

Σύνθεση Ειδικών Κατασκευών Σκυροδέματος

7. Μηχανοποιημένες Μέθοδοι Κατασκευής Γεφυρών

Τηλέμαχος Παναγιωτάκος

Μηχανοποιημένες Μέθοδοι Κατασκευής Γεφυρών:

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



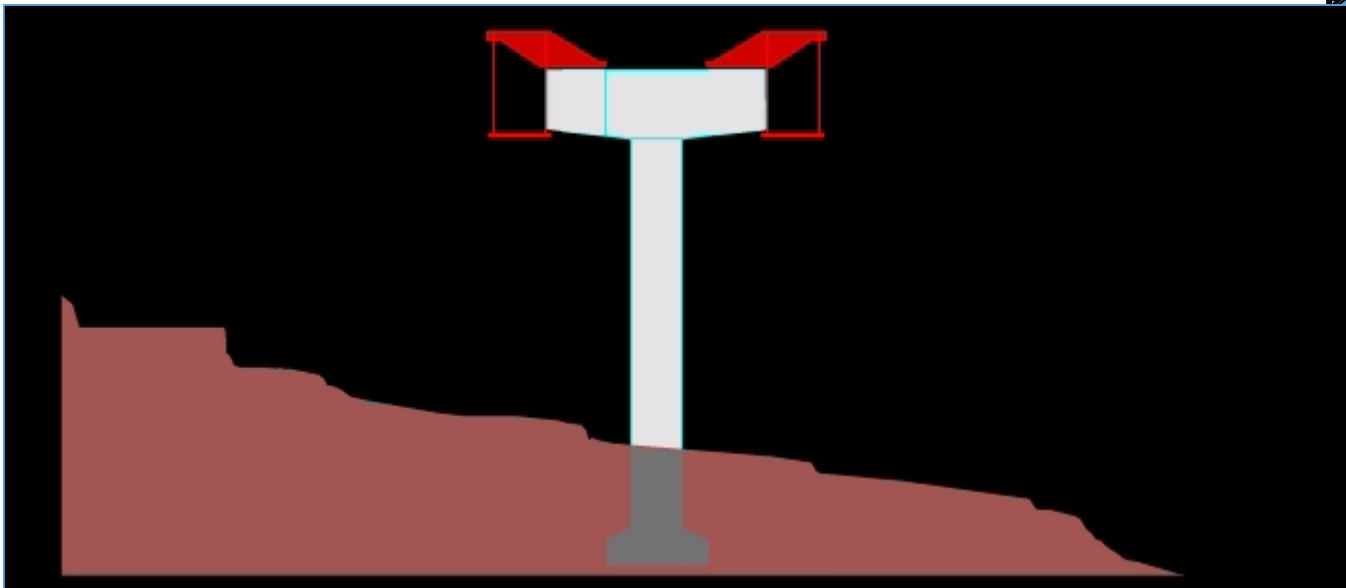
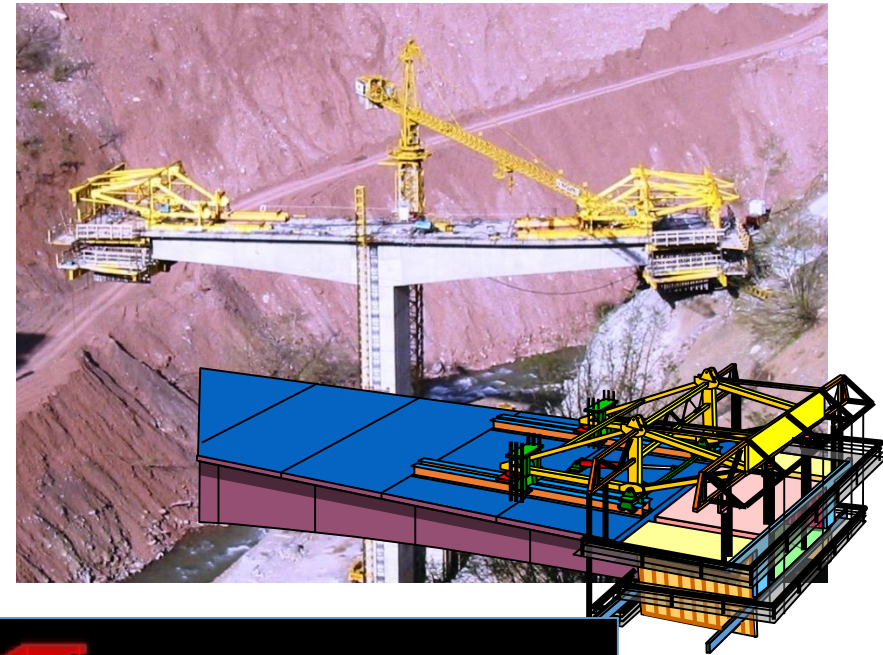
Εισαγωγή

- Μηχανοποιημένες Μέθοδοι Κατασκευής:
 - Λογικό κόστος κατασκευής.
 - Μικρή επέμβαση στο περιβάλλον.
 - Ασφάλεια προσωπικού.
 - Επαναχρησιμοποιούμενος εξοπλισμός.
 - Ταχύτητα κατασκευής.
 - Ποιότητα κατασκευής.

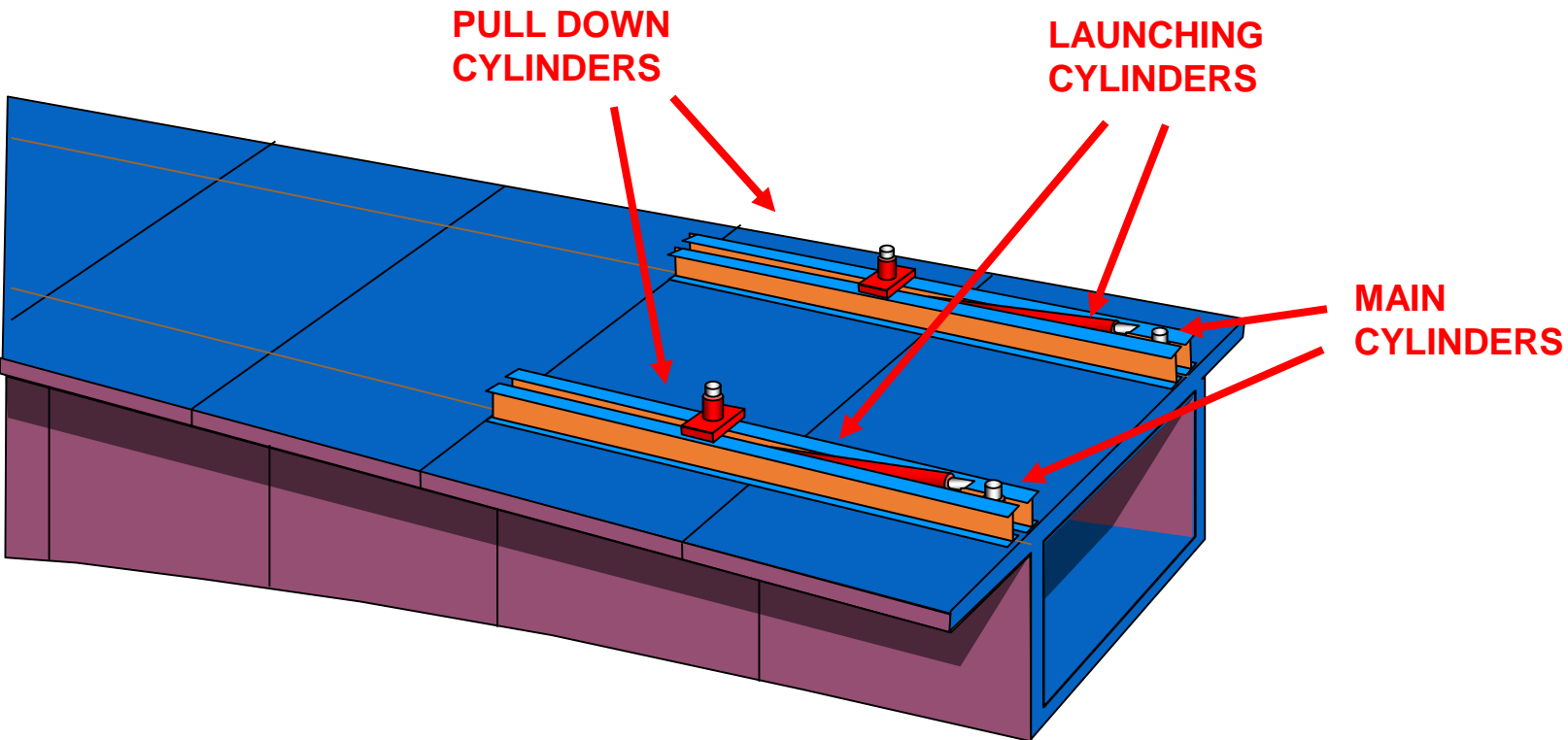


Προβολοδόμηση

- Μέθοδος εφαρμοζόμενη από την αρχαιότητα:
 - Τοξωτοί φορείς
- Πρώτες εφαρμογές σε σκυρόδεμα:
 - Βραζιλία 1929 (E. Baumgart)
 - Βενεζουέλα 1946 (E. Freyssinet)
 - Γερμανία 1952 (U. Finsterwalder)
- Σταδιακή Κατασκευή Σπονδύλων.
- Χρήση Ειδικού Εξοπλισμού-Φορείου.



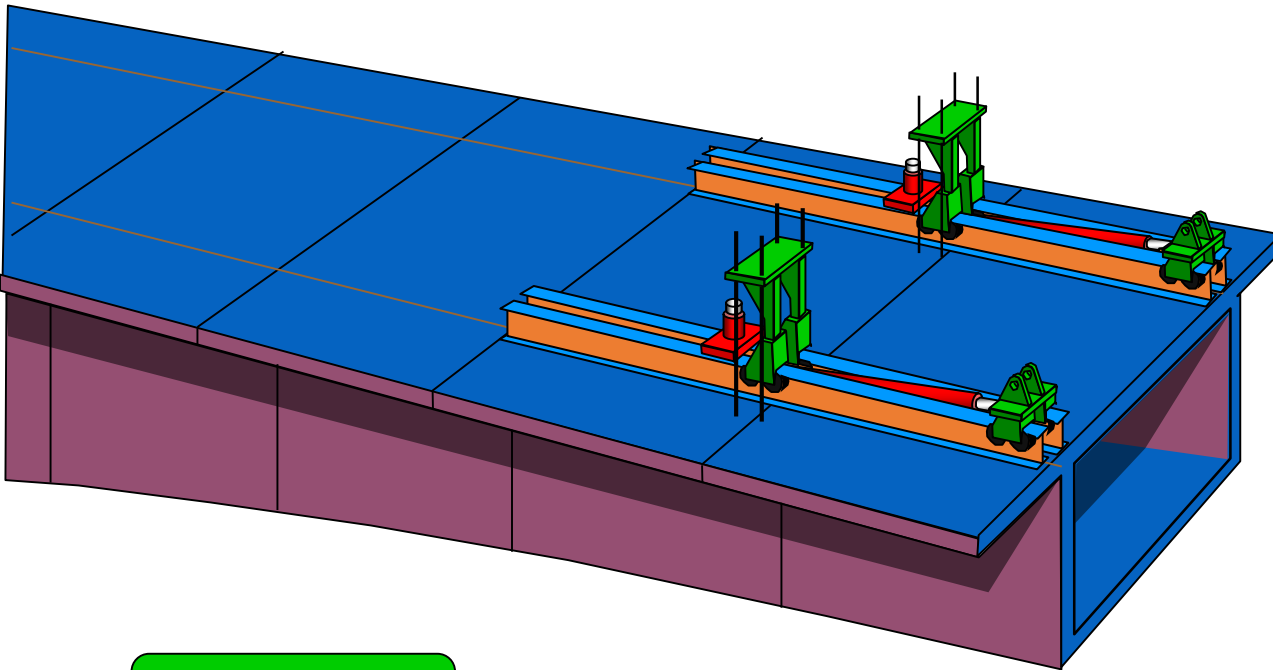
Φορείο Προβολοδόμησης



Υδραυλικές
Πρέσες

Κύριες
Σιδηροτροχιές

Φορείο Προβολοδόμησης

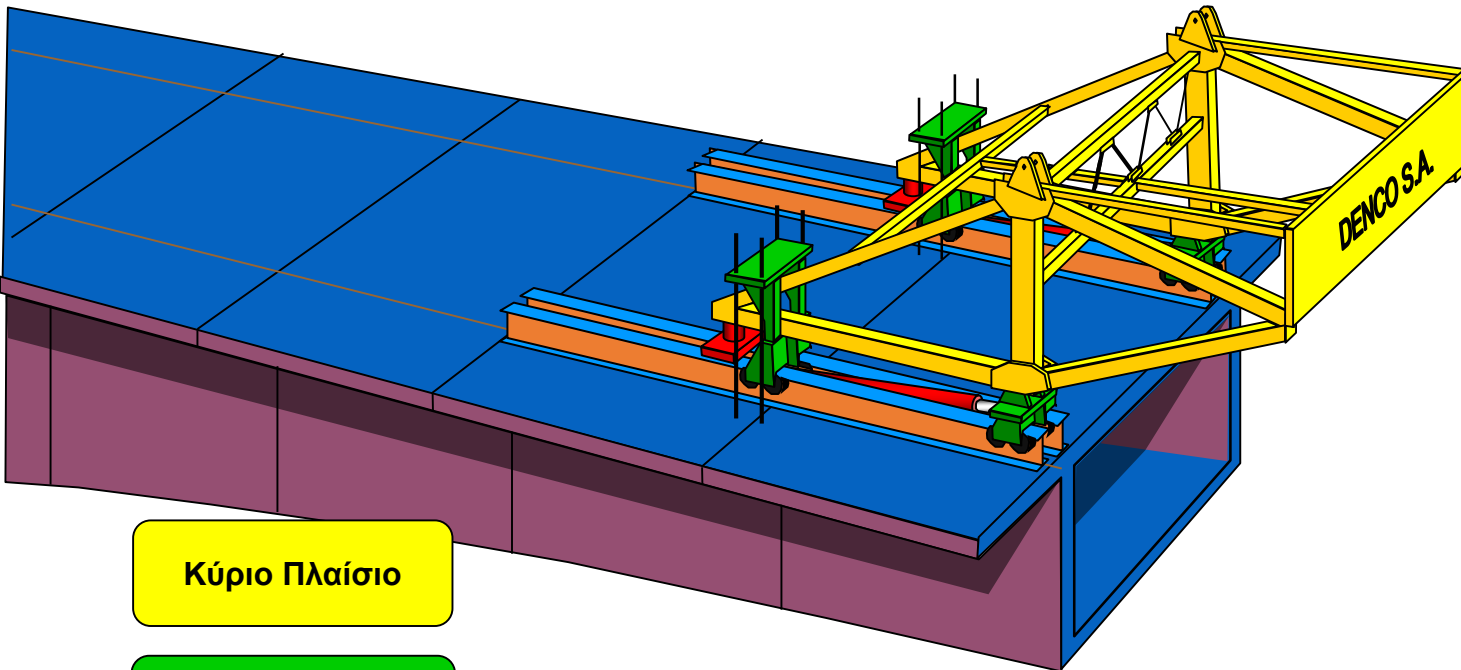


Στηρίξεις

Υδραυλικές
Πρέσες

Κύριες
Σιδηροτροχιές

Φορείο Προβολοδόμησης



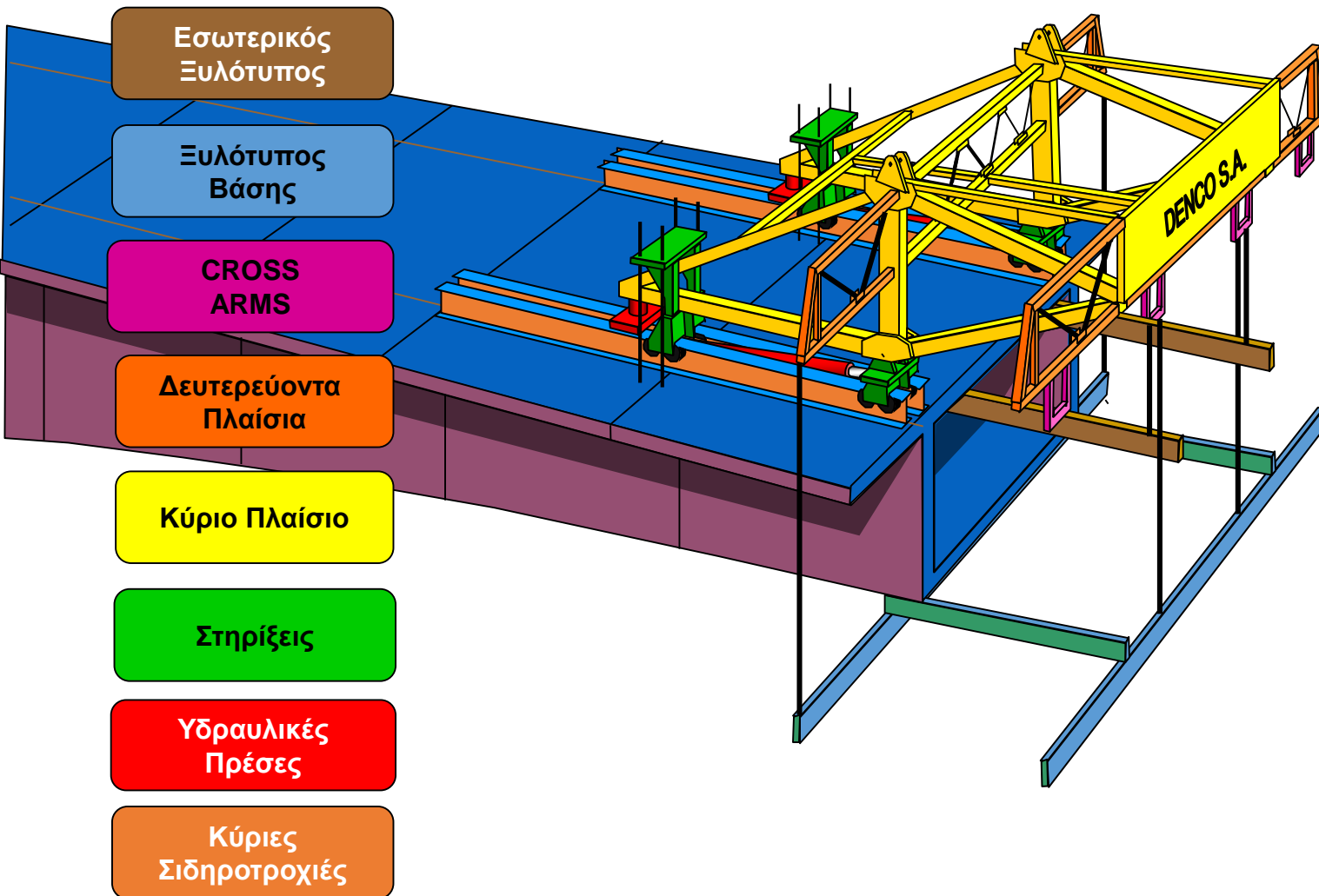
Κύριο Πλαίσιο

Στηρίξεις

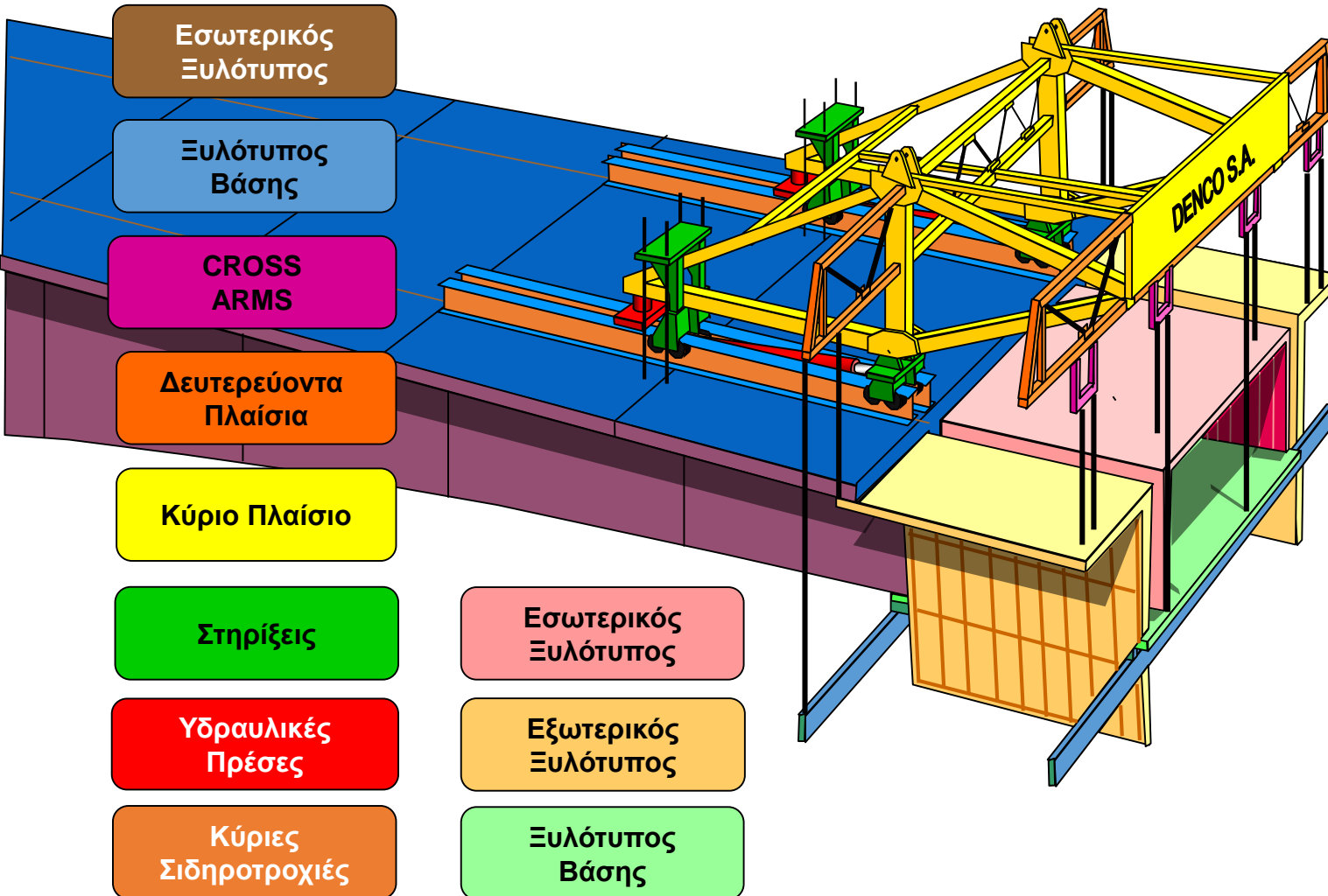
Υδραυλικές
Πρέσες

Κύριες
Σιδηροτροχιές

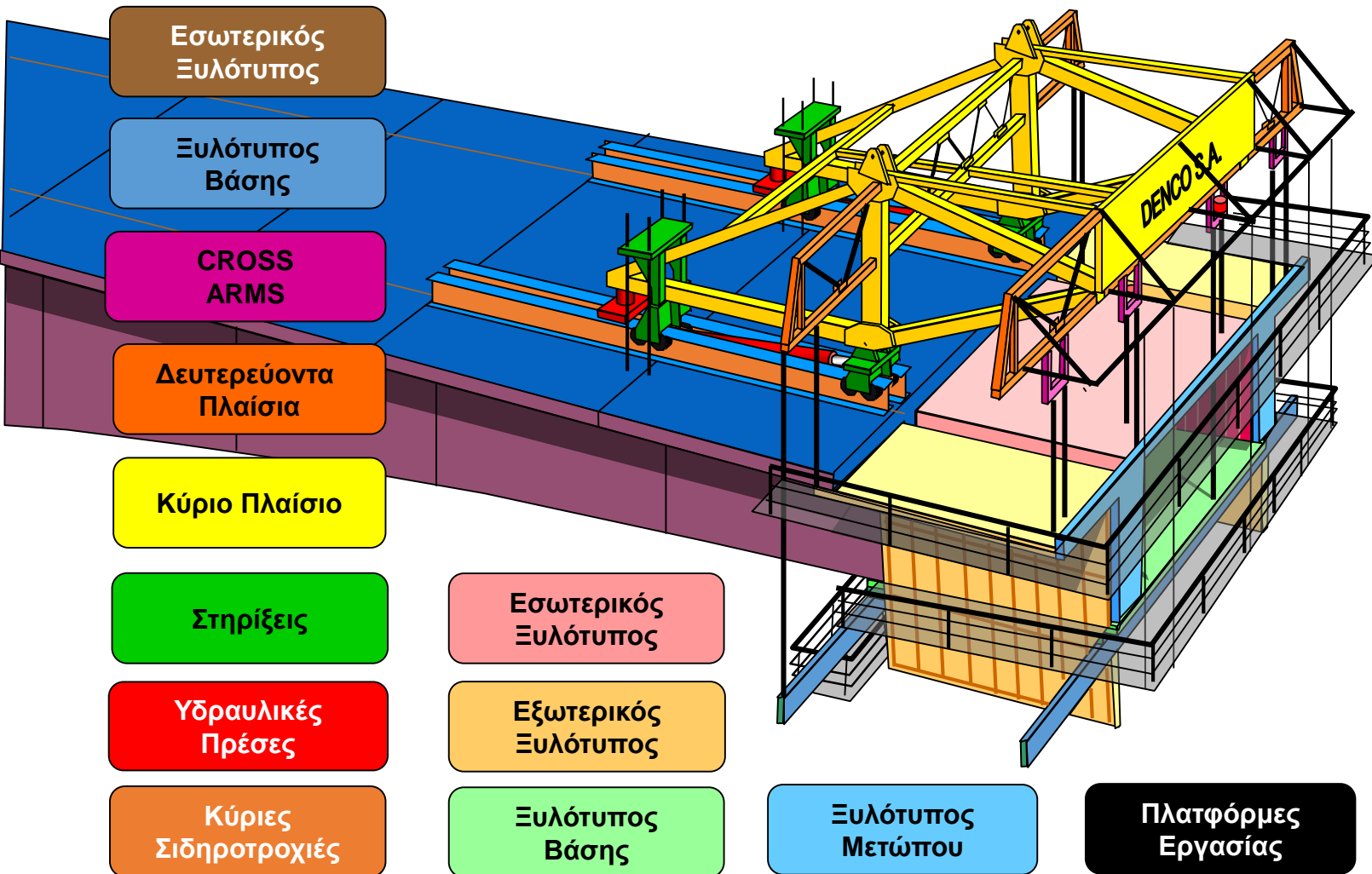
Φορείο Προβολοδόμησης



Φορείο Προβολοδόμησης



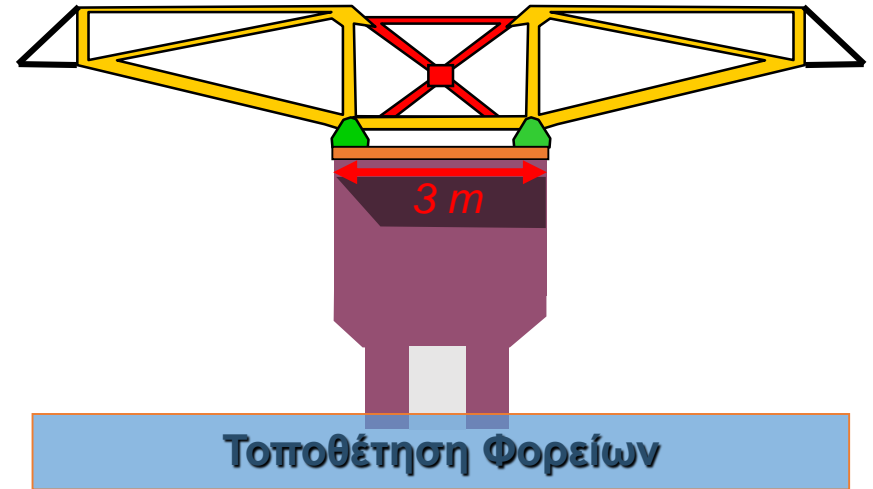
Φορείο Προβολοδόμησης



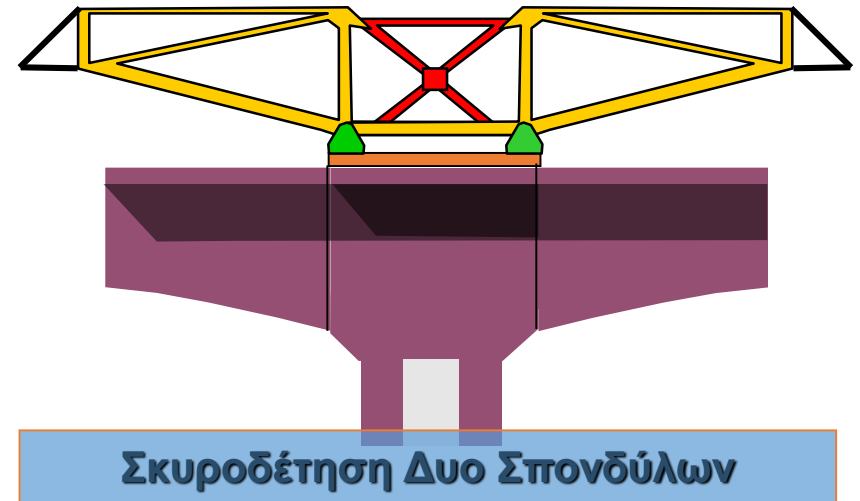
Φορεία Κεφαλής Μεσοβάθρου



“Cross Beam”

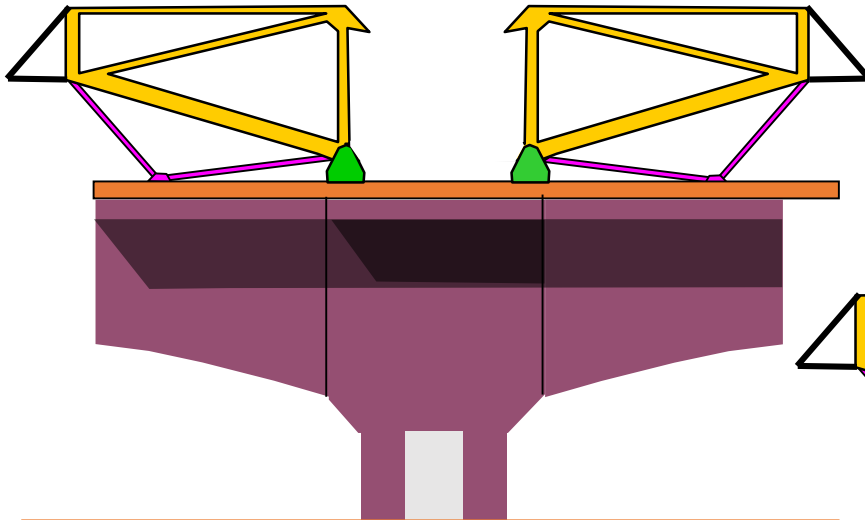


Τοποθέτηση Φορείων

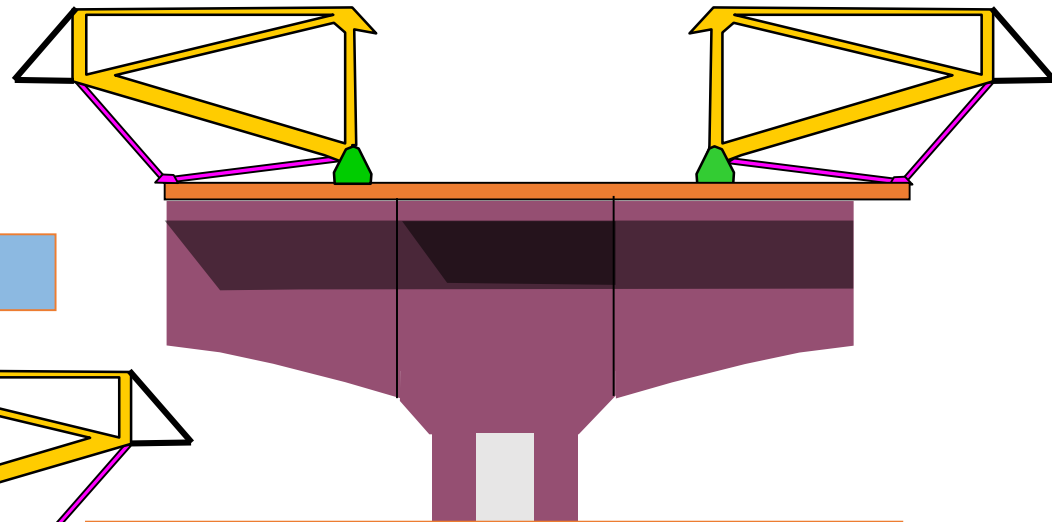


Σκυροδέτηση Δυο Σπονδύλων

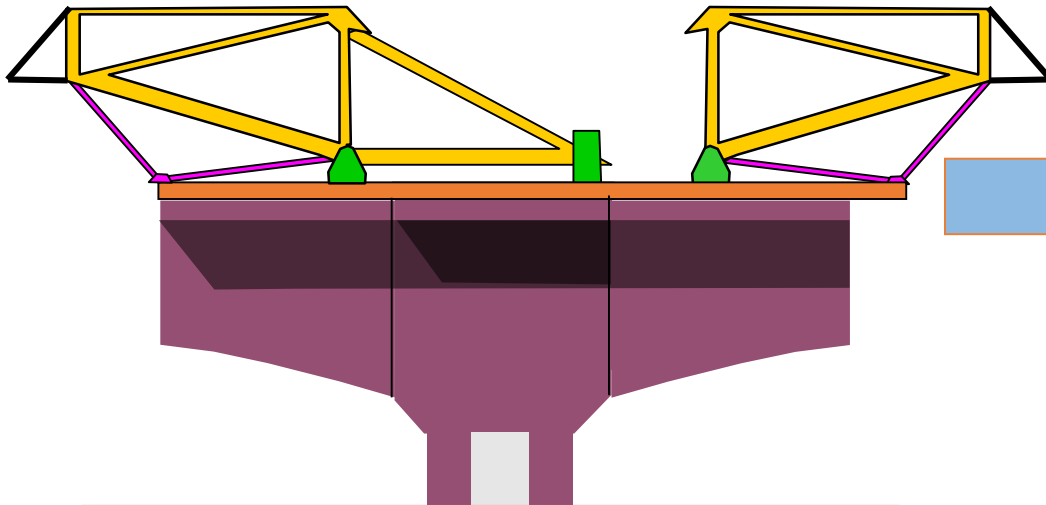
Φορεία Κεφαλής Μεσοβάθρου



Αποσύνδεση Φορείων & Στήριξη

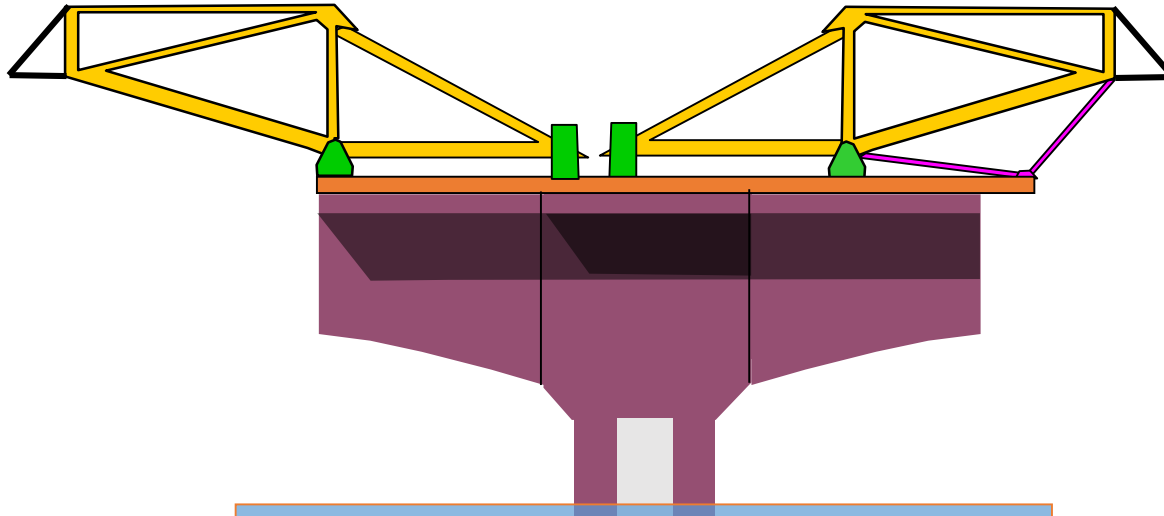


Μετακίνηση Ενός Φορείου

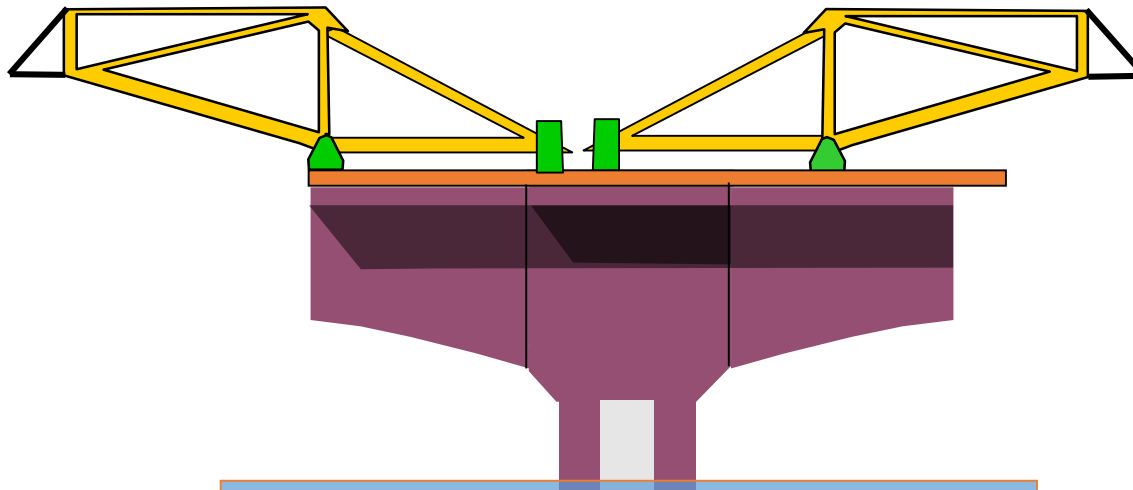


Πλήρης Συναρμολόγηση Φορείου

Φορεία Κεφαλής Μεσοβάθρου



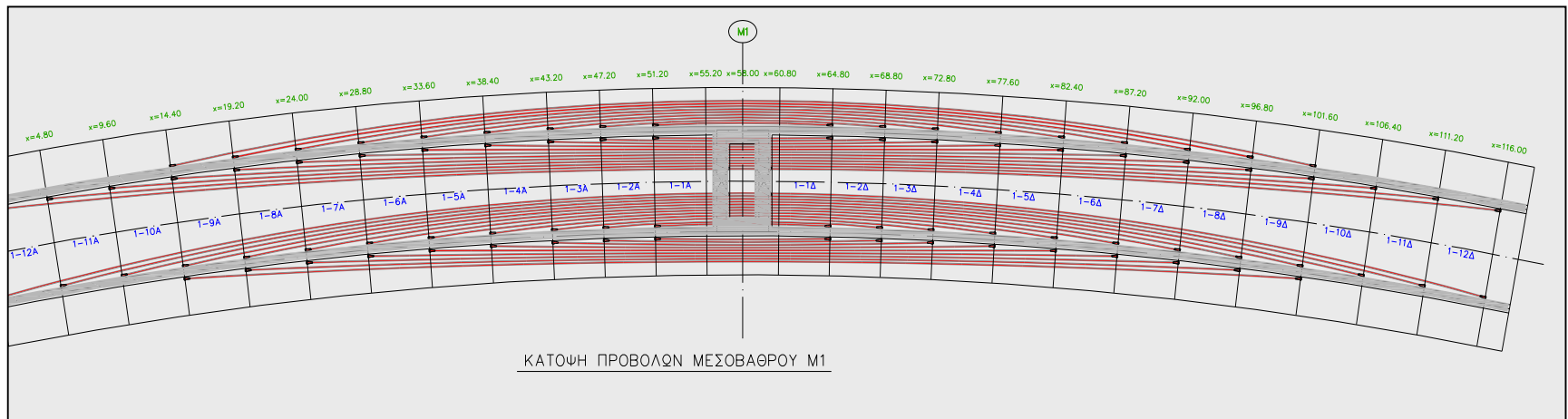
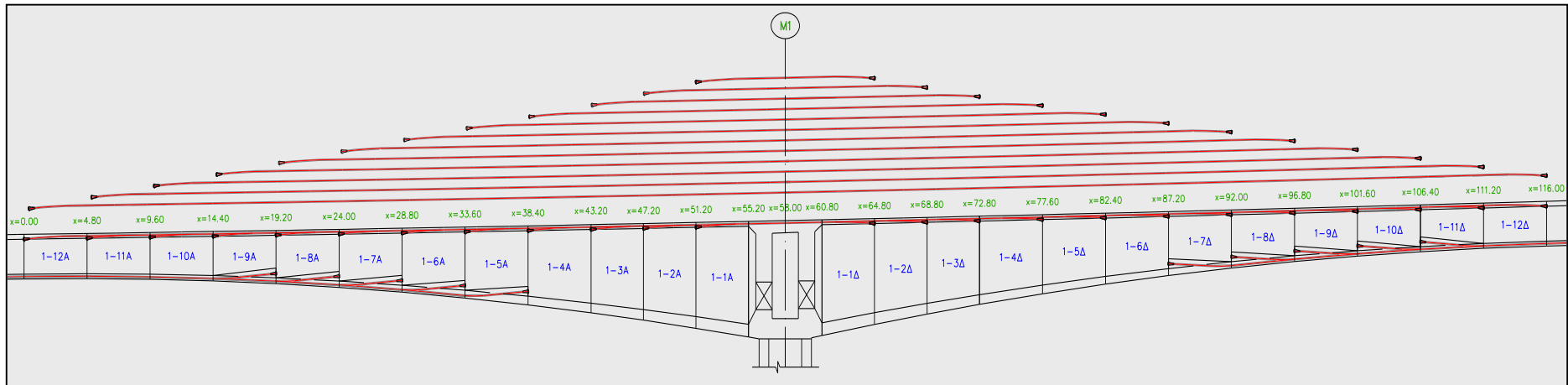
Συναρμολόγηση Δεύτερου Φορείου



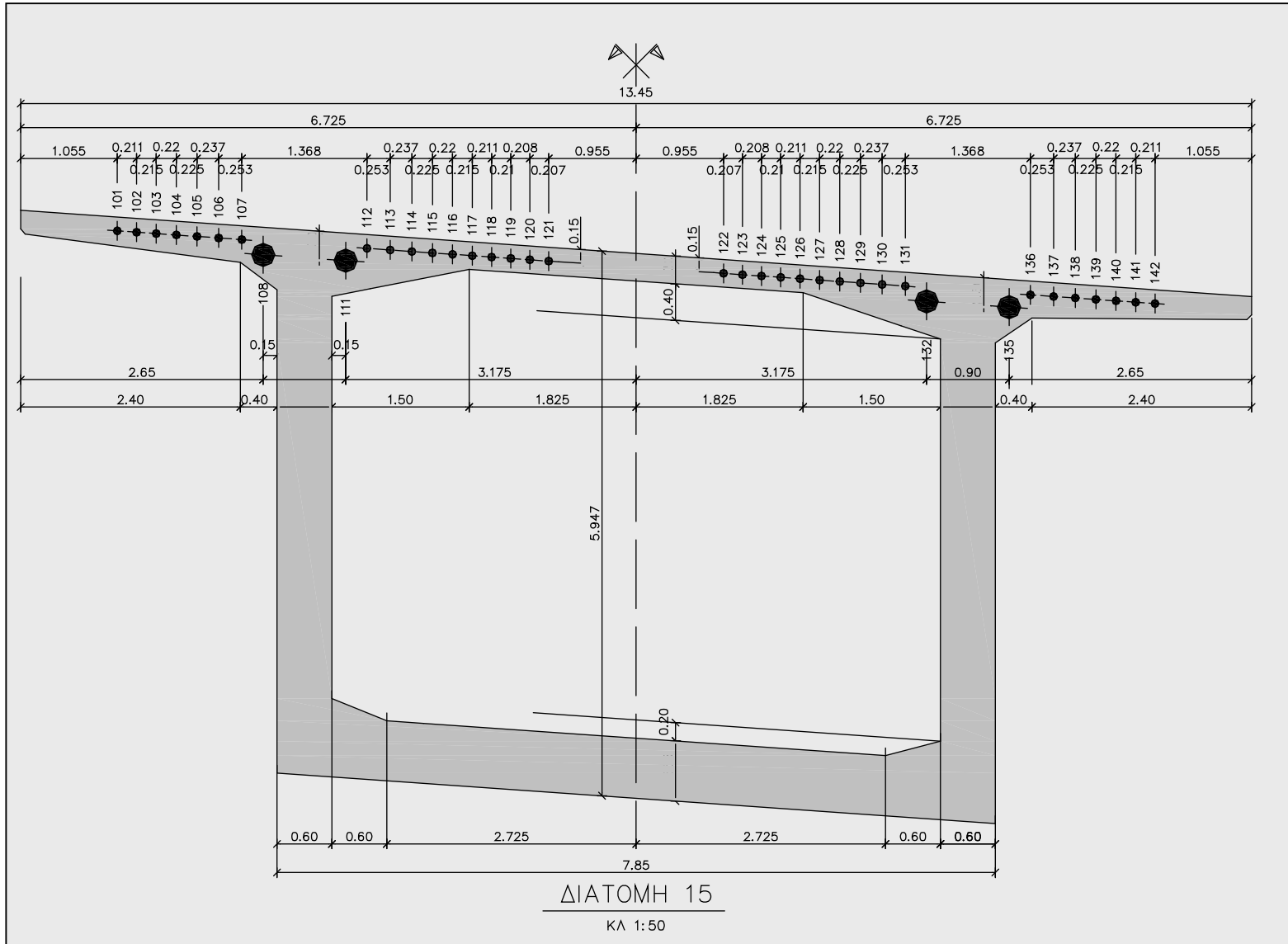
Κατασκευή Υπολοίπων Σπονδύλων

Προβολοδότηση

- Τένοντες Προβόλου
- Τένοντες Ανοίγματος



Προβολοδότηση



Διατομή Πλησίον Στήριξης

Προβολοδόμηση - Εφαρμογή

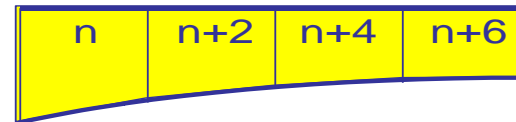
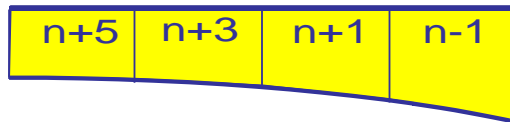
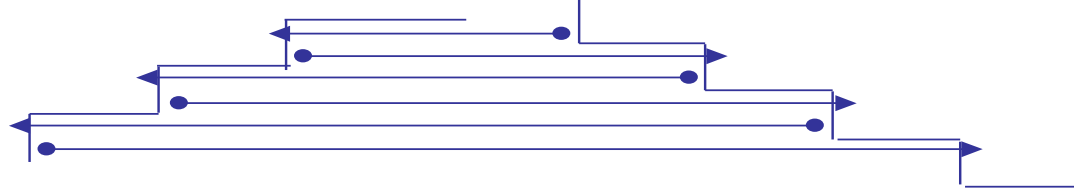


Προβολοδόμηση - Εφαρμογή



Πρόγραμμα Προβολοδόμησης

Διάταξη τενόντων άνω πλάκας



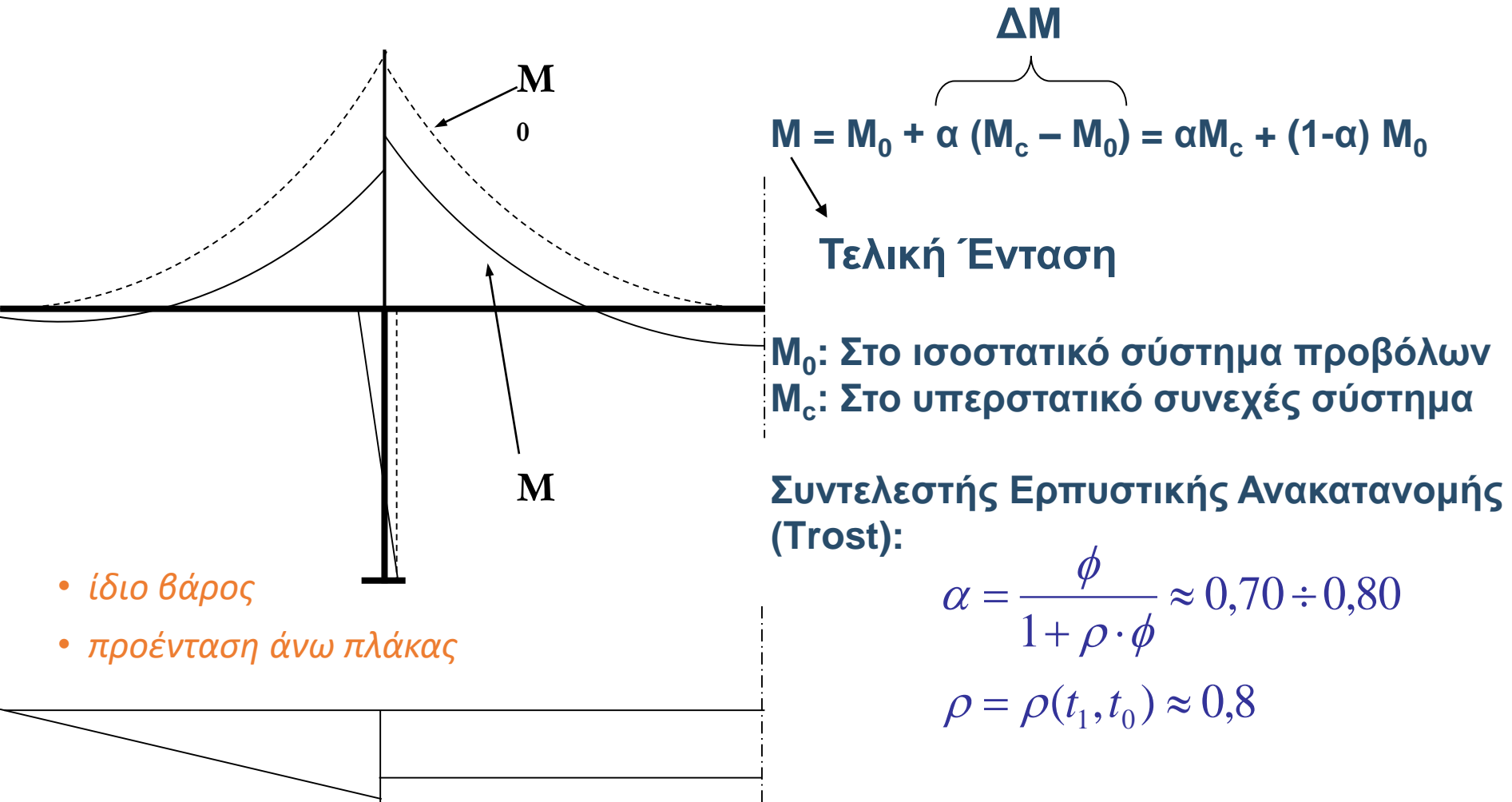
Δε			5		2+3			
Τρ		2	5		3			
Τε			1		4			
Πε		2+3			5			
Πα		3			5	2		
Σα		4			1			
Κυ		5				2+3		
Δε	2	5				3		
Τρ		1				4		
Τε	2+3					5	2	

Κύκλος Δραστηριοτήτων (ενδεικτικός)

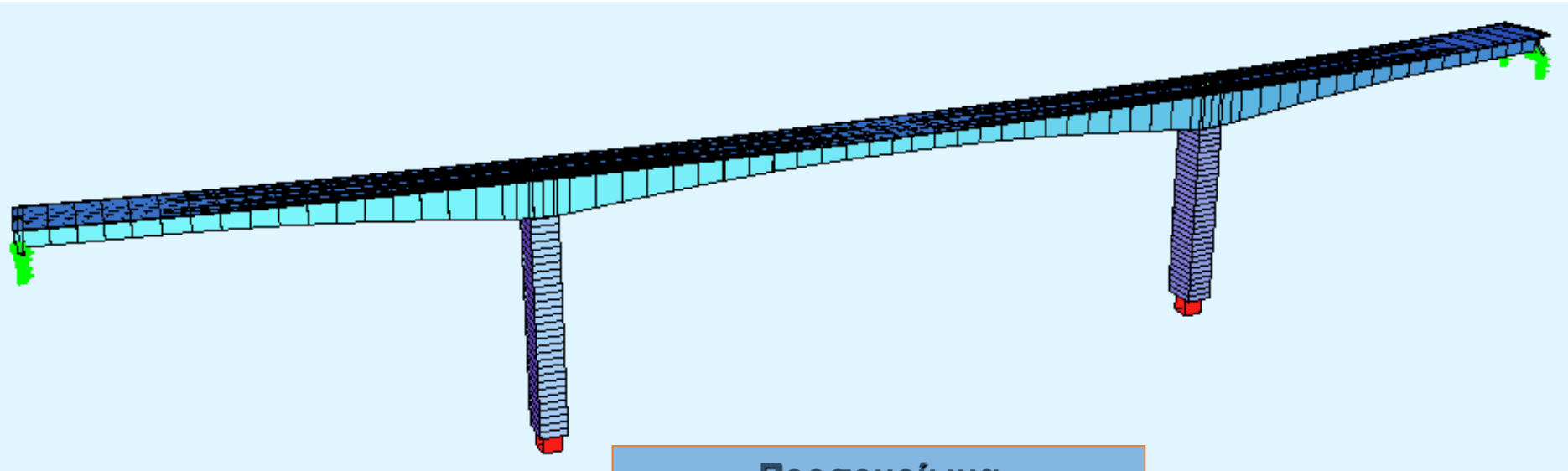
- 1 Προένταση, Προώθηση φορείου
- 2 Πέρασμα τενόντων
- 3 Τοποθέτηση σπλισμού
- 4 Σκυροδέτηση
- 5 Σκλήρυνση

Προβολοδότηση

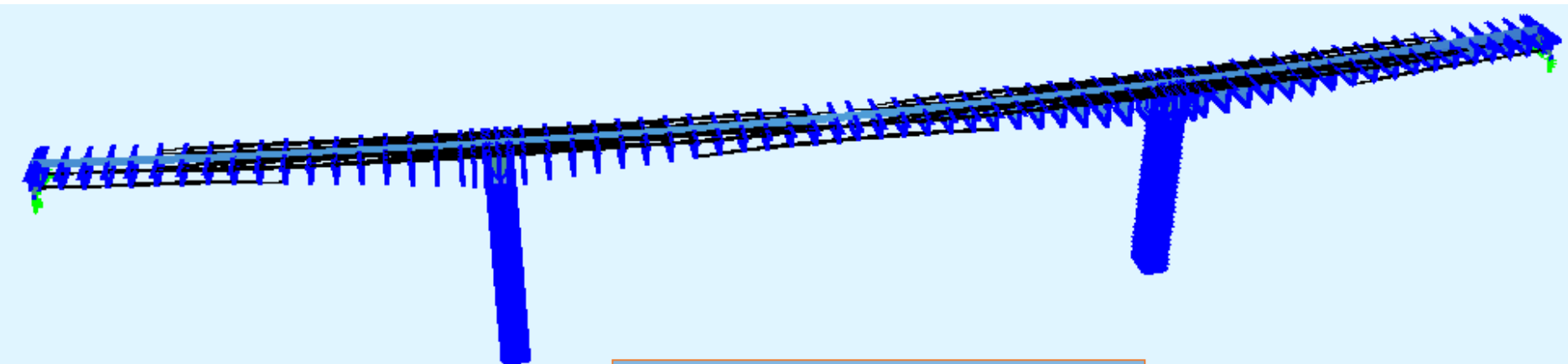
ΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΡΠΥΣΜΟΥ (ΚΑΙ ΛΟΓΩ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ)



Προβολοδόμηση

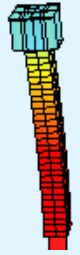


Προσομοίωμα

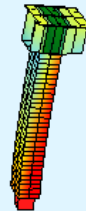


Προσομοίωμα

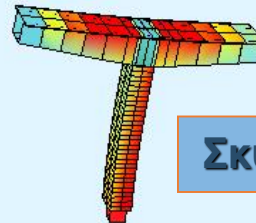
Προβολοδότηση



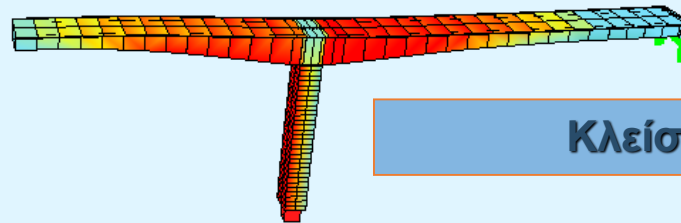
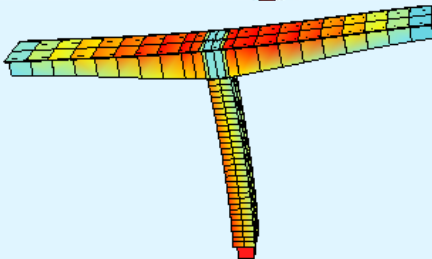
Σκυροδέτηση Μεσοβάθρων (x50)



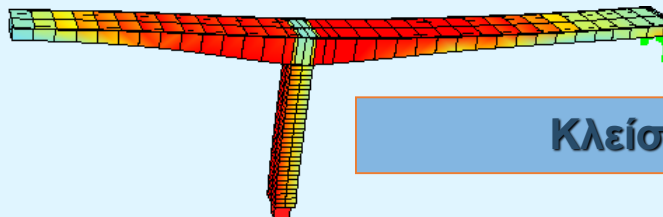
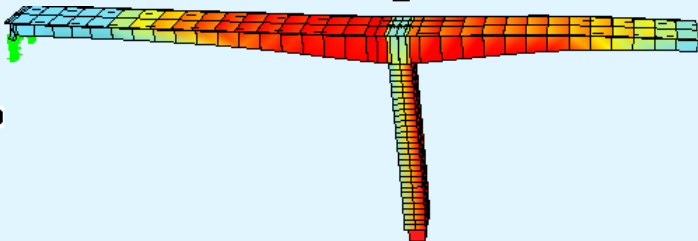
Σκυροδέτηση 1^{ου} Σπονδύλου M2 (x50)



Σκυροδέτηση 1^{ου} Σπονδύλου M1 (x50)

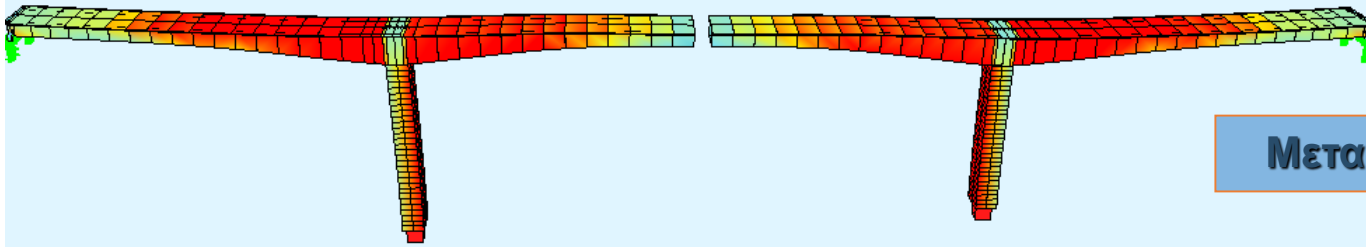


Κλείσιμο M2-A2 (x50)

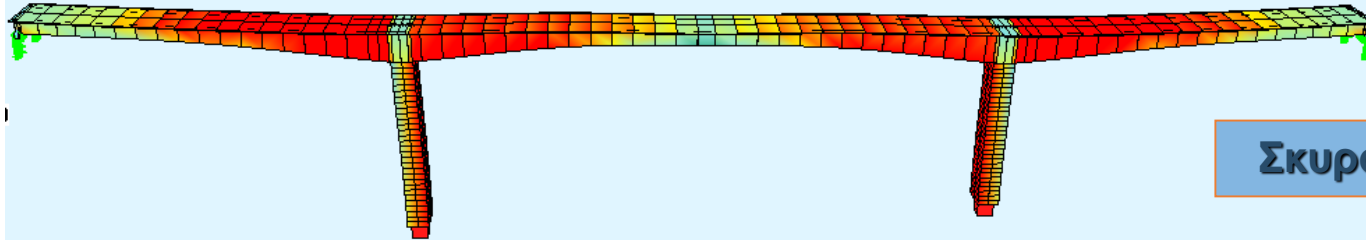


Κλείσιμο A1-M1 (x50)

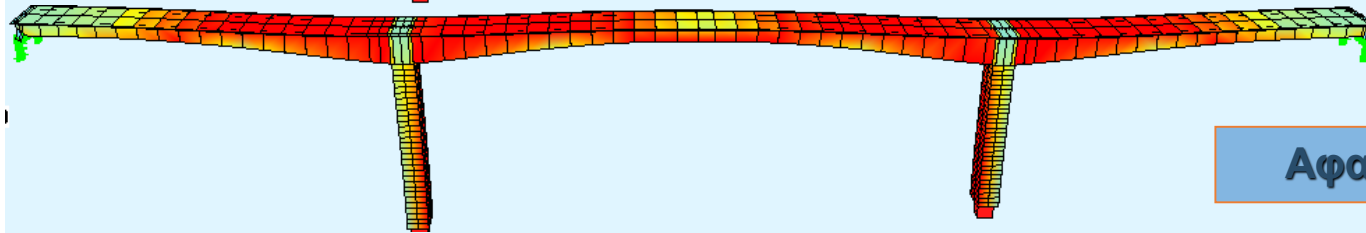
Προβολοδότηση



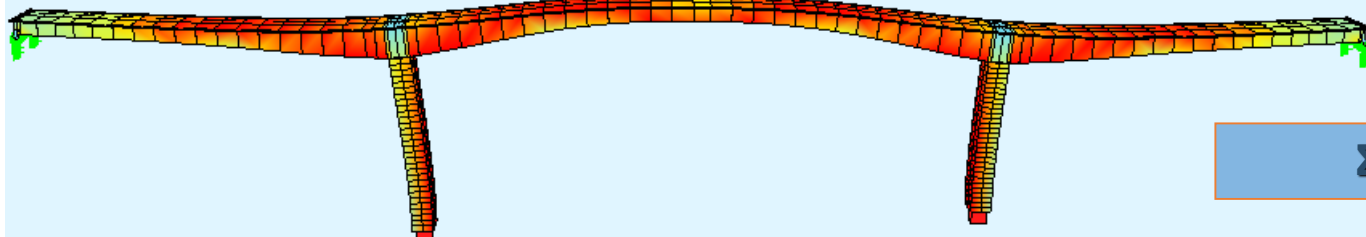
Μετακίνηση Φορείου (x50)



Σκυροδέτηση κλειδας (x50)



Αφαίρεση Φορείου (x50)

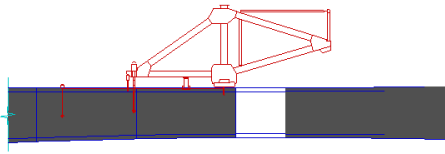


Σε χρόνο 0 (x200)

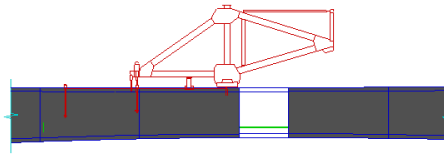


Σε χρόνο άπειρο (x200)

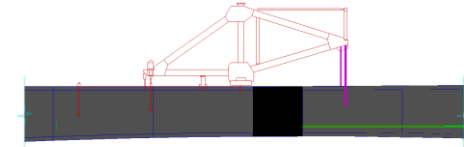
Προβολοδότηση



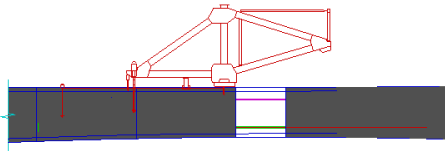
1) ΑΓΚΥΡΩΣΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΤΩΝ ΕΜΠΡΟΣΘΙΩΝ ΚΑΙ ΟΠΙΣΘΙΩΝ ΤΡΟΧΩΝ ΤΟΥ ΦΟΡΕΙΟΥ



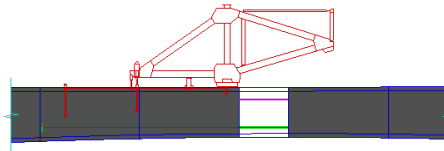
2) ΜΕΡΙΚΗ ΤΑΝΥΣΗ 2 ΚΑΤΩ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΣΤΟ 10% ΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ



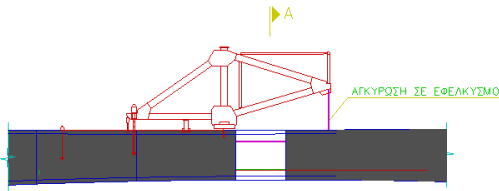
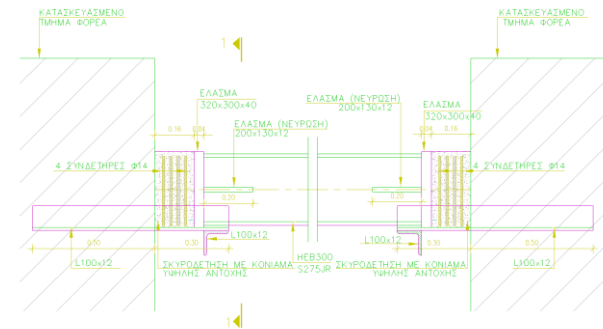
10) ΟΤΑΝ Η ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΔΟΚΙΜΗ ΟΡΙΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ DIN1045 ΕΙΝΑΙ $f_{wd} > 40MPa$ ΠΛΗΡΗΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΚΑΛΩΔΙΩΝ



3) ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΥΟ ΔΟΚΩΝ ΘΛΙΨΕΩΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΚΑΤΕΡΩΘΕΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

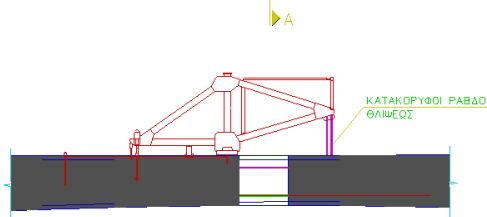
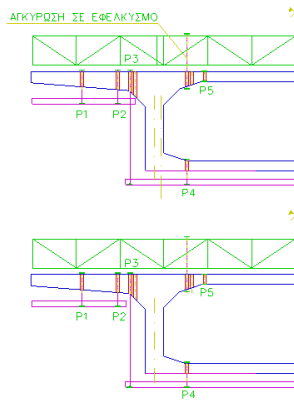


4) ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΤΑΝΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΑΝΩΤΕΡΩ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΣΤΟ 50% ΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ



5) ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗΣ ΡΑΒΔΟΥ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΙΟΥ

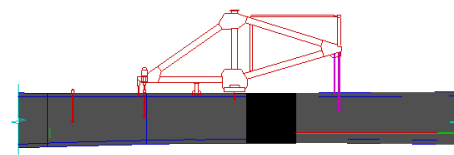
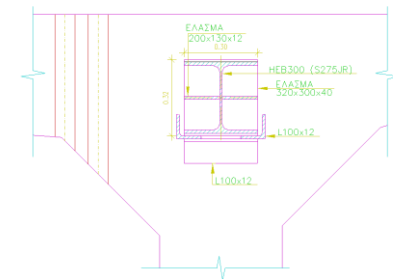
ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΜΗ Α-Α



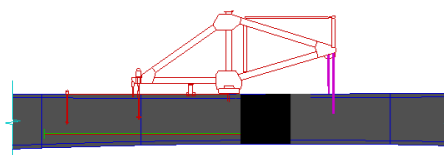
6) ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΘΛΙΨΤΙΚΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΙΟΥ

ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΜΗ 1-1

Κλ. 1:10



8) ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΑΙΩΔΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΜΕ ΑΡΧΗ ΣΤΙΣ 18.00 ΚΑΙ ΤΕΛΟΣ ΣΤΙΣ 22.00



9) ΤΟ ΕΠΟΜΕΝΟ ΠΡΩΙ ΟΤΑΝ Η ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΕΙΝΑΙ $f_{wd} > 20MPa$ ΠΛΗΡΗΣ ΠΡΟΕΝΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΗΔΗ ΜΕΡΙΚΩΣ ΠΡΟΕΝΤΕΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Σκυροδέτηση Κλείδας

Πλεονεκτήματα

- Αποτελεί μια μέθοδο για την κατασκευή γεφυρών από σκυρόδεμα με άνοιγμα πάνω από 70m.
- Δεν απαιτεί πολύ ακριβό ειδικό μηχανολογικό εξοπλισμό.
- Επιτρέπει τη μεταβολή του ύψους της διατομής κατά μήκος του φορέα.
- Παρέχεται η δυνατότητα και μονολιθικής σύνδεσης με τα βάθρα.



Μειονεκτήματα

- Η σχετικά περιορισμένη ταχύτητα κατασκευής λόγω του περιορισμού του μήκους των σπονδύλων.
- Ο ειδικός εξοπλισμός που απαιτείται (φορεία).
- Η απαίτηση ανάπτυξης πολύ υψηλής αντοχής σκυροδέματος σε μικρή ηλικία.
- Η απαίτηση μεγάλου αριθμού τενόντων και αγκυρώσεων.
- Η ανάγκη εκτίμησης και ελέγχου της εξέλιξης των βελών σε κάθε σπόνδυλο κατά την κατασκευή.



Μέθοδος Σταδιακής Προώθησης:

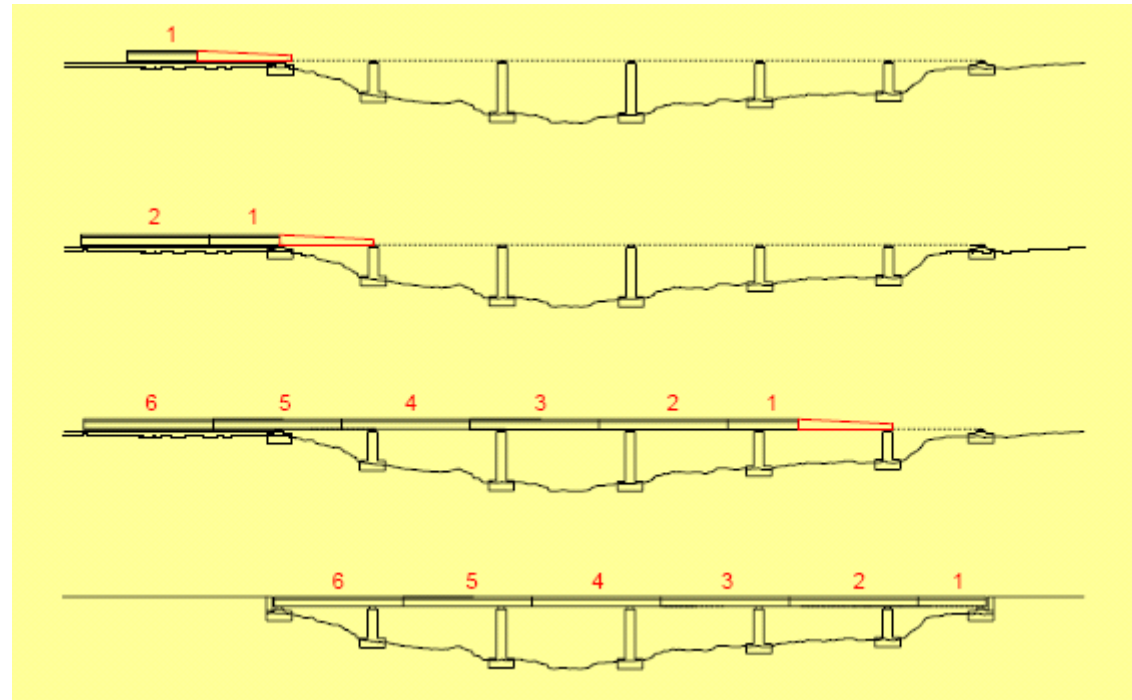
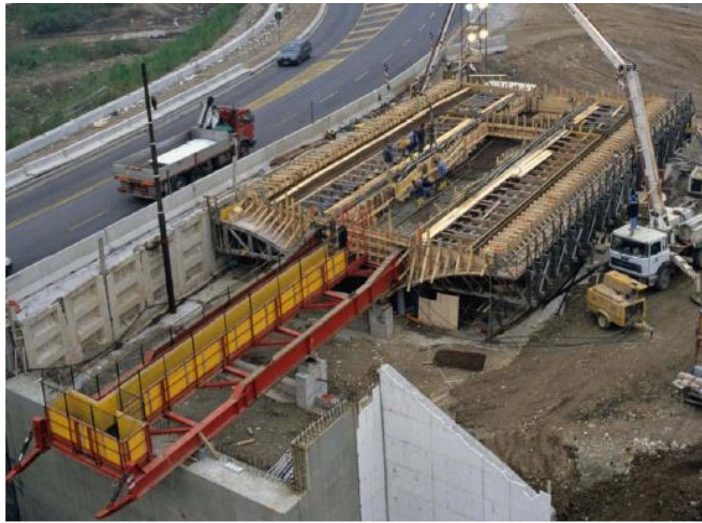
- Μέθοδος εφαρμοζόμενη από τις αρχές της δεκαετίας του 60:
 - 1961-1964: γέφυρα π. Caroni (F. Leonhardt)
- Κατασκευή φορέα σε τμήματα:
 - Μήκους ίσου προς το μισό τυπικό άνοιγμα.
 - Σκυροδέτηση σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο.
- Κύκλος εργασίας:
 - Συνήθως 7 ημερών.
- Προώθηση φορέα:
 - Χρήση ειδικών γρύλων προώθησης.
 - Χρήση ρύγχους
 - Ολίσθηση του φορέα στα μεσόβαθρα επί ειδικών εφεδράνων ολίσθησης.
- Βιομηχανοποίηση κατασκευής
- Ανεξαρτητοποίηση από αναγκαιότητα έδρασης στο έδαφος ανάμεσα στις στηρίξεις του φορέα



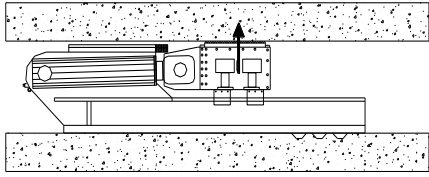
Κατασκευή με Σταδιακή Προώθηση



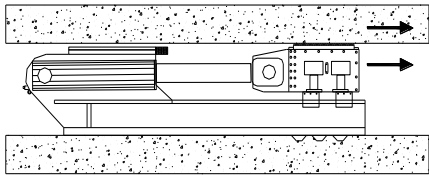
Κατασκευή με Σταδιακή Προώθηση



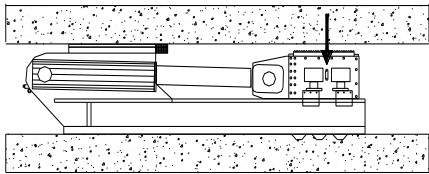
Γρύλλοι προώθησης:



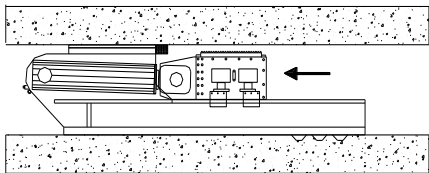
→ Ανύψωση φορέα.



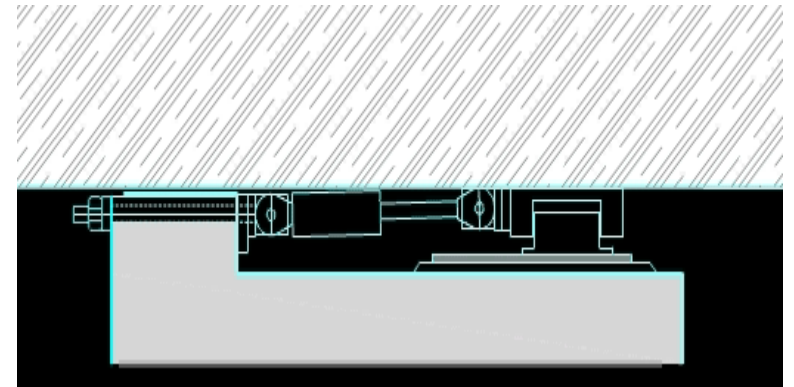
→ Προώθηση



→ Καταβιβασμός

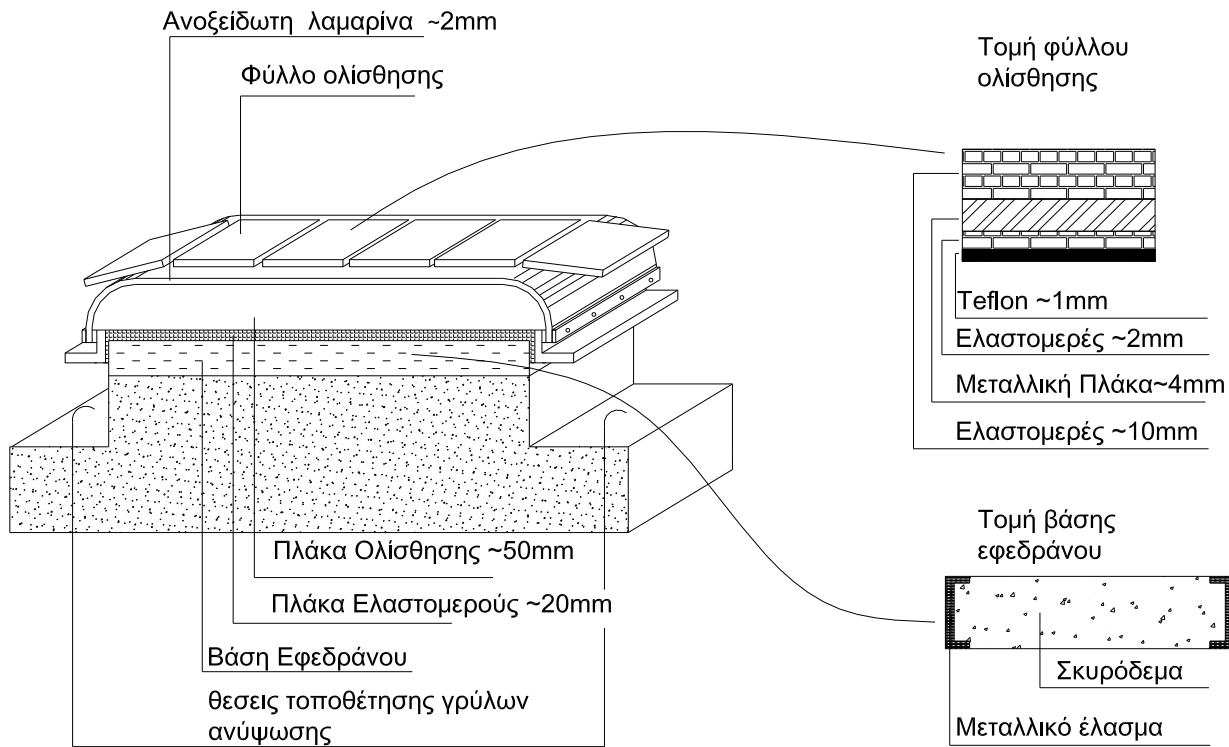


→ Επαναφορά εμβόλου



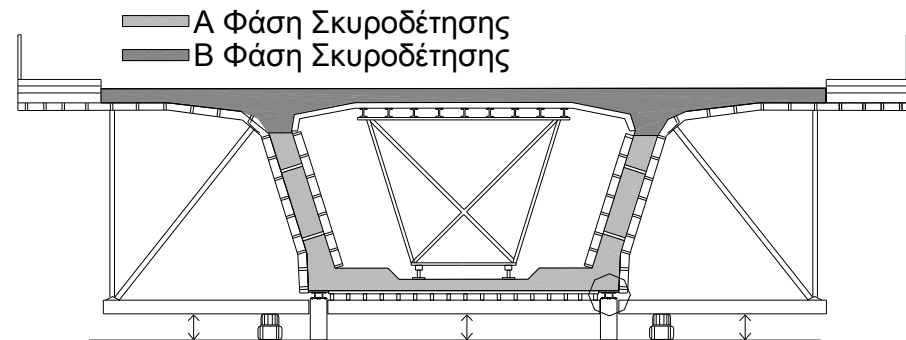
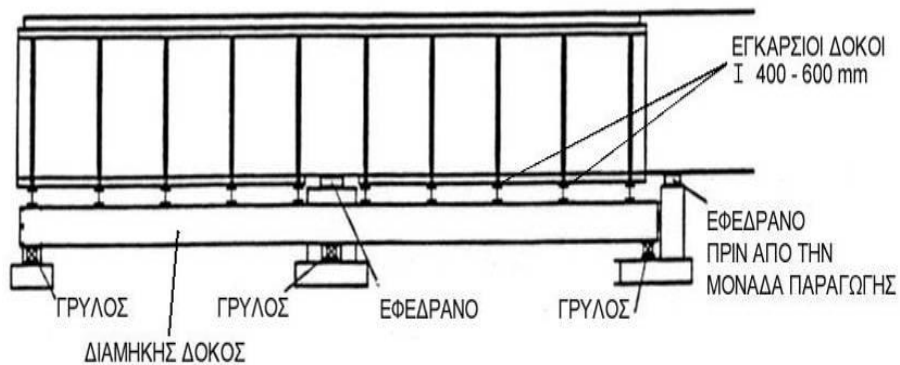
Εφέδρανα ολίσθησης

- Σε όλες τις θέσεις έδρασης της ανωδομής κατά την προώθηση.
- Ακρίβεια στην τοποθέτησή τους και συνεχή παρακολούθηση.
- Μετά το πέρας της προώθησης αντικαθίσταται από κοινά εφέδρανα



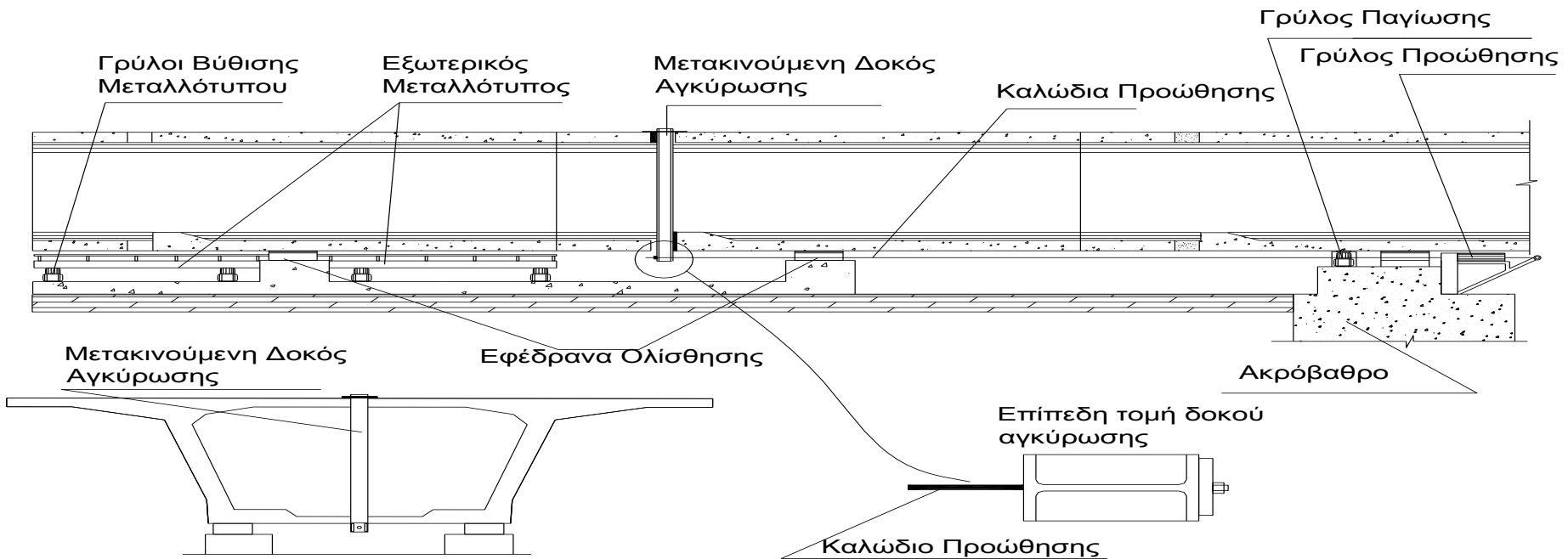
Κλίνη Σκυροδέτησης

- Περιλαμβάνει:
 - Ξυλότυπους και μεταλλότυπους για τη κατασκευή του φορέα.
 - Μηχανισμό για την ανύψωση και υποβιβασμό αυτών
 - Εφέδρανα ολίσθησης.
 - Δικτύωμα εγκάρσιων δοκών.
 - Δύο κύριες διαμήκεις δοκούς.
 - Γρύλλοι ανύψωσης για τη ανύψωση και τη βύθιση του μεταλλότυπου.



Πρώθηση με χρήση τενόντων

- Ανεξαρτητοποίηση δύναμης προώθησης από το βάρος του φορέα.
- Χρήση συρματόσχοινων ή ράβδων.
- Οι μεταλλικές δοκοί αγκύρωσης εισάγουν μεγάλες θλιπτικές τάσεις στις πλάκες του κιβωτίου με αποτέλεσμα να απαιτούνται ενισχύσεις σε αυτές.



Κύκλος εργασιών

ΗΜΕΡΕΣ

1

2

3

4

5

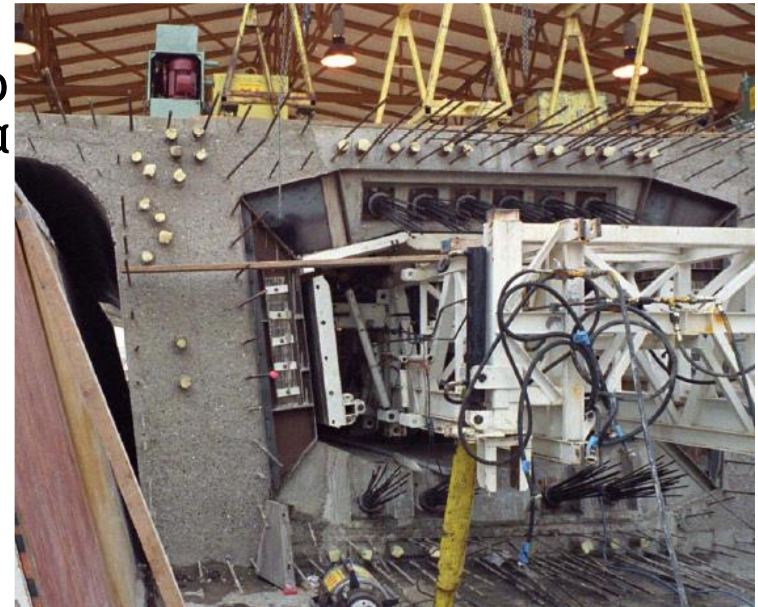
6

7

1	A. Έλεγχος αντοχής σκυροδέματος. B. Επιβολή προεντάσεως. Γ. Απομάκρυνση εσωτερικού και εξωτερικού μεταλλότυπου.							
2	A. Προώθηση φορέα. B. Καθαρισμός και συναρμολόγηση εξωτερικού μεταλλοτύπου.							
3	A. Τοποθέτηση προκατασκευασμένου οπλισμού κάτω πλάκας. B. Ολοκλήρωση εργασιών επί του προηγούμενου τμήματος.							
4	A. Ολοκλήρωση τοποθέτησης οπλισμού κάτω πλάκας. B. Τοποθέτηση τενόντων προέντασης. Γ. Τοποθέτηση εσωτερικού μεταλλότυπου.							
5	A. Τελικές ρυθμίσεις μεταλλοτύπων. B. Σκυροδέτηση κάτω πλάκας και κορμών.							
6	A. Απομάκρυνση μεταλλοτύπου κορμών. B. Τοποθέτηση μεταλλοτύπου άνω πλάκας. Γ. Τοποθέτηση οπλισμού άνω πλάκας.							
7	A. Ολοκλήρωση τοποθέτησης οπλισμού άνω πλάκας. B. Σκυροδέτηση άνω πλάκας.							
8	A. Σκλήρυνση σκυροδέματος. B. Συντήρηση εξοπλισμού.							

Πλεονεκτήματα

- Είναι σχετικά οικονομική μέθοδος, ως προς τον απαιτούμενο εξοπλισμό.
- Επιτυγχάνεται ταχύτατη πρόοδος του έργου, συγκρίσιμη με αυτήν πολύ οργανωμένης προκατασκευής.
- Η κατασκευή του φορέα σε ελεγχόμενο χώρο πίσω από το ακρόβαθρο προσφέρει ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της προκατασκευής (έλεγχος ποιότητας, κλπ.).
- Λόγω της μη-μονολιθικής σύνδεσης φορέα - μεσοβάθρων δεν εμφανίζεται ένταση από καταναγκασμούς (θερμοκρασιακές μεταβολές, συστολή ξήρανσης κλπ).



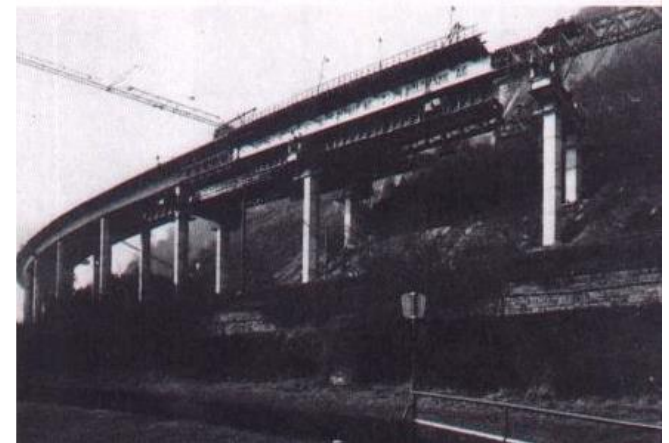
Μειονεκτήματα

- Γεωμετρικοί περιορισμοί στην χάραξη.
- Σχετικά μεγάλο ύψος και βάρος φορέα.
- Μεγάλη συνολική ποσότητα προέντασης
 - Μείωση με χρήση προσωρινής εξωτερικής προέντασης.
- Αδυναμία μονολιθικής σύνδεσης του φορέα καταστρώματος με τα βάθρα για την ανάληψη της σεισμικής δράσης
 - Χρήση σεισμικής μόνωσης.
- Υψηλή τεχνογνωσία και εξειδίκευση.
- Αυξημένη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα ελέγχων.

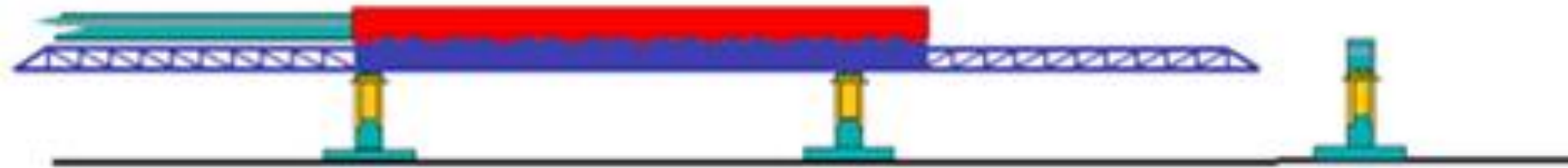


Μέθοδος Προωθούμενου Φορείου:

- Μέθοδος εφαρμοζόμενη από τις αρχές της δεκαετίας του 60:
 - 1961-1964: Krahnenberg Bridge (H. Wittfoht)
- Κατασκευή φορέα σε τμήματα:
 - Μήκους ίσου προς το τυπικό άνοιγμα.
 - Επί τόπου σκυροδέτηση.
- Κύκλος εργασίας:
 - Κατασκευή του 80% ενός ανοίγματος.
 - Κατασκευή του 20% του επόμενου ανοίγματος.
- Χρήση αυτοπροωθούμενου φορείου:
 - Επί του οποίου στηρίζεται το ικρίωμα του φορέα.
 - Το οποίο μεταφέρεται από άνοιγμα σε άνοιγμα.
 - Εδράζεται στα βάθρα και στο κατασκευασμένο τμήμα του φορέα.
- Βιομηχανοποίηση κατασκευής
- Ανεξαρτητοποίηση από αναγκαιότητα έδρασης στο έδαφος ανάμεσα στις στηρίξεις του φορέα



Κύρια Μέλη του Συστήματος:



Ζεύγος δοκών έδρασης

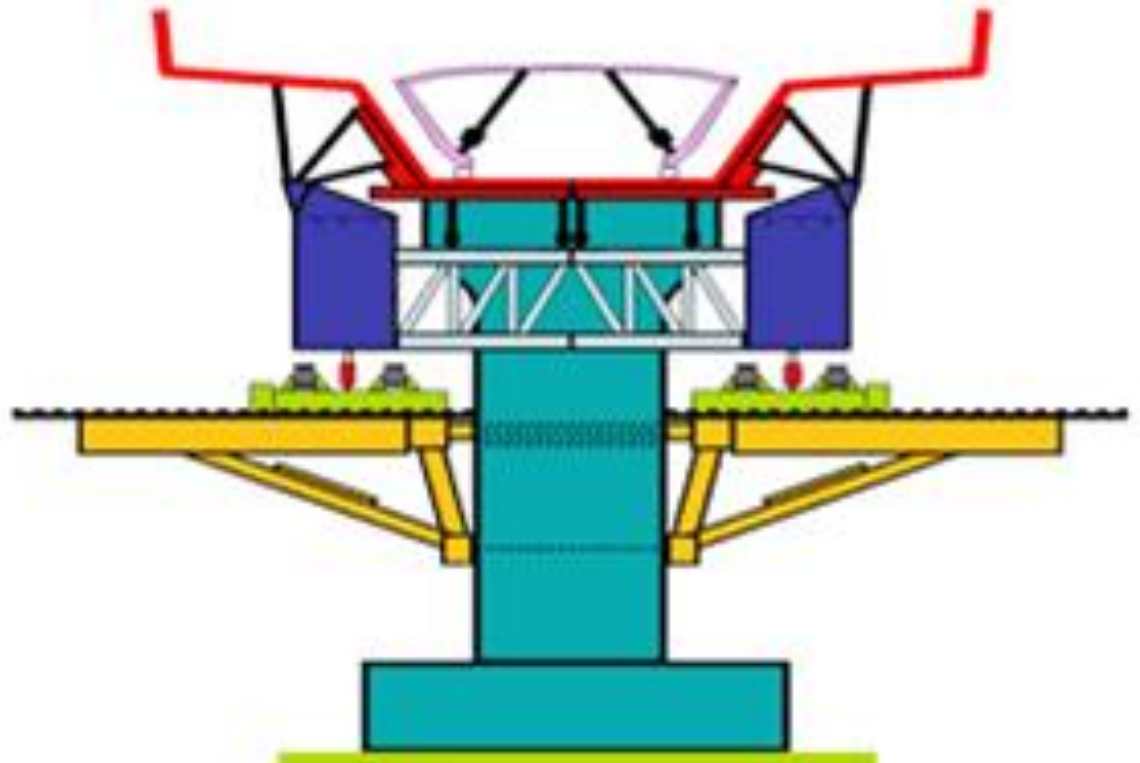
Φορείο Πρόωθησης

Ζεύγος κυρίων δοκών

Διαδοκίδες

Εξωτερικό Καλούπι

Εσωτερικό Καλούπι



Κύρια Μέλη του Συστήματος:

- Ζεύγος κυρίων δοκών:
 - δικτυωτών ή κιβωτιοειδών
 - μήκος λίγο μεγαλύτερο από το διπλάσιο του τυπικού ανοίγματος.
- Ζεύγος δοκών εδράσεως:
 - Τοποθετούνται εγκάρσιως στο άξονα των κυρίων δοκών
 - Προσωρινή σύνδεση με τα μεσόβαθρα.
- Διαδοκίδες:
 - Επί των οποίων στηρίζεται το ικρίωμα.
- Διατάξεις αναρτήσεων
- Συμπληρωματικές διατάξεις και συστήματα:
 - μηχανισμοί προωθήσεως,
 - γρύλοι εδράσεως κλπ.



Φάσεις Κατασκευής:

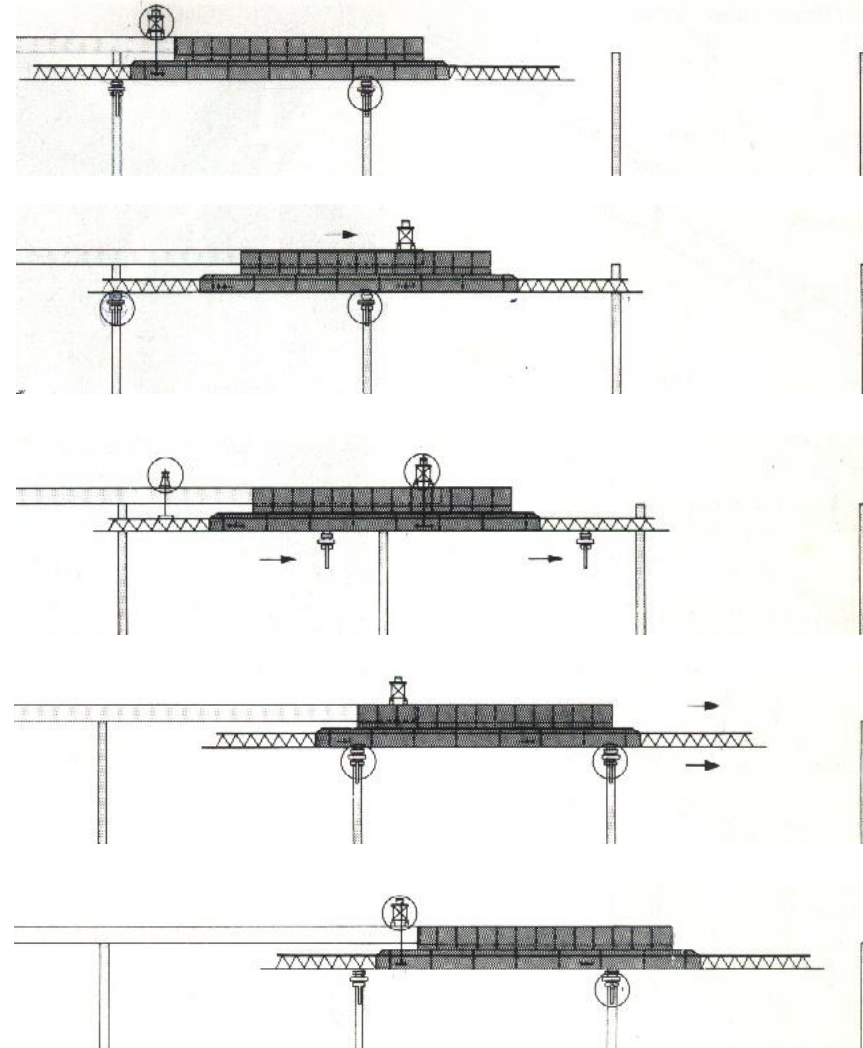
Ανάρτηση από το έτοιμο τμήμα (λίγο πριν τον αρμό) και στήριξή του επί της πρόσθιας δοκού εδράσεως.

Αποδέσμευση φορείου και μετακίνησή του μέχρις το κέντρο βάρους του να έρθει πάνω από το βάθρο.

Αποδέσμευση δοκών εδράσεως και προώθηση τους προς τις νέες θέσεις ενώ το φορείο αναρτάται από σκυροδετημένο τμήματα του φορέα

Μετάθεση του φορείου προς τη νέα θέση.

Θέση νέας σκυροδέτησης



Είδη φορείων: Φορεία Υποστήριξης

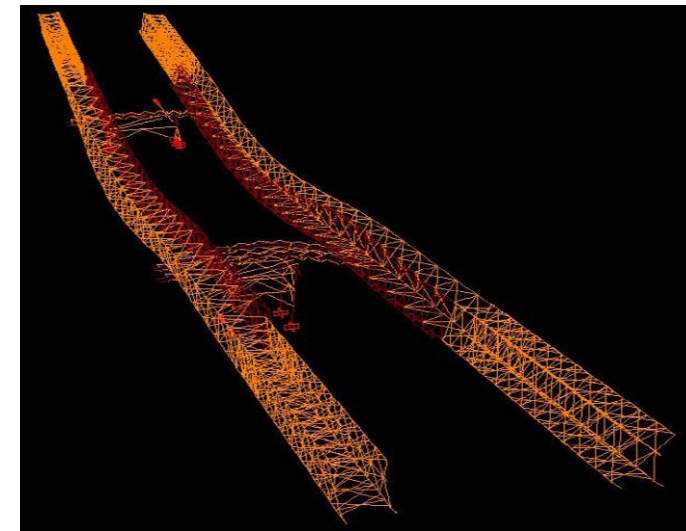
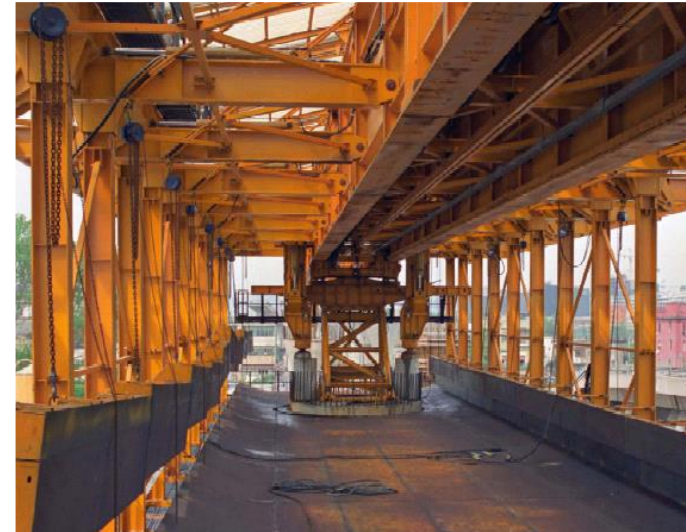
- Ο ξυλότυπος εδράζεται απευθείας στα φορεία.
 - Πλεονεκτήματα
 - αφήνει ελεύθερη την άνω επιφάνεια του φορέα,
 - παρέχει τη δυνατότητα στατικής εκμεταλλεύσεως του φορείου ως καλουπιού
 - εμφανίζει μικρότερη έκθεση σε ανεμοπιέσεις
 - μεταφέρει μικρότερα φορτία στο νεαρό σκυρόδεμα
 - έχει μηδενικό πρόσθετο εύρος καταλήψεως.
 - Μειονεκτήματα
 - οδηγεί σε δέσμευση στο διαθέσιμο ελεύθερο ύψος κάτω από την γέφυρα,
 - έχει ανάγκη προσωρινών φουρουσιών στα μεσόβαθρα για την στήριξη των φορείων

Είδη φορείων: Φορεία Ανάρτησης

- Ο ξυλότυπος αναρτάται από τα φορεία.
 - Πλεονεκτήματα
 - Όχι περιορισμός στο ύψος του φορέα
 - Ο εφοδιασμός με υλικά μπορεί να εξυπηρετηθεί μέσω των φορείων.
 - Δυνατότητα μικρότερων ακτινών και καμπυλότητας
 - Δυνατότητα «στεγάσεως» για καιρική προστασία.
 - Μειονεκτήματα
 - Ράβδοι αναρτήσεως διαμέσου του 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
 - Απαίτηση σημαντικού πρόσθετου εύρους καταλήψεως

Πλεονεκτήματα

- Συνεχής φορέας χωρίς αρμούς.
- Μεγάλη και πρακτικά εγγυημένη ταχύτητα κατασκευής συγκρίσιμη με προκατασκευή.
- Ευελιξία της χάραξης σε οριζοντιογραφία:
 - Μεταβλητή κατά μήκος καμπυλότητα.
 - Μεταβλητή κατά μήκος και εγκάρσια κλίση.
- Οικονομική λύση, εφόσον προϋπάρχει ο απαιτούμενος βαρύς ειδικός εξοπλισμός.
- Δυνατότητα επίτευξης παραβολικής χάραξης τενόντων, συνεχών από άκρο σε άκρο χωρίς σημαντικές απώλειες τριβών
 - Σταδιακής τάνυσης και επέκτασης με μάτιση από άνοιγμα σε άνοιγμα.



Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος ειδικού εξοπλισμού.
- Απαιτούμενη τεχνογνωσία για την χρήση του.
- Σχετικά περιορισμένο φάσμα ανοιγμάτων:
 - Άνω και κάτω όριο:
 - Δυσανάλογη αύξηση του κόστους κατασκευής και του βάρους του
 - Δεν δικαιολογείται για μικρά ανοίγματα.
- Υψηλό κόστος μεταφοράς, και εγκατάστασης του ειδικού εξοπλισμού.
- Απαίτηση χώρου στο πρώτο κυρίως άνοιγμα για συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση του ειδικού εξοπλισμού.



Σπονδυλωτή προκατασκευή με φορείο



- Η μέθοδος αυτή είναι από τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία κατασκευής γεφυρών μεγάλου μήκους και έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στις ΗΠΑ, στην Ευρώπη και στην Ασία αλλά όχι στην Ελλάδα.
- Ο φορέας προκατασκευάζεται σε σπονδύλους που περιλαμβάνουν το συνολικό πλάτος της διατομής και έχουν μήκος της τάξης μεγέθους του ύψους της (3m για το τυπικό άνοιγμα των 45m).
- Η συναρμολόγηση των σπονδύλων γίνεται σε ολόκληρο το μήκος κάθε φάσης με την βοήθεια και σε ανάρτηση από το φορείο-γέφυρα. Οι σπόνδυλοι συγκολλούνται στους αρμούς με εποξειδική ρητίνη υπό κατάλληλη προσωρινή προένταση. Ακολουθεί η επιβολή της οριστικής στατικής προέντασης της φάσης, με την οποία αποκτά την φέρουσα ικανότητά της και η μετακίνηση του φορείου στην θέση της επόμενης φάσης.
- Η διεπιφάνεια των αρμών, τόσο στους κορμούς όσο και στην άνω και κάτω πλάκα, είναι διαμορφωμένη με οδοντώσεις, κάθετα προς το μέσο επίπεδο του στοιχείου (κορμοί ή πλάκες), για την επίτευξη αυξημένης ικανότητας μεταφοράς τέμνουσας δύναμης μέσα σε αυτό το επίπεδο.

Κανονιστικά κείμενα – Κανονιστικό πλαίσιο

Σήμερα διατίθενται τα ακόλουθα κανονιστικά κείμενα που αφορούν γέφυρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα με σπονδυλωτή προκατασκευή:

- EN 1992-1-1, 2004, Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings
- EN 1992-2, 2005, Eurocode 2 - Design of concrete structures - Concrete bridges - Design and detailing rules
- EN 15050:2007+A1:2012 - Precast concrete products - Bridge elements - Annex G (informative) Precast segmental decks
- AASHTO: Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges - 2003 Interim Revisions
- Empfehlungen fuer Segmentfertigteiltbrücken mit externen Spanngliedern 1999 - Bundesministerium fur Verkehr, Bau- und Wohnungswesen - Abteilung Straßenbau, Strafenverkehr
- ASBI: CONSTRUCTION PRACTICES HANDBOOK FOR CONCRETE SEGMENTAL AND CABLE-SUPPORTED BRIDGES 2008

Στατική λειτουργία των αρμών και προένταση

- Η επίτευξη ταχείας και οικονομικής κατασκευής επιβάλλει την αποφυγή ράβδων οπλισμού σε συνάφεια με το σκυρόδεμα που συνεχίζονται μέσω της διεπιφάνειας των αρμών. Η χρησιμοποίηση περαστών εσωτερικών τενόντων με αποκατάσταση συναφείας είναι επίσης ασύμφορη λόγω των αυξημένων στατικών και κατασκευαστικών απαιτήσεων για την προστασία τους που θα την συνόδευαν. Έτσι η τελική προένταση προβλέπεται εσωτερική χωρίς συνάφεια. Επισημαίνεται ότι δεν υπάρχει μεταξύ σπονδύλων μεταφορά εφελκυστικών δυνάμεων στους αρμούς καθώς αγνοείται η εφελκυστική αντοχή της συγκόλλησης.
- Η μεταφορά διατμητικών δυνάμεων στους αρμούς γίνεται κυρίως μέσω των δυνάμεων διατμητικής κλείδας που μεταφέρουν οι οδοντώσεις, σε συνδυασμό με την τριβή που αναπτύσσεται από την θλιπτική δύναμη που εξασφαλίζει η προένταση.
- Πρέπει να σημειωθεί ότι, όταν μία φόρτιση προκαλεί, σε κάποιο άνοιγμα του φορέα, τοπικό άνοιγμα του αρμού στο κάτω ή στο άνω πέλμα του κιβωτίου, το άνοιγμα αυτό του αρμού, πέραν κάποιου ορίου, μηδενίζει την ικανότητα μεταφοράς διατμητικής δύναμης στο επίπεδο του αντίστοιχου πέλματος. Επομένως μηδενίζει και την ικανότητα ανάληψης και μεταφοράς προς τις εκατέρωθεν στηρίξεις, στρεπτικής ροπής, μέσω της ιδιαίτερα ευνοϊκής περιφερειακής διατμητικής ροής (Bredt), η οποία αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της διατομής κιβωτίου (δράση κιβωτίου). Για μια τέτοια φόρτιση, η ροπή στρέψης, σε αυτό το άνοιγμα του φορέα, αναλαμβάνεται σχεδόν εξ' ολοκλήρου, ως ζεύγος κατακόρυφων δυνάμεων, μόνον από τους δύο κορμούς ανοικτής διατομής μορφής Π ή U αντίστοιχα (βλ. Σχήμα 6.106 στο [1β]). Αυτό πρακτικά διπλασιάζει την τέμνουσα δύναμη των κορμών η οποία οφείλεται στην ροπή στρέψης.

Σπόνδυλοι

Η διάστρωση του σκυροδέματος γίνεται στο Εργοτάξιο Προκατασκευής υπό ελεγχόμενες βιομηχανικές συνθήκες Απαιτούνται συνεπώς:

- Ορθός προσδιορισμός της γεωμετρίας της μορφής του φορέα στην επιθυμητή κατάσταση-στόχο κατά την συναρμολόγηση, λαμβάνοντας υπόψη τις μόνιμες παραμορφώσεις του φορέα που θα ακολουθήσουν αλλά και εκείνες του ικριώματος.
- Ακριβής ρύθμιση της σχετικής θέσης του τύπου για την διάστρωση του νέου σπονδύλου σε σχέση με τον προηγούμενο.
- Ακριβής και συνεχής γεωμετρικός-τοπογραφικός έλεγχος των παραπάνω ρυθμίσεων στο Εργοτάξιο Προκατασκευής.
- Ακριβής και συνεχής γεωμετρικός-τοπογραφικός έλεγχος σε όλες τις φάσεις της επιτόπου συναρμολόγησης του φορέα.
- Οι σπόνδυλοι στους οποίους γίνεται γωνιακή εκτροπή ή αγκύρωση τενόντων εξωτερικής προέντασης και ο ενισχυμένος σπόνδυλος στήριξης στα βάθρα πρέπει να έχουν κατάλληλη διαμόρφωση και όπλιση για την ανάληψη των σχετικών τοπικών δράσεων.

Αρμοί

Σύμφωνα με το EN 15050:2007 χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι 2 τύποι αρμών μεταξύ των σπονδύλων:

- Αρμοί με συγκόλληση:
 - Είναι αρμοί επαφής με προεπάλειψη της διεπιφάνειας με κατάλληλη εποξειδική ρητίνη.
 - Η συγκόλληση γίνεται συνήθως κατά ομάδες 3 – 4 σπονδύλων ώστε να διασφαλίζεται η αποφυγή πήξης της ρητίνης και η οποία επιτυγχάνεται με ελαφρά πρόθλιψη, συνήθως μέσω ράβδων προσωρινής εξωτερικής προέντασης.
 - Γενικά πριν αρχίσουν οι εργασίες συγκόλλησης σε ένα άνοιγμα, είναι σκόπιμο το ικρίωμα-φορείο να έχει φορτιστεί με όλους τους σπονδύλους (πλην ενός) της αντίστοιχης φάσης, ώστε οι συγκολλημένοι και μη-προεντεταμένοι αρμοί να μην επιπονηθούν από την παραμόρφωση του φορείου.
- Αρμοί με κονίαμα:
 - Είναι αρμοί με πλάτος μερικών εκατοστών, με πλήρωση από κονίαμα ή λεπτό σκυρόδεμα υψηλής αντοχής. Αρμός αυτού του τύπου προβλέπεται συνήθως μεταξύ του σπονδύλου στήριξης σε βάθρο και του τελευταίου σπονδύλου του προηγούμενου ανοίγματος καθώς μπορεί να απορροφήσει πολύ μεγαλύτερη γωνιακή απόκλιση από ένα συγκολλημένο αρμό.

Εργοτάξιο Προκατασκευής

- Η θέση του Εργοταξίου Προκατασκευής των σπονδύλων έχει σημαντική επίδραση στην οικονομικότητα της κατασκευής και στις προκαλούμενες οχλήσεις.
- Για το προκείμενο Έργο, η γενικότερη περιοχή της Ευκαρπίας παρέχει στον Εργολάβο αρκετές δυνατότητες επιλογής κατάλληλης θέσης, ανάλογα με τον γενικότερο σχεδιασμό της κατασκευής που θα προβλέπεται στην προσφορά του. Ελκυστική εμφανίζεται η περιοχή πλησίον ή/και σε συνδυασμό με ήδη λειτουργούσα μεγάλη μονάδα παραγωγής Ετοιμού Σκυροδέματος που βρίσκεται κοντά στην αρχή του Έργου

Πλεονεκτήματα Σπονδυλωτής Προκατασκευής

- Μείωση του χρόνου κατασκευής
 - Συγχρονισμός δραστηριοτήτων
 - Ταχεία συναρμολόγηση σπονδυλωτού φορέα
- Ελαχιστοποίηση όχλησης στην κυκλοφορία
- Μαζική εν σειρά παραγωγή σπονδύλων
- Βελτιωμένος ποιοτικός έλεγχος
- Μειωμένη εξάρτηση από καιρικές συνθήκες
- Σπόνδυλοι σχετικά μικρού μήκους και βάρους
- Αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων διατομής κιβωτίου

Μειονεκτήματα Σπονδυλωτής Προκατασκευής

- Παράγοντες που αυξάνουν την αρχική δαπάνη
 - Δαπάνη προμήθειας/απόσβεσης και αρχικής εγκατάστασης φορείου-γεφύρας (Gantry).
 - Δαπάνη για την απαιτούμενη αυξημένη προένταση (πλήρης προένταση υπό φορτία λειτουργίας), με μερική αντιστάθμιση από την αντίστοιχη μείωση του σπλισμού
- Επιβάρυνση από το ίδιο βάρος του φορείου-γεφύρας (Gantry) κατά την κατασκευή
- Δυσχέρειες εφαρμογής νέας τεχνολογίας (π.χ. στις αυξημένες απαιτήσεις για την μελέτη, για τον έλεγχο γεωμετρίας σπονδύλων κλπ)



Εργοτάξιο Προκατασκευής

(εφαρμογή στο Metro του Riyadh - 2016)

Χώρος Προσωρινής Τοποθέτησης



2-2-P37-13D
20-JAN-16
M123



Η κατασκευή – Φάση Προέντασης





