



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

---

# ΓΕΦΥΡΟΠΟΙΑ

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ιανουάριος 2012



---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

---

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γέφυρες μαζί με τις σήραγγες αποτελούν τα πιο σημαντικά έργα ενός αυτοκινητόδρομου, τόσο από πλευράς τεχνικής δυσκολίας, όσο και οικονομικής βιωσιμότητας. Τα έργα αυτά δεν είναι μόνο εκείνες οι απαραίτητες κατασκευές που διευκολύνουν την διέλευση μέσα από βουνά, χαράδρες ή ποτάμια, αλλά κατασκευές “Σύμβολα” που χαρακτηρίζουν την τεχνογνωσία, ακόμη και την οικονομική ευημερία μιας κοινωνίας σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η αστοχία μίας γέφυρας ή η φωτιά σε μία σήραγγα έχουν ισχυρό κοινωνικό αντίκτυπο.

Παρόλη την επιστημονική πρόκληση στην μελέτη και κατασκευή έργων αυτής της κλίμακας, πρέπει τελικώς να είναι:

- Λειτουργικά
- Αισθητικώς αποδεκτά και κατάλληλα ενταγμένα στο περιβάλλον
- Στατικώς επαρκή
- Γρήγορα κατασκευάσιμα
- Οικονομικά, κατά το δυνατόν

### 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Πρωταρχικό ρόλο στην εξέλιξη της γεφυροποιίας διαδραμάτισαν τα διαθέσιμα υλικά κατασκευής. Οι πρωτόγονοι κατασκεύαζαν ξύλινες γέφυρες ή γέφυρες από σχοινιά μορφής δοκού (π.χ. ένας κορμός δέντρου πάνω από ένα ποταμό), ή κρεμαστές (π.χ. κληματσίδες). Οι ανάγκες των οργανωμένων πλέον κοινωνιών οδήγησαν στην περαιτέρω εξέλιξη της γεφυροποιίας δοκιμάζοντας νέα υλικά και μεθόδους κατασκευής χρησιμοποιώντας ως δομικό υλικό λίθους. Κινέζοι, Ρωμαίοι, Τούρκοι κατασκεύασαν λίθινες γέφυρες μορφής ημικυκλικών τόξων με άνοιγμα έως 30μ (Ρωμαίοι), ή οξυκόρυφων τόξα με άνοιγμα έως 50μ (Τούρκοι). Η βιομηχανική επανάσταση έδωσε ώθηση στην δόμηση με ένα νέο υλικό τον χάλυβα. Στην Κίνα

το 1750, στην Μεγάλη Βρετανία, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής κατασκευάστηκαν χυτοσίδηρες γέφυρες. Με την εμφάνιση του σιδηροδρόμου και του αυτοκινήτου τα φορτία για τα οποία οι γέφυρες έπρεπε να σχεδιασθούν αυξήθηκαν κι έτσι άρχισαν να κατασκευάζονται σιδηρές γέφυρες όπως η Firth of Forth στην Σκωτία. Η ανακάλυψη του σκυροδέματος στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ένα υλικό με πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, οικονομικό και με μεγάλη ανθεκτικότητα, έδωσε και συνεχίζει να δίνει λύσεις στις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των κοινωνιών. Ο συνδυασμός οπλισμένου σκυροδέματος και προέντασης (προεντεταμένες γέφυρες) βοήθησε στην γεφύρωση ακόμα μεγαλύτερων ανοιγμάτων, αύξησε την διάρκεια ζωής των γεφυρών, ενώ ταυτόχρονα μείωσε την δαπάνη κατασκευής και συντήρησής τους.

### 1.3 ΟΡΙΣΜΟΙ

#### 1.3.1 Γέφυρα

Γέφυρα είναι κάθε τεχνικό έργο με οποιαδήποτε διάταξη ανοιγμάτων που φέρει μία οδό πάνω από οποιοδήποτε τύπου εμπόδιο με απόσταση άνω των 6m. Οι γέφυρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη γεφύρωση ξηρών ή υγρών κωλυμάτων, για τη δημιουργία άνω και κάτω διαβάσεων σιδηροδρομικών γραμμών, τροχιόδρομων και οδών κάθε κατηγορίας και χρήσης.



**Σχήμα 1.1** – Γέφυρες Βοτονοσίου (αριστερά), Νορμανδίας (δεξιά)

#### 1.3.2 Άνω Διάβαση

Άνω Διάβαση είναι ένα τεχνικό έργο με οποιαδήποτε διάταξη ανοιγμάτων που φέρει οδό ή σιδηροδρομική γραμμή πάνω από την κύρια οδό.



**Σχήμα 1.2** - Τυπικές μορφές άνω διαβάσεων

### **1.3.3 Κάτω Διάβαση**

Κάτω διάβαση είναι γέφυρα μικρού ανοίγματος που φέρει την κύρια οδό πάνω από μια δευτερεύουσα οδό.



**Σχήμα 1.3** - Τυπικές μορφές κάτω διαβάσεων

### **1.3.4 Οχετός**

Τεχνικό έργο μικρού ανοίγματος για τη γεφύρωση μικρών ρεμάτων ή για την παροχέτευση ομβρίων, κατασκευαζόμενο εγκάρσια προς την οδό.



**Σχήμα 1.4** - Τυπικές μορφές οχετών

### **1.3.5 Τοίχος αντιστήριξης**

Κάθε τεχνικό έργο που υποστηρίζει ένα επίχωμα ύψους μεγαλύτερου από 0,50m πάνω από τη διαμορφούμενη στην όψη του τελική στάθμη.



**Σχήμα 1.5** - Τυπικός τοίχος αντιστήριξης

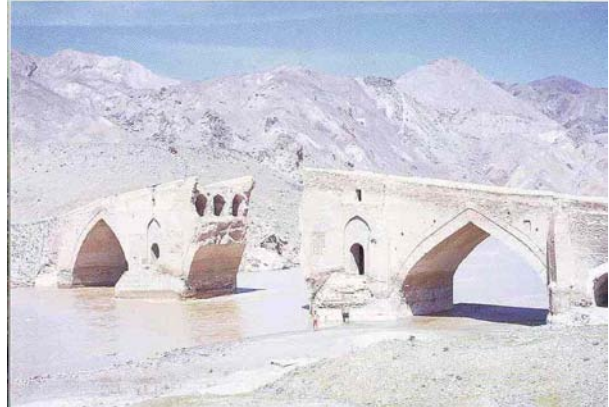
## 1.4 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

α) Ανάλογα με το υλικό κατασκευής οι γέφυρες διακρίνονται σε:

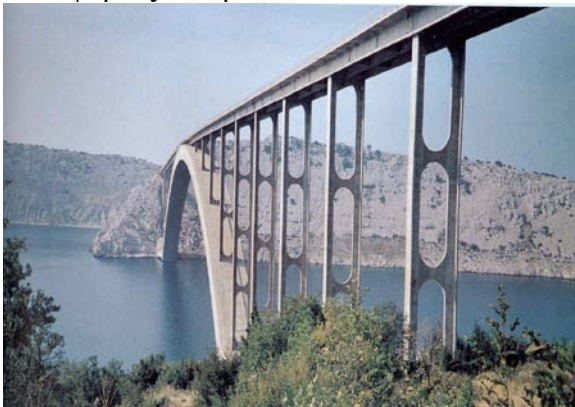
- Ξύλινες
- Λίθινες
- Από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο, προεντεταμένο)
- Μεταλλικές (χαλύβδινες, αλουμίνιο)
- Σύμμικτες



α. Γέφυρα ξύλινη



β. Γέφυρα λίθινη



γ. Γέφυρα από σκυρόδεμα



δ. Γέφυρα μεταλλική



ε. Γέφυρα σύμμικτη

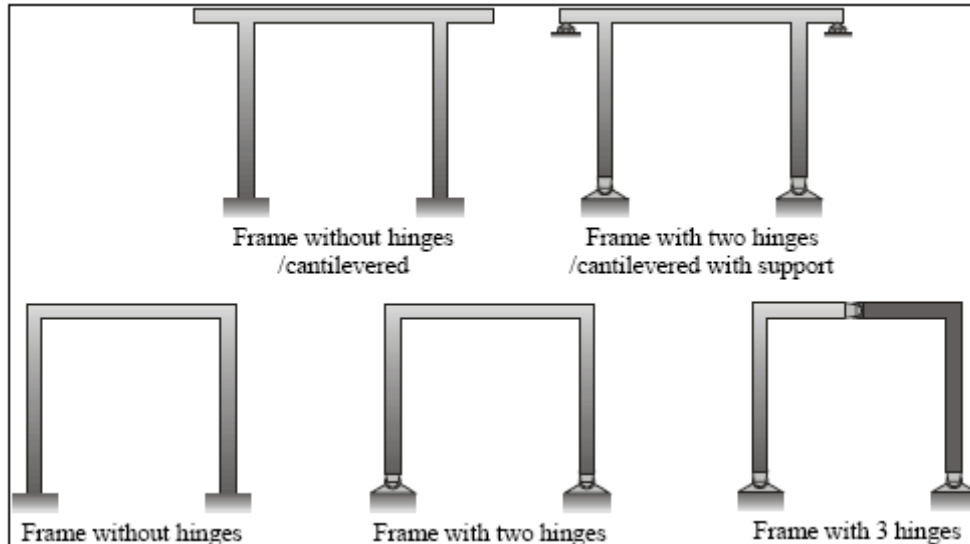
**Σχήμα 1.6** – Είδη γεφυρών

β) Ανάλογα με τη χρήση τους οι γέφυρες διακρίνονται σε:

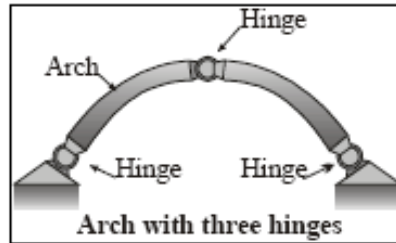
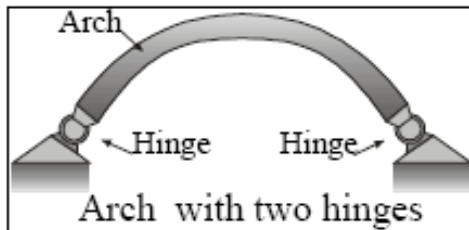
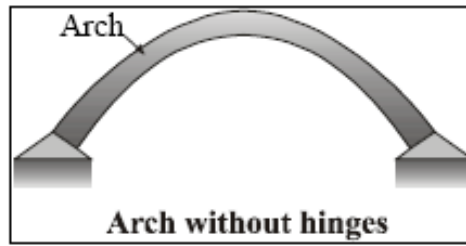
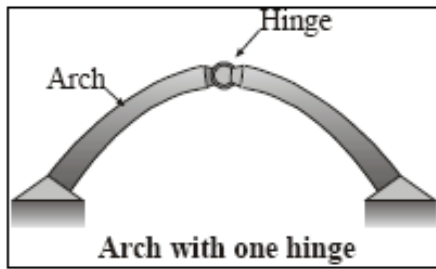
- Πεζογέφυρες
- Οδικές
- Σιδηροδρομικές
- Ειδικές γέφυρες

γ) 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, κιβωτιοειδείς, σκαφοειδείς)
- Πλαισιωτές γέφυρες (με κατακόρυφα ή κεκλιμένα βάθρα)
- Τοξωτές γέφυρες
- Καλωδιωτές γέφυρες
- Κρεμαστές γέφυρες



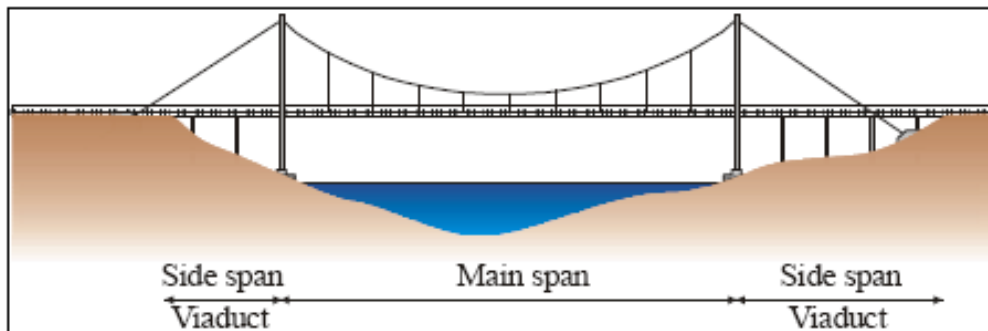
α. Πλαισιωτές γέφυρες



β. Τοξωτές γέφυρες

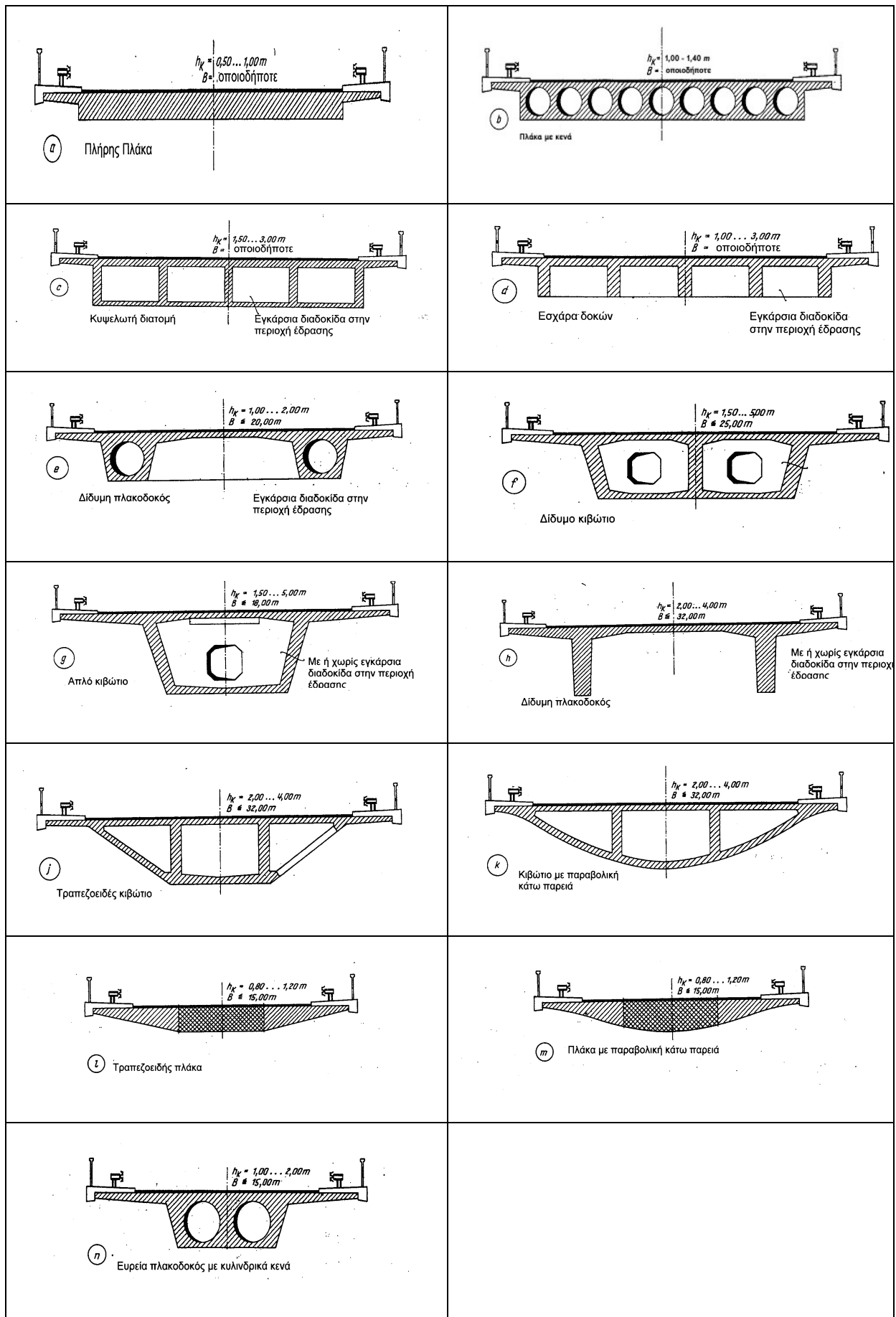


γ. Καλωδιωτές γέφυρες



δ. Κρεμαστή γέφυρα

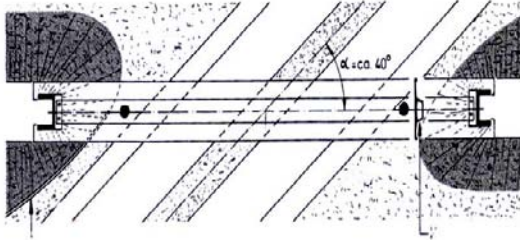




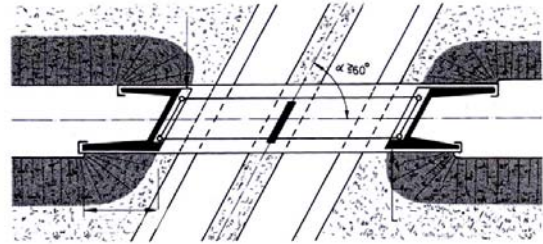
Σχήμα 1.7 - Χαρακτηριστικές διατομές φορέων

δ) Ανάλογα με την μορφή σε κάτοψη διακρίνονται σε:

- Ορθές
- Λοξές



α. Γέφυρα ορθή

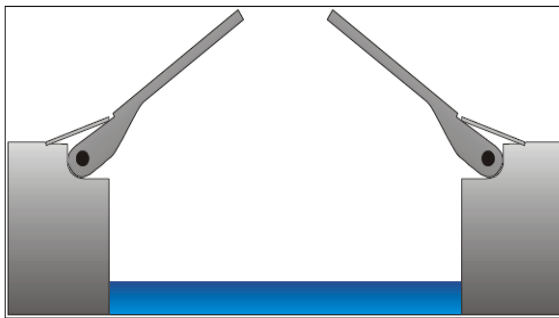


β. Γέφυρα λοξή

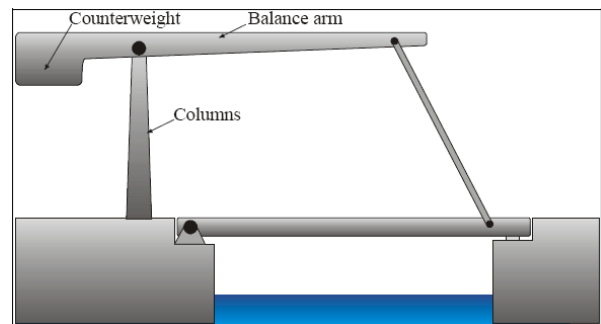
ε) Ανάλογα με τη δυνατότητα μετακίνησης οι γέφυρες διακρίνονται σε:

Σταθερές

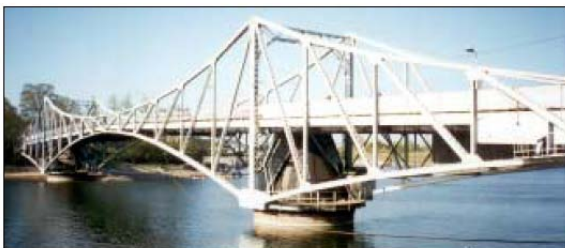
Κινητές (οριζόντια περιστρεφόμενες, περιστροφικά ανυψούμενες, κατακόρυφα ανυψούμενες, κυλιόμενες)



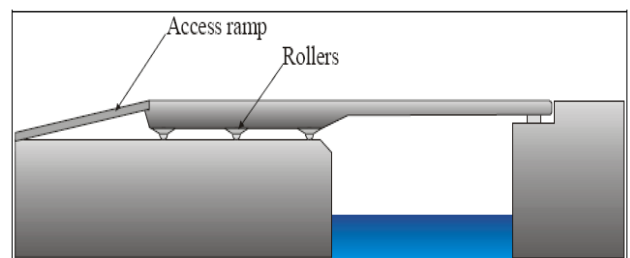
α. Περιστροφικά ανυψούμενη γέφυρα



β. Περιστροφικά ανυψούμενη γέφυρα



γ. Οριζόντια περιστρεφόμενη γέφυρα



δ. Κυλιόμενη γέφυρα

## 1.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Οι παράγοντες που εξετάζονται προκειμένου να επιλέγει το καταλληλότερο φέρον σύστημα για μία γέφυρα είναι:

- Το τοπογραφικό ανάγλυφο
- Τα γεωλογικά και εδαφομηχανικά στοιχεία
- Η μέθοδος κατασκευής
- Τα διατιθέμενα υλικά και η τεχνογνωσία
- Η πρόοδος των υλικών (υψηλότερες αντοχές σκυροδέματος, χάλυβα, νέα υλικά)

Βάσει των ανωτέρω καθορίζονται:

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

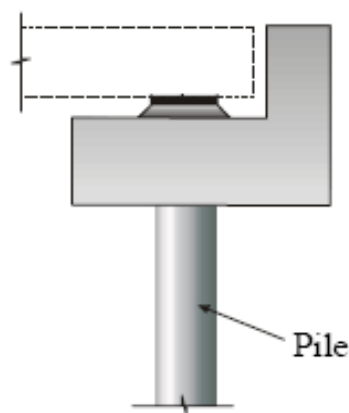
## 1.6 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ

Μία γέφυρα μπορεί να αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- Το σύστημα θεμελίωσης, το οποίο μπορεί να είναι
  - Επιφανειακή θεμελίωση
  - Επιφανειακή με ανασήκωμα
  - Πασσαλοκολώνες
  - Πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο
  - Φρέατα



α. Επιφανειακή θεμελίωση



β. Θεμελίωση με πασσαλοκολώνες



γ. Κλωβοί οπλισμών πασσάλων



δ. Πάσσαλοι – κεφαλόδεσμος



ε. Οπλισμός φρέατος θεμελίωσης μεσοβάθρου



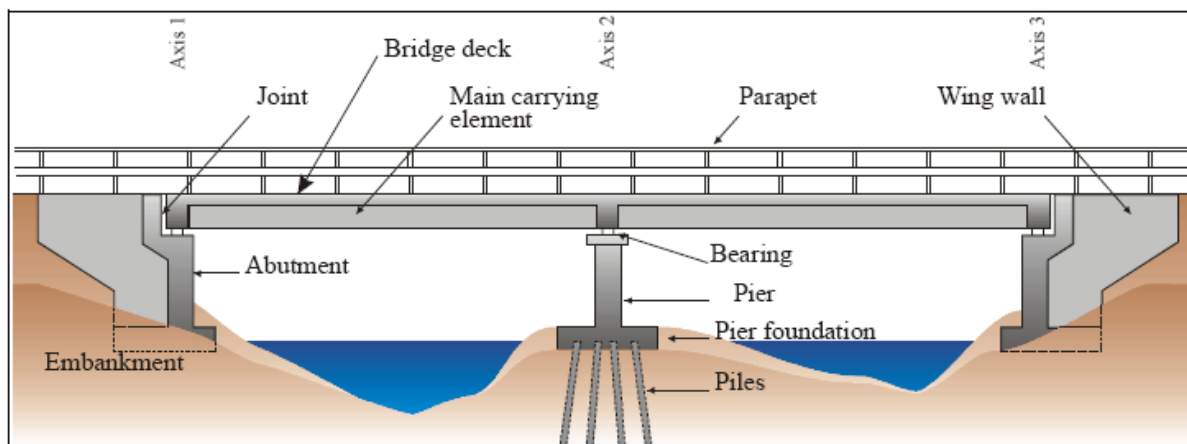
στ. Οπλισμός μεσοβάθρου

φρέατος

θεμελίωσης

- Ακρόβαθρα (abutments)
  - Εδραζόμενο κατάστρωμα με δυνατότητα μετακίνησης
  - Σύνδεση του καταστρώματος με το ακρόβαθρο
  
- Μεσόβαθρα (piers)
  
- Κατάστρωμα της ανωδομής (deck)
  
- Τα εξαρτήματα (accessories)
  - Αρμοί (joints)
  - Εφέδρανα (bearings)
  - Στηθαία ασφαλείας (safety barriers ή parapets)
  - Συσκευές δυναμικής εμπλοκής (shock transmission units)
  - Σύστημα αποχέτευσης/αποστράγγισης (drainage system)
  - Πυλώνες ηλεκτροφωτισμού (lighting pylons)

- Πτερυγότοιχους (wing walls)
- Επίχωμα (embankment)



**Σχήμα 1.8** – Χαρακτηριστική κατά μήκος τομή γέφυρας

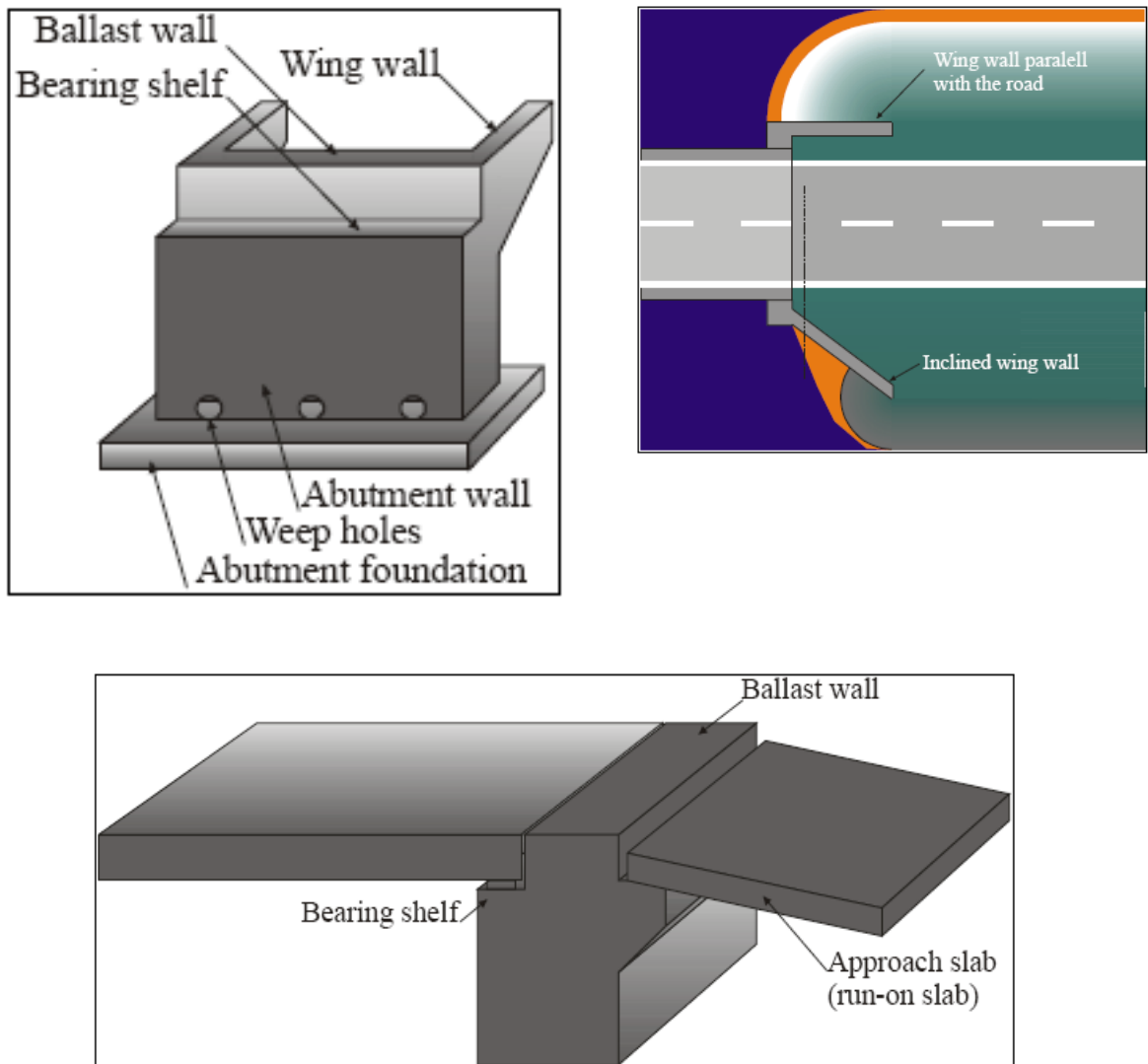
### 1.6.1 ΑΚΡΟΒΑΘΡΑ

Τα ακρόβαθρα τοποθετούνται στην αρχή και στο τέλος της γέφυρας και στην ορία απομονώνουν το επίχωμα από το άνοιγμα της γέφυρας. Ειδικότερα τα ακρόβαθρα βοηθούν στην :

- Ανάλυση των κατακορύφων και οριζοντίων αντιδράσεων της ανωδομής της γέφυρας.
- Εξασφάλιση του απαιτούμενου χώρου για τις οριζόντιες μετατοπίσεις της ανωδομής.
- Δημιουργία συνδέσμου για τη μετάβαση από τη γέφυρα στο επίχωμα και αντίστροφα.
- Εγκιβωτισμό και εξασφάλιση του επιχώματος μέσω των πτερυγοτοιχών.
- Ανάλυση των εκ του επιχώματος προερχομένων ωθήσεων και μεταφορά τους μαζί με τις από την ανωδομή αντιδράσεις στο έδαφος.

Τα στοιχεία που απαρτίζουν ένα ακρόβαθρο είναι (βλέπε σχήμα 1.8):

- η θεμελίωση (abutment foundation)
- ο κορμός του ακροβάθρου (abutment wall)
- η θέση έδρασης της ανωδομής (bearing shelf)
- το θωράκιο (ballast wall)
- ο πτερυγότοιχος (wing wall)
- οι θέσεις εκτόνωσης των στραγγιστηρίων (weep holes)
- τις πλάκες πρόσβασης (approach slabs)



**Σχήμα 1.9** – Χαρακτηριστικές τομές ακροβάθρου

**Η θεμελίωση** του ακροβάθρου είναι το χαμηλότερο σημείο του ακροβάθρου μέσω του οποίου μεταφέρονται τα φορτία στο έδαφος. Η θεμελίωση ενός ακροβάθρου μπορεί να είναι:

- Επιφανειακή με πέλδρα. Τα πέλδρα εδράζονται απ' ευθείας στο φυσικό έδαφος και συνήθως έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις σε κάτοψη από το ίδιο το ακρόβαθρο.
- Επιφανειακή με ανασήκωμα του πεδίλου
- Επί πασσάλων σε περιπτώσεις που το έδαφος κάτω από το πέλδilo δεν έχει επαρκή φέρουσα ικανότητα. Αναλόγως των τοπικών συνθηκών μπορεί να επιλεγεί είτε θεμελίωση με πασσαλοκολώνες είτε πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο.

**Ο κορμός του ακροβάθρου** είναι το τμήμα μεταξύ της θεμελίωσης και την θέση έδρασης της ανωδομής. Ο κορμός είναι αυτός που μεταφέρει τα φορτία της ανωδομής στην θεμελίωση και αντιστέκεται στις ωθήσεις του επιχώματος.

**Η θέση έδρασης της ανωδομής** είναι το τμήμα του ακροβάθρου όπου εδράζονται τα εφάδρανα. Λόγω των μεγάλων φορτίων που μεταβιβάζονται από την ανωδομή στο τμήμα αυτό του ακροβάθρου τοποθετείται μεγάλη ποσότητα οπλισμού. Παλαιότερα, η ανωδομή επικάθονταν επί του ακροβάθρου χωρίς την παρουσία εφεδράνων.

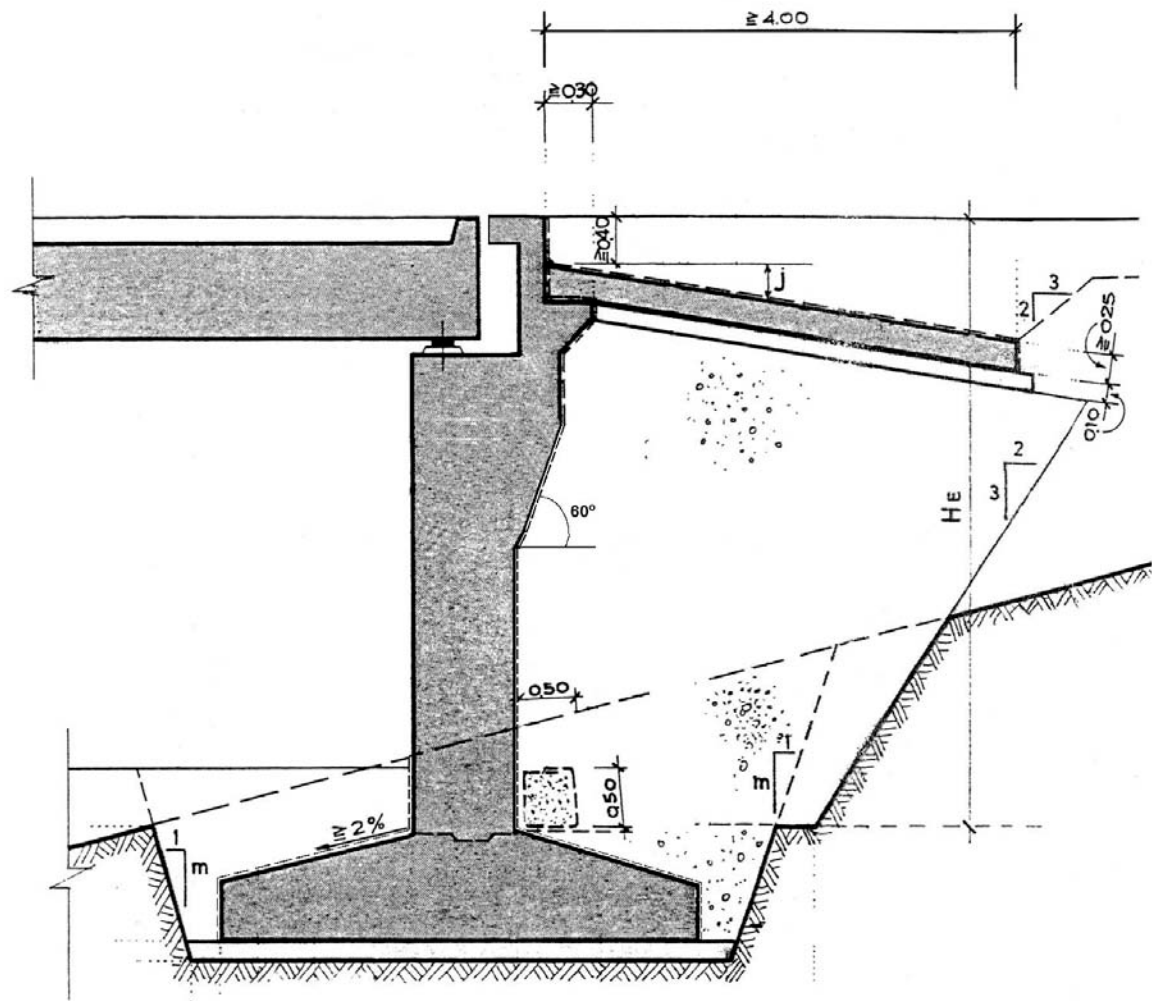
**Το θωράκιο** βρίσκεται μεταξύ της θέσεως έδρασης της ανωδομής και του άνω τμήματος του ακροβάθρου. Εκτός από την αντιστήριξη του επιχώματος της οδού το θωράκιο προσφέρει, σε ορισμένες περιπτώσεις, και στήριξη της πλάκας πρόσβασης.

**Οι πτερυγότοιχοι** εγκιβωτίζουν το μεταβατικό επίχωμα. Αν δεν συντρέχουν άλλοι λόγοι είναι προτιμότερο οι πτερυγότοιχοι να είναι μονολιθικά συνδεδεμένοι με τα ακρόβαθρα.

**Στραγγιστήρια** τοποθετούνται πίσω από τα ακρόβαθρα και τους πτερυγοτοίχους προκειμένου τα ύδατα που συγκεντρώνονται πίσω από τους τοίχους να βρίσκουν εκτόνωση και να μην προσθέτουν ωθήσεις σε αυτά, σε πολλές περιπτώσεις με καταστροφικές συνέπειες.

**Πλάκες πρόσβασης** κατασκευάζονται όταν

- το μέγιστο ύψος  $H_E$ , υπερβαίνει τα 4,0m και παράλληλα το πάχος της επικάλυψης πάνω από το φορέα του τεχνικού έργου είναι ίσο ή μικρότερο από  $H_E/4$ .
- όπου το ύψος  $H_E \geq 9m$  ή όπου η προβλεπόμενη καθίζηση υπερβαίνει τα 200mm, κατασκευάζονται "φορείς πρόσβασης", αντί πλακών πρόσβασης.
- σε θολωτές γέφυρες και στους θολωτούς οχετούς υπό επίχωση, η διάταξη πλακών ή φορέων πρόσβασης παρέλκει εκτός από ειδικές περιπτώσεις (π.χ. επέκταση θολωτού τεχνικού με φορέα άλλου τύπου).



**Σχήμα 1.10** – Τομή ακροβάθρου

### **Χρόνος κατασκευής μεταβατικού επιχώματος**

Ο χρόνος κατασκευής του μεταβατικού επιχώματος έχει σημαντική επιρροή από στατική άποψη και πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με τις παραδοχές της στατικής μελέτης.

Σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται, είτε από το στατικό σύστημα της γέφυρας είτε από κατασκευαστικούς λόγους, η κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος στο σύνολό του ή μερικά, πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά την κατασκευή ενός τμήματος της γέφυρας. Γενικά διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

#### *α) Κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος μετά την κατασκευή του φορέα*

Εάν ο φορέας συνεισφέρει στην παραλαβή των φορτίων προερχόμενων από το μεταβατικό επίχωμα, όπως π.χ. σε πλαισιωτές γέφυρες, ή εάν η ευστάθεια του ακροβάθρου δεν εξασφαλίζεται χωρίς την ύπαρξη των φορτίων από τον φορέα, τότε η κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος θα γίνεται μετά την κατασκευή του φορέα.



Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις περιπτώσεις που απαιτείται η ταυτόχρονη, αμφίπλευρη, συμμετρική κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος, όπως π.χ. στις περιπτώσεις οχετών κιβωτιοειδών ή θολωτών, πλαισιωτών γεφυρών, τοξωτών γεφυρών.

*β) Κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος πριν την κατασκευή του φορέα*

Εάν επιδιώκεται η συντόμευση της εκδήλωσης εδαφικών παραμορφώσεων ή εάν ο φορέας δεν μπορεί να παραλάβει τις αναμενόμενες διαφορικές καθιζήσεις μεταξύ του ακροβάθρου και του γειτονικού μεσοβάθρου, τότε η κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος θα πρέπει να γίνεται πριν την κατασκευή του φορέα.

*γ) Μερική κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος*

Σε πολλές περιπτώσεις η μερική κατασκευή του μεταβατικού επιχώματος είναι απαραίτητη, όπως π.χ. για τη δημιουργία δαπέδου εργασίας σε παρακείμενα ψηλά ακρόβαθρα, για τη δημιουργία χώρου προς εφαρμογή της προέντασης και για την εφαρμογή της μεθόδου της κατασκευής του φορέα με προώθηση.



**Σχήμα 1.11** – Κατασκευή μεταβατικού επιχώματος ακροβάθρων

## 1.6.2 ΜΕΣΟΒΑΘΡΑ

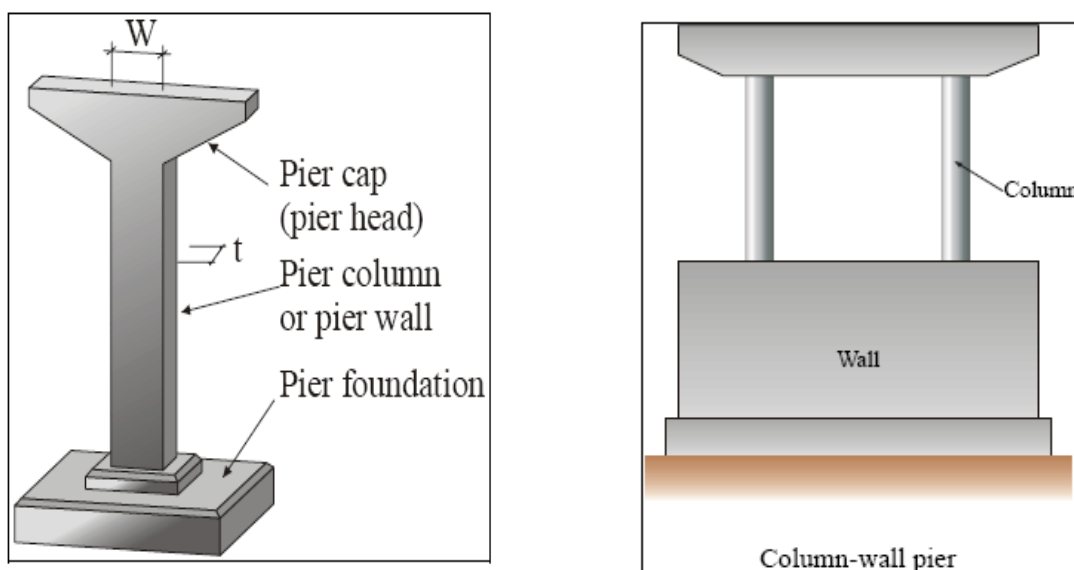
Τα μεσόβαθρα εκτός από τον βασικό ρόλο μεταφοράς των κατακορύφων και οριζοντίων δυνάμεων στην θεμελίωση αποτελούν κυρίαρχο στοιχείο για την συνολική αισθητική των γεφυρών. Η επιλογή της μορφής των μεσοβάθρων εξαρτάται από το είδος του γεφυρούμενου ανοίγματος, αλλά και από το ύψος των μεσοβάθρων. Έτσι στην γεφύρωση ποταμών συνηθίζεται μεσόβαθρα μορφής τοιχώματος, ενώ σε κοιλαδογέφυρες με μεγάλο ύψος βάθρων συνηθίζεται η επιλογή κοίλων βάθρων ή συνδυασμός κοίλων βάθρων έως ένα ύψος και βάθρα με δίδυμες λεπίδες που δίνει ευκαμψία στην γέφυρα, αλλά και αισθητική. Βάθρα μορφής στύλων συνηθίζονται σε άνω διαβάσεις, σε υπερυψωμένους αυτοκινητοδρόμους και σε κλάδους κόμβου.

Συνήθεις μορφές μεσοβάθρων είναι:

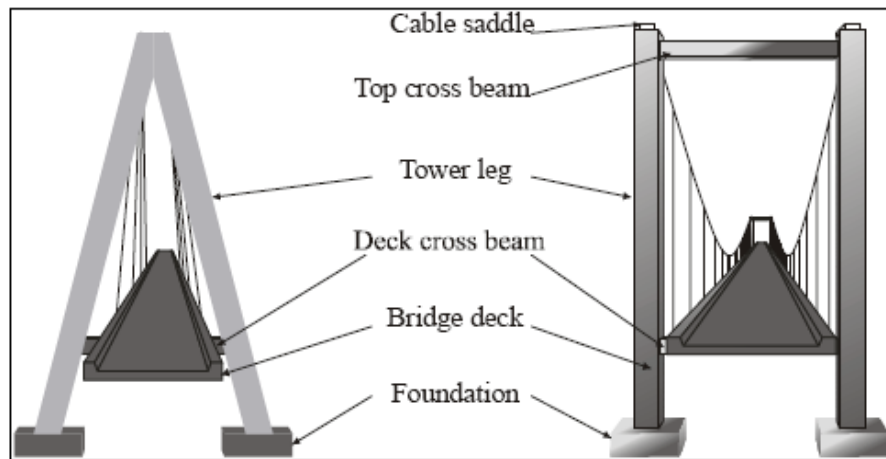
- Κυκλικά
- Ορθογωνικά
- Πολυγωνικά
- Τοιχοειδή

Αυτά διατάζονται είτε ως

- Μεμονωμένοι στύλοι
- Πολλαπλοί στύλοι
- Πολλαπλοί στύλοι με σύζευξη
- Συνδυασμός με ελαστομερή εφέδρανα
- Ελαστομερή εφέδρανα με στερητικό μηχανισμό απορρόφησης ενέργειας



Σχήμα 1.12 – Χαρακτηριστικές τομές μεσοβάθρων



**Σχήμα 1.13** – Χαρακτηριστικές τομές στύλων καλωδιωτών και κρεμαστών γεφυρών



Κατασκευή μεσοβάθρου μορφής δίδυμων λεπίδων



Οπλισμός κεφαλόδεσμου – βάσης μεσοβάθρου

**Σχήμα 1.14** – Κατασκευή μεσοβάθρων

**Η κεφαλή** του μεσοβάθρου (Pier cap ή pier head) είναι το ανώτερο τμήμα του μεσοβάθρου το οποίο αναλαμβάνει και κατανέμει ομοιόμορφα τα συγκεντρωμένα φορτία της ανωδομής.

**Ο στύλος ή το τοίχωμα του μεσοβάθρου** (pier column ή pier wall) είναι το μεσαίο τμήμα του μεσοβάθρου μεταξύ της κεφαλής και της θεμελίωσης.

**Η θεμελίωση** του μεσοβάθρου είναι το κατώτερο τμήμα το οποίο μεταφέρει και κατανέμει τα φορτία στο έδαφος. Αναλόγως των τοπικών συνθηκών μπορεί να επιλεγεί επιφανειακή με πέδιλο, είτε θεμελίωση με πασσαλοκολώνες, είτε πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο, είτε φρέατα.

### 1.6.3 ΕΦΕΔΡΑΝΑ

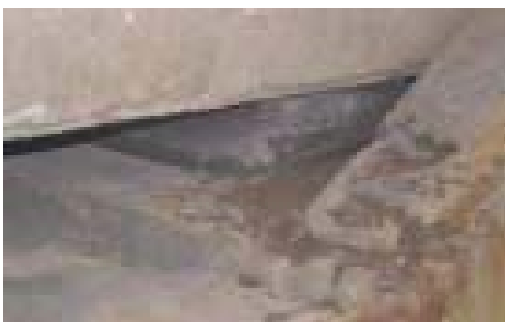
Τα εφένδρανα αποτελούν ένα από τα πλέον σημαντικά στοιχεία μίας γέφυρας. Τα εφένδρανα παρεμβάλλονται μεταξύ της ανωδομής και της υποδομής της γέφυρας επιτελώντας τις παρακάτω λειτουργίες:

- Μεταφέρουν τα φορτία (ίδια βάρη, φορτία κυκλοφορίας, φορτία λόγω σεισμού ή ανέμου) από την ανωδομή στην υποδομή
- Επιτρέπουν τις σχετικές μετακινήσεις μεταξύ της ανωδομής και της υποδομής.

Οι μετακινήσεις οι οποίες δύναται να συμβούν κατά μήκος ή/και στην εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας μπορεί να προέρχονται από ερπυσμό του σκυροδέματος, συστολή από πήξη του σκυροδέματος ή/και από θερμοκρασιακές μεταβολές. Οι στροφές μπορεί να συμβούν λόγω των φορτίων κυκλοφορίας, από τυχόν κατασκευαστικές ατέλειες ή/και από ανομοιόμορφες υποχωρήσεις στηρίξεων.

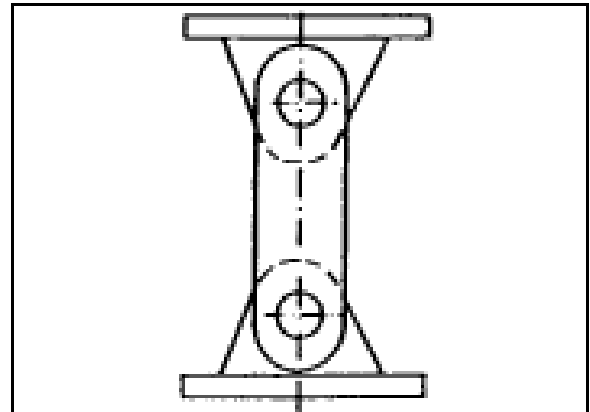
Εφένδρανα τα οποία δεν επιτρέπουν την κατά μήκος ή εγκάρσια μετακίνηση της ανωδομής χαρακτηρίζονται ως **σταθερά** εφένδρανα (fixed bearings), ενώ εκείνα που την επιτρέπουν χαρακτηρίζονται ως **κινητά** εφένδρανα (expansion bearings). Σημειώνεται ότι τόσο τα σταθερά όσο και τα κινητά εφένδρανα επιτρέπουν την στροφή. Παρακάτω δίνονται οι διάφοροι τύποι εφενδράνων:

*A) Ολισθαίνοντα εφένδρανα* είναι τα εφένδρανα συνήθως αποτελούνται από μία άνω μεταλλική πλάκα η οποία είναι συνδεδεμένη με την ανωδομή και μία κάτω μεταλλική πλάκα η οποία συνδέεται με την υποδομή της γέφυρας. Οι όποιες μετακινήσεις λαμβάνουν χώρα με την ολίσθηση των δύο αυτών πλακών μεταξύ τους. Στην περίπτωση που η γέφυρα αποτελείται από δοκούς από χάλυβα η άνω μεταλλική πλάκα μπορεί να παραληφθεί.



**Σχήμα 1.15** – Ολισθαίνοντα εφένδρανα

*B) Αρθρωτά εφέδρανα*



**Σχήμα 1.16** – Αρθρωτά εφέδρανα

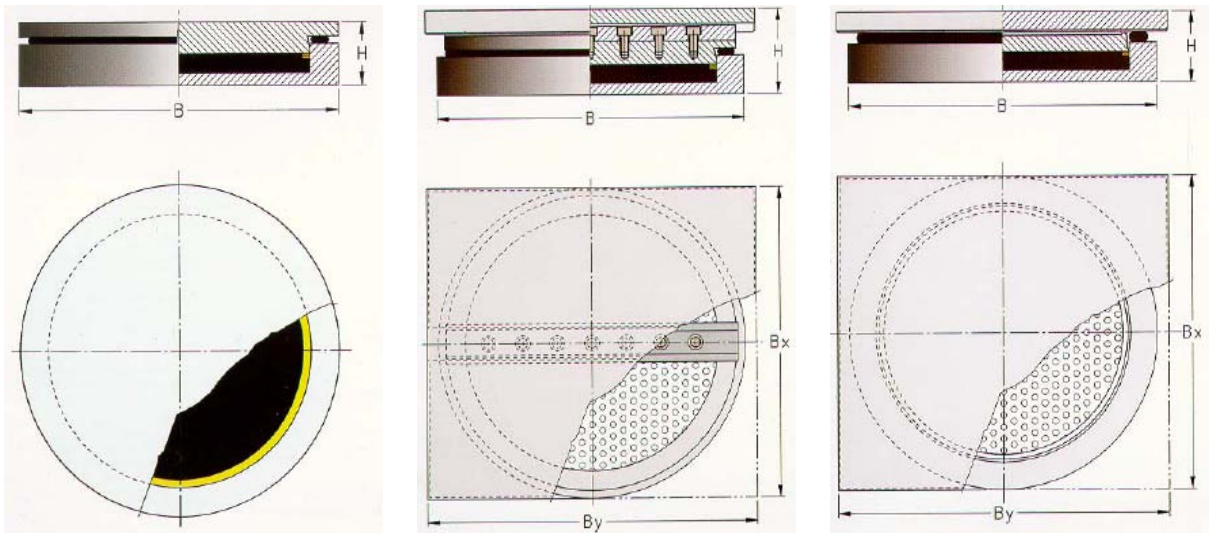
*Γ) Κυλιόμενα εφέδρανα*



**Σχήμα 1.17** – Κυλιόμενα εφέδρανα

Δ) Εφέδρανα σημειακού τύπου (Pot bearings) τα οποία διακρίνονται σε:

- Σταθερά, τα οποία παραλαμβάνουν κατακόρυφα και οριζόντια φορτία και στην διαμήκη και στην εγκάρσια διεύθυνση.
- Κινητά προς μία διεύθυνση, τα οποία παραλαμβάνουν κατακόρυφα φορτία και οριζόντια φορτία στη μία διεύθυνση, ενώ επιτρέπουν την οριζόντια μετακίνηση στην άλλη.
- Κινητά προς όλες τις διευθύνσεις, τα οποία παραλαμβάνουν μόνο κατακόρυφα φορτία ενώ επιτρέπουν την μετακίνηση και προς τις δύο διευθύνσεις.



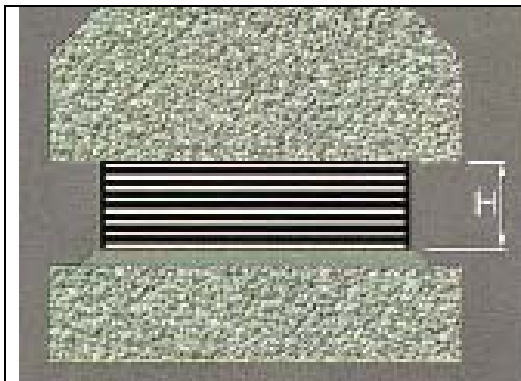
Σταθερό

Κινητό προς μία διεύθυνση

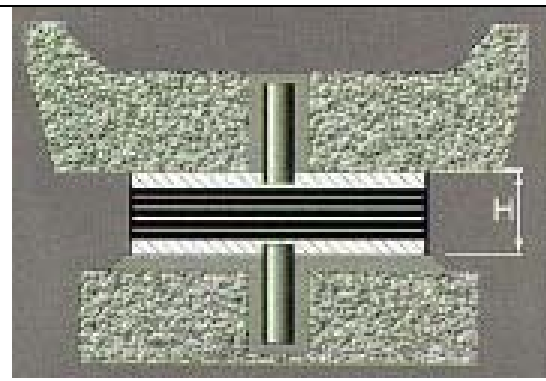
Κινητό και προς τις δύο διευθύνσεις

**Σχήμα 1.18** – Εφέδρανα σημειακού τύπου

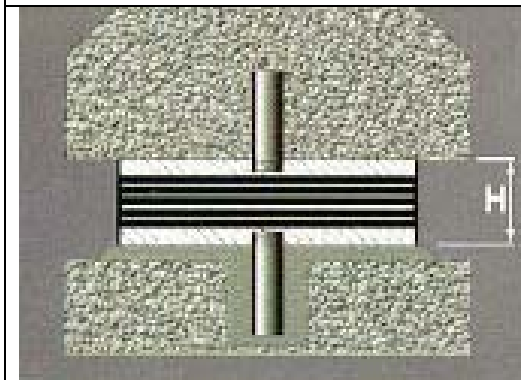
*E) Ελαστομεταλλικά εφέδρανα τα οποία διακρίνονται σε:*



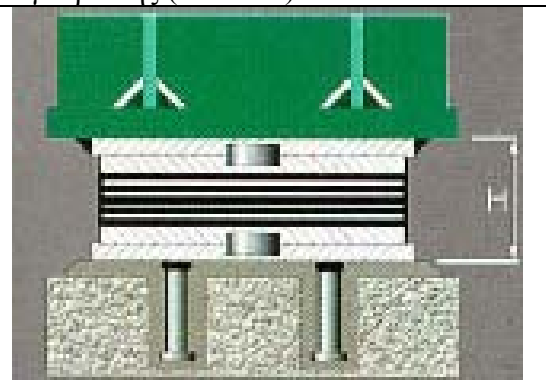
Ελαστομεταλλικά μή αγκυρούμενα (Τύπου 1)



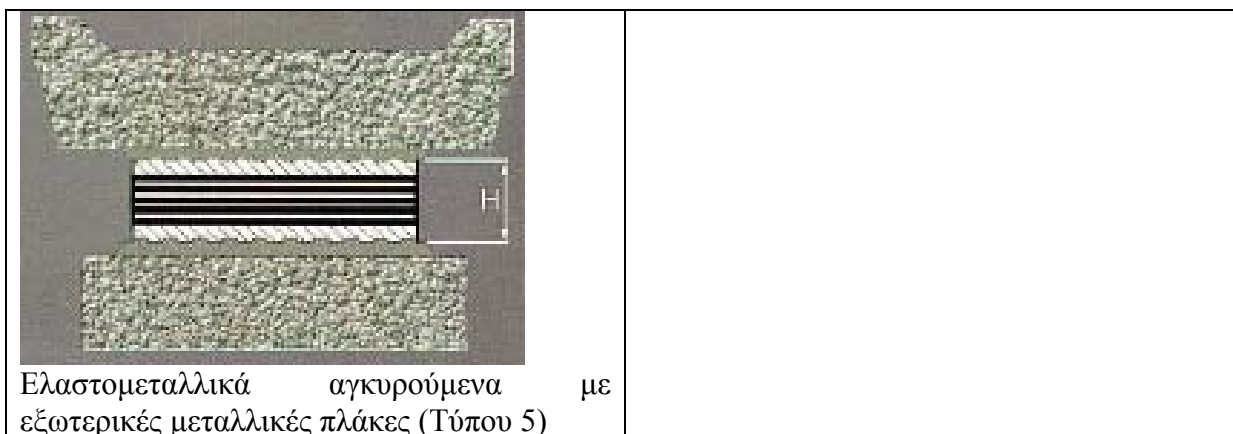
Ελαστομεταλλικά αγκυρούμενα με εξωτερικές μεταλλικές πλάκες και βλήτρα αγκύρωσης (Τύπου 2)



Ελαστομεταλλικά αγκυρούμενα με εξωτερικές μεταλλικές πλάκες και κοχλιωτά βλήτρα αγκύρωσης (Τύπου 3)



Ελαστομεταλλικά αγκυρούμενα με διπλές εξωτερικές μεταλλικές πλάκες και βλήτρα αγκύρωσης (Τύπου 4)



**Σχήμα 1.19** – Ελαστομεταλλικά εφεδράνα

Για την εκλογή του εφεδράνου χρειάζεται να είναι γνωστά τα παρακάτω στοιχεία:

- Η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή της αντιδράσεως
- Η μέγιστη μετατόπιση
- Η μέγιστη στροφή

Πριν από την τοποθέτηση των εφεδράνων θα πρέπει να ελέγχονται τα παρακάτω:

- Η καθαρότητά τους και η τυχόν οποιαδήποτε φθορά ή διάβρωσή τους
- Η διασφάλιση των προσωρινών συνδέσμων
- Η εναρμόνιση σχεδίων μελέτης και κατασκευαστικών σχεδίων
- Η αποτύπωση των αξόνων στην άνω πλάκα του εφεδράνου
- Προρύθμιση εάν απαιτείται
- Όλα τα στοιχεία συναρμολόγησης

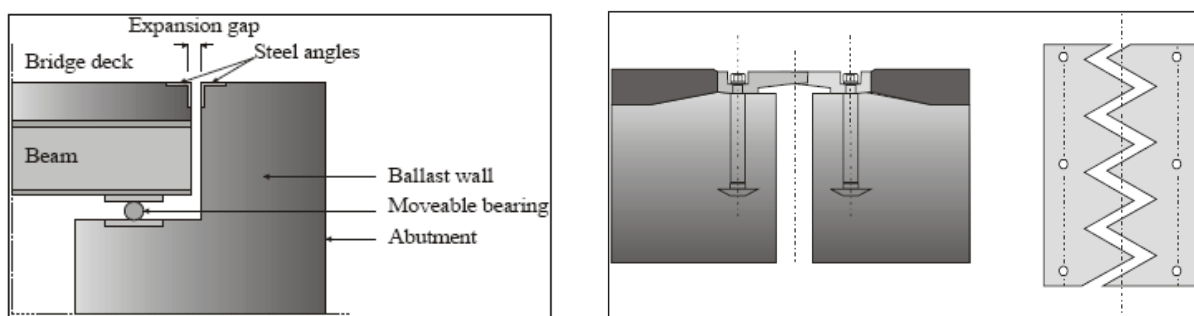
## 1.6.4 ΑΡΜΟΙ

Λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών το μήκος της ανωδομής της γέφυρας μπορεί να μεταβληθεί. Όταν η γέφυρα θερμαίνεται (κατά την διάρκεια της ημέρας ή το  $\vartheta$  θερινο  $\vartheta$  μήνες) επιμηκύνεται, ενώ όταν ψύχεται (κατά την διάρκεια της νύχτας ή τους χειμερινούς μήνες) συστέλλεται. Προκειμένου να εξισωθούν οι μετακινήσεις αυτές τοποθετούνται στα άκρα της γέφυρας αρμοί διαστολής. Για μείωση του κόστους συντήρησης, σε γέφυρες με μικρά ανοίγματα δεν τοποθετούνται αρμοί διαστολής, αλλά προτιμώνται να κατασκευάζονται μονολιθικές.

Οι αρμοί διακρίνονται σε δύο γενικούς τύπους:

- Ανοικτούς, οι οποίοι επιτρέπουν την διέλευση σωματιδίων ή υδάτων του καταστρώματος μέσα από αυτούς
- Κλειστούς, οι οποίοι δεν επιτρέπουν την διέλευση σωματιδίων ή υδάτων του καταστρώματος μέσα από αυτούς

Οι ανοικτοί αρμοί διακρίνονται με την σειρά τους σε τυποποιημένους (formed joints) και σε αρμούς με χαλύβδινα προβολικά στοιχεία μορφής δακτύλων (finger plate joints). Ο μεν πρώτος τύπος συνηθίζεται σε γέφυρες με μικρά ανοίγματα και μπορεί να προστατεύεται με χαλύβδινες πλάκες ή/και να μην προστατεύεται καθόλου, ενώ οι δεύτεροι χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται αρμός μεγαλύτερων διαστάσεων.



- α. Τυποποιημένος ανοικτός αρμός με ενίσχυση από χαλύβδινες πλάκες (formed armoured joint)      β. Αρμός με χαλύβδινα προβολικά στοιχεία μορφής δακτύλων (finger plate joints)

**Σχήμα 1.20** – Χαρακτηριστικοί τύποι ανοικτών αρμών

Οι κλειστού τύπου αρμοί διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τύπους:

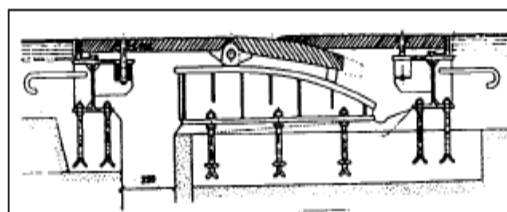
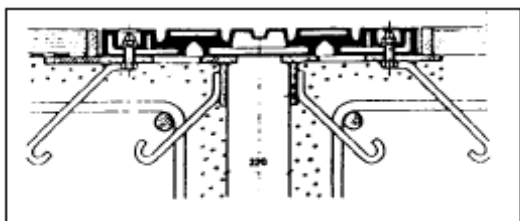


- Με σφράγιση από έγχυτο ασφαλτικό
- Με ελάσματα ολίσθησης
- Με σφράγιση από ελαστομερές υλικό
- Αρμός ολισθαίνουσας πλάκας



α. Αρμός με σφράγιση από έγχυτο ασφαλτικό

β. Αρμός με ελάσματα ολίσθησης



γ. Αρμός με σφράγιση από ελαστομερές υλικό

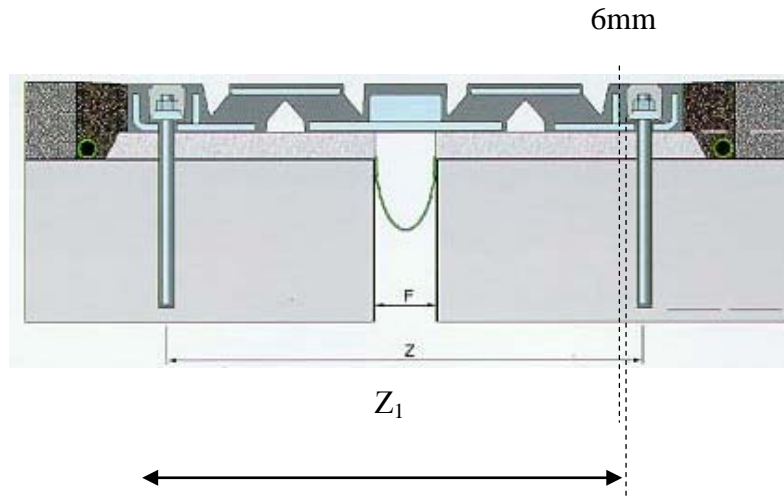
δ Αρμός ολισθαίνουσας πλάκας

**Σχήμα 1.21**– Χαρακτηριστικοί τύποι κλειστών αρμών

Πολύ σημαντικό ρόλο στην καλή λειτουργία των αρμών είναι η κατάλληλη και σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή τοποθέτησή τους. Μεταξύ των προδιαγραφών του κατασκευαστή είναι τα μήκη αγκύρωσης των κοχλιών και οι λεπτομέρειες προρύθμισης του αρμού. Προβληματική λειτουργία προκαλείται όταν ο αρμός δεν εδράζεται σωστά επί του καταστρώματος και τότε όχι μόνο δεν μεταφέρονται σωστά τα αναλαμβανόμενα φορτία, αλλά μειώνεται και η διάρκεια ζωής του λόγω των δυναμικών καταπονήσεων στα οποία υποβάλλεται. Έχει παρατηρηθεί ότι ακόμα και μικρές αποκλίσεις στα υψόμετρα μεταξύ αρμού και ασφαλοτάπητα προκαλούν σε μικρό χρονικό διάστημα αστοχία στο σύστημα αγκύρωσης του αρμού, λόγω των διατμητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στους κοχλίες συνεπεία των κρουστικών φορτίσεων. Επίσης, ο αρμός θα πρέπει να συνεχίζει σε όλο το πλάτος του καταστρώματος της γέφυρας και σε καμία περίπτωση να μην θάβεται κάτω από το ασφαλτικό.

**Παράδειγμα υπολογισμού προρύθμισης αρμού**

Για τον αρμό με δυνατότητα μετακίνησης 250 (mm) του σχήματος να υπολογιστεί η προρυθμισμένη απόσταση μεταξύ των κοχλιών ( $Z_1$ ).



Δίνονται:

- α. η απόσταση μεταξύ των κοχλιών:  $Z = 824$  (mm)
- β. ο συντελεστής θερμικής διαστολής του σκυροδέματος:  $\alpha = 10^{-5}$  (mm/mm °C)
- γ. ο παραμένων ερπυσμός και συρρίκνωση:  $C = 0.1$  (mm/m)
- δ. η μέγιστη θερμοκρασία σχεδιασμού:  $\max \Delta T = 40$  (°C)
- ε. η ελάχιστη θερμοκρασία σχεδιασμού:  $\min \Delta T = -10$  (°C)
- στ. η απόσταση μεταξύ του αρμού και του πλησιέστερου σταθερού σημείου του καταστρώματος:  $L = 30$  (m) ή 30.000 (mm)
- η. η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την τοποθέτηση: 25 (°C)

Υπολογισμός

Η μέση θερμοκρασία σχεδιασμού είναι :  $[\max \Delta T + \min \Delta T] / 2 = [40 + (-10 \text{ °C})] / 2 = 15$  (°C). Για την θερμοκρασία αυτή ο αρμός βρίσκεται σε ισορροπία, δηλαδή  $Z_1 = Z = 824$  (mm). Επειδή όμως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατά την τοποθέτηση είναι 25 (°C), υπολογίζεται η απόκλιση από την μέση θερμοκρασία σχεδιασμού:

$$T = 25 \text{ °C} - 15 \text{ °C} = 10 \text{ (°C)}$$

1. Προρύθμιση λόγω διαφοράς θερμοκρασίας:

$$d_1 = -L \times T \times \alpha = -30000 \text{ (mm)} \times 10 \text{ (°C)} \times 10^{-5} \text{ (mm/mm °C)} = -3 \text{ (mm)}$$

2. Προρύθμιση λόγω φαινομένων ερπυσμού και συρρίκνωσης:

$$d_c = -L \times C = -30 \text{ (m)} \times 0.1 \text{ (mm/m)} = -3 \text{ (mm)}$$

Η συνολική απόσταση προρύθμισης είναι:

$$d = d_1 + d_c = -3 \text{ (mm)} + -3 \text{ (mm)} = -6 \text{ (mm)}$$

Η προρυθμισμένη απόσταση μεταξύ των κοχλιών είναι:

$$Z_1 = Z + d = 824 \text{ (mm)} + -6 \text{ (mm)} = 818 \text{ (mm)}.$$

---

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

# **ΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΓΕΦΥΡΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

---

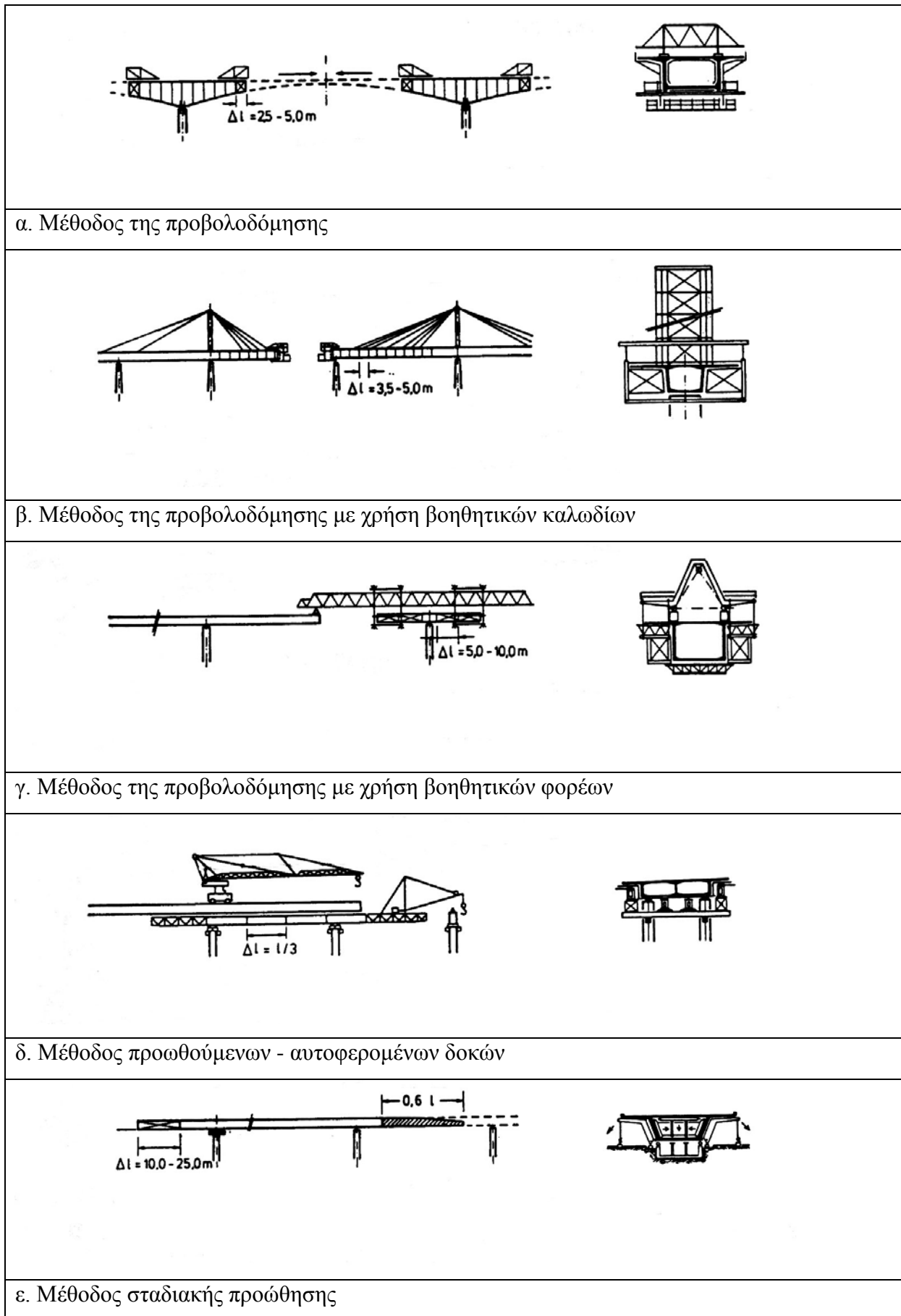
### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται οι μέθοδοι κατασκευής γεφυρών με εφαρμογή μηχανοποιημένων μεθόδων κατασκευής. Οι μηχανοποιημένες μέθοδοι έχουν εφαρμογή σε μεγάλα κατασκευαστικά έργα (projects) και γενικά σε συνθήκες έντονου ανταγωνισμού εκεί δηλαδή όπου η επίτευξη οικονομίας κλίμακος μπορεί να δώσει καλύτερο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στην ευρεία εφαρμογή τους, τις τελευταίες δεκαετίες και στην Ελλάδα, είναι η μείωση του συνολικού κόστους κατασκευής και η επιτάχυνση ολοκλήρωσης του έργου. Επισημαίνεται όμως ότι και οι λεγόμενες «συμβατικές» μέθοδοι ήτοι κατασκευή επί ικριωμάτων εδραζόμενων επί διαμορφωμένου ή επί του φυσικού εδάφους δεν οδηγούν κατ' απόλυτο τρόπο σε μείωση του κόστους ή ταχύτερη κατασκευή. Έτσι, αναλόγως της γέφυρας θα πρέπει να εξετάζεται κάθε μέθοδος ξεχωριστά αναγνωρίζοντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά και να αναζητείται η βέλτιστη κατά το δυνατόν τεχνικοοικονομική λύση.

### **2.2 ΜΟΡΦΕΣ ΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΦΟΡΕΩΝ**

Οι συνηθέστερες σε χρήση μέθοδοι είναι οι εξής:

- Η μέθοδος της προβολοδόμησης
- Η μέθοδος της σταδιακής προώθησης
- Η μέθοδος των προωθούμενων - αυτοφερομένων δοκών
- Η μέθοδος των προκατασκευασμένων δοκών



Σχήμα 2.1 – Μηχανοποιημένες μέθοδοι κατασκευής φορέων



α. Μέθοδος προβολοδόμησης



β. Μέθοδος της σταδιακής προώθησης



γ. Μέθοδος προωθούμενων - αυτοφερομένων δοκών



γ. Μέθοδος προωθούμενων - αυτοφερομένων δοκών



δ. Μέθοδος προκατασκευασμένων δοκών

**Σχήμα 2.2** – Εφαρμογή μηχανοποιημένων μεθόδων στην κατασκευή φορέων

Κοινά χαρακτηριστικά όλων των μηχανοποιημένων μεθόδων είναι τα εξής:

- Κατασκευή των βάθρων σε προηγούμενη φάση
- Κατασκευή του καταστρώματος κατά τμήματα, το μέγεθος των οποίων 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 αυτοφερομένων δοκών).

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

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός έχει συνήθως ειδική χρήση, υπάρχουν όμως περιπτώσεις συνδυασμού (π.χ. μέθοδος προωθούμενων - αυτοφερομένων δοκών με προβολοδόμηση). Η επιλογή της συμφερότερης κατά περίπτωση μεθόδου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Μήκος επιμέρους ανοίγματος και συνολικό μήκος γεφύρωσης
- Γεωμετρία της χάραξης κατά μήκος και οριζοντιογραφικά
  - κόστος και διαθεσιμότητα εξοπλισμού
  - προηγούμενη εμπειρία

Για την κάθε μέθοδο, η πράξη έχει προσδιορίσει τη βέλτιστη περιοχή ανοιγμάτων εφαρμογής. Στον πίνακα 2.1 δίνονται συνοπτικά, για κάθε μία από τις προαναφερθείσες μεθόδους, τα όρια εφαρμογής σε συσχέτισμό με το μήκος ανοίγματος, το συνολικό μήκος της γέφυρας, καθώς και ο ρυθμός προόδου σε τρέχοντα μέτρα ανά εβδομάδα.

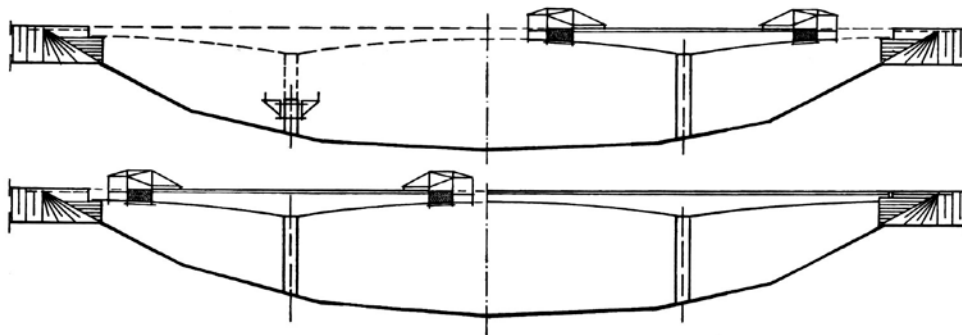
Α/Α	ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΜΗΚΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ										ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΗΚΟΣ ΓΕΦΥΡΑΣ					ΡΥΘΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΥ							
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	m	200	400	600	800	1000	m	10	20	30	40	50	60	lfm/Wo
1	ΔΟΜΗΣΗ ΣΕ ΠΡΟΒΟΛΟ																							
	ΚΛΑΣΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ																							
	ΜΕ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ														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

Πίνακας 2.1 – Όρια εφαρμογής μηχανοποιημένων μεθόδων

## 2.2.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΒΟΛΟΔΟΜΗΣΗΣ

### 2.2.1.1 Γενικά

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στην τεχνική που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Dyckerhoff & Widmann (κλασική μέθοδος) με την οποία γίνεται δυνατή η σταδιακή κατασκευή φορέων γεφυρών σε σπονδύλους μήκους της τάξεως 3.0 με 5.0m, σε πρόβολο από την προηγούμενη φάση. Στην χώρα μας η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί από την δεκαετία του 1960 κυρίως σε έργα της ΔΕΗ (Μέγδοβας, Τατάρνα, Πλατανόβρυση Νέστου κλπ). Η μέθοδος εφαρμόζεται σήμερα ευρέως σε γέφυρες κατά μήκος μεγάλων οδικών αξόνων.



**Σχήμα 2.3** – Μέθοδος Προβολοδόμησης

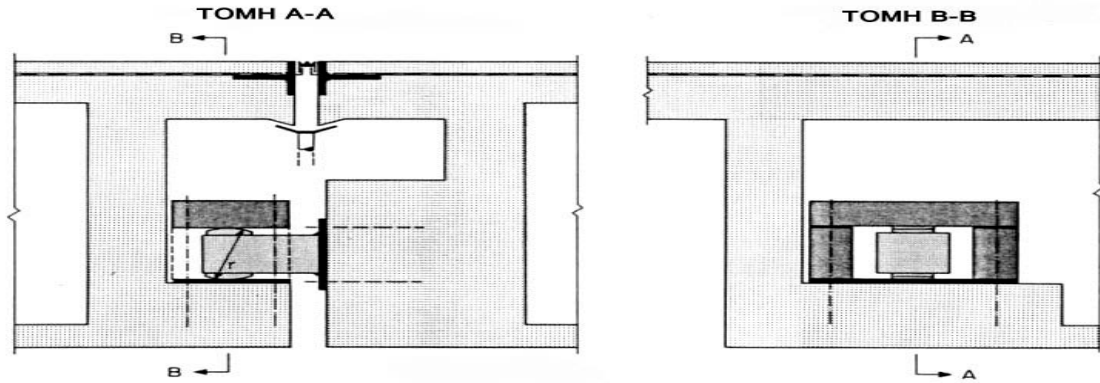
Συνήθως η προβολοδόμηση γίνεται περίπου συμμετρικά ως προς το μεσόβαθρο με την βοήθεια κατάλληλων φορείων, τα οποία ξεκινώντας από την θέση των βάθρων μετατίθενται διαδοχικά προς τα μέσα των αντίστοιχων ανοιγμάτων ή προς τα ακρόβαθρα. Εφαρμόζεται:

- είτε με επιτόπια σκυροδέτηση σπονδύλων
- είτε με προκατασκευή σπονδύλων

### 2.2.1.2 Επιτόπια σκυροδέτηση

Η επιτόπια σκυροδέτηση συνδέεται συνήθως με φορείς μεταβλητού ύψους, δηλαδή με έντονη μείωση ύψους φορέα από την στήριξη προς το άνοιγμα. Η λυγηρότητα του φορέα στην περιοχή των μεσοβάθρων διαμορφώνεται σε  $\frac{l}{h} \approx 17$  και στην περιοχή του μέσου των ανοιγμάτων σε  $\frac{l}{h} \approx 50$ . Κατά κανόνα η κατασκευή γίνεται χωρίς ενδιάμεση προσωρινή στήριξη και σπανιότερα με ενδιάμεση προσωρινή στήριξη.

Αρχικά, ο φορέας κατασκευάζεται σε επιμέρους προβόλους οι οποίοι στην συνέχεια ενοποιούνται σε ένα πλαισιακό σύστημα. Στην πρώτη δεκαετία εφαρμογής της μεθόδου η ενοποίηση γίνονταν με αρθρώσεις με παράλληλη διάταξη ειδικών εφεδράνων, τα οποία απαιτούσαν αρκετό χώρο (βλέπε σχήμα 2.2) ή μέσω επικαθιμένων τμημάτων μικρού μήκους.



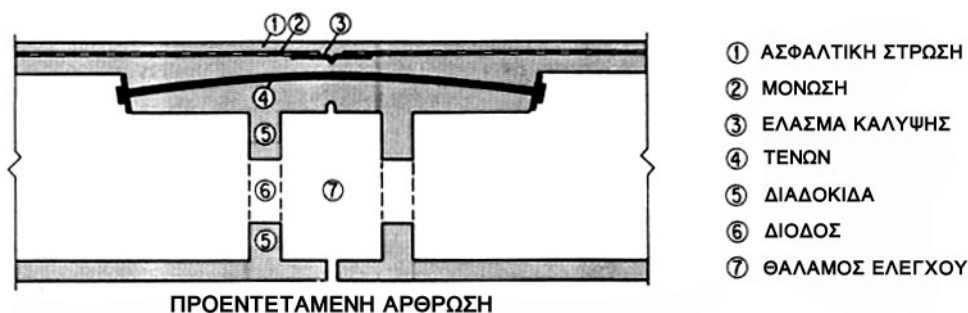
**Σχήμα 2.4** - Ενοποίηση με συστήματα αρθρώσεων

Κατά τα τελευταία χρόνια η ενοποίηση γίνεται κυρίως με πλήρη αποκατάσταση της συνέχειας του φορέα (ανάληψη και ροπών). Συστήματα με αρθρώσεις γενικά είναι οικονομικότερα από διατάξεις που μπορούν να παραλάβουν ροπές, διότι αποκλείουν την ανακατανομή της έντασης από την περιοχή της στήριξης στην περιοχή του ανοίγματος. Από την άλλη πλευρά όσον αφορά την λειτουργικότητα της γέφυρας, τα συστήματα αρθρώσεων παρουσιάζουν μειονεκτήματα, όπως:

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

Εάν παρόλα αυτά για οποιονδήποτε λόγο επιλεγεί η λύση της άρθρωσης, τότε θα πρέπει να εφαρμόζονται προεντεταμένες αρθρώσεις χωρίς δυνατότητα μετακίνησης (βλέπε σχήμα 2.5). Επειδή στην περιοχή της άρθρωσης η διάρκεια ζωής της μόνωσης του καταστρώματος περιορίζεται και από το πρόσθετο γεγονός της στροφής της άρθρωσης από κινητά φορτία, θερμοκρασία κλπ, συνιστάται η τοποθέτηση ενισχυτικού ελάσματος. Κάτω από την περιοχή της άρθρωσης προβλέπεται χώρος επιθεώρησης.





**Σχήμα 2.5** – Προεντεταμένη άρθρωση

### 2.2.1.3 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου

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

### 2.2.1.4 Διαμόρφωση της διατομής

Η διατομή, λόγω των μεγάλων αρνητικών ροπών, διαμορφώνεται συνήθως ως κιβώτιο και πολλές διαστάσεις διατηρούνται σταθερές για την απλοποίηση των εργασιών του ξυλοτύπου. Οι δοκοί του κιβωτίου προβλέπονται γενικά κατακόρυφες κι αυτό γιατί οι κεκλιμένες δοκοί δυσχεραίνουν την σκυροδέτηση. Εφόσον δεν συντρέχουν κατασκευαστικοί λόγοι, π.χ. αγκυρώσεις τενόντων, διάκενα δόνησης κλπ, το πάχος των δοκών καθορίζεται από την απαιτούμενη αντοχή σε διάτμηση. Το ελάχιστο πάχος δοκών χωρίς τένοντες προέντασης συνιστάται να μην είναι μικρότερο των 35cm.

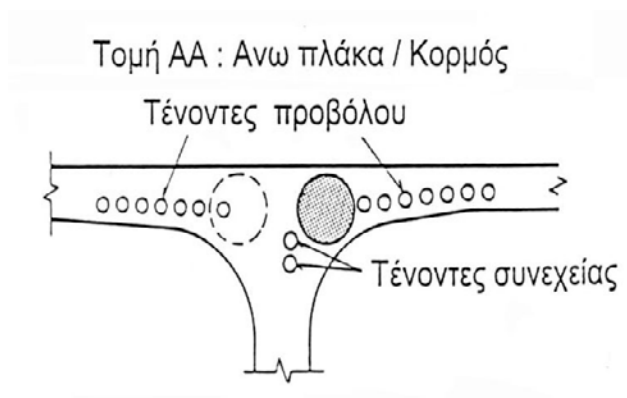
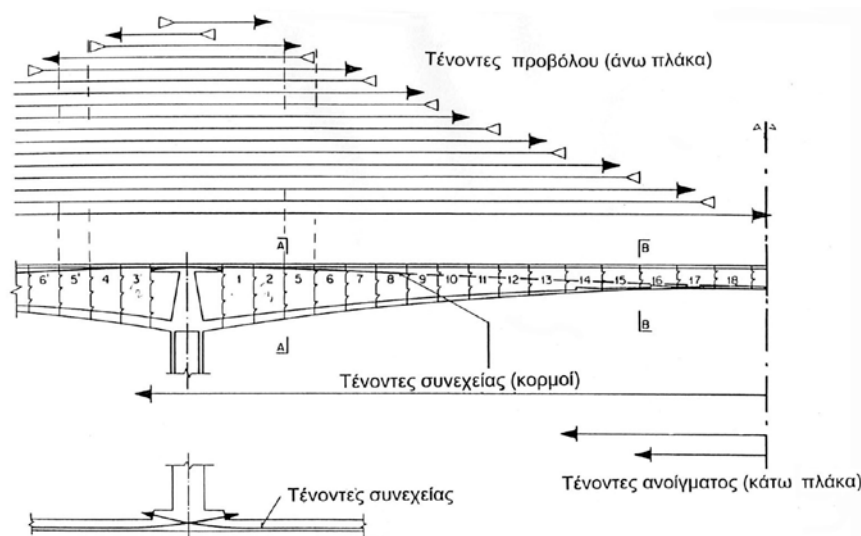
Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον καθορισμό του πάχους της πλάκας καταστρώματος (πάνω πλάκα κιβωτίου). Οι πολυάριθμοι τένοντες οι οποίοι διατάσσονται κατά κύριο λόγο στην πλάκα καταστρώματος εξασθενίζουν την αντοχή σε διάτμηση κατά την κατακόρυφη και οριζόντια διεύθυνση. Εφόσον οι διαμήκεις τένοντες αγκυρώνονται στην περιοχή σύνδεσης της πλάκας κυκλοφορίας με τις δοκούς, εκτός των συνδετήρων, θα πρέπει η περιοχή αυτή να έχει επαρκές πάχος. Η κάτω πλάκα του κιβωτίου κατασκευάζεται με μεταβλητό πάχος, πράγμα που από κατασκευαστική πλευρά δεν παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα.

Η μεταβολή του ύψους του φορέα, συνήθως παραβολική ή ημιτονική παίζει σημαντικό ρόλο στην διατμητική καταπόνηση και συνεπώς στο πάχος των δοκών καθώς και στο ποσοστό του διαμήκους οπλισμού και του οπλισμού διάτμησης.

### 2.2.1.5 Διάταξη προέντασης

Η διαμήκης προένταση αποτελείται βασικά από τρεις ομάδες τενόντων:

- Τένοντες προβόλου (άνω πλάκα)
- Τένοντες ανοίγματος (κάτω πλάκα)
- Τένοντες συνεχείας (κορμοί)



**Σχήμα 2.6** – Διάταξη διαμήκους προέντασης

Οι τένοντες προβόλου αποτελούν τον κύριο οπλισμό του συστήματος, ο οποίος τοποθετείται στην πλάκα κυκλοφορίας (άνω πλάκα). Σημειώνεται ότι η αγκύρωση των τενόντων της ομάδας αυτής γίνεται στην περιοχή συναρμογής των κορμών και της άνω πλάκας του κιβωτίου. Για λόγους κατασκευαστικούς η ελεύθερη απόσταση μεταξύ των τενόντων δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 8cm. Θα πρέπει επίσης να εξετάζεται εάν η διάτμηση μπορεί να παραληφθεί στο μεταξύ των τενόντων διάστημα. Για την αποφυγή ρηγμάτωσης στο επίπεδο των τενόντων πρέπει η πλάκα να οπλίζεται επαρκώς με οπλισμό διάτμησης. Επίσης

θα πρέπει να δίνεται προσοχή στις οριζόντιες διατμητικές τάσεις ιδιαίτερα κατά την φάση κατασκευής.

Οι τένοντες ανοίγματος εξυπηρετούν την ανάληψη θετικών ροπών στο μεσαίο τρίτο του ανοίγματος. Οι απαιτούμενοι τένοντες τοποθετούνται στην κάτω πλάκα του κιβωτίου παραπλεύρως των δοκών. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις ακτινικές δυνάμεις των τενόντων ανοίγματος συνεπεία της καμπύλης διαμόρφωσης της κάτω πλάκας.

#### **2.2.1.6 Βαθμός προέντασης**

Για την μείωση των παραμορφώσεων του φορέα και τον περιορισμό των προβλημάτων που συνδέονται με αυτές είναι σκόπιμη κατά το δυνατόν η αυξημένη προένταση. Επιπρόσθετα, η σημαντική διαμήκης προένταση της πλάκας κυκλοφορίας (άνω πλάκα) έχει σαν αποτέλεσμα ο τοποθετούμενος χαλαρός οπλισμός να είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος, γεγονός το οποίο διευκολύνει την παράθεσή του κατά τις φάσεις των διαδοχικών σκυροδετήσεων των σπονδύλων. Είναι σκόπιμο επομένως να προσδιορίζεται αρχικά ο απαιτούμενος ελάχιστος οπλισμός από τον έλεγχο της ρηγμάτωσης και στην συνέχεια να προσδιορίζεται ο απαιτούμενος οπλισμός προέντασης από τον έλεγχο θραύσης.

#### **2.2.1.7 Ανακατανομή της έντασης λόγω ερπυσμού και αλλαγής στατικού συστήματος**

Όπως είναι γνωστό η μεταβολή των φορτίων διατομής ενός συστήματος επέρχεται μέσω του ερπυσμού μόνο όταν συνδέονται τμήματα από σκυρόδεμα διαφορετικής ηλικίας ή διαφορετικής σύνθεσης όπως συμβαίνει στην περίπτωση της τμηματικής κατασκευής γεφυρών. Η ανακατανομή αφορά μόνιμες φορτίσεις που επιβάλλονται στο αρχικό σύστημα προβόλων, όπως:

- Ίδιο βάρος
- Προένταση άνω πλάκας

#### **2.2.1.8 Υπολογισμός υπερυψώσεων και υψομέτρων ξυλοτύπου**

Με τις υπερυψώσεις γίνεται αναίρεση των παραμορφώσεων του φορείου σκυροδέτησης καθώς και του φορέα ώστε να επιτευχθούν σε κατάσταση λειτουργίας τα προβλεπόμενα από την μελέτη υψόμετρα της ερυθράς. Οι υπερυψώσεις αντιστοιχούν στις παραμορφώσεις που προκύπτουν κατά την φάση της κατασκευής και μετά την ολοκλήρωσή της από την επιβολή όλων των μόνιμων φορτίων, από ένα μικρό τμήμα των κινητών φορτίων και από ανομοιομορφη μεταβολή της θερμοκρασίας. Δηλαδή, σ' ένα σημείο του φορέα  $i$  η

απαιτούμενη υπερύψωση είναι ίση με την βύθιση του σημείου αυτού σε χρονικό ορίζοντα ίσο με το μισό της ζωής της γέφυρας. Το μέτρο ελαστικότητας, ο ερπυσμός, η πήξη, η χαλάρωση του χάλυβα, οι παραμορφώσεις του εδάφους παίζουν σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό των υπερυψώσεων.

Σε γέφυρες που κατασκευάζονται με την μέθοδο της δόμησης σε πρόβολο, λόγω ακριβώς του τρόπου κατασκευής τους, οι βυθίσεις είναι σχετικά μεγάλες. Για τον υπολογισμό των υπερυψώσεων πρέπει ιδιαίτερα να προσεχθούν οι ακόλουθες παραμορφώσεις:

- Βύθιση του φορείου κατά την σκυροδέτηση του σπονδύλου.
- Παραμορφώσεις του στατικού συστήματος κατά την φάση κατασκευής (πρόβολος) λόγω των σκυροδετηθέντων σπονδύλων, του φορείου και της σκυροδέτησης της κλείδας (κλείσιμο ανοίγματος).
- Παραμορφώσεις του συστήματος σε τελική φάση λαμβάνοντας υπόψη την προένταση ανοίγματος, την προένταση συνεχείας, ένα μικρό τμήμα των κινητών φορτίων και ανομοιόμορφη θερμοκρασιακή μεταβολή.
- Καθιζήσεις των θέσεων έδρασης του φορέα λόγω παραμορφώσεων των βάθρων και καθίζησης του εδάφους θεμελίωσης.

Το υψόμετρο του ξυλοτύπου στο τέλος του προς σκυροδέτηση σπονδύλου  $i+1$  προσδιορίζεται από την γραμμή υπερυψώσεων  $\Delta_{i+1}$  του φορέα και την βύθιση  $\Delta^0_{i+1}$  στο σημείο  $i+1$  συνεπεία της σκυροδέτησης και της προέντασης του σπονδύλου  $i+1$ .

### **2.2.1.9 Εβδομαδιαίος κύκλος δραστηριοτήτων**

Ένας τυπικός εβδομαδιαίος κύκλος δραστηριοτήτων κατασκευής μπορεί να είναι ως εξής:

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

### **2.2.1.10 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα της κλασικής μεθόδου**

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

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

- Ο επαναληπτικός κύκλος δραστηριοτήτων μειώνει σημαντικά το κόστος εργασίας ανά μονάδα υλικών.
- Το φορείο σκυροδέτησης των σπονδύλων είναι ρυθμιζόμενο και επιδεκτικό πολλαπλών εφαρμογών.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Η κατασκευή οδών πρόσβασης σε κάθε μεσόβαθρο θα πρέπει να εξασφαλίζει τον εφοδιασμό του συστήματος με τα απαιτούμενα υλικά κατασκευής του φορέα.
- Σημαντικό κόστος μεταφόρτωσης των υλικών ιδιαίτερα στην περίπτωση υψηλών βάθρων.
- Ανάγκη, μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής κάθε φάσεως, καταβιβασμού των φορείων, μεταφοράς αυτών μέσω του δύσβατου συνήθως εδάφους της χαράδρας, στην θέση του επομένου μεσοβάθρου και ανύψωση στην νέα θέση λειτουργίας των.

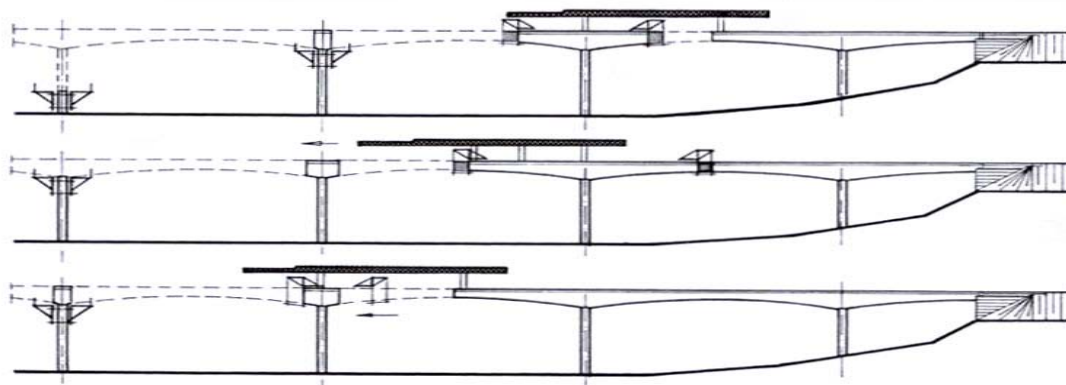
#### 2.2.1.11 Παραλλαγές της κλασικής μεθόδου

Για την εξουδετέρωση των προαναφερθέντων μειονεκτημάτων έχουν αναπτυχθεί παραλλαγές της κλασικής μεθόδου οι οποίες σε γενικές γραμμές περιγράφονται ως ακολούθως:

##### *α. Δόμηση σε πρόβολο με βοηθητικό φορέα*

Με την μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται:

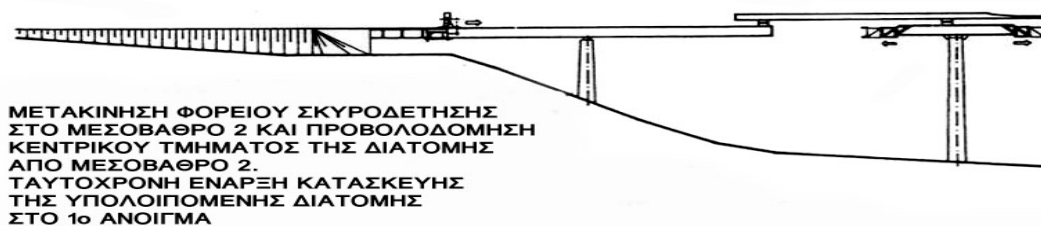
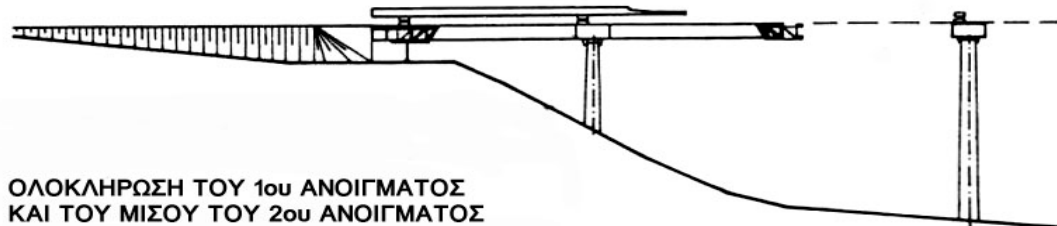
- Μεταφορά προσωπικού και υλικών μέσω του ήδη κατασκευασθέντος τμήματος του φορέα καθώς και του βοηθητικού φορέα.
- Απλή μετάθεση των φορείων σκυροδέτησης στο επόμενο μεσόβαθρο μέσω του βοηθητικού φορέα.



**Σχήμα 2.7** - Δόμηση σε πρόβολο με βοηθητικό φορέα

*β. Δόμηση σε πρόβολο με βοηθητικό πρόσθετο φορείο*

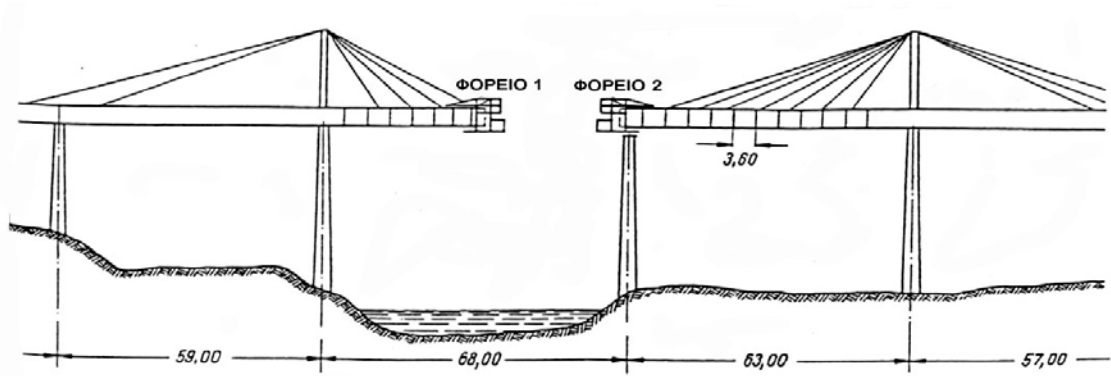
Η δόμηση σε πρόβολο με βοηθητικό πρόσθετο φορείο γίνεται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση κατασκευάζεται κατά τα γνωστά το κεντρικό τμήμα της διατομής (κιβώτιο) και στην δεύτερη φάση με το πρόσθετο φορείο οι πρόβολοι του κιβωτίου και οι αντηρίδες. Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την κατασκευή φορέων διατομής μεγάλου πλάτους όταν για οποιονδήποτε λόγο δεν έχει προκριθεί η λύση των ανεξαρτήτων φορέων ανά κλάδο οδού.



**Σχήμα 2.8** - Δόμηση σε πρόβολο με βοηθητικό πρόσθετο φορείο

γ. Δόμηση σε πρόβολο με καλώδια ανάρτησης

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες έχει προδιαγραφεί φορέας σταθερού ύψους και επειδή δεν είναι δυνατή η παραλαβή της αναπτυσσόμενης στην θέση του μεσοβάθρου ροπής προβόλου, γίνεται χρήση καλωδίων ανάρτησης και βοηθητικού πυλώνα.



Σχήμα 2.9 - Δόμηση σε πρόβολο με καλώδια ανάρτησης

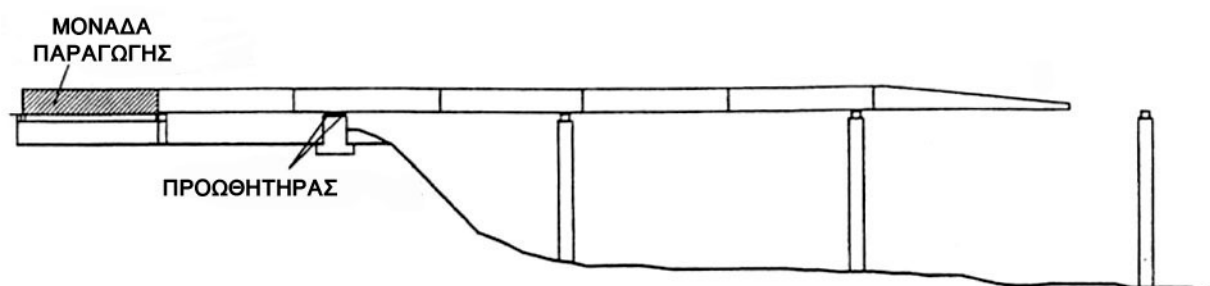
## 2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΑΔΙΑΚΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ

### 2.2.2.1 Γενικά

Πρόκειται για μέθοδο που αναπτύχθηκε από τους W. Baur – F. Leonhardt στις αρχές της δεκαετίας 1960 και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μέχρι και το 1982. Σταθμό στην ανάπτυξη της μεθόδου είναι 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 την μέθοδο της προώθησης. Στην χώρα μας η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί :

- Στην κατασκευασθείσα γέφυρα στον ποταμό Λίσσου στην περιοχή της Κομοτηνής στον άξονα της Εγνατίας οδού.
- Στην κατασκευασθείσα γέφυρα Δρυμόνα στον άξονα Π.Α.Θ.Ε.
- Στην κατασκευασθείσα γέφυρα Μεγαλορέματος στον άξονα της Εγνατίας οδού.

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



Σχήμα 2.10 – Μέθοδος σταδιακής προώθησης

Η μέθοδος έχει εφαρμογή επίσης σε γέφυρες μεταλλικές ή σύμμικτες όπως η γέφυρα της Ποτίδαιας.

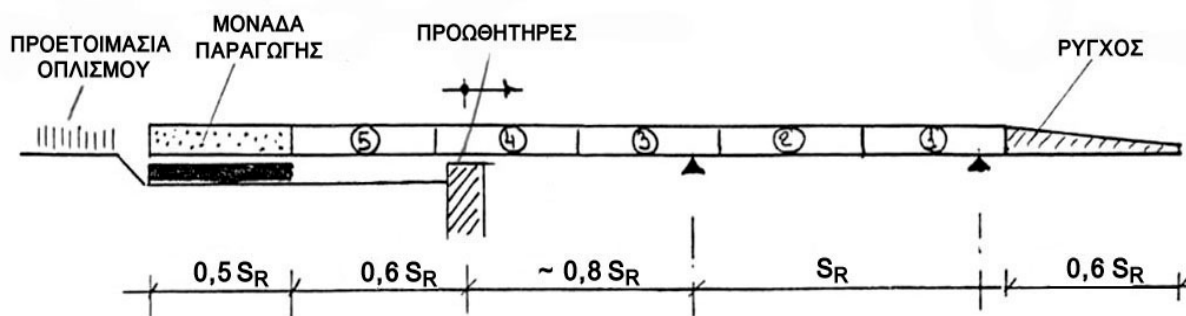
### 2.2.2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου

Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι:

- Διαδοχική σκυροδέτηση σπονδύλων παραπλεύρως του προηγούμενου.
- Μήκος σπονδύλου, που ταυτίζεται με το βήμα προώθησης, συνήθως 50% του ανοίγματος.



- Χρόνος κατασκευής κάθε σπονδύλου 1 - 2 εβδομάδες, ανεξάρτητα από το μήκος του.
- Μόνιμες εγκαταστάσεις παραγωγής (γερανός, μόρφωση οπλισμών, συγκρότημα σκυροδέτησης).
- Απόσταση του μετώπου της κλίνης σκυροδέτησης κατά κανόνα από τον άξονα του ακροβάθρου  $1.2 \times l_T$ , όπου  $l_T$  το βήμα προώθησης.
- Προωθητήρας τοποθετημένος κατά κανόνα στο ακρόβαθρο.
- Μήκος ρύγχους συνήθως 60% του τυπικού ανοίγματος.



**Σχήμα 2.11** - Χαρακτηριστικά της μεθόδου σταδιακής προώθησης

### 2.2.2.3 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου

Το μέγιστο μήκος γέφυρας που κατασκευάστηκε με την μέθοδο αυτή είναι της τάξεως 1200m. (προώθηση από τα δύο ακρόβαθρα και σύνδεση των δύο τμημάτων). Συνήθως εφαρμόζεται σε γέφυρες με μέγιστο μήκος της τάξεως των 600m. Τα μήκη των επί μέρους ανοιγμάτων κυμαίνονται από 30 έως 60m. Με χρήση βοηθητικού μεσοβάθρου μπορεί το μήκος του ανοίγματος να φθάσει τα 80m.

Η κατά μήκος κλίση της ερυθράς συνιστάται να είναι μικρότερη ή ίσο του 4%. Σημειώνεται ότι η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί και σε χαράξεις με κατά μήκος κλίσεις ερυθράς 7%. Ιδανική εφαρμογή έχει η μέθοδος σε ευθύγραμμες και κυκλικές χαράξεις. Σημειώνεται όμως ότι είναι δυνατή η εφαρμογή της και σε κλωθοειδείς. Οι εφαρμοζόμενες σήμερα χαράξεις αυτοκινητοδρόμων είναι τόσο τεταμένες ώστε οι αποκλίσεις μεταξύ της κλωθοειδούς και του κύκλου της προώθησης είναι μικρές. Σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις αυτές το κιβώτιο κατασκευάζεται σαν τμήμα κύκλου (ο κύκλος προώθησης αφορά το κιβώτιο) και οι προκύπτουσες διαφορές μεταξύ κλωθοειδούς και κύκλου εξισώνονται με αντίστοιχη μεταβολή του πλάτους της πάνω πλάκας. Τονίζεται ότι εάν οι αποκλίσεις υπερβαίνουν το 0.75m – 1.0m τότε η εξίσωση τους με αντίστοιχη μεταβολή του πλάτους της πάνω πλάκας του

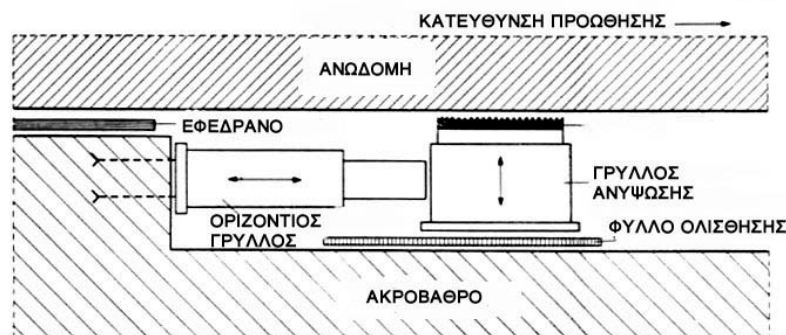
κιβωτίου είναι δύσκολη. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν την λύση να δώσει η προώθηση από τα δύο ακρόβαθρα της γέφυρας εφόσον βέβαια και το μήκος της συνηγορεί σ' αυτή την μεθοδολογία.

Από μηκοτομική άποψη, σε περίπτωση κατά την οποία η γέφυρα ευρίσκεται εν μέρει σε ευθύγραμμο τμήμα και εν μέρει σε καμπύλη συναρμογής (τόξο κύκλου), τότε η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί εφόσον και πάλι η προώθηση πραγματοποιηθεί από δύο πλευρές και γίνει σύνδεση των δύο τμημάτων. Σε περίπτωση κατά την οποία οι διαφορές μεταξύ της μηκοτομής της γέφυρας και του κύκλου προώθησης είναι της τάξεως λίγων χιλιοστών του μέτρου δεν προκύπτει σοβαρό πρόβλημα. Για μεγαλύτερες αποκλίσεις, θεωρητικά είναι δυνατή η εξίσωση των αποκλίσεων με αντίστοιχη μεταβολή του ύψους του φορέα γεγονός που έχει επιπτώσεις στο καλούπι και κατ' επέκταση στο όλο κόστος κατασκευής. Γενικά, προϋπόθεση εφαρμογής και επιτυχίας της μεθόδου είναι η εξαιρετικά αυστηρή τήρηση της γεωμετρίας.

#### 2.2.2.4 Γενική διάταξη του συστήματος

##### 2.2.2.4.1 Προωθητήρες

Οι προωθητήρες κατά κανόνα εδράζονται στο ακρόβαθρο, αλλά κατ' εξαίρεση είναι δυνατό να τοποθετηθούν και στο πρώτο μεσόβαθρο. Αποτελούνται από ένα ανυψωτήρα (γρύλλο κατακόρυφης διαδρομής) που ολισθαίνει πάνω σ' ένα φύλλο ολίσθησης (teflon) με χαμηλό συντελεστή τριβής. Το κατακόρυφο έμβολο εφαρμόζει στο πέλμα του προωθούμενου φορέα. Μία αδρής επιφανείας χαλύβδινη πλάκα εφαρμοσμένη στην κεφαλή του εμβόλου επιτρέπει την ανάπτυξη τριβής τάξεως 70% (βλέπε σχήμα 2.12). Οριζόντιοι γρύλλοι, αρθρωτά συνδεδεμένοι με τους κατακόρυφους, τους ωθούν προς τα εμπρός και δια μέσου αυτών ωθούν τον φορέα. Το βήμα κάθε ώθησης είναι της τάξεως 20 έως 25cm. Η προώθηση μιας μονάδας 20 έως 30m διαρκεί 2 έως 3 ώρες.



Σχήμα 2.12 – Διάταξη προωθητήρα

#### **2.2.2.4.2 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. Σημειώνεται ότι το κόστος του ρύγχους μαζί με το κόστος της διάταξης προώθησης αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα της επένδυσης που απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου.

Οι ενώσεις του ρύγχους πραγματοποιούνται με προεντεταμένους, φρεζαριστούς κοχλίες. Το ρύγχος τοποθετείται εμπρός από την κλίνη και ο πρώτος σπόνδυλος σκυροδετείται σε επαφή. Η συρραφή του ρύγχους πραγματοποιείται με προεντεταμένες αγκυρόβιδες τύπου Dywidag (4.0m μέσα στον φορέα, 0.5m στο ρύγχος). Στα πρώτα 5 έως 6 μέτρα οι κορμοί του κιβωτίου του φορέα της γέφυρας διαπλατώνονται ώστε να εγκιβωτισθούν οι αγκυρόβιδες. Οι αγκυρόβιδες είναι ελεύθερες, χωρίς τσιμεντένεμα, ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και προστατεύονται με αντισκωριακή επάλειψη.

#### **2.2.2.4.3 Προσωρινά εφέδρανα προώθησης**

Τα προσωρινά εφέδρανα προώθησης κατασκευάζονται εξωτερικά – πλευρικά από συγκολλούμενα πλαίσια σιδηροδοκών, τα οποία εσωτερικά πληρούνται με σκυρόδεμα. Επί του κιβωτίου τοποθετείται ελαστομερής στρώση πάχους 20 - 50mm, ώστε να υπάρχει ελαστικότητα στην έδραση του φορέα. Επί της στρώσης τοποθετείται χαλύβδινη πλανισμένη πλάκα ολίσθησης (St 52) που επικαλύπτεται με ανοξειδωτή λαμαρίνα πάχους 1mm. Κατά την φάση της προώθησης το κενό μεταξύ χαλύβδινης πλάκας και κάτω πέλματος φορέως τροφοδοτείται με τις αποκαλούμενες πλάκες προώθησης.

#### **2.2.2.4.4 Μόνιμα εφέδρανα**

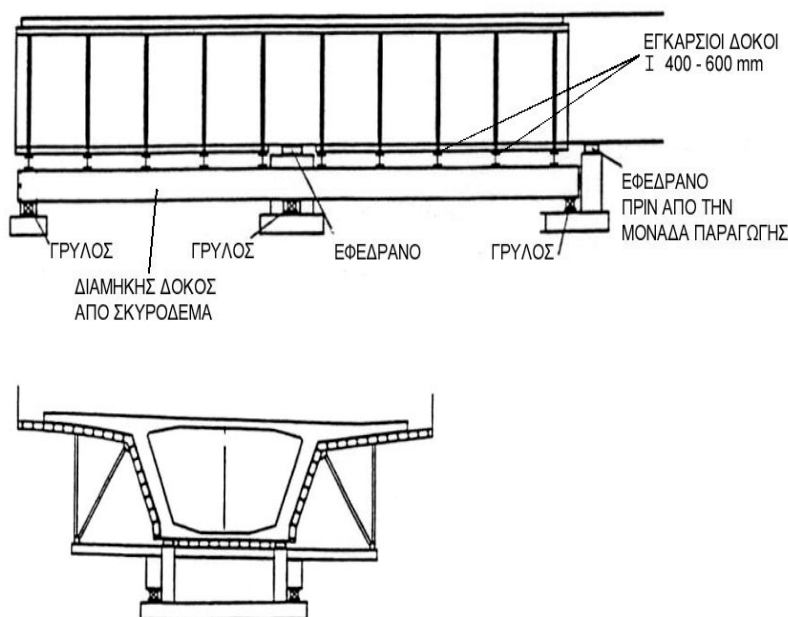
Τα μόνιμα εφέδρανα, τα οποία χρησιμοποιούνται στο τελικό στάδιο των γεφυρών που κατασκευάζονται με την μέθοδο της σταδιακής προώθησης, δεν διαφοροποιούνται από τα εφέδρανα τα οποία χρησιμοποιούνται σε γέφυρες που κατασκευάζονται με άλλες μεθόδους. Λόγω όμως της προώθησης και της εκ των υστέρων τοποθέτησής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

#### 2.2.2.4.5 Μονάδα παραγωγής – Ξυλότυπος – Οπλισμοί

Ο επικρατέστερος σήμερα σχεδιασμός της μονάδας παραγωγής προβλέπει την τοποθέτηση όλου του συστήματος του τυποποιημένου ξυλοτύπου σε εσχάρα δοκών, η οποία έχει την δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης με την βοήθεια γρύλων και της οποίας η παραμόρφωση υπό τα φορτία σκυροδέτησης κ.λ.π. πρέπει να είναι μικρότερη του 1mm. Για τον λόγο αυτό οι εγκάρσιες δοκοί της εσχάρας είναι χαλυβδοδοκοί μορφής **H** ύψους 400mm~600mm, που με τη σειρά τους εδράζονται σε διαμήκεις δύσκαμπτες δοκούς κατασκευαζόμενες επί τόπου από οπλισμένο ή σκυρόδεμα προεντεταμένο σε περίπτωση μεγαλύτερων φορτίων (βλέπε σχήμα 2.13). Η διαδρομή των γρύλων για την κατακόρυφη μετακίνηση του ξυλοτύπου είναι συνήθως 150 έως 200 mm ώστε να απομένει ικανοποιητικό διάκενο μεταξύ του ξυλοτύπου και του σκυροδετηθέντος βήματος και να αποφεύγεται το φρακάρισμα κατά την διάρκεια της προώθησης.

Σημειώνεται ότι η μονάδα παραγωγής απαιτεί βάθος 1.5m περίπου μεταξύ κάτω πλάκας φορέα και εκσκαφής, στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό. Ο οπλισμός συνήθως προκατασκευάζεται πριν την κλίση σκυροδέτησης και σύρεται με την προώθηση.



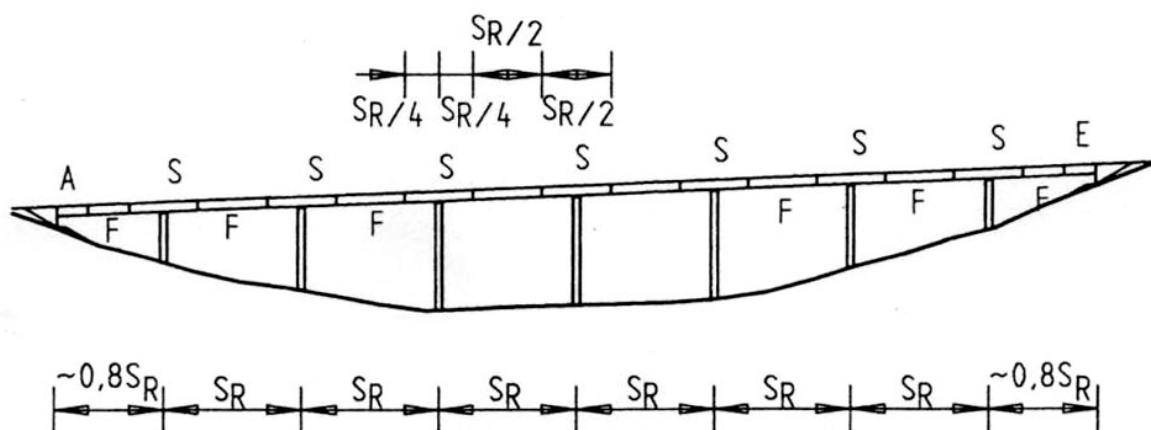
Σχήμα 2.13 – Διάταξη μονάδας παραγωγής

### 2.2.2.5 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  $S_R/2$ , όπου  $S_R$  το μήκος του τυπικού ανοίγματος της γέφυρας (βλέπε σχήμα 2.14). 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 μικρότερο ή ίσο από  $S_R/2$ . Στα ακραία ανοίγματα διατάσσονται επίσης βήματα  $F$  μήκους μικρότερο ή ίσο από  $S_R/2$  καθώς και τα ειδικά βήματα αρχής  $A$  και τέλους  $E$ .



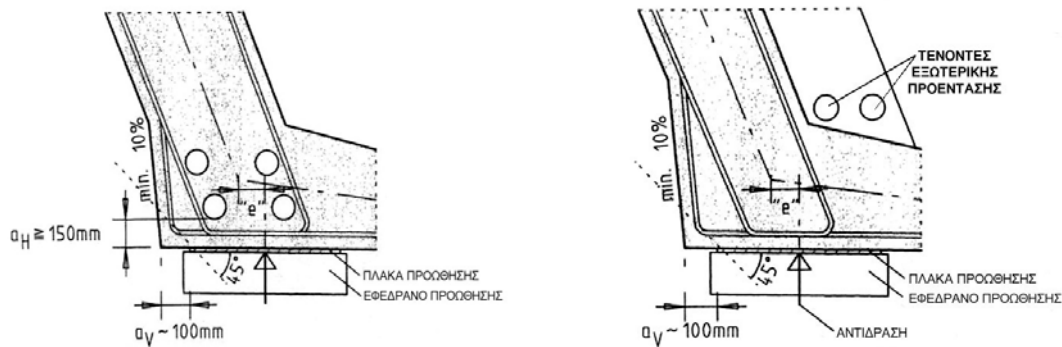
Σχήμα 2.14 - Μήκος βήματος προώθησης

### 2.2.2.6 Διαμόρφωση της διατομής

Η διατομή φορέων γεφυρών που κατασκευάστηκαν με την μέθοδο προώθησης έχει την μορφή κιβωτίου σε ποσοστό που υπερβαίνει το 90%. Για διατομές μορφής πλακοδοκού ή πλάκας, τα παρακάτω ισχύουν αναλογικά.

Ο σχεδιασμός της κάτω πλευράς των κορμών του κιβωτίου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, γιατί καθ' όλο το μήκος της γέφυρας κατά την διάρκεια της προώθησης πρέπει να αναλαμβάνουν τις αναπτυσσόμενες αντιδράσεις. Πιο συγκεκριμένα,

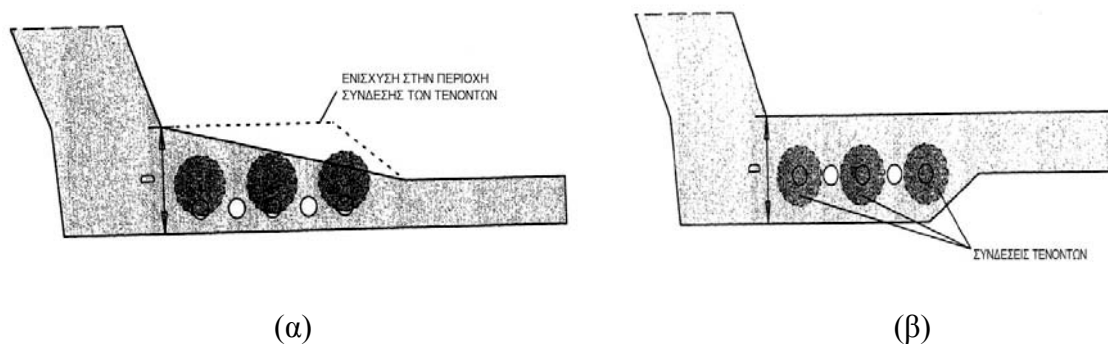
- Οι αντιδράσεις στήριξης του φορέα θα πρέπει να εισάγονται σε ικανοποιητική απόσταση από την εξωτερική παρειά του κορμού.
- Η απόσταση  $a_V$  της πλάκας προώθησης από την εξωτερική παρειά του κορμού, δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 100mm (βλέπε σχήμα 2.15).
- Η απόσταση  $a_H$  των περιβλημάτων των τενόντων προέντασης από την κάτω παρειά των κορμών του κιβωτίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 150mm.
- Το κατώτερο μέρος των κορμών σε ύψος 400 έως 500 mm διαμορφώνεται με μεγαλύτερη κλίση από το υπόλοιπο τμήμα, ώστε να μειωθούν οι εκκεντρότητες των αντιδράσεων αφενός και για να υπάρχει ικανοποιητική απόσταση των πλακών προώθησης αφετέρου.



**Σχήμα 2.15** – Διαμόρφωση κάτω πλευράς των κορμών του κιβωτίου του φορέα

Το πάχος  $D$  της κάτω πλάκας στην συναρμογή της με τους κορμούς του κιβωτίου καθορίζεται με βάση τις απαιτήσεις της διάταξης σύνδεσης των τενόντων προέντασης (βλέπε σχήμα 2.16 (α)). Η ενίσχυση της κάτω πλάκας στην περιοχή σύνδεσης των τενόντων προέντασης γίνεται μόνο τοπικά, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στην πάνω πλάκα του κιβωτίου.

Μία άλλη παραλλαγή της διαμόρφωσης της κάτω πλάκας φαίνεται στο σχήμα 2.16 (β) η οποία έχει το πλεονέκτημα της επίπεδης διαμόρφωσης της εσωτερικής επιφανείας της, ο καθορισμός όμως της διάστασης  $D$  γίνεται με βάση τις απαιτήσεις στην δυσμενέστερη σύνδεση τενόντων.



**Σχήμα 2.16** – Διαμόρφωση κάτω πλάκας φορέα

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 πρεσσών επιβολής της δύναμης προέντασης να είναι πλήρως εναρμονισμένες μεταξύ τους.

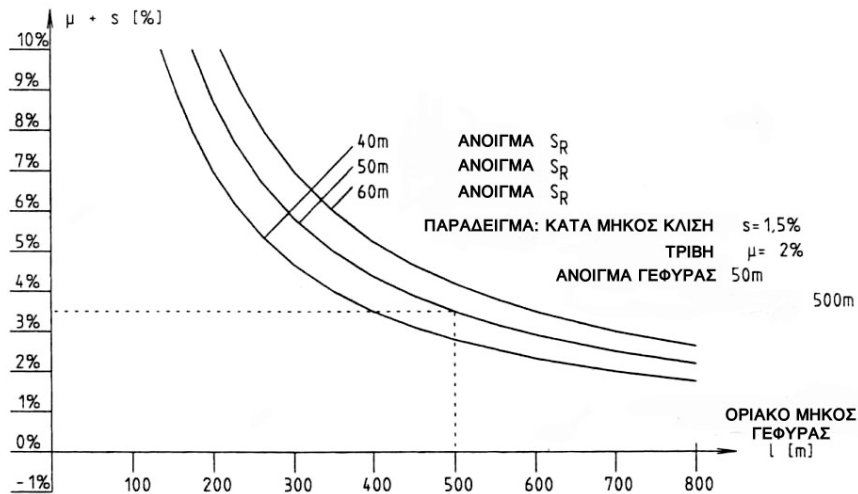
### 2.2.2.7 Προώθηση

Ο συντελεστής τριβής ο αναπτυσσόμενος μεταξύ του γρύλου ανύψωσης και του φύλλου ολίσθησης (βλέπε σχήμα 2.12) εξαρτάται από την ασκούμενη μέση πίεση έδρασης (μειώνεται όσο η πίεση αυξάνεται), την ποιότητα κατεργασίας (ανοχή 1μm), 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 και μειώνεται αμέσως κατά την προώθηση.

Μια γρήγορη εκτίμηση του μεγίστου μήκους προώθησης, άρα και του μήκους της γέφυρας, δίνεται στο σχήμα 2.17 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 2.17** – Διάγραμμα εκτίμησης μεγίστου μήκους προώθησης

Σημειώνεται ότι η ανομοιομορφία των μηκών των ανοιγμάτων μίας γέφυρας επηρεάζει κατά τρόπο δυσμενή την διαστασιολόγηση του φορέα π.χ η παρεμβολή ενός μεσαίου ανοίγματος μήκους 58m σε σειρά ανοιγμάτων μήκους 48m έχει σαν αποτέλεσμα την υπερδιαστασιολόγηση όλων των διατομών, οι οποίες κατά την φάση της προώθησης διέρχονται από το άνοιγμα των 58m.

### 2.2.2.8 Εβδομαδιαίος κύκλος εργασιών

Ένας τυπικός εβδομαδιαίος κύκλος μπορεί να είναι ως εξής:

#### Δευτέρα

- Προένταση καλωδίων κεντρικής προέντασης
- Καταβίβασμός 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



- |                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Πέμπτη</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Απομάκρυνση εσωτερικού ξυλοτύπου</li> <li>• Τοποθέτηση ξυλοτύπου οροφής</li> <li>• Τοποθέτηση οπλισμού πλάκας κυκλοφορίας</li> </ul> |
| <b>Παρασκευή</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ολοκλήρωση οπλισμού πλάκας κυκλοφορίας</li> <li>• Σκυροδέτηση πλάκας κυκλοφορίας</li> </ul>  |
| <b>Σάββατο-Κυριακή</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Σκλήρυνση σκυροδέματος</li> </ul>  |

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

#### **2.2.2.9 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα της 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:

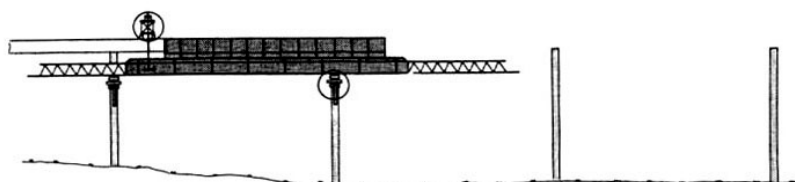
- Δεν εφαρμόζεται σε όλες τις χαράξεις.
- Αυξημένη ανάλωση χάλυβα προέντασης.
- Αυστηρές απαιτήσεις γεωμετρίας.
- Σταθερό ύψος φορέα.
- Αδυναμία επιτάχυνσης της κατασκευής.

## 2.2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΩΘΟΥΜΕΝΩΝ - ΑΥΤΟΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ

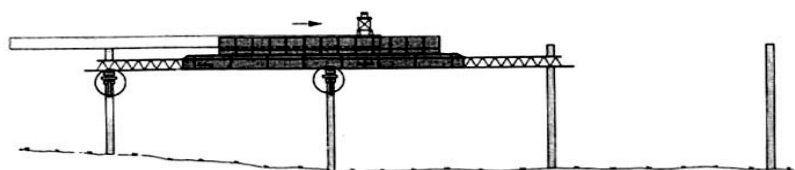
### 2.2.3.1 Γενικά

Κατά την μέθοδο αυτή η κατασκευή προχωρεί σε τμήματα μήκους ίσου προς το (τυπικό) άνοιγμα και σε πλήρες πλάτος («άνοιγμα-άνοιγμα»). Η «άνοιγμα-άνοιγμα» μέθοδος αρχικά, εφαρμόστηκε σε γέφυρες συνεχείς περισσότερων ανοιγμάτων επί συμβατικών ή μηχανοποιημένων κριωμάτων στηριζόμενων απευθείας στο έδαφος. Κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ο αυτοπροωθούμενος σχηματισμός επί του οποίου στηρίζεται το καλούπι του φορέα της ανωδομής και μεταφέρεται από τη μια θέση στην άλλη. Στο παρακάτω Σχήμα 2.18 δίνεται μία συνοπτική εικόνα της όλης διαδικασίας.

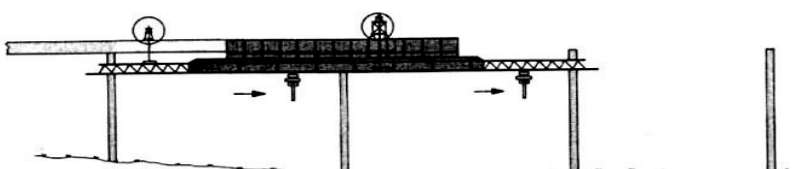
ΣΤΗΡΙΞΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΣΤΙΣ ΚΟΝΣΟΛΕΣ ΤΟΥ ΒΑΘΡΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΗΔΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΘΕΝ ΤΜΗΜΑ



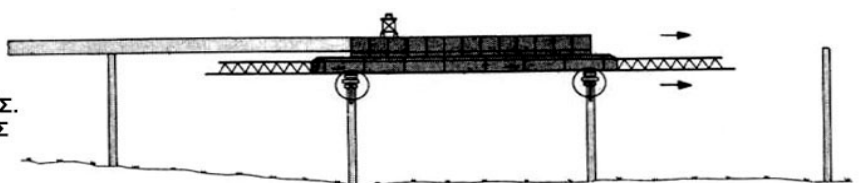
ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ, ΣΤΗΡΙΞΗ ΣΤΙΣ ΚΟΝΣΟΛΕΣ ΤΩΝ ΒΑΘΡΩΝ, ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΕΠΟΜΕΝΟ ΑΝΟΙΓΜΑ



ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΚΟΝΣΟΛΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΑΠΟ ΔΥΟ ΣΗΜΕΙΑ

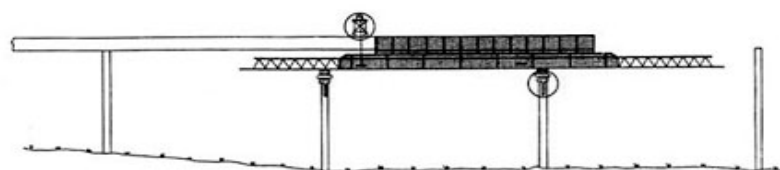


ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΣΤΗ ΝΕΑ ΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ. ΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΚΟΝΣΟΛΕΣ ΤΩΝ ΒΑΘΡΩΝ.



ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΔΟΚΩΝ ΣΤΗΝ ΜΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΑΠΟ ΗΔΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΘΕΝ ΤΜΗΜΑ - ΝΕΑ ΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗΣ

○ = ΣΤΗΡΙΞΗ Ή ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΚΟΝΣΟΛΑ = ΔΙΚΤΥΩΤΗ ΔΟΚΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ

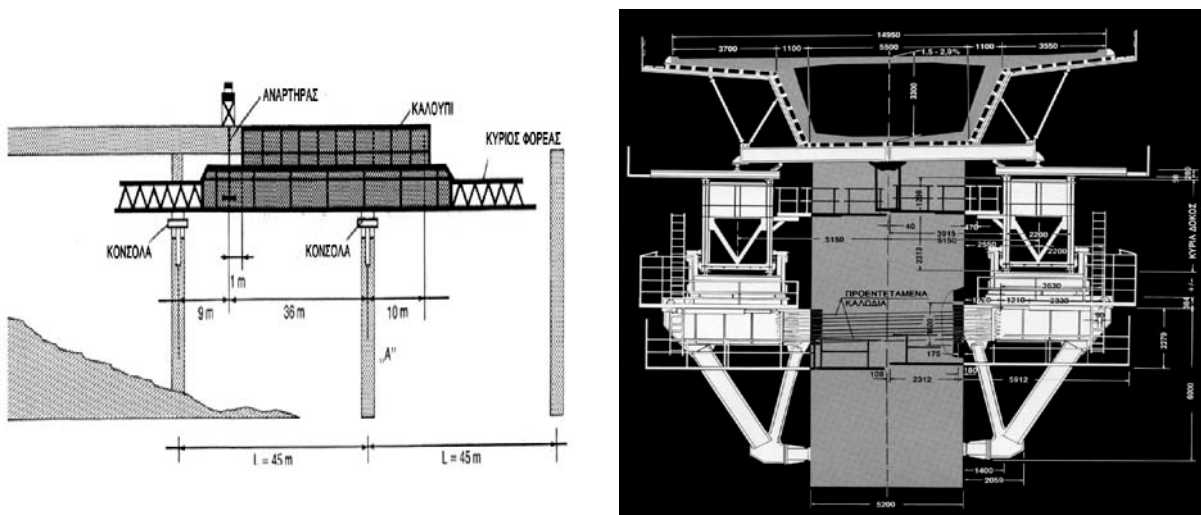


Σχήμα 2.18 – Στάδια κατά την εφαρμογή της μεθόδου

### 2.2.3.2 Κύρια μέλη του συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από (βλέπε σχήμα 2.19):

- 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 κλπ.



Σχήμα 2.19 - Κύρια μέλη συστήματος

Σημειώνεται ότι ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται «επί παραγγελία» για κάθε γέφυρα, είναι σημαντικά δαπανηρός και συχνά οι προσπάθειες μετατροπών για την επαναχρησιμοποίηση σε άλλη γέφυρα είναι το ίδιο ακριβές με την εξαρχής κατασκευή.

### 2.2.3.3 Θέση κυρίων δοκών συστήματος

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ανάλογα με την θέση των κυρίων δοκών σε σχέση με τον υπό κατασκευή φορέα:

- α) Φορέας από πάνω. Στην περίπτωση αυτή το καλούπι αναρτάται μέσω κατάλληλων ράβδων από τον φορέα.

β) Φορέας από κάτω. Στην περίπτωση αυτή το καλούπι φέρεται απευθείας από τον φορέα.

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.
- Ο εφοδιασμός με υλικά μπορεί να γίνει μέσω του ήδη κατασκευασθέντος φορέα.
- Δυνατότητα μικρότερων ακτινών καμπυλότητας οριζοντιγραφικά.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Ράβδοι ανάρτησης διαμέσου του ήδη κατασκευασθέντος φορέα.
- Ο φορέας του καλουπιού δεν αξιοποιείται στατικώς κατά την 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:

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

Τα μειονεκτήματα είναι:

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

#### **2.2.3.4 Βάρος εξοπλισμού**

Στον πίνακα 4.1 δίνεται το βάρος σε τόνους (t) του απαιτούμενου εξοπλισμού σε συνάρτηση με το μήκος του υπό κατασκευή ανοίγματος.

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

**Πίνακας 4.1** – Βάρος εξοπλισμού ανά μήκος 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 15m.

#### **2.2.3.5 Περιοχή εφαρμογής της μεθόδου**

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί σε συνεχείς γέφυρες μεγάλου συνολικού μήκους (>400m) ή και σε γέφυρες μικρότερου μήκους, αλλά εντός της ίδιας εργολαβίας (και για επιμέρους ανοίγματα μεταξύ 30 και 60 m). Οι περιορισμοί της μεθόδου που 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.

#### **2.2.3.6 Θέματα μελέτης**

Η μελέτη γεφυρών που κατασκευάζονται με την μέθοδο των προωθουμένων – αυτοφερομένων ικριωμάτων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα πέραν των συνήθων τα οποία απαντώνται στις τμηματικές δομήσεις, δηλαδή:

- Ερπυστική ανακατανομή της έντασης λόγω αλλαγής του στατικού συστήματος.
- Λεπτομερή σχεδιασμό του αρμού διακοπής εργασίας.

Η μέθοδος προσφέρεται τόσο για έδραση του φορέα επί εφεδράνων όσο και για μονολιθική σύνδεση του με τα βάθρα.

#### **2.2.3.7 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα**

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Συνεχής διαδικασία.
- Δεν υπάρχουν σπόνδυλοι προσαρμογής.
- Μικρός αριθμός αρμών διακοπής εργασίας.
- Ένταση στον υπό κατασκευή φορέα ανάλογη με την τελική χωρίς αλλαγές πρόσημου (οικονομία υλικών).

- Άνετη πρόσβαση προσωπικού – μηχανημάτων - υλικών από το ήδη κατασκευασμένο τμήμα.
- Αρκετά ταχύς ρυθμός προόδου.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

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

#### **2.2.3.8 Ρυθμός προόδου - πρόγραμμα εργασιών**

Ο συνήθης ρυθμός προόδου είναι 5 - 8 ημέρες ανά άνοιγμα μήκους της τάξεως 30m. Για πιο μεγάλα ανοίγματα, 2 εβδομάδες ανά άνοιγμα.

## **2.2.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΔΟΚΩΝ**

### **2.2.4.1 Γενικά**

Είναι μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται στην Ευρώπη από την προ του Β΄ παγκοσμίου πολέμου εποχή. Στην Γερμανία η πρώτη γέφυρα με προκατασκευασμένες – προεντεταμένες δοκούς, ανοίγματος 33m κατασκευάστηκε το 1938, η βιομηχανική όμως παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων για την γεφυροποιία είναι θέμα της δεκαετίας του 1960.

Στην χώρα μας η μέθοδος αυτή είναι η περισσότερο εφαρμοζόμενη από τις μηχανοποιημένες και χρησιμοποιείται από αρκετά χρόνια επειδή επιτυγχάνει τον περιορισμό χρήσης ικριωμάτων και την συντόμευση του χρόνου κατασκευής. 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 συνεχείας καταστρώματος για τον περιορισμό των αρμών.

### **2.2.4.2 Συστήματα προκατασκευής**

Ανάλογα με το σύστημα δόμησης το οποίο εφαρμόζεται διακρίνονται:

- Σύστημα αμιγούς συναρμολόγησης προκατασκευασμένων στοιχείων, το οποίο συνίσταται στην σύνδεση δοκών μόνο με εγκάρσια προεντεταμένα καλώδια και με χρήση κονιάματος στους αρμούς μεταξύ των δοκών χωρίς έγχυτη πλάκα επί τόπου.
- Μικτό σύστημα προκατασκευής, το οποίο συνίσταται στην σύνδεση των προκατασκευασμένων δοκών με έγχυτο επί τόπου σκυρόδεμα.
- Σύστημα πλήρους προκατασκευής κατά την οποία από βάθρο σε βάθρο τοποθετείται μόνο ένα προκατασκευασμένο στοιχείο.

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.

#### **2.2.4.2.1 Σύστημα αμιγούς συναρμολόγησης προκατασκευασμένων στοιχείων**

Η μέθοδος αυτή, λόγω των πολλών μειονεκτημάτων τα οποία σχετίζονται με την απουσία χαλαρού οπλισμού στους πολυάριθμους αρμούς και την μη δυνατότητα αποκατάστασης της

συνεχείας στην περίπτωση γεφυρών με πολλά ανοίγματα, δεν είναι επιτρεπτή για την κατασκευή οδικών γεφυρών.

#### **2.2.4.2.2 Μικτό σύστημα προκατασκευής**

##### *α) Κλασσικό μικτό σύστημα προκατασκευής*

Στο κλασσικό μικτό σύστημα οι προκατασκευασμένες δοκοί τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη και ακολούθως γίνεται η σκυροδέτηση των διαδοκίδων στις θέσεις των στηρίξεων και της πλάκας, αφού έχουν καλυφθεί οι αρμοί με κατάλληλα ταινία. Το σύστημα αυτό παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

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

Το σύστημα αυτό είναι το συνιστώμενο σύστημα προκατασκευής στην Γερμανία.

##### *β) 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 την βοήθεια κατάλληλου ξυλοτύπου. Στην Ελλάδα έχει επικρατήσει σχεδόν αποκλειστικά η κατασκευή της πλάκας κυκλοφορίας με την χρήση προπλακών που φέρουν ενσωματωμένο τον πρωτεύοντα οπλισμό και συμπλήρωση με επί τόπου σκυροδέτηση.

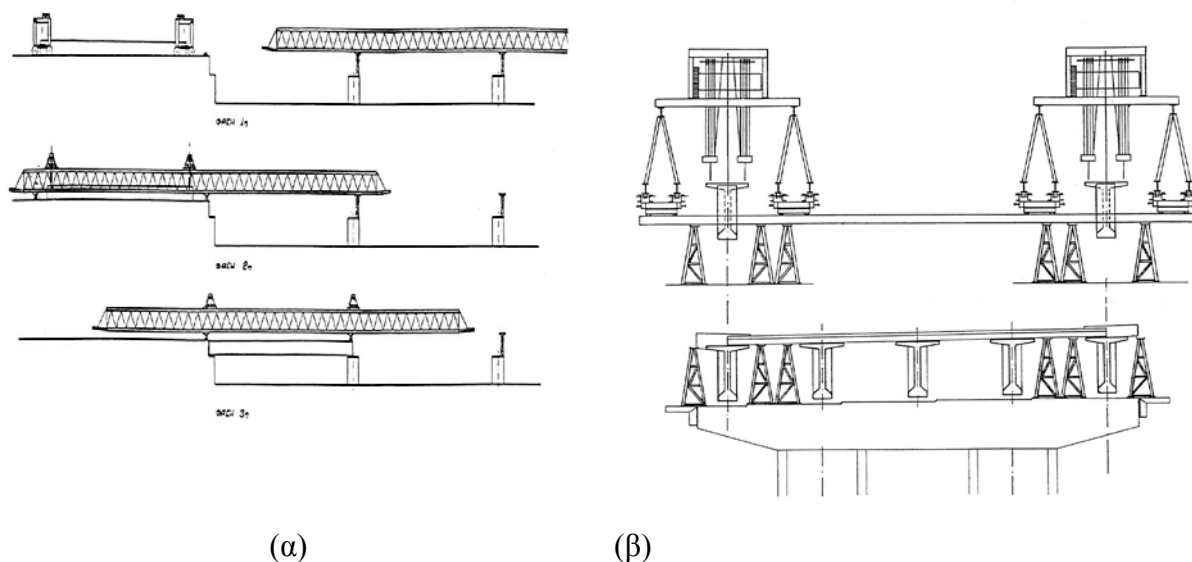
#### **2.2.4.2.3 Σύστημα πλήρους προκατασκευής**

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 συνήθων γερανών, τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορούν να καλύψουν επιφάνεια μέχρι 90 m<sup>2</sup>. Εξ αυτού του λόγου η μέθοδος είναι κατάλληλη για φορείς περιορισμένου πλάτους, όπως σιδηροδρομικές γέφυρες μονής γραμμής.



### 2.2.4.3 Ειδική προκατασκευή

Ο όρος ειδική προκατασκευή αναφέρεται στην χρησιμοποίηση, κατά την κατασκευαστική διαδικασία μέσω των οποία υπερβαίνουν τις δυνατότητες των συνήθων γερανών. Δηλαδή, γίνεται χρήση ειδικών διατάξεων μεταφοράς και τοποθέτησης των προκατασκευασμένων στοιχείων, π.χ CARRO PONTE, πλωτών γερανών κλπ. Στο σχήμα 2.20α παριστάνονται οι διαδοχικές φάσεις - κινήσεις του CARRO PONTE για την τοποθέτηση προκατασκευασμένης δοκού στο πρώτο άνοιγμα γέφυρας. Στο σχήμα 2.20β φαίνεται η δυνατότητα μετακίνησης του CARRO PONTE κατά την εγκάρσια, προς τον άξονα της γέφυρας, διεύθυνση.



**Σχήμα 2.20** - Κινήσεις CARRO PONTE για την τοποθέτηση προκατασκευασμένης δοκού

Η μέγιστη ανυψωτική δυναμικότητα των συνήθων γερανών ανέρχεται περίπου στα 900KN. Λαμβάνοντας υπόψη βάρος ανά τρέχον μέτρο προκατασκευασμένης δοκού 20-25KN/m, προκύπτει ότι για ανοίγματα μεγαλύτερα των 40m είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση των ειδικών διατάξεων. Συνοψίζοντας:

- Για ανοίγματα μεγαλύτερα των 40m απαιτείται η χρησιμοποίηση ειδικών διατάξεων.
- Για ανοίγματα κυμαινόμενα από 30m έως 40m 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 κλπ.
- Για ανοίγματα μικρότερα των 30m χρησιμοποιούνται στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων συνήθεις γερανοί.

#### 2.2.4.4 Περιοχή και τρόπος εφαρμογής της μεθόδου

Από άποψη μηκών ανοιγμάτων, η πλέον ευνοϊκή περιοχή για την εφαρμογή της μεθόδου των προκατασκευασμένων δοκών κυμαίνεται από 18m έως 28m. Λιγότερο ευνοϊκές περιοχές είναι από 10m έως 18m και από 28m έως 35m. Ανοίγματα μικρότερα των 10m και μεγαλύτερα των 35m εμπίπτουν στην δυσμενή περιοχή εφαρμογής της μεθόδου. Τα παραπάνω προέκυψαν από στατιστική επεξεργασία δεδομένων σειράς ετών. 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:

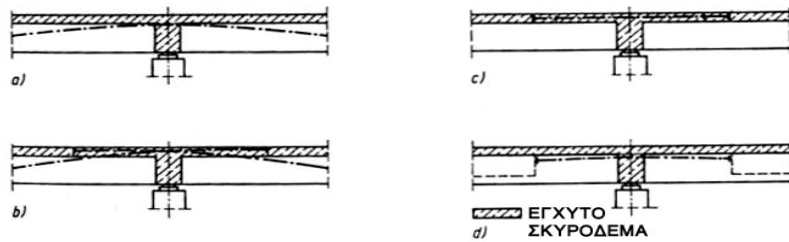
- Μήκος ανοιγμάτων < 35 m.
- Γωνία λοξότητας γέφυρας >60° .
- Οριζοντιογραφική ακτίνα καμπυλότητας  $R > 500m$ .
- Όχι εφαρμογή σε μεγάλες γέφυρες (κοιλαδογέφυρες ή γέφυρες υπεράνω ποταμών).
- Διατμητική σύνδεση – συμπλήρωση των προκατασκευασμένων δοκών με έγχυτες εγκάρσιες διαδοκίδες στους άξονες έδρασης τους και έγχυτη πλάκα.
- Αποκατάσταση της συνεχείας κατά την διαμήκη έννοια σε γέφυρες πολλών ανοιγμάτων με έγχυτες επί τόπου εγκάρσιες διαδοκίδες και πλάκα.
- Εφαρμογή προκατασκευασμένων προεντεταμένων δοκών διατομής T.
- Ελαχιστοποίηση των εφεδράνων στον απολύτως απαραίτητο αριθμό.

#### 2.2.4.5 Αποκατάσταση συνεχείας κατά την διαμήκη έννοια της γέφυρας

Η αποκατάσταση της συνεχείας, στην περίπτωση γέφυρας πολλών ανοιγμάτων, γίνεται με επί τόπου εγχυνόμενο σκυρόδεμα και εφαρμογή προέντασης, όπως περιγράφεται ακολούθως.

Για την μετάβαση από το στάδιο των αμφιερείστων προκατασκευασμένων δοκών στην συνεχή στατική λειτουργία του φορέα υπάρχουν οι εξής λύσεις, οι οποίες απεικονίζονται στο σχήμα 2.21:

- Ενσυρμάτωση εκ των υστέρων τενόντων συνεχείας.
- Τένοντες εξερχόμενοι από τις προκατασκευασμένες δοκούς και αγκυρούμενοι στην επί τόπου σκυροδετούμενη πλάκα.
- Πρόσθετοι τένοντες στην επί τόπου σκυροδετούμενη πλάκα.
- Ενσυρμάτωση εκ των υστέρων τενόντων, στις δοκούς του προκατασκευασμένου στοιχείου παρά την στήριξη.



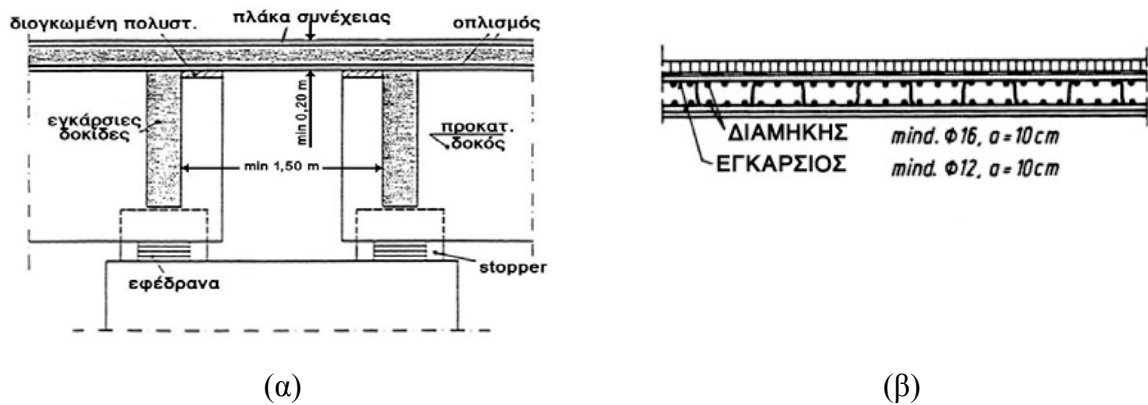
**Σχήμα 2.21** – Τρόποι αποκατάστασης της συνεχείας του φορέα με έγχυτο σκυρόδεμα και εφαρμογή προέντασης

Οι λύσεις αυτές, μεμονωμένες ή σε συνδυασμό, επιτρέπουν την αποκατάσταση της συνέχειας κατά την διαμήκη έννοια. Εκτός των πλεονεκτημάτων από άποψη στατική, λειτουργική και συντήρησης, η αποκατάσταση της συνεχείας με τον περιορισμό των διαστάσεων των δοκών έδρασης (δεν απαιτείται στοά επιθεώρησης κ.λ.π) έχει και σοβαρή επίδραση στην αισθητική των γεφυρών με προκατασκευασμένους φορείς

#### 2.2.4.6 Πλάκες συνεχείας

Για τις περιπτώσεις γεφυρών πολλών ανοιγμάτων για τις οποίες προκρίνεται η λύση των αμφιερείστων προκατασκευασμένων δοκών με παράλληλη χρήση πλακών συνεχείας, λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Ελάχιστο πάχος της πλάκας συνέχειας 20cm.
- Ελάχιστη διάσταση των πλακών συνεχείας κατά την διαμήκη έννοια της γέφυρας 1.50 m. (βλέπε σχήμα 2.22α)
- Οι αναφερόμενες παραπάνω ελάχιστες διαστάσεις ισχύουν για αμφιερείστους φορείς ανοίγματος  $\leq 35$  m, αξονική απόσταση των προκατασκευασμένων δοκών  $\leq 2.5$  m και διαφορική καθίζηση γειτονικών βάθρων 1cm. Σε αντίθετη περίπτωση το πάχος της πλάκας συνεχείας μπορεί να φθάσει τα 28 cm και η διάσταση τους κατά την διαμήκη έννοια της γέφυρας 2.0m.
- Στις πλάκες συνεχείας προβλέπεται ελάχιστος διαμήκης οπλισμός  $\Phi 16/10$  και εγκάρσιος  $\Phi 12/10$  (βλέπε σχήμα 2.22β).



Σχήμα 2.22 – Πλάκα συνεχείας

#### 2.2.4.7 Ελάχιστες διαστάσεις προκατασκευασμένων δοκών

- Ελάχιστο πάχος έγχυτης πλάκας πάνω από προκατασκευασμένα στοιχεία 20cm.
- Ελάχιστο πάχος πρόπλακας λαμβανομένης υπόψη στατικά 8cm.
- 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 5cm.

- Ελάχιστο πάχος άκρου πάνω πέλματος (σε σύνδεση με έγχυτη πλάκα) προκατασκευασμένης δοκού 10cm.
- Ελάχιστο πάχος γένεσης πάνω πέλματος προκατασκευασμένης δοκού 12cm.
- Ελάχιστο πάχος άκρου κάτω πέλματος προκατασκευασμένης δοκού 20cm.
- Για την αποφυγή του φαινομένου της ύβωσης θα πρέπει  $b \geq 40l$ , όπου b το πλάτος του πάνω πέλματος της δοκού και l το μήκος της.

#### 2.2.4.8 Προένταση

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται κατά την προένταση των προκατασκευασμένων δοκών ώστε να μην εξαντλούνται οι επιτρεπόμενες τάσεις θλίψης στην προθλιβόμενη εφελκυσόμενη ζώνη. Η προαναφερθείσα εξάντληση των τάσεων θλίψης, σε συνδυασμό και με τον χρόνο που μεσολαβεί από την κατασκευή της προκατασκευασμένης δοκού μέχρι την ενσωμάτωσή της στον φορέα, μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμες παραμορφώσεις με άμεσες συνέπειες στην λειτουργικότητα της γέφυρας (φαινόμενο γιρλάντας, βλέπε σχήμα 2.23).



### Σχήμα 2.23 – Φαινόμενο γιρλάντας

Η παρατήρηση του παραπάνω εδαφίου είναι αυτονόητο ότι ισχύει τόσο για την προένταση μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος όσο και για την προένταση σε κλίνη.

#### 2.2.4.9 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Ταχύτητα κατασκευής.
- Οικονομία ικριωμάτων.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Έλλειψη μονολιθικότητα σε συνδυασμό με τον σεισμικό κίνδυνο.
- Αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης λόγω ύπαρξης μεγάλου αριθμού εφεδράνων και αρμών. Η αντικατάσταση των αρμών με τις λεγόμενες πλάκες συνεχείας βελτιώνει μεν την κατάσταση από την πλευρά του χρήστη (ο ήχο) παραμένουν όμως τα προβλήματα στεγανότητας στην ευαίσθητη αυτή περιοχή.
- Διαμόρφωση της διατομής του φορέα με σκυροδέματα διαφορετικής ηλικίας, αντοχής και ενδεχομένως ποιότητας. Στην χώρα μας σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα οι πλάκες κυκλοφορίας κατασκευάζονται με την βοήθεια προπλακών που φέρουν ενσωματωμένο τον πρωτεύοντα οπλισμό και συμπλήρωση με επί τόπου σκυροδέτηση. Οι δύο φάσεις της πλάκας συνδέονται μεταξύ τους με διατμητικούς συνδέσμους υπό μορφή καβαλέτων Φ10 ή Φ12.
- Συγκέντρωση οπλισμού για την μεταβίβαση δυνάμεων στις μεταβατικές επιφάνειες, γεγονός που απαιτεί αυξημένη προσοχή κατά την σκυροδέτηση.
- Αμφίβολο αισθητικό αποτέλεσμα, το οποίο δεν είναι συνυφασμένο με την μέθοδο της προκατασκευής αλλά με την ακολουθούμενη πρακτική υλοποίησής της.

## **2.3 ΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΒΑΘΡΩΝ**

Οι μηχανοποιημένες μέθοδοι κατασκευής βάθρων εφαρμόζονται όταν το ύψος υπερβαίνει τα 15m. Επισημαίνεται η ιδιαίτερη σημασία των μέτρων ασφαλείας τα οποία πρέπει να λαμβάνονται κατά την εκτέλεση εργασιών σε μεγάλα ύψη.

Λόγω της μη δυνατότητας ολικής σκυροδέτησης, οι κατασκευές των υψηλών βάθρων γίνονται κατά τμήματα ύψους. Χαρακτηριστικό των μεθόδων κατασκευής είναι η ανύψωση του τύπου (καλουπιού) από μια στάθμη κατασκευής στην επόμενη.

Υπάρχουν ουσιαστικώς οι εξής δύο ξεχωριστές τεχνικές:

- Μέθοδος ολισθαίνοντος (ξυλο)τύπου.
- Μέθοδος αναρριχώμενου ξυλοτύπου

### **2.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΟΛΙΣΘΑΙΝΟΝΤΟΣ (ΞΥΛΟ)ΤΥΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΒΑΘΡΩΝ**

#### **2.3.1.1 Γενικά**

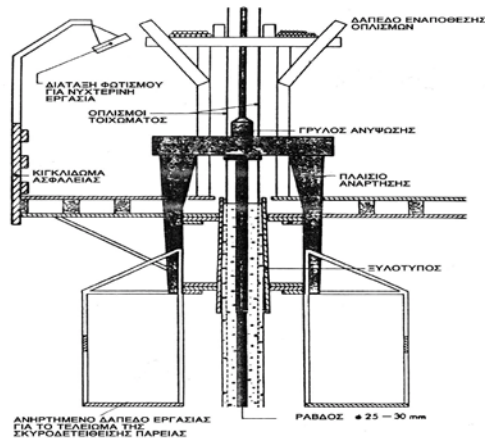
Η μέθοδος πρωτοεμφανίστηκε στην Αμερική (1886 Texas, Carrico). Στην Ευρώπη η εφαρμογή αρχίζει περί τα 1940 και αναπτύσσεται κυρίως την δεκαετία του '60 (βλέπε σχήμα 2.24).

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

- Γρύλους.
- Ράβδους ανύψωσης (μεταφέρουν το φορτίο).
- Πλαίσιο ανάρτησης.

Το όλο σύστημα συμπληρώνεται από:

- Τμήμα (ξυλο)τύπου (ύψους περί το 1.20 m)
- Δάπεδα εργασίας.
- Διαδρόμους επιθεώρησης.
- Στηθαία ασφαλείας.



**Σχήμα 2.24** – Τυπική τομή ολισθαίνοντος ξυλοτύπου

Οι εργασίες εκτελούνται χωρίς διακοπή επί 24ώρου βάσεως.

### 2.3.1.2 Αρχές σχεδιασμού ολισθαίνοντος ξυλοτύπου

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.

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

#### **2.3.1.4 Ειδικές απαιτήσεις**

##### **2.3.1.4.1 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 έμπειρου προσωπικού (Μηχανικών, Εργοδηγών και Τεχνιτών) είναι απαραίτητη σε 24ώρη βάση.

##### **2.3.1.4.2 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 οριζόντιων ράβδων οπλισμού και επισήμανση των θέσεων τους πάνω στις κατακόρυφες ράβδους.

Τα μήκη αγκυρώσεων - επικαλύψεων υπολογίζονται για την δυσμενή περιοχή των τάσεων συνάφειας.

##### **2.3.1.4.3 Σκυρόδεμα**

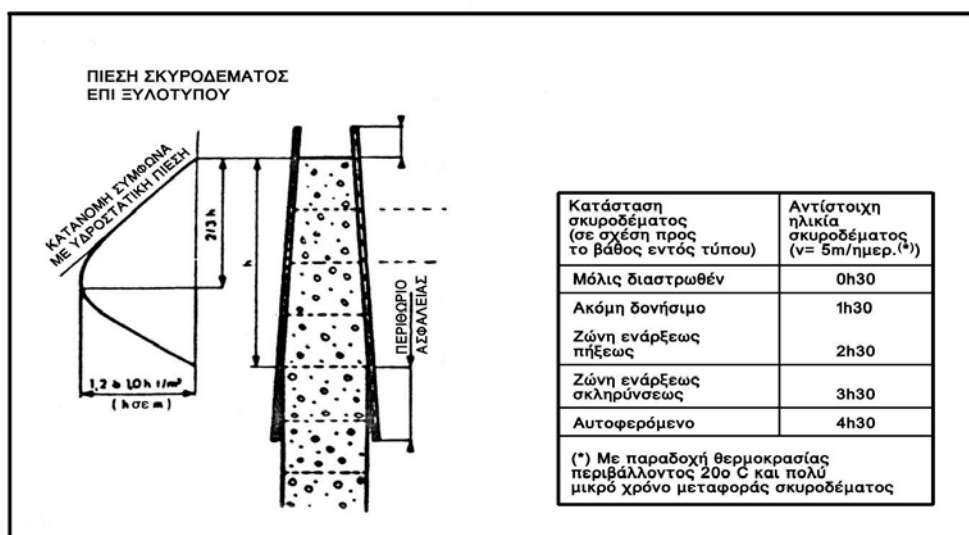
Το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος του τοιχώματος του βάθρου, για λόγους που αφορούν την μέθοδο και μόνο, είναι 18cm.

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 2.25 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 2.25** – Εργασιμότητα σκυροδέματος ανάλογα με την θέση στον ξυλότυπο και τον χρόνο σκυροδέτησης

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.
- Την σύσταση και συμπύκνωση του σκυροδέματος.
- Διαφορές στις διαδρομές ανύψωσης του συστήματος.
- 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 σιμεντοπολτός 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.

Στις πολυγωνικές επιφάνειες, συνιστάται οι γωνίες να μην είναι  $<45^{\circ}$ . Επίσης η ελάχιστη διάσταση εσοχών (σκοτίες) ή προεξοχών συνιστάται να είναι τουλάχιστον 4cm και η ακτίνα  $R>2D$ , όπου R η ακτίνα του εγγεγραμμένου κύκλου και D η μέγιστη διάσταση του αδρανούς του σκυροδέματος.

Σαν ελάχιστη φόρτιση του δαπέδου εργασίας λαμβάνεται  $2\text{KN/m}^2$ .

#### **2.3.1.4.4 Ρυθμοί ανέλκυσης – διακοπές**

Οι ρυθμοί σκυροδέτησης οι οποίοι επιτυγχάνονται συνήθως κυμαίνονται από 3-5m/ημέρα. Το βήμα ολίσθησης του ξυλοτύπου είναι περίπου 2.5cm ανά 5÷15min.

Μικροδιακοπές είναι αποδεκτές. Για μεγαλύτερες διακοπές (π.χ. για μάτισμα οπλισμών) απαιτείται προσοχή να μη φρακάρει το καλούπι. Για απρόβλεπτες διακοπές, π.χ. μίας ημέρας απαιτείται και επεξεργασία του αρμού διακοπής.

#### **2.3.1.4.5 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα**

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

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

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- 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.

## **2.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΡΡΙΧΩΜΕΝΟΥ ΞΥΛΟΤΥΠΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΒΑΘΡΩΝ**

### **2.3.2.1 Γενικά**

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.

### **2.3.2.2 Σύνομη περιγραφή**

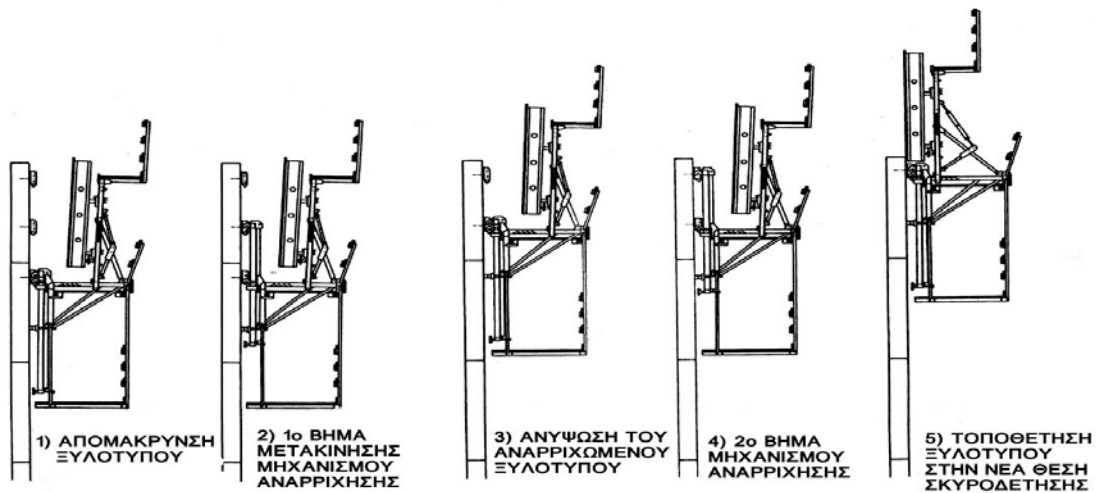
Το σύστημα περιλαμβάνει δύο πανομοιότυπες διατάξεις για την εξωτερική και εσωτερική πλευρά του σκυροδετουμένου στοιχείου. Η διάταξη κάθε πλευράς αποτελείται από:

- Τμήμα (ξυλο)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 σχήμα 2.26 απεικονίζεται η λειτουργία του συστήματος.



**Σχήμα 2.26** – Φάσεις λειτουργίας του συστήματος

### 2.3.2.3 Ρυθμός προόδου

- Δεν υπάρχουν ουσιαστικές 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.

## **2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ**

### **2.4.1 Ποιότητα σκυροδεμάτων**

- Η κατώτερη επιτρεπομένη ποιότητα σκυροδέματος οποιουδήποτε στοιχείου γέφυρας (πάσσαλοι, κεφαλόδεσμοι, θεμελίωση, μεσόβαθρα, ακρόβαθρα, φορέας, πλευρικές διαμορφώσεις, διαμορφώσεις κεντρικής νησίδας κ.λ.π.) θα είναι B25 (ή ισοδύναμης) ή ανώτερης [βλέπε DIN 1045/88, παρ 6.5.1.(6)].
- Τα στοιχεία γεφυρών από προεντεταμένο σκυρόδεμα θα κατασκευάζονται με χρήση σκυροδέματος κατηγορίας B25 (ή ισοδύναμης), ή ανώτερης όταν πρόκειται για προένταση μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος και κατηγορίας B35, (ή ισοδύναμης) ή ανώτερης όταν πρόκειται για προένταση σε κλίνη.
- Βάθρα (μεσόβαθρα ή ακρόβαθρα) τα οποία υπόκεινται σύμφωνα με το DIN 1072/85 παρ.5.3 σε κίνδυνο πρόσκρουσης οχήματος, θα κατασκευάζονται με σκυρόδεμα ποιότητας B35 (ή ισοδύναμης) ή ανώτερης.
- Η ποιότητα του σκυροδέματος επικλίσεων πάνω σε φορείς (σε όσες περιπτώσεις απαιτείται) θα είναι B15.
- Η ποιότητα του σκυροδέματος καθαριότητας θα είναι B10.

### **2.4.2 Χαλαρός οπλισμός**

- Γενικά θα γίνεται χρήση ράβδων B St 420 S και B St 500 S, καθώς και πλεγμάτων B St 500 M, κατά DIN 488/84 Μέρος 1.
- Συνιστάται η αποφυγή χρήσης δέσμης ράβδων

### **2.4.3 Χάλυβες προέντασης**

Γενικά γίνεται χρήση χαλύβων οι οποίοι περιλαμβάνονται στις Αποφάσεις έγκρισης εφαρμογής στην Ελλάδα των διαφόρων συστημάτων προέντασης που εκδίδονται από το Τμήμα Μελετών Τεχνικών Έργων (ΔΜΕΟ/γ) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

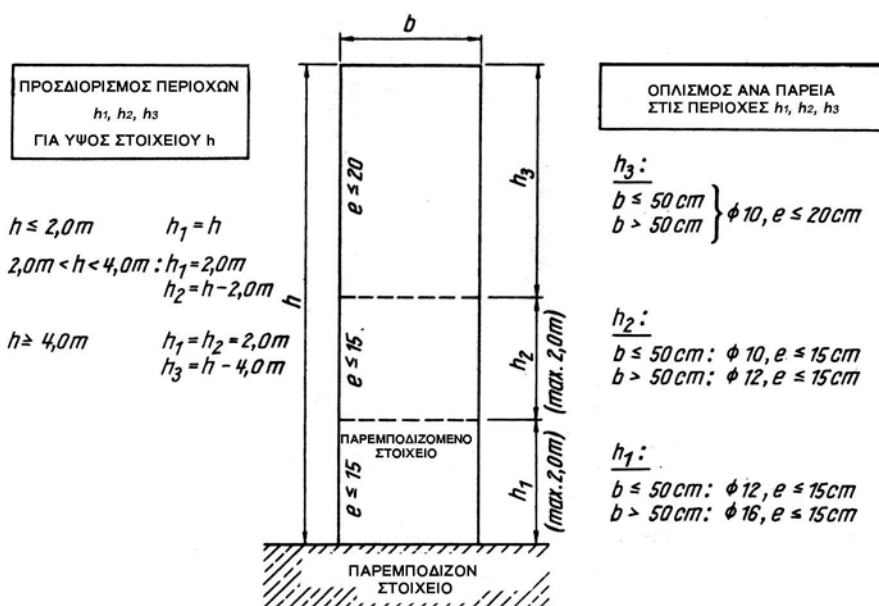
### **2.4.4 Ελάχιστη διάμετρος και μέγιστη απόσταση ράβδων χαλαρού οπλισμού**

- Σε όλα τα δομικά στοιχεία της γέφυρας (ανωδομή και υποδομή) η ελάχιστη διάμετρος χαλαρών οπλισμών θα είναι  $\Phi \geq 10\text{mm}$  και η μέγιστη απόσταση ράβδων  $e \leq 20\text{cm}$ . Αυτό δεν ισχύει προκειμένου για οπλισμό συναρμολόγησης (μονταρίσματος), όπως άγκιστρα μορφής S κ.λ.π.

- Στην περίπτωση χρήσεως πλεγμάτων οπλισμού, το άνοιγμα της βροχίδος θα είναι  $\leq 15\text{cm}$  και η διάμετρος των ράβδων  $\geq 6\text{mm}$ .
- Σημειώνεται ότι ο οπλισμός συναρμολόγησης (μονταρίσματος) δεν συνυπολογίζεται στον στατικά απαιτούμενο οπλισμό.

#### 2.4.5 Ελάχιστος χαλαρός οπλισμός υποδομής

- Όλες οι παρειές δομικών στοιχείων μορφής δίσκων ή πλακών θα οπλίζονται με οπλισμό και στις δύο διευθύνσεις. Κάθε παρεία θα οπλίζεται ανά διεύθυνση με ελάχιστο ποσοστό οπλισμού 0,06% της διατομής του σκυροδέματος, όχι όμως λιγότερο από  $\Phi 10/20$  ή πλέγμα οπλισμού της αντίστοιχης διατομής.
- Σε δομικά στοιχεία τα οποία σκυροδετούνται επάνω σε ήδη σκυροδετηθέντα στοιχεία, θα πρέπει να τοποθετείται κατασκευαστικός ελάχιστος οπλισμός σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα 2.27, εφόσον ο ελάχιστος οπλισμός δεν είναι μεγαλύτερος.



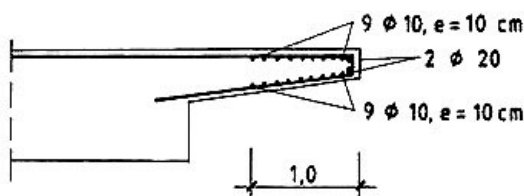
Σχήμα 2.27 - Ελάχιστος χαλαρός οπλισμός υποδομής

- Έγχυτοι πάσσαλοι διαμέτρου  $D < 50\text{cm}$  θα οπλίζονται καθ' όλο το μήκος τους με ποσοστό οπλισμού 0,8% της διατομής του σκυροδέματος.

- Έγχυτοι πάσσαλοι διαμέτρου  $D \geq 50\text{cm}$  θα οπλίζονται καθ' όλο το μήκος τους με ελάχιστο διαμήκη οπλισμό  $\Phi = 20\text{mm}$  σε απόσταση  $e \leq 20\text{cm}$  και με σπειροειδή οπλισμό ελάχιστης διαμέτρου  $\Phi = 10\text{mm}$  με βήμα  $s \leq 24\text{cm}$ .
- Τονίζεται ότι οι ελάχιστοι οπλισμοί οι οποίοι αναφέρονται στην παρούσα παράγραφο, καθώς και στην παράγραφο 4.3.1.6, ισχύουν εφόσον από τις διατάξεις της εγκυκλίου Ε39/99 "Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών" δεν προκύπτουν μεγαλύτερα ποσοστά οπλισμού.

#### 2.4.6 Ελάχιστος χαλαρός οπλισμός ανωδομής

- Ο ελάχιστος οπλισμός θα τοποθετείται σε όλους τους αρμούς διακοπής, εφόσον δεν προκύπτει μεγαλύτερος οπλισμός από στατικούς λόγους.
- Σε φορείς με διάκενα, π.χ. πλάκες με κενά, κιβωτιοειδείς φορείς κ.λ.π, ο ελάχιστος οπλισμός θα προβλέπεται και στις εσωτερικές παρειές τις προσκείμενες στα διάκενα.
- Σε λωρίδα πλάτους 1.0m από την εξωτερική παρειά πλακών προβόλων θα τοποθετείται ελάχιστος διαμήκης οπλισμός ίσος με 0,8% της διατομής σκυροδέματος που αντιστοιχεί στη λωρίδα πλάτους 1,0m. Ο οπλισμός αυτός θα διατάσσεται στην πάνω και κάτω παρειά του προβόλου με την ίδια διάμετρο και σε αποστάσεις  $e \leq 10\text{cm}$  (βλέπε σχήμα 2.28).
- Σε περιπτώσεις προβόλων μικρότερων του 1.0m, θα λαμβάνεται υπόψη η υπάρχουσα διατομή.



Σχήμα 2.28 – Οπλισμός προβόλων ανωδομής

#### 2.4.7 Επικάλυψη χαλαρών οπλισμών – Αποστάτες

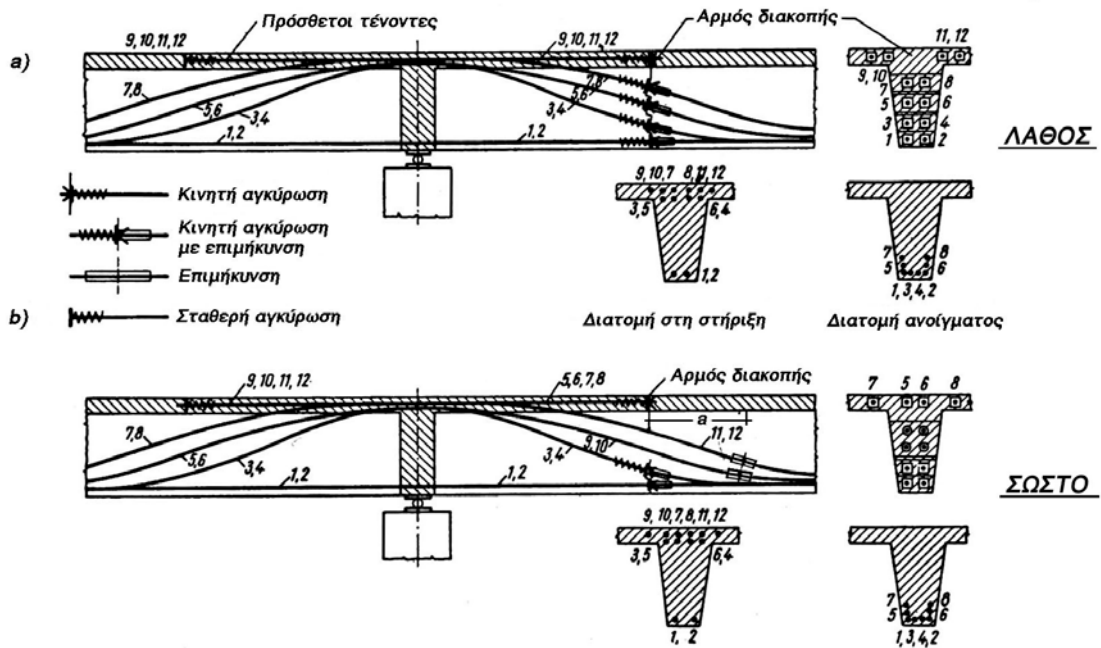
- Σε στοιχεία από προεντεταμένο ή οπλισμένο σκυρόδεμα, η ελάχιστη επικάλυψη του χαλαρού οπλισμού θα είναι 4,0cm και η ονομαστική 4,5cm.
- Σε στοιχεία σε επαφή με το έδαφος, η ελάχιστη επικάλυψη θα είναι 5,0cm και η ονομαστική 5,5cm.

- Στις πλευρικές διαμορφώσεις γεφυρών, καθώς και στις ανάλογες διαμορφώσεις στην κεντρική νησίδα και ειδικά για τους οπλισμούς της κάτω παρειάς της που βρίσκεται σε επαφή με τον φορέα, η ελάχιστη επικάλυψη του χαλαρού οπλισμού θα είναι 2,0cm και η ονομαστική 2,50cm.
- Σε πασσάλους για την κατασκευή των οποίων χρησιμοποιείται μπετονίτης, η ελάχιστη επικάλυψη θα είναι 7,0cm.
- Σε διαφραγματικούς τοίχους που αποτελούν φέροντα στοιχεία της τελικής κατασκευής, η ελάχιστη επικάλυψη των οπλισμών θα είναι 10,0cm.
- Μεταλλικοί αποστάτες για την εξασφάλιση της απαιτούμενης επικάλυψης δεν επιτρέπονται. Θα χρησιμοποιούνται αποστάτες ανθεκτικοί στο αλκαλικό περιβάλλον οι οποίοι θα εξασφαλίζουν, ανάλογα και με το βάρος του οπλισμού που φέρουν, μία κατά το δυνατόν σημειακή στήριξη στον ξυλότυπο. Η μορφή, ο αριθμός και η διάταξη των αποστατών θα πρέπει να εμφανίζονται στα σχέδια οπλισμού. Κατ' ελάχιστο θα τοποθετούνται 4 αποστάτες ανά m<sup>2</sup>.

#### **2.4.8 Κατασκευαστικές διατάξεις οπλισμού προέντασης**

- Σε οδογέφυρες και πεζογέφυρες, κατά παρέκκλιση του DIN 4227/88, Μέρος 1, η επικάλυψη των σωλήνων των τενόντων στο άνω πέλμα της πλάκας καταστρώματος θα είναι 10cm για τους διαμήκεις τένοντες και 8cm για τους εγκάρσιους.
- Δεν επιτρέπονται ανοίγματα και οπές στις πλάκες καταστρώματος, συμπεριλαμβανομένων αυτών που χρησιμεύουν για την τάνυση των καλωδίων προέντασης (αναδυόμενα καλώδια).
- Σε κάθε διατομή γέφυρας θα πρέπει τουλάχιστον το 30% των τενόντων να συνεχίζει χωρίς ένωση (μούφες). Οι τένοντες αυτοί μπορούν να συνδεθούν με άλλους ή να αγκυρωθούν σε απόσταση *a* από τον αρμό διακοπής σκυροδέτησης, ίση τουλάχιστον με 1,5 φορά το ύψος του φορέα, ή με 3,0m σε περίπτωση φορέων με ύψος μεγαλύτερο των 2,0m. Η παράγραφος 10.4 του DIN 4227/88 Μέρος 1 ισχύει επίσης για διατομές στις οποίες υπάρχουν συνδέσεις τενόντων με μούφες και εκτός αρμών διακοπής. Στο σχήμα 2.29β απεικονίζεται παραστατικά η επιμήκυνση των τενόντων 9,10,11,12 σε απόσταση *a* πέραν του αρμού διακοπής, σε αντίθεση με το πάνω μέρος του σχήματος 2.29α, όπου οι αγκυρώσεις και οι επιμηκύνσεις όλων των τενόντων γίνονται στη θέση του αρμού διακοπής, πράγμα το οποίο τονίζεται ότι απαγορεύεται διότι οδηγεί με βεβαιότητα στη δημιουργία ρωγμών μεγάλου εύρους στην περιοχή του αρμού διακοπής.





**Σχήμα 2.29** - Κατασκευαστικές διατάξεις οπλισμού προέντασης

- Η εγκάρσια προένταση στην περιοχή του αρμού διακοπής πρέπει, στο αρχικά σκυροδετούμενο τμήμα της γέφυρας και σε μήκος τουλάχιστον ίσο προς το μήκος του προβόλου κατά την εγκάρσια διεύθυνση της γέφυρας, να ανέρχεται το πολύ στο μισό της επιτρεπομένης δύναμης. Το υπόλοιπο μισό της δύναμης προέντασης θα εφαρμόζεται με την επιβολή της εγκάρσιας προέντασης στο επόμενο του αρχικά σκυροδετηθέντος τμήμα της γέφυρας.
- Σε πλάκες καταστρώματος με εγκάρσια προένταση πρέπει, τουλάχιστον μία παρά μία αγκύρωση, να φθάνει μέχρι το πλευρικό όριο της πλάκας. Κανένα μέρος των αγκυρώσεων δεν επιτρέπεται να βρίσκεται υψομετρικά στην ίδια στάθμη με την πάνω επιφάνεια του φορέα.
- Η προεξοχή του φορέα πέρα από τον άξονα στήριξης και μέχρι την εξωτερική επιφάνεια των αγκυρώσεων, θα επιλέγεται με τέτοιο μήκος ώστε στην περιοχή του άξονα στήριξης να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη εισαγωγή των δυνάμεων προέντασης στους κορμούς.
- Τουλάχιστον τα δύο τρίτα των καλωδίων που απαιτούνται για την παραλαβή της μέγιστης ροπής ανοίγματος θα πρέπει να διέρχονται πάνω από τις γειτονικές στήριξεις.

- Σε κάθε κορμό θα προβλέπεται τουλάχιστον ένα κενό για τη δόνηση του σκυροδέματος. Δεν επιτρέπεται η πλευρική παράθεση περισσοτέρων από τρεις τένοντες χωρίς πρόβλεψη διακένου δόνησης. Το ελάχιστο καθαρό πλάτος των διακένων δόνησης θα είναι γενικά 10cm, αλλά στις περιπτώσεις φορέων με ύψος μεγαλύτερο των 2,0m ή/και διάταξης των τενόντων σε περισσότερες από μία στρώσεις, το πλάτος του διακένου θα καθορίζεται επιπροσθέτως από τη διάμετρο του σωλήνα καθόδου του σκυροδέματος ή του σωλήνα της αντλίας σκυροδέματος.
- Η καθαρή απόσταση των τενόντων από φρεάτια απορροής ομβρίων θα είναι 10,0cm τουλάχιστον.
- Οι θέσεις επιβολής της προέντασης, οι σωληνίσκοι εισαγωγής του ενέματος καθώς και οι σωληνίσκοι του εξαερισμού, θα αριθμούνται μονοσήμαντα πριν από τη σκυροδέτηση.

#### **2.4.9 Στάδια- φάσεις κατασκευής προεντεταμένων γεφυρών**

- Τονίζεται ότι ο βαθμός προέντασης (πλήρης ή μερική) ο οποίος έχει καθορισθεί για μία γέφυρα ισχύει και για τα διάφορα στάδια κατασκευής της.
- Πριν την πραγματοποίηση και ενεργοποίηση της τσιμεντένεσης δεν επιτρέπεται η φόρτιση της γέφυρας. Στην αντίθετη περίπτωση, π.χ. λόγω ανάγκης καταβιβασμού των ξυλοτύπων, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος σε ρηγμάτωση και θραύση.

#### **2.4.10 Ελάχιστα πάχη στοιχείων Βάθρων (Ακροβάθρων & Μεσοβάθρων), κεφαλόμεσμων**

Συνοψίζεται:

- |   |         |
|---|---------|
| (1) Εξομαλυντική στρώση (καθαριότητας) σκυροδέματος       | d= 10cm |
| (2) Θωράκια στη θέση πάκτωσης                             | d= 30cm |
| (3) Εξωτερικοί τοίχοι κιβωτιοειδών μεσοβάθρων             | d= 30cm |
| (4) Εσωτερικοί τοίχοι κιβωτιοειδών μεσοβάθρων             | d= 20cm |
| (5) Αντιστηρίζοντες οριζόντιοι δίσκοι και πλάκες          | d= 15cm |
| (6) Τοίχοι και αντηρίδες                                  |         |
| α) Για ύψη τοίχων $\leq 1,50\text{m}$ στη βάση του κορμού |         |
| και στη στέψη   | d= 30cm |
| β) Για ύψη τοίχων $\geq 4,00\text{m}$ στη βάση του κορμού | d= 50cm |
| και στη στέψη   | d= 30cm |

- γ) Για ενδιάμεσα ύψη γραμμική παρεμβολή
- (7) Η πλάκα κεφαλοδέσμου πασσάλων θα προεξέχει τουλάχιστον 30cm από τους πασσάλους. Η καθαρή απόσταση μεταξύ πασσάλων στο κάτω πέλμα του κεφαλοδέσμου θα είναι τουλάχιστον 60cm. Ο κεφαλόδεσμος θα έχει ελάχιστο πάχος 60cm, αλλά όχι μικρότερο από τη μεγαλύτερη διάμετρο του πασσάλου.

#### **2.4.11 Ελάχιστα πάχη στοιχείων ανωδομής**

Συνιστάται:

- (1) Για την περίπτωση χωρίς επαφή με το έδαφος:
- α) Το ελάχιστο πάχος έγχυτης πλάκας καταστρώματος ή έγχυτης πλάκας πάνω από προκατασκευασμένο στοιχείο ορίζεται σε 20cm.
  - β) Το ελάχιστο πάχος της κάτω πλάκας πλακοδοκού ή της κάτω πλάκας κιβωτίου ή άκρου προβόλου χωρίς προένταση ορίζεται σε 18cm.
  - γ) Το ελάχιστο πάχος άκρου προβόλου με εγκάρσια προένταση ορίζεται σε 23cm.
  - δ) Το ελάχιστο πάχος κορμών πλακοδοκών ή κορμών κιβωτίου για ύψος φορέα  $\leq 1,0m$  ορίζεται σε 30cm.
  - ε) Το ελάχιστο πάχος κορμών πλακοδοκών ή κορμών κιβωτίου για ύψος φορέα  $\geq 4,0m$  ορίζεται σε 50cm.
- στ) Για ενδιάμεσα ύψη φορέα των περιπτώσεων δ) και ε) το πάχος των κορμών θα καθορίζεται με παρεμβολή.
- (2) Για την περίπτωση επαφής με το έδαφος:
- α) Πλαίσια, Θόλοι, φορείς υπό επίωση  $d= 30cm$ .
  - β) Πλάκες πρόσβασης  $d= 25cm$ .

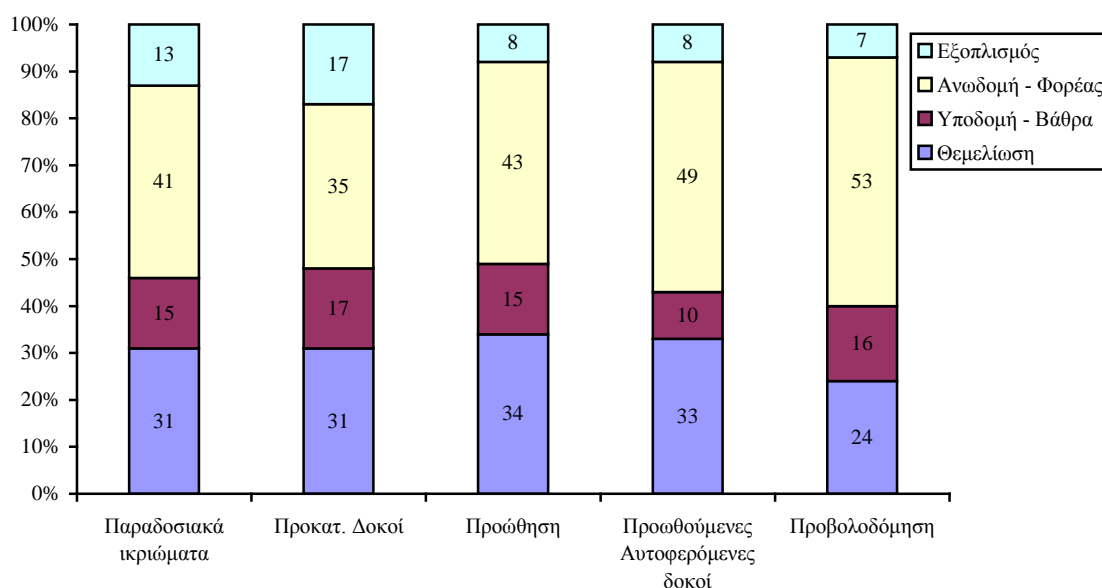
## 2.5 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το κόστος κατασκευής γεφυρών από σκυρόδεμα εξαρτάται άμεσα από:

- Τον τύπο της γέφυρας και την μέθοδο κατασκευής
- Τις τοπικές συνθήκες (τοπογραφία, συνθήκες θεμελίωσης, σεισμικότητα, σπουδαιότητα του τεχνικού)

Το συνολικό κόστος κατασκευής των γεφυρών κατανέμεται στο κόστος:

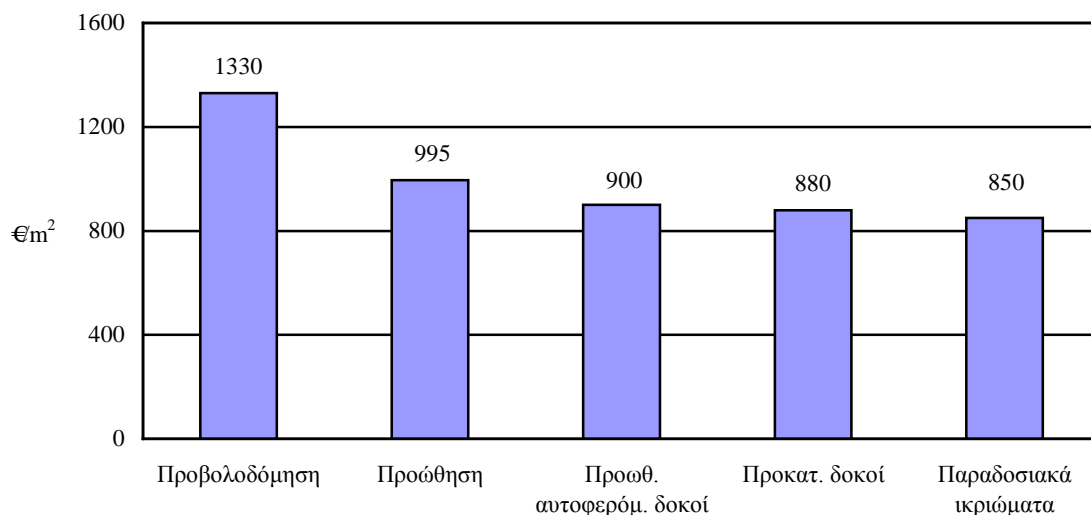
- Θεμελίωσης (θεμελίωση βάθρων και ακροβάθρων συμπεριλαμβανομένου του κόστους προσωρινών έργων, προστασία/σταθεροποίηση πρανών, βελτίωση εδάφους καθώς και χωματουργικών και γενικά όλων των απαραίτητων εργασιών για την ασφαλή πρόσβαση στην θέση κατασκευής του έργου)
- Υποδομής (βάθρα-ακρόβαθρα)
- Ανωδομής
- Εξοπλισμού (κόστος εφεδράνων, αρμών συστήματος αποχέτευσης/αποστράγγισης, στηθαίων ασφαλείας, στεγάνωσης, ασφαλικών στρώσεων).



Σχήμα 2.30 – Κατανομή κόστους κατασκευής

Όπως δείχνεται στο σχήμα 2.30 το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους καταλαμβάνει η κατασκευή της ανωδομής με ποσοστό που κυμαίνεται από 35% για την μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών έως 53% για την δόμηση εν προβόλω. Η διαφοροποίηση αυτή αποδίδεται αφενός στην μεγαλύτερη διάρκεια του χρόνου κατασκευής και των μεγαλύτερων

απαιτούμενων διατομών στην προβολοδόμηση λόγω σημαντικά μεγαλύτερων ανοιγμάτων, και αφ' ετέρου στην επίτευξη οικονομιών κλίμακας από την επαναλαμβανόμενη κατασκευή δοκών στην μέθοδο των προκατασκευασμένων δοκών. Η αμέσως επόμενη κατηγορία κόστους αφορά το κόστος κατασκευής της θεμελίωσης το οποίο αντιπροσωπεύει το 24% έως 34% του συνολικού κόστους κατασκευής. Παρόμοια περίπου ποσοστά (31%~34%) παρατηρούνται για όλες τις μεθόδους κατασκευής πλην της προβολοδόμησης (24%) γεγονός που αποδίδεται στην μείωση του αριθμού των βάθρων λόγω αύξησης των ανοιγμάτων. Το κόστος για την κατασκευή της υποδομής ως ποσοστό του συνολικού κόστους κυμαίνεται από 10% για τις γέφυρες που κατασκευάζονται με την μέθοδο των προωθούμενων αυτοφερόμενων δοκών έως 17% για τις γέφυρες με προκατασκευασμένες δοκούς. Η χρήση μεγάλου αριθμού εφεδράνων στις γέφυρες με προκατασκευασμένες δοκούς επιδρά ώστε αυτή η κατηγορία κόστους που αφορά τον εξοπλισμό να αντιπροσωπεύει το 17% του συνολικού κόστους, σε αντιδιαστολή με το 7% της μεθόδου της προβολοδόμησης, όπου εφεδράνα χρησιμοποιούνται κυρίως στα ακρόβαθρα. Στο σχήμα 2.31 παρουσιάζονται συγκριτικά στοιχεία κόστους ανά μηχανοποιημένη μέθοδο κατασκευής από τα οποία φαίνεται ότι η πλέον ακριβή μέθοδος κατασκευής γεφυρών είναι η προβολοδόμηση με κόστος 1330€/μ<sup>2</sup>, ενώ η μέθοδος με το μικρότερο κόστος είναι με παραδοσιακά ικρίωματα 850€/μ<sup>2</sup>. Οι γέφυρες με δόμηση εν προβόλω είναι πιο ακριβές επειδή κατασκευάζονται σε πολύ δύσκολα εδαφικά ανάγλυφα με μεγάλα ανοίγματα και υψηλά βάθρα.



Έτος Βάσης Α' τρίμηνο 2005

**Σχήμα 2.31** - Κόστος κατασκευής γεφυρών με μηχανοποιημένες μεθόδους (τιμές χωρίς ΦΠΑ)