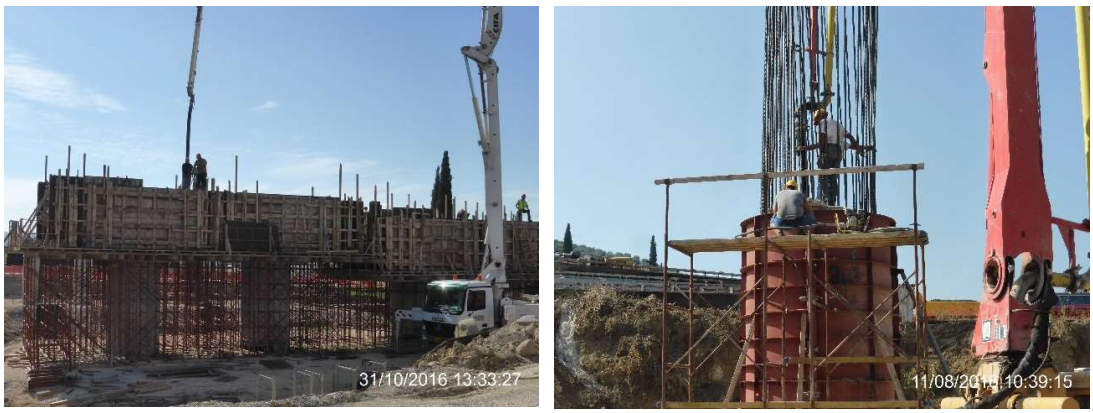
Ακολουθεί, χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό από τα στάδια κατασκευής των βάθρων της γέφυρας:

Εικόνα 31. Γέφυρα G029_Μεταβατικά επιχώματα - Ακρόβαθρα A1 (αριστερά) και A2 (δεξιά)

Εικόνα 32. Γέφυρα G029_Ξυλότυπος και οπλισμοί Ακροβάθρων Α1 (αριστερά) και Α2 (δεξιά)

Εικόνα 33. Γέφυρα G029_Μεταλλότυπος - Μεσόβαθρα Μ2 (αριστερά) και Μ3 (δεξιά)

Εικόνα 34. Γέφυρα G029_Ξυλότυπος κεφαλοδοκών - Μεσόβαθρα Μ1(αριστερά) και Μ2 (δεξιά)



Εικόνα 35. Γέφυρα G029_Σκυροδέτηση Μεσοβάθρων Μ3 (αριστερά) και Μ2 (δεξιά)

Εικόνα 36. Γέφυρα G029_Μονώσεις Ακρόβαθρου Α1 (αριστερά) και Μεσόβαθρου Μ2 (δεξιά)

Προκατασκευασμένες δοκοί

Για την κατασκευή των δοκών χρησιμοποιήθηκε ειδικός μεταλλότυπος, που έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις της μελέτης. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι οι συμμετρικές θέσεις για την πλαϊνή αντιστήριξη του καλουπιού, όπως επίσης και οι θέσεις στο πάνω μέρος του, που βοηθούν στο να κρατηθεί ο μεταλλότυπος σταθερός, κατά τη σκυροδέτηση με ντίζες. Για να εξασφαλιστεί η δόνηση του σκυροδέματος στο κάτω τμήμα της δοκού, τοποθετήθηκαν δονητές επιφανείας.

Σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, πλησίον της γέφυρας, διαμορφώθηκαν οι κλίνες κατασκευής των δοκών, πάνω στις οποίες κατασκευάστηκαν οι προεντεταμένες δοκοί (Συνολικά 32 δοκοί). Οι θέσεις κατασκευής των δοκών απαιτούν ικανό πλάτος μεταξύ τους (2.00μ), ώστε να υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης των μηχανημάτων μεταφοράς τους, στο σημείο ανάρτησης στον φορέα, καθώς επίσης ιδιαίτερα σημαντική είναι η σειρά κατασκευής των δοκών, σύμφωνα με την διαδοχή τοποθέτησής τους στο φορέα (σύμφωνα με το πλάνο τοποθέτησης, αναλόγως των θέσεων των γερανών). Στο κάτω πέλμα των δύο άκρων των δοκών, πακτώθηκαν κατά την σκυροδέτηση, οι άνω πλάκες των εφεδράνων με προδιαμορφωμένη την κατά μήκος κλίση του φορέα.

Μετά την τοποθέτηση του σιδηρού οπλισμού (πρώτο στάδιο), έγινε από έμπειρο προσωπικό, η τοποθέτηση των υψομέτρων τόσο μηκοτομικά όσο και οριζοντιογραφικά και τοποθετήθηκαν οι σωλήνες προεντάσεως, σύμφωνα με το σχέδιο προέντασης της μελέτης. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος από τον υπεύθυνο μηχανικό της γέφυρας ως προς την τοποθέτηση των σωλήνων και έπειτα από την επιβεβαίωση αυτού, καλουπώθηκε η κάθε δοκός, ολοκληρώθηκε η τοποθέτηση του σιδηρού οπλισμού (δεύτερο στάδιο) και πραγματοποιήθηκε η σκυροδέτησή τους.

Ακολούθησε το ξεκαλούπωμα για κάθε δοκό και η ενσυρμάτωση με χάλυβα προέντασης, όπως προδιαγράφεται στη μελέτη. Έπειτα από την επιθυμητή αντοχή του σκυροδέματος, έγινε η τάνυση των συρμάτων και οι εργασίες τσιμεντένεσης της δοκού.

Για την προένταση κάθε μίας από τις προκατασκευασμένες δοκούς του φορέα, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα MTAI/Tensacciai, με χάλυβα προέντασης 1670/1860Mpa και συρματόσχοινα 15.00mm (τένοντες T15 "SUPER"). Η υλοποίηση της πρόσθετης αυτής μόνιμης φόρτισης επιβλήθηκε στην δοκό, μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος, όπου ο χάλυβας ολισθαίνει ελεύθερα μέσα στους σωλήνες και αγκυρώνεται στα άκρα της

δοκού, σύμφωνα με τις διαστάσεις και τις αποστάσεις που προδιαγράφονται στο σχέδιο της μελέτης. Η κάθε δοκός με 3 τένοντες στο εσωτερικό της, τανύστηκε σε μία φάση, κατά την διαμήκη έννοια, στην θέση κατασκευής των δοκών. Ο κεντρικός τένοντας τανύστηκε αμφίπλευρα, ενώ οι άλλοι δύο τανύστηκαν μονόπλευρα και σε αντίθετες πλευρές. Τα στοιχεία της τάνυσης καταγράφηκαν σε πρωτόκολλα προέντασης, τα οποία διατηρούνται στο αρχείο του Μητρώου του Έργου, της Εταιρείας.

Για την τοποθέτηση των δοκών στις θέσεις έδρασης απαιτήθηκαν:

α) Η μεταφορά τους από την θέση κατασκευής στην θέση ανάρτησης. Αυτή πραγματοποιήθηκε με ειδικά τροχοφόρα μηχανήματα ανάρτησης («ελέφαντες»), που επιτρέπουν την ανάρτηση ανάμεσα στους τροχούς τους και μετακινούνται στην εκάστοτε θέση ανάρτησης.

β) Η χρήση 2 γερανών ανυψωτικής ικανότητας 300tn και 500tn, αντίστοιχης της απαιτούμενης μελέτης, σε συγκεκριμένες θέσεις, με βάση το πλάνο ανάρτησης και τοποθέτησης των δοκών στις θέσεις έδρασης.

Η κάθε δοκός εδράστηκε στα σημεία στήριξης, μέσω ελαστομεταλλικών εφεδράνων στα ακρόβαθρα και στα μεσόβαθρα. Τοποθετήθηκαν ανά άξονα έδρασης, τέσσερα (4) εφέδρανα 500x600x230(132ελ)mm στα ακρόβαθρα και τέσσερα (4) εφέδρανα 500x600x200(110ελ)mm στα μεσόβαθρα, οι χαρακτηριστικές λεπτομέρειες των οποίων, απεικονίζονται στα αντίστοιχα σχήματα του **Παραρτήματος Β**. Η πρόσβαση για την επιθεώρηση και συντήρηση των εφεδράνων και των αρμών, επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση ειδικού χώρου (διαδρόμου) στα ακρόβαθρα. Η προσέγγιση στον ειδικό αυτό χώρο είναι δυνατή με τη χρήση φορητής σκάλας από την εμπρόσθια όψη των ακροβάθρων. Για την μελλοντική αντικατάσταση των εφεδράνων, προβλέπεται η χρήση γρύλων ανύψωσης, κατάλληλης ανυψωτικής ικανότητας, δίπλα από κάθε θέση εφεδράνου.

Με την τοποθέτηση κάθε προκατασκευασμένης δοκού στη τελική της θέση, ελήφθησαν κατάλληλα μέτρα για την εξασφάλιση από τον κίνδυνο ανατροπής ("τακάρισμα"), που περιλάμβανε χιαστί ηλεκτροσυγκόληση 2 κεκαμένων βεργών οπλισμού (διατομής Φ25), με τα ήδη πακτωμένα «βλήτρα» οπλισμού, στο σκυρόδεμα των κεφαλών των μεσοβάθρων.

Χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό από τις εργασίες προκατασκευής και προέντασης των δοκών, δίνεται στη συνέχεια:

Εικόνα 37. Γέφυρα G029_Οπλισμός δοκών

Εικόνα 38. Γέφυρα G029_Σκυροδέτηση και μεταλλότυπος δοκών

Εικόνα 39. Γέφυρα G029_Προένταση δοκών

Εικόνα 40. Γέφυρα G029_Ανέγερση δοκών

<u>Πρόπλακες, διαδοκίδες και πλάκα καταστρώματος</u>

Μετά την τοποθέτηση των δοκών στην ακριβή τους θέση, πραγματοποιήθηκε τοπογραφικός έλεγχος και αφού έγινε η επιβεβαίωση των υψομέτρων της μελέτης, κατασκευάστηκαν (τοποθέτηση οπλισμού, μεταλλότυπου και σκυροδέτηση) οι έγχυτες διαδοκίδες ένωσης των προκατασκευασμένων δοκών πάνω από τα μεσόβαθρα, διαστάσεων 0.50x1.80 m.

Αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή των διαδοκίδων, τοποθετήθηκαν προκατασκευασμένες πρόπλακες επί των δοκών, πάχους 0.10m, γεφυρώνοντας το άνοιγμα μεταξύ αυτών. Εξαίρεση αποτέλεσαν οι εξωτερικές πρόπλακες των ακραίων δοκών, οι οποίες σκυροδετήθηκαν απευθείας επί των δοκών στην θέση κατασκευής των δοκών, αφού προηγουμένως είχε ολοκληρωθεί η διαδικασία και η επιβολή της προέντασης των δοκών.

Στη συνέχεια, μετά από επανέλεγχο των τελικών υψομέτρων, ακολούθησε η κατασκευή της πλάκας καταστρώματος, συνολικού πάχους 0.30m, με οπλισμένο σκυρόδεμα B45 (C35/45), επί των προκατασκευασμένων προπλακών και των διαδοκίδων.

Η πλάκα του καταστρώματος κατασκευάστηκε συνεχής για κάθε άνοιγμα. Η σκυροδέτηση άρχιζε από το μέσον των δοκών του κάθε ανοίγματος, ισοκατανέμοντας το σκυρόδεμα εκατέρωθεν του αρχικού σημείου εφαρμογής και σταματούσε στην 1η διαδοκίδα σύνδεσης των δοκών, πάνω από την στήριξη. Το τμήμα αποκατάστασης «πλάκα συνέχειας», πάνω από την κάθε κεφαλοδοκό στήριξης, παρέμενε κενό και σκυροδετήθηκε -μετά 24ωρου- ενιαίο με το επόμενο άνοιγμα της πλάκας καταστρώματος κ.ο.κ., μέχρι την ολοκλήρωση του φορέα καταστρώματος της γέφυρας.

Η συνεργασία της πλάκας καταστρώματος με τις πρόπλακες αλλά και τις δοκούς, πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλων αναμονών οπλισμού.

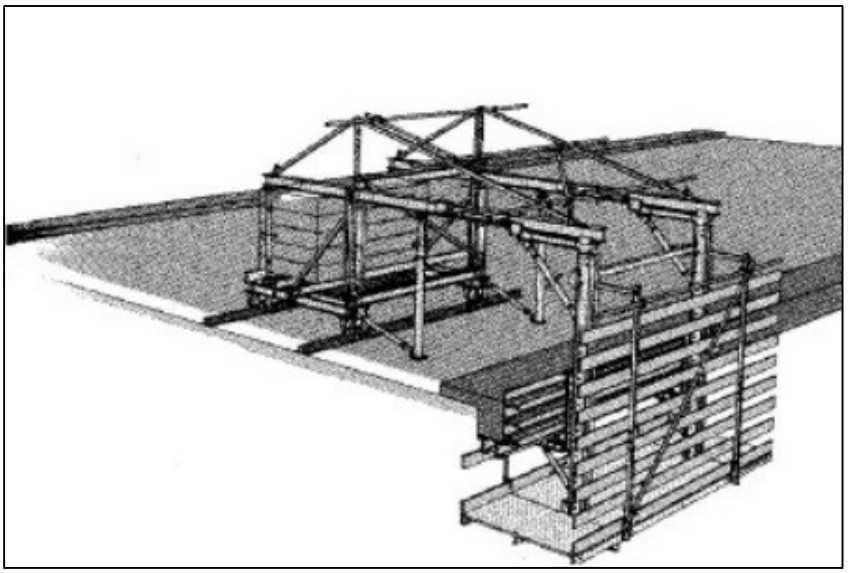
Ακολουθεί χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό από την ανωδομή της γέφυρας:

Εικόνα 41. Γέφυρα G029_Πρόπλακες και οπλισμός πλάκας καταστρώματος

Εικόνα 42. Γέφυρα G029_Σκυροδέτηση πλάκας καταστρώματος

Πεζοδρόμια

Μετά την ολοκλήρωση του φορέα, κατασκευάστηκαν τα πεζοδρόμια της γέφυρας στην εξωτερική πλευρά κάθε κλάδου, με πλάτος 1.25m και τυπικό μήκος μεταξύ των αρμών διαστολής, 12.00m. Η κατασκευή τους έγινε από σκυρόδεμα B25 (C20/25), με την χρήση εξειδικευμένου μεταλλότυπου, αναρτώμενου από ειδικό φορείο που προμηθεύτηκε το εργοτάξιο από την PERI. (**Σχήμα 30**).

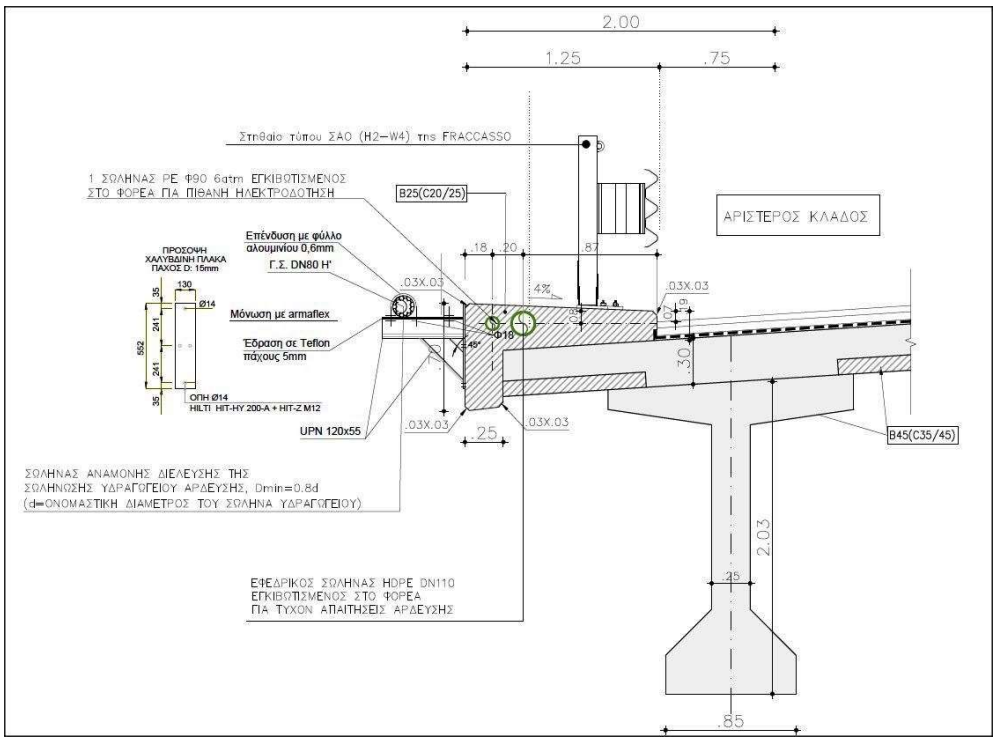


Σχήμα 30. Φορείο κατασκευής Πεζοδρομίου

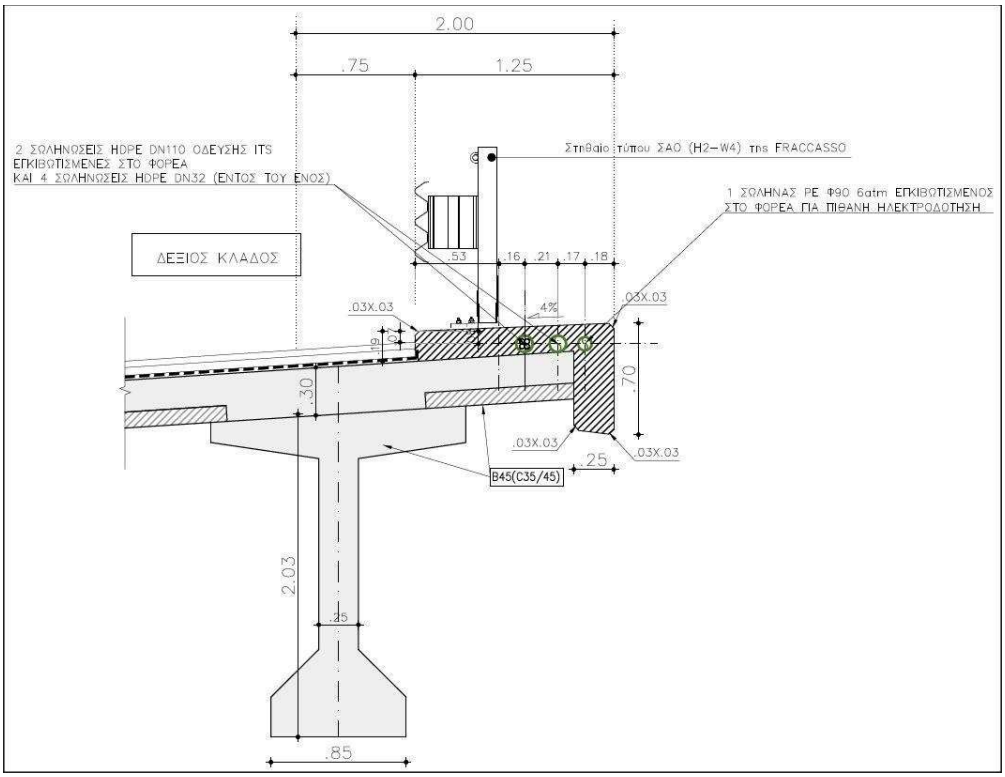
Στο αριστερό πεζοδρόμιο, εγκιβωτίστηκε ένας HDPE Φ110mm για τυχόν απαιτήσεις άρδευσης και ένας σωλήνας PE Φ90mm για πιθανή ηλεκτροδότηση.

Στο δεξιό πεζοδρόμιο, εγκιβωτίστηκαν δυο σωλήνες HDPE Φ110mm για απαιτήσεις ITS του Αυτ/μου και ένας σωλήνας PE Φ90mm για πιθανή ηλεκτροδότηση.

Τα τυπικά σχέδια των πεζοδρομίων της γέφυρας, με τα παραπάνω στοιχεία, απεικονίζονται στο **Σχήμα 31** (αριστερού κλάδου) και **Σχήμα 32** (δεξιού κλάδου).



Σχήμα 31. Τυπικές λεπτομέρειες – Πεζοδρόμιο αριστερού κλάδου



Σχήμα 32. Τυπικές λεπτομέρειες – Πεζοδρόμιο δεξιού κλάδου

Χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό από τα πεζοδρόμια της γέφυρας και το φορείο κατασκευής τους, δίνεται παρακάτω:

Εικόνα 43. Γέφυρα G029_Κατασκευή Πεζοδρομίων

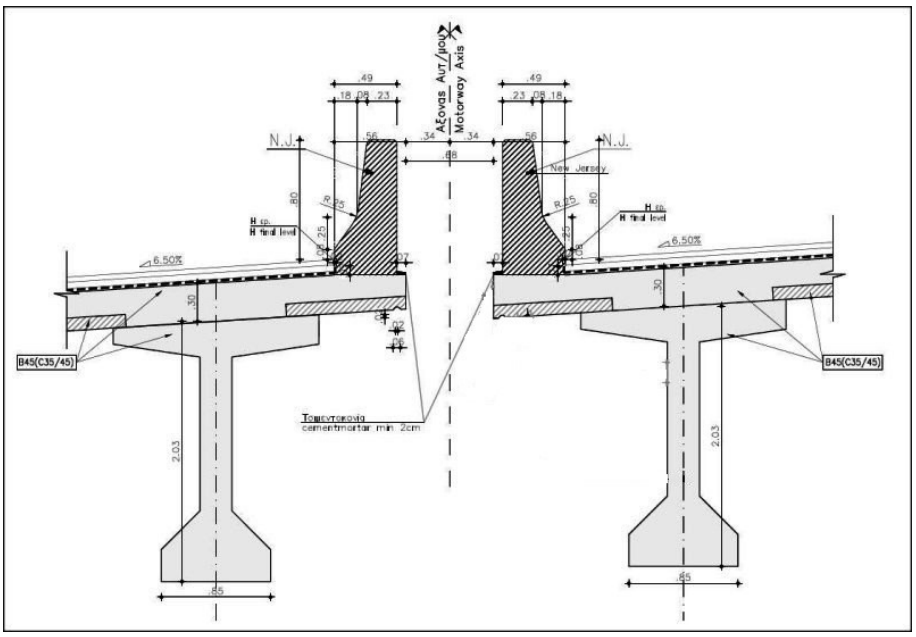
Στηθαία ασφαλείας

Κατά μήκος των πεζοδρομίων της γέφυρας και σε συνέχεια των στηθαίων ασφαλείας του Αυτ/μου, τοποθετήθηκαν μεταλλικά στηθαία ασφαλείας, τύπου H2/W4, 3n32122 της FRACASSO, σύμφωνα με την μελέτη εφαρμογής και τις οδηγίες κατά ΟΜΟΕ-ΣΑΟ.

Τα μεταλλικά στηθαία ασφαλείας αγκυρώθηκαν επί των πεζοδρομίων του καταστρώματος, με την όψη τους σε ευθυγραμμία με την ακμή του πεζοδρομίου, σύμφωνα με τα εγχειρίδια του κατασκευαστή.

Οι λεπτομέρειες τοποθέτησης των μεταλλικών στηθαίων, φαίνονται στο **Σχήμα 31** και **Σχήμα 32**, που προηγήθηκαν.

Στην εσωτερική οριογραμμή κάθε κλάδου κατασκευάστηκε στηθαίο ασφαλείας τύπου New Jersey, από σκυρόδεμα. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του στηθαίου και η θέση κατασκευής του, απεικονίζεται στο **Σχήμα 33**.



Σχήμα 33. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά στηθαίου NJ

Κατάστρωμα κυκλοφορίας

Στο τελικό κατάστρωμα κυκλοφορίας κατασκευάστηκαν δύο στρώσεις ασφαλτικού συνολικού πάχους 9cm (ασφαλτική στρώση κυκλοφορίας πάχους 5cm και ασφαλτική αντιολισθηρή στρώση πάχους 4cm). Η άνω επιφάνεια του φορέα πριν την διάστρωση του ασφαλτικού καλύφθηκε με σύστημα Στεγάνωσης Γεφυρών ESHA IZOTON.

Στις θέσεις των ακροβάθρων, στα άκρα του καταστρώματος της γέφυρας, τοποθετήθηκαν στεγανοί αρμοί συστολοδιαστολής τύπου AGFLEX J200 της AGOM, με ικανότητα μετακίνησης +/-100mm χωρίς προρύθμιση (**Εικόνα 44**).

Το κατασκευαστικό σχέδιο των αρμών, δίνεται στο **Παράρτημα Β**.

Εικόνα 44. Γέφυρα G029_Αρμοί καταστρώματος

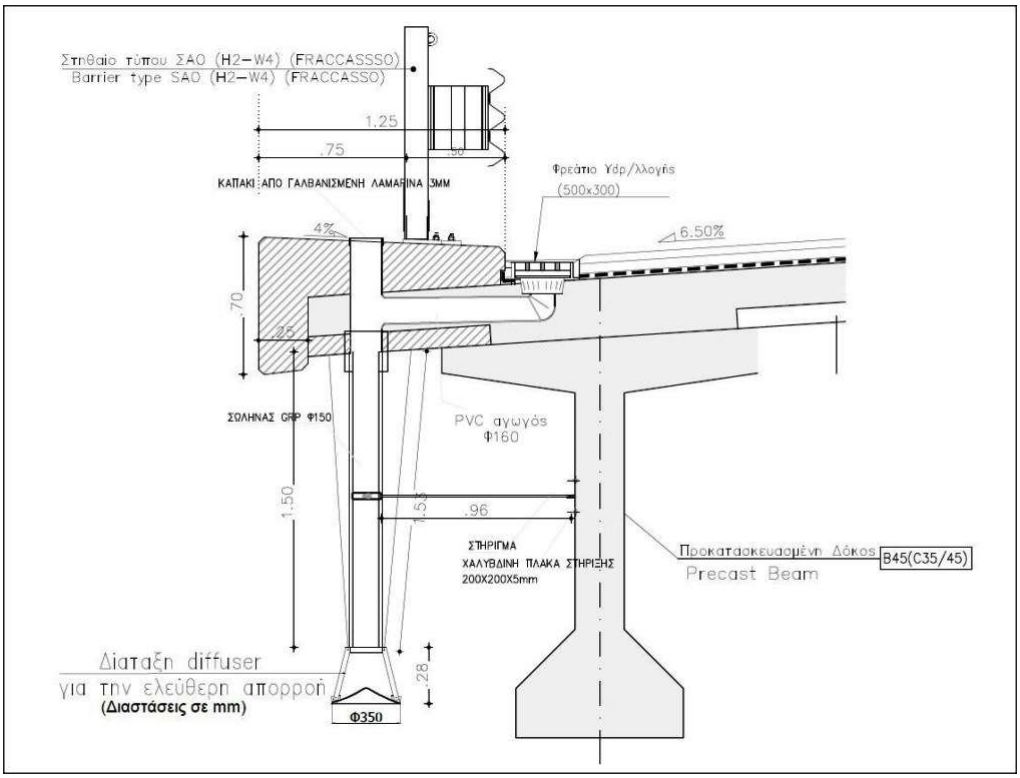
Αποχέτευση καταστρώματος

Η απορροή των ομβρίων του καταστρώματος γίνεται επιφανειακά.

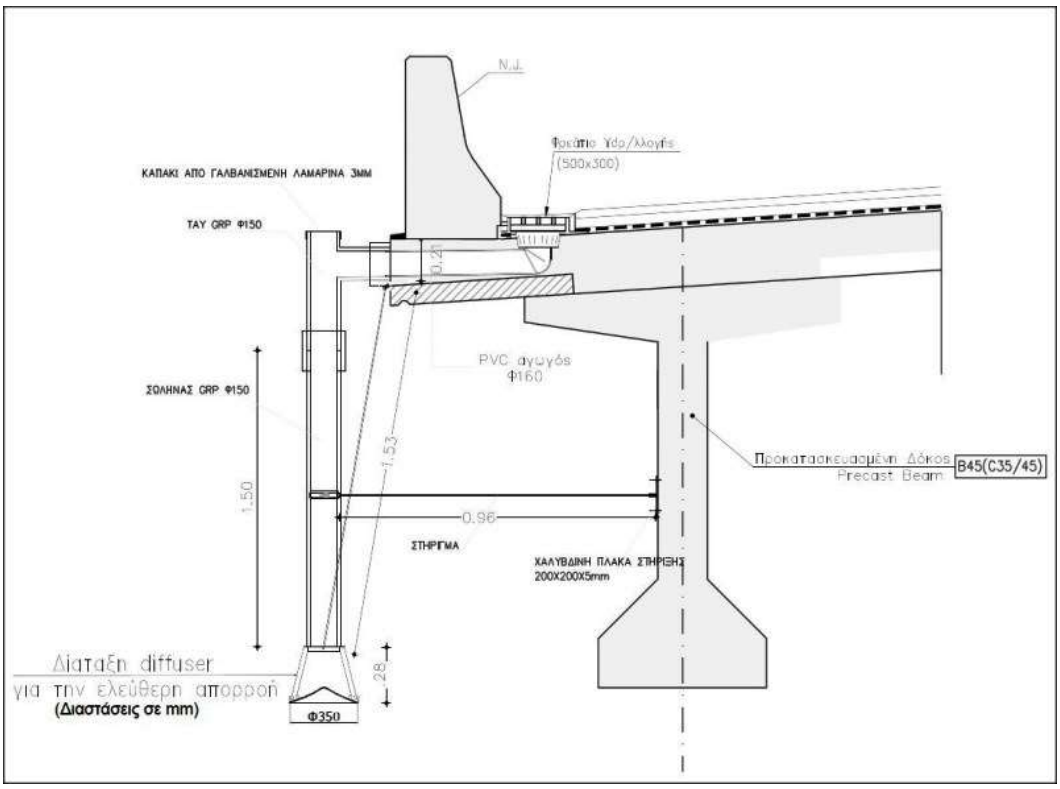
Τοποθετήθηκαν σε 23 θέσεις, ανά κλάδο, συλλεκτήρια αποχετευτικά σημεία (φρεάτια). Στα 20 σημεία τοποθετήθηκε μονή σχάρα (300x500mm) και στα 3 σημεία (στην περιοχή μεταξύ Μ2 και Μ3) τοποθετήθηκαν διπλές εσχάρες 2x(300x500mm).

Τα αποχετευτικά σημεία παροχετεύονται μέσω διάταξης ελεύθερης απορροής (diffusers), ενώ μόνο στο τμήμα που διέρχεται πάνω από την υφιστάμενη οδό της περιοχής τοποθετήθηκε συλλεκτήριος αγωγός από υαλονήματατα διατομής Φ250.

Οι τυπικές λεπτομέρειες των παραπάνω διατάξεων αποχέτευσης, απεικονίζονται στο **Σχήμα 34** και **Σχήμα 35**, στη θέση της εξωτερικής και εσωτερικής οριογραμμής αντίστοιχα.



Σχήμα 34. Αποχέτευση φορέα (εξωτερική οριογραμμή – πεζοδρόμια)



Σχήμα 35. Αποχέτευση φορέα (εσωτερική οριογραμμή – στηθαίο NJ)

Ακολουθεί χαρακτηριστικό <u>Φωτογραφικό Υλικό</u> από το δίκτυο αποχέτευσης του καταστρώματος της γέφυρας (Diffusers):

Εικόνα 45. Γέφυρα G029_Αποχέτευση καταστρώματος – Διάταξη Διαχυτήρων (Diffusers)

Λοιπά δίκτυα

Για τις ανάγκες άρδευσης στην περιοχή του τεχνικού, αναρτήθηκε στην εξωτερική πλευρά του αριστερού δοκαριού του φορέα, με τη χρήση του ειδικού φορείου που προαναφέρθηκε, μονωμένος γαλβανισμένος σιδηροσωλήνας, για τη διέλευση του πρωτεύοντος δικτύου άρδευσης του Αυτοκινητοδρόμου, όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 31** με τις τυπικές λεπτομέρειες των πεζοδρομίων που περιγράφηκε νωρίτερα.

Σχετικά με τον οδοφωτισμό στην περιοχή της γέφυρας επί του αυτ/μου, δεν προβλεπόταν εγκατάσταση ιστών φωτισμού, αλλά προβλέφθηκε εντός των πεζοδρομίων, όπως προαναφέρθηκε, η τοποθέτηση εφεδρικών σωλήνων (PE Φ90) για πιθανή μελλοντική ηλεκτροδότηση της γέφυρας.

Στη συνέχεια της εργασίας, ακολουθεί η περιγραφή της διαδικασίας μεταφοράς, ανέγερσης και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων δοκών, από τις θέσεις κατασκευής τους, πάνω στις κεφαλοδοκούς των βάθρων της γέφυρας.

Πλάνο ανέγερσης δοκών

Για την ανέγερση και τοποθέτηση των προκατασκευασμένων δοκών επί των κεφαλοδοκών, συντάχθηκε πλάνο ανέγερσης, με το οποίο καθορίστηκαν οι ακριβείς θέσεις των γερανών και τα επίπεδα εργασίας τους, ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν εντός των ορίων τους σε σχέση με τα ύψη και τα φορτία που καλούνται να σηκώσουν.

Οι **Γερανοί** που χρησιμοποιήθηκαν για την ανέγερση των δοκών ήταν οι **LTM 1500-8.1** και **LTM 1300-6.1**. Οι υπολογισμοί της ακτίνας λειτουργίας του ύψους και του φορτίου που μπορεί να παραλάβει ο κάθε γερανός, έγιναν με βάση τα τεχνικά εγχειρίδια και τα αντίστοιχα διαγράμματα και πίνακες του καθενός, σε συνδυασμό με το βάρος των δοκών, όπως απεικονίζεται και στα αντίστοιχα σχήματα του **Παραρτήματος Γ**.

Η προκατασκευή των δοκών, πραγματοποιήθηκε σε συγκεκριμένους χώρους, πλησίον της περιοχής των ακροβάθρων Α1, Α2 και του μεσόβαθρου Μ3, γεγονός που καθόρισε, ανάλογα με τη θέση τοποθέτησής τους επί των ανοιγμάτων του καταστρώματος, τη χρήση ή όχι, **ειδικών λαστιχοφόρων γερανογεφυρών** («**Ελέφαντες**»), για τις απαραίτητες μετακινήσεις των δοκών. Έτσι, στο άνοιγμα Μ3-Α2, η τοποθέτηση των δοκών έγινε με απευθείας ανύψωση, ενώ στα υπόλοιπα ανοίγματα, απαιτήθηκε η μεταφορά των δοκών από τους χώρους προκατασκευής τους, στην εκάστοτε θέση, με τα παραπάνω ανυψωτικά μέσα.

Οι δοκοί κατά την τοποθέτηση τους σταθεροποιήθηκαν, με χιαστί μεταξύ τους ράβδους οπλισμού, ελάχιστης διατομής Φ25. Για τον παραπάνω λόγο τοποθετήθηκαν στις μετώπες των δοκών από τέσσερα βλήτρα ελάχιστης διατομής Φ28. Για την άμεση στήριξη των ακραίων δοκών τοποθετήθηκαν κατάλληλα «βλήτρα», κατά την κατασκευή των κεφαλοδοκών.

Αναλυτικότερα, η ανέγερση των προεντεταμένων - προκατασκευασμένων δοκών, σχεδιάστηκε όπως παρακάτω:

Δοκοί:

- Μήκος: 29.00m
- Ύψος: 2.03m
- Βάρος: 80.00tn (max)

Εξοπλισμός:

- LIEBHER LTM 1500-8.1 για την ανέγερση των δοκών.
- LIEBHER LTM 1300-6.1 για την ανέγερση των δοκών.
- Δύο «Ελέφαντες» (λαστιχοφόροι μεταφορείς) για τις μετακινήσεις των δοκών.

Βήματα - Στάδια ανέγερσης:

1ο. Ανέγερση δοκών του ανοίγματος Μ3 – Α2 (**Σχήμα 36**.

- Η προκατασκευή των δοκών έγινε εκατέρωθεν του βάθρου Μ3, σε θέσεις που δεν απαιτείται η μεταφορά τους για την ανέγερση.
- Ο γερανός LIEBHER LTM 1500-8.1, στήνεται πίσω από το ακρόβαθρο Α2, σε θέση που του επιτρέπει να τοποθετήσει όλες τις δοκούς.
- Ο γερανός LIEBHER LTM 1300-6.1, στήνεται πίσω από το μεσόβαθρο Μ3, για να τοποθετήσει τις τρεις δοκούς που είναι δεξιά της γέφυρας και στη συνέχεια μετακινείται αριστερά σε νέα θέση, για να τοποθετήσει τις υπόλοιπες πέντε δοκούς που είναι αριστερά της γέφυρας.

2ο. Ανέγερση δοκών του ανοίγματος Μ2 – Μ3 (**Σχήμα 37**).

- Η προκατασκευή των δοκών έγινε στη περιοχή προκατασκευής, μετά από το ακρόβαθρο Α2.
- Οι γερανοί στήνονται σε θέσεις, που τους επιτρέπουν να τοποθετήσουν όλες τις δοκούς χωρίς μετακίνηση.
- Οι δοκοί μεταφέρονται από τον χώρο προκατασκευής, με χρήση των Ελεφάντων, δίπλα στους γερανούς ανέγερσης.

3ο. Ανέγερση δοκών του ανοίγματος Μ1 – Μ2 (**Σχήμα 38**).

- Η προκατασκευή των δοκών έγινε στη περιοχή προκατασκευής, μετά από το ακρόβαθρο Α2.
- Ο γερανός LIEBHER LTM 1500-8.1, στήνεται πίσω από το βάθρο Μ1 σε θέση που του επιτρέπει να τοποθετήσει όλες τις δοκούς.
- Ο γερανός LIEBHER LTM 1300-6.1, χρειάζεται να στηθεί, κοντά στο βάθρο Μ2, σε τρεις διαφορετικές θέσεις διαδοχικά, ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση των δοκών του ανοίγματος. Απαιτήθηκε η επίχωση τμήματος του ποταμού για να στηθεί ο γερανός στις κατάλληλες θέσεις.
- Οι δοκοί μεταφέρονται από τον χώρο προκατασκευής, με χρήση των Ελεφάντων, δίπλα στους γερανούς ανέγερσης.

4ο. Ανέγερση δοκών του ανοίγματος Α1 – Μ1 (**Σχήμα 39**).

- Η προκατασκευή των δοκών έγινε στη περιοχή προκατασκευής πριν από το ακρόβαθρο Α1.
- Ο γερανός LIEBHER LTM 1500-8.1 στήνεται δίπλα στο βάθρο Μ1 σε θέση που του επιτρέπει να τοποθετήσει όλες τις δοκούς.
- Ο γερανός LIEBHER LTM 1300-6.1 στήνεται πίσω από το ακρόβαθρο Α1 σε θέση που του επιτρέπει να τοποθετήσει όλες τις δοκούς.
- Οι δοκοί μεταφέρονται από τον χώρο προκατασκευής, με χρήση των Ελεφάντων, δίπλα στους γερανούς ανέγερσης.

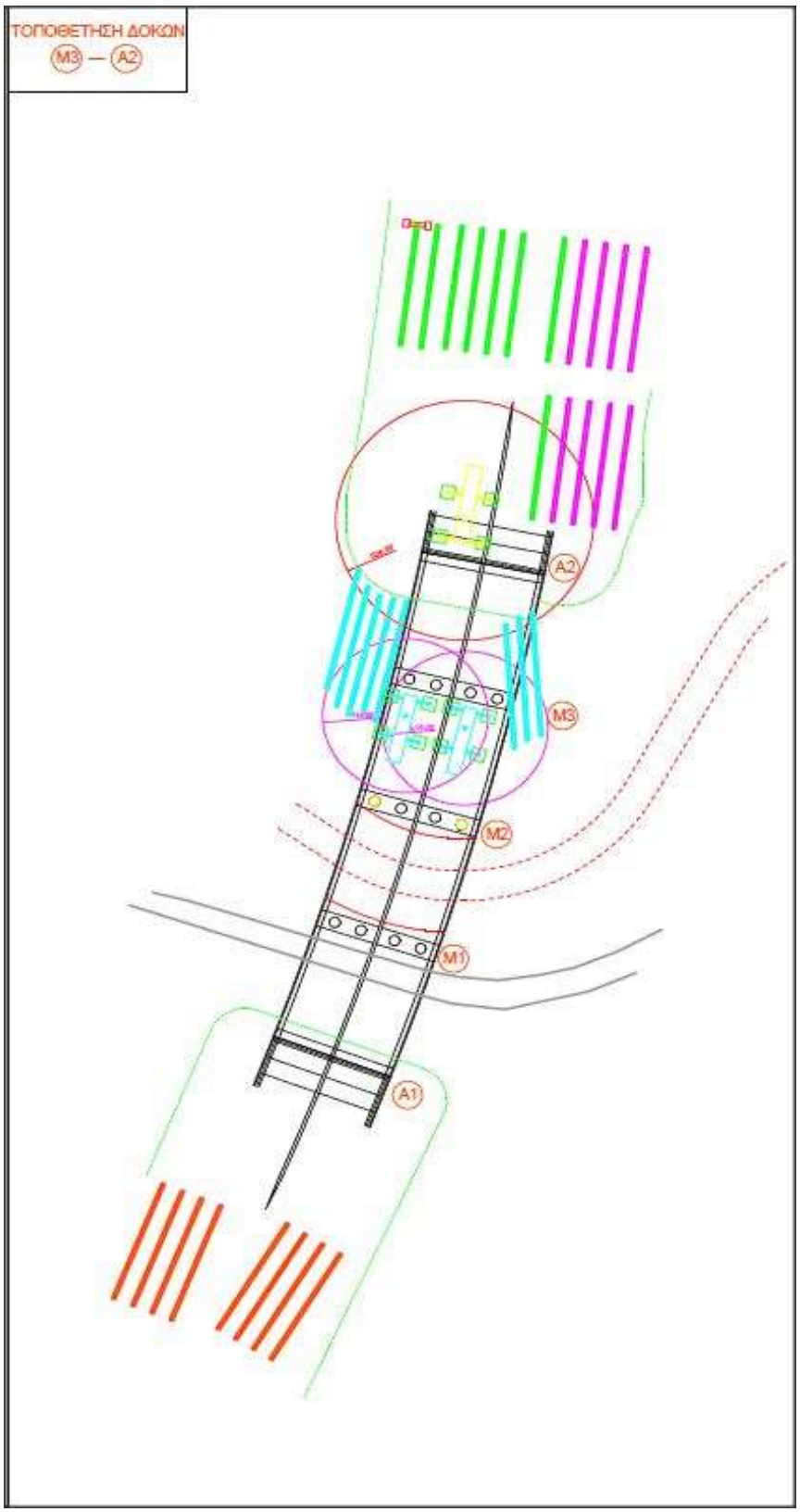
Εν ολίγοις:

- Στις εργασίες της 1ης Φάσης, τοποθετήθηκαν οι 4x2=8 δοκοί των δύο ανοιγμάτων και στους δύο κλάδους, από το μεσόβαθρο Μ3 έως το ακρόβαθρο Α2, οι οποίες κατασκευάστηκαν δίπλα από το χώρο ανέγερσης και τοποθετήθηκαν στην θέση τους, χωρίς μεταφορά.
- Στις εργασίες της 2ης Φάσης, τοποθετήθηκαν οι 4x2=8 δοκοί των άλλων δύο ανοιγμάτων και στους δύο κλάδους, από το Μεσόβαθρο Μ2 έως το μεσόβαθρο Μ3, οι οποίες χρειάστηκε να μεταφερθούν με τους «Ελέφαντες», από τον διαθέσιμο χώρο πίσω από το ακρόβαθρο Α2, όπου και κατασκευάστηκαν, στο σημείο ανέγερσης.
- Στις εργασίες της 3ης Φάσης, τοποθετήθηκαν οι 4x2=8 δοκοί των δύο ανοιγμάτων και στους δύο κλάδους, από το Μεσόβαθρο Μ1 έως το μεσόβαθρο Μ2, οι οποίες μεταφέρθηκαν με τους «Ελέφαντες», επίσης από τον διαθέσιμο χώρο πίσω από το ακρόβαθρο Α2, όπου και κατασκευάστηκαν, στο σημείο ανέγερσης.

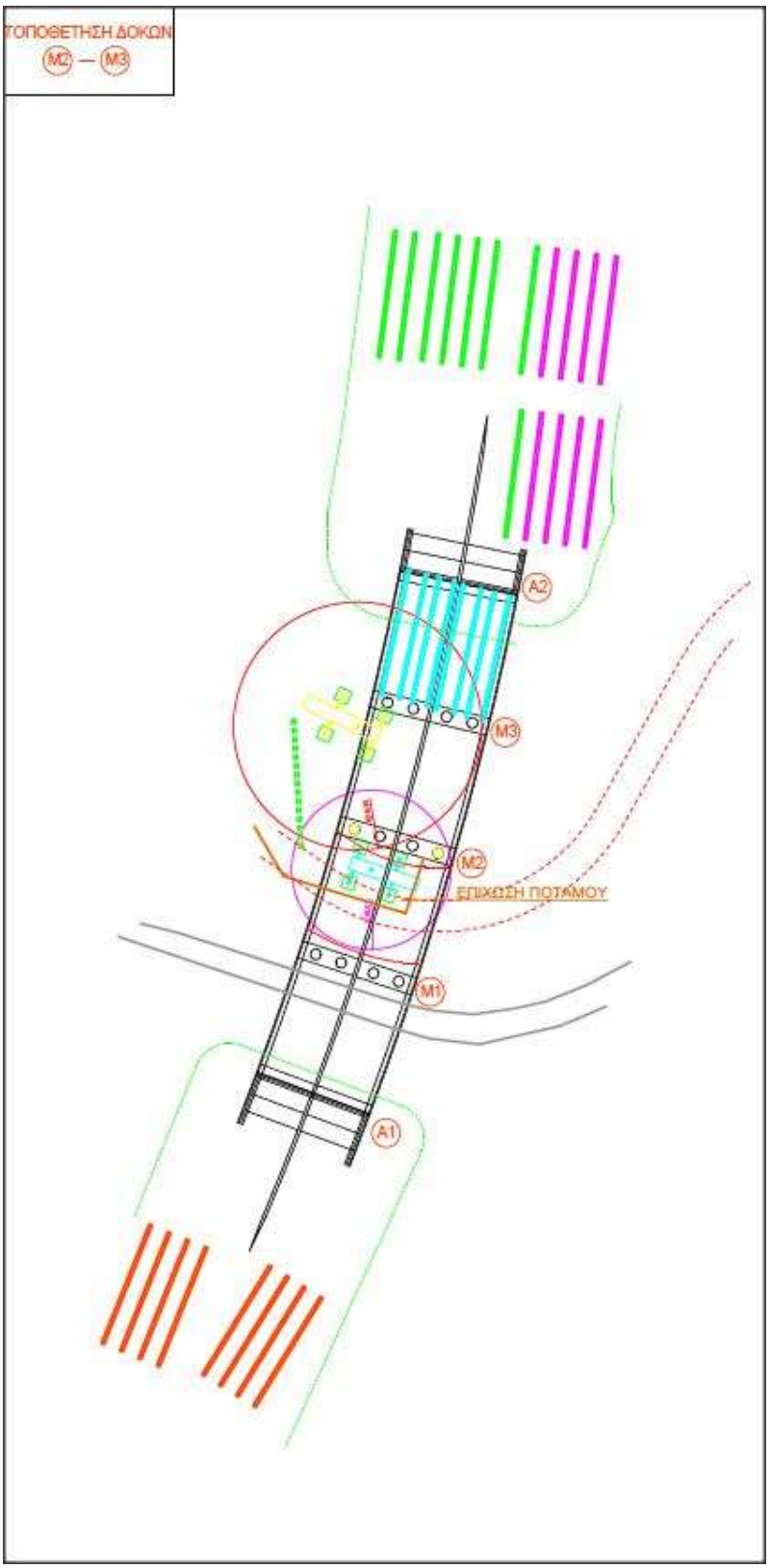
  Η προσωρινή επίχωση του ρέματος, που πραγματοποιήθηκε για τη διαμόρφωση κατάλληλου δαπέδου εργασίας, για την τοποθέτηση και λειτουργία του ενός γερανού, άρθηκε μετά το πέρας των εργασιών και αποκαταστάθηκε η κοίτη του ρέματος.
- Στις εργασίες της 4ης Φάσης, τοποθετήθηκαν οι 4x2=8 δοκοί των τελευταίων δύο ανοιγμάτων και στους δύο κλάδους, από το Ακρόβαθρο Α1 έως το μεσόβαθρο Μ1, οι οποίες και αυτές με τη σειρά τους, χρειάστηκε να μεταφερθούν με τους «Ελέφαντες», από τον χώρο κατασκευής τους, πίσω από το ακρόβαθρο Α1, στο σημείο ανέγερσης.

Σημειώνεται ότι, σε κάθε φάση, ταυτόγχρονα με την ανέγερση των δοκών, τοποθετήθηκαν στα δύο κάτω άκρα τους, τα τμήματα των εφεδράνων (κάτω πλάκα και ελαστομεταλλικό παρέμβλημα) και εδράστηκαν επί των αντίστοιχων κεφαλοδοκών, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή τους, σε προϋπάρχουσες οπές αναμονής, οι οποίες λίγο πριν την έδραση, πληρώθηκαν με μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία πάκτωσης.

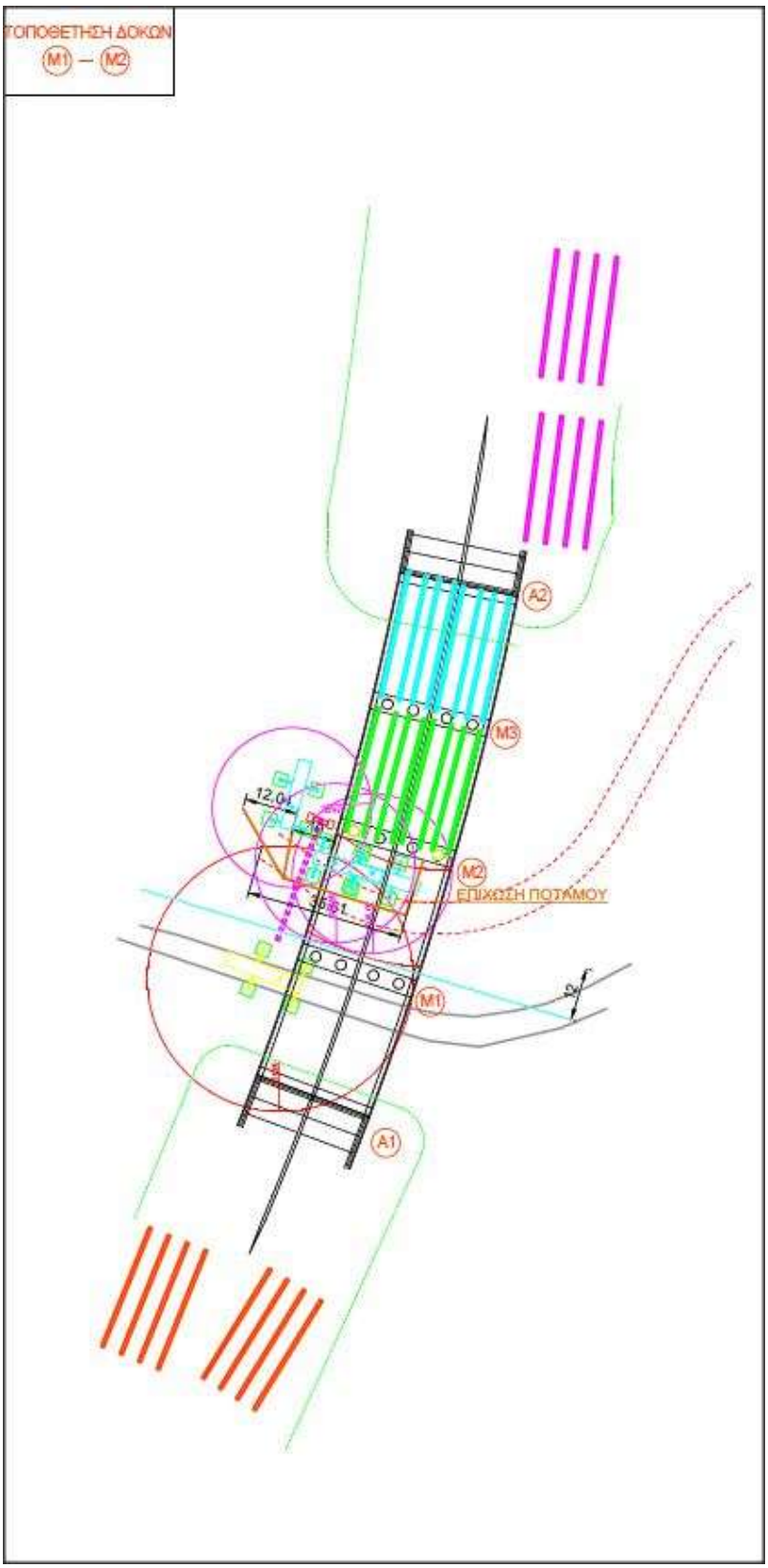
Η παραπάνω διαδικασία μεταφοράς, ανέγερσης και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων δοκών της γέφυρας Χαβά, σε όλες τις φάσεις της, απεικονίζεται λεπτομερώς στα σχήματα που ακολουθούν.



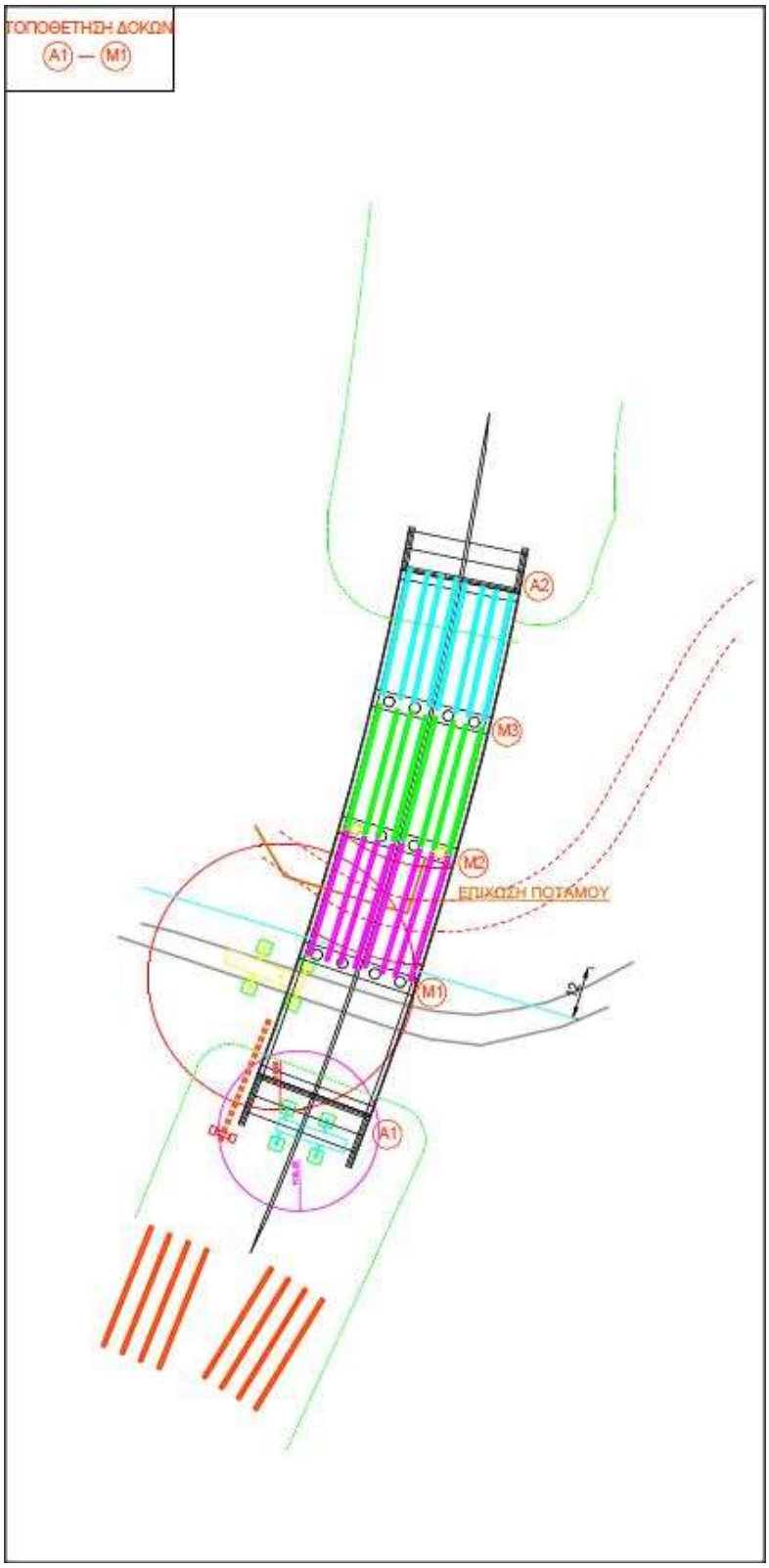
Σχήμα 36. 1ο Στάδιο Ανέγερσης



Σχήμα 37. 2ο Στάδιο Ανέγερσης



Σχήμα 38. 3ο Στάδιο Ανέγερσης



Σχήμα 39. 4ο Στάδιο Ανέγερσης

Στη συνέχεια, όπως έχει περιγραφεί και σε προηγούμενη ενότητα, κατασκευάστηκαν οι διαδοκίδες στο ύψος των δοκών, πάνω από τα μεσόβαθρα και ακολούθησε η τοποθέτηση των προκατασκευασμένων προπλακών, εκατέρωθεν των διαδοκίδων.

Τέλος, έγινε η τοποθέτηση του σιδηρού οπλισμού της πλάκας και αφού πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι έλεγχοι στα υψόμετρα, έγινε η τελική σκυροδέτηση της πλάκας του καταστρώματος για όλα τα ανοίγματα διαδοχικά.

Ακολουθεί χαρακτηριστικό Φωτογραφικό Υλικό από τη διαδικασία μεταφοράς, ανέγερσης και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων δοκών, από τους «Ελέφαντες» και τους ανυψωτικούς Γερανούς, ενώ χαρακτηριστικά αποσπασματικά Βίντεο, με την ακολουθούμενη διαδικασία που εφαρμόστηκε και η οποία περιγράφηκε αναλυτικά προηγουμένως, μπορεί κανείς να παρακολουθήσει στους ακόλουθους συνδέσμους:

- *https://www.youtube.com/watch?v=RI0UwF_NuRo*
- *https://www.youtube.com/watch?v=cy7KZb_edqY*

Εικόνα 46. Γέφυρα G029_Στάδια ανέγερσης δοκού (Άνοιγμα Μ1-Μ2)

Εικόνα 47. Γέφυρα G029_Έδραση δοκού επί κεφαλοδοκού βάθρου

3.4 Αποτελέσματα ανάλυσης

Οπως προκύπτει από την παραπάνω ανάλυση, για την κατασκευή της γέφυρας Χαβά, ακολουθήθηκε η ενδεδειγμένη μεθοδολογία κατασκευής γέφυρας με προ-κατασκευασμένες δοκούς, αλλά με εμφανή την επιρροή των επι τόπου συνθηκών, τόσο στην μεθοδολογία όσο και στον χρόνο κατασκευής.

Συγκεκριμένα, οι μορφολογικές, γεωτεχνικές και υδραυλικές συνθήκες της περιοχής χωροθέτησης της γέφυρας, επέβαλαν την εφαρμογή μεθόδων σταθεροποίησης των καθιζήσεων του εδάφους και διαχείρισης των υδάτων του ρέματος και επηρέασαν σημαντικά τον τρόπο θεμελίωσης της γέφυρας.

Η τελική επιλογή των μεθόδων αντιμετώπισης των παραπάνω συνθηκών, όπως περιγράφηκαν αναλυτικότερα στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε με κριτήριο τον περιορισμό της επιρροή τους, τόσο στην χρονική διάρκεια όσο και στο κόστος κατασκευής της γέφυρας.

Αναλυτικότερα, τα μέτρα που εφαρμόστηκαν λόγω των επί τόπου συνθηκών και που επηρέασαν χρονικά και οικονομικά την κατασκευή της γέφυρας του ρέματος Χαβά, σε σχέση με μια αντίστοιχη γέφυρα προκατασκευασμένων δοκών ίδιων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, είναι:

- Η προφόρτιση του εδάφους πριν την θεμελίωση της γέφυρας, για την αντιμετώπιση των καθιζήσεων του εδάφους της περιοχής.
- Η ενίσχυση της θεμελίωσης των ακροβάθρων της γέφυρας, με πασσάλους.
- Τα απαραίτητα έργα διευθέτησης και προστασίας της κοίτης του ρέματος Χαβά, κάτωθεν της γέφυρας.
- Η απαιτούμενη προσαρμογή της υφιστάμενης επαρχιακής οδού και η εφαρμογή κυκλοφοριακής ρύθμισης για την κατασκευή τμήματος της γέφυρας, όπως και η αποκατάστασή της στην αρχική της μορφή, μετά το πέρας των εργασιών.
- Ο σχεδιασμός προσαρμοσμένου πλάνου μεταφοράς και ανέγερσης των προκατασκευασμένων δοκών, με τη διαμόρφωση κατάλληλων χώρων προκατασκευής και προσωρινής αποθήκευσης των προκατασκευασμένων δοκών, σε συγκεκριμένες θέσεις, αλλά και την εξασφάλιση κατάλληλων χώρων εργασίας των γερανών και των «ελεφάντων».

Συμπερασματικά, τον βασικότερο παράγοντα επιρροής του χρόνου κατασκευής και ολοκλήρωσης της γέφυρας Χαβά, αποτέλεσε ο απαιτούμενος χρόνος προφόρτισης του εδάφους, πριν την θεμελίωση της γέφυρας, για την σταθεροποίηση των καθιζήσεων του εδάφους της περιοχής.

Σχετικά με τη μεθοδολογία κατασκευής, οι περιορισμένοι, λόγω μορφολογίας, διαθέσιμοι χώροι κατασκευής και αποθήκευσης των προκατασκευασμένων δοκών, πριν την μεταφορά και τοποθέτησή τους με χρήση «Ελεφάντων» και Γερανών, επηρέασαν την αλληλουχία των εργασιών κατασκευής του φορέα.

Τέλος, η ενίσχυση της θεμελίωσης των ακροβάθρων της γέφυρας με πασσάλους, όπως και τα έργα διευθέτησης και προστασίας της κοίτης του ρέματος Χαβά, ήταν εκείνα που προκάλεσαν αύξηση στο κόστος κατασκευής της γέφυρας.

4. Συμπεράσματα

Η Γέφυρα του ρέματος Χαβά, της παρούσας εργασίας, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα κατασκευής γέφυρας με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών, εξυπηρετώντας την διέλευση του Αυτ/μου της Ιόνιας Οδού, πάνω από το υφιστάμενο ρέμα Χαβάς και την τοπική οδό της περιοχής.

Η μέθοδος της προκατασκευής των δοκών, κρίθηκε ως η πλέον κατάλληλη, κυρίως λόγω του μειωμένου χρόνου κατασκευής, πετυχαίνοντας ικανοποιητική ταχύτητα στην διαδικασία κατασκευής του φορέα της ανωδομής, αλλά και εξασφαλίζοντας οικονομία, λόγω της μη χρήσης ικριωμάτων. Παράλληλα, σημαντικό λόγο προτίμησης, αποτέλεσε και η ελάχιστη επίπτωση των εργασιών κατασκευής της γέφυρας, με την εν λόγω μέθοδο, στην υφιστάμενη κυκλοφορία του τοπικού δικτύου, αλλά και το περιβάλλον.

Γενικότερα, οι απαιτήσεις των σύγχρονων συγκοινωνιακών έργων για την κατασκευή γεφυρών σε περιοχές ανομοιόμορφης/μη ομαλής εδαφικής μορφολογίας ή σε περιοχές με ανάγκες προσπέλασης υδάτινων και άλλων άκαμπτων εμποδίων, σε συνδυασμό με την επιδίωξη για μειωμένους χρόνους κατασκευής και βελτιστοποίηση του κόστους, καθιστούν τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής γεφυρών, μη υλοποιήσιμες και ασύμφορες.

Για το λόγο αυτό, αναπτύχθηκαν οι «μηχανοποιημένες» μέθοδοι κατασκευής γεφυρών, όπως η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών, όπου η χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων σε συνδυασμό με την συμμετοχή ειδικού εξοπλισμού, οδηγεί στην επίλυση των ζητημάτων που προκύπτουν από τις επί τόπου συνθήκες.

Ωστόσο, η εφαρμογή της μεθόδου, καλείται να προσαρμοστεί στις επί τόπου, κατά περίπτωση, συνθήκες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν χρονικά, οικονομικά, αλλά και ως προς την ίδια την εφαρμογή της μεθόδου, την διαδικασία κατασκευής μιας γέφυρας.

Μέσα από την ανάλυση της μελέτης περίπτωσης, προκύπτει ότι, οι γεωτεχνικές και γεωλογικές συνθήκες στην περιοχή χωροθέτησης ενός τεχνικού, μπορεί να απαιτήσουν την εφαρμογή πρόσθετων μέτρων ενίσχυσης της θεμελίωσής του (προφόρτιση εδάφους, φρεατοπάσσαλοι, οπλισμένα επιχώματα κ.α.). Επίσης, σε περιπτώσεις υδάτινου κωλύματος (ποτάμι, ρέμα, θαλάσσιος δίαυλος κ.α.), κάτωθεν της γέφυρας, αναγκαία κρίνεται η εφαρμογή μέτρων διευθέτησης και προστασίας της κοίτης του,

διαμορφώνοντας κατάλληλα επενδεδυμένη διατομή (συνήθως με λιθορριπή, λιθόδεμα ή συρματοκιβώτια-στρώμνες), εξασφαλίζοντας παράλληλα την συνεχή και ομαλή λειτουργία του. Τέλος, ο διαθέσιμος χώρος για την κατασκευή και μεταφορά των δοκών, μέχρι την τοποθέτησή τους, επί των βάθρων της γέφυρας, καθορίζει το πλάνο της όλης διαδικασίας μεταφοράς και ανέγερσης των δοκών, επηρεάζοντας τις πορείες μεταφοράς των δοκών από τους μεταφορείς («Ελέφαντες»), στις τελικές ή προσωρινές θέσεις εναπόθεσης, όπως και τις θέσεις εγκατάστασης των ανυψωτικών Γερανών, για τον απαιτούμενο συντονισμό τους στη διαδικασία ανύψωσης. Ειδικά σε περίπτωση υδάτινου εμποδίου, για τη δημιουργία του επιθυμητού δαπέδου έδρασης και κυκλοφορίας, ίσως απαιτηθεί η προσωρινή εν μέρει επίχωσή του.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ζαγαρά, Ε. (2010). *Διαχείριση της κατασκευής γεφυρών με τη μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών. Εφαρμογή του MS Project και σύγκριση τεχνικών παρακολούθησης και εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης της κατασκευής.* (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Θεοδωρακόπουλος, Δ., Μπούσιας, Ε. & Γιαννόπουλος, Π. (2008). *Τεχνική της Κατασκευής: Ανάλυση και Σχεδιασμός Κατασκευών* (Τόμος Α'). Πάτρα: ΕΑΠ.

Καλοφωλιάς, Α. & Τζάμος, Θ. (2003). *Οικονομικά Τεχνικών Έργων: Σχεδιασμός και Εκτίμηση Έργων* (Τόμος Β'). Πάτρα: ΕΑΠ.

Λιακοπούλου, Σ. (2018). *Κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με προκατασκευή, με έμφαση στις προκατασκευασμένες γέφυρες* (Πτυχιακή Εργασία). ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος, Πάτρα.

Μπισκίνης, Δ. (2016). *Γεφυροποιία: Είδη Γεφυρών και Μέθοδοι Κατασκευής.* Πάτρα: ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος.

Παντουβάκης, Π. (2003). *Διαχείριση Τεχνικών Έργων*. Αθήνα: ΕΜΠ.

Παπαευθυμίου, Ι. (2011). *Διαχείριση της κατασκευής προκατασκευασμένων γεφυρών* (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Σιγάλας, Ι. (2005). *Εισαγωγή στη Γεφυροποιία: Κατασκευή Γεφυρών με χρήση Προκατασκευασμένων Δοκών.* Αθήνα: ΕΜΠ.

Χασιάκος, Α. & Θεοδωρακόπουλος, Δ. (2003). *Οικονομικά Τεχνικών Έργων: Χρονικός και Οικονομικός Προγραμματισμός Έργων* (Τόμος Γ'). Πάτρα: ΕΑΠ.

Μητρώο γεφυρών Ιόνιας Οδού: Εργοτάξιο Αμφιλοχίας («ΤΕΡΝΑ Α.Ε.»).

Φωτογραφικό αρχείο Γέφυρας Μενιδίου, Γέφυρας «Κακαβάκια» και Γέφυρας Χαβά Ιόνιας Οδού: Πισπιρίγκος Γ. (Προσωπικό αρχείο).

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Aitken, J. (2008). Fifth Street Pedestrian Plaza Bridge. *Aspire magazine, 2,* 22-24.

Chen, W. & Duan, L. (2014). *Bridge Engineering Handbook: Construction and Maintenance*. Florida, USA: CRC Press.

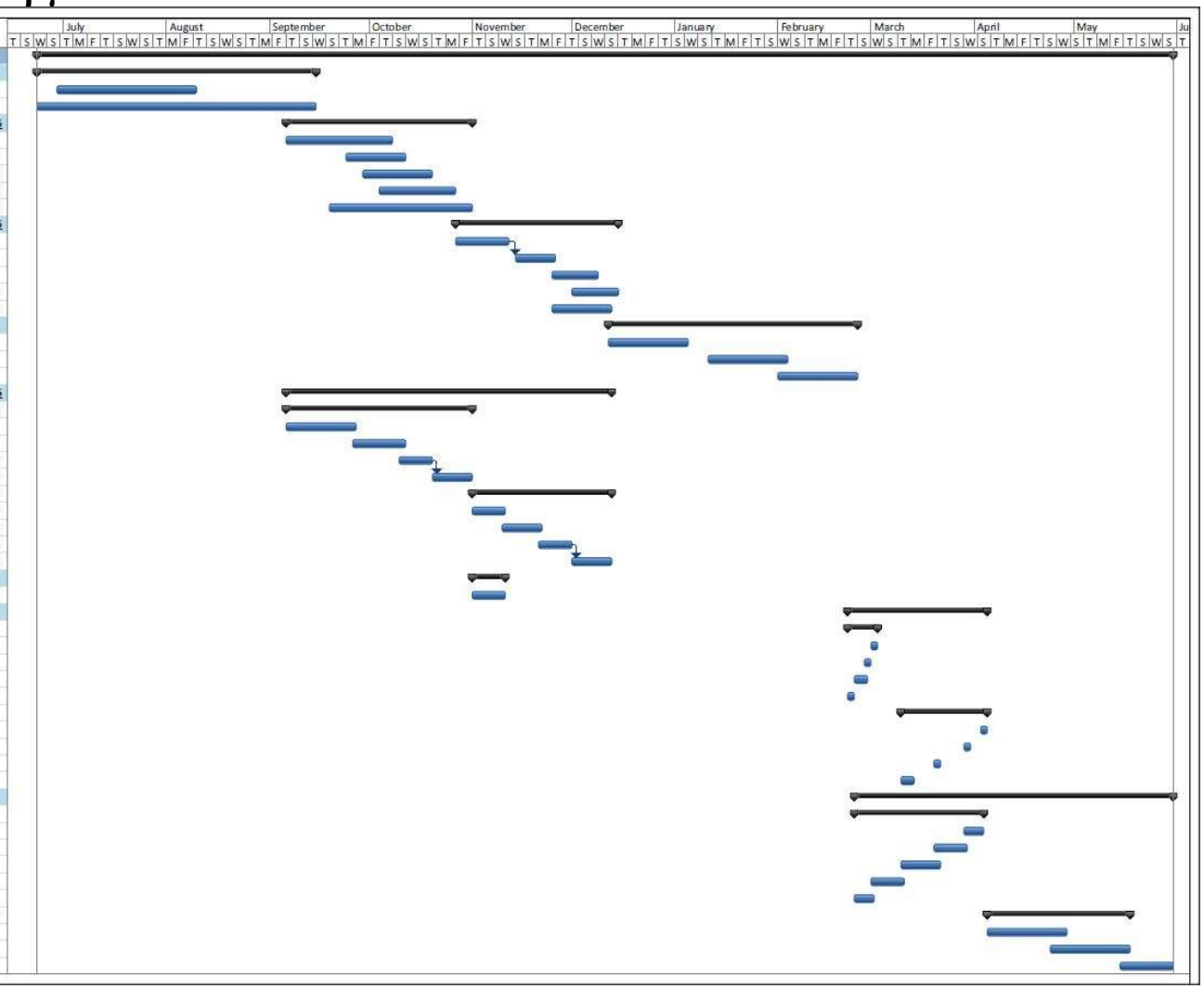
Fib CEB-FIP, bulletin 29 (2004). Precast concrete Bridges. *State-of-art report*.

Khan, M. (2014). *Accelerated Bridge Construction: Best Practices and Techniques*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

Kim S., E. (2002). *Precast concrete structures.* Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.

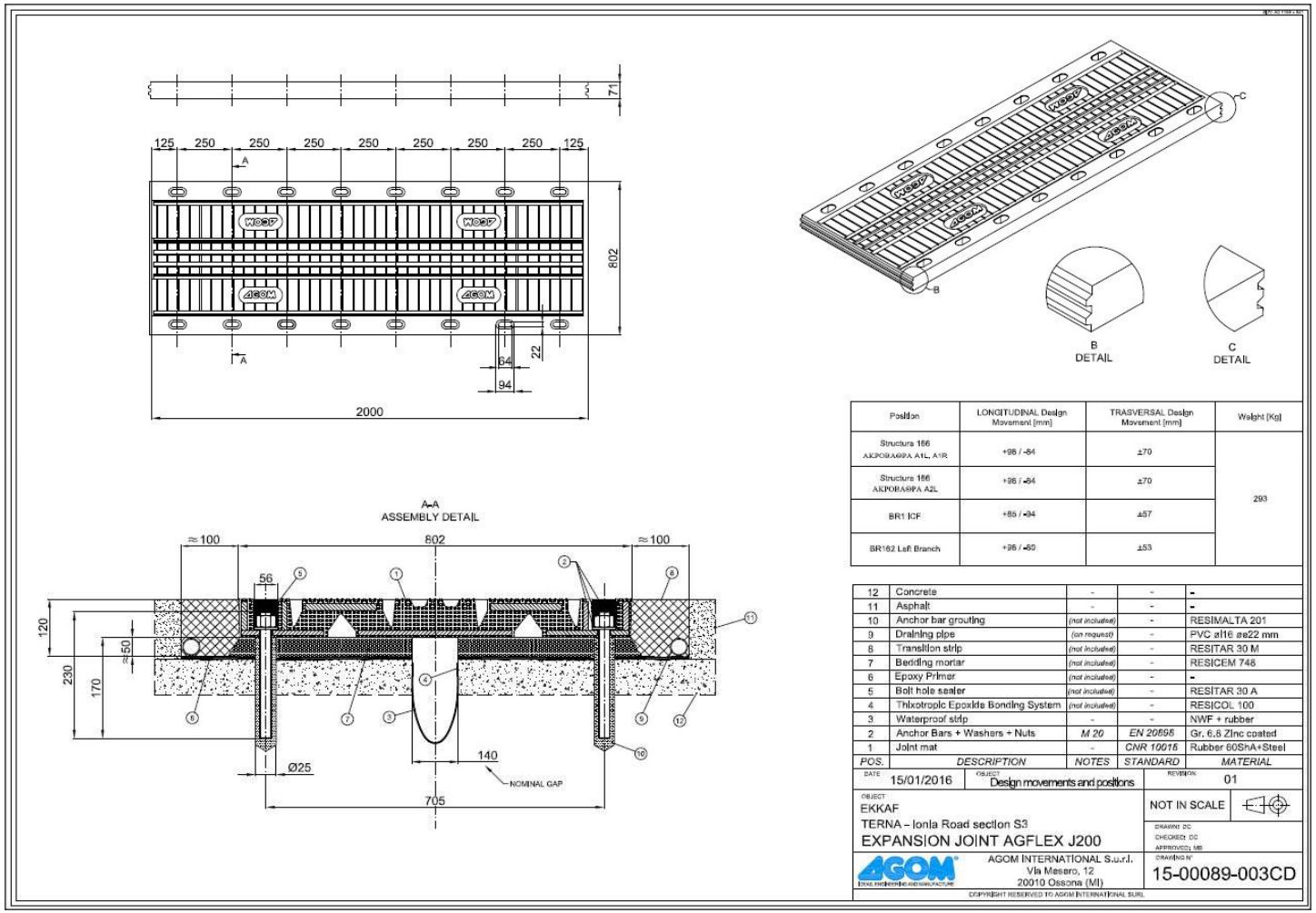
Παράρτημα Α: Χρονοδιάγραμμα Έργου

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	G029 ΓΕΦΥΡΑ	245 days	Thu 23/6/16	Tue 30/5/17
2	ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗ	60 days	Thu 23/6/16	Wed 14/9/16
3	ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗ Α1	30 days	Wed 29/6/16	Tue 9/8/16
4	ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗ Α2	60 days	Thu 23/6/16	Wed 14/9/16
5	ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ	41 days	Tue 6/9/16	Mon 31/10/16
6	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α1Α & Α1Δ	25 days	Tue 6/9/16	Fri 7/10/16
7	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ1Α & Μ1Δ	13 days	Sat 24/9/16	Tue 11/10/16
8	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ2Α & Μ2Δ	15 days	Thu 29/9/16	Wed 19/10/16
9	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ3Α & Μ3Δ	17 days	Tue 4/10/16	Wed 26/10/16
10	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α2Α & Α2Δ	32 days	Mon 19/9/16	Mon 31/10/16
11	ΚΟΛΩΝΕΣ ΜΕΣΟΒΑΘΡΩΝ & ΑΚΡΟΒΑΘΡΑ	35 days	Thu 27/10/16	Wed 14/12/16
12	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α1Α & Α1Δ	12 days	Thu 27/10/16	Fri 11/11/16
13	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ1Α & Μ1Δ	10 days	Mon 14/11/16	Fri 25/11/16
14	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ2Α & Μ2Δ	10 days	Fri 25/11/16	Thu 8/12/16
15	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ3Α & Μ3Δ	10 days	Thu 1/12/16	Wed 14/12/16
16	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α2Α & Α2Δ	12 days	Fri 25/11/16	Mon 12/12/16
17	ΚΕΦΑΛΟΔΟΚΟΙ ΜΕΣΟΒΑΘΡΩΝ	55 days	Mon 12/12/16	Fri 24/2/17
18	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ1Α & Μ1Δ	18 days	Mon 12/12/16	Wed 4/1/17
19	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ2Α & Μ2Δ	18 days	Wed 11/1/17	Fri 3/2/17
20	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ3Α & Μ3Δ	18 days	Wed 1/2/17	Fri 24/2/17
21	ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	71 days	Tue 6/9/16	Mon 12/12/16
22	ΔΟΚΟΙ	41 days	Tue 6/9/16	Mon 31/10/16
23	ΑΝΟΙΓΜΑ Α1-Μ1	16 days	Tue 6/9/16	Mon 26/9/16
24	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ1-Μ2	12 days	Mon 26/9/16	Tue 11/10/16
25	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ2-Μ3	8 days	Mon 10/10/16	Wed 19/10/16
26	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ3-Α2	8 days	Thu 20/10/16	Mon 31/10/16
27	ΠΡΟΠΛΑΚΕΣ	30 days	Tue 1/11/16	Mon 12/12/16
28	ΑΝΟΙΓΜΑ Α1-Μ1	8 days	Tue 1/11/16	Thu 10/11/16
29	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ1-Μ2	8 days	Thu 10/11/16	Mon 21/11/16
30	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ2-Μ3	8 days	Mon 21/11/16	Wed 30/11/16
31	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ3-Α2	8 days	Thu 1/12/16	Mon 12/12/16
32	ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ	8 days	Tue 1/11/16	Thu 10/11/16
33	ΔΟΚΟΙ	8 days	Tue 1/11/16	Thu 10/11/16
34	ΑΝΕΓΕΡΣΗ	30 days	Wed 22/2/17	Tue 4/4/17
35	ΔΟΚΟΙ	7 days	Wed 22/2/17	Thu 2/3/17
36	ΑΝΟΙΓΜΑ Α1-Μ1	2 days	Wed 1/3/17	Thu 2/3/17
37	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ1-Μ2	2 days	Mon 27/2/17	Tue 28/2/17
38	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ2-Μ3	2 days	Fri 24/2/17	Mon 27/2/17
39	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ3-Α2	2 days	Wed 22/2/17	Thu 23/2/17
40	ΠΡΟΠΛΑΚΕΣ	18 days	Fri 10/3/17	Tue 4/4/17
41	ΑΝΟΙΓΜΑ Α1-Μ1	2 days	Mon 3/4/17	Tue 4/4/17
42	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ1-Μ2	2 days	Wed 29/3/17	Thu 30/3/17
43	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ2-Μ3	2 days	Mon 20/3/17	Tue 21/3/17
44	ΑΝΟΙΓΜΑ Μ3-Α2	2 days	Fri 10/3/17	Mon 13/3/17
45	ΦΟΡΕΑΣ	68 days	Fri 24/2/17	Tue 30/5/17
46	ΔΙΑΔΟΚΙΔΕΣ	27 days	Fri 24/2/17	Mon 3/4/17
47	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α1Α & Α1Δ	4 days	Wed 29/3/17	Mon 3/4/17
48	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ1Α & Μ1Δ	8 days	Mon 20/3/17	Wed 29/3/17
49	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ2Α & Μ2Δ	8 days	Fri 10/3/17	Tue 21/3/17
50	ΜΕΣΟΒΑΘΡΟ Μ3Α & Μ3Δ	8 days	Wed 1/3/17	Fri 10/3/17
51	ΑΚΡΟΒΑΘΡΟ Α2Α & Α2Δ	4 days	Fri 24/2/17	Wed 1/3/17
52	ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑ	31 days	Wed 5/4/17	Wed 17/5/17
53	ΑΡΙΣΤΕΡΟ	18 days	Wed 5/4/17	Fri 28/4/17
54	ΔΕΞΙΟ	18 days	Mon 24/4/17	Wed 17/5/17
55	ΠΕΖΟΔΡΟΜΙΑ	12 days	Mon 15/5/17	Tue 30/5/17

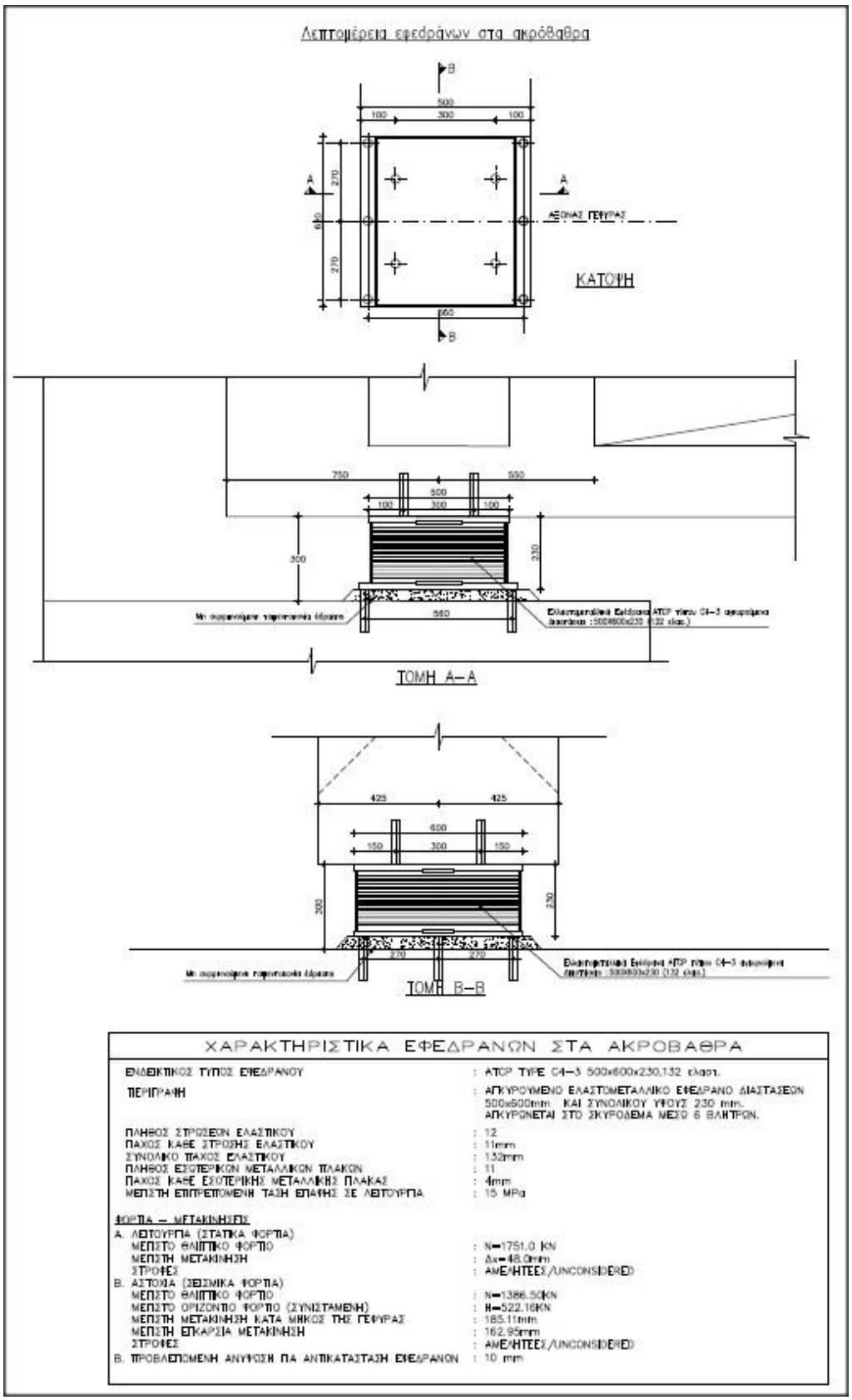


Χρονοδιάγραμμα Έργου

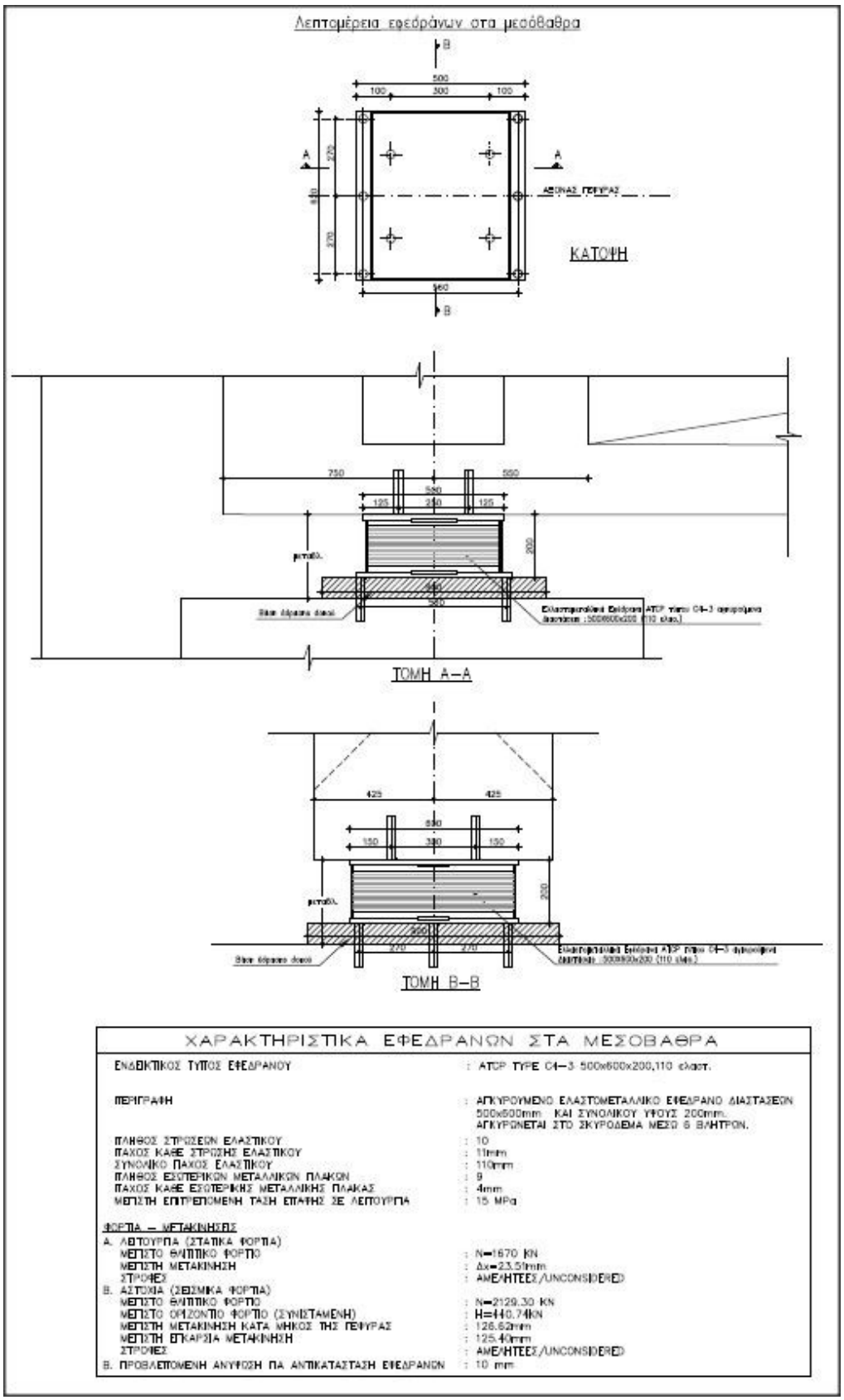
Παράρτημα Β: Κατασκευαστικά σχέδια αρμών και εφεδράνων



Αρμοί καταστρώματος



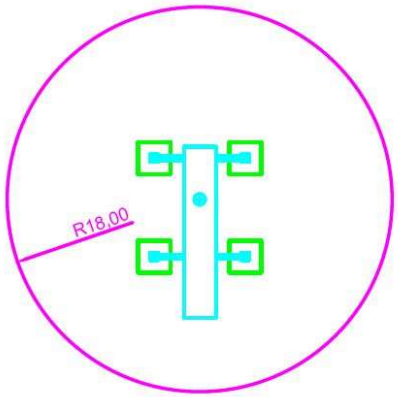
Εφέδρανα Ακροβάθρων



Εφέδρανα Μεσοβάθρων

Παράρτημα Γ: Στοιχεία Ανυψωτικών Γερανών

LIEBHER LTM 1300-6.1



Traglasten am Teleskopausleger
Lifting capacities on telescopic boom
Forces de levage à la flèche télescopique · Portate del braccio telescopico
Tablas de carga con pluma telescópica · Грузоподъемность на телескопической стреле

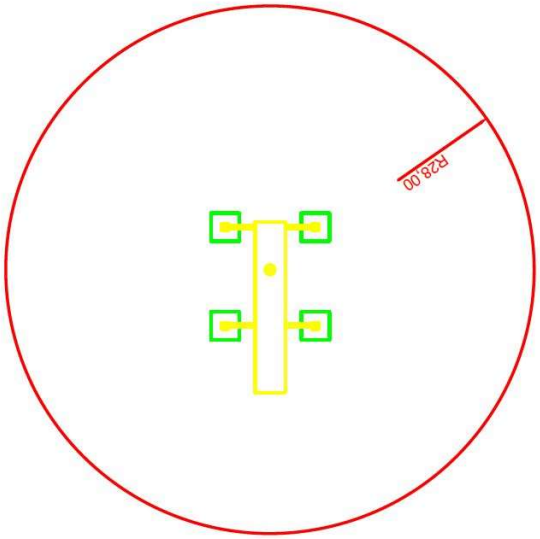
15 m - 60 m · 360° · 112,5 t · DIN ISO

m	15 m	20,2 m	25,4 m	30,5 m	35,7 m	40,9 m	46,1 m	51,2 m	56,4 m	60 m	m
4			152								4
4,5	162	152	152								4,5
5	151	151	142	121							5
6	133	133	128	111	90						6
7	118	118	115	101	83	73					7
8	106	106	104	93	77	68	58				8
9	95	95	94	85	71	63	55	46,5			9
10	87	87	86	79	67	60	52	44,5	37		10
12	73	73	72	67	58	53	46,5	40,5	34	30,5	12
14		62	61	59	52	46,5	41	37	31,5	29	14
16		53	53	52	46,5	41,5	37	33,5	29,4	27	16
18		46,5	46	46,5	42,5	37,5	33,5	30,5	27,2	25,2	18
20			40,5	41	38	34,5	30,5	27,7	25,2	23,5	20
22			36	36,5	35	31,5	27,8	25,3	23,4	21,8	22
24				33	32	28,7	25,6	23,3	21,7	20,2	24
26				29,9	29,6	26,5	23,5	21,6	20,2	18,8	26
28				27,2	27,6	24,4	21,8	20	18,7	17,5	28
30					25,6	22,4	20,3	18,5	17,4	16,4	30
32					23,5	20,9	18,9	17,3	16,2	15,3	32
34						19,6	17,6	16,2	15,2	14,3	34
36						18,4	16,5	15,1	14,3	13,5	36
38						17,3	15,5	14,1	13,4	12,7	38
40							14,6	13,4	12,6	12	40
42							13,8	12,7	11,8	11,3	42
44							11,8	11,9	11,3	10,6	44
46								11,2	10,7	10	46
48								10,7	10,2	9,6	48
50									9,7	9,1	50
52									9,2	8,6	52
54									8,7	8,2	54
56										7,7	56
58										5,4	58

TAB 122047

Ανυψωτική ικανότητα Γερανού **LTM 1300-6.1**

LIEBHER LTM 1500-8.1



Traglasten
Lifting capacities
Forces de levage • Portate
Tablas de carga • Грузоподъемность

T

50 m

16,1 - 50 m T | 360° | 135 t | EN

m	16,1 m [1]	16,1 m [2]	16,1 m	21,3 m	26,5 m	31,7 m	36,9 m	42,1 m	47,3 m	50 m	m
3	500	500	500								3
3,5	400	400	400	272							3,5
4	325	325	325	267	247						4
4,5	274	274	269	263	238						4,5
5	268	262	252	251	231	187					5
6	238	233	223	221	212	171	150				6
7	213	209	199	199	195	158	139	121			7
8	193	189	179	179	178	147	129	113	98		8
9	176	168	162	162	161	138	120	106	93	81	9
10	161	150	147	147	146	130	112	100	88	76	10
12	133	124	123	124	122	111	98	88	80	69	12
14	113	105	105	106	104	99	87	79	72	62	14
16				92	90	89	78	71	64	56	16
18				80	79	79	71	63	58	52	18
20				66	71	70	63	57	53	47	20
22					63	62	59	53	48,5	42,5	22
24					57	56	55	49,5	44	38,5	24
26						50	50	46	41	35,5	26
28						46	46	43	38	33	28
30						42	42	40,5	35,5	30,5	30
32							38,5	37	33	27,9	32
34							35,5	34,5	31	26,3	34
36								32,5	29,4	24,7	36
38								30,5	27,9	23,3	38
40								28,6	26,4	21,9	40
42									24,9	20,6	42
44									23,5	19,4	44
46									18	18,2	46
48										17	48

[1] nach hinten, 165 t Ballast · over rear, 165 t counterweight · en arrière, contrepoids de 165 t · sul posteriore, zavorra 165 t hacia atrás, contrapeso 165 t · назад, противовес 165 t
[2] nach hinten · over rear · en arrière · sul posteriore · hacia atrás · при выдвинутой назад стреле

TAB 221355 / 221357 / 221360

Ανυψωτική ικανότητα Γερανού **LTM 1500-8.1**

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.