

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΕΙΔΗ ΓΕΦΥΡΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: ΒΛΑΧΟΥ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ  
ΚΟΝΤΑΛΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ  
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2023

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο <Είδη γεφυρών οπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος και μέθοδοι κατασκευής> εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αισθανόμαστε την υποχρέωση να ευχαριστήσουμε ορισμένους από τους ανθρώπους που γνωρίσαμε, συνεργαστήκαμε μαζί τους και έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην εκπόνησή της.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή και διδάκτορα του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών κ. Μπισκίνη Διονύσιο για την ανάθεση του θέματος, το ενδιαφέρον του, τις πολύτιμες συμβουλές του και την άμεση ανταπόκριση του, καθώς και για το χρόνο που διέθεσε για τη διεκπεραίωση της εργασίας αυτής.

Τέλος, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις βαθύτερες ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας για την οικονομική και ηθική υποστήριξη κατά την διάρκεια των σπουδών μας.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γεφυροποιία υπό την έννοια της ένωσης δύο σημείων μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται εμπόδιο αποτελεί την αρχαιότερη ίσως κατασκευαστική δραστηριότητα του ανθρώπου.

Οι δυσκολίες που διέπουν την μελέτη και την κατασκευή μίας γέφυρας πριν την εξέλιξη της τεχνολογίας, εκφράζονται χαρακτηριστικά στις λαϊκές αφηγήσεις και θρύλους.

Στη σημερινή εποχή, παρά τα σύγχρονα μέσα και υλικά, η γεφυροποιία εξακολουθεί να είναι απαιτητική δραστηριότητα, ενώ παράλληλα δίνεται σημαντική έμφαση στην οικονομικότητα της κατασκευής.

Τέλος, για αυτούς τους λόγους, αποτελεί βασικό πεδίο της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού στο οποίο τυγχάνει η έρευνα και η καινοτομία των επιμέρους γνωστικών πεδίων.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο έρευνας τα κυριότερα είδη γεφυρών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα καθώς επίσης και τις βασικότερες μηχανοποιημένες μεθόδους που χρησιμοποιούνται ευρέως σε μελέτες και κατασκευές γεφυρών ανά το κόσμο. Κατόπιν της απαραίτητης ιστορικής αναδρομής, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στις βασικότερες μεθόδους οι οποίες είναι:

- Μέθοδος Προβολοδόμησης
- Μέθοδος Σταδιακής Προώθησης
- Μέθοδος Προωθούμενου Φορείου
- Μέθοδος Προκατασκευασμένων Σπονδύλων

Στην συνέχεια, η εργασία προχωρά στην ανάλυση της μεθοδολογίας καθεμίας εκ των ανωτέρω μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής. Συνεπώς, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους καθώς επίσης και οι εφαρμογές τους.

Η άριστη γνώση αυτών των μεθόδων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ολόπλευρη και σε βάθος μελέτη γεφυρών και παραμένει θεμέλιος λίθος για την σωστή υλοποίηση τους.

Τέλος, η βαθύτερη γνώση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους μας βοηθάει να οδηγηθούμε στην ορθή επιλογή της καταλληλότερης κάθε φορά μηχανοποιημένης μεθόδου, η οποία θα ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες και τις ιδιομορφίες του εκάστοτε έργου και περιοχής.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

|   |    |
|---|----|
| • ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....  | 2  |
| • ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....   | 3  |
| • ΠΕΡΙΛΙΨΗ .....  | 4  |
| • 1. ΓΕΦΥΡΑ .....   | 7  |
| • 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ .....                                    | 7  |
| • 1. 2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....  | 9  |
| • 1.2.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ.....   | 9  |
| • 1.3. Υλικά κατασκευής γεφυρών και τεχνολογία προέντασης .....         | 13 |
| • 1.4. Βασικά υλικά υλοποίησης προεντεταμένου σκυροδέματος .....        | 15 |
| • 1.5. Συνθετα υλικά.....   | 17 |
| • 1.7. Καλωδιωτές Γέφυρες .....   | 22 |
| • 1.8. Δικτυωτές Γέφυρες.....   | 24 |
| • 1.9. Τοξωτές Γέφυρες.....   | 25 |
| • 1.10. Επιλογή Φέροντος Συστήματος .....                               | 27 |
| • 1.11. Τμήματα της Γέφυρας .....                                       | 27 |
| • 1.13. Αντισεισμικός σχεδιασμός .....                                  | 29 |
| • 2. Μέθοδοι Κατασκευής.....  | 30 |
| • 2.1. Εισαγωγή.....  | 30 |
| • 2.2. Μηχανοποιημένες Μέθοδοι Κατασκευής Γεφυρών .....                 | 30 |
| • 2.3. Κριτήρια επιλογής μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής φορέων..... | 31 |
| • 2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΒΟΛΟΔΟΜΗΣΗΣ.....                                       | 33 |
| • 2.4.1 Εισαγωγή.....   | 33 |
| • 2.4.2 Βασικά Χαρακτηριστικά της Μεθόδου.....                          | 34 |
| • 2.4.3 Περιοχή Εφαρμογής.....  | 35 |
| • 2.4.4. Εβδομαδιαίος κύκλος .....                                      | 35 |
| • 2.4.5.Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα .....                             | 36 |

|   |    |
|---|----|
| • 2.4.6. Παραλλαγες της κλασσικής μεθόδου.....                                | 37 |
| • 2.5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ .....                                 | 39 |
| • 2.5.1. Εισαγωγή .....   | 39 |
| • 2.5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....   | 40 |
| • 2.5.3. Σύστημα αμιγούς συναρμολόγησης προκατασκευασμένων<br>στοιχείων ..... | 41 |
| • 2.5.4. Μικτό σύστημα προκατασκευής .....                                    | 43 |
| • 2.5.5. Μικτό σύστημα προκατασκευής με δοκούς σε απόσταση.....               | 48 |
| • 2.5.6. Σύστημα Πλήρους Προκατασκευής.....                                   | 51 |
| • 2.5.7 Ειδική Προκατασκευή.....  | 52 |
| • 2.5.8 Περιοχή και τρόπος εφαρμογής της μεθόδου .....                        | 53 |
| • 2.5.10.Ελάχιστες διαστάσεις προκατασκευασμένων δοκών.....                   | 54 |
| • 2.5.11.Προένταση.....   | 55 |
| • 2.5.12. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα.....                                  | 55 |
| • 2.6. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΩΘΟΥΜΕΝΩΝ – ΑΥΤΟΦΕΡΟΜΕΝΩΝ<br>ΔΟΚΩΝ .....                    | 56 |
| • 2.6.1. Εισαγωγή .....   | 56 |
| • 2.6.4. Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου .....                                  | 60 |
| • 2.6.5. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα .....                                  | 60 |
| • 2.6.6 Ρυθμός Προόδου – Πρόγραμμα εργασιών.....                              | 61 |
| • 2.7. ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΑΔΙΑΚΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ .....                                      | 62 |
| • 2.7.1. Εισαγωγή .....   | 62 |
| • 2.7.2 Βασικά Χαρακτηριστικά της μεθόδου .....                               | 63 |
| • 2.7.3 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου.....                                    | 64 |
| • 2.7.4 Γενική διάταξη του συστήματος .....                                   | 65 |
| • 2.7.5 Καθορισμός μήκους βήματος προώθησης .....                             | 66 |
| • 2.7.6 Προώθηση .....  | 67 |
| • 2.7.7 Εβδομαδιαίος κύκλος εργασιών.....                                     | 68 |
| • 2.7.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Μεθόδου.....                            | 69 |

|  |    |
|--|----|
| • 2.8 Τύποι Φορέων Καταστρώματος Γέφυρας .....         | 71 |
| • 2.8.1 Κριτήρια Επιλογής Φορέα.....                   | 71 |
| • 2.8.2 Ολόσωμη Πλάκα .....                            | 72 |
| • 2.8.3 Πλάκα με κενά.....                             | 72 |
| • 2.8.4 Κιβωτιοειδείς Φορείς.....                      | 74 |
| • 2.9 Εσχάρα Δοκών.....                                | 76 |
| • 2.10 Μηχανοποιημένες μέθοδοι κατασκευής βάθρων ..... | 77 |
| • 2.10.2 Μέθοδος Ολισθάνοντος Ξυλότυπου .....          | 77 |
| • 2.11 Μέθοδος Αναρριχώμενου Ξυλότυπου                 |    |
| • 2) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                                | 83 |
| • 3) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                | 84 |

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.ΓΕΦΥΡΑ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Οι γέφυρες αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά έργα ενός αυτοκινητοδρόμου τόσο από πλευρά τεχνικής δυσκολίας, όσο και οικονομικής βιωσιμότητας. Τα έργα αυτά δεν αποτελούν μόνο κατασκευές που διευκολύνουν τη διάβαση από ποτάμια, θάλασσες, βουνά κ.λπ. αλλά χαρακτηρίζουν επίσης και τη τεχνογνωσία και οικονομική ευμάρεια μιας κοινωνίας σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Παρόλο το μεγάλο βαθμό δυσκολίας στην μελέτη και υλοποίηση έργων αυτής της κλίμακας, τα έργα αυτά θα πρέπει τελικώς να είναι:

- Λειτουργικά
- Στατικώς επαρκή
- Αισθητικώς αποδεκτά και κατάλληλα ενταγμένα στο περιβάλλον
- Κατά το δυνατόν οικονομικά





## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

Αρχαιοελληνική, Κλασσική και Ελληνιστική περίοδος (12ος π.Χ. αιών – 31. π.Χ.)

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ

- 1) Εκφορικό σύστημα με ακατέργαστους αρχικά και αδρομερώς επεξεργασμένους ογκώδεις λίθους αργότερα. Κάλυψη του ελευθέρου ανοίγματος με συνεχώς συγκλίνοντα τοιχώματα (πρωτόλεια εκδοχή της σημερινής προβολοδόμησης)· το κενό στο κέντρο σφραγίζεται με σφηνοειδή λίθο (Καζάρμα) ή οριζόντια λιθόπλακα (Δρακονέρα).



εικόνα 1.2.1 : Γεφυρίδιο (οχετός) Καζάρμας (~1200π.Χ.) (Σ. Σταθόπουλος)



εικόνα 1.2.2: Γέφυρα στην Ελεύθερνα Κρήτης (4ος αιών π.Χ.) Μήκος 9.00m, , πλάτος 5.35m, άνοιγμα =3.83m, συνολικό ύψος=4.60m, ελεύθερο ύψος=1.85m (Σ. Σταθόπουλος)

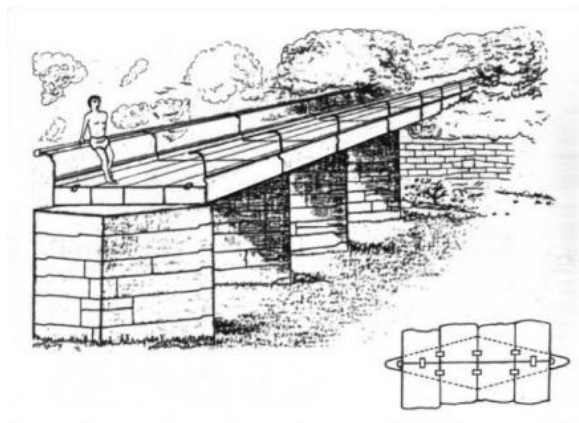
- 2) Γέφυρες ξύλινες, επί ξύλινων πασσάλων, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την γέφυρα Αμφίπολης, στις εκβολές του Στρυμόνα, μήκους 275.00m· η

γέφυρα αναφέρεται στον Θουκυδίδη (Δ103), με την ευκαιρία της μάχης μεταξύ Σπαρτιατών και Αθηναίων το 422π.Χ. Σώζονται 77 δρύινοι πάσσαλοι, κυκλικής και ορθογωνικής διατομής, με πελεκημένες αιχμές και πολλές φορές με σιδερένιο ρύγχος.



εικόνα 1.2.3: Γέφυρες με λίθινα βάρθρα και κατάστρωμα με λιθοδοκούς, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την γέφυρα στην μικρασιατική Άσσο, στην βόρεια ακτή του Αδραμυτικού(Σ.Σταθόπουλος)

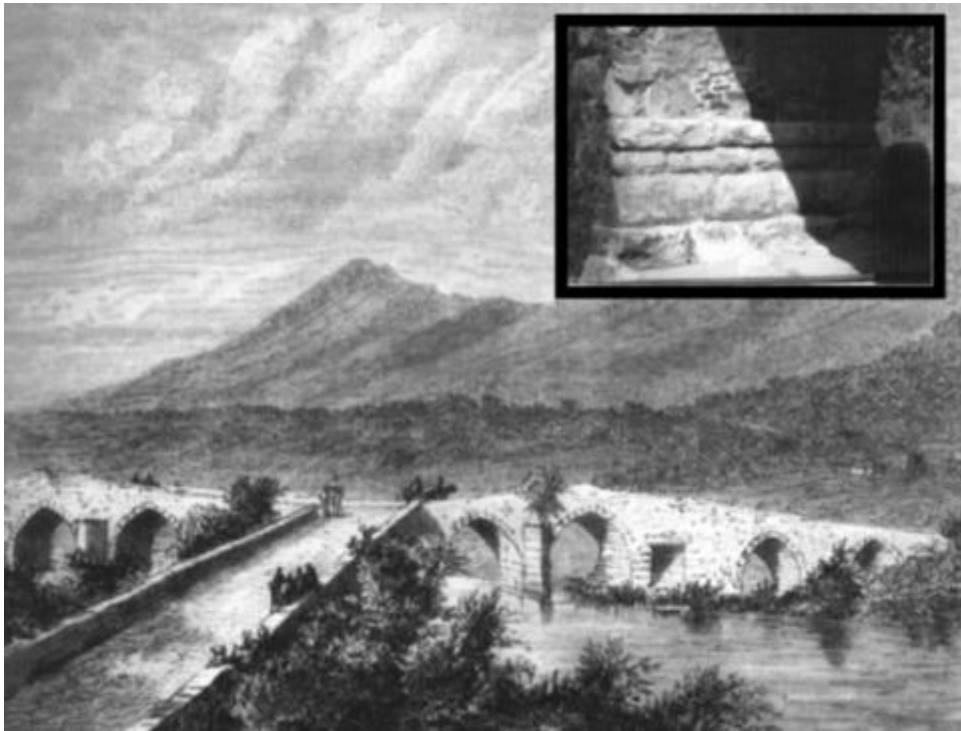
- 3) Γέφυρες με λίθινα βάρθρα και κατάστρωμα με λιθοδοκούς, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την γέφυρα στην μικρασιατική Άσσο, στην βόρεια ακτή του Αδραμυτικού κόλπου, χρονολογούμενη στον 4ο π.Χ. αιώνα. - υδροδυναμικό (ρομβοειδές) σχήμα βάρθρων - αμφιέριστες δοκοί, μήκους 2.70-3.73m, πάχους 0.34m, πλάτους ~ 0.45m.



εικόνα 1.2.4: Γέφυρα με λίθινα βάρθρα και κατάστρωμα με λιθοδοκούς (Σ.Σταθόπουλος)

- 4) Γέφυρες με λίθινα βάρθρα και κατάστρωμα με ξυλοδοκούς, με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την σωζόμενη μερικώς μέχρι και σήμερα

γέφυρα Μαυροζούμαινας, κοντά στην αρχαία Μεσσήνη, χρονολογούμενη στις αρχές του 4ου π.Χ. Αιώνα. - μήκη βραχιόνων ~ 20m - καθαρά ανοίγματα 5.0 ÷ 7.0m - υψηλής εμπειρίας λιθοδομή - ομοιότητες με την γέφυρα Ευφράτη.



εικόνα 1.2.5: Γέφυρα Μαυροζούμαινας (Σ.Σταθόπουλος)

## Ρωμαϊκή και Βυζαντινή περίοδος (31 π.Χ. – 1453 μ.Χ.)

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ

- Θολωτές (ημικυκλικές) λίθινες γέφυρες
- Εφαρμογή χυτής τοιχοποιίας στον πυρήνα των κατασκευών και χρήση ποζουλάνης ως συνδετικού κονιάματος
- Λίθοι ορθογωνισμένοι ή οπτόπλινθοι



εικόνα 1.2.6: Γέφυρα Δούναβη (Απολλόδωρος ο Δαμασκηνός 105 μ.Χ.)  $L > 1100m$  (Σ.Σταθόπουλος)





εικόνα 1.2.7: Η πρωτοβυζαντινή γέφυρα στον ποταμό Afrin στη Συρία (Σ.Σταθόπουλος)

## Οθωμανική περίοδος (1453 μ.Χ. – 1828 μ.Χ.)

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ

Έχουν καταγραφεί στην περίοδο αυτή 431 γέφυρες από τις οποίες οι 155 έχουν καταστραφεί. Κατ' αποκλειστικότητα λίθινες τοξωτές γέφυρες, συνήθως μονότοξες και σπανιότερα πολύτοξες, μικρού πλάτους 3,0 ÷ 4,0m, με έντονα κεκλιμένη στέγη.

Οι ελληνικές γέφυρες διακρίνονται από το ημικυκλικό σχήμα του τόξου, σε αντίθεση προς τις ισλαμίζουσες που διαμορφώνονται οξυκόρυφες. Λόγω του ημικυκλικού σχήματος το ύψος τους ήταν ιδιαίτερα μεγάλο, μέχρι και 20m· το άνοιγμά τους κυμαινόταν μεταξύ 20m και 40m, με μέγιστο καταγεγραμμένο 45m στην, δυστυχώς, ανατιναγμένη γέφυρα Κοράκου στον Αχελώο.

Συνήθης διαμόρφωση τόξων με δύο επάλληλες σειρές πλήρως λαξευμένων λίθων, συμμετρικά δομημένων, τον κορυφαίο θολίτη (κλειδί στο κέντρο). Πλευρικοί τοίχοι επί των τόξων, με λίθους λαξευμένους μόνον εξωτερικά και επίχωση του εσωτερικού με χώμα ή πέτρες. Θεμελίωση στα ορεινά βραχώδη εδάφη απ' ευθείας στον βράχο· ενώ στα μαλακά πεδινά πάνω σε ξύλινους πασσάλους (δρύινους ή από καστανιά).



εικόνα 1.2.8: 3Τοξη Γέφυρα Καλογερίκου (Σ.Σταθόπουλος)

## **Νεοελληνική περίοδος (1828 μ.Χ. – 2010 μ.Χ.)**

### **Περίοδος μεγάλων σιδηροδρομικών έργων**

#### **Περίοδος 1880-1920**

- Γέφυρα Ισθμού Κορίνθου
- Γέφυρα Αχλαδόκαμπου
- Γέφυρα Αλφειού
- Γέφυρα Γοργοποτάμου
- Γέφυρα Ασωπού
- Γέφυρα Μπράλλου
- Γέφυρα Μάναρι

#### **Περίοδος 1950-1970**

##### **Έργα ανασυγκρότησης**

- Γέφυρες Ισθμού Κορίνθου
- Γέφυρα Χαλκίδας
- Γέφυρα Αλιάκμονα
- Γέφυρα Αξιού
- Γέφυρα Τατάρνας
- Γέφυρα Μέγδοβα

#### **Περίοδος 1995-2015**

Οδικά & σιδηροδρομικά έργα νέας γενιάς

- Γέφυρα Ρίου – Αντιρρίου:  $L = 2.860\text{m}$ ,  $\text{max}l = 560\text{m}$
- Γέφυρα Τσακώνας,  $L = 390\text{m}$ ,  $\text{max}l = 300\text{m}$
- Γέφυρα Μετσόβου,  $L = 537,65\text{m}$ ,  $\text{max}l = 235\text{m}$
- Γέφυρα Βοτονοσίου,  $L = 490\text{m}$ ,  $\text{max}l = 230\text{m}$
- Γέφυρα Χαλκίδας,  $L = 700\text{m}$ ,  $\text{max}l = 215\text{m}$

## 1.3 Υλικά κατασκευής γεφυρών και τεχνολογία προέντασης

Τα κυρίαρχα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή γεφυρών, είναι το σκυρόδεμα και ο χάλυβας, ενώ τα τελευταία χρόνια τα σύνθετα υλικά έχουν εισβάλει στον χώρο της γεφυροποιίας, λόγω των βελτιωμένων ιδιοτήτων τους.

Η ανακάλυψη της προέντασης έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της κατασκευής γεφυρών, αφού η τεχνολογία της περιορίζει σημαντικά την μετακίνηση των μελών στα οποία εφαρμόζεται, δίνοντας έτσι σημαντικά πλεονεκτήματα κατά της φάση της κατασκευής όσον αφορά την λειτουργικότητα και την αντοχή.

Έτσι στην εξέλιξη της κατασκευής γεφυρών μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει μία 'πριν την προένταση εποχή' και μία 'μετά την προένταση εποχή'.

### α) Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα έχει υψηλή θλιπτική αντοχή και μικρή αντοχή σε εφελκυσμό. Η μικρή αντοχή σε εφελκυσμό έχει ως αποτέλεσμα να συναντάται στα έργα ως σύνθετο υλικό (οπλισμένο σκυρόδεμα).

Ο Ελληνικός Κανονισμός Σκυροδέματος και ο Ευρωκώδικας 2, καθορίζουν τις εξής κατηγορίες σκυροδέματος:

- C12/15
- C16/20
- C20/25
- C30/37
- C35/45
- C40/50
- C45/55
- C50/60

, σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να προσδιοριστεί η θλιπτική του αντοχή.

Στο Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΦΕΚ1561/Β2/.6.2016), για δημόσια και ιδιωτικά έργα, καθιερώνονται ελάχιστες απαιτήσεις σε σκυρόδεμα, ανάλογα την κατηγορία έκθεσης τους σε διάφορους επιβαρυντικούς παράγοντες, όπως ενανθράκωση, χλωρίωση, ψύξη/απόψυξη.

Τέλος, το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται στη γεφυροποιία είναι υψηλής θλιπτικής αντοχής άνω των 40MPa. Στις γέφυρες μικρού και μεσαίου ανοίγματος, όπου οι διαστάσεις των στοιχείων καθορίζονται περισσότερο από τις απαιτήσεις της λειτουργικότητας, δεν είναι απαραίτητη η χρήση σκυροδέματος υψηλής αντοχής. Εξαιρέση αποτελούν τα βάθρα και οι πυλώνες καθώς υπόκεινται σε υψηλές θλιπτικές δυνάμεις.

## **β) Προένταση**

Η πρώτη εφαρμογή προέντασης στον τομέα της κατασκευής πραγματοποιήθηκε το 1907 από τον E.Freyssinet με την ευκαιρία της απομάκρυνσης της προσωρινής στερέωσης των θολωτών γεφυρών στο Allier με τη χρησιμοποίηση γρύλων τοποθετημένων στα ακρόβαθρα. Η λέξη "προένταση", εμφανίζεται για πρώτη φορά το 1933 στο περιοδικό Science & Industrie.

Με την εφαρμογή της προέντασης γίνεται προσπάθεια αναίρεσης των εφελκυστικών δυνάμεων που μπορεί να προκαλέσουν ρηγμάτωση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων θλιπτικών δυνάμεων που εφαρμόζονται στις διατομές οπλισμένου σκυροδέματος μετατρέποντας το σε ελαστικό υλικό.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το προεντεταμένο σκυρόδεμα έναντι του οπλισμένου είναι η επίτευξη μεγάλων ανοιγμάτων (πχ Γεφυροποιία) και η μείωση της ποσότητας του σκυροδέματος με αποτέλεσμα μείωση του πάχους των πλακών οδοστρωμάτων, καθώς και η αποφυγή ρηγματώσεων με την εξουδετέρωση των δυνάμεων εφελκυσμού.

Η κατηγορίες προέντασης διαφοροποιούνται ως προς:

- το βαθμό προέντασης
- τη πλευρά εφαρμογής τάνσης
- την κατάσταση του σκυροδέματος
- τη σχέση μεταξύ χάλυβα & σκυροδέματος

Στην σημερινή εποχή οι πιο διαδεδομένες κατηγορίες είναι:

1. η προένταση πριν (pro-stress-tensioning)
2. η προένταση μετά (post-tensioning)

### **1.4 Βασικά υλικά υλοποίησης προεντεταμένου σκυροδέματος**

Οι προϋποθέσεις δημιουργίας προεντεταμένου σκυροδέματος αφορούν τις ιδιότητες του σκυροδέματος, τον τύπο των αγκυρώσεων, τις συσκευές προέντασης και τσιμεντενέματος.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα κυριότερα υλικά για τη δημιουργία του προεντεταμένου σκυροδέματος.

## **α)Σκυρόδεμα ιδιαιτέρων απαιτήσεων**

Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι ιδιαιτέρων απαιτήσεων και υψηλής αντοχής και δεν επιτρέπονται οι κατηγορίες C12/15, C16/20, C20/25 (ΕΚΩΣ 2000).

## **β)Χάλυβες προέντασης**

Οι χάλυβες προέντασης είναι ενεργοί οπλισμοί που τοποθετούνται στο σκυρόδεμα και παραμένουν τανυσμένοι σε όλη την διάρκεια ζωής της κατασκευής. Έχουν είτε τη μορφή σύρματος, είτε τη μορφή τένοντα.

Η εφαρμογή χάλυβα υψηλής αντοχής απαιτείται για την αποφυγή φαινομένων ερπυσμού και ξήρανσης του προεντεταμένου σκυροδέματος, αλλά και για τη μείωση της χαλάρωσης (πτώση τάσης υπό σταθερή παραμόρφωση).

## **γ)Αγκυρώσεις**

Οι αγκυρώσεις διακρίνονται σε 3 τύπους:

**Ενεργές αγκυρώσεις:** Είναι οι αγκυρώσεις που επιτρέπουν τη μεταφορά της δύναμης προέντασης στον τένοντα από του υδραυλικούς γρύλους κατά της διάρκεια της τάνυσης.

Οι ενεργές αγκυρώσεις κατασκευάζονται με διαφορετικούς τρόπους για διάφορες εφαρμογές. Αποτελούνται από χαλύβδινη κεφαλή πάνω στην οποία τα συρματόσχοινα ασφαλίζονται με σφήνες ή κοχλίες.

**Σταθερές αγκυρώσεις:** Είναι οι αγκυρώσεις που χρησιμοποιούνται μόνο για την αγκύρωση τενόντων χωρίς να επιτρέπουν την τάνυση τους.

**Ενδιάμεσες αγκυρώσεις:** Αφορά τις αγκυρώσεις όπου η τάνυση γίνεται από ενδιάμεσο μέσο.

## **Συσκευές προέντασης**

**Γρύλοι και αντλίες:** Είναι οι συσκευές που επιτυγχάνουν την τάνυση και την αγκύρωση των τενόντων αμέσως μετά την τοποθέτηση σφηνών, με υψηλή πίεση.



## 1.5 Σύνθετα υλικά

Τα σύνθετα υλικά (composite materials) αποτελούν μια πολύ σημαντική κατηγορία υλικών με ευρύ φάσμα εφαρμογών. Οι ξεχωριστές ιδιότητες που παρουσιάζουν σε σχέση με τα κλασσικά – συμβατικά υλικά τα καθιστούν ιδανικά για πλήθος κατασκευών προσδίδοντάς τους βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα σύνθετα υλικά και η εξέλιξή τους αποτέλεσαν και αποτελούν βασικό παράγοντα στην ανάπτυξη της σύγχρονης τεχνολογίας, γεγονός που τα καθιστά σημαντικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης για τους μηχανικούς

Μπορεί ο χάλυβας και το σκυρόδεμα να αποτελούν τα κυρίαρχα υλικά για τις γέφυρες, ωστόσο τα τελευταία χρόνια υπάρχει σημαντική έρευνα γύρω από τα σύνθετα υλικά, λόγω των βελτιωμένων χαρακτηριστικών τους.

Στα σύνθετα υλικά περιλαμβάνονται τα πολυμερή από άνθρακα (CFRP), από αρμιδίο (AFRP), από γυαλί (GFRP), τα πολυστρωματικά πολυμερή (laminates). Αυτά τα σύνθετα υλικά χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος, υψηλό λόγο αντοχής – βάρους, δυσκαμψίας – βάρους, ενώ συγχρόνως παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε κόπωση και οξείδωση.

Χρησιμοποιούνται για την αντισεισμική ενίσχυση κατασκευών, διότι εκτός από την υψηλή αντοχή και τον υψηλό συντελεστή ελαστικότητας, δεν οξειδώνονται και αλλοιώνονται λιγότερα από τα μέταλλα σε διαβρωτικό περιβάλλον. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε συνεργασία με το τσιμέντο για τη δημιουργία υβριδικών κατασκευών με οπλισμό εξολοκλήρου από ινοπλισμένα πολυμερή.

Στην Ελλάδα, οι πρώτες εφαρμογές των σύνθετων υλικών πραγματοποιήθηκαν κατά τη δεκαετία του 1990 για ενισχύσεις κτιρίων εξαιτίας σεισμών. Επίσης σύνθετα υλικά χρησιμοποιήθηκαν το 2004 στη γέφυρα Ρίου Αντιρρίου για την ενίσχυση των διατμητικών στοιχείων που στηρίζουν τους σεισμικούς μονωτήρες των γεφυρών πρόσβασης.

## 1.6 Ταξινόμηση Γεφυρών

**Ανάλογα με το υλικό κατασκευής οι γέφυρες διακρίνονται στις κάτωθι κατηγορίες:**

- Εύλινες
- Λίθινες
- Από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο, προεντεταμένο)
- Μεταλλικές (χαλύβδινες, αλουμίνιο)
- Σύμμικτες



*εικόνα 1.6.1: Ξύλινη Γέφυρα της Λευκάδας (φωτογραφία από το διαδίκτυο)*



*εικόνα 1.6.2: Λίθινη Γέφυρα Αυλακίου (Σ. Σταθόπουλος)*



*εικόνα 1.6.3: Γέφυρα Από Σκυρόδεμα (Νις) (Σ. Σταθόπουλος)*



*εικόνα 1.6.4: Μεταλλική Γέφυρα Μασσουκίου (Αχελώος) (Σ. Σταθόπουλος)*



*εικόνα 1.6.5: Σύμμικτη Γέφυρα (Ποταμός Λάδωνας) (Σ. Σταθόπουλος)*

**Ανάλογα με τη χρήση του οι γέφυρες διακρίνονται σε:**

- Πεζογέφυρες
- Οδικές
- Σιδηροδρομικές
- Ειδικές Γέφυρες



**Ανάλογα με τη στατική λειτουργία του φορέα ή του φέροντος συστήματος οι γέφυρες διακρίνονται σε:**

- Γέφυρες επιφανειακών φορέων (πλάκες, εσχάρες, πολυκυψελωτές διατομές)
- Γέφυρες φορέων μορφής δοκού (πλακοδοκοί, κυβοτοιχείς, σκαφοειδείς)
- Πλαισιωτές γέφυρες (με κατακόρυφα ή κεκλιμένα βάθρα)
- Τοξωτές γέφυρες
- Καλωδιωτές γέφυρες
- Κρεμαστές γέφυρες



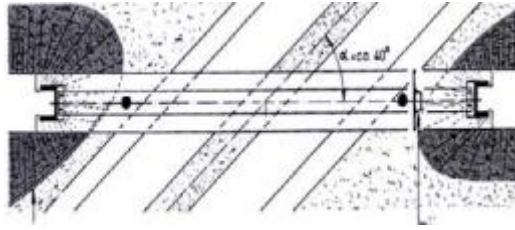
*εικόνα 1.6.6: Πλαισιακός φορέας με κεκλιμένα μεσόβαθρα (φωτογραφία από το διαδίκτυο)*



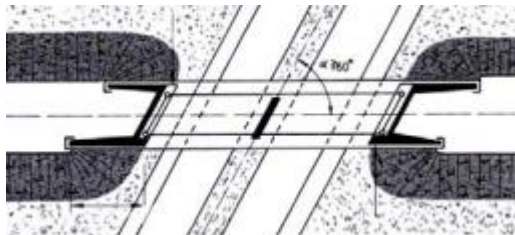
*εικόνα 1.6.7: Πλαισιακός φορέας με κατακόρυφα μεσόβαθρα (φωτογραφία από το διαδίκτυο)*

**Ανάλογα με τη μορφή σε κάτοψη διακρίνονται σε:**

- Ορθές
- Λοξές



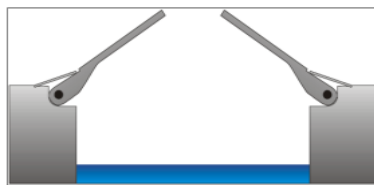
εικόνα 1.6.8: Γέφυρα Ορθή (Κωνσταντινίδης, σημειώσεις)



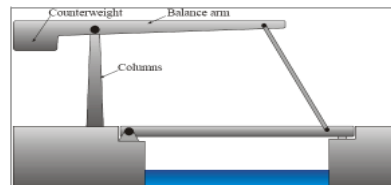
εικόνα 1.6.9: Γέφυρα Λοξή (Κωνσταντινίδης, σημειώσεις)

**Ανάλογα με τη δυνατότητα μετακίνησης οι γέφυρες διακρίνονται σε:**

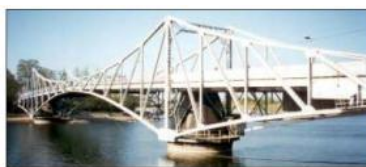
- Σταθερές
- Κινητές (οριζόντια περιστρεφόμενες, περιστροφικά ανυψούμενες, κατακόρυφα ανυψούμενες, κυλιόμενες)



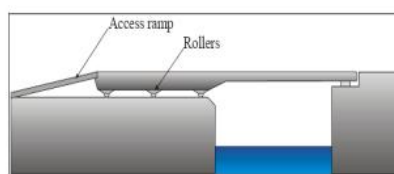
α. Περιστροφικά ανυψούμενη γέφυρα



β. Περιστροφικά ανυψούμενη γέφυρα



γ. Οριζόντια περιστρεφόμενη γέφυρα



δ. Κυλιόμενη γέφυρα

εικόνα 1.6.10: Είδη γεφυρών με δυνατότητα μετακίνησης (Κωνσταντινίδης, σημειώσεις)

**Ανάλογα με τη θέση καταστρώματος σε:**

- **Άνω διάβαση:** Ως άνω διάβαση ορίζεται το τεχνικό έργο με οποιαδήποτε διάταξη ανοιγμάτων που φέρει οδό ή σιδηροδρομική γραμμή πάνω από τη κύρια οδό
- **Κάτω διάβαση:** Ως κάτω διάβαση ορίζεται μια γέφυρα μικρού ανοίγματος που φέρει τη κύρια οδό πάνω από μια δευτερεύουσα οδό.



εικόνα 1.6.11: Άνω Διάβαση Σελιανιτικών (Απρίλιος 2018) (φωτογραφία από διαδίκτυο)



εικόνα 1.6.12: Κάτω διάβαση στη θέση Σαράγια, Δήμος Τρικκαίων (φωτογραφία από διαδίκτυο)

## 1.7 Καλωδιωτές Γέφυρες

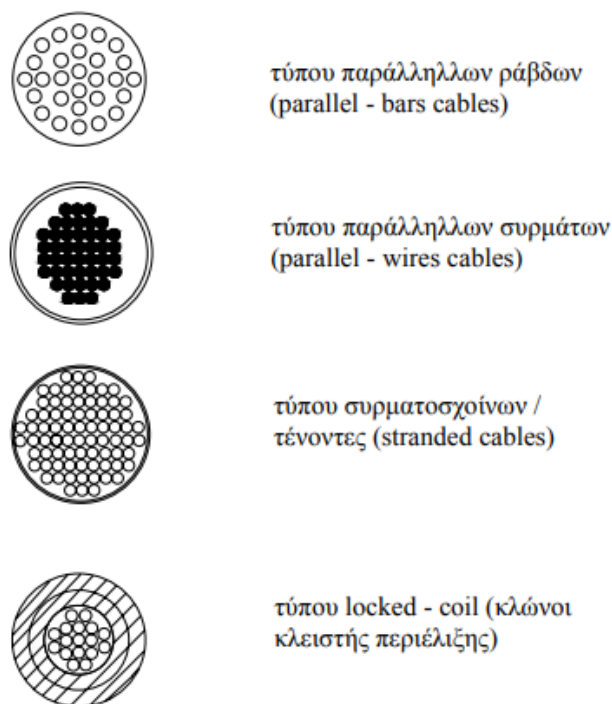
Η κατασκευή καλωδιωτών γεφυρών δεν αποτελεί σύγχρονη σύλληψη. Εδώ και αιώνες ο άνθρωπος ορμώμενος από την πρακτική γνώση του ιδιαίτερου στατικού συστήματος του αναρτώμενου φορέα, έδινε λύσεις χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα μέσα (σχοινιά, κορμούς δέντρων κτλ.). Η διάδοση της χρήσης του χάλυβα στις

κατασκευές, ήταν αυτή που πριν από ένα περίπου αιώνα έδωσε την ώθηση στην κατασκευή καλωδιωτών και κρεμαστών γεφυρών.

Οι καλωδιωτές γέφυρες έρχονται ουσιαστικά να καλύψουν το κενό μεταξύ των κρεμαστών γεφυρών και των συμβατικά κατασκευασμένων γεφυρών. Η οικονομικότητα της κατασκευής μεγιστοποιείται για ανοίγματα της τάξης των 150 - 800 m. Από εκεί και πάνω (>1500m) επιλέγεται συνήθως κρεμαστός φορέας. Το στατικό σύστημα παίζει πρωταρχικό ρόλο. Εδώ οι εξελίξεις στην τεχνολογία των υλικών είναι ο κρίσιμος παράγοντας επιλογής.

### **Καλώδια**

Το βασικό δομικό στοιχείο των καλωδιωτών γεφυρών είναι τα καλώδια. Ολόκληρο το στατικό σύστημα του φορέα σχετίζεται με την δυνατότητα ανάληψης των μόνιμων και κινητών φορτίων του καταστρώματος από τα καλώδια και τη μεταφορά τους στους πυλώνες. Χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι καλωδίων σε γέφυρες αυτής της μορφής. Οι συνήθεις τύποι που χρησιμοποιούνται φαίνονται στο επόμενο σχήμα:



εικόνα 1.7.1: Βασικοί Τύποι Καλωδίων (Ράπη Ιωάννα)

### **Καταστρώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα**

Η χρήση τους στις καλωδιωτές γέφυρες διευρύνθηκε καθώς η τακτική της χρήσης πυκνής καλωδίωσης άρχισε να εφαρμόζεται. Σε σύγκριση με τα χαλύβδινα καταστρώματα, τα καταστρώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν αρκετά υψηλότερο ίδιο βάρος (10 -15 KN/m<sup>2</sup>).



Συνήθως οι δοκοί μορφώνονται ως κιβωτιοειδείς διατομές. Το μέσο πάχος των τοιχωμάτων των κιβωτίων κυμαίνεται γύρω στα 50 cm. Ο λόγος μόνιμων προς κινητών φορτίων είναι βέβαια υψηλότερες απ' ότι στην περίπτωση της χρήσης του χάλυβα.

Οι διατομές είναι δυνατό να προκατασκευαστούν στο εργοτάξιο και να αποκατασταθεί η συνέχειά τους με προένταση αμέσως μετά την σύνδεση με το προηγούμενο μέλος του καταστρώματος. Λόγω του υψηλού ιδίου βάρους του καταστρώματος, η αεροδυναμική συμπεριφορά του φορέα είναι πολύ καλύτερη σε σχέση με τα ελαφρύτερα χαλύβδινα καταστρώματα.



*εικόνα 1.7.2: Η καλωδιωτή γέφυρα του Ευρυπίου(φωτογραφία από το διαδίκτυο)*

## **1.8 Δικτυωτές Γέφυρες**

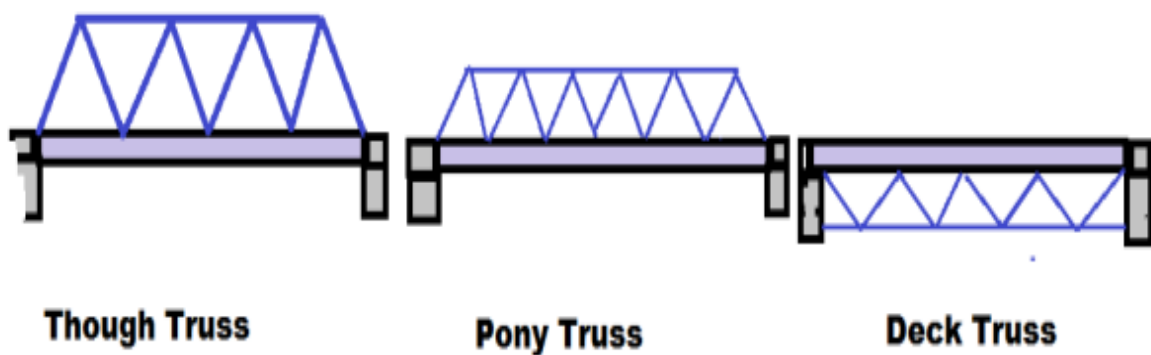
Το δικτύωμα είναι ένα στατικά ορισμένος φορέας, από συνδεδεμένα στοιχεία με τριγωνική διάταξη. Μία γέφυρα η οποία αποτελείται από επαναλαμβανόμενα τέτοια στοιχεία, ονομάζεται δικτυωτή.



Στις γέφυρες αυτού του τύπου τα μέλη του δικτύωματος υπόκεινται κυρίως σε αξονικές δυνάμεις, δηλαδή σε εφελκυσμό και θλίψη.

Οι δικτυωτές γέφυρες χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με τη θέση του καταστρώματος:

- deck truss
- through truss
- pony truss



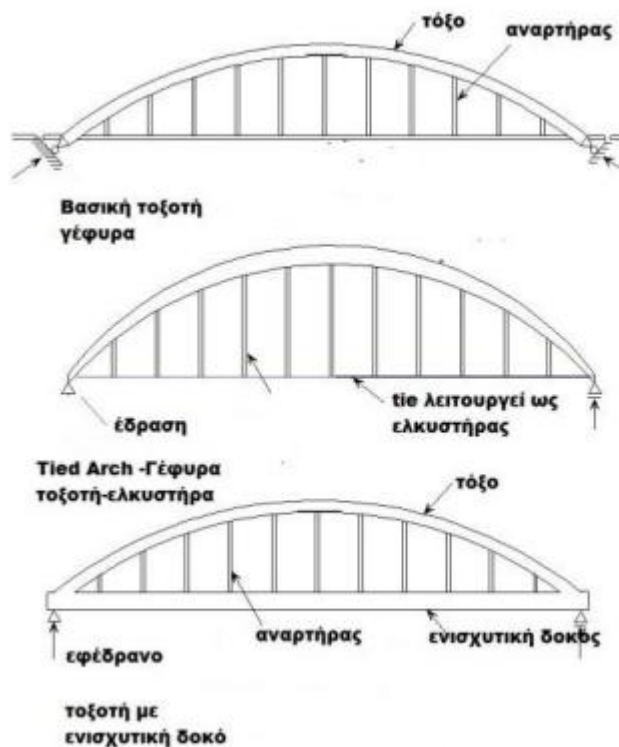
εικόνα 1.8.1: Δικτυωτές Γέφυρες ανάλογα με τη θέση του καταστρώματος (Ιωάννα Ράπτη)

## 1.9 Τοξωτές Γέφυρες

Η λειτουργία τους στηρίζεται στη μεταφορά του φορτίου στις στηρίξεις με θλίψη. Η μεγαλύτερη γέφυρα τόξου είναι η γέφυρα Chaoetianmen πάνω από τον ποταμό Yangtze στην Κίνα, με άνοιγμα 552 μέτρα, και συνολικό μήκος 1741 μέτρα.

Από σχεδιαστικής άποψης, είναι ελκυστικές, και έχουν την ικανότητα να φέρουν σχετικά μεγάλα ανοίγματα, ενώ έχουν μια ποικιλία τύπων με διαφορετική στατική συμπεριφορά. Κατά την επιλογή κάποιου τύπου, πρέπει να εξετασθούν θέματα που αφορούν την μεταφορά, την ανέγερση και την κατασκευή.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, όπου στο πρώτο είναι η βασική τοξωτή γέφυρα με το κατάστρωμα να αναρτάται κατευθείαν από το τόξο με κατακόρυφους αναρτήρες και η ώθηση να μεταφέρεται στην στήριξη. Το τόξο υπόκειται σε κάμψη, διάτμηση και αξονικές δυνάμεις.



εικόνα 1.9.1: Βασικοί Τύποι Τοξωτών Γεφυρών (Ιωάννα Ράπτη)

## 1.10 Επιλογή Φέροντος Συστήματος

Για την επιλογή του καταλληλότερου φέροντος συστήματος για μία γέφυρα εξετάζονται οι εξής παράγοντες:

- Το τοπογραφικό ανάγλυφο
- Τα γεωλογικά και εδαφομηχανικά στοιχεία
- Η μέθοδος κατασκευής
- Τα διατιθέμενα υλικά και η τεχνογνωσία
- Η πρόοδος των υλικών

Βάσει των παραπάνω παραγόντων καθορίζονται:

- Το μήκος της γέφυρας
- Ο αριθμός και το ύψος των μεσόβαθρων
- Το ύψος του φορέα

## 1.11 Τμήματα της γέφυρας

**Μία γέφυρα μπορεί να αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:**

1) Το σύστημα θεμελίωσης, το οποίο μπορεί να είναι:

- Επιφανειακή θεμελίωση
- Επιφανειακή με ανασήκωμα
- Πασσαλοκολώνες
- Πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο
- Φρέατα

## 2) Ακρόβαθρα (Abutments)

- Εδραζόμενο κατάστρωμα με δυνατότητα μετακίνησης
- Σύνδεση του καταστρώματος με το ακρόβαθρο

## 3) Μεσόβαθρα (Piers)

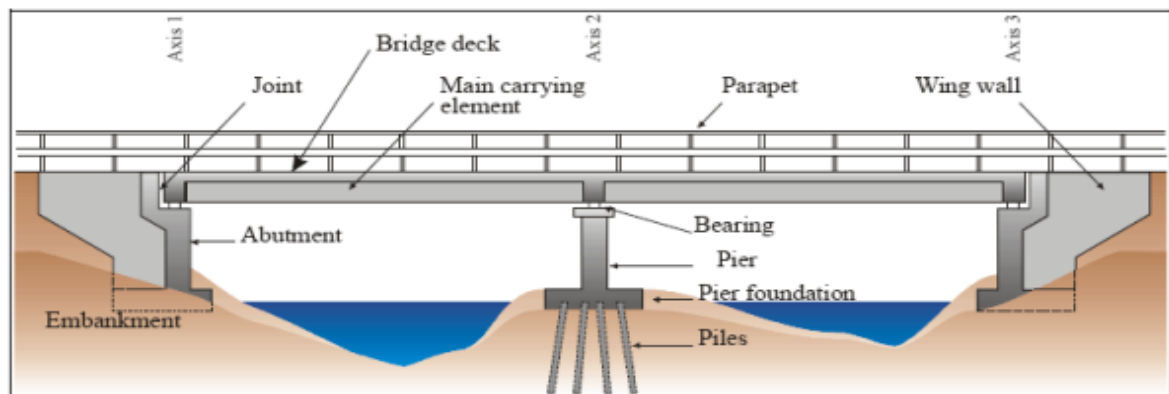
## 4) Κατάστρωμα της ανωδομής (deck)

## 5) Τα εξαρτήματα

- Αρμοί (joints)
- Εφέδρανα (bearings)
- Σηθαία Ασφαλείας (safety barriers or parapets)
- Συσκευές Δυναμικής Εμπλοκής (shock transmission units)
- Σύστημα Αποχέτευσης/Αποστράγγισης (drainage systems)
- Πυλώνες Ηλεκτροφωτισμού (lighting pylons)

## 6) Πτερυγότοιχους (wing walls)

## 7) Επίχωμα (embankment)



εικόνα 1.11.1: Χαρακτηριστική κατά μήκος τομή μιας γέφυρας (Κωνσταντινίδης σημειώσεις)

## 1.12 Κανονισμοί

- Αρχικά και μέχρι τον 1<sup>ο</sup> ΠΠ. οι γαλλικοί κανονισμοί και στον μεσοπόλεμο οι ελβετικοί.
- Μετά το 2<sup>ο</sup> Π.Π. οι αμερικανικοί κανονισμοί AASHO 1944 (για μικρό διάστημα).
- Από τη δεκαετία του 1950 έως και πρόσφατα οι γερμανικοί κανονισμοί σ' όλο το φάσμα των τεχνικών έργων (πλην των σεισμικών δράσεων).
- Σήμερα ισχύουν οι Ευρωκώδικες.

## 1.13 Αντισεισμικός σχεδιασμός

- Αρχικά και μέχρι τη δεκαετία του 1980 με επαύξηση των επιτρεπόμενων τάσεων του σκυροδέματος, του χάλυβα και του εδάφους.
- Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 εφαρμογή σύγχρονων φασματικών αναλύσεων και εισαγωγή νέων εννοιών (συντελεστής σπουδαιότητας, συντελεστής μετελαστικής συμπεριφοράς, περίοδος επαναφοράς κλπ.), αναλύσεις με φυσικά και τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα.
- Εγκύκλιοι ΥΠΕΧΩΔΕ Ε39/93 και Ε39/99.
- Σήμερα ισχύει ο Ευρωκώδικας EN 1998.



(α)



(β)

εικόνα 1.13: Τύποι εφεδράνων: (α) ελαστομεταλλικό εφεδράνο, (β) pot bearing

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

#### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύγχρονες ανάγκες κατασκευής συγκοινωνιακών έργων τις περισσότερες φορές απαιτούν την κατασκευή γεφυρών από σκυρόδεμα σε περιοχές δύσβατες ή πάνω από εμπόδια (πχ σιδηροδρομικοί σταθμοί, θαλάσσιοι δίαυλοι κτλπ.) Παράλληλα είναι συχνή η απαίτηση για σύντμηση του χρόνου κατασκευής στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Οι παραπάνω απαιτήσεις καθιστούν πολλές φορές τις <<συμβατικές μεθόδους>> κατασκευής των γεφυρών (όπως οι μέθοδοι με ικριώματα εδραζόμενα επί του φυσικού ή διαμορφωμένου εδάφους) ασύμφορες ή και αδύνατες. Επίσης είναι πολύ σημαντικό να επισημάνουμε ότι η κατασκευή ικριωμάτων απαιτεί αρκετό χρόνο και αποτελεί επίσης ένα πολύ σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους κατασκευής της γέφυρας.

Η διευρυμένη εφαρμογή των μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής, συνδέεται με την εισαγωγή στην όλη κατασκευαστική διαδικασία ειδικού εξοπλισμού. Οι μέθοδοι αυτές δεν αποτελούν κάτι καινούργιο για τη χώρα μας, αφού μερικές από αυτές τουλάχιστον έχουν εφαρμοσθεί σποραδικά έστω, ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1960.

Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή των Μηχανοποιημένων Μεθόδων αποτελεί η σωστή συνεννόηση μεταξύ μελετητή και κατασκευαστή καθώς επίσης και ο σωστός προγραμματισμός του έργου.

#### 2.2 Μηχανοποιημένες Μέθοδοι Κατασκευής Γεφυρών:

- Μέθοδος Προβολοδόμησης
- Μέθοδος Σταδιακής Προώθησης
- Μέθοδος Προωθούμενου Φορείου
- Μέθοδος Προκατασκευασμένων Σπονδύλων

Κοινά χαρακτηριστικά όλων (σχεδόν) των σε χρήση μεθόδων είναι τα εξής:

α) Κατασκευή των βάθρων σε προηγούμενη φάση

β) Κατασκευή του καταστρώματος κατά τμήματα των οποίων το μέγεθος σε σχέση με το τελικό μέγεθος εμφανίζει τις εξής ποικιλίες:

- Τμήματα πλήρους μήκους (τυπικού ανοίγματος) και μέρους του πλάτους (μέθοδος προκατασκευασμένων δοκών)
- Τμήματα πλήρους πλάτους και μέρους του μήκους (προβολοδόμηση, μέθοδος σταδιακής προώθησης)
- Τμήματα πλήρους πλάτους και πλήρους μήκους (μέθοδος προωθούμενων αυτοφερόμενων δοκών)

Με εξαίρεση την προβολοδόμηση η οποία αναπτύσσεται συμμετρικά περί τον άξονα του εκάστοτε μεσόβαθρου, όλες οι άλλες μέθοδοι προχωρούν (γενικώς γιατί υπάρχουν και εξαιρέσεις) από το ένα ακρόβαθρο προς το άλλο χωρίς παλινδρόμηση.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός έχει συνήθως ειδική χρήση, υπάρχουν όμως περιπτώσεις συνδυασμού (π.χ. μέθοδος προωθούμενων-αυτοφερόμενων δοκών με προβολοδόμηση).

1. Μήκος επιμέρους ανοίγματος και συνολικό μήκος γεφύρωσης
2. Γεωμετρία της χάραξης κατά μήκος και οριζοντιογραφικά

## **2.3 Κριτήρια επιλογής μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής φορέων**

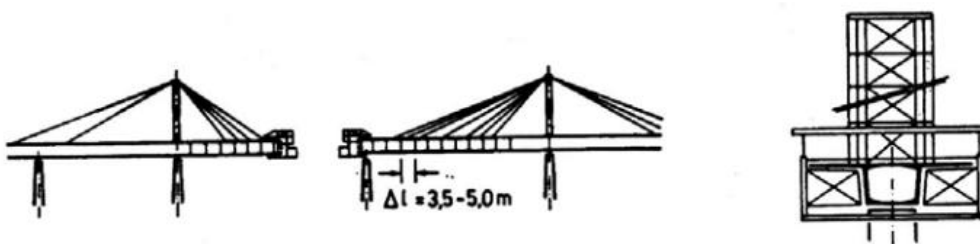
Τα βασικότερα κριτήρια επιλογής της συμφερότερης κατά περίπτωση μεθόδου εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Το μήκος του επιμέρους ανοίγματος και το συνολικό μήκος γεφύρωσης
- Τη γεωμετρία της χάραξης κατά μήκος
- Το κόστος και τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού
- Τη προηγούμενη εμπειρία του μελετητή

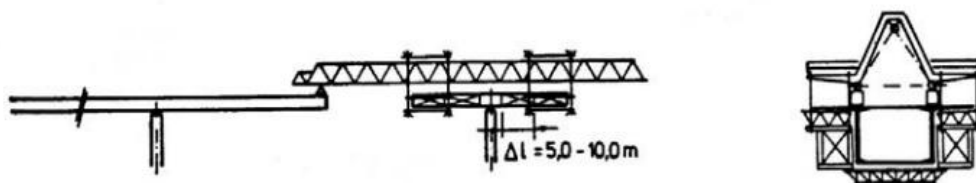
Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά , για κάθε μία από τις προαναφερθείσες μεθόδους, τα όρια εφαρμογής σε συσχετισμό με το μήκος ανοίγματος, το συνολικό μήκος της γέφυρας, καθώς και ο ρυθμός προόδου σε τρέχοντα μέτρα ανά εβδομάδα.

| Α/Α | ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ               | ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ |    |    |    |     |     |     |     | ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ |     |     |     |     | ΡΥΘΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΥ |    |    |    |    |    |    |          |  |
|-----|----------------------------------|------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|----|----|----|----|----|----|----------|--|
|     |                                  | 20               | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180                    | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000           | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | l/m / Wo |  |
| 1   | ΔΟΜΗΣΗ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΟ                |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
|     | ΚΛΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ                  |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
|     | ΜΕ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ             |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
|     | ΜΕ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΥΣ ΔΟΚΟΥΣ            |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
|     | ΣΠΟΝΔΥΛΩΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ             |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
| 2   | ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗ                     |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
| 3   | ΠΡΟΩΘΟΥΜΕΝΟΙ ΑΥΤΟΦΕΡΟΜΕΝΟΙ ΔΟΚΟΙ |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |
| 4   | ΠΡΟΩΘΗΣΗ                         |                  |    |    |    |     |     |     |     |                        |     |     |     |     |                |    |    |    |    |    |    |          |  |

εικόνα 2.3.1: Πεδίο εφαρμογής μηχανοποιημένων μεθόδων



εικόνα 2.3.2: Κλασική Μέθοδος Προβολοδόμησης

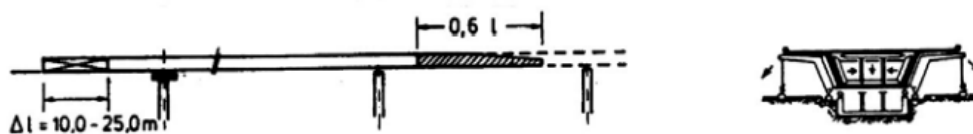


εικόνα 2.3.3: Κλασική Μέθοδος Προβολοδόμησης με τη χρήση βοηθητικών καλωδίων



εικόνα 2.3.4: Κλασική Μέθοδος Προβολοδόμησης με τη χρήση βοηθητικών φορέων





εικόνα 2.3.5: Μέθοδος Προωθούμενων – Αυτοφερόμενων δοκών



εικόνα 2.3.6: Μέθοδος Σταδιακής Προώθησης (nomoskopio)

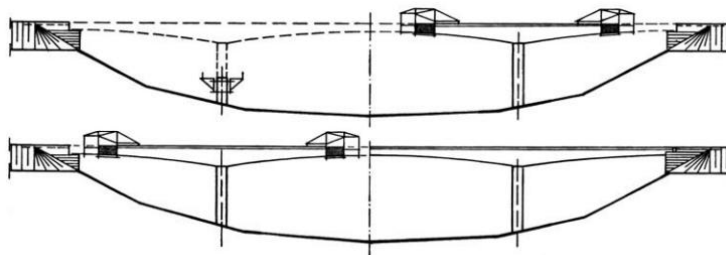
## 2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΒΟΛΟΔΟΜΗΣΗΣ

### 2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος της προβολοδόμησης βασίζεται στην τεχνική που αναπτύχθηκε από την εταιρία Dyckerhoff & Windman με την οποία γίνεται δυνατή η σταδιακή κατασκευή φορέων γεφυρών σε σπόνδυλους, μήκους της τάξεως 3-5m, σε πρόβολο από την προηγούμενη φάση.

Συνήθως η προβολοδόμηση γίνεται περίπου συμμετρικά ως προς το μεσόβαθρο με την βοήθεια κατάλληλων φορείων (τα οποία ξεκινώντας από τη θέση των βάθρων μετατίθενται διαδοχικά προς τα μέτρα των αντίστοιχων ανοιγμάτων ή προς τα ακρόβαθρα) και εφαρμόζεται με:

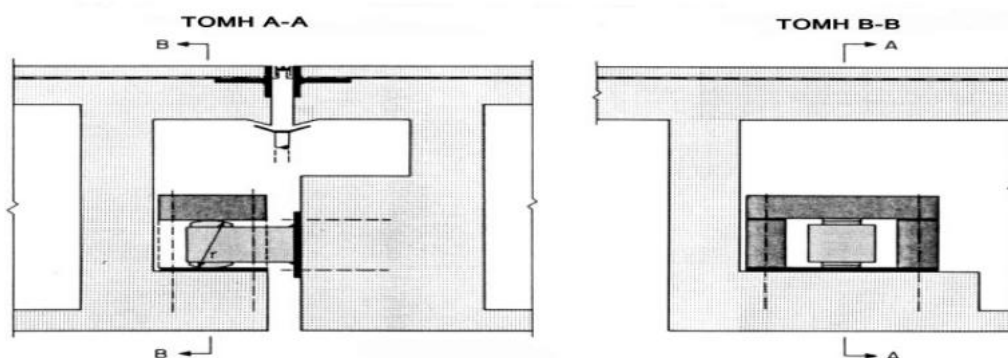
- επιτόπια σκυροδέτηση σπονδύλων
- προκατασκευή σπονδύλων



εικόνα 2.4.1: Μέθοδος Προβολοδόμησης (nomoskopio)

## 2.4.2 Βασικά Χαρακτηριστικά της Μεθόδου

- Συνδέεται συνήθως με φορείς μεταβλητού ύψους
- Η λυγρότητα του φορέα στη περιοχή των μεσοβάθρων διαμορφώνεται σε  $l/h \approx 17$  και στην περιοχή του μέσου των ανοιγμάτων σε  $l/h \approx 50$  ( $l$ : μήκος ανοίγματος,  $h$ : ύψος διατομής).
- Κατά κανόνα, η κατασκευή γίνεται χωρίς ενδιάμεση προσωρινή στήριξη, σπανιότερα με ενδιάμεση προσωρινή στήριξη.
- Καταρχήν ο φορέας κατασκευάζεται σε επιμέρους προβόλους οι οποίοι στη συνέχεια ενοποιούνται σε ένα πλαισιακό σύστημα.
- Η ενοποίηση μπορεί να γίνει με αρθρώσεις με παράλληλη διάταξη ειδικών εφεδράνων (κυρίως παλαιότερα), ή με πλήρη αποκατάσταση της συνέχειας του φορέα (ανάληψη και ροπών).



εικόνα 2.4.2: ενοποίηση με συστήματα αρθρώσεων (nomoskopio)

Τέλος, τα συστήματα με αρθρώσεις είναι οικονομικότερα γενικά από διατάξεις που μπορούν να παραλάβουν ροπές, διότι αποκλείουν την ανακατανομή της έντασης από την περιοχή της στήριξης στην περιοχή του ανοίγματος.

Ως προς τη λειτουργικότητα της γέφυρας τα συστήματα αρθρώσεων παρουσιάζουν τα εξής μειονεκτήματα:

- Σχηματισμό γόνατος στην θέση σύνδεσης
- Κόστος αρχικής κατασκευής αρμού στην περίπτωση που η κατασκευή συνδέεται με την κατασκευή αρμού
- Κόστος συντήρησης αρμού

### 2.4.3 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου

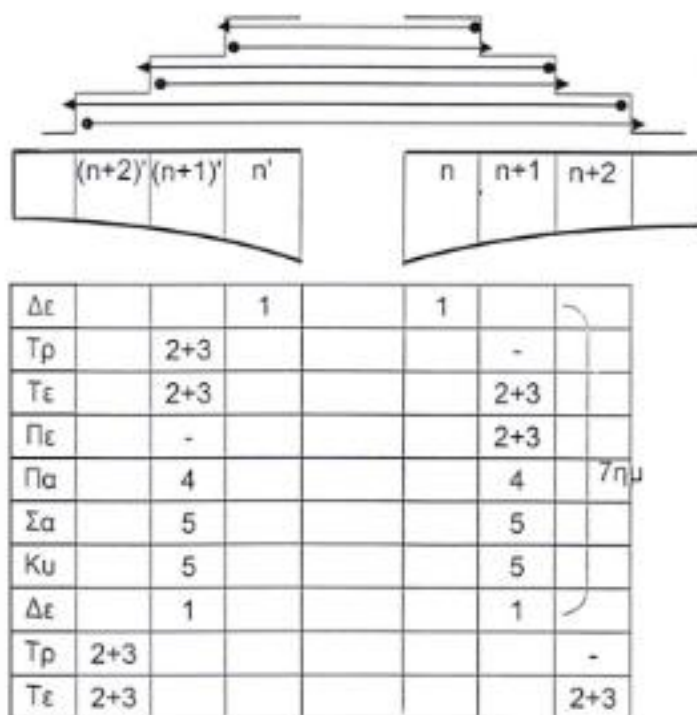
Η κλασική μέθοδος προβολοδόμησης συνίσταται από οικονομική άποψη για ανοίγματα από 70m έως 200m και για συνολικό μήκος γέφυρας 200m. Το μήκος του σκυροδετημένου σπονδύλου κυμαίνεται συνήθως από 3m έως 5m.

### 2.4.4 Εβδομαδιαίος κύκλος δραστηριοτήτων

Ένας τυπικός εβδομαδιαίος κύκλος δραστηριοτήτων κατασκευής είναι ο εξής:

#### α) Συμμετρική Προβολοδόμηση

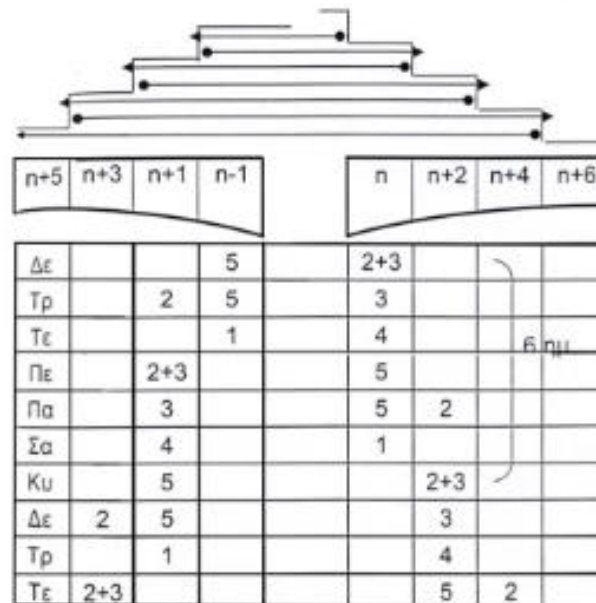
- Προένταση, προώθηση φορείου
- Πέρασμα τενόντων
- Τοποθέτηση οπλισμού
- Σκυροδέτηση
- Σκλήρυνση



εικόνα 2.4.1: συμμετρική προβολοδόμηση (nomoskopio)

## β) Ασύμμετρη Προβολοδόμηση

- Προένταση, προώθηση φορείου
- Πέρασμα τενόντων
- Τοποθέτηση οπλισμού
- Σκυροδέτηση
- Σκλήρυνση



εικόνα 2.4.2: Ασύμμετρη προβολοδόμηση (nomoskopio)

## 2.4.5 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Μεθόδου

**Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:**

α) Το κόστος των ικριωμάτων στην κλασική προβολοδόμηση ανέρχεται συνήθως στο 25% -35% του συνολικού κόστους της γέφυρας έναντι 40% περίπου σε γέφυρες με συμβατικά ικριώματα και είναι ανεξάρτητο από το ύψος των βάρων και την τοπογραφία της θέσεως κατασκευής της.

β) Ο επαναληπτικός κύκλος δραστηριοτήτων μειώνει σημαντικά το κόστος εργασίας ανά μονάδα υλικών.

γ) Το φορέιο σκυροδέτηστων σπονδύλων είναι ρυθμιζόμενο και επιδεκτικό πολλαπλών εφαρμογών.

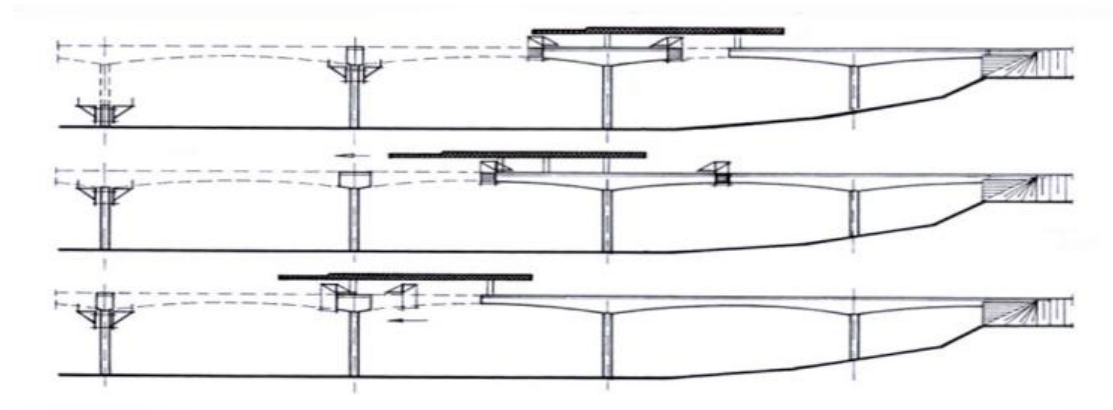
**Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:**

α) Η κατασκευή οδών πρόσβασης σε κάθε μεσόβαθρο θα πρέπει να εξασφαλίζει τον εφοδιασμό του συστήματος με τα απαιτούμενα υλικά κατασκευής του φορέα.

β) Σημαντικό κόστος μεταφόρτωσης των υλικών ιδιαίτερα στην περίπτωση υψηλών βάρων

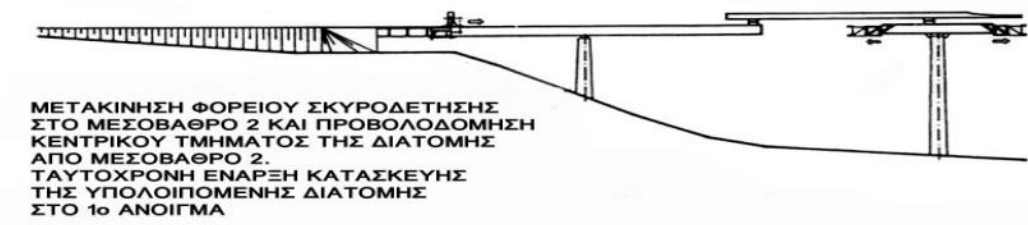
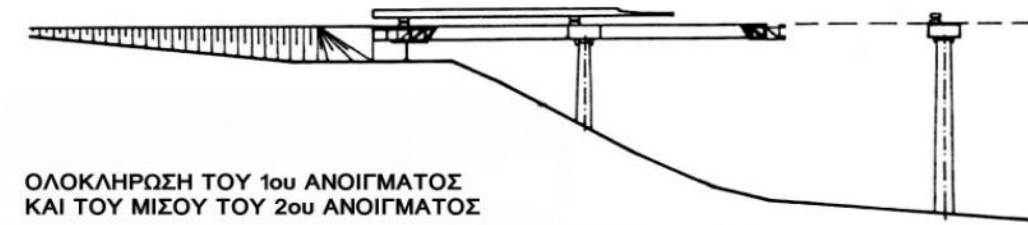
γ) Ανάγκη, μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής κάθε φάσεως, καταβίβασμού των φορείων, μεταφοράς τους μέσω του δύσβατου συνήθως εδάφους της χαράδρας στη θέση του επομένου μεσοβάθρου και ανύψωση στη νέα θέση λειτουργίας τους

## 2.4.6 Παραλλαγές της κλασικής μεθόδου

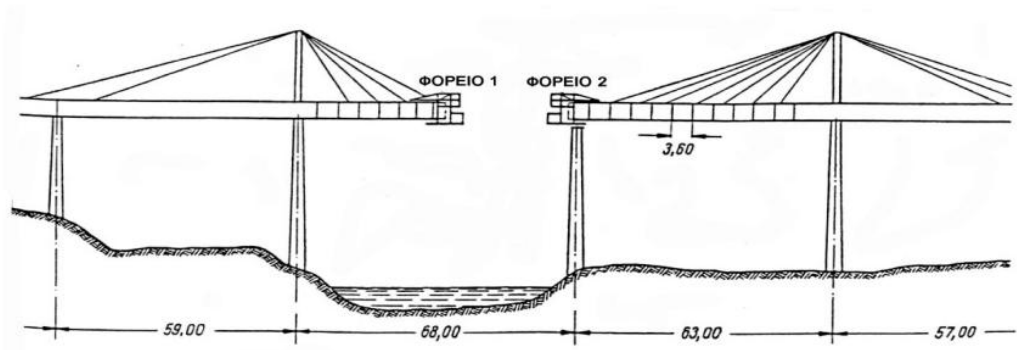


εικόνα 2.4.6.1: δόμηση με πρόβολο με βοηθητικό φορέα (νομοσκοπιο)





εικόνα: 2.4.6.2: Δόμηση σε πρόβολο με βοηθητικό πρόσθετο (νομοσκοπιο)

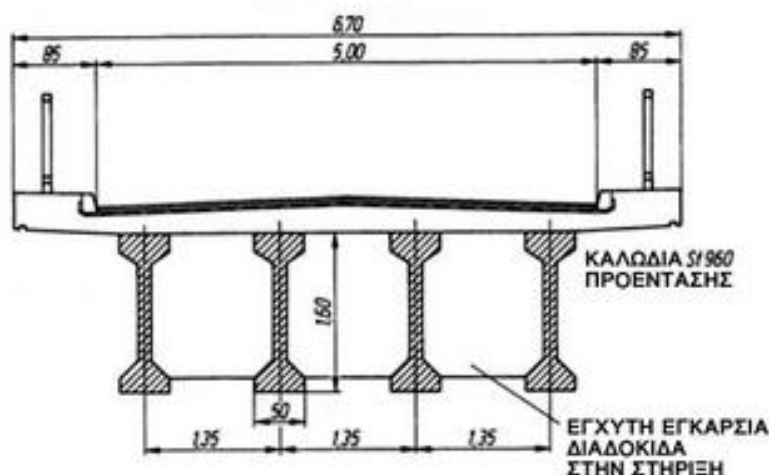


εικόνα 2.4.6.3: Δόμηση σε πρόβολο με καλώδια ανάρτησης (νομοσκοπιο)

## 2.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ

### 2.5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται στην Ευρώπη από την προ του Β' παγκοσμίου πολέμου εποχή. Στη Γερμανία π.χ. η πρώτη γέφυρα με προκατασκευασμένες/ προεντεταμένες δοκούς, ανοίγματος 33 m, κατασκευάστηκε το 1938 (σχήμα 2.5.1), η βιομηχανική όμως παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων για τη γεφυροποιία είναι θέμα της δεκαετίας του 1960.



σχήμα 2.5.1: Πρώτη γέφυρα με προκατασκευασμένες δοκούς, Γερμανία) (nomoskopio)

Στη χώρα μας η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από αρκετά χρόνια (είναι η περισσότερο εφαρμοζόμενη μέθοδος από τις περιλαμβανόμενες στο κεφάλαιο αυτό) με προβαλλόμενα επιχειρήματα τον περιορισμό χρήσης κριωμάτων και τη συντόμευση του χρόνου κατασκευής της γέφυρας.

Στην εικόνα 2.5.2 απεικονίζεται μία από τις σημαντικότερες γέφυρες που κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο αυτή Ελλάδα, η γέφυρα Ρυμνίου.

Η επικρατούσα πρακτική συνίσταται στην προκατασκευή των δοκών στο εργοτάξιο και στην κατασκευή της πλάκας κυκλοφορίας με χρήση προπλακών.

Από στατική άποψη κατασκευάζονται αποκλειστικά αμφιέρειστοι φορείς με πλάκες συνέχειας καταστρώματος για τον περιορισμό των αρμών.



εικόνα 2.5.2: Γέφυρα Ρυμνίου (φωτογραφία από το διαδίκτυο)

## 2.5.2 Συστήματα Προκατασκευής

### Α) Ανάλογα με το σύστημα δόμησης το οποίο εφαρμόζεται διακρίνονται:

1. Σύστημα αμιγούς συναρμολόγησης προκατασκευασμένων στοιχείων το οποίο συνίσταται στη σύνδεση δοκών μόνο με εγκάρσια προεντεταμένα καλώδια και με χρήση κονιάματος στους αρμούς μεταξύ των δοκών χωρίς έγχυτη πλάκα επί τόπου.
2. Μικτό σύστημα προκατασκευής το οποίο συνίσταται στη σύνδεση των προκατασκευασμένων δοκών με έγχυτο επί τόπου σκυρόδεμα. Του συστήματος αυτού, ανάλογα με την απόσταση στην οποία τοποθετούνται οι προκατασκευασμένοι δοκοί, υπάρχουν δύο παραλλαγές:
  - Στο κλασικό μικτό σύστημα, στο οποίο οι προκατασκευασμένοι δοκοί τοποθετούνται ο ένας δίπλα στον άλλο και ακολούθως γίνεται η σκυροδέτηση των διαδοκίδων στις θέσεις των στηρίξεων και της πλάκας αφού έχουν καλυφθεί οι αρμοί μεταξύ των προκατασκευασμένων δοκών με κατάλληλα ταινία.
  - Στο μικτό σύστημα, κατά το οποίο οι δοκοί τοποθετούνται σε απόσταση μεταξύ τους και στη συνέχεια με τη βοήθεια καταλλήλου ξυλότυπου γίνεται η σκυροδέτηση της πλάκας κυκλοφορίας.
  - Σύστημα πλήρους προκατασκευής κατά την οποία από βάθρο σε βάθρο τοποθετείται μόνο ένα προκατασκευασμένο στοιχείο.

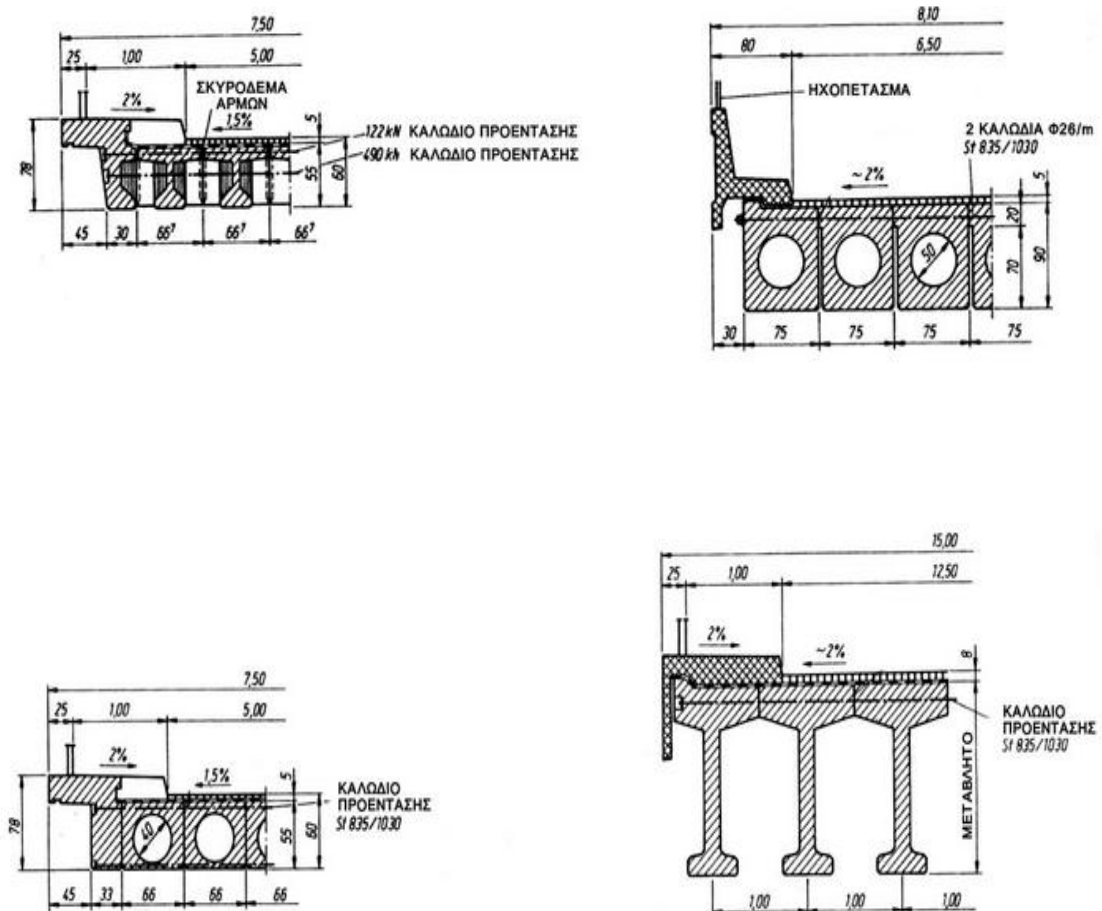


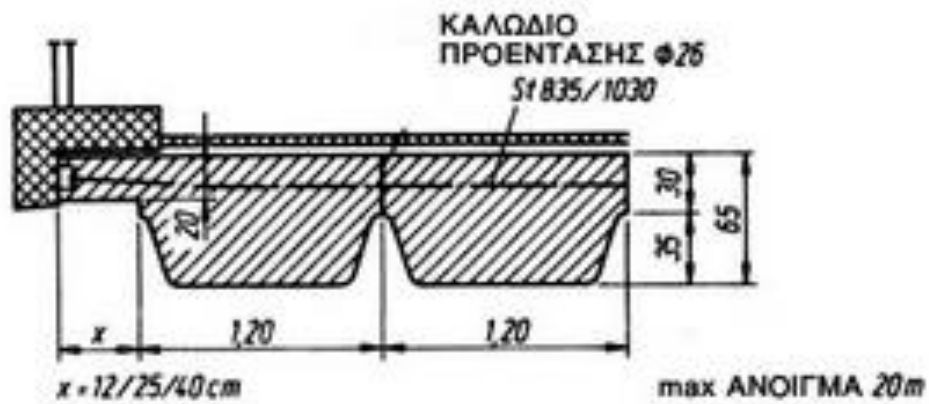
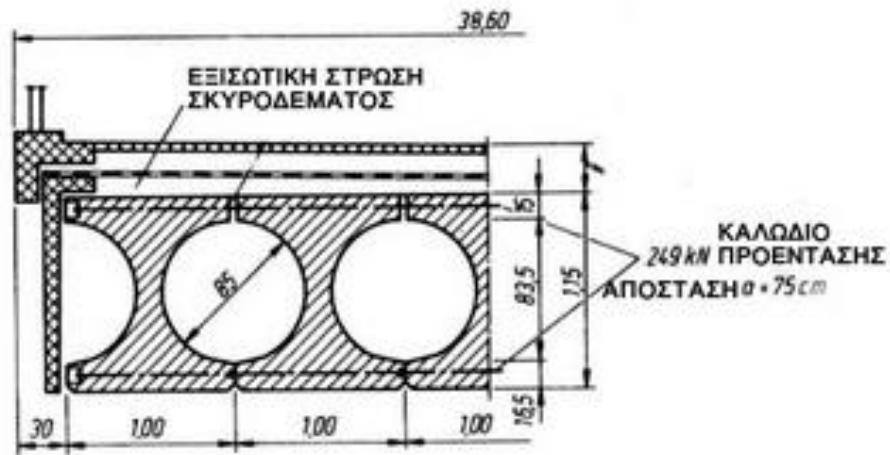
**B) Ανάλογα με τα διατιθέμενα μέσα για την τοποθέτηση επί των βάθρων των προκατασκευασμένων δοκών διακρίνονται:**

- Απλή προκατασκευή κατά την οποία γίνεται χρήση συνήθων γερανών
- Ειδική προκατασκευή κατά την οποία η δόμηση επιτυγχάνεται με ειδικά μηχανήματα και διατάξεις









**2.5.3 Σύστημα αμιγούς συναρμολόγησης προκατασκευασμένων στοιχείων**

Στα ακόλουθα σχήματα καθώς και στον πίνακα 2.5.4.2, δίνονται διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών, αντιστοίχως δομημένων με το σύστημα αυτό.





σχήματα 2.5.4.1: Διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών, δομημένων με το σύστημα αυτό (πομοσκόπιο)

| ΔΙΑΜΟΡΦΟΥΜ<br>ΣΥΣΤΗΜΑ<br>ΦΟΡΕΑ | ΧΩΡΑ             | ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ<br>ΠΡΟΚΑΤ<br>ΔΟΚΟΥ<br>(cm)  | ΑΝΟΙΓΜΑ<br>(m) | ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ | ΒΑΡΟΣ<br>ΠΡΟΚΑΤ<br>ΔΟΚΟΥ<br>(kN/m) | ΑΝΑΛΩΣΗ<br>ΣΚΥΡΟΔΕΜ.<br>(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|------------------|--|----------------|------------|------------------------------------|---|
| ΟΡΘΟΤΡΟΠΗ<br>ΠΛΑΚΑ             | BRD              |  67<br>55     | 14             | 1/24       | 5,2                                | 0,30  |
| ΠΛΑΚΑ ΜΕ<br>ΚΕΝΑ               | BRD              |  66<br>75     | 20             | 1/27       | 9,5                                | 0,56  |
| ΠΛΑΚΑ ΜΕ<br>ΚΕΝΑ               | BRD              |  100<br>115   | 30             | 1/27       | 15,0                               | 0,59  |
| ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗ<br>ΠΛΑΚΑ            | Nieder-<br>lande |  120<br>65    | 20             | 1/31       | 18,0                               | 0,57  |
| ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗ<br>ΠΛΑΚΑ            | Nieder-<br>lande |  90<br>90     | 30             | 1/33       | 18,0                               | 0,75  |
| ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗ<br>ΠΛΑΚΑ            | BRD              |  100<br>100   | 30             | 1/30       | 14,0                               | 0,65  |
| ΠΟΛΥΚΥΨΕΛΩΤΟ<br>ΚΙΒΩΤΙΟ        | USA              |  122<br>107  | 31             | 1/29       | 11,5                               | 0,45  |
| ΠΛΑΚΟΔΟΚΟΣ                     | BRD              |  100<br>100 | 50             | 1/25       | 10,0                               | 0,48  |

πίνακας 2.5.4.2: Διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών, δομημένων με το σύστημα αυτό (nomoskopio)

## 2.5.4 Μικτό σύστημα προκατασκευής

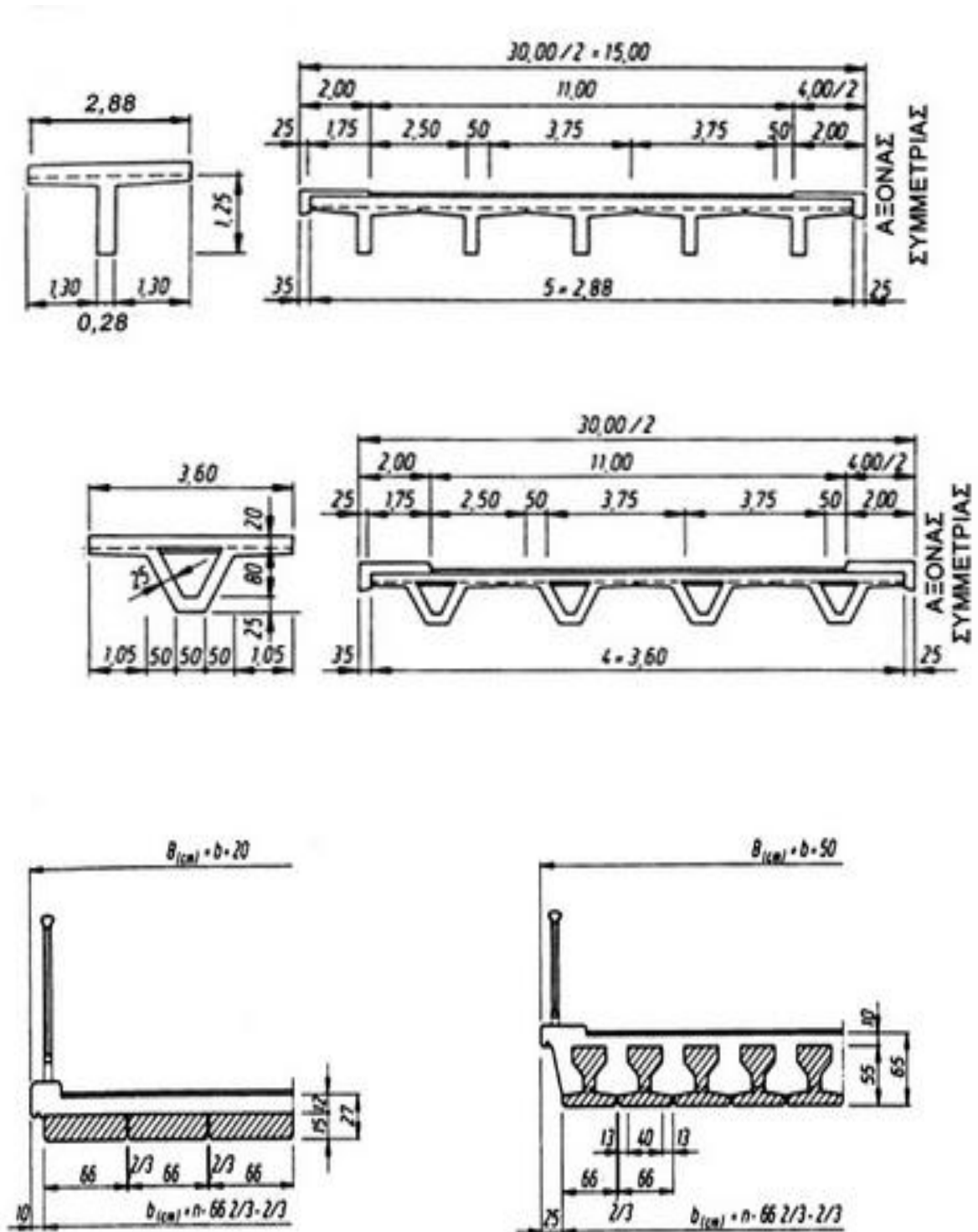
Κλασικό μικτό σύστημα προκατασκευής

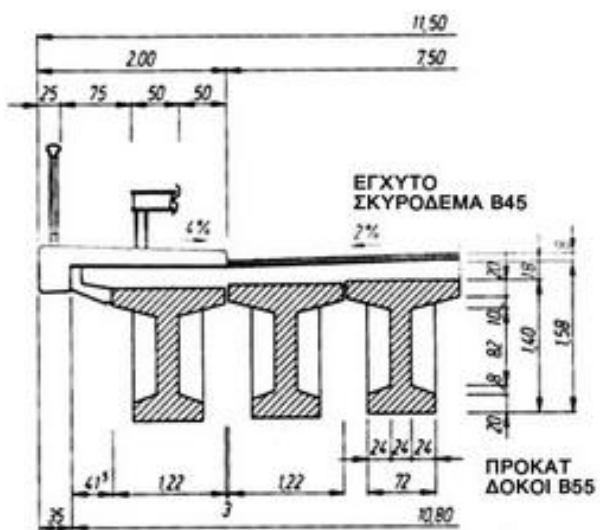
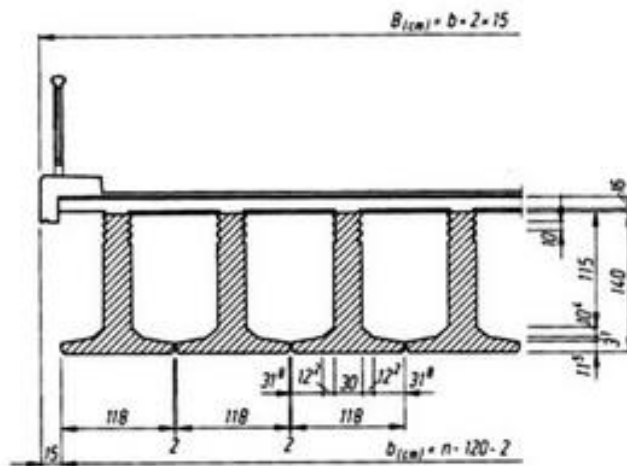
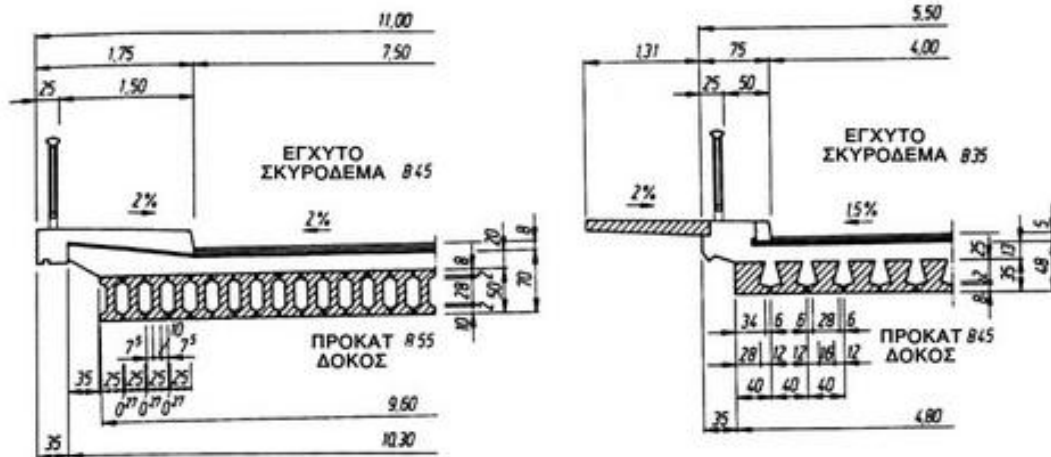
Όπως προαναφέρθηκε, στο κλασικό μικτό σύστημα οι προκατασκευασμένες δοκοί τοποθετούνται δίπλα στην άλλη και ακολούθως γίνεται η σκυροδέτηση των διαδοκίδων στις θέσεις των στηρίξεων και της πλάκας, αφού έχουν καλυφθεί οι αρμοί μεταξύ των προκατασκευασμένων δοκών με κατάλληλα ταινία.

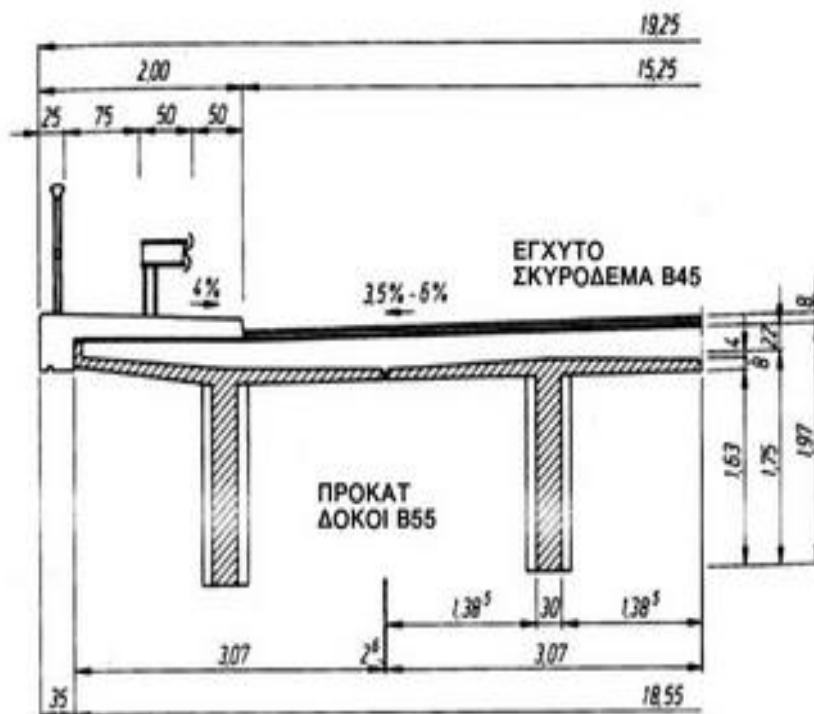
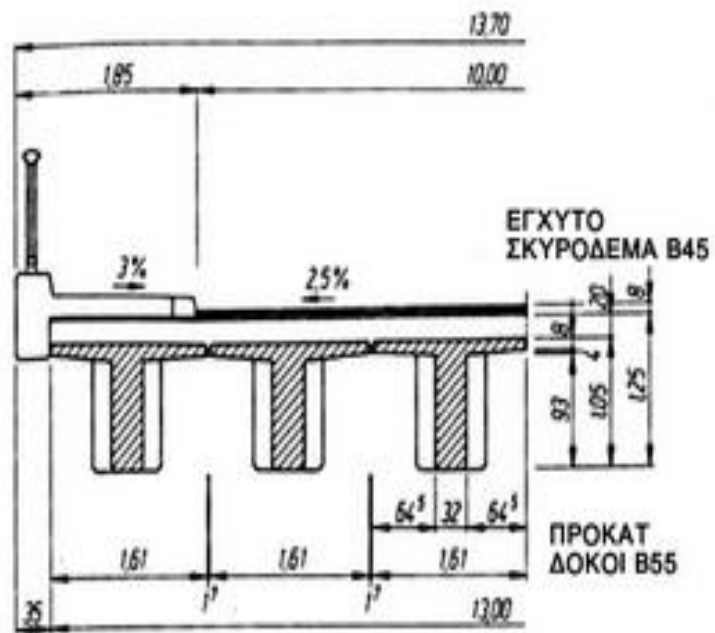
**Το σύστημα αυτό παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:**

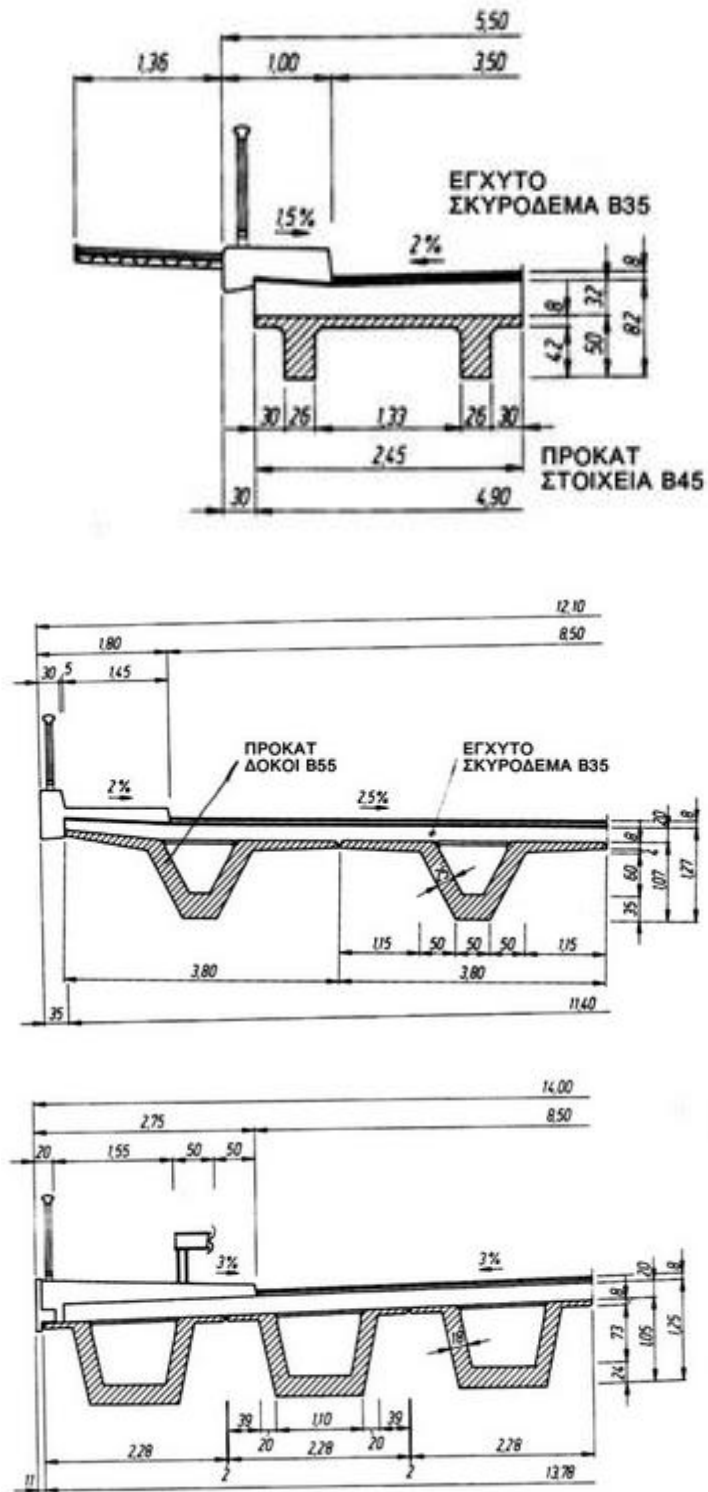
- Απλή και εύκολη στεγανοποίηση των αρμών μεταξύ των δοκών
- Εξασφάλιση ασφαλούς δαπέδου εργασίας (πυκνή διάταξη των δοκών)  
Απαιτούνται μόνο πλευρικά παραπέτα ασφαλείας
- Επιπεδότητα (εξασφάλιση καλής μόνωσης)
- Ακρίβεια στην τήρηση των υψομέτρων (άνεση στην κυκλοφορία)
- Πλάκα κυκλοφορίας χωρίς αρμούς

Στα ακόλουθα σχήματα καθώς και στον πίνακα 2.5.5.2, δίνονται διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών, αντιστοίχως δομημένων με το σύστημα αυτό.

















σχήματα 2.5.5.1: Διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών , δομημένων με το σύστημα αυτό (νομοσκοπιο)



| ΔΙΑΜΟΡΦΟΥΜ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΕΑ | ΧΩΡΑ        | ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΚΑΤ ΔΟΚΟΥ (cm)  | ΑΝΟΙΓΜΑ (m) | ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ | ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΚΑΤ ΔΟΚΟΥ (kN/m) | ΑΝΑΛΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜ. (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) |      |
|--------------------------|-------------|---|-------------|------------|---------------------------|---|------|
| ΟΡΘΟΤΡΟΠΗ ΠΛΑΚΑ          | BRD         |  67  | 55          | 14         | 1/24                      | 5,2   | 0,30 |
| ΠΛΑΚΑ ΜΕ ΚΕΝΑ            | BRD         |  66  | 75          | 20         | 1/27                      | 9,5   | 0,56 |
| ΠΛΑΚΑ ΜΕ ΚΕΝΑ            | BRD         |  100 | 115         | 30         | 1/27                      | 15,0  | 0,59 |
| ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗ ΠΛΑΚΑ         | Niederlande |  120 | 65          | 20         | 1/31                      | 18,0  | 0,57 |
| ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗ ΠΛΑΚΑ         | Niederlande |  90  | 90          | 30         | 1/33                      | 18,0  | 0,75 |
| ΑΝΙΣΟΤΡΟΠΗ ΠΛΑΚΑ         | BRD         |  100 | 100         | 30         | 1/30                      | 14,0  | 0,65 |
| ΠΟΛΥΚΥΨΕΛΩΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ     | USA         |  122 | 107         | 31         | 1/29                      | 11,5  | 0,45 |
| ΠΛΑΚΟΔΟΚΟΣ               | BRD         |  100 | 100         | 50         | 1/25                      | 10,0  | 0,48 |

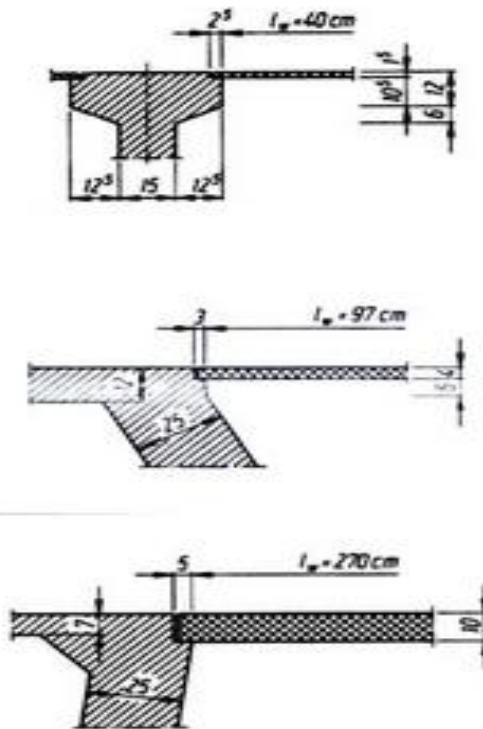
πίνακας 2.5.5.2: Διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών, δομημένων με το σύστημα αυτό (nomoskopio)

## 2.5.5 Μικτό σύστημα προκατασκευής με δοκούς σε απόσταση

Κατά την παραλλαγή αυτή του μικτού συστήματος προκατασκευής, οι δοκοί τοποθετούνται σε αποστάσεις μεταξύ τους και η σκυροδέτηση της πλάκας κυκλοφορίας γίνεται με τη βοήθεια καταλλήλου ξυλότυπου (βλέπε σχήμα 2.5.6.1) ή με πλάκες από ίνες τσιμέντου κ.λπ. (βλέπε σχήμα 2.5.6.2).



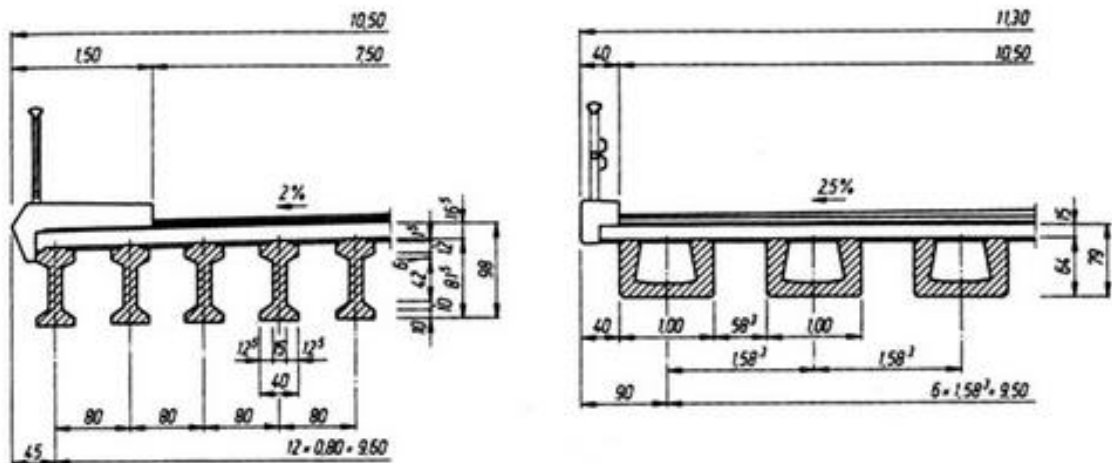
σχήμα 2.5.6.1: σκυροδέτηση της πλάκας κυκλοφορίας γίνεται με τη βοήθεια καταλλήλου ξυλότυπου (nomoskopio)

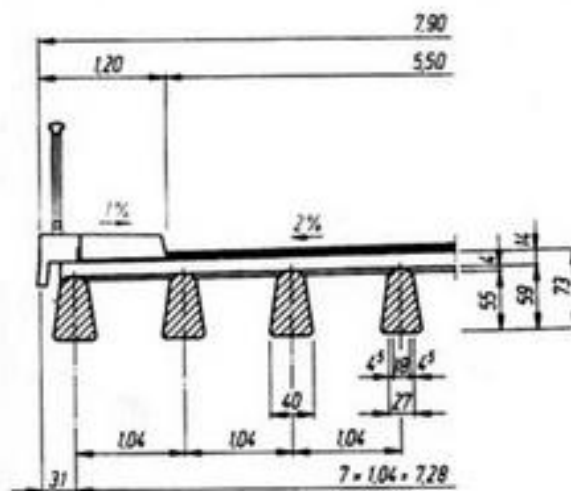
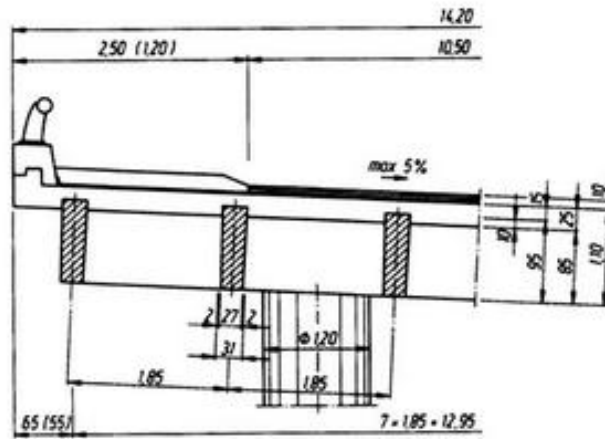
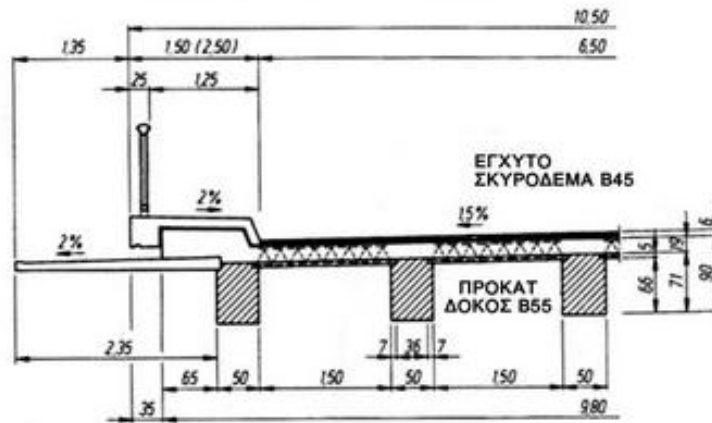


σχήμα 2.5.6.2: με πλάκες από ίνες τσιμέντου κ.λπ.(nomoskorio)

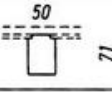
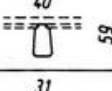
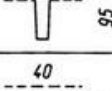
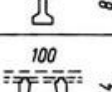
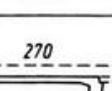
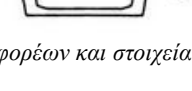
Στην Ελλάδα έχει επικρατήσει σχεδόν αποκλειστικά η κατασκευή της πλάκας κυκλοφορίας με τη χρήση προπλακών που φέρουν ενσωματωμένο τον πρωτεύοντα οπλισμό και συμπλήρωμα με επί τόπου σκυροδέτηση .

Στα ακόλουθα σχήματα καθώς, και στον πίνακα 2.5.6.4 δίνονται διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών αντιστοίχως δομημένων με το σύστημα αυτό.





σχήματα 2.5.6.3: Διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών , δομημένον με το σύστημα αυτό (νομοσκοπιο)

| ΜΟΡΦΗ ΔΟΚΟΥ    | ΧΩΡΑ       | ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΚΑΤ. ΔΟΚΟΥ (cm)   | ΑΝΟΙΓΜΑ (m) | ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ | ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΚΑΤ. ΔΟΚΟΥ (kN/m) | ΑΝΑΛΩΣΗ ΣΚΥΡΟ. (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ) |
|----------------|------------|---|-------------|------------|----------------------------|--|
| ΟΡΘΟΓΩΝ. ΔΟΚΟΣ | BRD        |  | 27          | 1/30       | 9,2                        | 0,43   |
| ΤΡΑΠΕΖ. ΔΟΚΟΣ  | Frankreich |  | 20          | 1/27       | 5,0                        | 0,38   |
| ΤΡΑΠΕΖ. ΔΟΚΟΣ  | BRD        |  | 30          | 1/27       | 7,1                        | 0,43   |
| ΔΟΚΟΣ ΜΟΡΦΗΣ I | Frankreich |  | 25          | 1/25       | 5,2                        | 0,44   |
| ΔΟΚΟΣ ΜΟΡΦΗΣ U | Finnland   |  | 28          | 1/35       | 9,0                        | 0,39   |
| ΚΙΒΩΤΙΟ        | BRD        |  | 28          | 1/28       | 24,0                       | 0,48   |

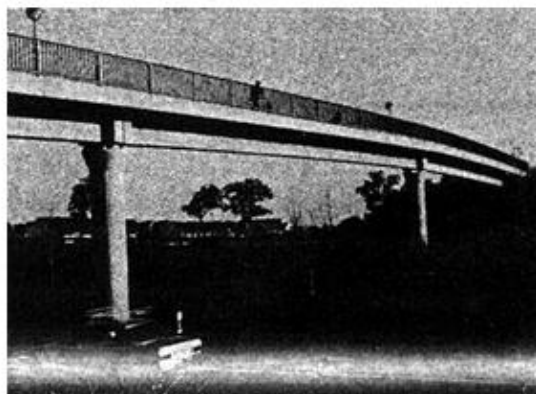
Πίνακας 2.5.6.4: Διάφορες μορφές φορέων και στοιχεία γεφυρών, δομημένων με το σύστημα αυτό (nomoskopio)

## 2.5.6 Σύστημα Πλήρους Προκατασκευής

Το σύστημα της πλήρους προκατασκευής, όπως προαναφέρθηκε, συνίσταται στην τοποθέτηση από βάθρο σε βάθρο ενός μόνο προκατασκευασμένου στοιχείου.

Λόγω της περιορισμένης δυναμικότητας (περίπου 900KN) των τρέχουσας φύσης γερανών, τα προκατασκευασμένα αυτά στοιχεία μπορούν να καλύψουν μία επιφάνεια της τάξεως των 90 m<sup>2</sup>.

Εξ αυτού του λόγου είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για φορείς περιορισμένου πλάτους, όπως π.χ. σιδηροδρομικές γέφυρες μίας γραμμής (βλέπε εικόνα 2.5.7.1 ή πεζογέφυρες (εικόνα σχήμα 2.5.7.2).



εικόνα 2.5.7.1: σιδηροδρομικές γέφυρες μίας γραμμής (φωτογραφία από το διαδίκτυο)



εικόνα 2.5.7.2: πεζογέφυρες(φωτογραφία από το διαδίκτυο)

## 2.5.7 Ειδική Προκατασκευή

Ο όρος ειδική προκατασκευή αναφέρεται στη χρησιμοποίηση, στην κατασκευαστική διαδικασία, μέσων για την τοποθέτηση των προκατασκευασμένων δοκών τα οποία υπερβαίνουν τις δυνατότητες των συνήθων γερανών. Απαιτείται δηλαδή η χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων μεταφοράς και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων π.χ. CARRO PONTE, πλωτών γερανών κ.λ.π.

Η δυναμικότητα των συνήθων γερανών ανέρχεται περίπου στα 900 kN. Λαμβάνοντας υπόψη βάρος ανά τρέχον μέτρο προκατασκευασμένης δοκού 20 kN/m, προκύπτει ότι για ανοίγματα μεγαλύτερα των 45 m είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση των ειδικών διατάξεων.

Συνοψίζοντας τα σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα μέσα στην προκατασκευή, διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- Για ανοίγματα μεγαλύτερα των 45 m απαιτείται η χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων.
- Για ανοίγματα κυμαινόμενα από 30 m έως 45 m είναι δυνατή η χρησιμοποίηση είτε συνήθων γερανών είτε ειδικών διατάξεων. Για την απόφαση στην περίπτωση αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως είναι το συνολικό μήκος της γέφυρας, ο αριθμός των προκατασκευασμένων δοκών, το ανάγλυφο του εδάφους κ.λπ.
- Για ανοίγματα μικρότερα των 30 m χρησιμοποιούνται, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, συνήθεις γερανοί.

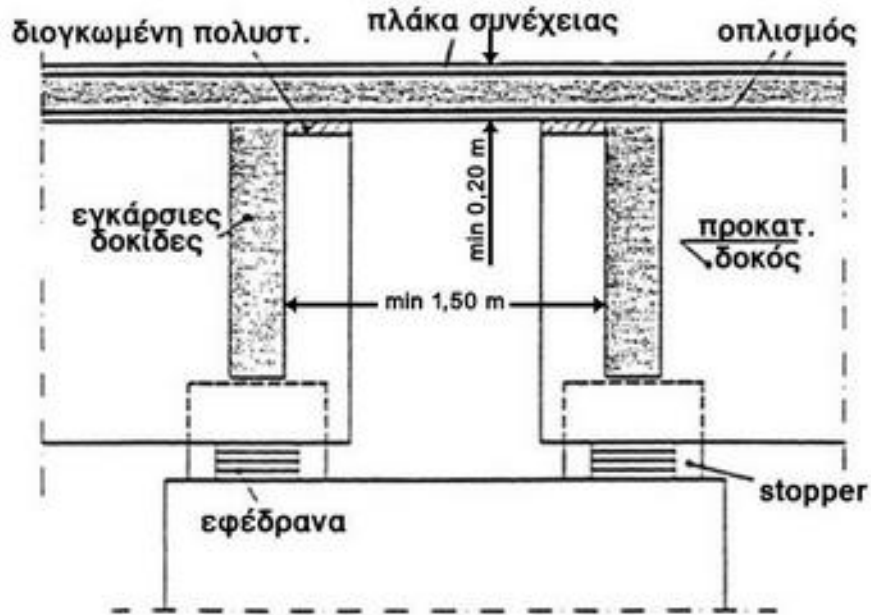
## 2.5.8 Περιοχή και τρόπος εφαρμογής της μεθόδου

1. Από άποψη μηκών ανοιγμάτων η πλέον ευνοϊκή περιοχή για την εφαρμογή της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών κυμαίνεται από 18 m έως 28 m. Λιγότερο ευνοϊκές περιοχές είναι από 10 m έως 18 m και από 28 m έως 35 m. Ανοίγματα μικρότερα των 10 m και μεγαλύτερα των 35 m, εμπίπτουν στη δυσμενή περιοχή εφαρμογής της μεθόδου
2. Σύμφωνα με την εγκύκλιο ARS 23/1993 του Ομοσπονδιακού Υπουργείου Συγκοινωνιών της Γερμανίας για την περιοχή και τον τρόπο εφαρμογής της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών ισχύουν οι ακόλουθες οδηγίες:
  - Μήκος ανοιγμάτων  $< 35$  m
  - Γωνία λοξότητας γέφυρας  $> 60$  g
  - Οριζοντιογραφική ακτίνα καμπυλότητας  $R > 500$  m
  - Όχι εφαρμογή σε μεγάλες γέφυρες (κοιλαδογέφυρες ή γέφυρες υπεράνω ποταμών)
  - Ελαχιστοποίηση των εφεδράνων στον απολύτως απαραίτητο αριθμό
  - Εφαρμογή προκατασκευασμένων προεντεταμένων δοκών διατομής T

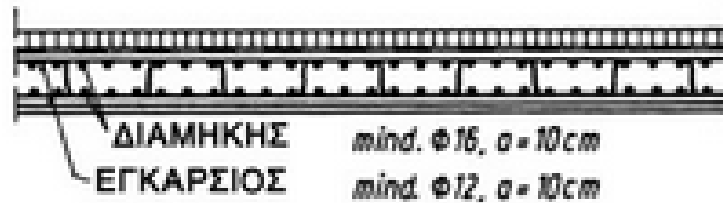
## 2.5.9 Πλάκες συνέχειας

Για τις περιπτώσεις γεφυρών πολλών ανοιγμάτων για τις οποίες προκρίνεται η λύση των αμφιέριστων προκατασκευασμένων δοκών με παράλληλη χρήση πλακών συνέχειας θα λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Το ελάχιστο πάχος της πλάκας συνέχειας θα προβλέπεται 20 cm
- Η ελαχίστη διάσταση των πλακών συνέχειας κατά τη διαμήκη έννοια της γέφυρας θα είναι 1,50 m (σχήμα 1)
- Σημειώνεται ότι οι αναφερόμενες στα παραπάνω εδάφια ελάχιστες διαστάσεις ισχύουν για αμφιέριστους φορείς ανοίγματος  $\leq 35$  m, αξονική απόσταση των προκατασκευασμένων δοκών  $\leq 2,5$  m και διαφορική καθίζηση γειτονικών βάθρων 1 cm. Σε αντίθετη περίπτωση, το πάχος της πλάκας συνέχειας μπορεί να φθάσει τα 28 cm και η διάστασή τους, κατά τη διαμήκη έννοια της γέφυρας, 2,0 m
- Στις πλάκες συνέχειας θα προβλέπεται ελάχιστος διαμήκης οπλισμός  $\Phi 16/10$  και εγκάρσιος  $\Phi 12/10$  (σχήμα 2)



σχήμα 2.5.7.10.1: Η ελάχιστη διάσταση των πλακών συνέχειας κατά τη διαμήκη έννοια (νομοσκοπιο)



σχήμα 2.5.7.10.2: ελάχιστος διαμήκης και εγκάρσιος οπλισμός (νομοσκοπιο)

## 2.5.10 Ελάχιστες διαστάσεις προκατασκευασμένων δοκών

Τα πλέον συνήθη συναντώμεθα πάχη είναι:

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

- ύψους  $\leq 1,0$  m: 30 cm



- ύψους  $\geq 4,0$  m: 50 cm
- Για ενδιάμεσα ύψη γραμμική παρεμβολή
- Για εργοστασιακά κατασκευαζόμενες δοκούς επιτρέπεται η μείωση των παραπάνω διαστάσεων κατά 5 cm

### 2.5.11 Προένταση

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται κατά την προένταση των προκατασκευασμένων δοκών ώστε να μην εξαντλούνται οι επιτρεπόμενες τάσεις θλίψης στην προ-θλιβόμενη εφελκυστική ζώνη. Η προαναφερθείσα εξάντληση των τάσεων θλίψης, σε συνδυασμό και με τον χρόνο ο οποίος μεσολαβεί από την κατασκευή της προκατασκευασμένης δοκού μέχρι την ενσωμάτωσή της στον φορέα, μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμες παραμορφώσεις με άμεσες συνέπειες στη λειτουργικότητα της γέφυρας .

### 2.5.12 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Ταχύτητα κατασκευής
- Οικονομία ικριωμάτων

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Έλλειψη μονολιθικότητας. Σοβαρό μειονέκτημα λαμβάνοντας υπόψη την επικρατούσα στη χώρα μας μεθοδολογία κατασκευής (αμφιέριστοι δοκοί) σε συνδυασμό με το σεισμικό κίνδυνο.
- Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης λόγω ύπαρξης μεγάλου αριθμού εφεδράνων και αρμών. Σημειώνεται ότι η αντικατάσταση των αρμών με τις λεγόμενες πλάκες συνέχειας βελτιώνει μεν την 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. Σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα, οι πλάκες κυκλοφορίας κατασκευάζονται με τη βοήθεια προπλακών που φέρουν ενσωματωμένο τον πρωτεύοντα οπλισμό και συμπλήρωμα με επί τόπου σκυροδέτηση. Οι δύο φάσεις της πλάκας συνδέονται μεταξύ τους με διατημητικούς συνδέσμους υπό μορφή καβαλέτων Φ10 ή Φ12. Έχουν εκφραστεί κατά καιρούς σημαντικές αμφιβολίες για τον τρόπο αυτό δόμησης κυρίως ως προς τη διαχρονική συμπεριφορά του.

- Συγκέντρωση οπλισμού για τη μεταβίβαση δυνάμεων στις μεταβατικές επιφάνειες γεγονός που απαιτεί αυξημένη προσοχή κατά τη σκυροδέτησή.
- Αμφίβολο αισθητικό αποτέλεσμα το οποίο σημειώνεται δεν είναι συνυφασμένο με τη μέθοδο της προκατασκευής, αλλά με την ακολουθούμενη πρακτική υλοποίησής της.

## 2.6. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΩΘΟΥΜΕΝΩΝ – ΑΥΤΟΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ

### 2.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ο αυτοπροωθούμενος σχηματισμός επί του οποίου στηρίζεται το καλούπι του φορέα της ανωδομής και μεταφέρεται από τη μία θέση στην άλλη. Η κατασκευή προχωρά σε τμήματα μήκους ίσου προς το τυπικό άνοιγμα και σε πλήρες πλάτος <<άνοιγμα – άνοιγμα>>.

Η μέθοδος <<άνοιγμα – άνοιγμα>> αρχικά εφαρμόστηκε σε γέφυρες συνεχείς περισσότερων ανοιγμάτων επί συμβατικών ή μηχανοποιημένων ικριωμάτων στηριζόμενων απευθείας στο έδαφος.

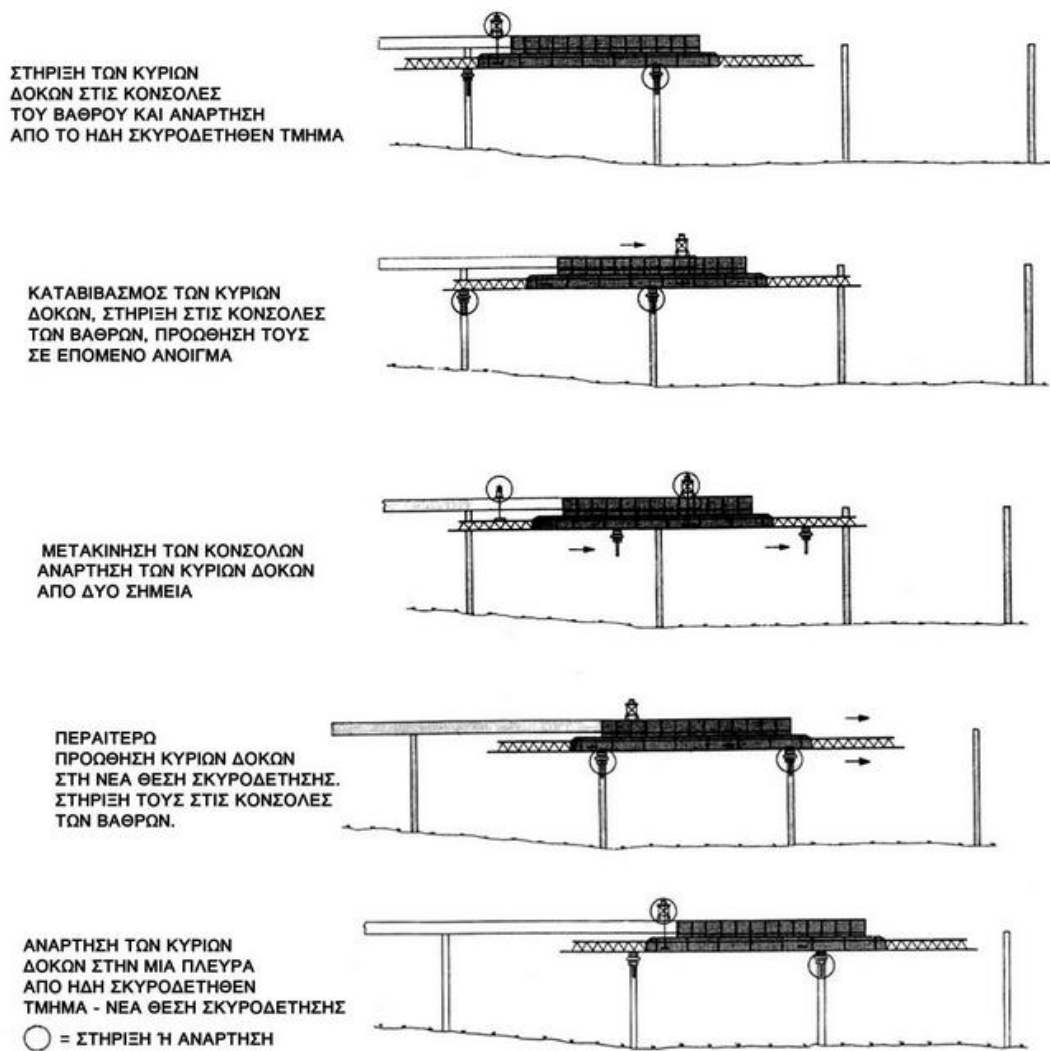
Ο σχεδιασμός του συστήματος προώθησης είναι μοναδικός για κάθε γέφυρα, εξαιρετικά δαπανηρός και συχνά οι προσπάθειες μετατροπών για επαναχρησιμοποίηση σε άλλη γέφυρα είναι το ίδιο δαπανηρή με την αρχική κατασκευή.

Επίσης να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη μέθοδος δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα πέρα των συνήθων τα οποία συναντώνται στις τμηματικές δομήσεις όπως την ερπυστική ανακατανομή της έντασης λόγω αλλαγής του στατικού συστήματος και την λεπτομερή μελέτη για το σχεδιασμό του αρμού διακοπής εργασιών. Τέλος, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί και σε μονολιθική σύνδεση του φορέα με τα βάθρα αλλά και για την έδραση του πάνω σε εφέδρανα.

Στη χώρα μας η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί σε γέφυρες της παράκαμψης Πατρών και στη γέφυρα της Κρυσταλλοπηγής στον άξονα της Εγνατίας οδού.



εικόνα: Η γέφυρα της Κρυσταλλοπηγής



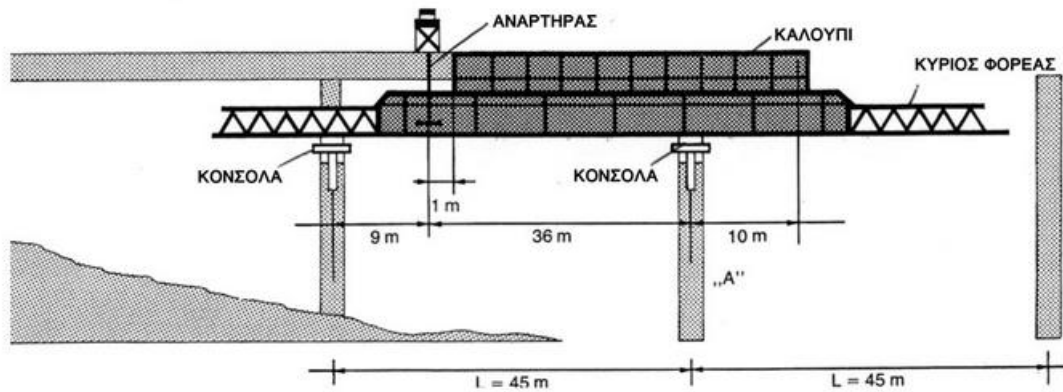
εικόνα 2.5.8.1: συνοπτική εικόνα της όλης διαδικασίας. (nomoskopio)

## 2.6. 2 Κύρια μέλη του συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από (Βλέπε σχήματα 2.5.8.2)

- Ζεύγος δικτυωτών ή ολόσωμων κυρίων δοκών, οι οποίες γεφυρώνουν τις αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών βάθρων. Συνήθως έχουν μήκος λίγο μεγαλύτερο από το  $2I_0$  ( $I_0$  = τυπικό άνοιγμα).
- Ζεύγος δικτυωτών δοκών έδρασης (κονσόλες), οι οποίες τοποθετούνται εγκάρσιως και συνδέονται προσωρινώς αλλά σταθερά με τα ήδη κατασκευασμένα μεσόβαθρα του προς σκυροδέτηση ανοίγματος.
- Κατάλληλο αριθμό διαιρετών διαδοκίδων επί των οποίων στηρίζεται το καλούπι.
- Διατάξεις αναρτήσεων.

- Συμπληρωματικές διατάξεις και συστήματα, όπως μηχανισμοί προώθησης (βίντσια), γρύλοι έδρασης, ράβδοι και φορεία μεταφοράς κ.λπ.



σχήμα 2.5.8.2: κύρια μέλη συστήματος μεθόδου (nomoskopio)

### 2.6. 3 Θέση κύριων δοκών συστήματος

(1) Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ανάλογα με τη θέση των κυρίων δοκών σε σχέση με τον υπό κατασκευή φορέα:

- Φορέας από πάνω: Στην περίπτωση αυτή το καλούπι αναρτάται μέσω καταλλήλων ράβδων από τον φορέα.
- Φορέας από κάτω: Στην περίπτωση αυτή το καλούπι φέρεται απευθείας από τον φορέα.

Να αναφερθεί ότι πρόσφατα έγιναν επιτυχείς προσπάθειες συνδυασμού των δύο άνωθι διατάξεων.

Τα πλεονεκτήματα της περίπτωσης κατά την οποία ο υπό κατασκευή φορέας είναι πάνω από τις κύριες δοκούς του συστήματος είναι:

- Δεν υπάρχει περιορισμός στο ύψος του φορέα
- Δυνατότητα μικρότερων ακτινών καμπυλότητας οριζοντιογραφικά
- Ο εφοδιασμός με υλικά μπορεί να γίνει μέσω του ήδη κατασκευασθέντος φορέα
- Δυνατότητα στέγασης για προστασία από δυσμενείς καιρικές συνθήκες του προσωπικού.

### Τα μειονεκτήματα είναι:

- Ράβδοι ανάρτησης διαμέσου του ήδη κατασκευασθέντος φορέα
- Ο φορέας του καλουπιού δεν αξιοποιείται στατικά κατά τη διαμήκη έννοια (περισσότερος χάλυβας)
- Μεγαλύτερη προσβαλλόμενη επιφάνεια (άνεμος)
- Μεγαλύτερα φορτία στο νεαρό σκυρόδεμα κατά την προώθηση
- Απαιτήση σημαντικού πρόσθετου εύρους καταλήψεως

### Τα πλεονεκτήματα της περίπτωσης κατά την οποία ο υπό κατασκευή φορέας είναι κάτω από τους κυρίους δοκούς του συστήματος είναι:

- Μηδενικό πρόσθετο εύρος καταλήψεως
- Μικρότερα φορτία στο νεαρό σκυρόδεμα
- Λιγότερη έκθεση σε ανεμοπιέσεις
- Δεν υπάρχουν ράβδοι ανάρτησης (παρά μόνον στις άκρες)
- Δυνατότητα στατικής εκμετάλλευσης του φορέα του καλουπιού (οικονομία υλικού)
- Ελεύθερη άνω επιφάνεια του φορέα

### Τα μειονεκτήματα είναι:

- Δέσμευση στο ελεύθερο ύψος
- Σε περίπτωση μικρών ακτινών καμπυλότητας απαιτούνται ειδικές ρυθμίσεις οι οποίες καθυστερούν την προώθηση

### Βάρος εξοπλισμού

|                             |            |            |            |            |             |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>Μήκος ανοίγματος (m)</b> | <b>35</b>  | <b>40</b>  | <b>45</b>  | <b>50</b>  | <b>106</b>  |
| <b>Βάρος (t)</b>            | <b>300</b> | <b>400</b> | <b>500</b> | <b>600</b> | <b>2100</b> |

πίνακας 2.5.8.3: βάρος σε t του απαιτούμενου εξοπλισμού σε συνάρτηση με το μήκος του υπό κατασκευή ανοίγματος

\*\*\*Με βάση τον πίνακα αυτό είναι δυνατόν να γίνουν γρήγορες εκτιμήσεις για το κόστος του εξοπλισμού. Σημειώνεται ότι τα δεδομένα του πίνακα ισχύουν για πλάτος γέφυρας 15,0 m.

## 2.6.4 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί ορθολογικά σε συνεχείς γέφυρες μεγάλου συνολικού μήκους ( $\Sigma L > 400$  m) ή και σε γέφυρες μικρότερου μήκους αλλά εντός της ίδιας εργολαβίας (και για επιμέρους ανοίγματα μεταξύ 30 και 60 m).

Οι περιορισμοί της μεθόδου οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι:

- Ακτίνα καμπυλότητας  $R > 300$  m
- Διατομή σταθερού ύψους και κατά το δυνατόν σταθερού εξωτερικού περιγράμματος

\*\*\*Σημειώνεται ότι η κατά μήκος κλίση της ερυθράς και η επίκλιση δεν προκαλούν δεσμεύσεις στην εφαρμογή της μεθόδου.

## 2.6.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

**Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:**

- Αρκετά ταχύς ρυθμός προόδου
- Άνετη πρόσβαση προσωπικού / μηχανημάτων / υλικών από το ήδη κατασκευασμένο τμήμα
- Ένταση στον υπό κατασκευή φορέα ανάλογη με την τελική χωρίς αλλαγές πρόσημου (οικονομία υλικών)
- Μικρός αριθμός αρμών διακοπής εργασίας
- Δεν υπάρχουν σπόνδυλοι προσαρμογής
- Συνεχής διαδικασία

**Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:**

- Ακριβός εξοπλισμός
- Απαιτεί χώρο στην είσοδο έξοδο για τη συναρμολόγηση / αποσυναρμολόγηση του εξοπλισμού
- Δύσκολη η εφαρμογή της στα ακραία ανοίγματα

## 2.6.6 ΡΥΘΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΥ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Ο συνήθης ρυθμός προόδου για άνοιγμα μήκους της τάξεως 30 m είναι 5 έως 8 ημέρες. Για ανοίγματα πιο μεγάλα 2 εβδομάδες / άνοιγμα.

| Α/Α | Περιγραφή                                  | ΗΜΕΡΑ |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|-----|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|     |  | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1   | Σκυροδέτηση κορμών - πάνω πλάκας           | ■     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 2   | Προετοιμασία προένιασης (πλάκες κλπ)       |       | ■ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 3   | Προένιαση τενόντων (Δ+Τ)                   |       |   | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 4   | 1η μεταφορά φορείου                        |       |   |   |   | ■ | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 5   | Μεταφορά και αγκύρωση δοκών εδράσεως       |       |   |   |   |   | ■ | ■ |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 6   | 2η μεταφορά φορείου                        |       |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |    |    |    |    |    |    |
| 7   | Συναρμολόγηση εξωτερικού ξυλοτύπου         |       |   |   |   |   |   |   | ■ |   |    |    |    |    |    |    |
| 8   | Τοποθέτηση οπλισμού κορμών και κάτω πλάκας |       |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  |    |    |    |    |    |
| 9   | Τοποθέτηση διαμήκων τενόντων               |       |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  |    | ■  |    |    |    |
| 10  | Σκυροδέτηση κάτω πλάκας                    |       |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  | ■  |    |    |    |    |
| 11  | Συναρμολόγηση εσωτερικού ξυλοτύπου         |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ■  | ■  |    |    |    |
| 12  | Τοποθέτηση οπλισμού πάνω πλάκας            |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ■  | ■  | ■  |    |
| 13  | Τοποθέτηση εγκάρσιων τενόντων              |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■  | ■  | ■  |
| 14  | Σκυροδέτηση κορμών - πάνω πλάκας           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    | ■  | ■  |

σχήμα: 2.5.8.6.1: σχήμα: δίνεται το πρόγραμμα εργασιών κατασκευής γεφυρών με τη μέθοδο αυτή στην περιφερειακή οδό της Πάτρας.

## 2.7 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΑΔΙΑΚΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ

### 2.7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος αναπτύχθηκε από τους W. Baur – F. Leonhardt στις αρχές της δεκαετίας 1960 και έφερε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μέχρι και το 1982. Σταθμό στην ανάπτυξη της μεθόδου αποτελούν οι γέφυρες στους ποταμούς Rio Caroni – Βενεζουέλα 1961 και Inn στο Kufstein της Αυστρίας 1965.

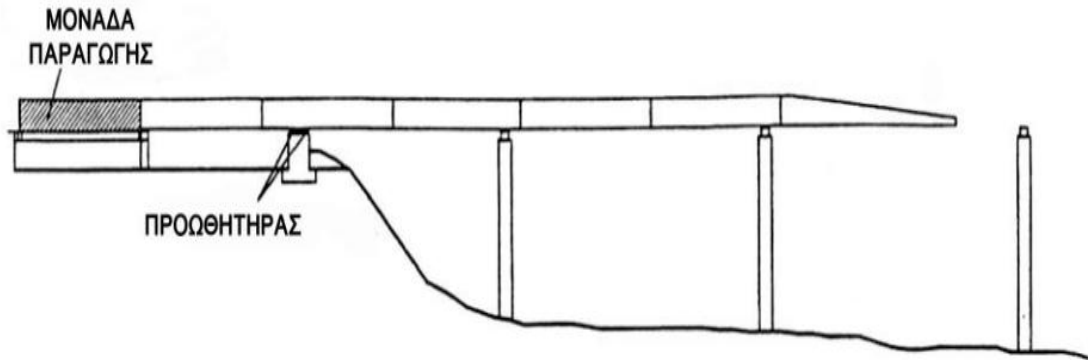
Μέχρι σήμερα περισσότερες από 1000 γέφυρες σ'όλο τον κόσμο έχουν κατασκευασθεί με τη μέθοδο της προώθησης.

Στην Ελλάδα η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί:

- Στην γέφυρα της Εγνατίας οδού στον ποταμό Φιλιούρη στην περιοχή της Κομοτηνής
- Στην γέφυρα Δρυμόνα στον άξονα Π.Α.Θ.Ε
- Σε γέφυρα της Αττικής Οδού
- Στις σιδηροδρομικές γέφυρες του τμήματος Λιανοκλάδι – Δομοκός κλπ.



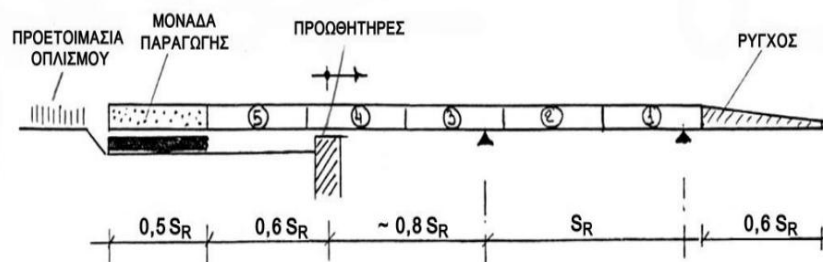
Η μέθοδος συνιστάται στην προοδευτική κατασκευή του φορέα σε σπονδύλους 15-30m και την εν συνεχεία προώθηση του συνήθως από το ένα ακρόβαθρο.



σχήμα 2.5.9.1: Μέθοδος Σταδιακής Προώθησης (nomoskopio)

## 2.7.2 Βασικά Χαρακτηριστικά της μεθόδου

- Διαδοχική σκυροδέτηση σπονδύλων παραπλεύρως του προηγούμενου.
- Μήκος σπονδύλου, που ταυτίζεται με το βήμα προώθησης, συνήθως 50% του ανοίγματος.
- Χρόνος κατασκευής σπονδύλου 1-2 εβδομάδες, ανεξάρτητα από το μήκος του.
- Μόνιμες εγκαταστάσεις παραγωγής (γερανός, μόρφωση οπλισμών, συγκρότημα σκυροδέτησης)
- Προωθητήρας τοποθετημένος κατά κανόνα στο ακρόβαθρο.
- Μήκος ρύγχους συνήθως 60% του τυπικού ανοίγματος



σχήμα 2.5.9.2: Βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου (nomoskopio)

### 2.7.3 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου

Το μέγιστο επιτευχθέν μήκος γέφυρας που κατασκευάστηκε με τη μέθοδο αυτή είναι της τάξεως 1200m (προώθηση από τα δύο ακρόβαθρα και σύνδεση των δύο τμημάτων). Σύννηθες μέγιστο μήκος γέφυρας 600m.

Τα μήκη των επιμέρους ανοιγμάτων κυμαίνονται από 30 έως 60m. Με χρήση βοηθητικού μεσόβαθρου μπορεί το μήκος του ανοίγματος να φθάσει τα 80m.

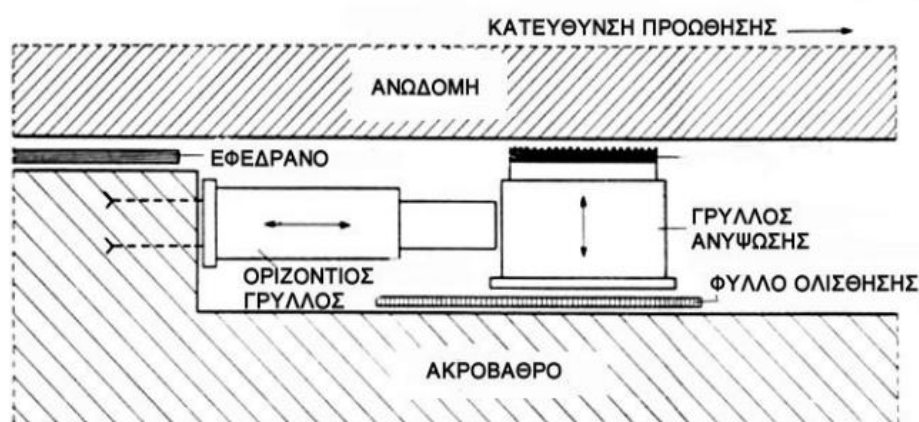
Η κατά μήκος κλίσης της ερυθράς πρέπει να είναι  $\leq 4\%$ . Σημειώνεται ότι η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί και σε χαράξεις με κατά μήκος ερυθράς 7%.

### 2.7.4 Γενική διάταξη του συστήματος

#### 1. Προωθητήρες

Οι προωθητήρες, κατά κανόνα, εδράζονται στα ακρόβαθρα. Κατ'εξαιρεση είναι δυνατό να τοποθετηθούν και στο 1<sup>ο</sup> μεσόβαθρο. Αποτελούνται από ένα ανυψωτήρα (γρύλο κατακόρυφης διαδρομής) που ολισθαίνει σε φύλλο ολίσθησης (Teflon) με χαμηλό συντελεστή τριβής, τάξεως 3%. Το κατακόρυφο έμβολο εφαρμόζει στο πέλμα του προωθημένου φορέα. Μια αδρή επιφάνεια χαλύβδινη πλάκα εφαρμοσμένη στη κεφαλή του εμβόλου, επιτρέπει την ανάπτυξη τριβής τάξεως 70%.

Οριζόντιοι γρύλοι, αρθρωτά συνδεδεμένοι με τους κατακόρυφους, τους ωθούν προς τα εμπρός και δια μέσου αυτών ωθούν το φορέα. Το βήμα κάθε ώθησης είναι της τάξεως 20-25cm. Η προώθηση μιας μονάδας 20 – 30m διαρκεί 2 έως 3 ώρες. Μετά από κάθε βήμα, ο κατακόρυφος γρύλος κατεβαίνει και ο οριζόντιος κινείται προς τα πίσω. Στη φάση αυτή ο φορέας εδράζεται στα εφέδρανα παγίωσης.



σχήμα 2.5.9.3: Διάταξη προωθητήρα (nomoskopio)

## 2. Χαλύβδινο ρύγχος

Το μήκος του χαλύβδινου ρύγχους είναι της τάξεως του 60% του τυπικού ανοίγματος. Μικρότερο μήκος συνεπάγεται αύξηση της ροπής στήριξης, της απαιτούμενης προέντασης και των θλιπτικών τάσεων στην κάτω πλάκα. Μεγαλύτερο μήκος μειώνει τη ροπή στήριξης, δεν μειώνει όμως ουσιαστικά την προένταση. Οι διαμήκεις δοκοί του ρύγχους μορφώνονται κατά κανόνα ως ολόσωμες διατομές που είναι οικονομικότερες από τις δικτυωτές.

Το κόστος του ρύγχους μαζί με το κόστος της διάταξης προώθησης αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα της επένδυσης που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου.

## 3. Μόνιμα εφέδρανα

Τα μόνιμα εφέδρανα, τα οποία χρησιμοποιούνται στο τελικό στάδιο των γεφυρών που κατασκευάζονται με την μέθοδο της σταδιακής προώθησης, δεν διαφοροποιούνται από τα εφέδρανα τα οποία χρησιμοποιούνται σε γέφυρες που κατασκευάζονται με άλλες μεθόδους.

Λόγω όμως της προώθησης και της εκ των υστέρων τοποθέτησής τους, προκύπτουν ιδιαιτερότητες, κυρίως όσον αφορά την αγκύρωσή τους, οι οποίες θα πρέπει να προσεχθούν τόσο κατά τον υπολογισμό όσο και κατά το στάδιο της κατασκευής.

Ενώ σε άλλες μεθόδους κατασκευής ο φορέας σκυροδετείται επί των ήδη τοποθετημένων εφεδράνων, στην μέθοδο της προώθησης απαιτείται η κατασκευή στρώσεως από κονία μεταξύ της πάνω επιφάνειας των εφεδράνων και της κάτω επιφάνειας του φορέα ελαχίστου πάχους 20mm.

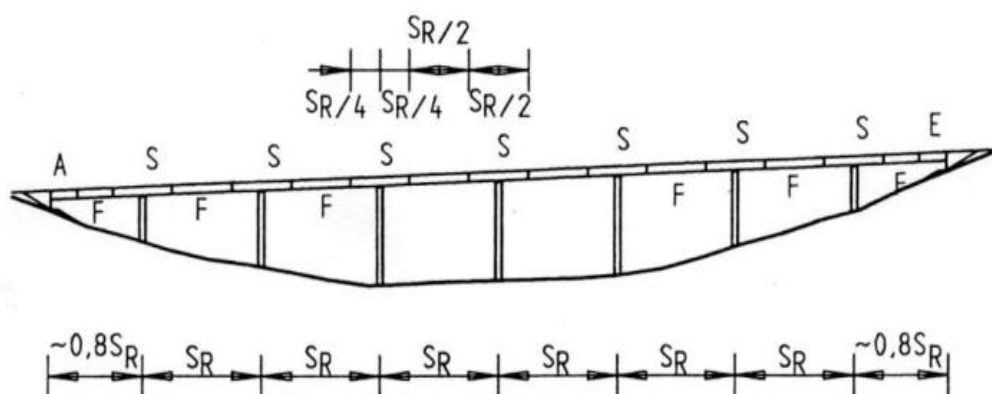
### 2.7.5 Καθορισμός μήκους βήματος προώθησης

Κατά τον καθορισμό του μήκους βήματος προώθησης θα λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω κανόνες:

- Το μήκος του βήματος πρέπει να καθορίζεται όσο μεγαλύτερο γίνεται αλλά όχι μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να κατασκευασθεί εντός μιας ή δύο εβδομάδων. Στην πράξη έχει αποδειχθεί ότι βήματα μήκους μέχρι 30m, για πλάτος γέφυρας μέχρι 20m, μπορούν να κατασκευασθούν εντός δύο εβδομάδων.
- Κατά την κατασκευή της γέφυρας θα πρέπει να επιδιώκεται όσο είναι δυνατόν μεγάλος αριθμός βημάτων προώθησης με ίδιο μήκος.
- Οι αρμοί μεταξύ των βημάτων προώθησης δεν πρέπει να βρίσκονται στις περιοχές των μεγάλων ροπών, δηλαδή δεν πρέπει να βρίσκονται στην περιοχή του μέσου των ανοιγμάτων ή στην περιοχή των στηρίξεων.

Στην σύγχρονη πρακτική της μεθόδου και για συνήθεις περιπτώσεις κατασκευής γεφυρών με προώθηση και για μήκη ανοιγμάτων 40m έως 60m, το μήκος του βήματος προώθησης καθορίζεται ίσο με  $SR/2$ , όπου  $SR$  το μήκος του τυπικού

ανοίγματος της γέφυρας (βλέπε Σχήμα 2.5.9.4 ). Στην τελική θέση της γέφυρας τα βήματα προώθησης  $S$  είναι τοποθετημένα συμμετρικά στις στηρίξεις, οπότε οι αρμοί μεταξύ των βημάτων βρίσκονται στα τέταρτα του ανοίγματος. Το μήκος των βημάτων στα ανοίγματα  $F$  είναι επίσης  $\leq SR/2$ . Στα ακραία ανοίγματα διατάσσονται επίσης βήματα  $F$  μήκους  $\leq SR/2$  καθώς και τα ειδικά βήματα αρχής  $A$  και τέλους  $E$ .



σχήμα 2.5.9.4: Μήκος βήματος προώθησης (nomoskopio)

Η συνηθισμένη ποιότητα σκυροδέματος του φορέα των γεφυρών που κατασκευάζονται με την μέθοδο της προώθησης είναι **B45**. Οι αρμοί διακοπής εργασίας στην φάση σκυροδέτησης του βήματος προώθησης συνιστάται να προβλέπονται στην περιοχή συναρμογής της πάνω πλάκας με τους κορμούς του κιβωτίου.

Γενικά, για την απρόσκοπτη εφαρμογή της μεθόδου προώθησης, όπως και των άλλων μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής γεφυρών, απαιτείται η πλήρης συμβατότητα κατασκευαστικών λεπτομερειών. Είναι απαραίτητο οι επικαλύψεις των οπλισμών, οι αποστάσεις και διατάξεις των χαλαρών οπλισμών, τα μεγέθη των τενόντων προέντασης, οι διατάξεις αγκύρωσης και οι διαστάσεις πρεσών επιβολής της δύναμης προέντασης να είναι πλήρως εναρμονισμένες μεταξύ τους

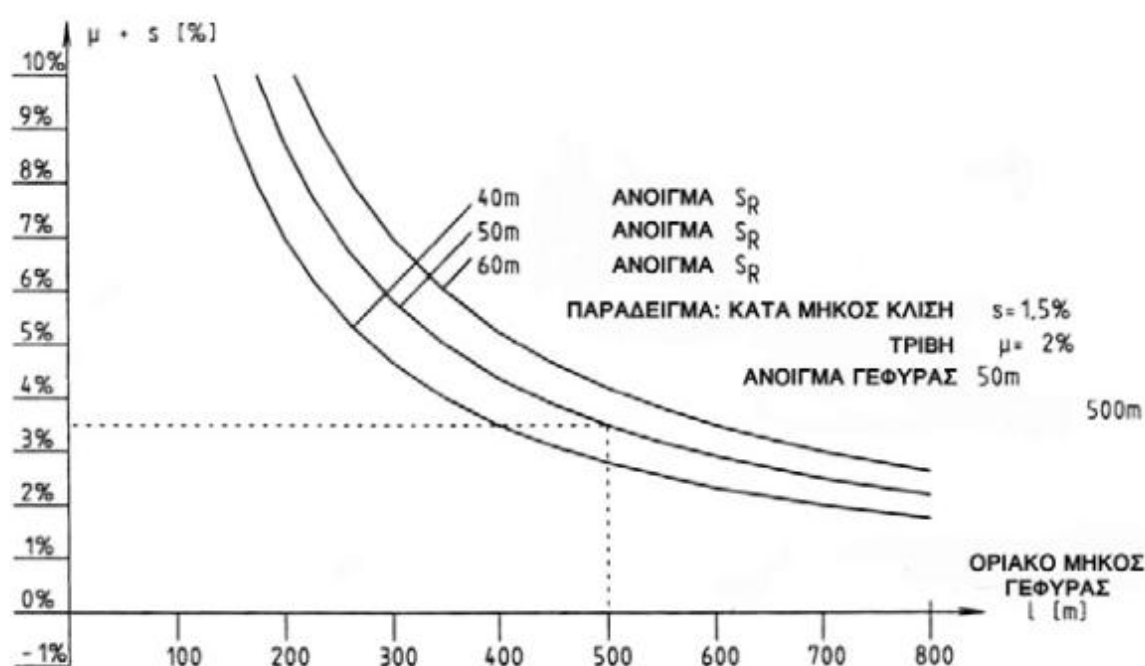
## 2.7.6 Προώθηση

Ο συντελεστής τριβής ο αναπτυσσόμενος μεταξύ του γρύλου ανύψωσης και του φύλλου ολίσθησης (βλέπε Σχήμα 13) εξαρτάται από την ασκούμενη μέση πίεση έδρασης (μειώνεται όσο η πίεση αυξάνεται), την ποιότητα κατεργασίας (ανοχή  $1\mu\text{m}$ ), την καλή λίπανση και την εξωτερική θερμοκρασία (η υψηλή θερμοκρασία μειώνει το συντελεστή, η χαμηλή τον αυξάνει).

Από άποψη κανονισμού λαμβάνονται υπόψη ακραίες τιμές 0% και 4%. Εύλογη τιμή με ομαλές συνθήκες 2%. Ο συντελεστής τριβής είναι αυξημένος κατά την εκκίνηση, μειούμενος αμέσως κατά την προώθηση.

Μια γρήγορη εκτίμηση του μεγίστου μήκους προώθησης, άρα και του μήκους της γέφυρας, δίνεται στο Σχήμα 2.5.9.5 για μήκη ανοιγμάτων  $S_R = 40, 50, 60$  m και για διάφορες τιμές  $\mu+s$  (όπου  $\mu$  ο συντελεστής τριβής και  $s$  η κατά μήκος κλίση).

Για περιπτώσεις γεφυρών μήκους μεγαλύτερου των 600m, μπορεί να εφαρμοσθεί η προώθηση και από τα δύο ακρόβαθρα. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η κατασκευή γεφυρών μήκους της τάξεως των 1200 m.



σχήμα 2.5.9.5: Διάγραμμα εκτίμησης μέγιστου μήκους προώθησης (nomoskopio)

## 2.7.7 Εβδομαδιαίος κύκλος εργασιών

Δευτέρα

- Προένταση καλωδίων κεντρικής προέντασης
- Καταβιβασμός ξυλοτύπου
- Προώθηση φορέα κατά ένα βήμα
- Καθαρισμός και επανατοποθέτηση εξωτερικού ξυλοτύπου

Τρίτη

Τοποθέτηση οπλισμού πυθμένα και κορμών

- Τοποθέτηση εσωτερικού ξυλοτύπου

Τετάρτη

- Σκυροδέτηση κάτω πλάκας και κορμών

Πέμπτη

- Απομάκρυνση εσωτερικού ξυλοτύπου
- Τοποθέτηση ξυλοτύπου οροφής
- Τοποθέτηση οπλισμού πλάκας κυκλοφορίας

Παρασκευή

- Ολοκλήρωση οπλισμού πλάκας κυκλοφορίας
- Σκυροδέτηση πλάκας κυκλοφορίας

Σάββατο – Κυριακή

- Σκλήρυνση σκυροδέματος

\*\*Προφανώς στον παραπάνω κύκλο μπορούν να υπάρξουν αλλαγές, ανάλογα προς το διαθέσιμο εργατοτεχνικό δυναμικό.

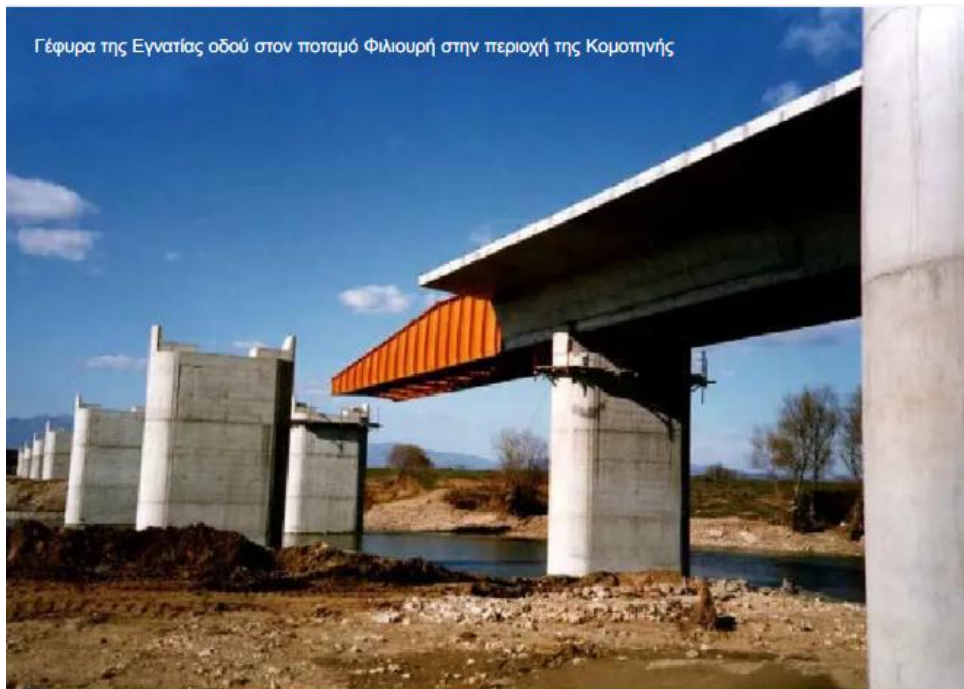
## **2.7.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Μεθόδου**

**Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:**

- Πλήρης κατάργηση ικριωμάτων (πλην βοηθητικών βάθρων σε ανοίγματα > 60m), γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε δυσμενείς τοπογραφικές ή κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Μικρό κόστος εξοπλισμού και ξυλοτύπων.
- Τυποποιημένη βιομηχανική παραγωγή, με δυνατότητα κατασκευής 20 έως 25m ανά εβδομάδα.
- Σημαντική ανεξαρτητοποίηση από καιρικές συνθήκες.
- Σημαντικά μειωμένο κόστος παραγωγής.
- Υψηλή ποιότητα κατασκευής χάρη στην τυποποίηση.
- Αυξημένη ανθεκτικότητα και ασφάλεια λόγω της ισχυρής κεντρικής προέντασης.
- Αυξημένη ασφάλεια σε απρόβλεπτες δράσεις.

### Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Δεν εφαρμόζεται σε όλες τις χαράξεις.
- Αυξημένη ανάλωση χάλυβα προέντασης.
- Αυστηρές απαιτήσεις γεωμετρίας.
- Σταθερό ύψος φορέα.
- Αδυναμία επιτάχυνσης της κατασκευής.



εικόνα 2.5.9.6: γέφυρα της Εγνατίας οδού στο ποταμό φιλιούρη (Σ. Σταθόπουλος)



εικόνα 2.5.9.7: σιδηροδρομική γέφυρα στο τμήμα Λιανοκλάδι – Δομοκός (Σ.Σταθόπουλος)



## 2.8 Τύποι Φορέων Καταστρώματος Γέφυρας

- Ολόσωμη πλάκα 
- Πλάκα με κενά 
- Κιβωτιοειδής φορέας 
- Εσχάρα Δοκών 

εικόνα 2.6.1: Τύποι Φορέων Καταστρώματος Γέφυρας (Τηλέμαχος Παναγιωτάκος)

### 2.8.1 Κριτήρια Επιλογής Φορέα

**Μήκος ανοίγματος ανάλογα και με το στατικό σύστημα:**

- αμφιέρειστο ή συνεχές

**Διατιθέμενο κατασκευαστικό ύψος:**

- π.χ. δεσμεύσεις στο απαιτούμενο ελεύθερο ύψος λόγω περιτυπώματος κυκλοφορίας σε περιοχή ανισόπεδων κόμβων

Μέθοδος κατασκευής ανάλογα με τα διατιθέμενα μέσα και το προσωπικό.

Οικονομικότητα μεταξύ των επιλογών

### 2.8.2 Ολόσωμη Πλάκα

**Πεδίο εφαρμογής:**

- Ανοίγματα μικρού μήκους
- Πλαισιωτές γέφυρες
- Γέφυρες μεταβλητού πλάτους

- Γέφυρες με μεγάλη λοξότητα
- Γέφυρες με μονολιθικά ακρόβαθρα (integral)

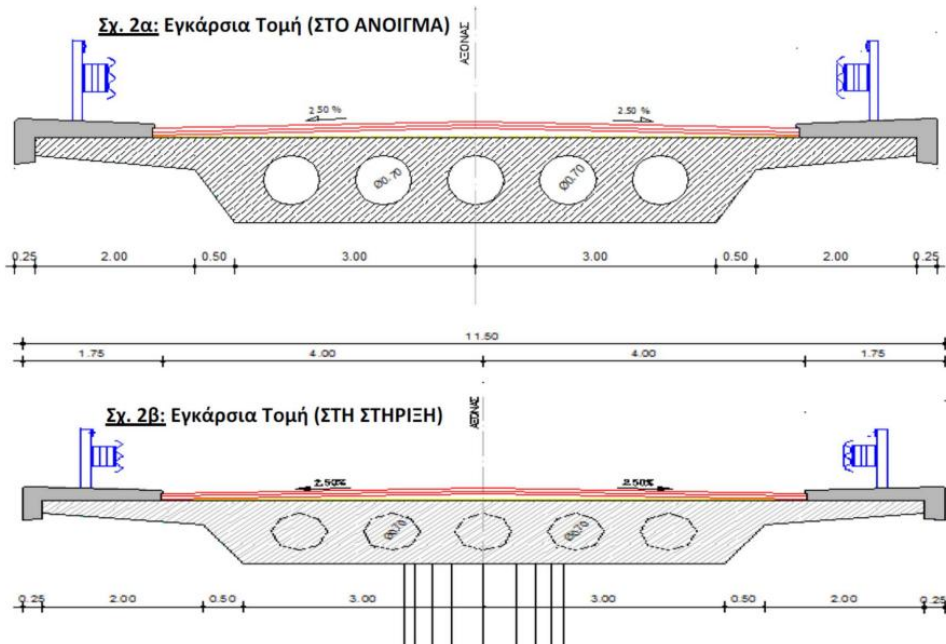
Μέγιστο συνιστάμενο πάχος πλάκας:  $h = 80\text{cm}$

Μέγιστο Άνοιγμα:

- Οπλισμένη αμφιέριστη πλάκα:  $L_{\max} = 16\text{m}$
- Οπλισμένη συνεχής πλάκα:  $L_{\max} = 20\text{m}$
- Προεντεταμένη αμφιέριστη:  $L_{\max} = 22\text{m}$
- Προεντεταμένη συνεχής:  $L_{\max} = 28\text{m}$

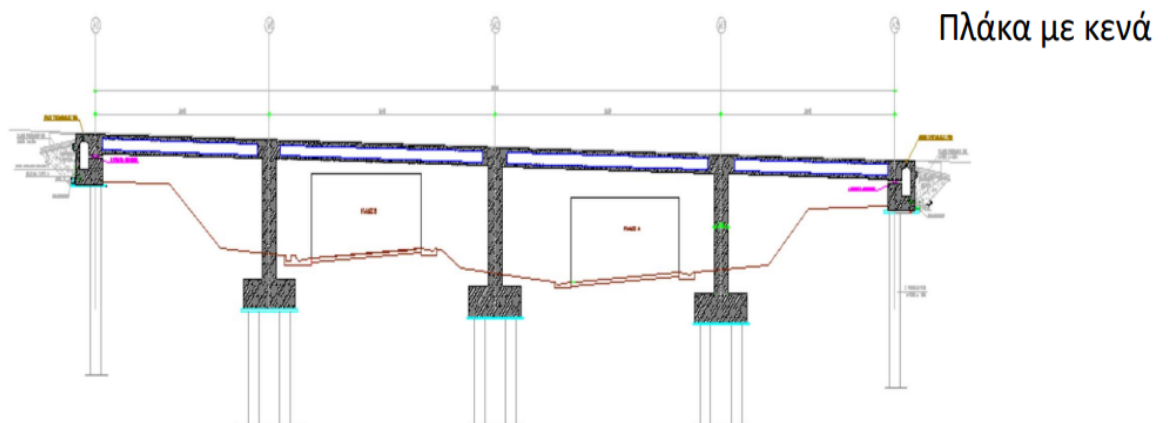
### 2.8.3 Πλάκα με κενά

- Δόκιμο μήκος ανοίγματος:  $20\text{m} \leq l \leq 35\text{m}$
- Πάχος φορέα  $> 80\text{cm}$
- Κενά κυλινδρικά ή ορθογωνικά
- Πλήρωση διακένων με πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες
- Πρόβλεψη διαδοκίδων στις στηρίξεις



σχήμα 2.6.3.1: Χαρακτηριστικά των πλακών με κενά (Τηλέμαχος Παναγιωτάκος)

- Το ελάχιστο πάχος της άνω πλάκας είναι δόκιμο να ανέρχεται στα 25cm και της κάτω πλάκας στα 20 cm. Συνδετήρες προβλέπονται στους κρομούς μεταξύ των διακένων.
- Τα εντατικά μεγέθη υπολογίζονται όπως και στις συμπαγείς πλάκες, αγνοώντας συνήθως την επίδραση της ανισοτροπίας.
- Οι πλάκες με διάκενα διαθέτουν κατά την διαμήκη έννοια την ίδια φέρουσα ικανότητα με αυτή των συμπαγών, ενώ κατά την εγκάρσια κατεύθυνση είναι ευαίσθητες σε μεγάλες καμπτικές ροπές και στις αντίστοιχες τέμνουσες, επειδή τα διάκενα διακόπτουν την ομαλή ροή των λοξών, διασταυρούμενων κύριων τάσεων.
- Για την ενίσχυση της πλάκας κατά την εγκάρσια κατεύθυνση στις στηρίξεις θα πρέπει να προβλέπονται διαδοκίδες
- Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αγκύρωση των σωμάτων διαμόρφωσης των διακένων στον ξυλότυπο, διότι ενδεχόμενη μετατόπιση της θέσης των κατά τη σκυροδέτηση συνεπάγεται τη μείωση του πάχους της άνω πλάκας -δηλ. της θλιβόμενης ζώνης-και την μείωση της ασφάλειας της κατασκευής.
- Πλεονεκτούν από αισθητικής άποψης λόγω της ενιαίας κάτω επιφάνειας.



εικόνα 2.6.3.2 : Πλάκα με κενά (Τηλέμαχος Παναγιωτάκος)

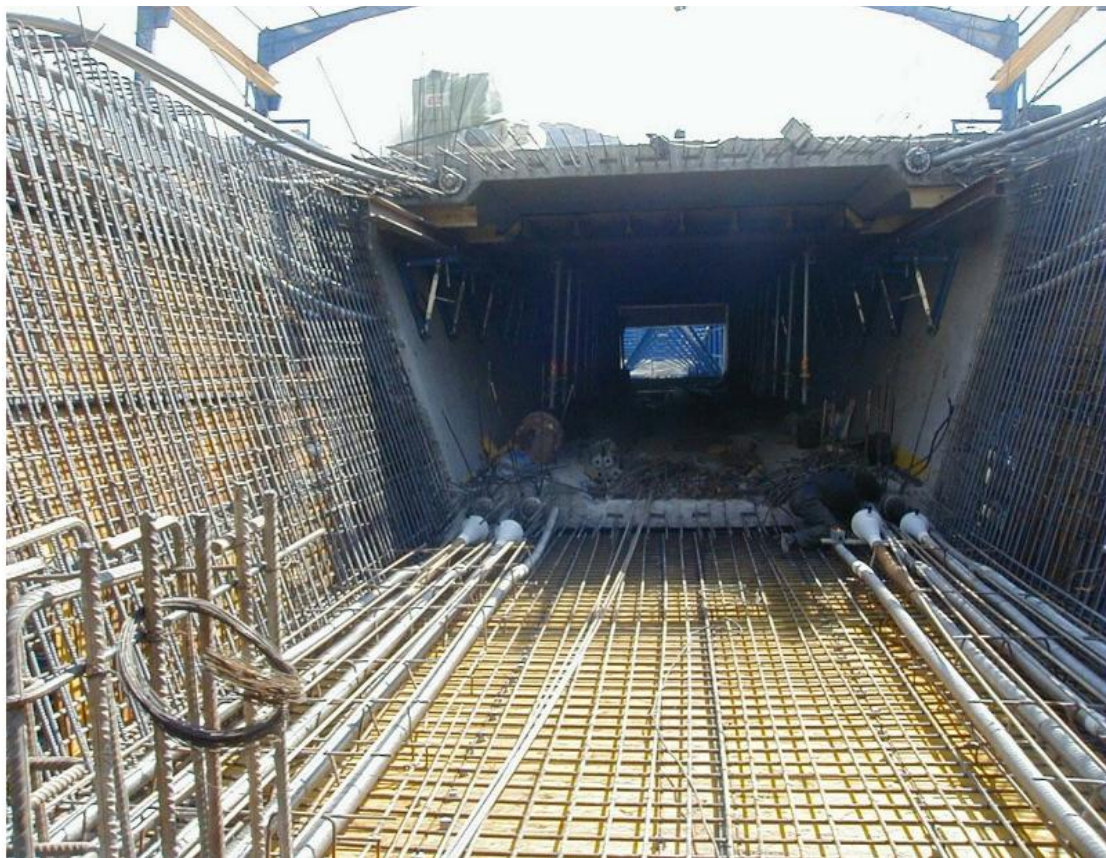
## 2.8.4 Κιβωτιοειδείς Φορείς

### 2.8.4.1 Πεδίο εφαρμογής:

- Μεγάλου μήκους ανοίγματα ( $l > 40\text{m}$ )
- Γέφυρες μεταβλητού πλάτους
- Γέφυρες σε καμπύλη κάτοψη

### 2.8.4.2 Μέγιστο Άνοιγμα:

- $L_{\text{max}} = 50\text{m}$  (αμφίεριστος προεντεταμένος φορέας)
- $L_{\text{max}} = 60\text{m}$  (συνεχής προεντεταμένος)
- Διαφράγματα στις στηρίξεις



εικόνα 2.6.4.1: Κιβωτιοειδείς Φορείς (Τηλέμαχος Παναγιωτάκος)

### **2.8.4.3 Κατασκευή – Επιτόπου Σκυροδέτηση**

Τοποθέτηση ξυλοτύπου επί σταθερών μεταλλικών κριωμάτων και επί τόπου σκυροδέτηση του φορέα.

Απαραίτητα μέτρα:

- Προ εκτίμηση παραμορφώσεων
- Διαίρεση της σκυροδέτησης σε φάσεις
- Κλείσιμο αρμών τμημάτων σκυροδέτησης
- Αποφυγή έκθεσης υψηλών κριωμάτων σε ηλιακή ακτινοβολία (επιμήκυνση)
- Συνεχής έλεγχος

### **2.8.4.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα**

#### **Πλεονεκτήματα**

- Πολυπληθής Εφαρμογή
- Χαμηλός βαθμός εξειδίκευσης προσωπικού
- Απλότητα κατασκευής - Περιορισμός κινδύνων
- Οικονομική λύση

#### **Μειονεκτήματα**

- Περιορισμένο ύψος κατασκευής
- Παραμορφώσεις
- Εξάρτηση από μορφολογία περιοχής
- Προσωρινό δάπεδο στήριξης κριωμάτων (δάπεδο εργασίας)
- Εξεύρεση & Διαχείριση των υλικών προσωρινής επίχωσης

## **2.9 Εσχάρα Δοκών**

### **2.9.1 Προκατασκευασμένες δοκοί με πλάκα συνεχείας**

- (α) Χωρίς πρόπλακες
- (β) Με πρόπλακες

### **2.9.2 Πεδίο εφαρμογής:**

- Δόκιμο μήκος ανοίγματος: 35m έως 45m
- Γωνία λοξότητας > 60°
- Ακτίνα καμπυλότητας οριζοντιογραφικά  $R > 500m$

### **2.9.3 Πλεονεκτήματα**

- Ταχύτητα κατασκευής
- Οικονομία κριωμάτων
- Ασφαλές δάπεδο εργασίας

### **Μειονεκτήματα**

- Έλλειψη Μονολιθικότητας
- Αυξημένη Απαίτηση Συντήρησης
- Διαμόρφωση διατομής με σκυροδέματα διαφορετικής ηλικίας
- Αμφιβολίες για διαχρονική συμπεριφορά πρόπλακας-έγχυτης πλάκας
- Αμφίβολο αισθητικό αποτέλεσμα

## **2.10 Μηχανοποιημένες μέθοδοι κατασκευής βάθρων**

### **2.10.1. Γενικά**

(1) Οι μηχανοποιημένες μέθοδοι κατασκευής βάθρων συναντώνται συνήθως όταν το ύψος τους υπερβαίνει 15 m ~ 20 m.

(2) Επισημαίνεται προκαταβολικά η ιδιαίτερη σημασία των μέτρων ασφαλείας (ουσιαστικής αλλά και ψυχολογικής), τα οποία πρέπει να λαμβάνονται κατά την εκτέλεση εργασιών σε τέτοια ύψη.

(3) Λόγω της προφανούς αδυναμίας για *μια κι έξω* σκυροδέτηση, οι κατασκευές των υψηλών βάθρων γίνονται κατά τμήματα ύψους.

(4) Χαρακτηριστικό αυτών των μεθόδων κατασκευής είναι η ανύψωση του τύπου (καλουπιού) από μια στάθμη κατασκευής στην επόμενη.

(5) Υπάρχουν ουσιαστικά οι εξής δύο ξεχωριστές τεχνικές για την ανύψωση του καλουπιού:

- α) Μέθοδος ολισθαίνοντος (ξυλότυπου) τύπου
- β) Μέθοδος αναρριχώμενου (ξυλότυπου) τύπου

## 2.10.2 Μέθοδος Ολισθαίνοντος Ξυλότυπου

Η μέθοδος πρωτοεμφανίστηκε στην Αμερική (1886, Texas). Στην Ευρώπη η εφαρμογή αρχίζει περί τα 1940 και αναπτύσσεται κυρίως στην δεκαετία του 1960.

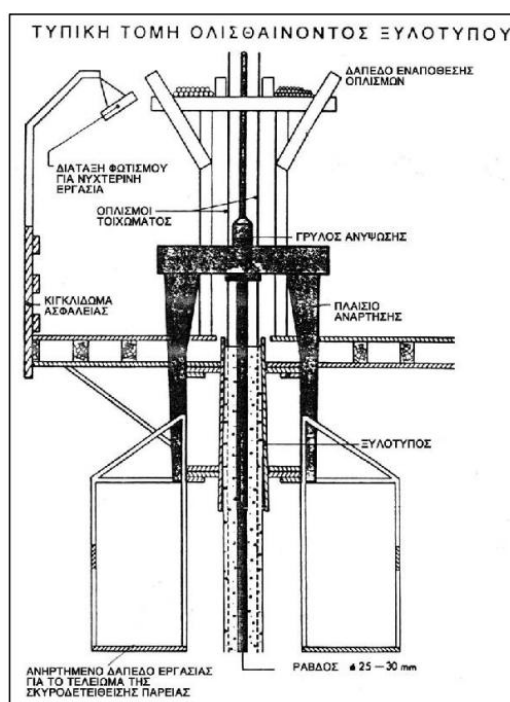
Κατά τη μέθοδο αυτή, η καθ' ύψος κατασκευή του βάθρου προχωρεί με μικρά αλλά συνεχή βήματα κατά τα οποία το τυπικό τμήμα του (ξυλότυπου) τύπου ανελκύεται με τη βοήθεια ανυψωτικού συστήματος που αποτελείται από:

- 1) Γρύλους
- 2) Ράβδους ανύψωσης (μεταφέρουν το φορτίο)
- 3) Πλαίσιο ανάρτησης

Το όλο σύστημα συμπληρώνεται από:

- Τμήμα (ξυλότυπου) τύπου (ύψους περί το 1.20 m)
- Δάπεδα εργασίας
- Διαδρόμους επιθεώρησης
- Στήθαία ασφαλείας

Η τυπική διάταξη του παραπάνω συστήματος δίνεται στο **Σχήμα 2.8.1**, που ακολουθεί



**σχήμα:** τυπική τομή ολισθαίνοντος ξυλότυπου (nomoskopia)

## 2.10.2. Αρχές σχεδιασμού αναρριχώμενου ξυλότυπου

Ο σχεδιασμός ολισθαίνοντος ξυλοτύπου περιλαμβάνει:

- Εκτίμηση φορτίων – Φορτίων γρύλων
- Εκτίμηση της τριβής μεταξύ σκυροδέματος – καλουπιού
- Επιπτώσεις πίεσης νωπού σκυροδέματος

Η πίεση του νωπού σκυροδέματος επιβαρύνεται παραπάνω από την αποκόλληση των επιφανειών του καλουπιού από το σκληρυνόμενο σκυρόδεμα και εξαρτάται από:

- Την σύνθεση σκυροδέματος.
- Το είδος επιφάνειας (στεγανότητα).
- Το πάχος του στοιχείου.
- Τον ρυθμό σκυροδέτησης.
- Την πυκνότητα οπλισμού.

Το αποτέλεσμα του ορθού σχεδιασμού είναι :

- Η κατασκευαστική ακρίβεια.
- Η γενική βελτίωση δομήματος.
- Το ελεγχόμενο κόστος.

## 2.10.3 Σύντομη περιγραφή

Η ανέλκυση ξεκινά όταν το σκυρόδεμα που έχει ήδη χυτευθεί στο κατώτερο μισό του ύψους αποκτήσει επαρκή αντοχή. Η ταχύτητα ανέλκυσης πρέπει να διατηρείται κατά το δυνατόν σταθερή καθ' όλο το 24ωρο.

Οι ρυθμοί προόδου της τοποθετήσεως του οπλισμού και της σκυροδετήσεως οφείλουν να ακολουθούν τον ρυθμό της ανέλκυσης.

Η σκυροδέτηση γίνεται ομοιόμορφα κατά μήκος της περιμέτρου του βάθρου σε πάχη 20-30cm.

Η δόνηση γίνεται αποκλειστικώς με εσωτερικούς δονητές (κατάλληλου μήκους).

Η επιφάνεια του αποκαλυπτόμενου σκυροδέματος παρακολουθείται από εξειδικευμένο προσωπικό και οι μικροατέλειες της επιφάνειας (που προκαλούνται από την ολίσθηση του καλουπιού) επιδιορθώνονται.

## 2.10.4 Ειδικές απαιτήσεις

**Γενικά**



Λόγω της συνεχούς προόδου των εργασιών απαιτείται η λήψη σειράς μέτρων για την εξασφάλιση της ποιότητας της κατασκευής, η οποία καλύπτει την προετοιμασία, την επίβλεψη και την εργασία.

Είναι απαραίτητη η λεπτομερής εξέταση των ειδικών συνθηκών του έργου, καιρικών συνθηκών, ανέμων, προσβάσεων παροχής ενέργειας. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται ο απαραίτητος ρυθμός παραγωγής και άφιξης του σκυροδέματος.

Απαιτείται η λεπτομερειακή μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος και του ρυθμού ανάπτυξης των αντοχών του.

Η παρουσία εμπείρου προσωπικού (Μηχανικών, Εργοδηγών και Τεχνιτών) είναι απαραίτητη σε 24ώρη βάση.

### **2.10.5 Οπλισμός**

Απαιτείται η κατάλληλη διαμόρφωση των ράβδων οπλισμού του βάθρου ώστε να μην παρεμποδίζεται η όλη διαδικασία. Το ελεύθερο μήκος των κατακόρυφων οπλισμών του βάθρου περιορίζεται περίπου στα 2.0m ή 150Φ.

Απαιτείται συντονισμός για την τοποθέτηση των οριζοντίων ράβδων οπλισμού και επισήμανση των θέσεων τους πάνω στις κατακόρυφες ράβδους.

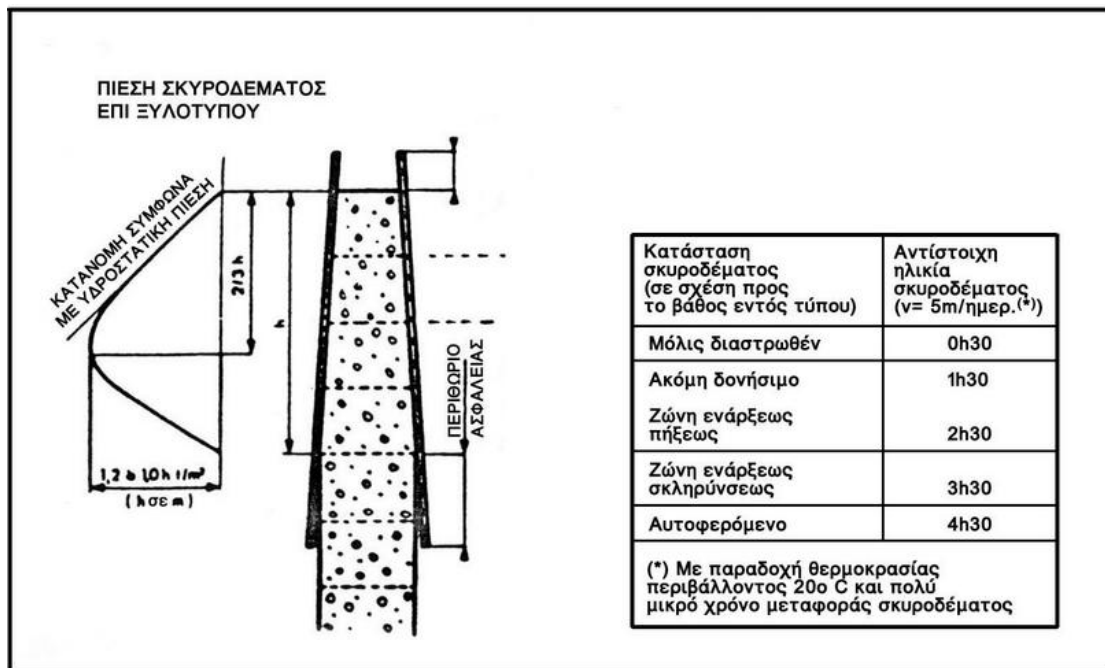
Τα μήκη αγκυρώσεων.

### **2.10.6 Σκυρόδεμα**

Το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος του τοιχώματος του βάθρου, για λόγους που αφορούν την μέθοδο και μόνο, είναι 18cm.

Οι συνήθως χρησιμοποιούμενες κατηγορίες σκυροδεμάτων είναι B25 και B35. Ανώτερης κατηγορίας σκυρόδεμα (σπάνια περίπτωση για βάθρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλά μετά από λήψη ειδικών μέτρων στη σύνθεση του για την αποφυγή ανάπτυξης μεγάλης τριβής. Η συνήθης κάθιση είναι 35 έως 45mm. Η χρήση ρευστοποιητών δεν είναι επιθυμητή. Η σκυροδέτηση γίνεται με κάδους.

Στο σχήμα 2.8.6.1 δίνεται η κατάσταση στην οποία ευρίσκεται το σκυρόδεμα από άποψη εργασιμότητας σε συσχετισμό με την θέση του εντός του ξυλοτύπου και τον χρόνο σκυροδέτησης.



σχήμα 2.8.6.1: κατάσταση στην οποία ευρίσκεται το σκυρόδεμα από άποψη εργασιμότητας (νομοσκοπία)

Η ασκούμενη πίεση από το νωπό σκυρόδεμα στον ξυλότυπο και η αναπτυσσόμενη κατά την καθ' ύψος μετακίνηση του τριβή εξαρτώνται από:

- Το πάχος του στοιχείου
- Την ταχύτητα ανέλκυσης
- Την επιφάνεια του καλουπιού
- Τη σύσταση και συμπύκνωση του σκυροδέματος
- Τον άνεμο

Τονίζεται ότι το τελείωμα της επιφανείας του καλουπιού και η στεγανότητά του παίζουν σημαντικό ρόλο στο μέγεθος της αναπτυσσόμενης τριβής. Στα καλούπια από σανίδες στους αρμούς συγκεντρώνεται τσιμεντοπολτός με αποτέλεσμα την αύξηση της τριβής.

Σε κάθε περίπτωση, το βάρος του προς διάστρωση σκυροδέματος πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την τριβή που θα αναπτυχθεί κατά την ανέλκυση του συστήματος.

### 2.10.7 Ρυθμοί ανέλκυσης - Διακοπές

Οι ρυθμοί σκυροδέτησης οι οποίοι επιτυγχάνονται, συνήθως κυμαίνονται από 3 έως 5 m / ημέρα. Το βήμα ολίσθησης του ξυλότυπου είναι της τάξεως 1" / 5 ~ 15 min

Μικροδιακοπές είναι αποδεκτές. Για μεγαλύτερες διακοπές (π.χ. για μάτισμα οπλισμών) απαιτείται προσοχή να μη φρακάρει το καλούπι.

Για απρόβλεπτες διακοπές, π.χ. 24 h, απαιτείται και επεξεργασία του αρμού διακοπής.

## **2.10.8 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα**

### **Πλεονεκτήματα**

- Ακρίβεια στην κατασκευή.
- Μονολιθικότητα, γεγονός ιδιαίτερης σημασίας για την σεισμογενή χώρα μας.
- Ταχύτητα. • Ποικιλία μορφών.
- Οικονομία για ύψη βάθρων  $h > 30$  m.

### **Μειονεκτήματα**

- Απαιτείται υψηλό επίπεδο οργάνωσης και συντονισμού.
- Σημαντικός βοηθητικός εξοπλισμός.
- Έμπειρο προσωπικό.
- Εργασία πέρα από τις συνήθειες συνθήκες (μέρα - νύχτα, καιρός).
- Εργοταξιακά προβλήματα από την παρουσία υπεργολάβου και κοινωνικά προβλήματα από την συνεχή εργασία.

## **2.11 Μέθοδος Αναρριχώμενου Ξυλότυπου**

### **2.11.1 Εισαγωγή**

Κατά την μέθοδο αυτή η σκυροδέτηση κάθε επιμέρους τμήματος βάθρου γίνεται εντός ξυλοτύπου καταλλήλου ύψους (3.0m έως 6.0m).

Μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος τα τμήματα του καλουπιού αποσυναρμολογούνται και προωθούνται (αναρριχώνται) στην επόμενη στάθμη, επανασυνδέονται και είναι έτοιμα για τον επόμενο κύκλο.

Η κίνηση ξυλοτύπου εδώ είναι ασυνεχής (κατ' αντίθεση προς τον ολισθαίνοντα) και η ανύψωση γίνεται με οικοδομικούς γερανούς ή με ειδικούς μηχανισμούς προσαρτημένους στο σύστημα (αυτοαναρρίχηση).

Με την ανάπτυξη των αυτοαναρριχομένων συστημάτων η χρήση της μεθόδου αυτής ανεξαρτητοποιήθηκε από τους περιορισμούς ύψους εξυπηρέτησης των

γερανών. Συναγωνίζεται την μέθοδο του ολισθαίνοντος ξυλοτύπου σε όλο το εύρος των υψών και πρακτικά τείνει να την αντικαταστήσει.

### 2.11.2 Σύντομη περιγραφή

Το σύστημα περιλαμβάνει δύο πανομοιότυπες διατάξεις για την εξωτερική και εσωτερική πλευρά του σκυροδετουμένου στοιχείου. Η διάταξη κάθε πλευράς αποτελείται από:

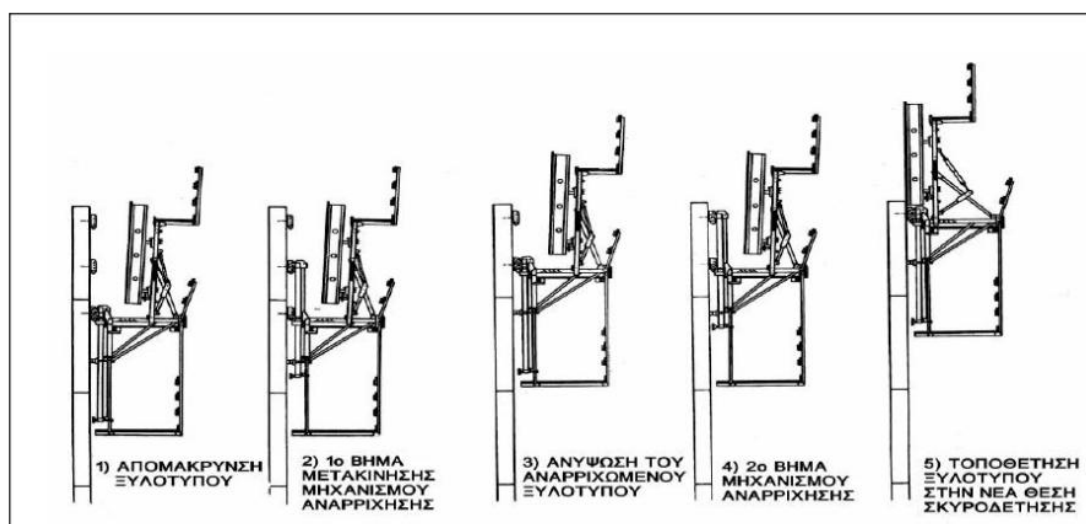
- Τμήμα (ξύλο)τύπου.
- Φορείο εργασίας δικτυωτής διάταξης με ρυθμιζόμενα μέλη.

Προσαρτημένα στο φορείο αυτό ευρίσκονται :

- Δάπεδα και διάδρομοι εργασίας
- Διατάξεις καθοδήγησης

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. Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται η λειτουργία του συστήματος.



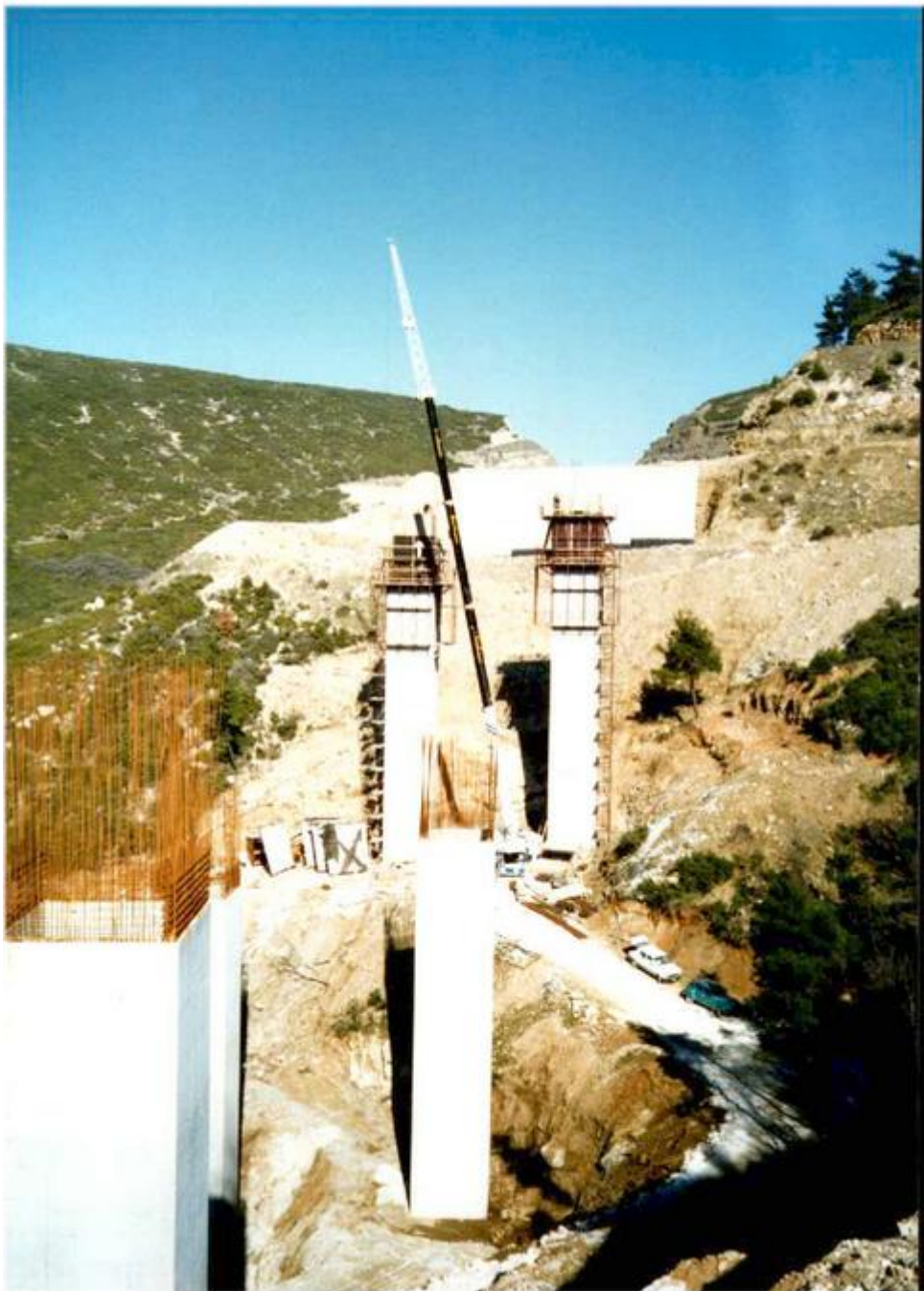
σχήμα 2.9.1: σχήμα: Φάσεις λειτουργίας-αναρρίχησης του συστήματος (Γ Πισπιρίγκος)

### 2.11.3 Ειδικές απαιτήσεις - Ρυθμός προόδου

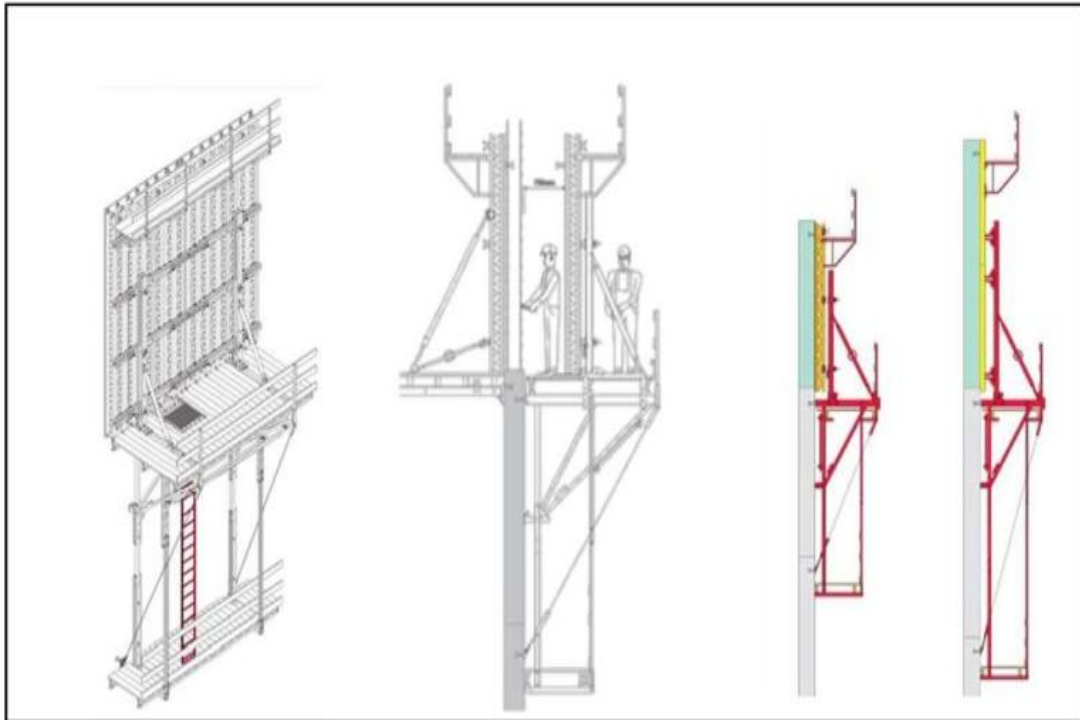
Δεν υπάρχουν ουσιαστικώς δεσμεύσεις οι οποίες να επιβάλλονται από την κατασκευαστική διαδικασία.

Η χρήση ρευστοποιητών για την εξασφάλιση της εργασιμότητας δεν δημιουργεί ειδικά προβλήματα.

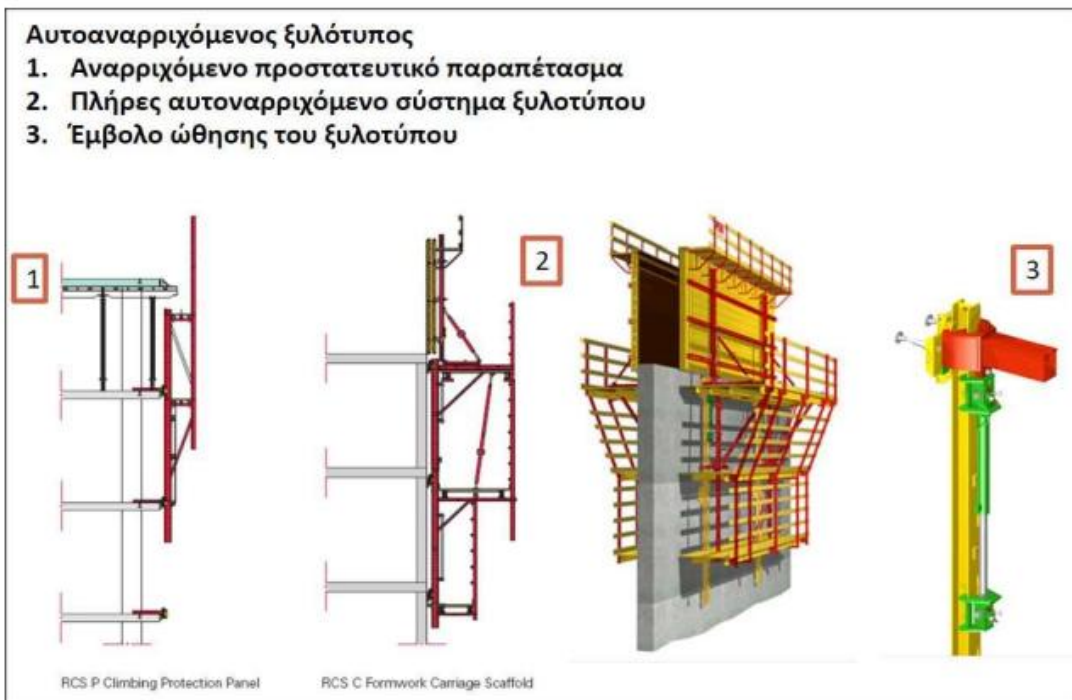
Ένας τυπικός κύκλος εργασιών που απαιτείται για την κατασκευή τμήματος μήκους 3-5m διαρκεί συνήθως 4-6 ημέρες.



*εικόνα 2.9.3.1: ρήση αναρριχόμενου ξυλότυπου σε μια από της χαραδρογέφυρες της παράκαμψης Καβάλας στον άξονα της Εγνατίας οδού. (φωτογραφία από διαδίκτυο)*



εικόνα2.9.3.2: αναρριχόμενος ξυλότυπος (Γ. Πισπιρίγκος)



εικόνα2.9.3.3: αυτοαναρριχόμενος ξυλότυπος (Γ. Πισπιρίγκος)

## 2) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσαν τα είδη γεφυρών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα καθώς και οι συνηθέστερες μέθοδοι κατασκευής. Αρχικά αναλύθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά των γεφυρών και ταξινομήθηκαν βάσει διαφόρων κριτηρίων. Ακολούθως αναλύθηκαν τρία είδη γεφυρών ,οι δικτυωτές γέφυρες , οι τοξωτές γέφυρες και οι καλωδιωτές γέφυρες, θεωρώντας ότι αποτελούν τα βασικότερα και συνηθέστερα είδη γεφυρών

Το επόμενο κεφάλαιο επικεντρώθηκε στην ανάλυση της μεθοδολογίας των τεσσάρων επικρατέστερων μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα γίνεται εκτενής παρουσίαση της μεθοδολογίας και των βασικών χαρακτηριστικών κάθε μεθόδου. Επίσης γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και στα πεδία εφαρμογής αυτών των μεθόδων όπως αυτά προκύπτουν μέσα από μελέτες κατασκευής γεφυρών.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας έγινε φανερή η σημαντικότητα των γεφυρών, τόσο για το μέγεθος της κατασκευής τους όσο και για τη συμβολή τους στη βελτίωση και την ανάπτυξη ενός τόπου.

Αναμφίβολα οι γέφυρες συμβαδίζουν με την εξέλιξη της τεχνολογίας και κατά επέκταση του κατασκευαστικού κλάδου.

Άλλωστε δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι πολλές γέφυρες διακρίνονται για την καινοτομία στην κατασκευή και τις νέες τάσεις στον σχεδιασμό. Συναντώνται πολλά είδη γεφυρών που το καθένα εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό και ενδείκνυται για συγκεκριμένο είδος γεφύρωσης

### 3) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δημήτριος Κωνσταντινίδης (2012) : Σημειώσης μαθήματος Οπλισμένου Σκυροδέματος, Αλεξάνρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής
2. Οδηγία Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) 10 - Άρθρο 5
3. Νέες Τάσεις στις μεθόδους κατασκευής μεταλλικών γεφυρών Ιωάννα Ράπτη (Διπλωματική εργασία, 2019), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Διαχείριση Δημοσίων Έργων
4. ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΓΕΦΥΡΟΠΟΪΑΣ: ΕΙΔΗ ΓΕΦΥΡΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ Ε. ΜΠΙΣΚΙΝΗΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ, ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
5. ΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, Σ. Λαμπρόπουλος, ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ, Σημειώσεις Μαθήματος (Δομικές Μηχανές και Κατασκευαστικές Μέθοδοι)
6. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΡΓΩΝ & ΕΡΓΟΤΑΞΙΩΝ Γέφυρες & κατασκευαστικές μέθοδοι, Αθανάσιος Χασιακός & Παναγιώτης Φαρμάκης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, σημειώσεις μαθήματος.
7. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Ε, ΖΑΓΑΡΑ (2010) (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΡΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ)
8. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΦΥΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΔΙΑΚΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ , ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, σημειώσεις μαθήματος Γεφυροποιίας 2012
9. ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΥ Ε65- ΓΕΦΥΡΕΣ, ΜΙΤΣΙΔΗΣ, ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ (2014)
10. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΚΗ ΤΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ (1887 – 2017) ΓΕΦΥΡΕΣ, Σ. ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ, ΕΜΠ, ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ , ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΓΕΦΥΡΟΠΟΪΑΣ
11. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ, ΣΥΝΘΕΣΗ ΓΕΦΥΡΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ, ΦΑΡΔΗΣ (2011)
12. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚ ΗΕΡΓΑΣΙΑ «ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΧΑΒΑ, ΕΠΙ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΟΔΟΥ (Χ.Θ. 111+367), ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ» ΠΙΣΠΗΡΙΓΚΟΣ Π. ΓΕΩΡΓΙΟΣ (2020), ΕΑΠ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
13. Σύνθεση Ειδικών Κατασκευών Σκυροδέματος Τηλέμαχος Παναγιωτάκος  
4. Φορείς Καταστρώματος Γεφυρών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, σημειώσεις μαθήματος Σύνθεση Ειδικών Κατασκευών Σκυροδέματος