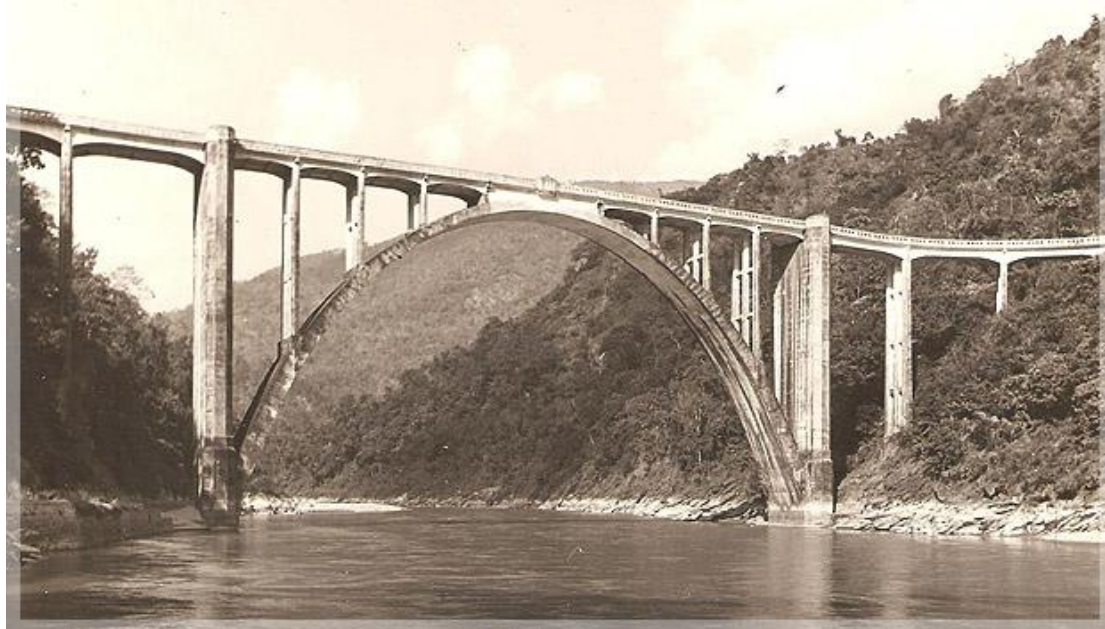


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:
ΚΟΓΚΑΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ
ΦΥΚΑΡΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :
ΠΑΓΑΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΠΑΤΡΑ 27 / 4 / 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καταρχάς θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους επιβλέποντες καθηγητές της πτυχιακής μας κ. Παγανό Δημήτριο και τον κ. Ζαχαρία Χρήστου, για την καθοδήγησή τους και την βοήθειά τους σε κάθε φάση της δημιουργίας της. Τους κυρίους Ι. Λεπίδα, Ι. Σπινάσα, Χ. Σκάρλο, Ν. & Σ. Πανουτσόπουλο η συνεισφορά των οποίων ήταν σημαντική για την ολοκλήρωση της εργασίας μας, με την παροχή βιβλιογραφικού υλικού και υποδείξεων. Θέλουμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στις οικογένειες μας για την διαρκή τους υποστήριξη, που επέτρεψε την επιτυχή διεκπεραίωση των σπουδών μας. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας και τους συναδέλφους μας για τα όμορφα φοιτητικά χρόνια που περάσαμε μαζί.

Κόγκας Αργύριος

Φύκαρης Μιχάλης

Πάτρα 27/4/2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το κύριο θέμα της πτυχιακής μας είναι η παρουσίαση των υλικών και των μεθόδων – τεχνικών επισκευής και αποκατάστασης των φερόντων οργανισμών, συγκεκριμένα των γεφυρών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η επιλογή του θέματος έγινε με τη σκέψη ότι εργασία είναι ένα σύνολο από γνώσεις που λάβαμε κατά τη φοίτηση μας στο τμήμα. Πιο συγκεκριμένα από θεωρητικές και εργαστηριακές γνώσεις τεχνικών έργων οδοποιίας και οπλισμένου σκυροδέματος. Με βάση λοιπόν το γνωστικό μας υπόβαθρο και την καθοδήγηση των καθηγητών μας συγκεντρώσαμε τις απαραίτητες πληροφορίες για τη δόμηση της εργασίας μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα ‘Νέες τεχνολογίες – υλικά επισκευών γεφυρών από σκυρόδεμα’ αποτελείται από τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη νύξη στην εξέλιξη των γεφυρών, μια παράλληλα σαφής περιγραφή των κύριων δομικών τους στοιχείων καθώς και μία αναφορά στις μεθόδους κατασκευής αυτών. Εν συνεχεία, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία απλή περιγραφή και ταξινόμηση των παραγόντων που οδηγούν στη δημιουργία φθορών, στις τυπικές φθορές του σκυροδέματος, στα δομικά μέλη της γέφυρας και στον ίδιο το φορέα. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στη διαδικασία επιθεώρησης καθώς και μία εκτενής περιγραφή και κατάταξη των μεθόδων επισκευής που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση των φθορών. Παράλληλα παρουσιάζονται τα υλικά επισκευής και οι μηχανικές τους ιδιότητες. Ακολουθεί η παρουσίαση και ανάλυση των μεθόδων των επιφανειακών επισκευών καθώς και η αναλυτική περιγραφή της επισκευής των ρωγμών. Τέλος έχουμε μια σύντομη αναφορά στους τρόπους συντήρησης και αποκατάστασης των γεφυρών από σκυρόδεμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	II
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	IV
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	V
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ & ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	VII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	VIII
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
A. Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη γεφυρών.....	1
B. Δομικά υλικά κατασκευής των γεφυρών.	9
B.1 Φυσικοί λίθοι.....	9
B.2 Τεχνητοί λίθοι.....	9
B.3 Σκυρόδεμα.....	9
B.4 Χάλυβες.....	10
B.5 Επιστρώσεις και στεγάνωση	10
Γ. Είδη φορέων των γεφυρών	11
Δ. Ανωδομή - Είδη διατομών	12
Ε. Υποδομή - Είδη ακροβάθρων, μεσόβαθρων, πτερυγοτοιχών, αρμών και εφεδράνων.....	14
Στ. Εξαρτήματα γεφυρών	17
Ζ. Μέθοδος κατασκευής	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	25
Α. Κατάταξη των παραγόντων που οδηγούν σε επιδείνωση της γέφυρας	25
Β. Τυπικές φθορές δομών από σκυρόδεμα	36
Γ. Τυπικές ζημιές σε μεσόβαθρα και ακρόβαθρα των γεφυρών	42
Δ. Τυπικές φθορές σε γέφυρες από σκυρόδεμα	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	66
Α. Επιθεώρηση υφιστάμενης κατασκευής	66
Β. Κατάταξη των τεχνικών και υλικών επισκευής.....	86
Γ. Επιφανειακές επισκευές	97
Δ. Επισκευή ρωγμών	122
Ε. Γενικές Διαδικασίες Συντήρησης και Αποκατάστασης του τεχνικού	135
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	145
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	146

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ & ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

PCC : Polymer Cement Concrete

PC : Polymer Concrete

FRC : Fiber Reinforcement Concrete

RC: Reinforcement Concrete

SFRC : Steel Reinforcement Concrete

CM :Cement Mortar

FC : Fiber Concrete

FS: Fiber Shotcrete

N/T : Λόγος Νέρου/Τσιμέντου

CFP : Collated Fibrillated Polypropylene

PCP : Polymer Concrete που εφαρμόζεται σε οριζόντιες και ελαφρώς επικλινείς επιφάνειες

PCO : Polymer Concrete που εφαρμόζεται σε κατακόρυφες και υπερβολικά επικλινείς επιφάνειες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει συνεχώς αυξανόμενος αριθμός κτιρίων , γεφυρών και άλλων κατασκευών που εμφανίζουν σημάδια καταπόνησης μέσα σε σχετικά μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα από την κατασκευή τους. Έτσι συχνά καλείται ο μηχανικός να αντιμετωπίσει το πρόβλημα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα που παρουσιάζουν βλάβες, που χρήζουν επισκευής ή που για κάποιον λόγο χρειάζονται ενίσχυση. Για λόγους οικονομίας αλλά και εξοικονόμησης χρόνου έγινε επιτακτική η ανάγκη για ενίσχυση και επισκευή των κατασκευών που έχουν υποστεί φθορές αντί για την εκ βάθρων ανακατασκευή τους. Παρ' όλα αυτά , όπως ακριβώς η κατασκευή έτσι και η επισκευή υπόκεινται φθορές με το πέρασμα του χρόνου οι οποίες εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες προκαλώντας αρνητικές συνέπειες στη λειτουργικότητα και τις ιδιότητες του νέου υλικού και κατ' επέκταση όλου του συστήματος επισκευής. Για τους ανωτέρω λόγους έχουν ανακαλυφθεί διάφορες μέθοδοι επισκευής που καλύπτουν όλο το ευρύ φάσμα των επιβλαβών παραγόντων που οδηγούν στη σταδιακή επιδείνωση του φέροντος οργανισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Α. Ιστορική αναδρομή και εξέλιξη γεφυρών

Η κατασκευή γεφυρών είναι ένα από τα πρώτα έργα «υποδομής» του ανθρώπου, τα οποία υλοποίησε από αρχαιοτάτων χρόνων. Οι πρώτες γέφυρες ήταν από ξύλο, σχοινιά ή λίθους ,με τη μορφή δοκών ή κρεμαστών κατασκευών. Στη χώρα μας οι πρώτες γέφυρες κατασκευάστηκαν στη Κρήτη με λίθινα βάθρα και λίθινες πλάκες εδρασμένες για κατάστρωμα, έχουν διασωθεί επίσης μυκηναϊκές πέτρινες γέφυρες. Οι Κινέζοι κατασκεύασαν δοκούς από γρανίτη μήκους 18.00 m. Οι Γερμανοί και οι Ελβετοί τεχνίτες κατόρθωσαν να οδηγήσουν τις ξύλινες γέφυρες στην πλήρη τους ανάπτυξη κατά το 18^ο αιώνα. Μία πολύ σημαντική επίτευξη της εποχής ήταν η ξύλινη γέφυρα του Ρήνου στο Schaffhausen που κατασκευάστηκε το 1758 από τον αρχιμάστορα J. U. Grubenmann με άνοιγμα 118.00 m.



Εικ.1.1 Γέφυρα Ρήνου περιοχή Schaffhausen στην Ελβετία l=118.00 m, J. U. Grubenmann 1758.

Ιστορικό ενδιαφέρον έχουν επίσης οι κρεμαστές γέφυρες στη Κίνα περί το 300 π.Χ. στη επαρχία Γιουνάν. Το ξύλινο κατάστρωμα της γέφυρας κρεμόταν από σφυρήλατες σιδηρές αλυσίδες στη πόλη King-Tung-fu. Στη Νότια Αμερική είχαν εγκαταστήσει οι Ινδιάνοι Ίνκας ένα εκτεταμένο δίκτυο δρόμων κατά μήκος των εδαφών προς τον Ειρηνικό ωκεανό και πάνω στην οροσειρά των Άνδεων. Αυτό αποτελούνταν από πολλές σχοινένιες γέφυρες και προοριζόταν για τη διέλευση δρομέων και κοπαδιών λάμα.

Λίθινες θολωτές γέφυρες κατασκεύαζαν οι Κινέζοι και οι Ρωμαίοι την π.Χ. εποχή. Η τέχνη της μόρφωσης των γεφυρών και της

κατεργασίας του λίθου γνώρισε ιδιαίτερη άνθηση στους ρωμαϊκούς χρόνους, οι κατασκευές αυτές ήταν ημικυκλικά τόξα με μέγιστο άνοιγμα 30.00 m. Παραδείγματα: η γέφυρα του Αδριανού στον Τίβερη, η Ponte Piedra στη Βερόνα. Οι καταπληκτικοί αυτοί οικοδόμοι γεφύρωσαν ολόκληρες κοιλάδες για τα υδρευτικά τους έργα.



Εικ.1.2 Pont du Gard στις Nimes, Νότια Γαλλία, 180 μ.Χ.

Στον Μεσαίωνα άρχισε να αυξάνεται η ακτίνα καμπυλότητας των θόλων με μέγιστο άνοιγμα 50.00 m. Παραδείγματα: γέφυρα Scaliger στη Βερόνα 1354, το Ponte Vecchio στη Φλωρεντία, η γέφυρα του Ροδανού στην Ανιγνον, η γέφυρα του Δούναβη στο Regensburg, η γέφυρα του Καρόλου στην Πράγα, η γέφυρα στον Main στο Wurzburg κ.α.



Εικ.1.3 Γέφυρα Scaliger στη Βερόνα 1354



Εικ1.4 Γέφυρα Ponte Vecchio στη Φλωρεντία



Εικ1.5 Γέφυρα του Ροδανού στην Avignon



Εικ.1.6 Γέφυρα του Δούναβη στο Regensburg

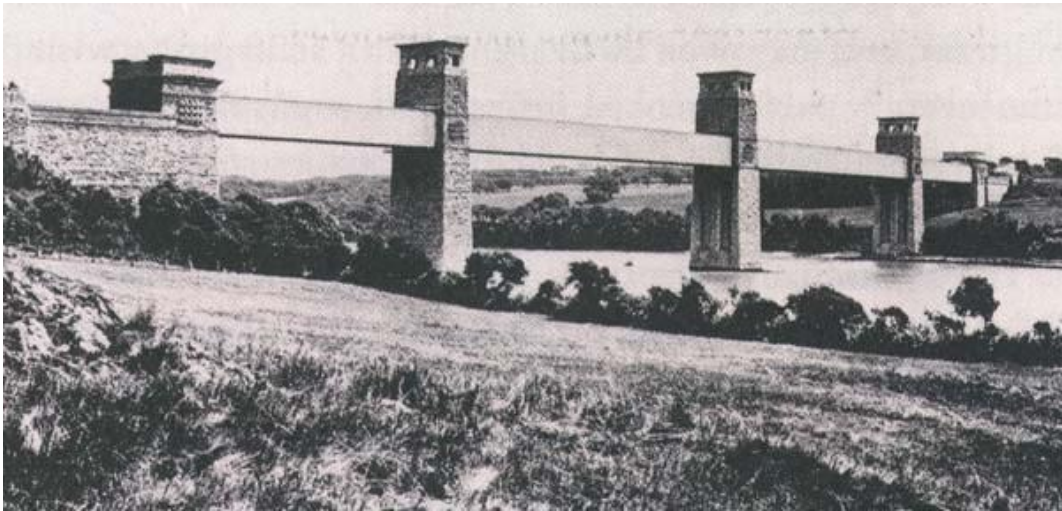


Εικ.1.7 Γέφυρα Καρόλου στην Πράγα



Εικ.1.8 Γέφυρα στον Main στο Würzburg

Χυτοσιδηρές γέφυρες τοξωτής μορφής εμφανίστηκαν στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Με την εμφάνιση του σιδηρόδρομου χρειάστηκαν μεγάλες γέφυρες για βαριά φορτία. Οι λίθινες γέφυρες γεφύρωσαν ολόκληρες κοιλάδες όπως η γέφυρα στη Σαξονία με μήκος 578.00 m και ύψος 78.00 m. Τα νέα υλικά ήταν ο σφυρήλατος σίδηρος και ο χάλυβας. Το 1846 ο γιός του εφευρέτη της ατμομηχανής Robert Stephenson κατασκεύασε τη γέφυρα Britannia, την πρώτη μεγάλη γέφυρα μορφής δοκού κιβωτιοειδούς διατομής από σφυρήλατο σίδηρο με άνοιγμα 141.00 m στον δρόμο Main στη Αγγλία.



Εικ.1.9 Γέφυρα Britannia στον δρόμο Main στη Αγγλία.

Σύντομα εμφανίστηκαν και χάλυβδινοι δικτυωτοί φορείς όπως η γέφυρα Weichsel στο Dirschau με έξι ανοίγματα των 124.00 m το καθένα το 1850. Αργότερα ήρθαν οι κρεμαστές και οι δικτυωτές κατασκευές. Τεράστια ανοίγματα επιτεύχθηκαν με κατασκευές προβόλων όπως η σιδηροδρομική γέφυρα στο Firth of Forth στη Σκωτία με ανοίγματα 512.00 m μεταξύ 1883-1890.



Εικ.1.10 Γέφυρα Firth of Forth στη Σκωτία με ανοίγματα 512.00 m μεταξύ 1883-1890.

Από το 1900 άρχισαν να κατασκευάζονται οι πρώτες γέφυρες από ένα νέο υλικό το σκυρόδεμα. Στην αρχή οι γέφυρες ήταν τριαρθρωτά τόξα όπου το σκυρόδεμα αντικαθιστούσε τους λίθους. Το σκυρόδεμα ή σιδηροπαγές σκυρόδεμα όπως ήταν γνωστό τότε, χρησιμοποιήθηκε αρχικά στις πλάκες καταστρώματος εν συνεχεία στις νευρώσεις των τόξων και στη συνέχεια σε άλλα μέλη της γέφυρας. Μόνο από το 1912 και μετά άρχισε να χρησιμοποιείται σε γέφυρες μορφής δοκού ή πλαισιωτές, για ανοίγματα όμως μέχρι 30.00 m. Την ίδια εποχή οι τοξωτές γέφυρες από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευάζονταν με όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις. Η γέφυρα του Sando στη Σουηδία που κατασκευάστηκε μεταξύ 1941-1945 έχει άνοιγμα τόξου 280.00 m.



Εικ.1.11 Γέφυρα του Sando στη Σουηδία που κατασκευάστηκε μεταξύ 1941-1945 έχει άνοιγμα τόξου 280.00 m.

Γέφυρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα άρχισαν να κατασκευάζονται από το 1938 αλλά η ανάπτυξη τους διακόπηκε με τον πόλεμο. Μόνο μετά το 1948 το προεντεταμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκε στη γεφυροποιία. Προτιμήθηκαν κυρίως δοκοί με ανοίγματα μέχρι 230.00 m. Με λοξά καλώδια επιτεύχθηκαν ανοίγματα των 300.00 m. Γέφυρα στον ποταμό Columbia στο Pasco – Kennewick F.Leonhardt και γέφυρα στον ποταμό Σηκουάνα στη Brotonne Jean Muller.

B. Δομικά υλικά κατασκευής των γεφυρών.

B.1 Φυσικοί λίθοι

Στη γεφυροποιία χρησιμοποιήθηκαν κατά το παρελθόν με μεγάλη επιτυχία φυσικοί λίθοι. Αυτά τα υλικά όπως ο γρανίτης, ο διορίτης, ο βασάλτης, η βασαλτική λάβα, οι ασβεστόλιθοι όπως το μάρμαρο, οι ψαμίτες και οι τραβερτίνες χρησιμοποιήθηκαν στα βάθρα και στις θολωτές κατασκευές. Αυτό συμβαίνει λόγω των ιδιοτήτων τους, οι φυσικοί λίθοι έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε διάβρωση και τριβή σε σχέση με το σκυρόδεμα κάτι που είναι πολύ σημαντικό για τα βάθρα γεφυρών που γεφυρώνουν ποτάμια. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό τους είναι ότι έχουν καλύτερο βαθμό γήρανσης από το σκυρόδεμα, δηλαδή η εξωτερική τους όψη είναι καλή και μετά από αρκετά χρόνια (ρωμαϊκές γέφυρες) . Επιπλέον διατηρούνται καλύτερα στις 'επιθέσεις' της ατμόσφαιρας, φυσικές και χημικές. Τέλος οι επιφάνειες από φυσικούς λίθους είναι προτιμότερες από το χρωματικά μονότονο και απωθητικό ορατό σκυρόδεμα και έτσι συμβάλλουν στη δημιουργία καλύτερου περιβάλλοντος και ποιότητας ζωής τόσο στις πόλεις όσο και στην ύπαιθρο. Δυστυχώς σήμερα η χρήση τους σπανίζει εξαιτίας του υψηλού κόστους κατεργασίας τους.

B.2 Τεχνητοί λίθοι

Μερικές φορές χρησιμοποιούνται στη γεφυροποιία για επενδύσεις βάθρων:

Κλίνκερ οικοδομών KMz 28 με θλιπτική αντοχή 28.00 MPa

Τούβλα επένδυσης VMz 20 με θλιπτική αντοχή 20.00 MPa

B.3 Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα είναι το υλικό που έχει καθιερωθεί στα περισσότερα έργα υποδομής. Χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα μέλη της γέφυρας ως μόνο του και υπό μορφές σύνθετες, οπλισμένο ή προεντεταμένο. Από τη φύση του εμφανίζει μεγάλη θλιπτική αντοχή ενώ με τη χρήση του χάλυβα ο οποίος έχει μεγάλη εφελκυστική αντοχή καθώς και με τη χρήση των καλωδίων (προένταση) μετατρέπεται σε ένα πολύ ανθεκτικό δομικό υλικό. Στην ανωδομή χρησιμοποιούνται κανονικά σκυροδέματα B 25 – B 55 κατά Din1045 και C20/25 – C45/50 κατά τον ευρωκώδικα στα θεμέλια

και τα επενδυμένα βάθρα κανονικά σκυροδέματα B 15 – B 35 , C12/15 – C30/37. Τα ελαφρά σκυροδέματα υψηλής αντοχής LB 35 – LB 45 , LC30/37 – LC45/55 προτιμούνται για την κατασκευή μεγάλων ανοιγμάτων λόγω του μικρού ιδίου βάρους.

B.4 Χάλυβες

Ως κοινοί οπλισμοί πρέπει να χρησιμοποιούνται χάλυβες με νευρώσεις ποιότητας S500S - B500C υψηλής ολκιμότητας και συνάφειας επειδή χρειάζονται στον περιορισμό των ρωγμών. Οι επιμηκύνσεις των ράβδων θα πρέπει να αποφεύγονται . Παρά τη δυναμική καταπόνηση των γεφυρών σπάνια είναι καθοριστική η αντοχή σε κόπωση. Τα συγκολλητά πλέγματα χρησιμοποιούνται ως κύριος οπλισμός.

Ως χάλυβες προέντασης για τους τένοντες επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μόνο οι εγκεκριμένοι χάλυβες προέντασης, εφόσον ληφθούν υπόψη κάθε φορά οι όροι των εγκριτικών αποφάσεων.

B.5 Επιστρώσεις και στεγάνωση

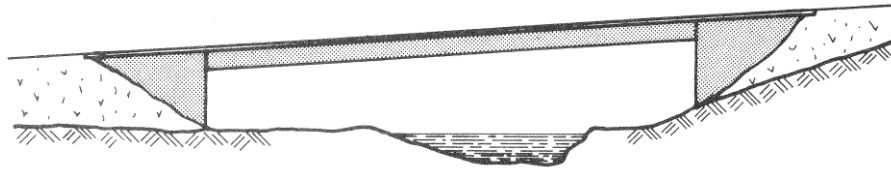
Επιστρώσεις: Το σκυρόδεμα ως επίστρωση χρησιμοποιείται πάντα οπλισμένο με ελάχιστο πάχος 180 mm. Οι πλάκες πρέπει να εξασφαλίζονται για ολίσθηση πάνω στη στεγανωτική στρώση. Επιτρέπεται να μη διαταχθούν εγκάρσιοι αρμοί όταν ο άνω διαμήκης οπλισμός είναι $\Phi 12, e=100$ mm και η επικάλυψη από σκυρόδεμα να είναι 40 – 50 mm.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιστρώσεις που παραμένουν αναλλοίωτες: χυτάσφαλτοι πάχους 40 – 60 mm ασφαλτοσκυρόδεμα πάχους 50 – 70 mm

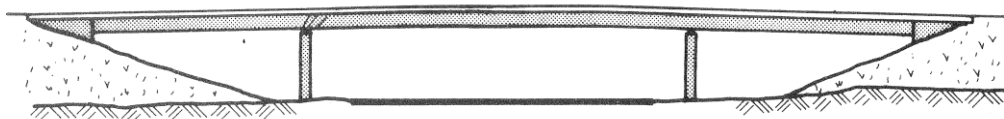
Στεγάνωση: Καμία επίστρωση δεν είναι τελείως στεγανή οπότε οι πλάκες καταστρώματος πρέπει να προστατεύονται από ύδατα με διαβρωτικές ουσίες. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται στεγανωτικές στρώσεις μεταξύ της πλάκας καταστρώματος και της επίστρωσης. Παράδειγμα: όταν χρησιμοποιούνται διαβρωτικές ουσίες για προστασία από παγετό (ραντισμός με αλάτι). Οι στεγανωτικές στρώσεις είναι συνήθως από ασφατικά προϊόντα (μάλθη=ασφάλτιο), φύλλων χαλκού ή αλουμινίου ή άλλων τεχνητών υλών. Τέλος έχει αποδειχθεί ότι καταλληλότερα υλικά στεγάνωσης είναι οι ασφατικές μαστίχες και οι μονωτικές στρώσεις με εποξειδικές ρητίνες.

Γ. Είδη φορέων των γεφυρών

Γ.1 Γέφυρες μορφής δοκού: ενδείκνυνται για μεγάλα μήκη γεφύρωσης 800.00 m – 1000.00 m. Επιπλέον μορφώνονται έχοντας παράλληλα πέλματα δηλαδή το κάτω πέλμα να είναι παράλληλο με την ερυθρά της οδού. α) Δοκοί ενός ανοίγματος β) Συνεχείς δοκοί

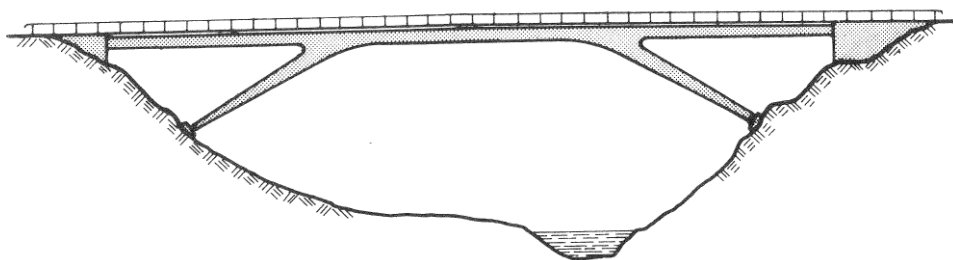


Εικ.Γ.1.1 Δοκός ενός ανοίγματος



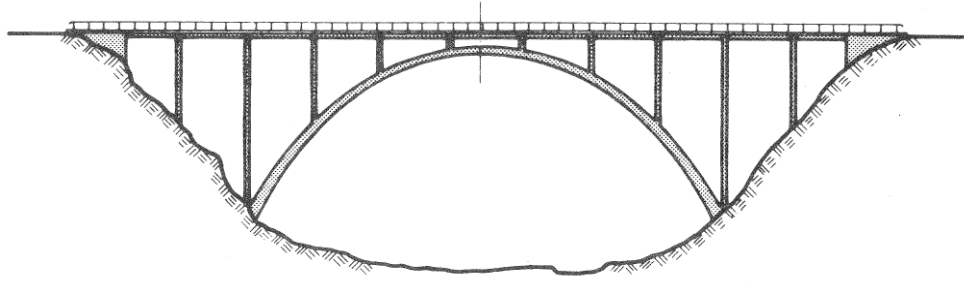
Εικ.Γ.1.2 Συνεχής δοκός

Γ.2 Πλαισιωτές γέφυρες: δημιουργούνται με την άκαμπτη σύνδεση της δοκού της γέφυρας με τα τοιχώματα των ακροβάθρων ή των μεσόβαθρων.



Εικ.Γ.2.1 Αντηριδωτό πλαίσιο σε κοιλάδα με απότομες πλαγιές

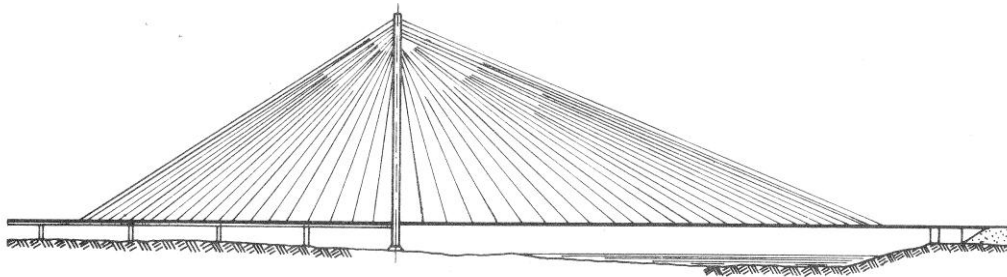
Γ.3 Τοξωτές γέφυρες: έχουν τρεις μορφές στη πρώτη έχουμε το τόξο σαν στήριγμα του καταστρώματος, στη δεύτερη το κατάστρωμα να κρέμεται από το τόξο και τέλος στη τρίτη το ίδιο το τόξο να είναι το κατάστρωμα.\



Εικ.Γ.3.1 Υψηλή τοξωτή γέφυρα με επικάθηση στη κορυφή

Γ.4 Κρεμαστές γέφυρες: αποτελούνται από παραβολικά καλώδια και κατακόρυφους αναρτήρες έχοντας κρεμασμένο το κατάστρωμα από αυτούς.

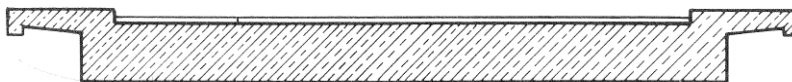
Γ.5 Καλωδιωτές γέφυρες: έχουν το κατάστρωμα αναρτημένο με λοξά καλώδια από πυλώνες.



Εικ.Γ.5.1 Καλωδιωτή γέφυρα

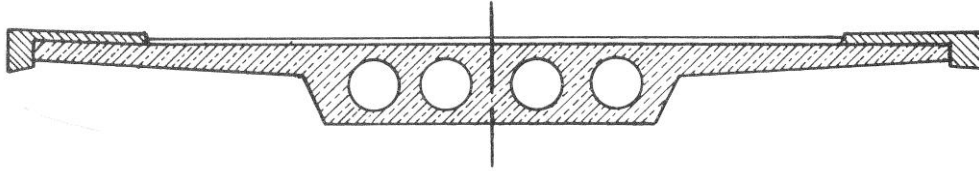
Δ. Ανωδομή - Είδη διατομών

Δ.1 Διατομή συμπαγούς πλάκας: εφαρμόζεται σε μικρές γέφυρες ενός ανοίγματος μέχρι 20.00 m, σε συνεχείς γέφυρες με περισσότερα ανοίγματα μέχρι 30.00 m. Το πάχος τους μπορεί να μεταβάλλεται από 250 – 700 mm.



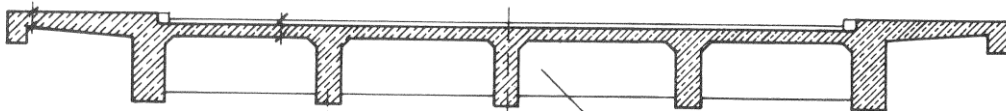
Εικ.Δ.1.1 Διατομή απλής ολόσωμης πλάκας

Δ.2 Διατομή με διάκενα: εφαρμόζεται όταν το $h > 700$ mm, είναι πλάκες με εγκαταλειπόμενους μεταλλότυπους κοίλης ορθογωνικής ή κυκλικής διατομής για μείωση του ίδιου βάρους.



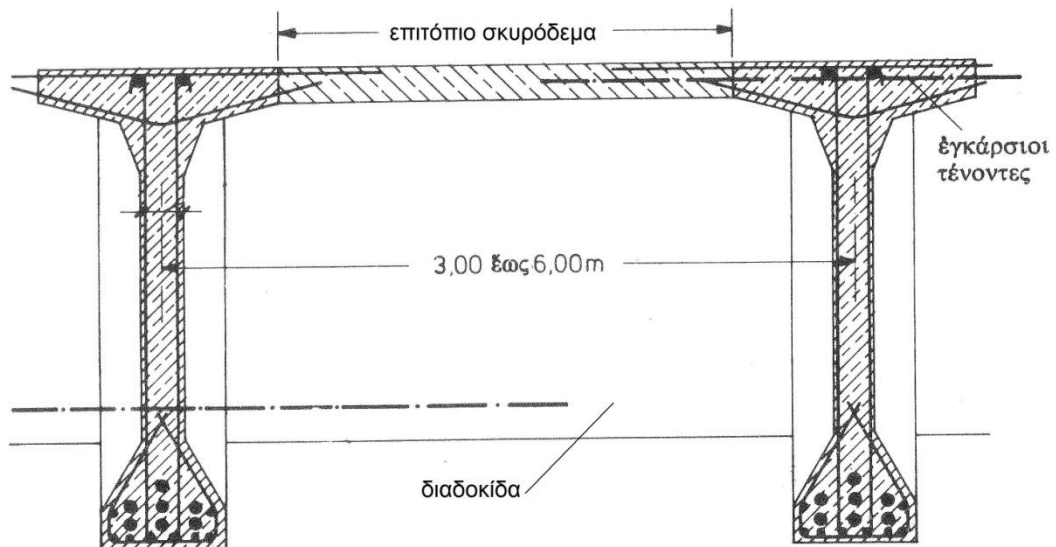
Εικ.Δ.2.1 Διατομή με κυκλικά διάκενα

Δ.3 Διατομή πλακοδοκού: προσφέρονται και για οπλισμένο σκυρόδεμα και για προένταση, μπορεί να είναι από επιτόπιο σκυρόδεμα ή προκατασκευασμένες.



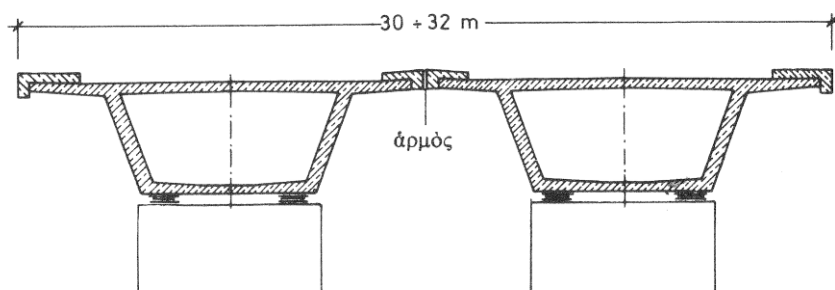
Εικ.Δ.3.1 Διατομή μορφής πλακοδοκού

Δ.4 Διατομή προκατασκευασμένων πλακοδοκών: προκατασκευάζονται και προεντίνονται στο συνολικό τους μήκος.



Εικ.Δ.4.1 Προκατασκευασμένη δοκός με στενό άνω πέλμα

Δ.5 Διατομή κιβωτίου: προσφέρονται για γέφυρες μεταβλητού πλάτους έχουν μεγάλη αντοχή σε στρέψη και μικρή λυγηρότητα. Μπορούν να κατασκευαστούν με επιτόπιο σκυρόδεμα ή να είναι προκατασκευασμένα τμήματα (σπόνδυλοι).



Εικ.Δ.5 Δύο κιβωτοειδείς δοκοί με αρμό στο μέσο για γέφυρα κατά μήκος αυτοκινητόδρομου.

Ε. Υποδομή - Είδη ακροβάθρων, μεσόβαθρων, πτερυγοτοιίχων, αρμών και εφεδράνων.

Ε.1 Ακρόβαθρα

Τα ακρόβαθρα είναι οι ακραίες στηρίξεις του φορέα της γέφυρας, αναλαμβάνοντας με τη μορφή κατακόρυφων και οριζόντιων αντιδράσεων μέρος των φορτίσεων του. Επίσης λειτουργούν και ως τοίχοι αντιστήριξης αναλαμβάνοντας τις ωθήσεις των επιχωμάτων, επάνω τους στηρίζονται οι πλάκες πρόσβασης καθώς και οι πτερυγότοιχοι που εγκιβωτίζουν τα επιχώματα. Διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο στήριξης της ανωδομής σε αυτά.

Μονολιθική σύνδεση: Συνήθως η μορφή των ακροβάθρων, που είναι μονολιθικά συνδεδεμένα με την ανωδομή, είναι τοιχωειδής με επιφανειακή θεμελίωση ή θεμελίωση με πασσάλους. Ακόμη μπορούμε να διακρίνουμε ακρόβαθρα μόνο με πασσάλους είτε αυτοί φέρουν επένδυση είτε όχι. Στην περίπτωση που δεν φέρουν επένδυση το επίχωμα διέρχεται μεταξύ των πασσάλων ενώ στην περίπτωση της επένδυσης το επίχωμα συγκρατείται από αυτή.

Έδραση μέσω εφεδράνων: Στη περίπτωση που η ανωδομή εδράζεται στο ακρόβαθρο μέσω εφεδράνων μπορούμε να έχουμε και τις άνω μορφές ακροβάθρων, επιπλέον όμως η περιοχή έδρασης του φορέα διαμορφώνεται καταλλήλως ούτως ώστε να είναι επισκέψιμη για να

επιθεωρείτε αυτή καθώς επίσης οι αρμοί τα εφέδρανα και οι κώνοι αγκύρωσης.

E.2 Μεσόβαθρα

Τα μεσόβαθρα μεταφέρουν τα οριζόντια και κυρίως τα κατακόρυφα φορτία της γέφυρας προς τη θεμελίωση. Ακόμα είναι σχεδιασμένα ώστε να υπάρχει ελάχιστη δυνατή παρεμπόδιση της ροής των εγκαρσίων υδάτων ή της κυκλοφορίας των διασταυρούμενων οδών. Σε υψηλά βάθρα εκλέγουμε κοίλες διατομές οι οποίες είναι κούφια εσωτερικά και επισκέψιμες για τυχόν επιθεωρήσεις.

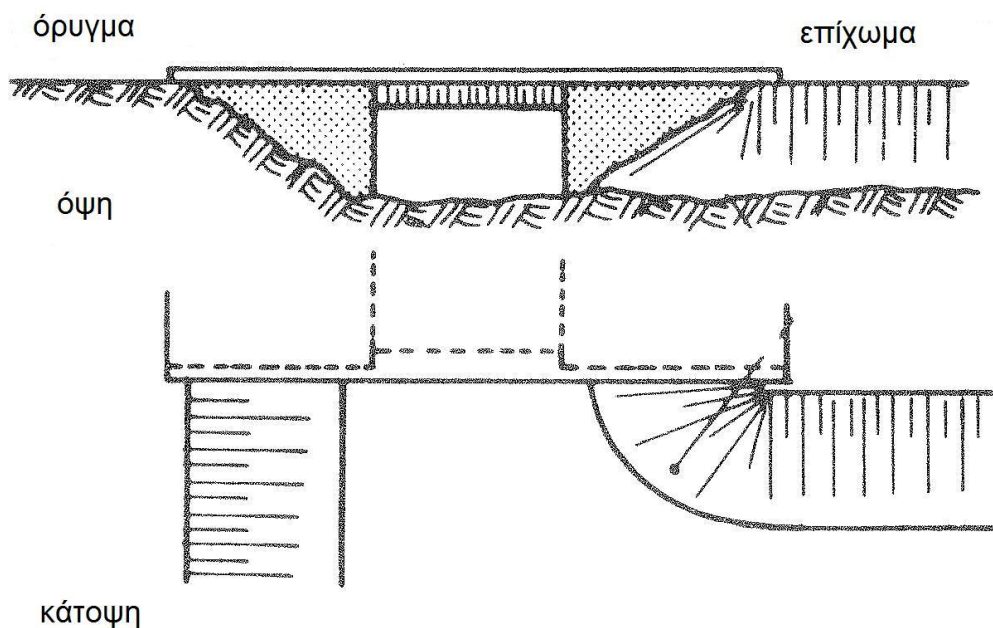
Μεσόβαθρα μορφής τοιχώματος: προτιμούνται στους ποταμούς για λόγους υδραυλικής ή για πιθανές προσκρούσεις σε πλωτούς ποταμούς, συνήθως υπερκαλύπτουν όλο το πλάτος του φορέα.

Μεσόβαθρα μορφής στύλων: έχουν πολλά πλεονεκτήματα επειδή είναι οικονομικότερα λόγω λιγότερου υλικού, έχουν σχεδόν ελεύθερη ορατότητα κάτω από το τεχνικό και έχουν καλύτερες δυνατότητες για λοξές γεφυρώσεις. Τέλος συνήθως προτιμούνται για υπερυψωμένες οδούς και κόμβους.

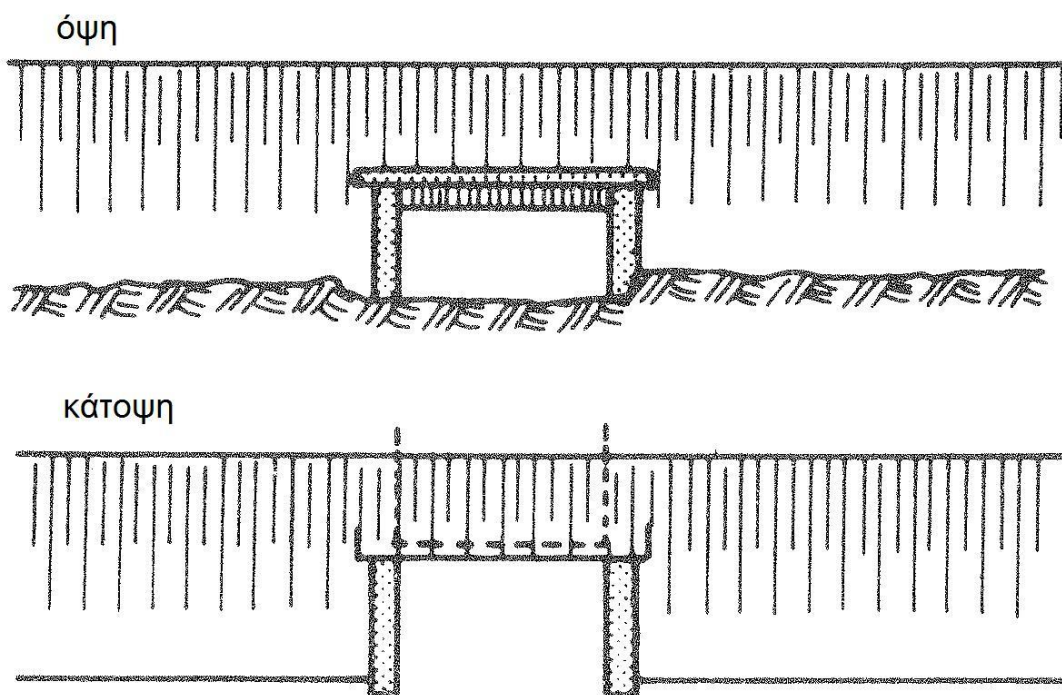
E.3 Πτερυγότοιχοι

Οι πτερυγότοιχοι στην ουσία είναι τοίχοι αντιστήριξης που εγκιβωτίζουν το μεταβατικό επίχωμα στην περιοχή των ακροβάθρων. Η διαφορά τους με τα ακρόβαθρα είναι ότι δεν παραλαμβάνουν κατακόρυφα φορτία. Διακρίνονται σε μονολιθικούς που είναι τμήμα του ακροβάθρου και ανεξάρτητους που έχουν αρμούς μεταξύ των ακροβάθρων.

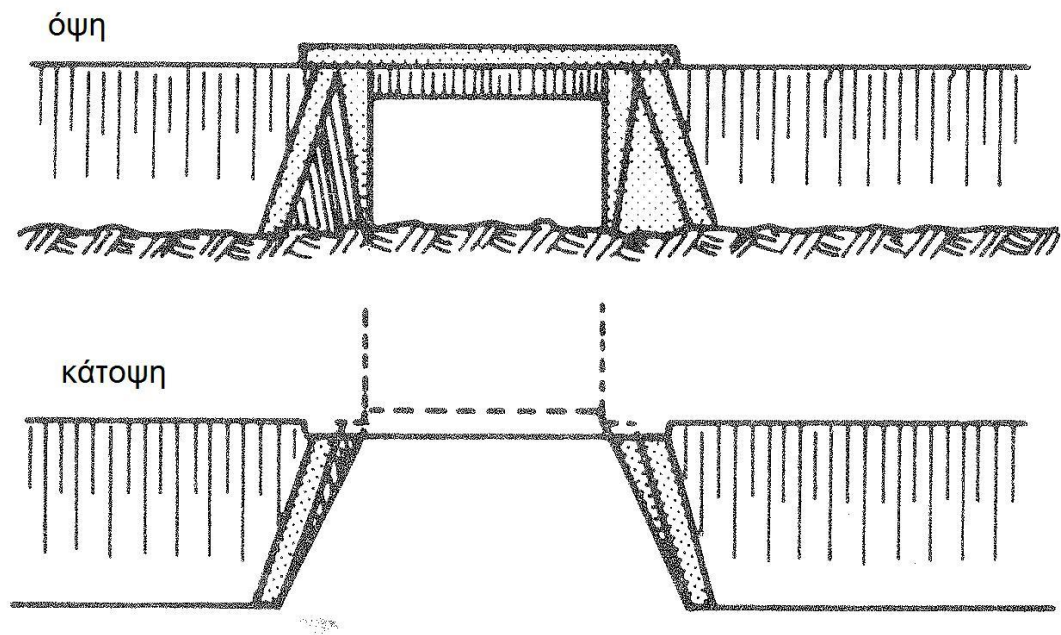
Τοίχοι αντεπιστροφής (παράλληλοι πτερυγότοιχοι): περιορίζουν τα χώματα παράλληλα με τον άξονα της γέφυρας, είναι κατάλληλοι και για ορύγματα και για επιχώματα.



Ορθοί περυγότοιχοι: περιορίζουν το σώμα του επιχώματος σε συνέχεια με τα βάθρα. Η άνω ακμή τους ακολουθεί την κλίση του πρανούς του επιχώματος.



Λοξοί περυγότοιχοι: περιορίζουν το επίχωμα σε λοξές συγκλίνουσες κατευθύνσεις κατά την κάτοψη. Σχεδόν πάντα μορφώνονται με κεκλιμένη ορατή επιφάνεια με κάποια μετάθεση προς τα βάθρα.



Στ. Εξαρτήματα γεφυρών

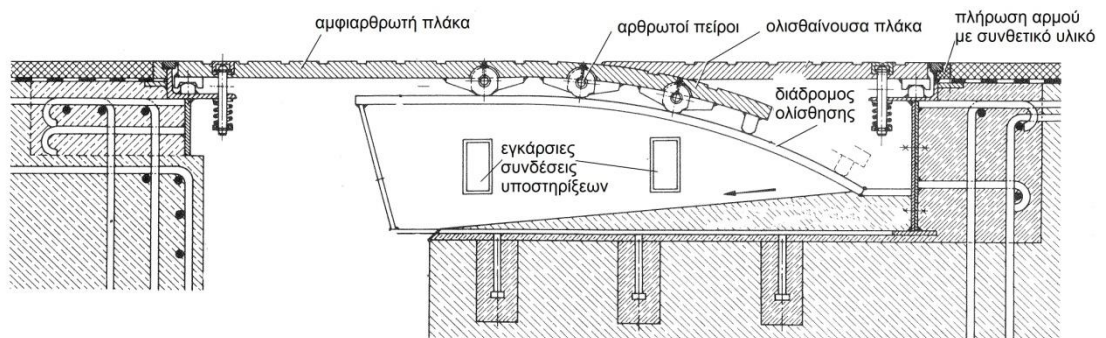
Στ.1 Αρμοί

Το οπλισμένο σκυρόδεμα έχει την ιδιότητα ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές να διαστέλλεται και να συστέλλεται. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μετακίνηση της ανωδομής. Για το λόγο αυτό τοποθετούνται αρμοί συστολοδιαστολής για να παραλαμβάνουν τις ανωτέρω μετακινήσεις της γέφυρας. Οι αρμοί πρέπει να είναι στεγανοί για να μην διαβρέχονται τα μέλη της γέφυρας από όμβρια, λάδια ή χημικά και ασφαλικά κατάλοιπα. Τέλος μία εξίσου σημαντική ιδιότητα των αρμών είναι ότι μπορούν να παραλάβουν τις σεισμικές μετακινήσεις. Συνήθως υπολογίζονται έτσι ώστε να μπορούν να παραλάβουν το 40% των σεισμικών μετακινήσεων για λόγους οικονομίας. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερων σεισμικών μετακινήσεων αν καταστραφούν αντικαθίστανται με νέους.

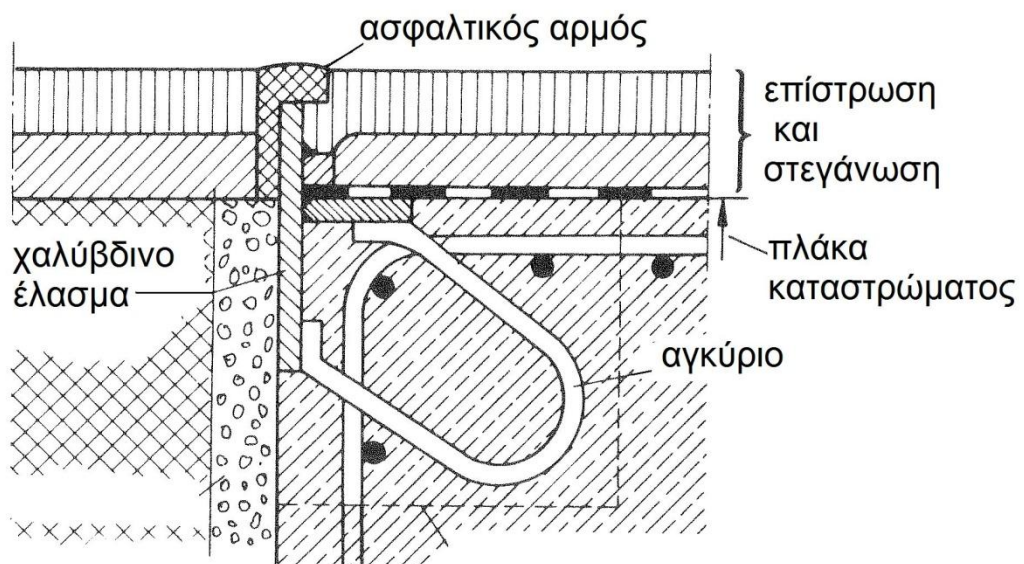
Ανοιχτού τύπου: επιτρέπουν τη διαρροή του ύδατος και των φερτών υλών δια του αρμού και χωρίζονται στους τυπικούς και στους οδοντωτούς.

Κλειστού τύπου: δεν επιτρέπουν τη διαρροή των υδάτων και των φερτών υλών, κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- α. Αρμός τοποθετούμενος με σφήνωση στο κενό του αρμού
- β. Αρμός με κυψελοειδή οργάνωση
- γ. Αρμός ολισθαίνουσας πλάκας



- δ. Προκατασκευασμένος ελαστομερής αρμός
- ε. Αρμός αυτόματης διαμόρφωσης
- στ. Ασφαλτικός αρμός διαστολής



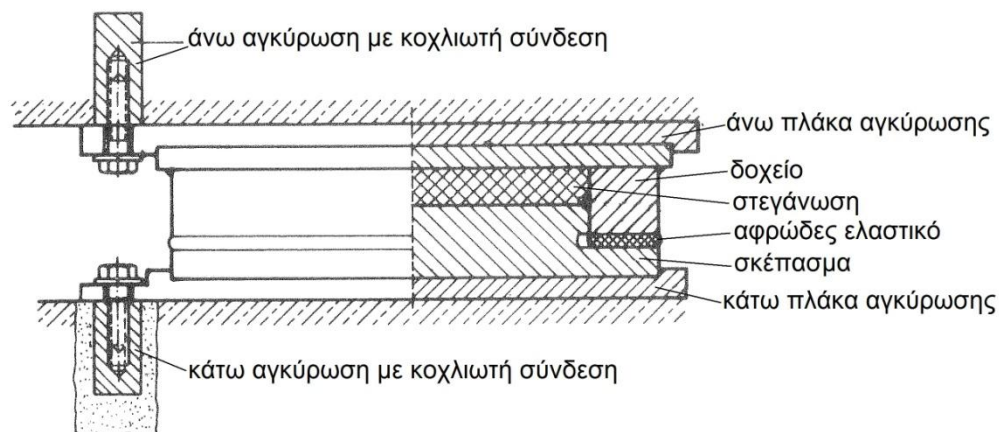
Στ.2 Εφέδρανα

Τα εφέδρανα βρίσκονται ανάμεσα στην ανωδομή και την υποδομή παραλαμβάνουν και μεταφέρουν δυνάμεις ορισμένου τύπου και διεύθυνσης όπως κυκλοφοριακά φορτία, δυνάμεις συστροφών καθώς και μετακινήσεις λόγω ερπυσμού και συστολοδιαστολές του σκυροδέματος. Επιπλέον τα εφέδρανα μεταφέρουν τα σεισμικά φορτία από το φορέα της ανωδομής στα βάθρα. Χωρίζονται στα σταθερά και τα κινητά:

Τα σταθερά δεν επιτρέπουν οριζόντιες μετακινήσεις ή μετατοπίσεις της ανωδομής, επιτρέπουν την περιστροφή γύρω από τον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα.

Τα κινητά επιτρέπουν οριζόντιες μετακινήσεις ή μετατοπίσεις της ανωδομής, επιτρέπουν την περιστροφή γύρω από τον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα.

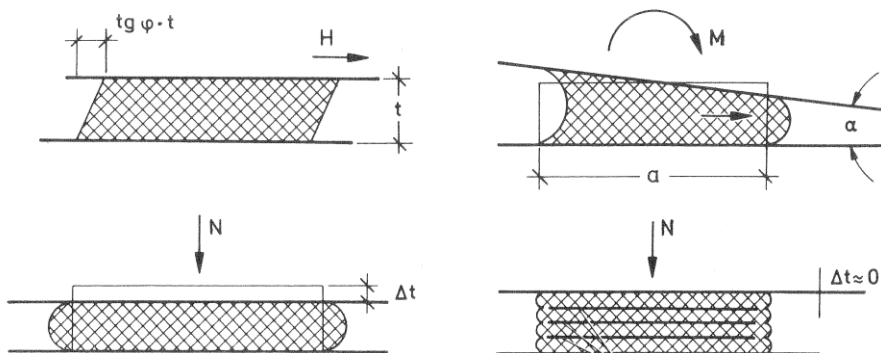
Το εφέδρανο αποτελείται από:



- α. την άνω πλάκα αγκύρωσης,
- β. το κύριο τμήμα ή σώμα του εφεδράνου,
- γ. το κάτω πέλμα αγκύρωσης,
- δ. και το σύστημα αγκύρωσης

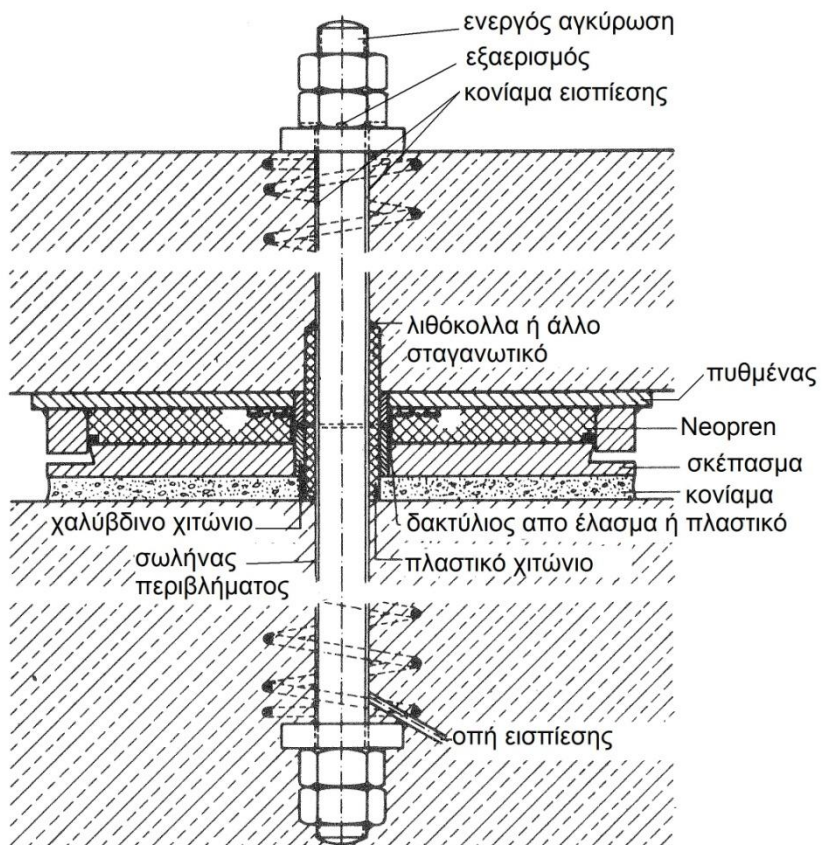
Τρεις είναι οι κύριοι τύποι εφεδράνων

α. Ελαστομερή εφέδρανα



β. Εφέδρανα εγκιβωτισμένου ελαστικού

γ. Εφέδρανα συγκράτησης ανύψωσης



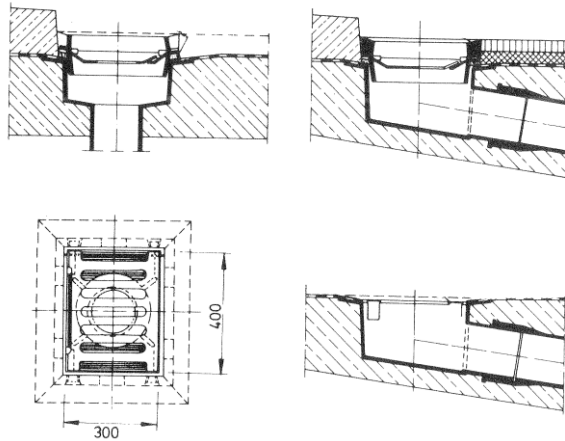
Στ.3 Σύστημα αποστράγγισης – αποχέτευσης

Το σύστημα αποστράγγισης – αποχέτευσης είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από σωλήνες και φρεάτια που είναι τοποθετημένα στα δομικά στοιχεία της γέφυρας. Ο ρόλος τους είναι η υδροσυλλογή των όμβριων από το κατάστρωμα και η απομάκρυνση τους ώστε να μην διεισδύουν στο τεχνικό. Τα όμβρια καθώς ξεπλένουν το οδόστρωμα παρασύρουν λάδια χημικά και διάφορα σκουπίδια, γι' αυτό σε κάποιες γέφυρες υπάρχει σύστημα ελέγχου ρύπανσης. Οι κύριοι στόχοι του συστήματος αποστράγγισης – αποχέτευσης είναι:

- α. Η διατήρηση της ομαλής κυκλοφοριακής ικανότητας του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης
- β. Η προστασία του τεχνικού από διάβρωση και υποσκαφή
- γ. Η ομαλή ένταξη του συστήματος στην αισθητική της γέφυρας
- δ. Η εύκολη συντήρηση του συστήματος

Το σύστημα αποστράγγισης και αποχέτευσης αποτελείται από:

- α. Απορροή
- β. Τάφρους και επίκληση καταστρώματος
- γ. Αγωγούς καταστρώματος
- δ. Κατακόρυφους αγωγούς αποστράγγισης – αποχέτευσης
- ε. Συλλεκτήριους αγωγούς
- στ. Βαλβίδες καθαρισμού

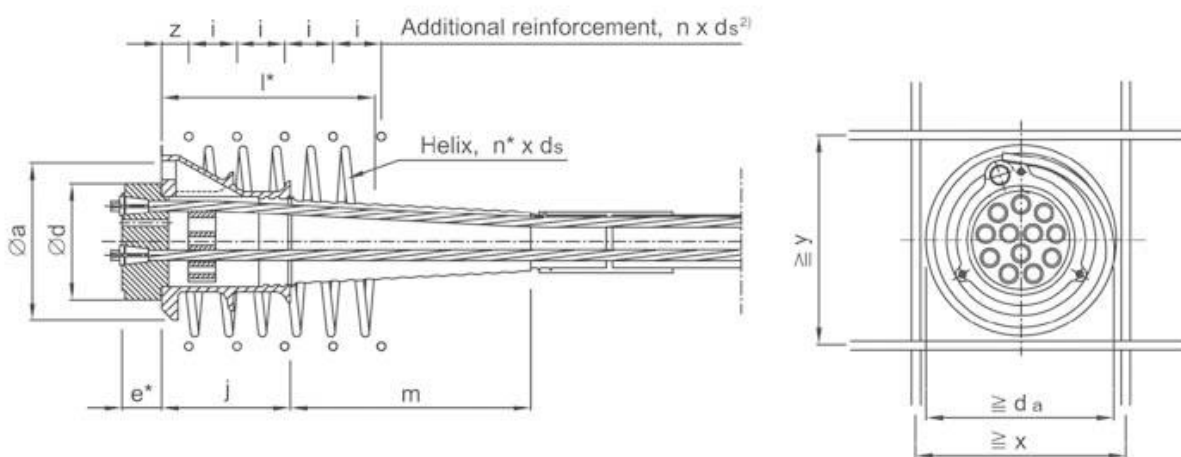


Στ.3 Στόμιο αποστράγγισης της στεγάνωσης στη παρυφή του καταστρώματος

Στ.4 Κώνος Αγκύρωσης Προέντασης

Τα συρματόσχοινα των τενόντων κουμπώνουν στην άκρη των δοκών, με τις αγκυρώσεις. Τα συστήματα των αγκυρώσεων αποτελούνται από:

- Καμπάνα αγκύρωσης
- Κεφαλή αγκύρωσης
- Σφήνες αγκύρωσης



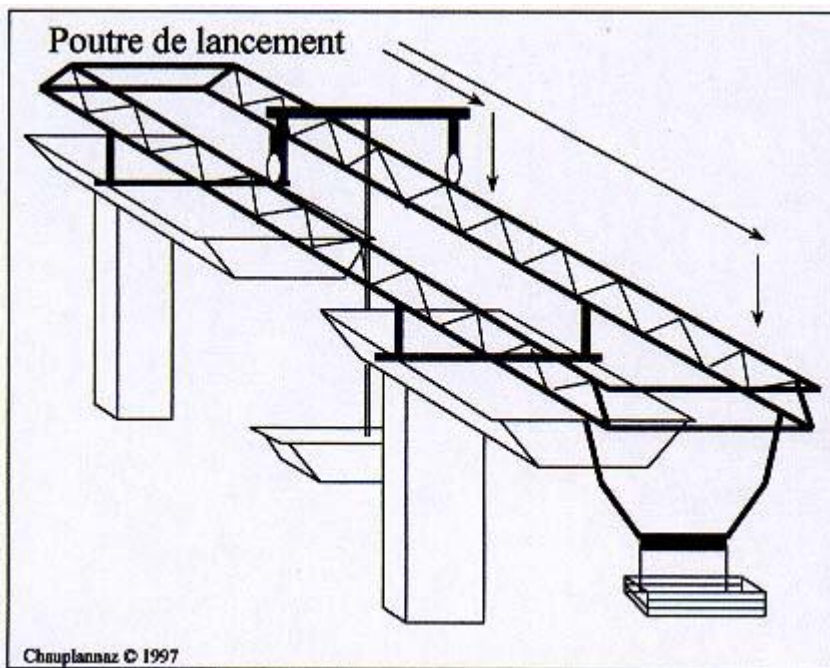
Z. Μέθοδος κατασκευής

Z.1 Μέθοδος κατασκευής με επιτόπια σκυροδέτηση

Η επιτόπια σκυροδέτηση πραγματοποιείται με σταθερά και κινητά ικριώματα. Είναι η συνηθέστερη μέθοδος κατασκευής όχι μόνο σε γέφυρες αλλά και σε άλλα έργα. Κύριο γνώρισμα της είναι ότι εφαρμόζεται σε μικρά ελεύθερα ύψη.

Z.2 Μέθοδος δόμησης με προκατασκευασμένα στοιχεία

Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη και οικονομική, η ανωδομή χωρίζεται σε προκατασκευασμένους δοκούς ή σπονδύλους. Η σκυροδέτηση τους μπορεί να γίνει εύκολα μέσα στο εργοτάξιο σε διαμορφωμένους χώρους και μπορούν να κατασκευαστούν και σε εργοστάσια σκυροδέματος. Μετά την σκλήρυνση τους μεταφέρονται στα ακρόβαθρα-μεσόβαθρα και τοποθετούνται σε αυτά με ανυψωτικά μηχανήματα.



Z.3 Μέθοδος των προωθούμενων τμημάτων

Η μέθοδος αυτή έχει τα πλεονεκτήματα της εργοστασιακής κατασκευής, δηλαδή σκυροδέτηση σε σταθερούς μεταλλότυπους, σταθερή επανάληψη των ίδιων εργασιών, προστασία από τις καιρικές συνθήκες και μικρές διαδρομές μεταφοράς υλικών. Είναι κατάλληλη για γέφυρες μήκους τουλάχιστον 150.00 m με τρία το λιγότερο ανοίγματα.

Τα ανοίγματα καλό θα είναι να μην είναι πολύ άνισα μεταξύ τους, τα ανοίγματα μπορεί να είναι 30.00 m έως 140.00 m.

Z.4 Μέθοδος προβολοδόμησης

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για την κατασκευή γεφυρών με μεγάλα ανοίγματα και μεγάλα ύψη. Η διαδικασία είναι η εξής, αρχίζει η κατασκευή από κάποιο μεσόβαθρο και εγκαθίστανται συμμετρικά από τον άξονα του βάθρου οι σπόνδυλοι του φορέα ανωδομής. Οι σπόνδυλοι στερεώνονται με τένοντες προέντασης και κατά αυτό τον τρόπο τοποθετούνται σταδιακά και πάντα συμμετρικά σχηματίζοντας προβόλους. Όταν συναντηθούν από δύο γειτονικά μεσόβαθρα οι σπόνδυλοι - πρόβολοι γίνεται η ένωσή τους και αλλάζει το στατικό σύστημα από δύο προβόλους σε ένα άνοιγμα. Στη συνέχεια με την ίδια διαδικασία συμπληρώνονται και τα υπόλοιπα ανοίγματα και τοποθετείται η τελική προένταση.

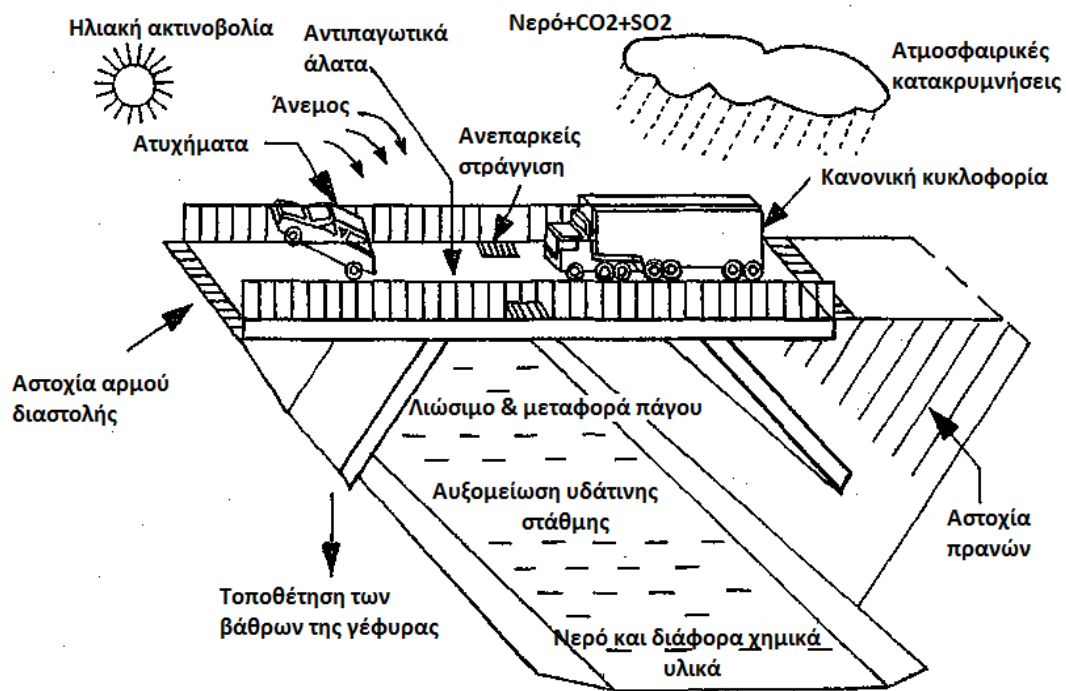


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Α. Κατάταξη των παραγόντων που οδηγούν σε επιδείνωση της γέφυρας

Οι δομές της γέφυρας έχουν υποβληθεί σε πολλούς τύπους φορτίσεων και άλλες επιδράσεις που προκύπτουν τόσο από τα κινητά (ωφέλημα) φορτία (κυρίως αποτελέσματα της κυκλοφορίας) και την έκθεση των δομών στις καιρικές συνθήκες και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις διάφορης φύσεως.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που ενεργούν στις γέφυρες κατά τη διάρκεια της υπηρεσίας τους απεικονίζεται σχηματικά στην εικόνα. 2.1.



Εικόνα. 2.1 Παράγοντες που ενεργούν στις γέφυρες κατά τη διάρκεια της υπηρεσίας τους.

Επιπλέον, ανάλογα με την ακρίβεια σχεδιασμού και της κατασκευής του διαρθρωτικού συστήματος, τις υλικές λύσεις καθώς και τη ποιότητα των μέτρων διατήρησης και την ένταση των εργασιών συντήρησης, οι γέφυρες είναι περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητες σε φθορά. Έχουν γίνει ορισμένες προσπάθειες για την επίσημη κατάταξη των επιρροών που οδηγούν στην επιδείνωση της γέφυρας, καθώς και για φθορές. Για παράδειγμα, η ταξινόμηση των γεφυρών από σκυρόδεμα αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της Διεθνούς

Reunion International des Laboratoires d'Essais et de Recherchés sur les Materiaux et les Construction (RILEM) που δραστηριοποιήθηκε το 1991.

Η κατάταξη που παρουσιάζεται παρακάτω βασίζεται εν μέρει στις προτάσεις της RILEM αλλά κυρίως σε ορισμένα άλλα κριτήρια και φαίνεται να είναι πιο γενικό, διότι δεν αφορά μόνο τις γέφυρες από σκυρόδεμα.

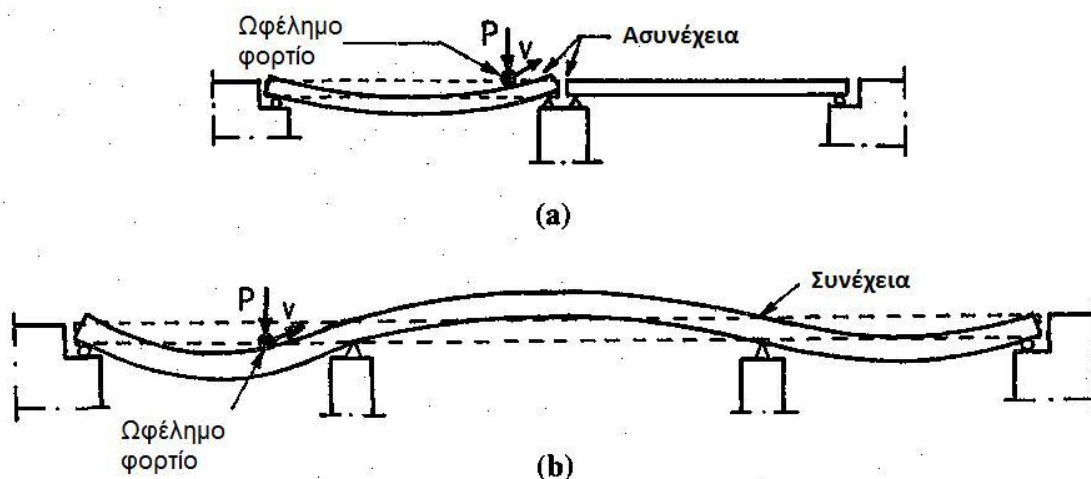
Οι παράγοντες που οδηγούν στην επιδείνωση της γέφυρας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες, ως εξής:

- (Α) εσωτερικούς παράγοντες,
- (Β) παράγοντες κυκλοφοριακών φορτίων,
- (Γ) καιρικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες,
- (Δ) παράγοντες συντήρησης.

- Επιπλέον, αυτοί οι παράγοντες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο άλλες ομάδες, ως εξής:
αντικειμενικούς παράγοντες, δηλαδή, παράγοντες ανεξάρτητους από την ανθρώπινη δραστηριότητα στον τομέα της μηχανικής των γεφυρών,
- υποκειμενικούς παράγοντες, δηλαδή, παράγοντες που εξαρτώνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, τόσο στην μηχανική της γέφυρας όσο και σε άλλους τομείς.

Τα παραπάνω κριτήρια απαιτούν ορισμένες παρατηρήσεις.

(Α) Οι εσωτερικοί ενυπάρχοντες παράγοντες συνδέονται με την ίδια τη δομή. Αυτό σημαίνει ότι η δομή μπορεί να περιέχει ορισμένα στοιχεία υποβάθμισης ή πρόκλησης βλαβών λόγω ιδιαίτερης ευαισθησίας, π.χ., ανεπάρκεια στο σχεδιασμό (συμπεριλαμβανομένου και του διαρθρωτικού συστήματος) και την κατασκευή, στην ποιότητα των υλικών, στην ηλικία, κλπ. Η ηλικία των γεφυρών είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας. Στην Ευρώπη, η διάρκεια ζωής των δομικών στοιχείων είναι γενικά μεταξύ 60 και 120 χρόνων και είναι σύμφωνα με πολλές πρακτικές περιπτώσεις.



Εικόνα. 2.2 Διαρθρωτικά συστήματα με (α) ασυνεχής και (β) συνεχής γραμμή εκτροπής

Για παράδειγμα, στο Βέλγιο, οι γέφυρες κατεδαφίστηκαν για τον εκσυγχρονισμό και η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται μεταξύ 50 και 110 ετών. Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, μια κακή εφαρμογή του σχεδιασμού για τις συνθήκες υπηρεσίας ή οι ανεπαρκείς γεωμετρικές παράμετροι (π.χ., πολύ μικρή απόσταση) μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την καλή συμπεριφορά των δομών. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι, σε γενικές γραμμές, τα διαρθρωτικά συστήματα της γέφυρας με ασυνεχή γραμμή εκτροπής (π.χ., τις γέφυρες του απλού τύπου ανοίγματος) είναι πιο ευαίσθητα στις βλάβες από κυκλοφοριακά φορτία από αυτά με συνεχή γραμμή εκτροπής (π.χ., οι γέφυρες τύπου συνεχούς ανοίγματος). Αυτό οφείλεται στις δυναμικές επιδράσεις (αντικρούσεις) που παράγονται από κυκλοφοριακά φορτία σε πολυάριθμους αρμούς διαστολής που εκπροσωπούν τη διαρθρωτική ασυνέχεια, όπως φαίνεται

σηματικά στην εικόνα. 2.2. Για το λόγο αυτό, μεταξύ άλλων, σε πολλές σύγχρονες γέφυρες που κατασκευάζονται από σκυρόδεμα με τη χρήση προκατασκευασμένων δοκών, η διαρθρωτική συνέχεια παρέχεται, ως επί το πλείστον με χυτές πλάκες δρόμου από οπλισμένο σκυρόδεμα (RC).

(B) Οι παράγοντες κυκλοφοριακών φορτίων είναι εξωτερικής φύσης και συνδέονται με τις συνθήκες εκμετάλλευσης. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ένταση και η ταχύτητα της οδικής κυκλοφορίας, καθώς και η συγκέντρωση των φορτίων από τα βαρέα οχήματα έχει αυξηθεί σημαντικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες και ως εκ τούτου, πολλές παλιές γέφυρες δεν είναι προσαρμοσμένες για να τα υποστηρίξουν χωρίς να παρουσιάζουν φθορά, μια τέτοια εξέλιξη, οφείλεται κυρίως στη προφανή αύξηση των δυναμικών επιδράσεων. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι "εάν το στατικό φορτίο κατά άξονα δεν αυξάνεται, οι άξονες είναι πάντα πιο κοντά και έτσι το φορτίο γίνεται πιο συγκεντρωμένο, κάτι που είναι ιδιαίτερα δυσμενές για ορισμένα στοιχεία της γέφυρας". Η τελευταία παρατήρηση, πραγματοποιείται σύμφωνα με το Ch. Van Begin και αφορά ειδικά τα στοιχεία του καταστρώματος της γέφυρας. Οι συνθήκες επιδείνωσης μπορεί επίσης να αλλάζουν όταν η γέφυρα υπόκειται σε άλλα είδη φορτίων από ότι προβλέπεται στο σχεδιασμό. Για παράδειγμα, οι παλιές σιδηροδρομικές γέφυρες σχεδιάστηκαν για να λειτουργούν στα πλαίσια της κυκλοφορίας της ατμομηχανής και όταν η σιδηροδρομικές μεταφορές εκσυγχρονίστηκαν από ατμό σε ηλεκτρισμό, πολλές γέφυρες, ειδικά αυτές από λιθοδομή, φαίνεται να καταστράφηκαν λόγω διαφορετικών χαρακτηριστικών κίνησης των ηλεκτρικών μηχανών (π.χ., λόγω προφανούς αύξησης των πλευρικών δυναμικών επιδράσεων).

(Γ) Οι καιρικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι κλιματικής και ατμοσφαιρικής φύσης. Ορισμένοι από αυτούς (π.χ., εποχιακές και ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας, βροχές ή ανεμοπίεση) μπορούν να χαρακτηριστούν ως αντικειμενικοί, δηλαδή, παράγοντες άμεσα ανεξάρτητους από την ανθρώπινη δραστηριότητα στον τομέα της μηχανικής της γέφυρας. Ενώ οι υπόλοιποι παράγοντες (π.χ., ατμοσφαιρική ρύπανση, επιθετικές χημικές ουσίες στα υπόγεια ύδατα, ή σε ποτάμια, επιδράσεις από αποπαγωγικά άλατα πάνω στις δομές) είναι εξαρτώμενοι από την ανθρώπινη δραστηριότητα στη μηχανική της και σε άλλους τομείς τεχνικής δραστηριότητας. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι οι γέφυρες, σε αντιδιαστολή με πολλές άλλες δομές (π.χ., δομές

διαφόρων τύπων), γενικά δεν καλύπτονται από στέγες ή άλλα στοιχεία προστασίας και ως εκ τούτου, υφίστανται άμεσα τις καιρικές και περιβαλλοντικές επιδράσεις. Αυτές οι επιδράσεις είναι, σε πολλές περιπτώσεις, πιο σημαντικές για την αντοχή γέφυρας σε σχέση με τις επιδράσεις από τα κυκλοφοριακά φορτία. Επιπλέον, μόνο ορισμένοι παράγοντες-συντελεστές περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς σχεδιασμού, όπως οι μεταβολές της θερμοκρασίας ή της πίεσης του ανέμου, που συνήθως ανήκουν στις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού. Η πλειοψηφία των άλλων καιρικών και περιβαλλοντικών παραγόντων γενικά δεν θεωρούνται κατά κανόνα ως παράμετροι σχεδιασμού και έτσι είναι δύσκολο έως αδύνατο να προβλεφτεί η ανάπτυξη τους στο πέρασμα του χρόνου και η κακή τους επιρροή στις δομές (π.χ., η ένταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή οι επιθετικές χημικές ουσίες στα ποτάμια).

(Δ) Οι παράγοντες συντήρησης, σχετίζονται αποκλειστικά με την ποιότητα και την ένταση των μέτρων διατήρησης, όπως η αντιδιαβρωτική προστασία, τα τρέχοντα έργα διατήρησης, καθαρισμός, κ.λπ. Η συντήρηση σε πολλές περιπτώσεις είναι ένας καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει την αντοχή της γέφυρας. Η ανεπαρκής συντήρηση ρουτίνας, οδηγεί σε γενικές γραμμές στην υποβάθμιση της γέφυρας ακόμη και αν η δομή είναι κατασκευασμένη καλά, με τη χρήση δομικών υλικών και στοιχείων εξοπλισμού υψηλής ποιότητας. Ως εκ τούτου, οι παράγοντες συντήρησης ανήκουν σε αυτούς που είναι ανάλογοι με την ανθρώπινη δραστηριότητα και στην ίδια τη μηχανική της γέφυρας. Η ταξινόμηση των παραγόντων που οδηγούν στην υποβάθμιση της γέφυρας που εκτελούνται σύμφωνα με τα βασικά κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω, τα κριτήρια Α, Β, Γ, Δ και Ι, ΙΙ, παρουσιάζεται παρακάτω στον πίνακα 2.1.

Μερικοί από τους παράγοντες που παρατίθενται στον πίνακα 2.1 απαιτούν επιπρόσθετους χαρακτηρισμούς για την καλύτερη κατανόηση της επιβλαβούς επίδρασης τους στις δομές της γέφυρας. Πρώτα απ' όλα, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι εκτός από την ποιότητα των δομικών υλικών, τα στοιχεία εξοπλισμού της γέφυρας (δηλαδή, βιομηχανικά εξαρτήματα όπως συσκευές που φέρουν, μονώσεις, αρμούς διαστολής, κ.λπ.) ανήκουν, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, στους αποφασιστικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή της γέφυρας. Σε γενικές γραμμές, η φθορά των δομών της γέφυρας έχει τις ρίζες της στη

διαπερατή μόνωση των πλακών καταστρώματος, τη διείσδυση του νερού μέσα από τους αρμούς διαστολής και το μη αποτελεσματικό σύστημα αποχέτευσης. Ως εκ τούτου, η χρήση των προαναφερθέντων στοιχείων με υψηλή ποιότητα είναι τεχνικά και οικονομικά δικαιολογημένη. Στη σύγχρονη μηχανική των γεφυρών, το κόστος των στοιχείων του εξοπλισμού κυμαίνεται συνήθως 15-20% του συνολικού κόστους κατασκευής της γέφυρας, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να φθάσει ακόμη και 30-40%.

Για παράδειγμα, το διαπερατό στρώμα μόνωσης των πλακών καταστρώματος οδηγεί σε διήθηση του νερού μέσα στο σκυρόδεμα και οι διαρροές εμφανίζονται στο κάτω μέρος, στην επιφάνεια των πλακών και κάθετα στις επιφάνειες των δοκών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα όμβρια ύδατα είναι γενικά αλκαλικά και διαλύουν το $\text{Ca}(\text{OH})_2$ υδροξείδιο του ασβεστίου σε κρυστάλλους και σε τσιμεντοκονία, ξεπλένοντας τα. Αυτό οδηγεί σε μία πιο πορώδη δομή του σκυροδέματος και εκδηλώνεται πολύ συχνά με την εμφάνιση λευκών αλάτων, ακόμα και με την εμφάνιση μικρών σταλακτιτών στην κάτω επιφάνεια των πλακών του καταστρώματος.

Πολλές άλλες ζημιές που προκλήθηκαν από την χαμηλή ποιότητα των στοιχείων εξοπλισμού της γέφυρας ή οι ανεπαρκείς λύσεις τους, μπορούν να αναφερθούν, όπως η έλλειψη αγοράς εξοπλισμού για τα νερά που πέφτουν πίσω από τα βάθρα και προκαλούν διαρροές και το ξέπλυμα του $\text{Ca}(\text{OH})_2$ μέσω των τοίχων, η διαρροή των αρμών διαστολής και η έλλειψη της επαρκούς αποστράγγισης, η κακή τοποθέτηση και στερέωση των αγωγών απομάκρυνσης του νερού, οι διαβρωμένοι αγωγοί όμβριων υδάτων καθώς και οι πολύ μικρές ενδιάμεσες αποστάσεις μεταξύ πλακών και βάθρων.

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει επίσης να δοθεί στους υποκειμενικούς παράγοντες, τους καιρικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, καθώς και στους παράγοντες συντήρησης που φαίνονται στο πίνακα 3.1 Γ II, Δ II αντίστοιχα.

Πίνακας 2.1 Κατάταξη παραγόντων-συντελεστών που οδηγούν στην επιδείνωση των γεφυρών.

A. Εσωτερικοί παράγοντες I Αντικειμενικοί

A.I.1 Η ηλικία της δομής της γέφυρας

A. Εσωτερικοί παράγοντες II Υποκειμενικοί

A.II.1 Ποιότητα της μελέτης

- 2 Το ίδιο το διαρθρωτικό σύστημα-ευαισθησία σε φθορά
 - 3 Επάρκεια του σχεδιασμού για τις πραγματικές συνθήκες παροχής υπηρεσιών (συμπεριλαμβανομένων και των γεωμετρικών παραμέτρων)
 - 4 Ποιότητα των κατασκευαστικών μέτρων σε όλα τα στάδια
 - 5 Ποιότητα των δομικών υλικών και των στοιχείων εξοπλισμού της γέφυρας (π.χ. μόνωση, αρμοί διαστολής, στοιχεία του συστήματος αποστράγγισης κτλ).
-

B. Παράγοντες κυκλοφοριακού φορτίου II Υποκειμενικοί (μόνο)

B.II.1 Η συχνότητα, η ταχύτητα και η συγκέντρωση των φορτίων κυκλοφορίας (κυρίως από βαρέα οχήματα)

- 2 Δυναμικές επιδράσεις (συμπεριλαμβανομένης και της δύναμης σε κόπωση κυρίως σε μεταλλικές γέφυρες)
 - 3 Αυτοκινητιστικά ή άλλα ατυχήματα πάνω στη γέφυρα
 - 4 Υπερφόρτωση από τα βαρέα οχήματα
 - 5 Επιπτώσεις παραγόμενες από οχήματα μεγάλου μεγέθους
-

Γ. Καιρικοί και Περιβαλλοντικοί παράγοντες I

Αντικειμενικοί

- Γ.Ι. 1 Ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (π.χ. βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις)
- 2 Μεταβολή της στάθμης των υδάτων σε ποτάμια, κόλπους, στενά κ.α.
- 3 Πάγωμα των βάθρων με τα απορρέοντα ύδατα να ασκούν πιέσεις

4 Ανεμοπίεση όπου επιδρά σε διαρθρωτικά και άλλα δευτερεύοντα στοιχεία της γέφυρας

5 Η κινήσεις της γης (συμπεριλαμβανομένων και των σεισμικών επιδράσεων)

6 Ημερήσιες και εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας που προκαλούν ενιαία θερμική παραμόρφωση των δομών της γέφυρας

7 Άμεση ηλιακή ακτινοβολία και άλλες θερμικές επιδράσεις που οδηγούν σε ανομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στα δομικά μέλη της γέφυρας

8 Χλωρίωση που προέρχεται από τη δράση των θαλάσσιων υδάτων

Οι παράγοντες που παρουσιάστηκαν ανωτέρω Γ.Ι.1-Γ.Ι.8 μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να έχουν καταστροφικό χαρακτήρα π.χ. πλημμύρες, τυφώνες, σεισμοί κτλ.

Γ. Καιρικοί και Περιβαλλοντικοί παράγοντες II Υποκειμενικοί

Γ.Π.1 Χλωριούχες επιθέσεις που προέρχονται από τη χρήση προϊόντων αποπάγωσης (κυρίως άλατα) στο δρόμο της γέφυρας

2 Καταστροφή του σκυροδέματος από παγετό

3 Ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις που περιέχουν επικίνδυνες χημικές ουσίες (π.χ. όξινες βροχές)

4 Διείσδυση του CO₂ διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα (επίδραση ενανθράκωσης του σκυροδέματος)

5 Επιθετικές χημικές ουσίες στα ποτάμια και στα υπόγεια ύδατα

6 Ηλεκτρικά ρεύματα (π.χ. στις δομές της γέφυρας πάνω από τους σιδηροδρόμους με ηλεκτρική έλξη του συνεχούς ρεύματος)

7 Φωτιά

Δ. Παράγοντες συντήρησης II Υποκειμενικοί (μόνο)

Δ.Π.1 Δομικές, υλικές και λύσεις εξοπλισμού της γέφυρας δηλαδή πόσο εύκολες ή δύσκολες είναι οι εργασίες συντήρησης

2 Ποιότητα των επιθεωρήσεων για κάθε είδος (π.χ. βιαστική, λεπτομερείς, ειδικές επιθεωρήσεις)

3 Ποιότητα των εργασιών συντήρησης ρουτίνας (π.χ. καθαρισμός, επισκευή, αντικατάσταση ορισμένων στοιχείων εξοπλισμού της γέφυρας κτλ)

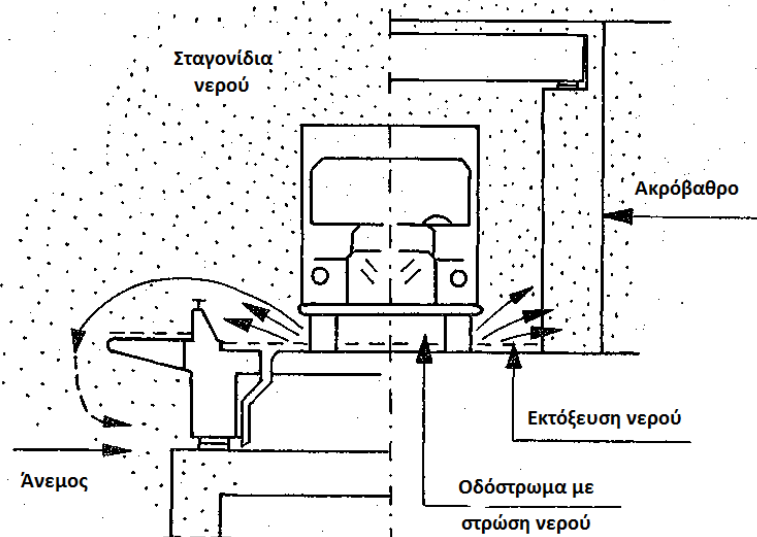
4 Ανανέωση της αντιδιαβρωτικής προστασίας δομικών και άλλων χαλύβδινων στοιχείων

5 Η χρήση των αλάτων αποπάγωσης πάνω στην ίδια τη γέφυρα

6 Ποιότητα του συστήματος αποστράγγισης και της αποδοτικότητας του

7 Ποιότητα των πεζοδρομίων και του δρόμου (π.χ. τραχύτητα, διαπερατότητα κτλ) ή σιδηρόδρομου (π.χ. γεωμετρικές αντοχές)

8 Κατάσταση των αγωγών κάθε τύπου και άλλων εφαρμογών που είναι τοποθετημένες στη γέφυρα



Εικόνα 2.3 Μηχανισμός ύγρυνσης των δομών της γέφυρας.

Οι επιθέσεις χλωριδίων μπορεί να εμφανιστούν ως αντικειμενικοί παράγοντες (Γ.Ι.8.) ή ως υποκειμενικοί (Γ.Π.1 και Δ.Π.5 βλέπε πίνακα

2.1). Η προέλευση των επιθέσεων χλωρίου ως υποκειμενικοί παράγοντες φαίνεται σχηματικά στην εικόνα 2.3 όπου παρουσιάζεται ένας μηχανισμός ύγρανσης της γέφυρας . Κατά τη χειμερινή περίοδο, το νερό μπορεί να περιέχει χλωρίδια από άλατα αποπάγωσης. Αυτά μπορεί να επιτεθούν στο σκυρόδεμα της δομής όχι μόνο άμεσα αλλά και έμμεσα από την επίδραση των ατμών, των αλάτων που αναρτώνται στον αέρα και στην ευρύτερη περιοχή της γέφυρας. Τα ιόντα του χλωρίου είναι πολύ κινητικά και διεισδύουν πολύ γρήγορα μέσα στο σκυρόδεμα. Όταν η συγκέντρωση των χλωριδίων είναι περίπου το 0,4% - 0.5% της μάζας του τσιμέντου (δηλαδή, περίπου 2kg άλατος ανά 1m³ σκυροδέματος) σχηματίζονται στο σκυρόδεμα τα λεγόμενα 'μέτωπα χλωρίου'. Τα χλωρίδια είναι πολύ επιβλαβή για το σκυρόδεμα για δύο βασικούς λόγους

Πρώτον, όταν η συγκέντρωση τους υπερβαίνει τις παραπάνω τιμές, αντιδρούν με το ορυκτό C3A (αργλικό τριασβέστιο) στο τσιμέντο και μετατρέπεται στο λεγόμενο Friedle's salt, το οποίο κρυσταλλοποιείται απορροφώντας 10 μέρη νερού δημιουργώντας φούσκωμα. Έως ένα ορισμένο βαθμό συγκέντρωσης, συμπληρώνει τα κενά του σκυροδέματος αφού φτάσει το κρίσιμο σημείο κορεσμού, εν συνεχεία αυτό διογκώνεται με αποτέλεσμα να αποσαθρώνεται το σκυρόδεμα από τις εσωτερικές πιέσεις.

Δεύτερον, τα χλωρίδια είναι επικίνδυνα για το χάλυβα οπλισμού. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι, η τιμή του PH στο νωπό σκυρόδεμα είναι περίπου 12.2 - 12.5 και η απώλεια των ιδιοτήτων εξουδετέρωσης που προστατεύουν το χάλυβα έναντι διάβρωσης παρατηρείται όταν η τιμή του PH είναι μεταξύ 9.0 - 10.0 . Ωστόσο κατά την εμφάνιση των χλωριδίων στο σκυρόδεμα, η διάβρωση του οπλισμού αρχίζει από τιμή PH ίση με 11.0 - 11.5. Αυτό σημαίνει ότι η εμφάνιση των χλωριδίων επιταχύνει την απώλεια των ιδιοτήτων εξουδετέρωσης και γενικά των παθητικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος. Για το λόγο αυτό, υπάρχουν αυστηροί κανόνες σχετικά με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα των χλωριδίων στο σκυρόδεμα που δίνεται από σχετικούς κανονισμούς. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους βρετανικούς κανονισμούς, το ανώτατο ποσό των χλωριδίων στο σκυρόδεμα είναι, 0.1% στο οπλισμένο σκυρόδεμα και 0.06% στο προεντεταμένο.

Η καταστροφή του σκυροδέματος από παγετό είναι αποτέλεσμα της εσωτερικής πίεσης που ασκείται στο παγωμένο νερό που βρίσκεται στους πόρους του υλικού. Αυτό το φαινόμενο οδηγεί σε μικρορωγμές στη δομή του σκυροδέματος και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο υπό τους συχνούς κύκλους ψύξης-απόψυξης, τόσο στα στοιχεία της γέφυρας που είναι άμεσα εκτεθειμένα στην πρόσβαση του νερού (π.χ. πεζούλια, πεζοδρόμια κτλ), όσο και στα έμμεσα εκτεθειμένα σε πρόσβαση (π.χ. άνω επιφάνειες του καταστρώματος της γέφυρας, κάτω από τη στρώση μονωτικών υλικών) όπου υπό ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας, οι υδρατμοί μπορούν να φτάσουν τους πόρους στο σημείο μάρανσης. Η κλίμακα της καταστροφής του σκυροδέματος από παγετό, εξαρτάται κυρίως από το πορώδες, τη διαπερατότητα και την κατανομή των πόρων του υλικού.

Μεταξύ των επιθετικών χημικών στις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (Γ.Π.3) σε ποτάμια και υπόγεια ύδατα (Γ.Π.5), οι όξινες ενώσεις είναι οι πιο επιβλαβείς τόσο στην ανωδομή της γέφυρας αλλά και στα βάθρα και στη θεμελίωση. Στην περίπτωση του σκυροδέματος, οι όξινες ενώσεις διαλύουν τα αλκάλια της τσιμεντοκονίας. Για παράδειγμα οι ενώσεις του θείου αντιδρούν με μέταλλα αργιλικού τριασβεστίου στο τσιμέντο που είναι γνωστό ως Candlot's salt, το οποίο κρυσταλλοποιείται απορροφώντας 31 μέρη νερού. Το φαινόμενο αυτό οδηγεί σε διόγκωση και καταστροφή της δομής του σκυροδέματος.

Η διείσδυση του CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα) από την ατμόσφαιρα στο σκυρόδεμα οδηγεί στη ενανθράκωση της κάλυψης και απώλεια της προστασίας του χάλυβα οπλισμού. Το βάθος ενανθράκωσης εξαρτάται κυρίως από το χρόνο και από το πορώδες του σκυροδέματος. Όταν η κάλυψη είναι σχετικά λεπτή (π.χ. σε πλάκες καταστρώματος 10mm ή 20mm σε δοκούς και υποστυλώματα) και η κατηγορία του σκυροδέματος είναι χαμηλή, η ολοκληρωτική ενανθράκωση της κάλυψης μπορεί να συμβεί μέσα στα επόμενα 10 – 20 χρόνια, οδηγώντας στην επιτάχυνση της διάβρωσης του χάλυβα οπλισμού όπως έχει παρατηρηθεί σε πολλές περιπτώσεις. Σε γενικές γραμμές, η ενανθράκωση της κάλυψης που συνοδεύεται από εγκάρσιες και διαμήκειες ρωγμές, επιταχύνει τις επιπτώσεις της διάβρωσης στον οπλισμό. Οι εγκάρσιες ρωγμές είναι ενυπάρχουσα συνδεδεμένες με την ψαθυρότητα του σκυροδέματος και τη κατάσταση της τάσης αυτού, επειδή οι διαμήκειες ρωγμές προκύπτουν κυρίως από τη μεγάλη διάμετρο των ράβδων που χρησιμοποιούνται για

την ενίσχυση της γέφυρας και για τον εγκάρσιο εφελκυσμό, προκαλώντας τάση στην κάλυψη. Τα άκρα αυτών των ρωγμών ενανθρακώνονται ταχύτατα. Όταν τα ενανθρακωμένα άκρα φτάσουν στους οπλισμούς δημιουργούνται κελιά διάβρωσης στις ράβδους. Επιπλέον η διαδικασία ενανθράκωσης συνοδεύεται από ένα σχέδιο μικρορωγμών στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Αυτές προκύπτουν από μικρότερο όγκο ενανθράκωσης – το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 σε σχέση με τα υποστρώματα – υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2 και διοξείδιο του άνθρακα CO_2 .

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ανεξάρτητα από τα άμεσα αίτια που οδηγούν στη διάβρωση του χάλυβα οπλισμού, ο όγκος των προϊόντων διάβρωσης είναι τρεις με τέσσερις φορές μεγαλύτερος από τον όγκο των υποστρωμάτων. Ως εκ τούτου, οι διαβρωμένες ράβδοι φουσκώνουν και ασκούν πίεση στην κάλυψη, προκαλώντας διαμήκεις ρωγμές με αποτελέσματα αποφλοιώσεως.

Οι παράγοντες συντήρησης που φαίνονται στον πίνακα 2.1 είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για τη ανθεκτικότητα της γέφυρας. Όταν οι δομικές και υλικές λύσεις και η ποιότητα εξοπλισμού είναι σχετικά χαμηλές, το πρόγραμμα συντήρησης είναι περιορισμένο ή οι εργασίες συντήρησης είναι χαμηλής ποιότητας, η δομή της γέφυρας επιδεινώνεται ταχύτατα εξαιτίας των επιβλαβών παραγόντων που χαρακτηρίστηκαν παραπάνω.

Η συντήρηση είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας τόσο για τις μεταλλικές όσο και για τις γέφυρες από σκυρόδεμα. Ωστόσο το κόστος συντήρησης των γεφυρών από σκυρόδεμα είναι γενικά χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος συντήρησης των μεταλλικών γεφυρών, κυρίως λόγω της ατμοσφαιρικής διάβρωσης του χάλυβα που απαιτεί προσεκτική προστασία με επικαλύψεις που με τη σειρά τους απαιτούν περιοδική ανανέωση.

B. Τυπικές φθορές δομών από σκυρόδεμα

Η κατάταξη των φθορών στις δομές από σκυρόδεμα και άλλων παρόμοιων προβλημάτων έχουν δημοσιοποιηθεί από πολλές αρχές, μεταξύ άλλων και με την πλαισίωση της RILEM. Ωστόσο, το πρόβλημα της φθοράς-ζημιάς παρουσιάζεται εδώ όσο πιο απλά γίνεται για να είναι κατανοητή η ουσία του θέματος.

Οι φθορές στις δομές από σκυρόδεμα αποκαλύπτονται από διάφορους τύπους ρωγμών. Οι ρωγμές είναι άμεσα συνδεδεμένες με την ευθραυστότητα του σκυροδέματος. Ωστόσο το πλάτος τους και ο αριθμός τους είναι κατηγορηματικός για την καταστροφή των δομών.

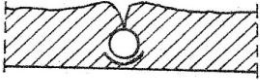
Για την εκτίμηση του πόσο επικίνδυνες είναι οι ρωγμές για την αντοχή και την ασφάλεια, είναι απαραίτητο να καθοριστούν τα αίτια που οδηγούν στην δημιουργία ρωγμών στο σκυρόδεμα. Τα αίτια εξαρτώνται κυρίως από τους τρεις ακόλουθους συντελεστές που αφορούν τις ρωγμές.


το χρόνο που σχηματίστηκαν μετά τη απόθεση του σκυροδέματος ή της κατασκευής της δομής,

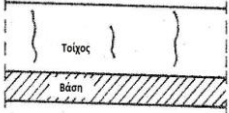
- την εξωτερική τους εμφάνιση ή μορφή,
- το πλάτος και τον αριθμό τους

Τα αίτια που οδηγούν στη δημιουργία ρωγμών στις δομές από σκυρόδεμα έχουν ταξινομηθεί και χαρακτηρισθεί στον πίνακα 2.2 κυρίως σύμφωνα με τον A.Ryzynski

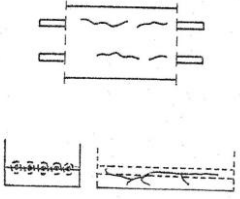
Πίνακας 2.2 Αίτια και εμφάνιση-μορφή των ρωγμών στη δομή του σκυροδέματος.

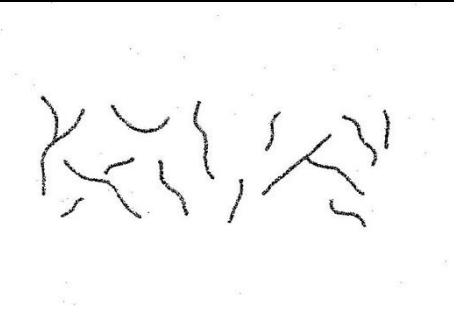
Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
1.Πλαστικότητα εγκατάστασης (ρηγματώση πλάκας)	Πρώτες ώρες μετά την τοποθέτηση	Ρωγμές παράλληλες στις ράβδους οπλισμού, ρωγμές στις αλλαγές του σχήματος της τομής	ενδέχεται να είναι μεγάλες	
			(w > 1mm)	

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
2.Πλαστική συρρίκνωση	Πρώτες ώρες μετά την τοποθέτηση	τμήματα με ρωγμές ή ρωγμές μεγάλου μήκους πάνω στην επιφάνεια των στοιχείων υπό ξηρές συνθήκες	ενδέχεται να είναι μεγάλες (w = 2 – 4mm, όχι ασυνήθιστο)	

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
3.Πρόσφατες θερμικές ρωγμές	Πρώτες ώρες μετά την τοποθέτηση	Ρωγμές μεγάλου μήκους σε αρθρώσεις της κατασκευής ή σε τοίχους, άλλες ρωγμές ανάλογα με το είδος της στήριξης	Μπορούν να ελεγχθούν με ενίσχυση οπλισμού ($w < 0.4\text{mm}$) με ελάττωση των φτωχών μεγεθών ή με έλεγχο της θερμοκρασίας	

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
4.Συρρίκνωση	Αρκετούς μήνες μετά την κατασκευή	Παρόμοιες ρωγμές από κάμψη ή από εφελκυσμό	Ασυνήθιστα μικρές αν ο οπλισμός είναι επαρκής ($w < 0.4\text{mm}$)	(Μαζί με 7&8)

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
5.Διάβρωση	Αρκετούς μήνες ή χρόνια μετά την κατασκευή	Ρωγμές κατά μήκος των ράβδων οπλισμού, ανάπτυξη αποφλοιώσης	αρχικά μικρό πλάτος ($w < 0.2\text{mm}$), αυξανόμενο με το χρόνο, αποχρώσεις σκουριάς μπορεί να είναι ορατές όταν το σκυρόδεμα είναι υγρό	

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
6.Αντίδραση αδρανών	Αρκετά χρόνια από την κατασκευή	Φαίνονται συχνά υπό υγρές συνθήκες συχνά σαν χάρτης από ρωγμές, μόνο με συγκεκριμένα είδη αδρανών (δηλαδή αλκαλικά αντιδρώντα)	μπορεί οι ρωγμές να είναι μεγάλες (έως $w > 1.0\text{mm}$)	

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
7.Υπηρεσία φόρτισης	Εξαρτάται από τη χρήση της κατασκευής		Γενικά μικρές ρωγμές ($w < 0.2\text{mm}$) εάν ο σχεδιασμός είναι ικανοποιητικός, μεγάλες ρωγμές φαίνονται γενικά από λάθη σχεδιασμού	

Αίτια	Χρόνος σχηματισμού	Εξωτερική εμφάνιση	Σχόλιο και πλάτος ρωγμής	Σχήμα
8.Αρθρώσεις	Εξαρτάται από εξωτερικές επιρροές		Γενικά μικρές ρωγμές ($w < 0.2\text{mm}$) εάν ο σπλισμός είναι επαρκής	

Γ. Τυπικές ζημιές σε μεσόβαθρα και ακρόβαθρα των γεφυρών

Όλοι οι παράγοντες που ταξινομήθηκαν στον πίνακα 2.1 μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των μεσόβαθρων και ακροβάθρων της γέφυρας. Μία μεγάλη πλειοψηφία από αυτά τα στοιχεία της γέφυρας είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα ή άοπλο. Ως εκ τούτου, οι τυπικές φθορές που παρουσιάζονται στους πίνακες 2.3-2.5, αφορούν το σκυρόδεμα και το χάλυβα οπλισμού και μπορούν να συγκριθούν με τις ρωγμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2. Ωστόσο, υπάρχουν μερικοί τύποι ζημιών συγκεκριμένα στα μεσόβαθρα και στα ακρόβαθρα π.χ. φθορές ως αποτέλεσμα υποσκαφής, οι οποίες φυσικά εμπεριέχονται. Οι πίνακες 2.3-2.5 παρουσιάζονται κυρίως σύμφωνα με τον J.Biliszczyk και με μερικές τροποποιήσεις του Wojciech Radomski.

Πίνακας 2.3 Τυπικές ζημιές σε ακρόβαθρα γεφυρών

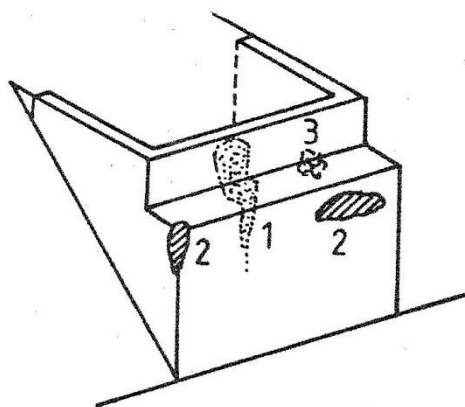
1. Μορφή και αιτία της ζημιάς: Ζημιά κυρίως εξαιτίας διαρροής στους αρμούς διαστολής

1 - διαρροή πάνω στους τοίχους,

2 - αποφλοιώση σκυροδέματος,

3 - ακαθαρσίες στα εφέδρανα

Σχήμα:

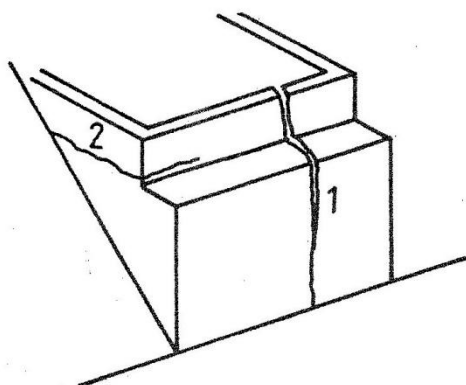


2. Μορφή και αιτία της ζημιάς: Ξεχωριστές, σχετικά μεγάλες ρωγμές σε ορισμένα μέρη του ακρβάθρου

1 – ρωγμές πάνω στους τοίχους με σχετικά αδύναμο οπλισμό που είναι αποτέλεσμα της ανομοιόμορφης τοποθέτησης στο έδαφος,

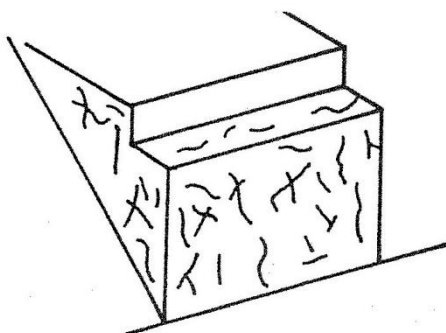
2 – διατμητικές ρωγμές ως αποτέλεσμα έλλειψης αρμού διαστολής ή της συναρμογής τους.

Σχήμα:



3. Μορφή και αιτία της ζημιάς: Πολλές σχετικά μικρές ρωγμές ως αποτέλεσμα συρρίκνωσης και ανεπαρκούς οπλισμού στις επιφανειακές στρώσεις των τοίχων καθώς και τις ανεπαρκείς τεχνολογικές μεθόδους τοποθέτησης.

Σχήμα:



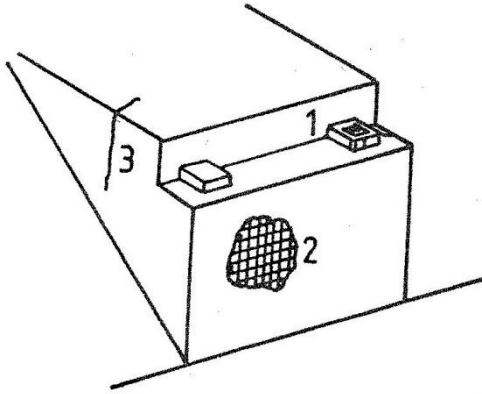
4. Μορφή και αιτία της ζημιάς:

1 – ζημιές στα εφέδρανα εξαιτίας διαρροών των αρμών διαστολής, ανεπάρκεια της διάρθρωσης των εφεδράνων ή της αστοχίας τους,

2 – αποφλοίωση του σκυροδέματος εξαιτίας του διαβρωμένου οπλισμού,

3 – ρηγμάτωση εξαιτίας της ανεπάρκειας του οπλισμού ή ανεπαρκείς τεχνολογικές μεθόδους τοποθέτησης.

Σχήμα:



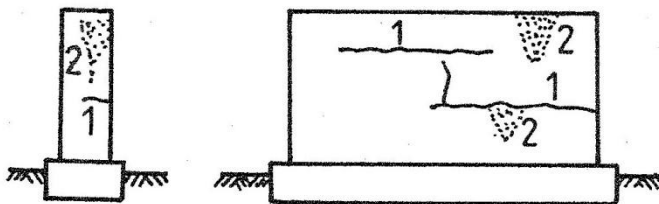
Πίνακας 2.4 Τυπικές ζημιές σε συμπαγή μεσόβαθρα γεφυρών

1. Μορφή και αιτία ζημιάς:

1 – ρωγμές στις στρώσεις διακοπής εργασιών παρατηρούνται στα βάθρα με μη επαρκή ή πολύ αδύναμο οπλισμό

2 – διαρροές στον τοίχο

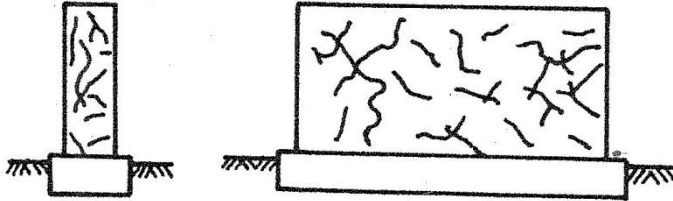
Σχήμα:



2. Μορφή και αιτία ζημιάς:

1 – ρωγμές λόγω συρρίκνωσης όταν ο οπλισμός στην στρώση επιφάνειας είναι πολύ αδύναμος

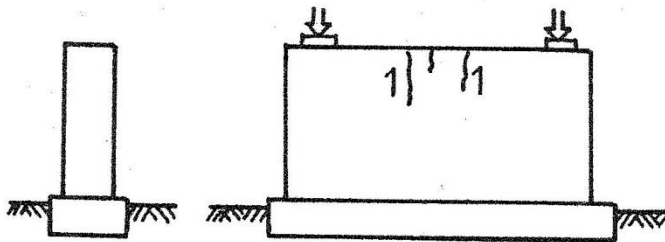
Σχήμα:



3. Μορφή και αιτία ζημιάς:

1 – ρωγμές εξαιτίας της θωράκισης του βάθρου από κατανομή τις φόρτισης στα άκρα, παρατηρείται όταν ο οπλισμός είναι αδύνατος

Σχήμα:



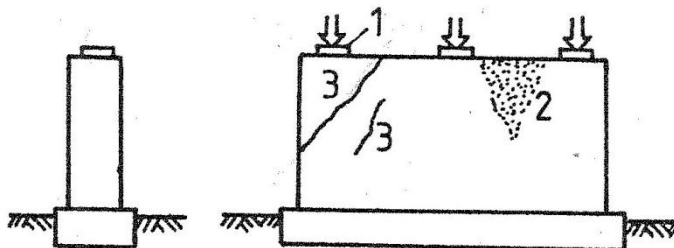
4. Μορφή και αιτία ζημιάς:

1 – ζημιά στα εφέδρανα

2 – διαρροή στους τοίχους παρατηρείται και στα βάθρα εξαιτίας της διαρροής μέσω των αρμών διαστολής

3 – ρωγμές σε μέρη με άοπλο σκυρόδεμα

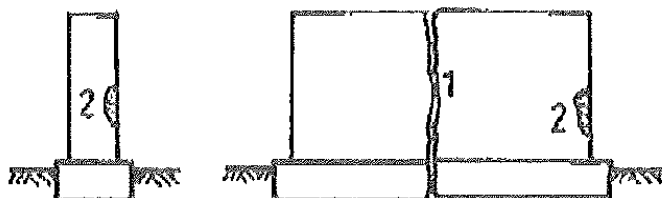
Σχήμα:



5. Μορφή και αιτία ζημιάς:

1 – ρωγμές εξαιτίας ανομοιόμορφης εγκατάστασης στο έδαφος

2 – αποφλοιώση-αποσάθρωση του σκυροδέματος εξαιτίας του διαβρωμένου οπλισμού



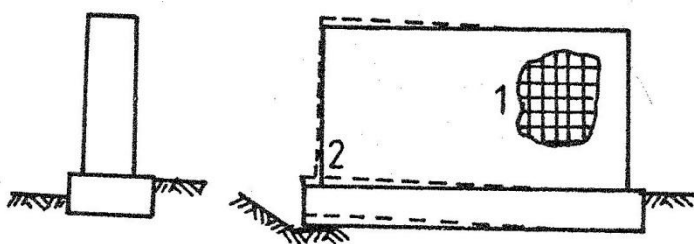
Σχήμα:

6. Μορφή και αιτία ζημιάς:

1 – αποσάθρωση της κάλυψης του σκυροδέματος εξαιτίας του διαβρωμένου χάλυβα οπλισμού

2 – εκτροπή του βάθρου από τον οριζόντιο άξονα εξαιτίας τριβής ή ανομοιόμορφης τοποθέτησης στο έδαφος

Σχήμα:



Πίνακας 2.5 Ζημιές σε βάθρα με στύλους (υποστυλώματα)

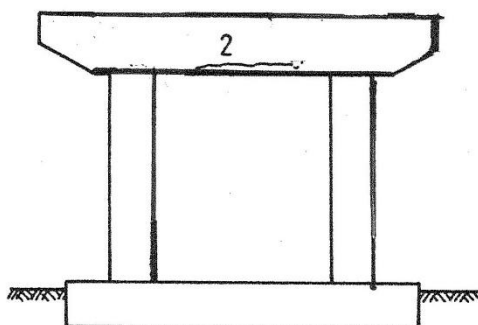
1. Μορφή και αιτία ζημιάς;

1 – διαρροές πάνω στον κεφαλόδεσμο

2 – διαμήκειες ρωγμές εξαιτίας του διαβρωμένου οπλισμού

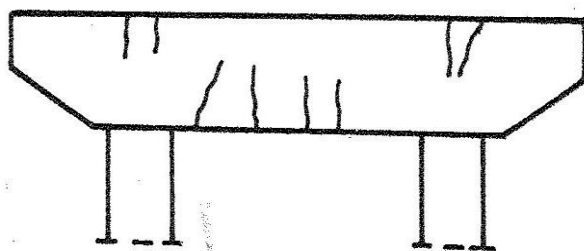
3 – αποφλοίωση της κάλυψης του σκυροδέματος, όπως και η διαρροές μέσω των αρμών διαστολής

Σχήμα:



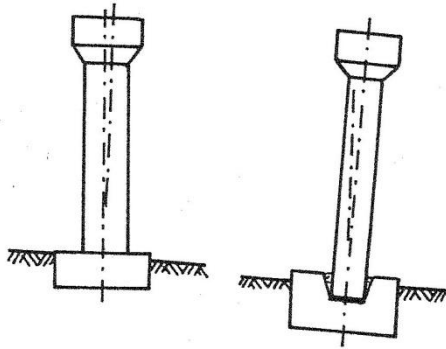
2. Μορφή και αιτία ζημιάς: Ρωγμές εξαιτίας της υπερβολικής φόρτισης στο κεφαλόδεσμο

Σχήμα:



3. Μορφή και αιτία ζημιάς: Παρέκκλιση του υποστυλώματος (κολώνας) λόγω αστοχίας στη θεμελίωση ή αδύναμη καθήλωση των προεγκατεστημένων κολώνων στη βάση

Σχήμα:



Δ. Τυπικές φθορές σε γέφυρες από σκυρόδεμα

Οι τυπικές ζημιές σε γέφυρες από οπλισμένο σκυρόδεμα και από προεντεταμένο σκυρόδεμα καθώς και ειδικότερα στις κύριες δοκούς τους φαίνονται στον πίνακα 2.6 σύμφωνα με τον J. Biliszczuk και με μερικές τροποποιήσεις του Wojciech Radomski. Εξαιτίας της σημαντικότητας τους, μεγαλύτερη προσοχή έχει δοθεί στις ζημιές που έχουν παρατηρηθεί στις δοκούς με διατομή κιβωτίου από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Αυτές οι ζημιές χαρακτηρίζονται στον πίνακα 2.7 κυρίως σύμφωνα με τον W. Podolny με μερικές τροποποιήσεις που παρουσιάζονται από τον A. Ryzynski και μερικές εισηγήσεις του Wojciech Radomski. Στις εικόνες 2.4 και 2.5 φαίνονται οι τυπικές ζημιές στο κατάστρωμα της γέφυρας. Οι μορφές των βλαβών που φαίνονται στην εικόνα 2.5 μπορούν επίσης να παρατηρηθούν σε δρόμους κυκλοφορίας μεταλλικών και προεντεταμένων γεφυρών. Θα πρέπει να δοθεί προσοχή στις οποιεσδήποτε παραμορφώσεις και επιδεινώσεις των ασφαλτικών, διότι δεν έχουν μόνο επιβλαβείς επιρροές, στην αδιαπερατότητα έναντι διαρροών του καταστρώματος της γέφυρας, αλλά επίσης μπορούν να αυξήσουν τις δυναμικές δράσεις των φορτίων κυκλοφορίας που συνήθως οδηγούν σε επιτάχυνση του υποβιβασμού της γέφυρας. Όλες οι μορφές των ζημιών που αναγράφονται στους πίνακες 2.2 – 2.7 μπορεί να είναι επικίνδυνες για την ασφάλεια, την ικανότητα υπηρεσίας και αντοχής των γεφυρών από οπλισμένο ή προεντεταμένο σκυρόδεμα. Οι ρωγμές διαφόρων τύπων είναι τα πιο χαρακτηριστικά γνωρίσματα ζημιών σε δομές από σκυρόδεμα. Ωστόσο, θα πρέπει να υπενθυμιστεί ότι οι ρωγμές είναι άμεσα συνδεδεμένες με τη φύση του σκυροδέματος σαν ψαθυρό υλικό. Μια κατηγορηματική παράμετρος επιρροής της ανθεκτικότητας

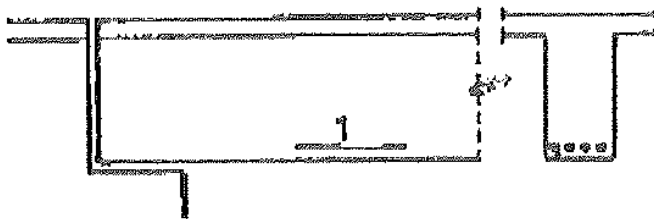
της γέφυρας είναι το πλάτος της ρωγμής που συμβολίζεται στους πίνακες με το γράμμα w . Γενικά, όταν $w < 0.2\text{mm}$ υπό φυσιολογικές συνθήκες και $w < 0.1\text{mm}$ σε κάποιες ειδικές συνθήκες (π.χ. από την ατμόσφαιρα που περιέχονται επικίνδυνα χημικά) οι ρωγμές μπορούν να θεωρηθούν ως κανονικές χωρίς να είναι επιβλαβείς στις δομές. Οι ανωτέρω τιμές ανταποκρίνονται στα επιτρεπτά πλάτη ρωγμών που δίνονται σε πολλούς διεθνής κώδικες και κανόνες σχεδιασμού. Οι ρωγμές με $w > 0.2\text{mm}$ φαίνεται να έχουν επιβλαβείς επιδράσεις που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της κατασκευής και υπηρεσίας της όπως: κραδασμοί κατά την τοποθέτηση, πολλές ράβδοι οπλισμού σε διάφορες κατευθύνσεις, υπερβολική φόρτιση, διάβρωση οπλισμού κτλ.

Πίνακας 2.6 Τυπικές ζημιές σε δοκούς γεφυρών από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα.

1. Αιτία της ζημιάς:

1 – ρηγματώση προκαλούμενη από διαβρωμένο χάλυβα οπλισμού, πολύ μικρό πάχος κάλυψης ή χαμηλή ποιότητα σκυροδέματος κάλυψης.

Σχήμα:



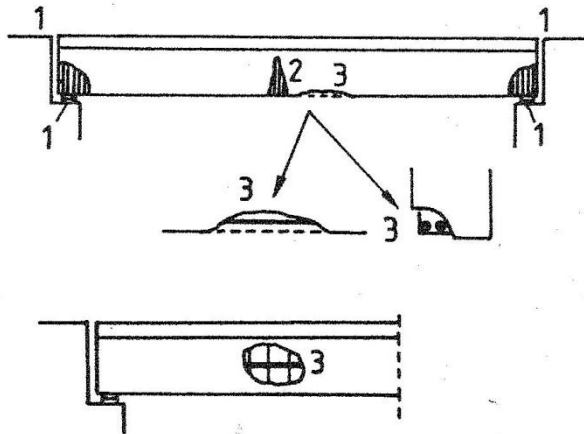
2. Αιτία της ζημιάς:

1 – διαρροές μέσω των αρμών διαστολής,

2 – διαρροές, διαβρωμένο σκυρόδεμα,

3 – αποσαθρώσεις-αποφλοιώσεις του σκυροδέματος εξαιτίας του διαβρωμένου οπλισμού

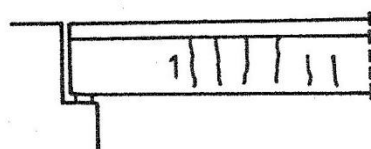
Σχήμα:



3. Αιτία της ζημιάς:

1 – ρωγμές λόγω συρρίκνωσης (αν το ύψος τους είναι μεγαλύτερο από το μισό του πάχους της δοκού)

Σχήμα:

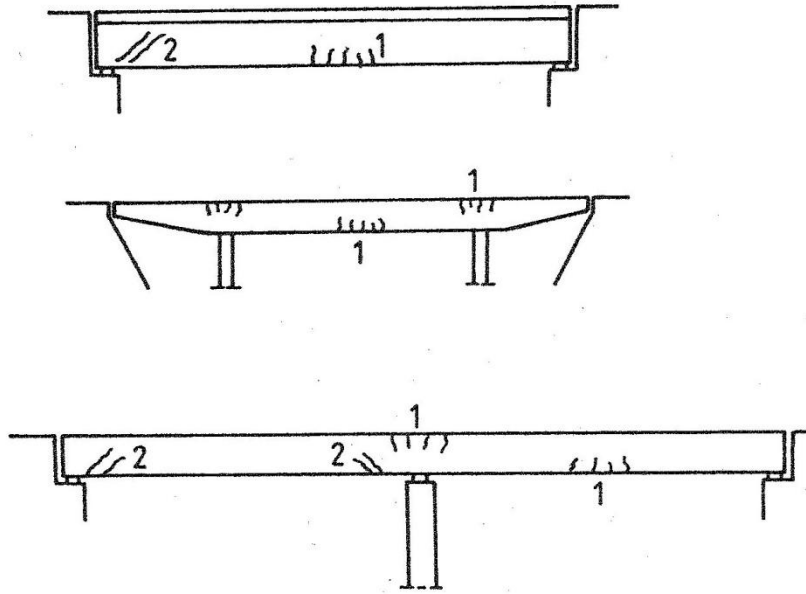


4. Αίτια της ζημιάς:

1 – ρωγμές σε εξωτερικά σημεία ένωσης-άρθρωσης,

2 – ρωγμές παραγόμενες από κύρια εντατικά μεγέθη κατά τη γειτνίαση με άλλες ζώνες υποστήριξης,

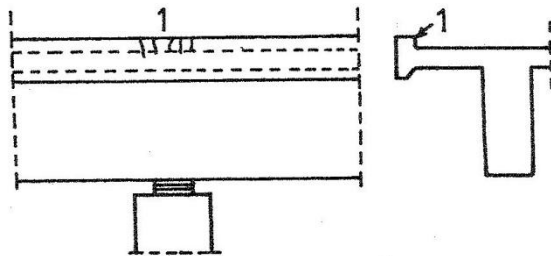
Σχήμα:



5. Αιτία της ζημιάς:

1 – ρωγμές σε θωράκια-στηθαία των δοκών που είναι τοποθετημένα στο ίδιο επίπεδο με τη δοκό

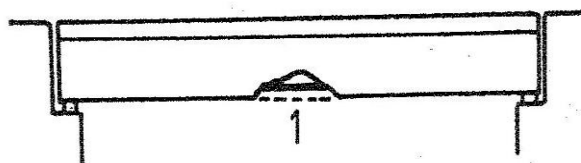
Σχήμα:



6. Αιτία της ζημιάς:

1 – ζημιά προκαλούμενη από επαφή-πρόσκρουση με υπερμεγέθη οχήματα.

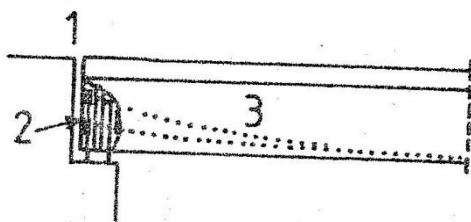
Σχήμα:



7. Αιτία της ζημιάς:

- 1 – διαρροές μέσω των αρμών διαστολής,
- 2 – διάβρωση στις αγκυρώσεις των τενόντων,
- 3 – διάβρωση των τενόντων χωρίς εξωτερικά σημάδια εξαιτίας της χαμηλής ποιότητας του ενέματος κονιάματος στους σωλήνες

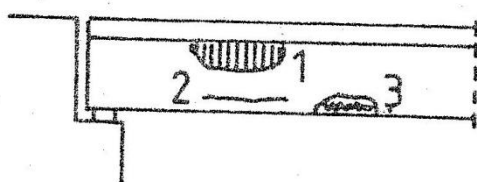
Σχήμα:



8. Αιτία της ζημιάς:

- 1 – διαρροή εξαιτίας διαπερατής μόνωσης στη πλάκα καταστρώματος,
- 2 – ρωγμές εξαιτίας των διαβρωμένων τενόντων,
- 3 – αποσάθρωση-αποφλοίωση του σκυροδέματος και αποκάλυψη των τενόντων εξαιτίας της διάβρωσης

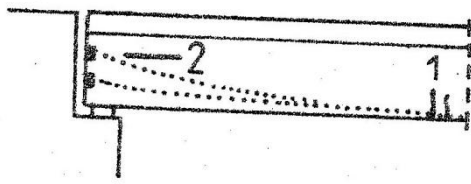
Σχήμα:



9. Αιτία της ζημιάς:

- 1 – ρωγμές προκαλούμενες από αποσυμπίεση
- 2 – ρωγμές στις ζώνες αγκύρωσης εξαιτίας πολύ αδύνατου οπλισμού στις ζώνες αυτές

Σχήμα:

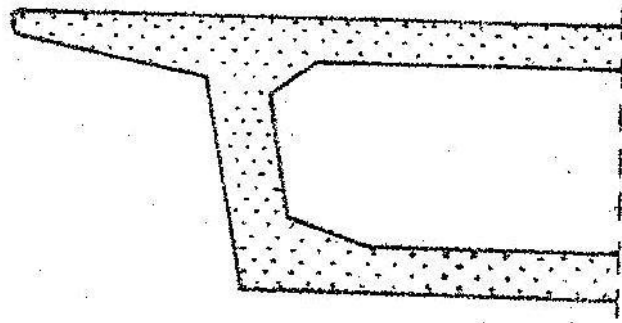


Πίνακας 2.7 Τυπικές ζημιές σε δοκούς με διατομή κιβωτίου από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

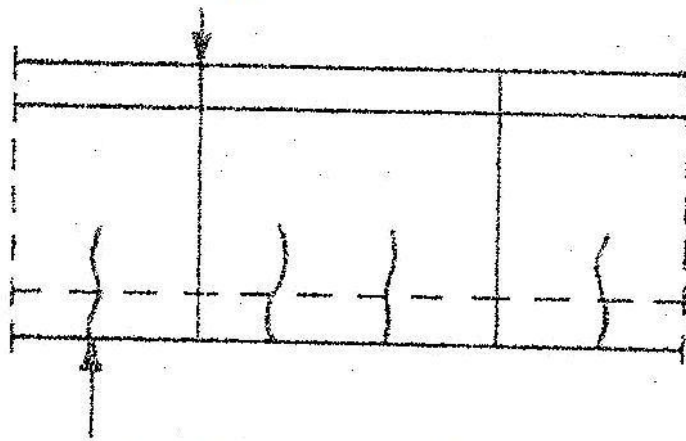
1. Αιτία της ζημιάς:

Επιδράσεις από κάμψη εξαιτίας της υπερβολικής φόρτισης συνοδευόμενη σε μερικές περιπτώσεις με δυναμικές επιδράσεις. Ανεπαρκής προένταση ή πολύ μεγάλες απώλειες στη δύναμη προέντασης. Θερμικές δράσεις. Κύριες ρωγμές μέσα ή κοντά σε τμήματα αρμών τεμαχίων κιβωτοειδών δοκών. Οι επιπρόσθετες ρωγμές μπορεί να θεωρηθούν σαν μικρορωγμές. Κατακόρυφες ρωγμές σε ιστούς καθώς και οι εγκάρσιες στο κάτω μέρος του πέλματος. Μεγάλες ρωγμές ($w > 3\text{mm}$) θεωρούνται συνήθως σαν το τμήμα της κατασκευής που έχει ζημιά. Χρόνος σχηματισμού – μετά τη δράση της υπερφόρτισης ή – ανεπαρκής προένταση – μετά από ένα μικρό διάστημα υπηρεσίας.

Σχήμα:



ρωγμές μεταξύ των
αρμών

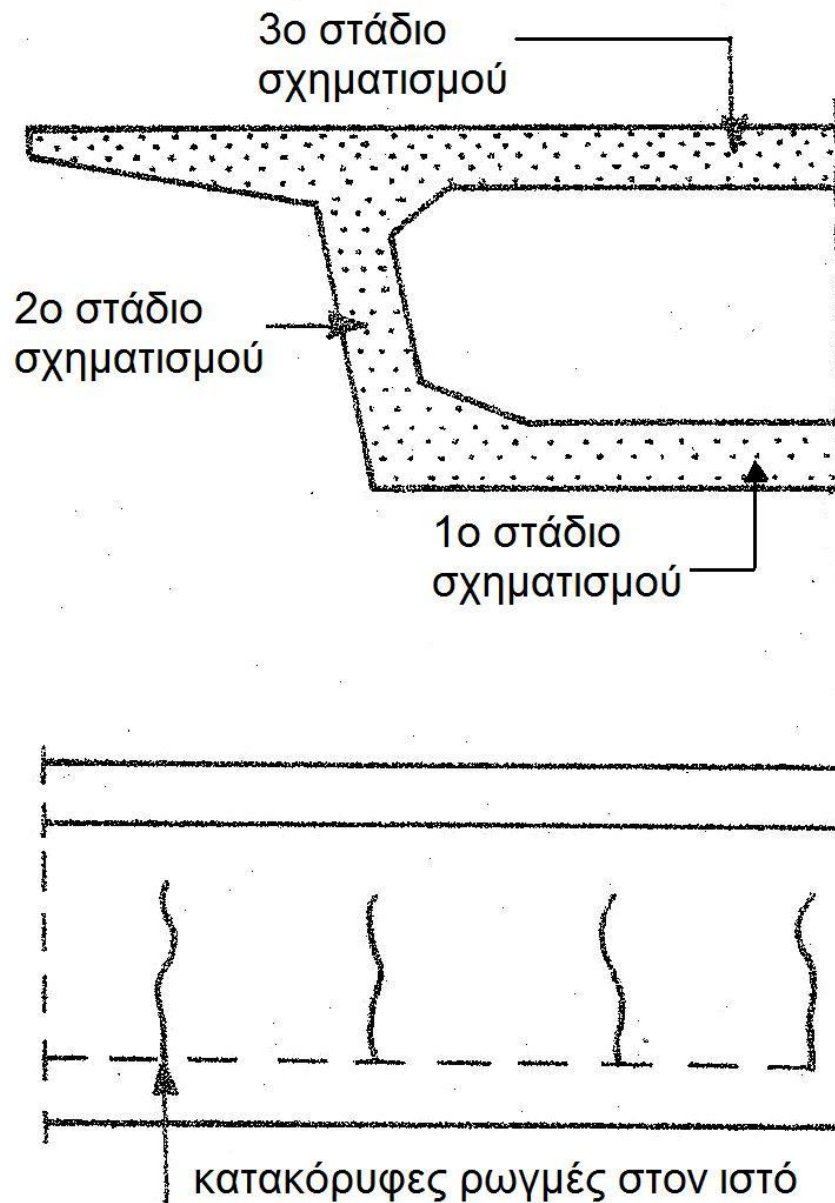


πιθανές επιπρόσθετες ρωγμές

2. Αιτία της ζημιάς:

Τοποθέτηση κατά βήματα. Συρρίκνωση του φρέσκου σκυροδέματος που είναι συνδεδεμένη με τη σκλήρυνση και το σχηματισμό του βήματος τοποθέτησης. Κατακόρυφες ρωγμές σε ιστούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις, εγκάρσιες ρωγμές μπορούν επίσης να προκληθούν στο πάνω μέρος του πέλματος. Πλάτος ρωγμής $w < 0.3\text{mm}$ (συνήθως μικρορωγμές). Χρόνος σχηματισμού – λίγο μετά από την τοποθέτηση. Οι ρωγμές αυτές συνήθως κλείνουν μετά την προένταση.

Σχήμα:



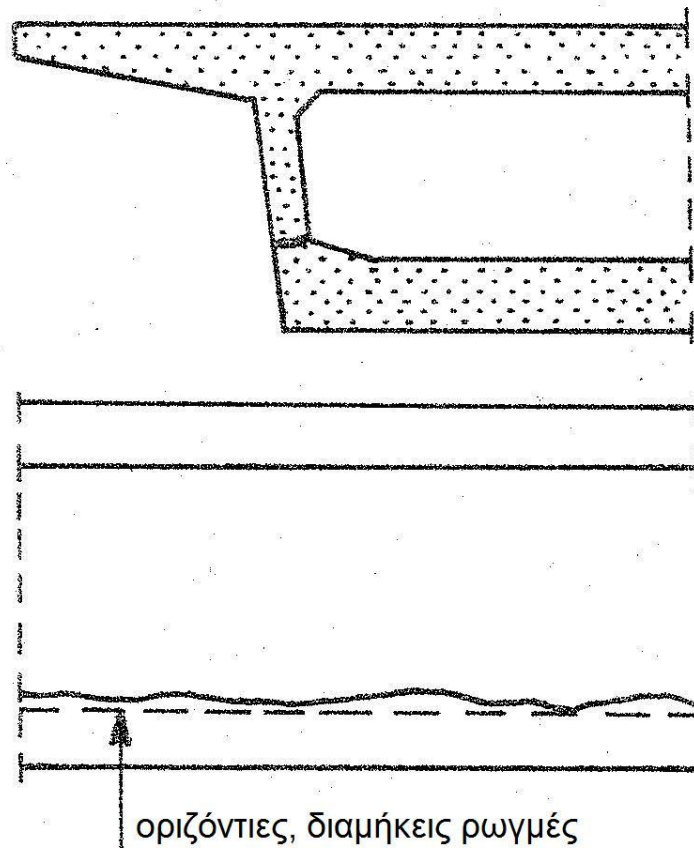
3. Αιτία της ζημιάς:

Θερμικές δράσεις. Θέρμανση της επιφάνειας από την ηλιακή ακτινοβολία και ψύξη του κάτω μέρους του πέλματος(π.χ. από τον άνεμο). Ανομοιόμορφη κατανομή της τάσης στις διατομές των δοκών. Υποτίμηση των θερμικών διαρροών και συστολών καθώς και των επιδράσεων συρρίκνωσης στην περίπτωση τοποθέτησης-εγκατάστασης

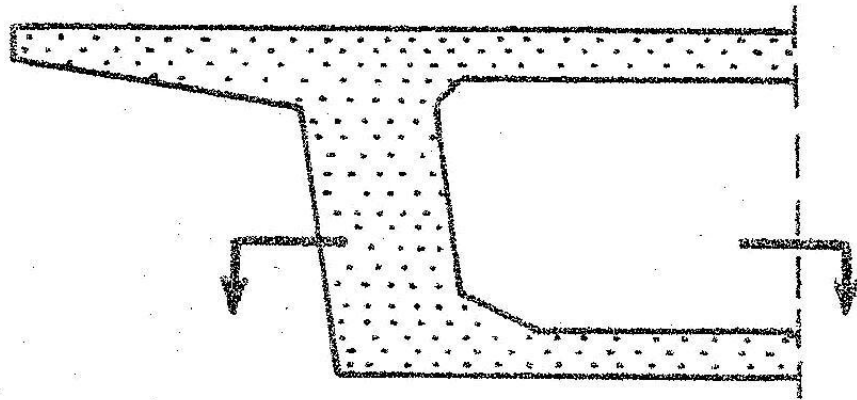
κατά βήματα. Στην περίπτωση των σχετικώς λεπτών πατημάτων, α) εγκάρσιες ρωγμές στο πέλμα κατά το μέσο του αναπτύγματος της δοκού. Στην περίπτωση των σχετικώς λεπτών ιστών, β) ρωγμές μεταξύ των αρμών και των δοκών. Πλάτος ρωγμής $w < 1\text{mm}$ (συνήθως). Χρόνος σχηματισμού – δράση συρρίκνωσης λίγο μετά την τοποθέτηση, θερμικές επιδράσεις κατά την υπηρεσία της γέφυρας.

Σχήμα:

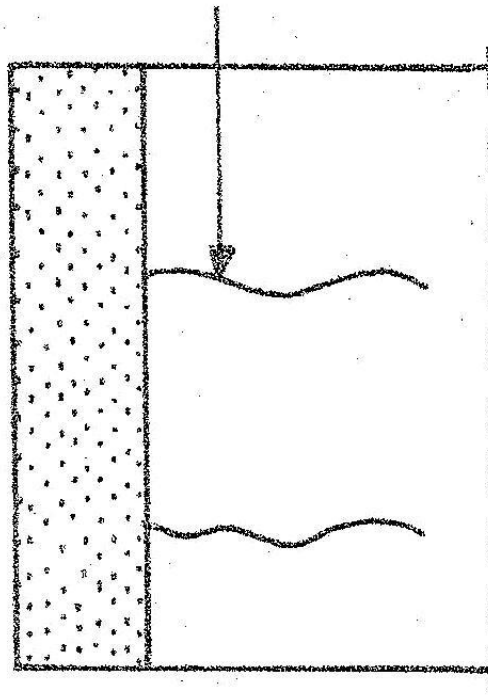
α) λεπτός ιστός



β) λεπτό κάτω πέλμα



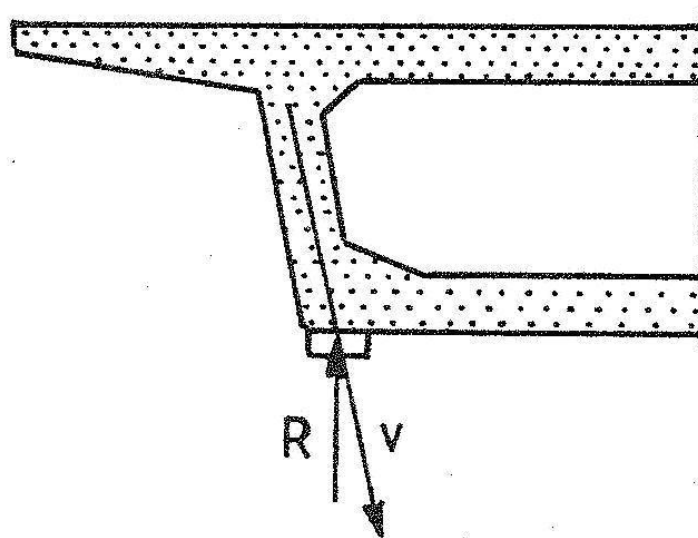
εγκάρσιες ρωγμές



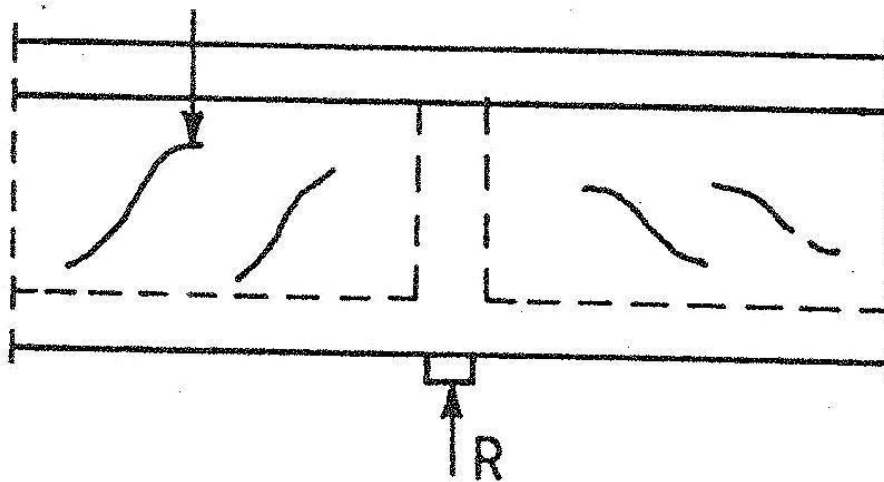
4. Αιτία της ζημιάς:

Διάτμηση. Υπερβολική φόρτιση. Τα εφέδρανα τοποθετούνται ακριβώς κάτω από το διάφραγμα και τον ιστό. Στους ιστούς έχουμε διαγώνιες τέμνουσες ρωγμές. Οι ρωγμές μπορεί να είναι μεγάλες σε μερικές περιπτώσεις ($w > 1\text{mm}$). Χρόνος σχηματισμού – μετά την υπερφόρτιση, ρωγμές έχουμε συχνά εφόσον συμβεί.

Σχήμα:



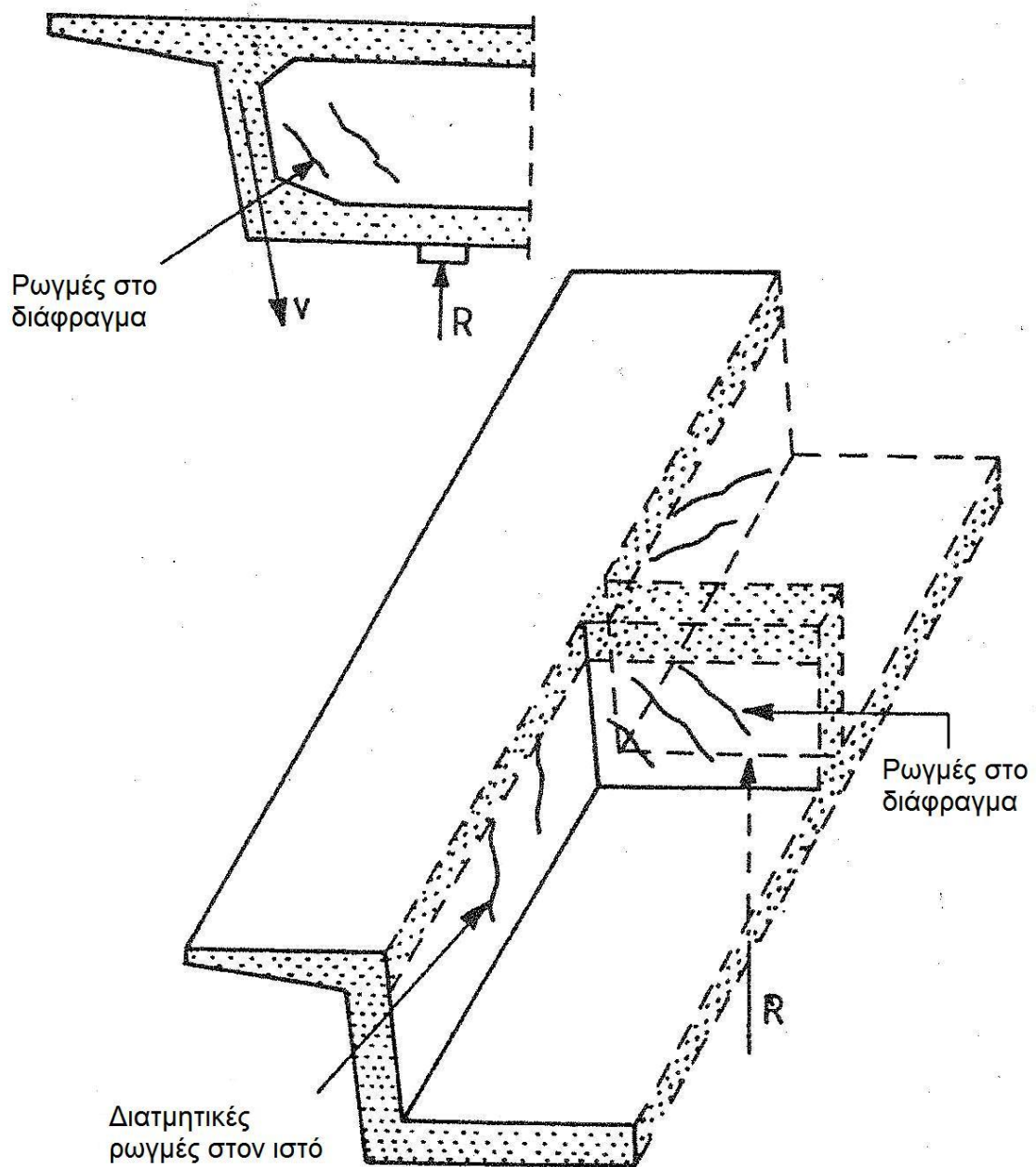
Διατμητικές ρωγμές στον ιστό



5. Αιτία ζημιάς:

Διάτμηση. Υπερβολική φόρτιση. Τα εφέδρανα δεν τοποθετούνται ακριβώς κάτω από τους ιστούς προκαλώντας ισχυρές τάσεις διάτμησης στο διάφραγμα. Σχηματίζονται διαγώνιες ρωγμές από διάτμηση στους ιστούς και το διάφραγμα. Οι ρωγμές μπορεί να είναι μεγάλες ($w < 1\text{mm}$). Χρόνος σχηματισμού – μετά την υπερφόρτιση, συχνά μετά από αυτή.

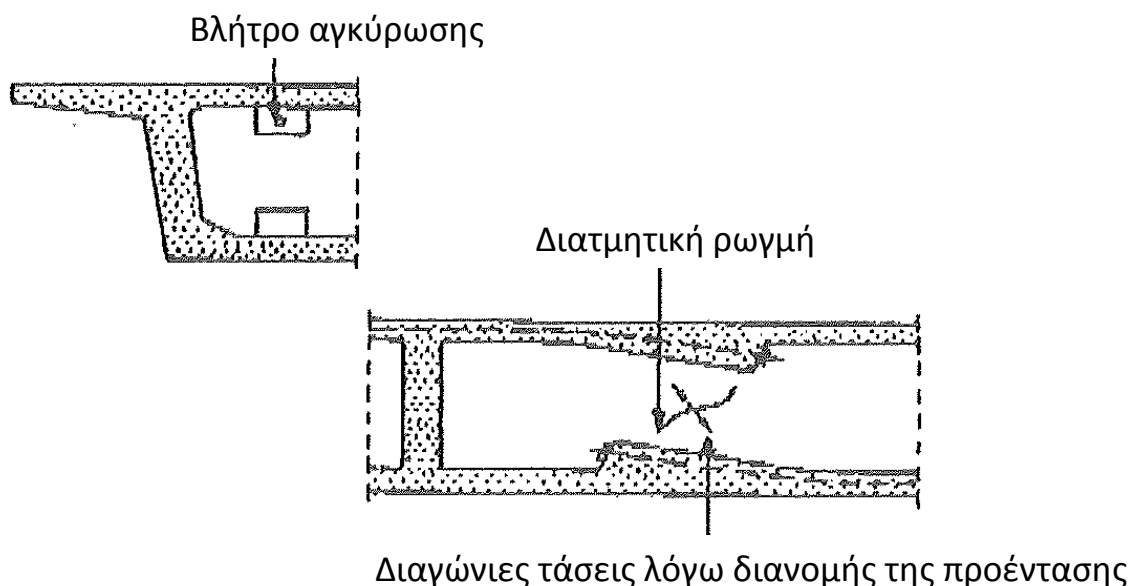
Σχήμα:



6. Αιτία ζημιάς:

Διάτμηση. Ανεπαρκής χώρος μεταξύ των σημείων αγκύρωσης. Διαγώνιες τάσεις εξαιτίας της κατανομής των δυνάμεων προέντασης στους ιστούς. Διαγώνιες ρωγμές στους ιστούς μεταξύ των βλήτρων αγκύρωσης. Οι ρωγμές μπορεί να είναι μεγάλες ($w < 1\text{mm}$). Χρόνος σχηματισμού – μετά από μικρό διάστημα λειτουργίας, σπάνια αμέσως μετά την προένταση.

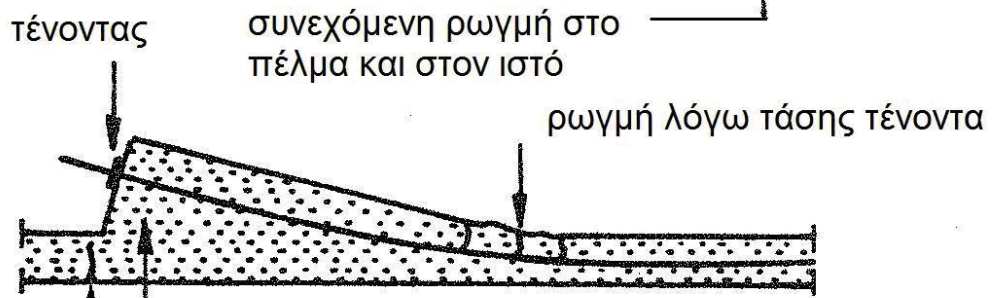
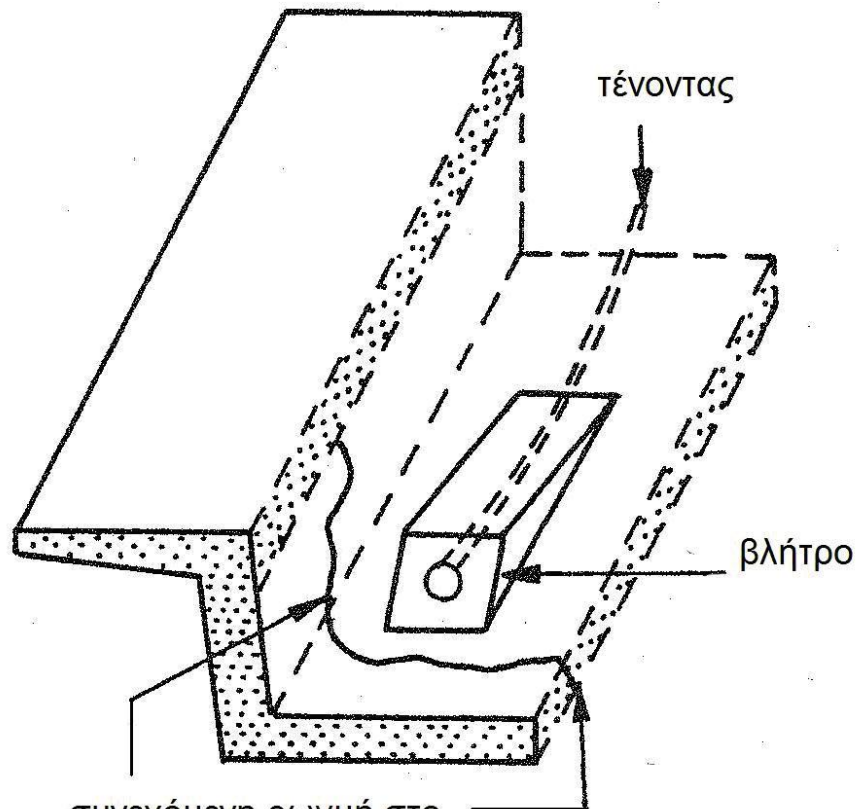
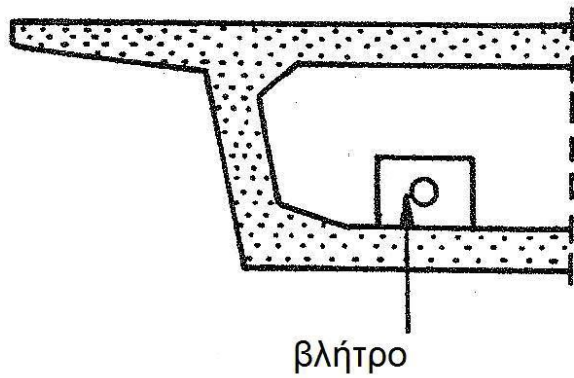
Σχήμα:



7. Αιτία ζημιάς:

Κατασκευαστικές ατέλειες. Τοπικά συγκεντρωμένες δυνάμεις κάτω από τα βλήτρα αγκύρωσης μέσα στις δοκούς διατομής κιβωτίου. Πολύ λεπτό κάτω πέλμα. Πολύ μικρή καμπύλωση του τένοντα μεταξύ βλήτρου αγκύρωσης και κάτω πέλματος δημιουργώντας συγκεντρωμένη δύναμη στο σκυρόδεμα στα άκρα των βλήτρων. Κοντά στα βλήτρα αγκύρωσης σχηματίζονται ρωγμές στο κάτω πέλμα που διαδίδονται στους ιστούς. Οι ρωγμές μπορεί να είναι μεγάλες, κυρίως $w > 1\text{mm}$. Πιθανή θραύση του σκυροδέματος στο τέλος του βλήτρου αγκύρωσης. Χρόνος σχηματισμού – μετά από μικρό διάστημα λειτουργίας, σπάνια αμέσως μετά την προένταση.

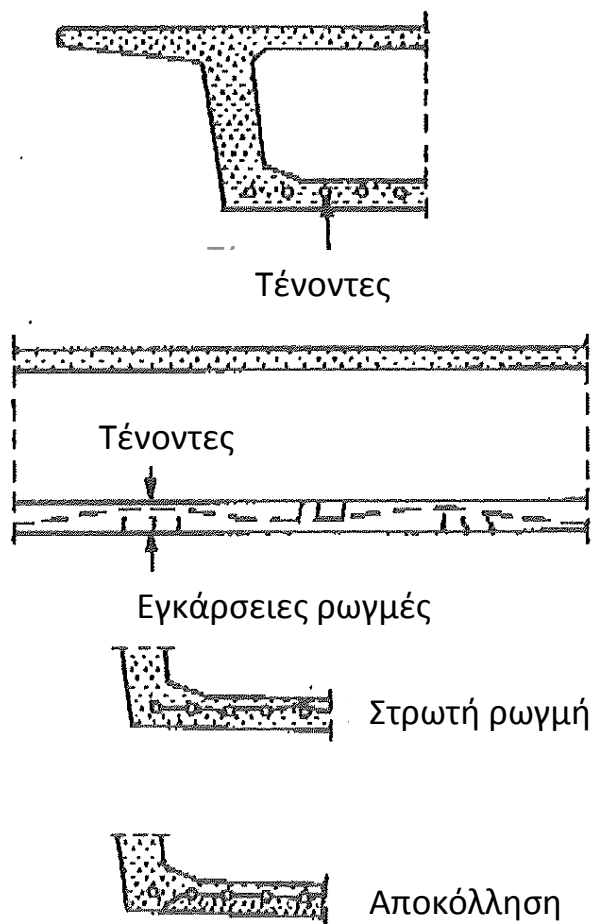
Σχήμα:



8. Αιτία της ζημιάς:

Κατασκευαστικές ατέλειες. Οι αγωγοί των τενόντων καταστρέφονται από ανεπαρκή αριθμό εφεδράνων ή εφεδρανα που παρεκκλίνουν από διάφορους λόγους. Ρωγμές λόγω της καμπύλωσης των τενόντων. Διζωνικές ρωγμές στο κάτω πέλμα. Διαμήκειες ρωγμές στους ιστούς. Οι ρωγμές κυρίως είναι στενές ($w < 1\text{mm}$). Ρωγμές που φωλιάζουν μέσα στους ιστούς ή ρωγμές θραύσης εξαιτίας ατελειών των τενόντων, π.χ. γωνιακές αλλαγές, θραύση της διατομής των αγωγών του τένοντα κ.α. Χρόνος σχηματισμού – μετά την προένταση, μετά από ένα μικρό διάστημα λειτουργίας.

Σχήμα:

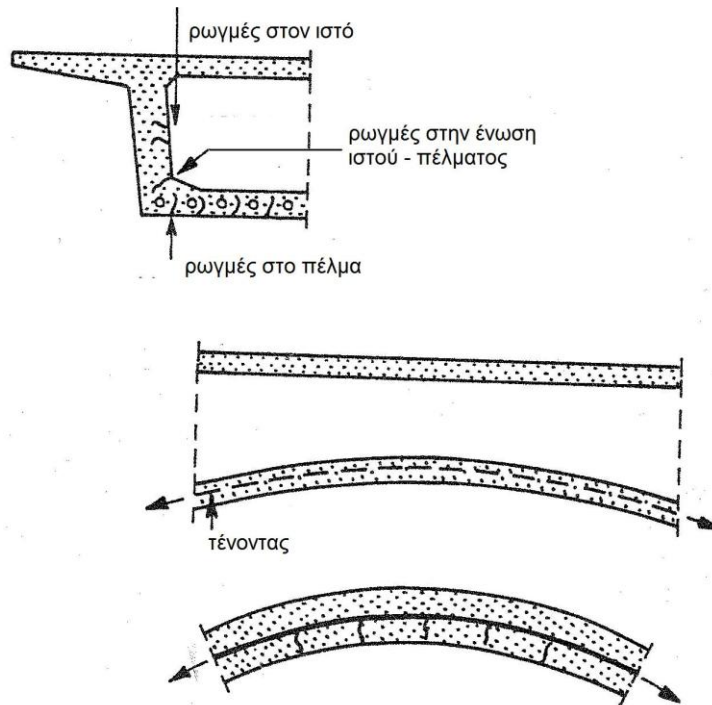


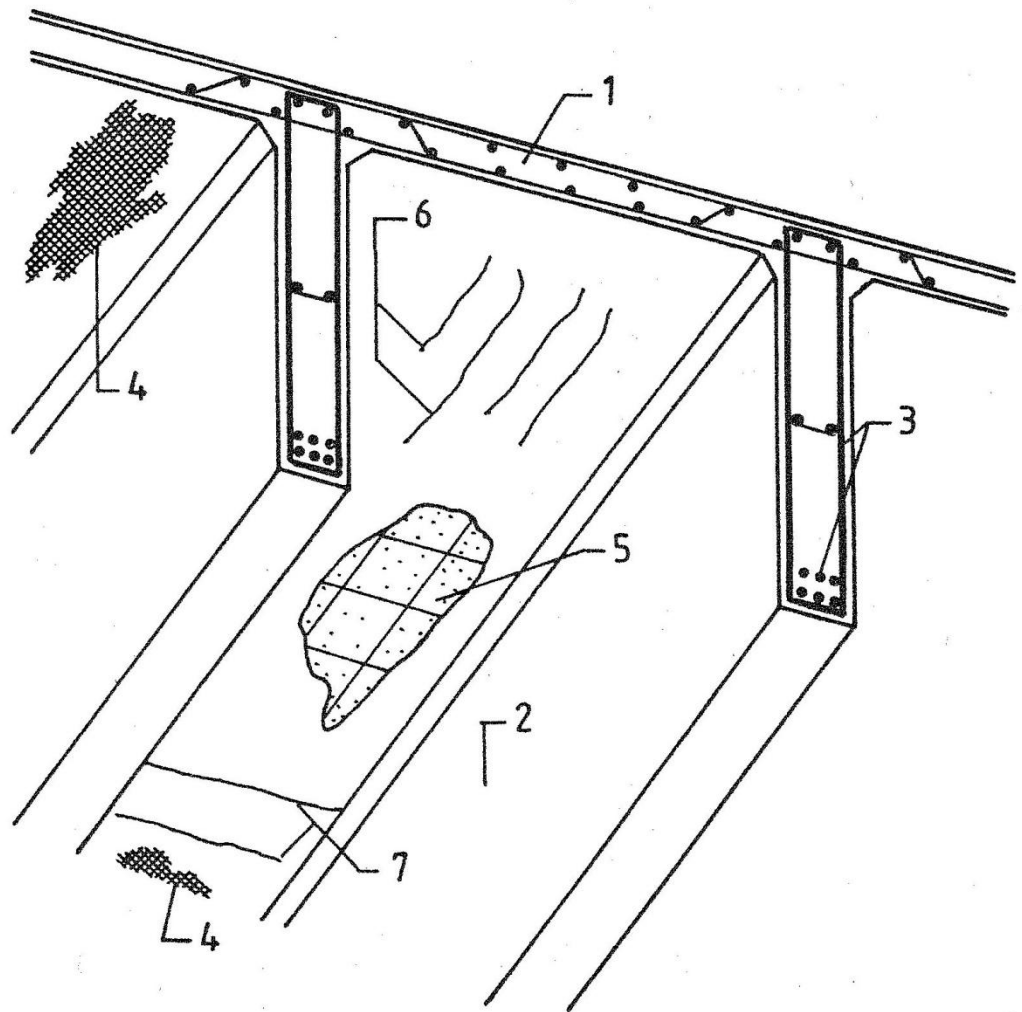
9. Αιτία της ζημιάς:

Κατασκευαστικές ατέλειες. Επιδράσεις κάθετης καμπύλωσης των τενόντων. Διαμήκειες τάσεις συμπίεσης παρασύρουν κατιόντες ακτινικές δυνάμεις στο κάτω πέλμα όπου εμφανίζονται διαμήκειες ρωγμές. Ρωγμές επίσης μπορεί να προκληθούν στη συμβολή του πέλματος και του ιστού

ή και στον ίδιο τον ιστό. Οι ρωγμές είναι κυρίως στενές ($w < 1\text{mm}$) αλλά μπορεί να είναι και μεγαλύτερες σε μερικές περιπτώσεις ($w > 1\text{mm}$).

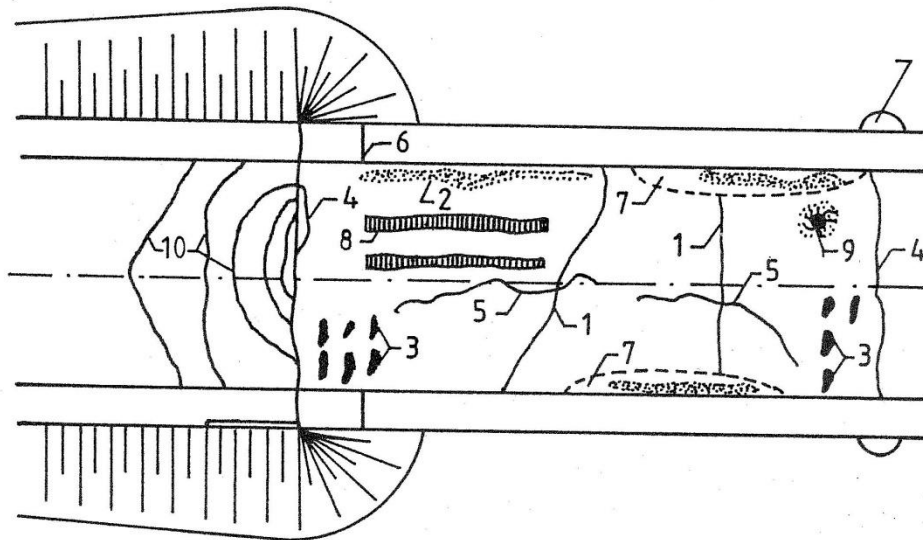
Σχήμα:





Εικόνα 2.4 Τυπική ζημιά σε κατάστρωμα γέφυρας

- 1. – πλάκα καταστρώματος,
- 2. – δοκός,
- 3. – οπλισμός της δοκού,
- 4. – διαρροές στην επιφάνεια στο κάτω μέρος της πλάκας καταστρώματος,
- 5. – θραύση της κάλυψης του σκυροδέματος,
- 6. – ρωγμές εξαιτίας της υπερφόρτισης της πλάκας καταστρώματος,
- 7. – ρωγμές εξαιτίας της διαβρωμένων ράβδων οπλισμού.



Εικόνα 2.5 Τυπική ζημιά που παρατηρείται σε επιστρωμένες οδούς σε γέφυρες από σκυρόδεμα

1. – εγκάρσιες ρωγμές στην οδοστρωσία,
2. – μόλυνση κατά μήκος των ρείθρων,
3. – απώλειες και ατέλειες στην οδοστρωσία,
4. – ρωγμές σε περιοχές αρμών διαστολής,
5. – διαμήκειες ρωγμές στην οδό,
6. – επιδείνωση και διαρροές κοντά στα ρείθρα,
7. – παραμόρφωση του οδοστρώματος (ξέπλυμα),
8. – παραμόρφωση του οδοστρώματος σε μορφή ‘ελαστικών φορτηγού’,
- 9 – επιδείνωση του οδοστρώματος εξαιτίας πολύ αδύνατου υποστρώματος,
10. – τράχυνση της οδού σε σημεία πρόσβασης εξαιτίας της απουσίας της άνω πλάκας μεταξύ του ανοίγματος και του βάρου ή ακόμα μπορεί να προκληθεί από κακή τοποθέτηση των επιχωμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Α. Επιθεώρηση υφιστάμενης κατασκευής

Α.1. Μέθοδοι επιθεώρησης γεφυρών

Η συστηματική παρακολούθηση των γεφυρών και ο καθορισμός των απαραίτητων διορθωτικών κινήσεων (συντήρηση , επισκευές) στα τμήματα που έχουν υποστεί φθορές είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα.

Το παρόν ζήτημα, σε πρώτο επίπεδο, καθορίζει την προσέγγιση και την επιλογή ενός κατάλληλου συστήματος επιθεώρησης της κατασκευής.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές παρακολούθησης της κατάστασης των γεφυρών. Ένας είναι ο απλός οπτικός έλεγχος μέσω επιφανειακής επιθεώρησης των διαφόρων στοιχείων της κατασκευής και συμπλήρωσης κατάλληλων ερωτηματολογίων τα οποία μέσω βαθμολογίας θα οδηγούν στην αποτίμηση της κατάστασης της κατασκευής. Μια άλλη τεχνική είναι ο ενόργανος οπτικός έλεγχος ,ο οποίος είναι ένα βήμα πιο μπροστά από τον απλό οπτικό έλεγχο. Η διαφορά αυτής της τεχνικής είναι ότι οι εκτιμήσεις της κατάστασης των διαφόρων μελών τεκμηριώνονται μέσα από πειραματικά στοιχεία. Τέλος , υπάρχει και ένας τρίτος τρόπος παρακολούθησης γεφυρών ο οποίος στηρίζεται

σε σύγχρονα τεχνολογικά μέσα (‘έξυπνα συστήματα παρακολούθησης’) και κατάλληλη επεξεργασία των μετρητικών δεδομένων μέσα από προσομοιώματα σε υπολογιστές.

Οι βάσεις δεδομένων που δημιουργούνται έχουν και μια επιπλέον χρησιμότητα καθώς συγκεντρώνουν και τις πιθανές μορφές φθορών που μπορούν να παρουσιαστούν σε μια κατασκευή και τους τρόπους συντήρησης που μπορούν να λάβουν χώρα , ανάλογα με τη βλάβη του στοιχείου. Η χρησιμότητα των παραπάνω βάσεων δεδομένων είναι πολύ σημαντική τόσο για την ίδια την

κατασκευή και τους ελέγχους που μπορεί να λάβουν χώρα στο μέλλον , όσο και στην πρόληψη και τον έλεγχο άλλων γεφυρών. Για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει συγκεντρωμένο το ιστορικό της

κατασκευής, το οποίο να περιλαμβάνει όλους τους ελέγχους και τις εργασίες συντήρησης που έχουν γίνει στο δόμημα.

Απλός οπτικός έλεγχος

Ο απλός οπτικός έλεγχος των γεφυρών εφαρμόζεται από έμπειρους μηχανικούς οι οποίοι ,μέσα από επιφανειακές επιθεωρήσεις στα διάφορα τμήματα της γέφυρας, εντοπίζουν πιθανές βλάβες ή φθορές που έχει υποστεί η κατασκευή. Για να περιορίζεται ο παράγοντας της υποκειμενικότητας και της εσφαλμένης κρίσης του ελεγκτή, η διάγνωση των βλαβών συνοδεύεται από βοηθητικά ερωτηματολόγια τα οποία κατατάσσουν την κατασκευή σε συγκεκριμένη κατηγορία ανάλογα με τις βλάβες που παρουσιάστηκαν. Οι επιθεωρήσεις οπτικού ελέγχου διακρίνονται στις κύριες επιθεωρήσεις, στην επιφανειακές επιθεωρήσεις, στις γενικές και στις ειδικές. Οι κύριες επιθεωρήσεις γίνονται κάθε έξι με δέκα χρόνια και εξετάζεται κάθε δομικό μέλος της γέφυρας ξεχωριστά. Οι γενικές επιθεωρήσεις γίνονται κάθε ένα με δύο έτη και εξετάζεται όλη η γέφυρα. Ο έλεγχος στις ειδικές επιθεωρήσεις είναι σχολαστικός και γίνεται σε γέφυρες που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο. Τέλος η επιφανειακή επιθεώρηση είναι μια τρέχουσα διαδικασία που γίνεται για να εκθέσει ανεπάρκειες (φθορές) της γέφυρας που μπορεί να προκαλέσουν σοβαρότερα προβλήματα.

Ο μηχανικός επιθεώρησης κατά τον οπτικό έλεγχο χρησιμοποιεί κάποιον εξοπλισμό. Ο εξοπλισμός αυτός περιλαμβάνει εργαλεία όπως: γωνιόμετρο, αλφάδι, παχύμετρο, νήμα της στάθμης, μετροταινία, εργαλεία καθαρισμού, καθρέφτη με χερούλι προέκτασης και φακό. Επίσης χρησιμοποιεί σκαλωσιές ή μηχανήματα αυτόματης ανύψωσης,



Μέτρα Ατομικής Προστασίας και σχέδια από την μελέτη της γέφυρας.



Οπτικός έλεγχος ανυψωτικό μηχανήμα εργαλεία επιθεώρησης

Άλλες μέθοδοι ελέγχου

Για τον ποιο λεπτομερή έλεγχο της κατασκευής ο επιθεωρητής κάνει ενόργανο έλεγχο χρησιμοποιώντας:

- Κρουσίμετρο
- Σειτ υπέρηχων
- Συσκευές ανίχνευσης θέσεως οπλισμού
- Σκληρόμετρα, διατάξεις τύπου “ pull off ”
- Συσκευές εξόλκευσης ήλου
- Διατάξεις μέτρησης διαπερατότητας

Οι μεγάλες γέφυρες κυρίως μπορούν να ελεγχθούν και μέσω δορυφορικών συστημάτων, όπου με την βοήθεια ειδικών λογισμικών βγαίνουν αποτελέσματα για την κατάσταση της γέφυρας. Συνήθως με αυτόν τον τρόπο παρακολούθησης μπορούν να διαπιστωθούν φθορές όπως: καθιζήσεις ακρόβαθρων και μεσόβαθρων, αν λειτουργούν σωστά οι αρμοί συστολοδιαστολής ανάλογα με τις μετακινήσεις τις γέφυρας και άλλα.



Ενόργανος Έλεγχος επιθεωρητής εξοπλισμένος με Μ.Α.Π

A.2. Επιθεώρηση υποδομής

2.1. Επιθεώρηση ακροβάθρων

Επιθεώρηση για κατακόρυφη μετακίνηση ακροβάθρου

Λόγω των μεγάλων φορτίων που δέχεται το ακρόβαθρο έχει μεγάλη σημασία η ευστάθεια γι' αυτό στην επιθεώρηση ελέγχεται με προσοχή η κατακόρυφη, η στρωφική και η οριζόντια μετακίνηση του ακροβάθρου.

Κατά την επιθεώρηση του ακρόβαθρου για να διαπιστωθεί αν έχει συμβεί κατακόρυφη μετακίνηση πρέπει πρώτα να παρατηρηθεί η πλάγια όψη της γέφυρας από απόσταση (50-100m) γιατί σε περίπτωση σημαντικής καθίζησης του ακρόβαθρου θα είναι ορατή η μεταβολή της μηκοτομικής κλίσης στο αντίστοιχο ακραίο φάτνωμα της γέφυρας. Επίσης φαίνεται καθαρά από την απότομη αλλαγή κλίσης του στηθαίου ασφαλείας. Η καθίζηση του ακροβάθρου γίνεται εύκολα αντιληπτή και από κάποιον που δεν είναι μηχανικός καθώς διασχίζει με όχημα το κατάστρωμα της γέφυρας και περάσει από τον αρμό του ακροβάθρου και του καταστρώματος, το όχημα θα τρανταχτεί από την υψομετρική διαφορά των παρειών του αρμού. Επίσης πρέπει να ελέγχεται:

- Η θεμελίωση του ακρόβαθρου για τυχόν υποσκαφή
- Ο αρμός που χωρίζει τον πτερυγότοιχο με το ακρόβαθρο για σωστή ευθυγράμμιση
- Η άσφαλτος του καταστρώματος στην περιοχή του ακρόβαθρου για ρηγματώσεις. καθίζηση ακροβάθρου



Επιθεώρηση για στρωφική μετακίνηση ακροβάθρου

Το πρώτο πράγμα που ελέγχεται για στροφική μετακίνηση είναι η κατακορυφότητα του ακρόβαθρου, χρησιμοποιώντας νήμα της στάθμης. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο μηχανικός πρέπει να γνωρίζει για τον τρόπο κατασκευής της γέφυρας γιατί μερικά ακρόβαθρα έχουν κατασκευαστεί με κεκλιμένες όψεις.

Ελέγχονται τα φρεάτια και οι σωλήνες αποστράγγισης γιατί, αν είναι βουλωμένα το νερό που βρίσκεται πίσω από το ακρόβαθρο, ασκεί οριζόντιες πιέσεις και έτσι βοηθά τη μετακίνηση του ακροβάθρου. Η ρηγμάτωση της ασφάλτου είναι μια ένδειξη φθοράς και για στροφική μετακίνηση. Γίνεται έλεγχος για ρηγμάτα και μετριέται το εύρος, το μήκος και ο προσανατολισμός τους. Αυτό δεν πετυχαίνεται πάντα με την εμπειρία του επιθεωρητή και χρησιμοποιούνται διάφορα όργανα επιθεώρησης γεφυρών, όπως ο υπέρηχος. Τα άκρα των δοκών και των θωρακίων πρέπει να έχουν μια συγκεκριμένη απόσταση και να μην



τείνουν να εφάπτονται. Τέλος για την στροφική μετακίνηση γίνεται έλεγχος για ανισοσταθμία των παρειών και μη αναμενόμενη μεταβολή του εύρους των αρμών του καταστρώματος.

πλευρική μετακίνηση λόγω

Διάβρωσης πρανούς ρηγμάτωση ασφάλτου λόγω

Καθίζησης ακροβάθρου

Επιθεώρηση για πλευρική μετακίνηση ακρόβαθρου

Για πλευρική μετακίνηση ελέγχεται από μακριά το ακρόβαθρο για πιθανή καθίζηση του καταστρώματος πρόσβασης. Στην συνέχεια ελέγχεται ο αρμός ανάμεσα πτερυγότοιχο - ακρόβαθρο και η τυχόν διάβρωση και υποσκαφή του υλικού του πρανούς μπροστά από το ακρόβαθρο. Οι υδροστατικές πιέσεις συμβάλουν και για την πλευρική μετακίνηση του ακρόβαθρου, γι' αυτό ελέγχεται όλο το σύστημα αποστράγγισης και φρεατίων της υποδομής. Το θωράκιο πρόσβασης και η ανωδομή δεν πρέπει να τείνουν μεταξύ τους.

Έλεγχος για φθορά υλικού ακρόβαθρων

Όσον αναφορά την επιθεώρηση για την φθορά υλικού των ακρόβαθρων, πρέπει να επιθεωρείται κάθε "γωνιά" του ακρόβαθρου για διάφορες ρωγμές και να διαπιστώνεται πόσο επικίνδυνες είναι για την στατική λειτουργία του ακρόβαθρου. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δίνεται στην ύπαρξη διαγώνιων- διατμητικών ρηγμάτων, γιατί είναι δυνατών να οδηγήσουν στην ψαθυρή αστοχία του ακρόβαθρου. Επίσης πρέπει να δίνεται προσοχή στην ρηγμάτωση του θωρακίου πρόσβασης και στις θέσεις στήριξης της ανωδομής. Ο επιθεωρητής πρέπει να δώσει σημασία στην διάβρωση του σκυροδέματος και στην εμφάνιση γυμνών οπλισμών. Η διάβρωση λαμβάνει χώρο σε περιοχές που εκτίθενται σε νερά απορροής, όπως αυτές που είναι παρακείμενες στους σωλήνες αποχέτευσης. Ο αρμός συστολοδιαστολής μπορεί να χάσει τη στεγανότητά του με αποτέλεσμα να περάσει νερό μέσα στο ακρόβαθρο που θα συμβάλει στην διάβρωση του σκυροδέματος. Εν πρέπει να αμελείται ο κατασκευαστικός αρμός, όταν αυτός υπάρχει, ανάμεσα στο θωράκιο πρόσβασης και τον κορμό του ακρόβαθρου.



Απογύμνωση οπλισμού



Διατμητικές ρωγμές

Επιθεώρηση για υποσκαφή ακροβάθρων

Κάθε φορά που γίνεται επιθεώρηση μιας γέφυρας πρέπει να καταγράφεται η διαμόρφωση της κοίτης του χειμάρρου ούτως ώστε να συγκρίνεται η μορφολογία τη κοίτης και να διαπιστώνεται αν υπάρχει υποσκαφή και πόσο γρήγορα προχωράει. Πρέπει να σημειωθεί ότι, μερικές φορές τα λεπτόκοκκα φερτά υλικά πληρώνουν χαλαρά τις υποσκαφές χωρίς όμως να αποκαθιστούν την απολεσθείσα φέρουσα ικανότητα του πέδιλου του ακρόβαθρου.

Επιθεώρηση αποστράγγισης – αποχέτευσης

Όλες οι σωληνώσεις πρέπει να ελέγχονται αν λειτουργούν σωστά, ή αν είναι βουλωμένες από τοιχών φωλιές ζώων ή από φερτά υλικά που έχει παρασύρει το νερό. Πρέπει να ελέγχονται οι θέσεις των στραγγιστηριών για τυχόν διάβρωση του σκυροδέματος.

2.2. Επιθεώρηση πτερυγοτόιχων

Θα πρέπει να γίνεται έλεγχος για διάβρωση του ερείσματος του δρόμου πίσω από το ακρόβαθρο για ρηγματώσεις και γενικότερα φθορά του σκυροδέματος. Οι μονολιθικοί πτερυγότοιχοι πρέπει να ελέγχονται

μαζί με τα ακρόβαθρα και να αποτιμώνται και βαθμολογούνται μαζί με την υπόλοιπη υποδομή. Και σε αυτήν την περίπτωση, όμως, μόνο εκείνο το μέρος των περυγοτοιχών μέχρι τον πρώτο κατασκευαστικό αρμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Οι ανεξάρτητοι περυγοτόιχοι πρέπει επίσης να επιθεωρούνται, αλλά η κατάσταση τους δεν πρέπει να επηρεάζει την εκτίμηση της συνολικής κατάστασης της υποδομής.



Ρωγμές στον περυγοτόιχο



Διάβρωση επιχώματος περυγοτόιχου

2.3. Επιθεώρηση μεσοβάθρων

Οι θέσεις επιθεώρησης των μεσοβάθρων δεν είναι εξειδικευμένες αλλά μπορούν να συσχετιστούν με τα συνήθη προβλήματα που παρουσιάζονται. Η μέθοδος επιθεώρησης των μεσοβάθρων είναι ίδια με των ακρόβαθρων και επειδή η ευστάθεια είναι σημαντική και για τα δύο αυτά δομήματα της γέφυρας, γίνεται κυρίως έλεγχος για κατακόρυφη, στρωφική και οριζόντια μετακίνηση.

Επιγραμματικά για την επιθεώρηση των μεσοβάθρων πρέπει:

- Να εξετάζεται η πλάγια όψη της γέφυρας από απόσταση.
- Στις γέφυρες πολλαπλών ανοιγμάτων να ελέγχεται ο αρμός στο κατάστρωμα πάνω από το συγκεκριμένο μεσόβαθρο (όταν υπάρχει) αλλά και τα γειτονικά του καθώς και στα ακρόβαθρα.

- Να γίνεται έλεγχος για οποιαδήποτε νέα, μη αναμενόμενη, ρηγματώση των μεσοβάθρων.
- Να ελέγχεται η ανωδομή για ενδείξεις καθίζησης (κυρίως το στηθαίο).
- Να γίνεται έλεγχος για υποσκαφή γύρω από το πέδιλο του μεσοβάθρου.
- Σε ορισμένες περιπτώσεις να ελέγχεται η θέση στήριξης στην κορυφή του μεσοβάθρου με τη χρήση τοπογραφικού εξοπλισμού.
- Να περιλαμβάνει έλεγχο της κατακορυφότητας του μεσοβάθρου (π.χ. με τη χρήση νήματος της στάθμης).
- Να περιλαμβάνει έλεγχο των αποστάσεων μεταξύ των άκρων των δοκών πάνω από τα μεσόβαθρα και μεταξύ των άκρων των δοκών και του θωρακίου πρόσβασης στα ακρόβαθρα.
- Να περιλαμβάνει έλεγχο για μη αναμενόμενες ρηγματώσεις και αποφλοιώσεις
- Να περιλαμβάνει έλεγχο για ευθυγράμμιση του στηθαίου της ανωδομής.



Αποφλοιώση τσιμέντου στο μεσόβαθρο

Επιθεώρηση υποσκαφής μεσόβαθρων

Για την υποσκαφή των μεσόβαθρων ο επιθεωρητής ακολουθεί τις ίδιες διαδικασίες με την υποσκαφή των ακρόβαθρων μόνο που στα μεσόβαθρα η φθορά μπορεί να είναι μεγαλύτερου εύρους επειδή τα και τρεχούμενα νερά έχουν μεγαλύτερη δύναμη βαθιά.



Το μεσόβαθρο δέχεται φορτία που δεν έχουν υπολογιστεί



Ζημιά από πρόσκρουση οχήματος

Επιθεώρηση οπλισμένου σκυροδέματος στα μεσόβαθρα

Στην επιθεώρηση των μεσόβαθρων για τυχόν φθορές στο οπλισμένο σκυροδέμα ο μηχανικός δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην κεφαλή των θέσεων έδρασης στην κορυφή των μεσόβαθρων για τυχόν ρηγματώσεις, διάβρωση και αποφλοιώση. Γίνεται έλεγχος για αποσύνθεση του σκυροδέματος σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το νερό, το έδαφος και σε περιοχές που τα μεσόβαθρα εκτίθενται στην απορροή του καταστρώματος από σωληνώσεις του συστήματος αποχέτευσης που δεν έχουν, τοποθετηθεί σωστά και δεν έχουν το κατάλληλο μήκος. Οι ρωγμές και οι αποφλοιώσεις που εντοπίζονται πρέπει να ελέγχονται, για το αν είναι δυνατόν να προκαλέσουν μελλοντικό πρόβλημα στην ασφάλεια της κατασκευής. Σε μερικές περιπτώσεις ακουμπούν στα μεσόβαθρα διάφορες πέτρες και μεγάλοι ογκόλιθοι, που προήλθαν είτε από κατολισθήσεις, είτε παρασύρθηκαν από την δύναμη του νερού κάποιων ποταμών. Οι πέτρες αυτές προκαλούν φορτία τα οποία δεν προβλέπονταν στην στατική μελέτη της γέφυρας.

A.3. Επιθεώρηση ανωδομής

Η επιθεώρηση της ανωδομής των προκατασκευασμένων δοκαριών χωρίζεται ανάλογα με την θέση που επιθεωρείται σε:

Επιθεώρηση στις θέσεις στήριξης

Γίνεται έλεγχος στις θέσεις έδρασης για κατακόρυφες ρωγμές, διάβρωση και αποφλοιώση σκυροδέματος. Οι ρωγμές και οι αποφλοιώσεις είναι δυνατόν να προέλθουν από διάβρωση του οπλισμού, λόγω διείσδυσης νερού στο σκυρόδεμα. Επίσης ο μη επαρκής χώρος για θερμοκρασιακές μετακινήσεις μπορεί να προκαλέσει ρωγμές. Πολύ πιο σπάνια η αποφλοιώση μπορεί να προέλθει από κακής ποιότητας σκυρόδεμα. Επιθεωρείται η περιοχή στήριξης για τυχόν θραύση του πέλματος, σε περίπτωση που διαπιστωθεί σκουριά κοντά στην θέση στήριξης είναι πιθανόν να προέρχεται από διαβρωμένους τένοντες της προέντασης, ή από χαλαρό οπλισμό. Ειδικά στις λοξές ή καμπύλες γέφυρες με αυτόν τον τύπο φορέα να επιθεωρείται η περιοχή των άκρων των ανοιγμάτων, όπου συνήθως δεν υπάρχει στην κατασκευή καλή συναρμογή των προπλακών με τις δοκούς ή δεν υπάρχουν καθόλου πρόπλακες (αντικαθίστανται τοπικά από καλούπι), αλλά και στις γραμμές στήριξης των προπλακών στο άνω πέλμα των δοκών.

Γίνεται έλεγχος για το αν έχουν τηρηθεί κατά την κατασκευή οι αποστάσεις που προβλέπονται από τη μελέτη ανάμεσα στις πλακοδοκούς και τους διατμητικούς τόρμους ή τους πλευρικούς τοίχους των ακροβάθρων και μεσόβαθρων όπου εδράζονται οι πλακοδοκοί. Σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να αλλοιωθεί η στατική συμπεριφορά της κατασκευής.



Ρωγμές στην θέση στήριξης

Επιθεώρηση στις ζώνες διάτμησης

Στις ζώνες διάτμησης ελέγχονται τα άκρα των δοκών κοντά και πάνω από τα μεσόβαθρα. Στην περιοχή αυτή ο επιθεωρητής κοιτάει για διαγώνια διατμητικά ρήγματα. Τα ρήγματα αυτά αναπτύσσονται κατά κανόνα διαγώνια με φορά προς τα πάνω και από τη στήριξη προς το μέσο του ανοίγματος. Ο κίνδυνος διατμητικής ρηγμάτωσης του κορμού των προεντεταμένων πλακοδοκών είναι πιο έντονος στην περίπτωση που έχει εφαρμοστεί προένταση σε κλίση για την κατασκευή της γέφυρας.

Επιθεώρηση στις ζώνες εφελκυσμού

Γενικά σε όλη τη ζώνη εφελκυσμού πρέπει να γίνεται έλεγχος για ένδειξη σκουριάς από ρηγματώσεις. Σ' αυτήν τη περίπτωση, μπορεί να έχει διαβρωθεί ο οπλισμός ή οι τένοντες της προέντασης.

Ελέγχονται όλα τα δοκάρια για αποφλοίωση σκυροδέματος. Σε περίπτωση αποφλοίωσης ελέγχεται πρώτα κατά πόσο είναι διαβρωμένος ο οπλισμός και κατά πόσο μειώθηκε η διατομή της δοκού. Αν διαπιστωθεί μεγάλη απώλεια της διατομής της δοκού ενδέχεται η δοκός να χάσει πολύ από την μηχανική του ιδιότητα. Επίσης αν η αποφλοίωση είναι τόσο μεγάλη ούτως ώστε να φαίνονται και οι προεντάσεις τότε το πρόβλημα είναι μεγάλο. Οι εκτιθέμενοι τένοντες είναι επιρρεπείς στην χαλάρωση και στις ψαθυρές αστοχίες.

Μερικές φορές στα προεντεταμένα δοκάρια η ύπαρξη ρηγματώσεων, αποφλοιώσεων, απολέπισης και ρηγματώσεων με εξάνθηση μπορεί να κρύβει απώλεια συνάφειας σε εφελκυσμένο οπλισμό. Στις συνεχείς γέφυρες από προεντεταμένα δοκάρια γίνεται έλεγχος πρώτα για αρνητικό βέλος κάμψης και μετά για καμπτικές ρωγμές. Το αρνητικό βέλος στις συνεχείς γέφυρες διακρίνεται αν παρατηρηθεί από μακριά η πλάγια όψη της γέφυρας.

Ελέγχεται η κάτω παρειά στο μέσο των ανοιγμάτων για καμπτικά ρήγματα από θετική ροπή. Αυτά τα ρήγματα έχουν πολύ μικρό εύρος και είναι δύσκολο να εντοπιστούν. Ειδικός μετρητής πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του εύρους τους. Γίνεται έλεγχος

της κάτω παρειάς για διαμήκεις ρηγματώσεις που μπορεί να σημαίνουν ανεπαρκή επικάλυψη, αποστάσεις οπλισμών πάνω από τις μέγιστες επιτρεπτές ή ενδεχόμενη υπερφόρτιση του σκυροδέματος εξαιτίας τενόντων ιδιαίτερα μεγάλης φέρουσας ικανότητας.



Διατμητική ζώνη



Επιθεώρηση εγκάρσιων διαδοκίδων αρνητικό βέλος κάμψης

Η ανάπτυξη διατμητικών ρηγμάτων μπορεί να προκαλέσει ψαθυρή αστοχία στις εγκάρσιες διαδοκίδες. Επίσης καμπτικά και διατμητικά ρήγματα μπορεί να σημαίνουν εκτεταμένη διαφορική μετακίνηση των προεντεταμένων δοκών. Προσεκτικός έλεγχος κυρίως στην περιοχή της συναρμογής των εγκάρσιων διαδοκίδων, με τις κύριες δοκούς.

Επιθεώρηση περιοχών της ανωδομής εκτεθειμένες στην αποστράγγιση

Σε περιοχές που είναι εκτεθειμένες σε αποστράγγιση πρέπει να γίνεται έλεγχος για διάβρωση και αποφλοιώση σκυροδέματος, αποκάλυψη οπλισμού, ρηγματώσεις που μπορεί να προέρχονται από ενανθράκωση. Η ανωδομή φθείρεται γιατί μερικές φορές δεν έχουν προβλεφθεί σωλήνες αποχέτευσης. Άλλες, πάλι φορές, οι σωλήνες αποχέτευσης είναι κοντοί με αποτέλεσμα τα όμβρια να πέφτουν πάνω στην γέφυρα. Φθορές τέτοιου είδους μπορούν να συμβούν και όταν δεν υπάρχει στεγανότητα στα φρεάτια αποχέτευσης. Ελέγχονται και οι περιοχές στήριξης των πλακοδοκών στα ακρόβαθρα γιατί υπάρχει περίπτωση ο αρμός συστολοδιαστολής, που υπάρχει στο κατάστρωμα και στο ακρόβαθρο, να χάσει την στεγανότητά του με αποτέλεσμα την αποσάθρωση του σκυροδέματος.

Επιθεώρηση σε περιοχές πάνω από κυκλοφορία

Το συνήθεις πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι επιθεωρητές είναι η πρόσκρουση κάποιου υψηλού διερχόμενου οχήματος πάνω στις πλακοδοκούς. Η φθορά μετά την πρόσκρουση μπορεί να μην είναι σημαντική, για παράδειγμα μπορεί να είναι ένα απλό γδάρισμα του τσιμέντου. Μπορεί όμως η πρόσκρουση να είναι δυνατή και να ξεκολλήσει ένα μεγάλο μέρος σκυροδέματος μειώνοντας την διατομή της πλακοδοκού με αποτέλεσμα να χάσει τις μηχανικές τις ιδιότητες. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να φαίνονται ακόμη και οι τένοντες της προέντασης μετά την αποκόλληση του σκυροδέματος. Ο επιθεωρητής μόλις διαπιστώσει τέτοιου είδους φθορά πρέπει να ελέγξει σε τι κατάσταση βρίσκεται η πλακοδοκός και πόσο μειώθηκε η διατομή της.



Πλακοδοκός εκτεθειμένη σε ροή ομβρίων υδάτων – Ανεπαρκής αποστράγγιση - αποχέτευση



Φθορά από πρόσκρουση ψηλού οχήματος στο πέλμα της πλακοδοκού

Επιθεώρηση σε προηγούμενες επισκευές

Μετά από κάθε επισκευή σε πλακοδοκό (αλλά και σε οποιοδήποτε δομικό στοιχείο της γέφυρας)πρέπει να γίνεται έλεγχος πόσο σωστά λειτουργεί αυτό το δομικό στοιχείο που επισκευάστηκε.

Επιθεώρηση για βέλη κάμψης δοκού

Χρησιμοποιώντας κατάλληλο εξοπλισμό γίνεται έλεγχος για οριζόντια και κατακόρυφη ευθυγράμμιση των προεντεταμένων δοκών. Όμως αν η γέφυρα είναι συνεχής το αρνητικό βέλος κάμψης διακρίνεται εύκολα με το μάτι αν παρατηρηθεί η πλάγια όψη της γέφυρας από κάποια απόσταση. Η κάμψη των πλακοδοκών συνήθως προέρχεται από υπερτάνση των τενόντων, ερπυσμό κατά την φάση αποθήκευσης ή και υπερεκτίμηση των κατακόρυφων φορτίων στην μελέτη της κατασκευής.



Διαβρωμένοι τένοντες σε
κατάστρωμα γέφυρας



Κατεστραμμένη δοκός –
Εμφάνιση διαβρωμένου οπλισμού

A.4. Επιθεώρηση εξαρτημάτων

4.1. Επιθεώρηση αρμών

Γενικά κατά την επιθεώρηση των αρμών ο μηχανικός πρέπει να ελέγχει:

- Τη συσσώρευση φερτών υλικών και ρύπων

- Τη σωστή τοποθέτηση των αρμών στο κατάστρωμα
- Τη φθορά των στεγανώσεων
- Το συστήματα αγκύρωσης αρμών
- Τις παρεισφρητικές επιστρώσεις

Ο επιθεωρητής για να διαπιστώσει, αν οι αρμοί λειτουργούν σωστά, πρέπει να καταγράψει τις μετακινήσεις του αρμού ανάλογα με την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και της ανωδομής. Οι αγκυρώσεις πρέπει να επιθεωρούνται προσεκτικά για την σωστή λειτουργία τους. Πρέπει να γίνεται επιθεώρηση για σημάδια θραύσης ή απώλειας του υλικού σφράγισης των οπών, για οξείδωση αγκυρόβιδων και για χαλαρά περικόχλια. Να καταγράφεται τυχόν «χτύπημα» του αρμού κατά την διέλευση κυρίως βαρέων οχημάτων.



Χώμα και φερτά υλικά μέσα στον αρμό



Φθορά ελαστικού του αρμού

4.2. Επιθεώρηση εφεδράνων

Τα εφεδράνα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά κατά την επιθεώρηση γιατί, η μη σωστή λειτουργία των εφεδράνων μπορεί να επιφέρει σοβαρές ζημιές στην γέφυρα. Τα κατεστραμμένα εφεδράνα μπορούν να μεταφέρουν πολύ σημαντικές τάσεις στην ανωδομή και την υποδομή. Επίσης οριζόντια αστοχία πολλών εφεδράνων μπορεί να προκαλέσει απώλεια στήριξης της ανωδομής. Φθορές όπως καθίζηση ακρόβαθρων ή μεσόβαθρων μπορούν να διαγνωστούν από τις

φθορές των εφεδράνων. Αντίστροφος φθορά κάποιου γειτονικού μέλους της γέφυρας μπορεί να δημιουργήσει δυσλειτουργία και στην συνέχεια φθορά του εφεδρανου.

Ο μηχανικός για την επιθεώρηση των εφεδράνων χρειάζεται κάποιον εξοπλισμό λόγω της μορφολογίας τους και της θέσης εδρασής τους. Ο εξοπλισμός αυτός είναι:

- Σχέδια, εγχειρίδια, ειδικές οδηγίες
- Σκαλωσιές και πλατφόρμες εργασίας
- Εξοπλισμός φωτισμού
- Καθρέφτες (για τα δύσκολα σημεία)
- Εργαλεία καθαρισμού
- Εργαλεία για το άνοιγμα όλων των καπακιών
- Χάρακας με κοφτερή άκρη
- Αλφάδι
- Γωνιόμετρο (για την κλίση των εφεδράνων)
- Παχύμετρο
- Μεζούρα (για την περίμετρο των ελαστομερών στρογγυλών εφεδράνων)

Στις γέφυρες με προκατασκευασμένα δοκάρια χρησιμοποιούνται απλά ελαστομερή ή ελαστομεταλλικά εφέδρανα κυκλικής ή τετραγωνικής διατομής. Ο μηχανικός επιθεώρησης όταν εξετάζει αυτά τα εφέδρανα πρέπει να ελέγχει:

- Τα μαξιλάρια νεοπρέν για υπερβολική διόγκωση.

Η διόγκωση του εφεδράνου είναι η αύξηση του πάχους και η μείωση του ύψους του. Η μικρή διόγκωση είναι φυσιολογική λόγω των φορτίων, αλλά αν ο λόγος ύψους/πάχος είναι δυσανάλογος τότε καταγράφεται η φθορά. Η αύξηση μήκους στην επιφάνεια της κάτω πλάκας σημαίνει ότι ασκείται υπερβολική τάση στο εφέδρανο.

- Για μεμονωμένα εξογκώματα στις πλευρές των μαξιλαριών, αυτό σημαίνει ότι το εφέδρανο δεν λειτουργεί κανονικά.

- Για κοψίματα και φθορές στο ελαστικό του εφεδράνου

- Το πάχος του μαξιλαριού αν είναι διαφορετικό από το προσδοκώμενο για την

συγκεκριμένη περιστροφή του εφεδράνου. Επίσης μετριέται το μήκος της πλευράς του εφεδράνου αν είναι ορθογωνικό και η περίμετρος αν είναι κυκλικό.

- Για τυχόν μετακίνηση του εφεδράνου προς μία διεύθυνση. Αυτό καταλαβαίνεται αν μετρηθεί (με γωνιόμετρο) η κλίση που σχηματίζει η πλευρά του εφεδράνου με την κατακόρυφο.

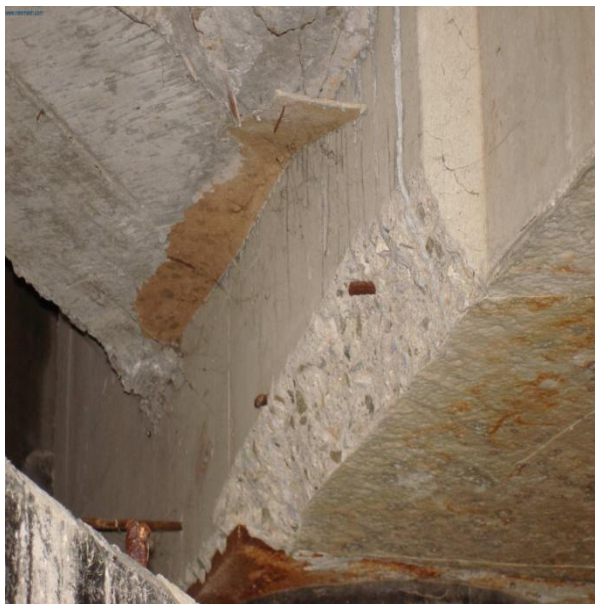
- Σε γέφυρες (με προκατασκευασμένα δοκάρια), αν η πλακοδοκός πατάει καλά πάνω στο εφέδρανο.

- Αν είναι οξειδωμένη η άνω και κάτω πλάκα αγκύρωσης των εφεδράνων.

- Την επιφάνεια των πλίνθων για τυχόν οπλισμούς που προεξέχουν και είναι ικανοί να κάνουν ζημιά στο εφέδρανο.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα εφέδρανα ολίσθησης χωρίς καθοδηγητικές μπάρες και παράλληλα να γίνεται έλεγχος των πλευρικών τους αποστάσεων από γειτονικές εντορμίες. Είναι αξιοσημείωτο να

αναφερθεί ότι λόγω του υλικού αυτών των εφεδράνων, πρέπει να μετριέται η θερμοκρασία την ώρα της επιθεώρησης.



Διάβρωση πλάκας αγκύρωσης



Διόγκωση εφεδράνου

B. Κατάταξη των τεχνικών και υλικών επισκευής

Η επισκευή και αποκατάσταση μιας γέφυρας αφορούν τόσο την ανωδομή της γέφυρας όσο και την υποδομή συμπεριλαμβανομένης σε πολλές περιπτώσεις και τη θεμελίωσή της. Ωστόσο οι τεχνικές επισκευών και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις ανωδομές των γεφυρών από σκυρόδεμα, μπορεί να είναι κοινές με αυτές των υποδομών της γέφυρας αλλά είναι και εν μέρει διαφορετικές, έχοντας κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Για αυτό τον λόγο φαίνεται να δικαιολογείται η ξεχωριστή αναφορά αυτών των δύο προβλημάτων.

Μια γενική κατάταξη των προτύπων τεχνικών επισκευής και των υλικών που αφορούν τις γέφυρες από σκυρόδεμα παρουσιάζεται στον πίνακα σύμφωνα με τα διάφορα θεμελιώδη κριτήρια.

Είναι προφανές ότι οι τεχνικές και τα υλικά επισκευών που ταξινομούνται στον πίνακα 3.1 δεν εφαρμόζονται συνήθως ξεχωριστά

αλλά σε ορισμένες ομάδες που αντιστοιχούν στις ανάγκες και τη διαδικασία επισκευής. Για παράδειγμα την απομάκρυνση του σκυροδέματος που έχει επιδεινωθεί, την αφαίρεση της διάβρωσης που υπάρχει στους χάλυβες οπλισμού και τον καθαρισμό της επιφάνειας του χάλυβα και του σκυροδέματος που είναι απαραίτητες πριν από την εφαρμογή των υλικών επιδιόρθωσης. Μεταξύ των εργασιών αποκατάστασης που αναφέρονται στον πίνακα 3.1 η επισκευή ρωγμών με ένεση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ατομική βάση ανεξάρτητα από τις άλλες εργασίες.

Οι εργασίες επισκευής που αναγράφονται στον πίνακα 3.1 δεν περιλαμβάνουν άλλες διαδικασίες αποκατάστασης, αλλά πρώτα από όλα, την ενίσχυση της γέφυρας. Αυτό το πρόβλημα παρουσιάζεται χωριστά σε ειδικό τμήμα.

Γενική ταξινόμηση των πρότυπων τεχνικών και υλικών επισκευής που εφαρμόζονται σε ανωδομές γεφυρών απο σκυρόδεμα.

Είδος εργασίας	Υλικό ή δομικό μέλος που πρέπει να επισκευαστεί	Τεχνική που εφαρμόζεται	Υλικά επισκευής
1.Αφαίρεση επιδεινωμένου σκυροδέματος	Τσιμέντο , όλα τα δομικά μέλη	Ξεφλούδισμα, κόψιμο με πριόνι ή σφυρί, εκτόξευση νερού (υδροκατεδάφιση, υδροβολή)	-----
2.Αφαίρεση διάβρωσης	Χάλυβας ενίσχυσης, αγκύρια, χαλύβδινοι	Αφαίρεση με το χέρι, με την χρήση σιδηρόβουρτσας,	-----

	φορείς και αλλά χαλύβδινα στοιχεία	λείανση, αμμοβολή	
3.Καθαρισμός επιφάνειας	Τσιμέντο χάλυβας	Με το χέρι, με πλύσιμο, με εκτόξευση αέρα ή νερού	-----
4.Επιδιόρθωση ρωγμής	Τσιμέντο	Ανάλογα με το πλάτος της ρωγμής: επικάλυψη επιφάνειας, βαρυτική ένεση, ένεση με πίεση	Τσιμεντενέματα, εποξικά ενέματα
5.Σύνδεση και επισκευή	Τσιμέντο	Βρέχοντας την περιοχή της επισκευής και βάζοντας ένα στρώμα κονιάματος, βάζοντας μια συνδετική εποξειδική επικάλυψη, καρφώνοντας(πχ με δράπανο)	Τσιμεντοκονίαμα, τσιμέντο, τροποποιημένο τσιμέντο ή κονίαμα (πχ από πολυμερή)
6.Επιδιόρθωση	Τσιμέντο	Κυρίως με χρήση τεχνικών χεριού	Τσιμεντοκονίαμα, τσιμέντο, τροποποιημένο τσιμέντο ή κονίαμα (πχ από πολυμερή)
7.Αντικατάσταση και προσθήκη οπλισμού	Χάλυβας οπλισμού	Κυρίως με χρήση τεχνικών χεριού, συγκόλληση	Ράβδοι χάλυβα οπλισμού, συνδετήρες, καλύψεις

8.Προστασία οπλισμού	Χάλυβας οπλισμού	Κυρίως με χρήση τεχνικών χεριού, ψεκασμό	Εποξειδικά μπαλώματα
9.Κάνοντας την επισκευή	Τσιμέντο	Με το χέρι (πχ με μυστρί), με την μέθοδο της βαρύτητας, με άντληση	Τσιμεντοκονιάματα ,τροποποιημένα τσιμεντοκονίαμα ή τσιμέντο (κυρίως από ινώδες κονίαμα, τσιμέντο με εποξικά κονιάματα ρητίνης) ή τσιμέντο με βάση πολυμερή
10.Μπάλωμα επιφάνειας και σφράγισης	Τσιμέντο	Κυρίως με χρήση τεχνικών χεριού	Για μπάλωμα επιφάνειας: πολυμερή τροποποιημένα τσιμέντα
11.Επισκευή των ζημιών από σύγκρουση σε δομικά μέλη	Κυρίως ενισχυμένα ή προεντεταμένα δοκάρια από σκυρόδεμα	Προένταση (κυρίως εξωτερική) , εσωτερικό μάτισμα ,εξωτερικό μάτισμα	Προένταση , μεταλλικό περίβλημα

Οι εργασίες επισκευής μπορούν επίσης να ταξινομηθούν σύμφωνα με διαφορετικά κριτήρια από εκείνα που παρέχονται στον πίνακα 3.1. Επιπλέον, η θέση των κατεστραμμένων περιοχών στη δομή και η δυνατότητα πρόσβασης σε αυτές, καθώς και οι διαστάσεις τους (δηλαδή, μεγάλα και σχετικά μικρά τμήματα της δομής που απαιτούν επισκευή) θα πρέπει να θεωρούνται ως τα κριτήρια για την επιλογή κατάλληλων λύσεων για τις τεχνικές και τα υλικά επισκευών .

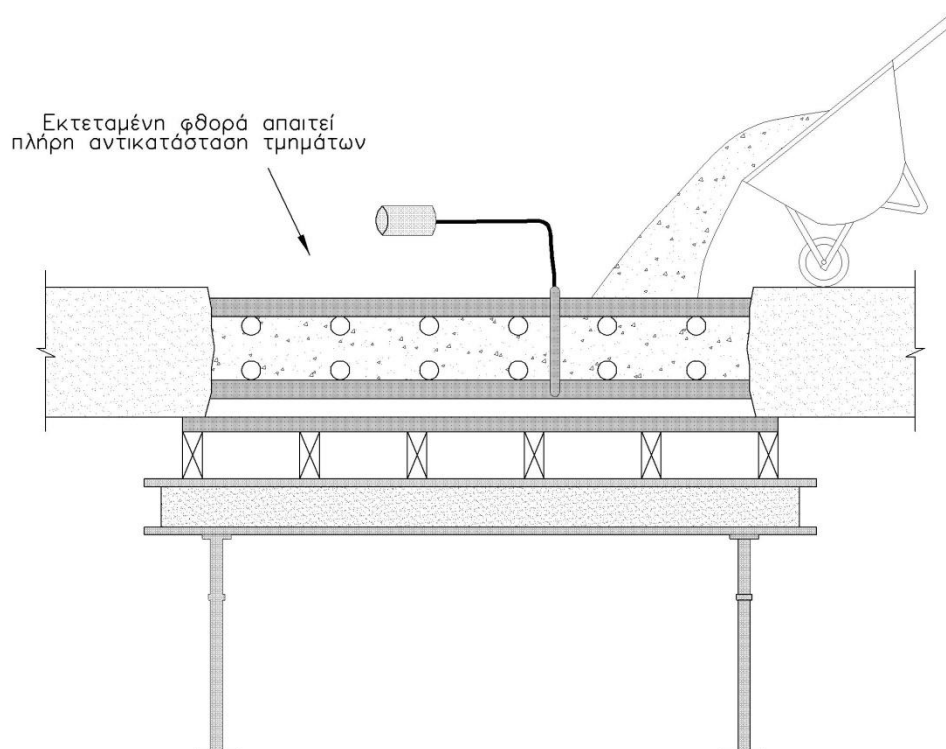
Ένα ξεχωριστό σημαντικό κριτήριο είναι το βάθος της φθοράς του σκυροδέματος, ιδίως σε περιπτώσεις επισκευής πλάκας καταστρώματος

απο σκυρόδεμα . Είναι δικαιολογημένο να διαφέρουν ρηχές και βαθιές επισκευές.

Οι αβαθείς επισκευές εφαρμόζονται όταν το βάθος της φθοράς του σκυροδέματος είναι μικρότερο από την επικάλυψη, ως εκ τούτου να μην εκτίθεται ο χάλυβας οπλισμού .

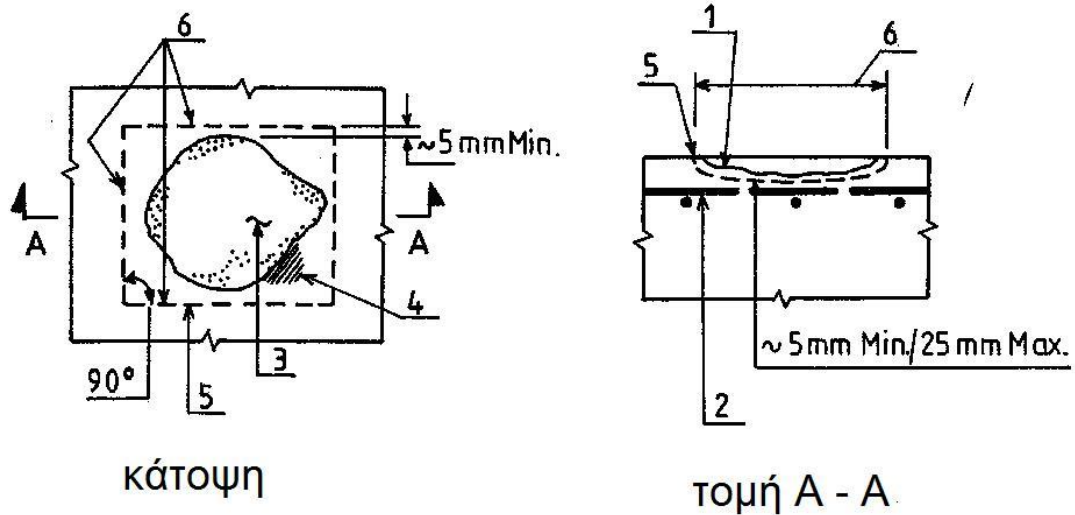
Οι βαθιές επισκευές εφαρμόζονται όταν το βάθος της φθοράς του σκυροδέματος είναι μεγαλύτερο από την επικάλυψη, ως εκ τούτου ο χάλυβας οπλισμού να είναι εκτεθειμένος.

Μια ιδιαίτερη περίπτωση είναι η επισκευή ολικού βάθους. Εφαρμόζεται συνήθως όταν το βάθος της φθοράς του σκυροδέματος ξεπερνά το ήμισυ του συνολικού βάθους ενός συγκεκριμένου δομικού στοιχείου. Αυτό συμβαίνει κυρίως στην περίπτωση της πλάκας του καταστρώματος.

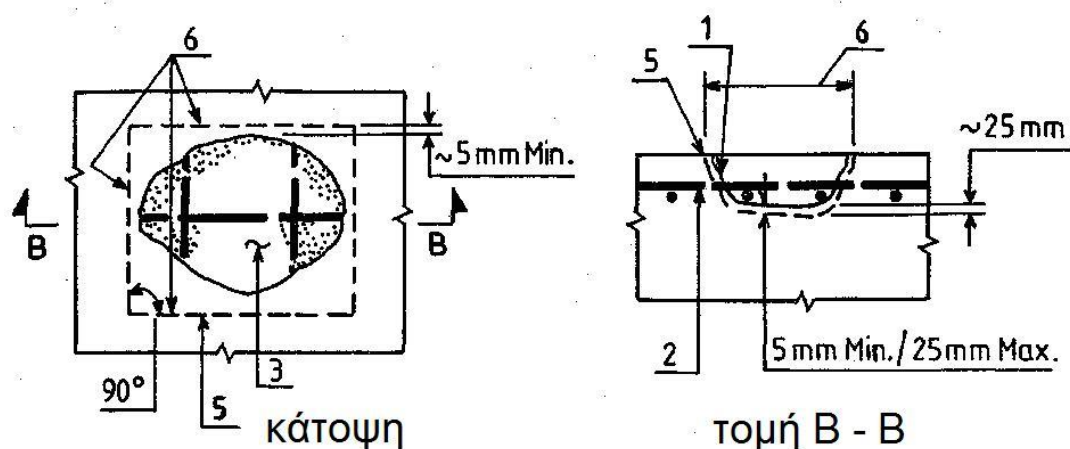


Αβαθείς, βαθιές και ολικού βάθους επισκευές εξηγούνται στις εικ. 3,1-3,3 σε περιπτώσεις επισκευής της πλάκας του καταστρώματος. Οι τεχνικές και τα υλικά επισκευής που αναφέρονται στον πίνακα 3.1, απαιτούν κάποια επιπλέον τεχνικά και οικονομικά σχόλια.

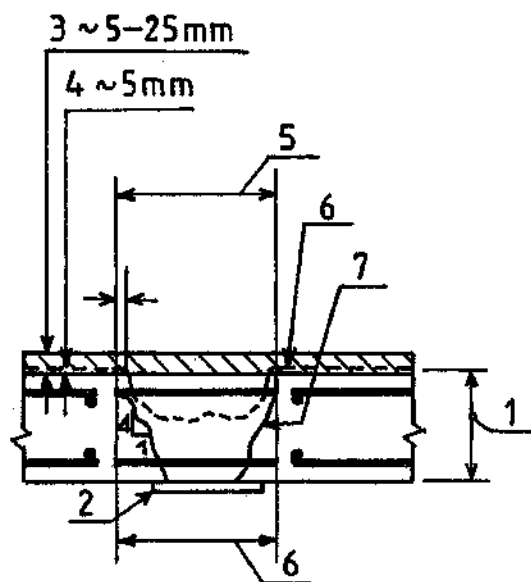
1. Η απομάκρυνση του κατεστραμμένου σκυροδέματος με την εκτόξευση νερού (υδροκατεδάφιση) φαίνεται να είναι σήμερα το πιο αποτελεσματικό, τόσο από τεχνική όσο και οικονομική άποψη. Σύμφωνα με πληροφορίες η υδροκατεδάφιση μπορεί να ταξινομηθεί ανάλογα με τις τιμές πίεσης ως εξής:



Εικ. 3,1 Αβαθή επισκευή πλάκας καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα . 1 - επιφάνεια αβλαβούς σκυροδέματος, 2 - ενίσχυση υπάρχοντος χάλυβα, 3-θρυμματισμενη περιοχή, 4- αρχική θραύση, 5 – τυπική αποκοπή ορθογώνιου τμήματος περίπου 20mm βάθους περιφερειακά της θραυσης,6 – οριακή κατάργηση σκυροδέματος και επισκευή, π.χ., με ταχεία χρήση εμπλάστρου υλικού. Σημείωση: Το ελάχιστο (5 mm) και το μέγιστο (25 mm) τιμές που δίδονται για μια τυπική κατάσταση.



Εικ. 3.2 Βαθεία επισκευή πλάκας καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα. σύμβολα: 1, 2, 3, 5, 6 σημείωση - όπως και πριν.



Εικ. 3.3 Ολική σε βάθος επισκευή πλάκας καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα.

- 1 - υπάρχουσα πλάκα καταστρώματος ,
- 2 - προσωρινή μορφή,
- 3 - λατέξ τροποποιημένες συγκεκριμένες επικαλύψεις (ένα στρώμα με βάθος περίπου 5-25 mm),
- 4 - γρατζουνιά (περίπου 5 mm βαθιά),
- 5 - ορθογώνιο σχήμα περίπου διαχωρισμένης περιφέρειας (κομμένα συνήθως περίπου 20 mm βάθος),
- 6 - άνω της υπάρχουσας πλάκας καταστρώματος ,
- 7 - ενσωμάτωση εποξειδικών επιχρισμάτων που εφαρμόζονται στις τραχιές επιφάνειες.

- υδραυλική εκτόξευση νερού - 10-40 MPa,
- υψηλής πίεσης εκτόξευση νερού- 40-120 MPa,

- εκτόξευση νερού πολύ υψηλής πίεσης - 120-240 MPa. Όμως, όπως έχει διαπιστωθεί θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν υψηλότερες πιέσεις από εκείνες που αναφέρονται παραπάνω. Για παράδειγμα, η χρήση της τεχνικής υδροκατεδάφισης με πίεση μέχρι 400 MPa . Διάφορα χαρακτηριστικά της υδροκατεδάφισης που εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια για την επισκευή γεφυρών έχουν δοθεί από τον G.P.Mallet μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Η υδροκατεδάφιση αφαιρεί συγκεκριμένα τμήματα επιδεινωμένου σκυροδέματος περισσότερο επιλεκτικά από άλλες μεθόδους, όπως σφυριά διαφόρων τύπων (π.χ., βαριοπούλες , κομπρεσέρ), κοπής (επίσης άλεσης), άλλες μηχανικές μεθόδους, ή πολύ σπάνια χρησιμοποιούνται μέθοδοι θερμικής.

- Η παραγωγικότητα της υδροκατεδάφισης εξαρτάται κυρίως από το είδος του εξοπλισμού και την πίεση του νερού που εφαρμόζονται, το βαθμό της φθοράς του σκυροδέματος, τη δυνατότητα πρόσβασης στους διαρθρωτικούς τομείς που πρέπει να επισκευαστούν και το μέγεθός τους. Ως εκ τούτου, η τυπική παραγωγικότητα της μεθόδου για την εξάλειψη των επιδεινωμένων υλικών μπορεί να εκτιμηθεί σε ένα σχετικά ευρύ φάσμα από μερικά έως δεκάδες τετραγωνικά μέτρα ανά ώρα, που συγκεκριμένα αντιστοιχεί κυρίως σε 0,5-1,5 m³ / h,

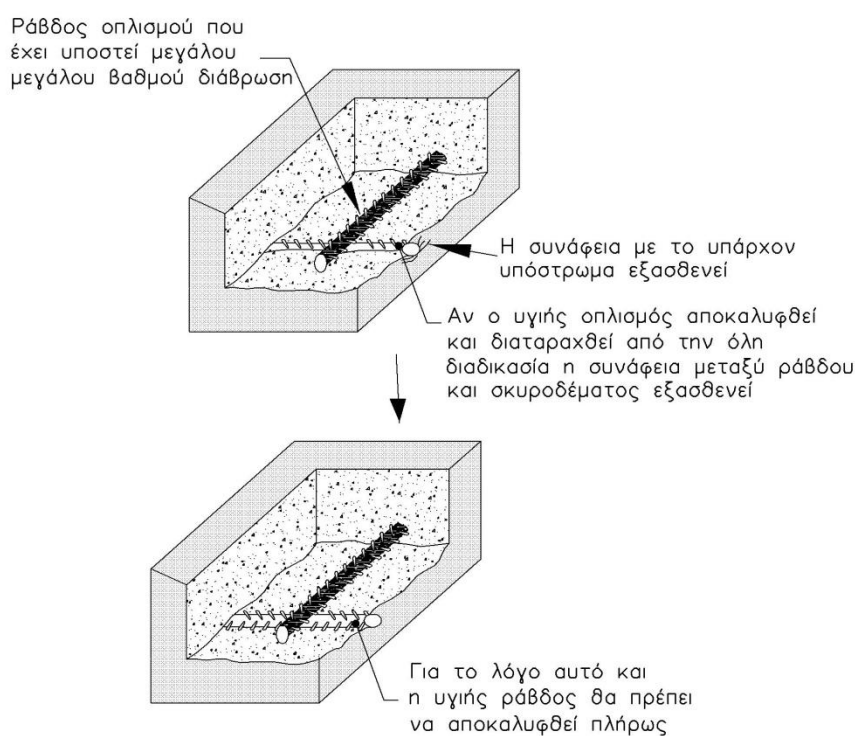
- Γενικά η υδροκατεδάφιση θεωρείται ταχύτερη (ακόμα και δύο φορές) από τις συμβατικές συγκεκριμένες μεθόδους, όπως η κατάργηση της χρήσης του φορητού μηχανικού εξοπλισμού.

- Το κόστος της υδροκατεδάφισης εκτιμάται ότι ανέρχεται σε περίπου 50% φθηνότερα από τις συμβατικές μεθόδους θραύσης του σκυροδέματος .

- Η χρήση της εκτόξευσης νερού δίνει καλύτερο δεσμό μεταξύ του υγιούς σκυροδέματος και των υλικών επισκευής σε σχέση με τα συγκεκριμένα υποστρώματα που εκπονήθηκαν από κομπρεσέρ και αμμοβολή,

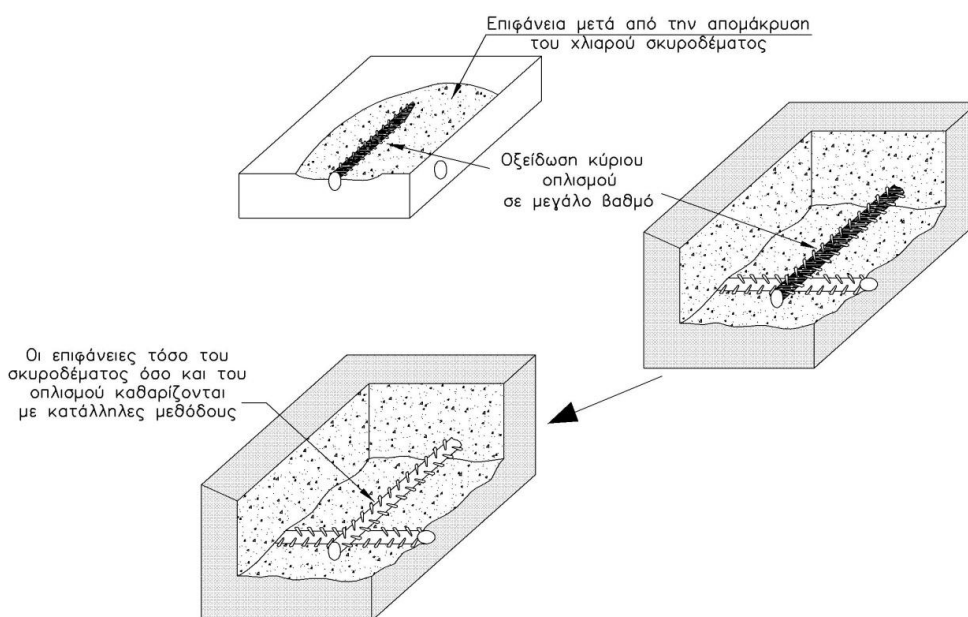
- η χρήση των κομπρεσέρ ή άλλων μηχανικών μεθόδων προκαλεί πολύ μικρές ρωγμές στο υγιές σκυρόδεμα, σε πολλές περιπτώσεις οδηγεί σε κάποια αδυναμία στο συγκεκριμένο υπόστρωμα ενώ η υδροκατεδάφιση δεν προκαλεί τέτοιες αρνητικές συνέπειες.

2. Η απομάκρυνση της διάβρωσης αφορά κυρίως το χάλυβα τόσο στην ενίσχυση του όσο και στην ενίσχυση των στοιχείων της γέφυρας από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα . Η πράξη αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον επαρκή καθαρισμό των επιφανειών του χάλυβα πριν την εφαρμογή σε αντιδιαβρωτική προστασία ή πριν από τη χρήση των συγκεκριμένων υλικών επιδιόρθωσης. Επιπλέον, η απομάκρυνση της διάβρωσης είναι απαραίτητη για να εκτιμηθεί η πραγματική κατάσταση της ενίσχυσης . Σε πολλές περιπτώσεις, η συμπληρωματική ενίσχυση οπλισμού υποχρεούται, λόγω των μεγάλων απωλειών διάβρωσης στην υπάρχουσα ενίσχυση. Η απομάκρυνση της διάβρωσης είναι απολύτως αναγκαία, πριν από τυχόν εργασίες επισκευής.



3. Ο καθαρισμός της επιφανείας αφορά κυρίως το υπάρχον «παλαιό», αλλά και υγιές σκυρόδεμα όπως και για την κατάργηση της διάβρωσης, είναι απολύτως απαραίτητη τόσο για την επαρκή ενσωμάτωση μεταξύ «νέων» και των «παλαιών» σκυροδεμάτων, όταν δεν ενσωματώνονται άλλα υλικά , καθώς και για την αποτελεσματική χρήση υλικών των ειδικών επιχρισμάτων που η χρήση τους είναι απαραίτητη. Σε πολλές περιπτώσεις, η επιφάνεια του σκυροδέματος εκτραχύνεται πριν από τον καθαρισμό και τη χρήση οποιωνδήποτε υλικών επιδιόρθωσης .Η

επιφανειακή τράχυνση και ο καθαρισμός συνήθως ονομάζονται " προετοιμασία της επιφάνειας του σκυροδέματος για επισκευή".



4. Η επισκευή ρωγμών είναι ιδιαίτερα σημαντική σε διαδικασίες επισκευής σκυροδέματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος επισκευής ρωγμών εξαρτάται κυρίως από τα βάθη, τα πλάτη και μήκη των ρωγμών, τη θέση τους στη δομή, καθώς και την παθητική ή ενεργητική συμπεριφορά τους υπό φόρτιση. Οι ρωγμές κυρίως επισκευάζονται μέσω μεθόδων ενέσεων.

5. Σε γενικές γραμμές, η επιδιόρθωση, των δομικών στοιχείων, όπως οι πλάκες καταστρώματος, οι κύριες δοκοί ή οι πλακοδοκοί, μπορεί να εφαρμοστεί ως προσωρινή και όχι ως μόνιμη επισκευή. Με άλλα λόγια, αυτή η λύση μπορεί να εφαρμοστεί σε ευρύτερη κλίμακα, της αποκατάστασης της γέφυρας αν είναι δυνατόν. Η επιδιόρθωση, που χρησιμοποιείται συνήθως τοπικά για σχετικά μικρές, επιδεινωμένες περιοχές του υλικού και προσφέρει μια γρήγορη χαμηλού κόστους διορθωτική λύση επειδή πολύ συχνά εφαρμόζεται από τις υπηρεσίες συντήρησης της γέφυρας. Κανονικά, το σκυρόδεμα Portland χρησιμοποιείται σε ενέργειες επιδιόρθωσης. Σύμφωνα με τον D.E. Tonias, ελαστικά τροποποιημένα, καθώς και πολυμερή βάσεων και ταχείας πήξεως σκυροδέματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Ο έλεγχος συρρίκνωσης των επιδράσεων σε υλικά επισκευής, είναι πρωταρχικής σημασίας όταν η τεχνική αυτή εφαρμόζεται. Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί ότι παρά την κοινή χρήση, η επιδιόρθωση, μπορεί σε

ορισμένες περιπτώσεις να επιταχύνει τη φθορά, όταν, για παράδειγμα, η περιοχή έχει επιδεινωθεί από τη διάβρωση που προκλήθηκε από παρείσφρηση χλωρίου . Η χρήση του υλικού επιδιόρθωσης με διαφορετική περιεκτικότητα σε οξείδιο χλωρίου, σε χλωριούχα μολυσμένη ζώνη που πρέπει να επισκευαστεί μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό ισχυρότερης διάβρωσης . Επομένως, για επισκευή συνίσταται η χρήση διηλεκτρικού υλικού, όπως το πολυμερές κονίαμα.

6. Η επιφανειακή επικάλυψη και η σφράγιση μπορεί να θεωρηθούν ως προστατευτικά μέτρα και όχι ως επισκευή. Οι διαδικασίες αυτές είναι ως επί το πλείστον εφαρμόσιμες μετά την επισκευή των βασικών έργων για την προστασία των εκτιθέμενων επιφανειών της γέφυρας από τις αρνητικές επιπτώσεις των καιρικών συνθηκών και των περιβαλλοντικών παραγόντων (βλ. πίνακα 3.1). Αφορά τόσο τις επιφάνειες των κύριων δομικών στοιχείων, όπως δοκοί, πλάκες, καθώς βάθρα και στύλους, καθώς και τις λεπτομέρειες, όπως τα στηθαία ή τα στηρίγματα της γέφυρας . Η επιφανειακή επίστρωση εφαρμόζεται κυρίως για να παρέχει στην επιφάνεια ένα φράγμα κατά της διείσδυσης των επιβλαβών παραγόντων , ενώ η σφράγιση εφαρμόζεται για τη μείωση της διαπερατότητας .

7. Θα πρέπει να τονισθεί ότι η αποκατάσταση της γέφυρας είναι συνήθως μία πολυσύνθετη και πολυδιάστατη διαδικασία , στην οποία χρησιμοποιούνται πολλές τεχνικές λύσεις και υλικά επισκευής . Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως , οι τεχνικές και τα υλικά επισκευής θα πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους. Επιπλέον, θα πρέπει να τηρείται μια επαρκής σειρά των εργασιών επισκευής . Η διαδικασία αποκατάστασης απαιτεί να θεωρούνται τόσο αναλυτικά (όπως η διαδικασία που αποτελείται από πολλές συγκεκριμένες λειτουργίες) όσο και σύνθετα (στο σύνολό της διαδικασίας που θα οδηγήσει στη βελτίωση της διατήρησης της συντήρησης της γέφυρας). Ωστόσο, φαίνεται να είναι αναγκαίο να παρουσιαστούν τα πιο σημαντικά συστατικά και διαδικασίες επισκευής χωριστά έτσι ώστε να εξοικειωθούν οι αναγνώστες με τις ιδιαίτερες τεχνικές. Οι τεχνικές αυτές χαρακτηρίζονται και παρουσιάζονται στα παρακάτω τμήματα. Οι όροι και η ακολουθία της χρήσης τους κατά τη διάρκεια της επισκευής και της αποκατάστασης της γέφυρας περιγράφονται ειδικότερα ως εξής.

Γ. Επιφανειακές επισκευές

Γ.1. Προκαταρκτικές παρατηρήσεις

Επιφανειακή επισκευή είναι η λειτουργία που πιθανώς χρησιμοποιείται πιο συχνά για την αποκατάσταση των γεφυρών από σκυρόδεμα. Η επιφανειακή επισκευή μπορεί να είναι διαφορετικής κλίμακας - από τοπική επισκευή (π.χ. επισκευή ορισμένων τμημάτων της επιφάνειας του σκυροδέματος) έως μεγάλη επισκευή, που περιλαμβάνει το σύνολο των επιφανειών ορισμένων δομικών στοιχείων ή ακόμα και το σύνολο της επιφάνειας της δομής της γέφυρας. Αν και "επιφανειακή επισκευή" φαίνεται να είναι ένας αυτονόητος όρος, δεν είναι αυστηρά καθορισμένος και επομένως απαιτεί κάποια λεπτομερή εξήγηση. Γενικά, η επισκευή επιφάνειας αποτελείται από την πλήρωση των φθορών του σκυροδέματος σε μια δομή που προκύπτουν από διάφορες αιτίες ή την αντικατάσταση του επιδεινωμένου σκυροδέματος από διάφορα υλικά επισκευής ή "νέο" σκυρόδεμα. Ανάλογα με το βάθος του στρώματος του σκυροδέματος που έχει επιδεινωθεί, καθώς και με το βάθος των διαρθρωτικών στοιχείων που πρέπει να επισκευαστούν, η επισκευή επιφάνειας μπορεί να διεξαχθεί σε ρηχά και βαθιά τμήματα (βλ. εικ. 3.1 και 3.2 και οι σχετικοί ορισμοί του κεφ. 3.1). Όταν το βάθος ενός δομικού στοιχείου είναι σχετικά μικρό (π.χ. πλάκα καταστρώματος), η επιφανειακή επισκευή θεωρείται κυρίως ως ρηχή επισκευή, ενώ όταν το βάθος του δομικού στοιχείου είναι σχετικά μεγάλο (π.χ., σταθερή πλάκα ή στερεή δοκός), η επιφανειακή επισκευή μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως βαθιά επισκευή. Με άλλα λόγια, όταν η επισκευή δεν επηρεάζει την στατική συμπεριφορά της δομής ή των στοιχείων (π.χ., τη φόρτιση και την μεταφορική ικανότητα), η "επιφανειακή επισκευή" λαμβάνει χώρα σε κάθε περίπτωση. Όταν η επισκευή επηρεάζει στατικά τη συμπεριφορά της δομής ή τα στοιχεία της, η επιδιόρθωση δεν αποκαλείται "επιφανειακή επισκευή". Επομένως, π.χ., όταν απαιτούνται συμπληρωματικοί ράβδοι ενίσχυσης, η επιδιόρθωση δεν είναι "επιφανειακή επισκευή".

Φυσικά, η επιδιόρθωση των δομικών στοιχείων μπορεί να χαρακτηριστεί ως "επισκευή επιφάνειας".

Όταν το βάθος του στρώματος του σκυροδέματος που επιδεινώθηκε υπερβαίνει περίπου 0,10-0,12 μ., δηλαδή, το συνολικό βάθος της κάλυψης του σκυροδέματος και της διάμετρου των ράβδων οπλισμού στην εξωτερική στρώση, η επισκευή δεν θα χαρακτηρίζεται ως "επισκευή επιφάνειας", αλλά ως "βαθιά επισκευή", η οποία έχει διαφορετική έννοια από αυτή που φαίνεται στο Σχήμα. 3.2. Εάν το βάθος του σκυροδέματος που επιδεινώθηκε είναι μεγαλύτερο από 0,1 m (10 cm), το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κυρίως για τη επισκευή της γεφύρας, όχι μόνο σαν ειδικό επιδιορθωτικό υλικό, όπως τα διάφορα επιδιορθωτικά υλικά στην περίπτωση επιφανειακής επισκευής.

Γ.2. Γενική διαδικασία

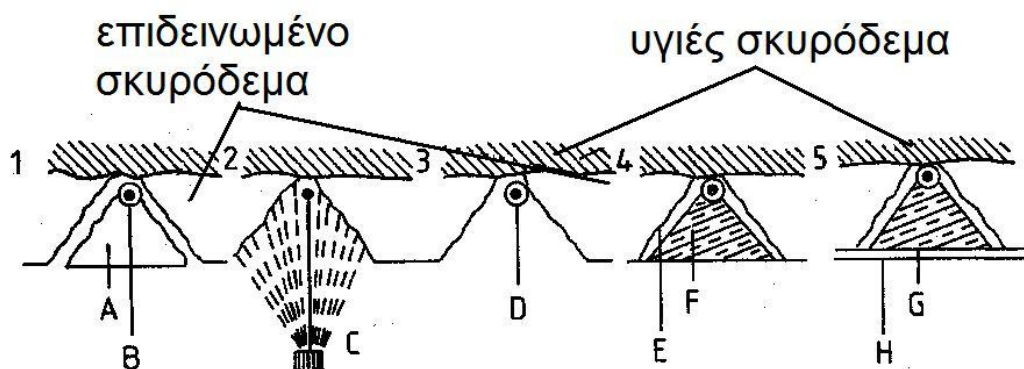
Θα πρέπει να τονισθεί ότι η επιφανειακή επισκευή των γεφυρών από σκυρόδεμα είναι σύγχρονη, με βάση τα "συστήματα επισκευής" τα οποία προσφέρονται από πολλές επιχειρήσεις και περιλαμβάνουν τόσο επισκευή των υλικών όσο και τεχνικές για την εφαρμογή τους. Τα υλικά επισκευής σε ένα δεδομένο σύστημα πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους. Επομένως, η χρήση των επιμέρους υλικών που προέρχονται από διαφορετικά συστήματα, παρά την υψηλή τους ποιότητα, δεν συνιστάται.

Οι κύριες συνιστώσες του συστήματος της επιφανειακής επισκευής είναι οι εξής:

- αντιδιαβρωτικό προστασίας του σιδηρού οπλισμού,
- ενσωμάτωση επιχρισμάτων,
- κύριο υλικό επιδιόρθωσης για την πλήρωση των ζημιών,
- στρώμα φινιρίσματος,
- εξωτερικό προστατευτικό επίχρισμα με διάφορα χρώματα.

Η γενική διαδικασία της επιφανειακής επισκευής φαίνεται στο Σχήμα. 3,4 σε μια σύνθετη μορφή. Θα πρέπει να τονιστεί για άλλη μια φορά ότι η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας πριν από την εφαρμογή των

υλικών επισκευής αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την αποδοτικότητα της αποκατάστασης. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε ιδιαίτερη τεχνολογική απαίτηση που δόθηκε από τους παραγωγούς των υλικών επιδιόρθωσης θα πρέπει να τηρείται αυστηρά.



Εικ 3,4 Γενική διαδικασία των επιφανειακών επισκευών.

1 - αφαίρεση του διαχωρισμένου σκυροδέματος και έκθεση του σιδηρού οπλισμού (αν χρειάζεται),

2 - καθαρισμός του σκυροδέματος και των εκτεθειμένων επιφανειών του χάλυβα για την απομάκρυνση της διάβρωσης,

3 - αντιδιαβρωτική προστασία του σιδηρού οπλισμού (συμπληρωματικές ράβδοι μπορούν επίσης να προστίθενται, όταν οι απώλειες του τμήματος στον υπάρχον σίδηρο οπλισμό είναι μεγάλες),

4 - η εφαρμογή της ενσωμάτωσης και η τοποθέτηση του υλικού επιδιόρθωσης,

5 - φινίρισμα (π.χ., με την παύση) και επιφανειακή στρώση προστασίας.

A – διαχωρισμένο σκυρόδεμα,

B - διαβρωμένος σιδερένιος οπλισμός,

C - καθαρισμός (π.χ., με αμμοβολή),

D – αντιδιαβρωτική προστασία και έκθεση του σιδηρού οπλισμού,

E – ενσωμάτωση επιχρίσματος,

F - πλήρωση των απωλειών του σκυροδέματος από υλικό επισκευής,

G - στρώμα φινιρίσματος ,

H - επιφανειακή προστασία.

Οι κύριες συνιστώσες του συστήματος επιδιόρθωσης χαρακτηρίζονται παρακάτω σε γενική μορφή. Είναι προφανές ότι δεν δίνονται ιδιαίτερες ονομασίες των προϊόντων για την επισκευή του. Η διαδικασία που φαίνεται στο Σχήμα. 3,4 αναφέρει τρεις βασικούς στόχους της επιφανειακής επισκευής της ανωδομής των γεφυρών, ονομαστικά:

- αποκατάσταση της ίδιας της υπερκατασκευής,
- βελτίωση της ανθεκτικότητας της διάρθρωσης ,
- βελτίωση της αισθητικής της γέφυρας.

Η επιφανειακή επισκευή σε πολλές περιπτώσεις συνοδεύεται από άλλες διαδικασίες επισκευής, κυρίως από ενέσεις των ρωγμών (βλ. κεφ. 3.3).

Θα πρέπει να τονιστεί για άλλη μια φορά ότι η αποτελεσματικότητα της επισκευής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της προετοιμασίας της επιφάνειας. Ως εκ τούτου, η κατάργηση του επιδεινωμένου σκυροδέματος , της διάβρωσης του χάλυβα και ο καθαρισμός των επιφανειών, καθώς και κάθε διαδικασία για να αποκτηθεί μια καλή ένωση μεταξύ του υλικού επιδιόρθωσης του σκυροδέματος με το ήδη υπάρχον είναι εξαιρετικά σημαντικό σε όλες τις επισκευές.

Γ.3. Υλικά

Υπάρχουν πολλά είδη υλικών, τα οποία εφαρμόζονται για την επισκευή και την αποκατάσταση της ανωδομής μίας γεφύρας. Είναι μάλλον αδύνατο να δοθούν στο παρόν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με αυτά. Πολλά ιδίως από τα δεδομένα μπορούν να προέρχονται απευθείας από τους παραγωγούς στις τεχνικές τους οδηγίες και εμπορικές

πληροφορίες. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα υλικά για την επισκευή σκυροδέματος μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής γενικές κατηγορίες:

- (Α) Τσιμεντοκονίαμα ή σκυρόδεμα, μαζί με μια ειδική ενσωμάτωση επιχρίσματος σε πολλές περιπτώσεις,
- (Β) Ινοπλισμένο σκυρόδεμα ή κονίαμα,
- (Γ) Πολυμερές τσιμέντο-σκυρόδεμα ,
- (Δ) Πολυμερές σκυρόδεμα (PC).

Ανεξάρτητα από τους τύπους των υλικών, γενικά απαιτούνται οι ακόλουθες ιδιότητες που αφορούν τα υλικά επισκευής υλικών που είναι :

- ελάχιστη αντοχή δεσμού για το υγιές σκυρόδεμα , 0.5 MPa για τις ρηχές επισκευές και 1,5 MPa για βαθιές επισκευές

- σχετικά μικρή θερμική διαστολή (συντελεστής επέκτασης α , $<2-10 \sim 5 \text{ K}^{-1}$),
- σχετικά χαμηλή συρρίκνωση, μικρότερη από 0,002 (0,2%),
- χαμηλός ερπυσμός,
- αρκετά υψηλή αντοχή στον παγετό.

Τα υλικά που έχουν ταξινομηθεί στην ομάδα Α (δηλαδή, κυρίως απλό τσιμεντοκονίαμα ή σκυρόδεμα) είναι τα πιο δημοφιλή λόγω της διαθεσιμότητας και του σχετικά κοινού χαμηλού κόστους. Μπορούν να εφαρμόζονται τόσο για τις μικρές και μεγάλες επισκευές. Για τις μικρές επισκευές, χρησιμοποιείται τσιμεντοκονίαμα, ενώ για τις μεγάλες σκυρόδεμα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη τσιμέντου Portland καθώς και διάφορες προσμίξεις για τη βελτίωση της λειτουργικότητας, τη μείωση της διαπερατότητας ,την αύξηση της αντοχής, ή να επιταχύνουν τη σκλήρυνση του υλικού . Με άλλα λόγια, μια ευρεία γνώση της συγκεκριμένης τεχνολογίας θα πρέπει να εφαρμόζεται ανάλογα με την κατάσταση. Πρέπει να παρατηρείται η συμβατότητα μεταξύ του παλαιού υγιούς σκυροδέματος καθώς και του νέου. Ειδικότερα, η διαφορά συρρίκνωσης μεταξύ των δύο αυτών

σκυροδεμάτων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, για αυτό θα πρέπει να εφαρμόζεται επαρκής σκλήρυνση . Επιπλέον, ένας καλός δεσμός μεταξύ αυτών των δύο σκυροδεμάτων θα πρέπει να εξασφαλιστεί με την κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας. Εκτός από τον κατάλληλο καθαρισμό (βλ. κεφ. 3.1), μια συνδετική στρώση στις τραχιές επιφάνειες του «παλαιού» σκυροδέματος εφαρμόζεται σχετικά συχνά, με τη χρήση κυρίως των εποξειδικών προϊόντων.

Σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις, π.χ., όταν ο χρόνος της επισκευής είναι αυστηρά περιορισμένος ή απαιτείται ιδιαίτερα υψηλή αντοχή , μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν τσιμεντοκονιάματα ταχείας πήξης (βλ. εικ. 3.1 και 3.2). Τα προϊόντα αυτά κυρίως παρέχονται σε προπαρασκευασμένα μείγματα και είναι σχετικά δαπανηρά. Σύμφωνα με το κεφ. 3.1, οι τυπικές εφαρμογές τους είναι μεταξύ άλλων η επισκευή και η ανακατασκευή των αρθρώσεων του καταστρώματος και των βάσεων των εφεδράνων

Θα πρέπει , ωστόσο, να παρατηρηθεί ότι στις σύγχρονες τεχνικές επισκευής, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τροποποιημένα υλικά επισκευής , δηλαδή, τα υλικά που έχουν ταξινομηθεί σε ομάδες Β, Γ και Δ.

Τα υλικά που κατατάσσονται στην ομάδα Β αντιπροσωπεύουν μια μεγάλη ομάδα των υλικών που ονομάζονται γενικά ως ίνες οπλισμένου σκυροδέματος ενίοτε, ινώδη σκυροδέματα ή ινώδη τσιμεντοκονιάματα , ανάλογα με το είδος της μήτρας(οπή) . Το ινοπλισμένο σκυρόδεμα (FRC) ανήκει γενικότερα στην ομάδα των υλικών με βάση τα συνθετικά του τσιμέντου. Πολλά στοιχεία που αφορούν κυρίως τις κατασκευαστικές ιδιότητες, τις επιδόσεις και τις εφαρμογές αυτών των υλικών και ιδίως το ινώδες οπλισμένο σκυρόδεμα μπορούν να βρεθούν σε πολλές δημοσιεύσεις και βιβλία. Επιπλέον ορισμένες βασικές πληροφορίες δίνονται παρακάτω.

Ο απλούστερος ορισμός του σύνθετου υλικού μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: "Σύνθετο υλικό είναι ένα υλικό που αποτελείται από δύο ή περισσότερα διαφορετικά στοιχεία, τα οποία είναι διαφορετικά σε σχέση με τις χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες οι οποίες καταλαμβάνουν τις επιμέρους περιοχές της εσωτερικής δομής του υλικού. Συνεπώς, σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, π.χ., μεταλλικά κράματα ή χημικές

ενώσεις δεν είναι σύνθετα υλικά. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι οι ιδιότητες των σύνθετων υλικών είναι διαφορετικές από τις ιδιότητες των συστατικών του (δηλαδή, τα συστατικά υλικά τους) και προκύπτουν από την αλληλεπίδραση μεταξύ των συστατικών τους.

Μεταξύ διαφόρων σύνθετων υλικών που χρησιμοποιούνται σε έργα πολιτικού μηχανικού, τα σύνθετα υλικά με βάση το τσιμεντο με ενίσχυση ινών χρησιμοποιούνται συνήθως σε δομικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της επισκευής των γεφυρών. Τα υλικά αυτά γενικά μπορούν να χαρακτηριστούν ως ψαθυρά υλικά, συνεχούς φάσης, με τη μορφή τσιμεντοκονιάματος ή μήτρας σκυροδέματος, και με όγκιμη φάση με τη μορφή των διάσπαρτων συμπεριλήψεων που εκπροσωπούνται από ινώδη ενίσχυση.

Οι ίνες από διάφορα υλικά, όπως ο χάλυβας, το γυαλί (κανονικό και ανθεκτικών αλκαλίων), τα συνθετικά (κυρίως πολυπροπυλένιο), τα φυσικά (π.χ. μπαμπού, κυρίως σε ορισμένες ασιατικές χώρες), καθώς και τα ορυκτά (π.χ. άνθρακα), χρησιμοποιούνται για ινώδες οπλισμένο σκυρόδεμα ή τσιμεντοκονιάματα. Ωστόσο, ο χάλυβας και οι ίνες πολυπροπυλενίου χρησιμοποιούνται συνήθως σε δομικές εφαρμογές και για την επιδιόρθωση κατασκευών από σκυρόδεμα. Ως εκ τούτου, οι πληροφορίες που δίνονται παρακάτω περιορίζουν το Ίνοπλισμένο σκυρόδεμα σε δύο τύπους ινών, κυρίως χαλύβδινο ινοπλισμένο σκυρόδεμα (SFRC). Επιπλέον, το Ίνοπλισμένο σκυρόδεμα (ιδίως SFRC) είναι κατά κανόνα εφαρμόσιμο για την επισκευή σχετικά μεγάλων περιοχών (όχι των τοπικών) από σκυρόδεμα, χρησιμοποιώντας τόσο "στεγνή" και "υγρή" τεχνική εκτόξευσης (βλ. κεφ. 3.B.4). Ως εκ τούτου, οι πληροφορίες που δίνονται παρακάτω εστιάζονται στα προβλήματα των υλικών που αφορούν αυτόν τον τύπο της τεχνικής επισκευής. Λαμβάνοντας υπόψη διάφορες εφαρμογές στην πλειοψηφία τους SFRC, συμπεριλαμβανομένης και της επιδιόρθωσης των κατασκευών από σκυρόδεμα, τα τυπικά χαρακτηριστικά του εκτοξευόμενου ινώδους χάλυβα μπορούν να συνοψισθούν όπως στον πίνακα 3.2. Όπως προαναφέρθηκε οι πολυπροπυλένικες ίνες οπλισμένου σκυροδέματος χρησιμοποιούνται σχετικά συχνά για την επιδιόρθωση κατασκευών από σκυρόδεμα, χρησιμοποιώντας τεχνική εκτόξευσης. Το υλικό στη συνέχεια, συνήθως ονομάζεται "συγκεντρωμένο fibrillated πολυπροπυλένιο, fiber shotcrete" λόγω της μορφής στην οποία η ίνα

κατασκευάζεται . Το Fiber shotcrete είναι ένα συμβατικό μείγμα σκυροδέματος (βλ. πίνακα 3.2) με τόσο χαμηλό ποσοστό κατ' όγκο όσο το 0,1% κατ' όγκο (δηλαδή, 0,95 kg/m³ κατά βάρος) των επιπρόσθετων ινών. Οι ίνες κόβονται σε μήκος περίπου 20 mm για να καταστεί δυνατή η ομαλή μεταφορά ξηρού μίγματος αέρα μέσω εύκαμπτων σωλήνων και ακροφύσιων. Οι ίνες προστίθενται στο μείγμα, πριν από τη διάθεσή τους μέσω του συστήματος εκτόξευσης. Δεν απαιτείται συνήθως ειδικός εξοπλισμός για να προστεθούν οι ίνες και χρησιμοποιούνται τυπικά ακροφύσια για να ψεκαστεί το μείγμα. Οι δοκιμές δείχνουν ότι η ανάκαμψη είναι μικρότερη από ό, τι συνήθως .

Προδιαγραφή	Τυπικές τιμές
Μέγεθος χονδρόκοκκου αδρανούς	Έως 10 mm
Αναλογία νερού/τσιμέντου (W/C)	0.40-0.50 (ξηρή μέθοδος) 0.50-0.60 (υγρή μέθοδος)
Τσιμέντο	350-550 kg/m ³
Τσιμέντο/άμμος	1:2.5-1:4
Λεπτόκοκκος δείκτης αδρανών	60-100%
Μήκος ίνας (l)	Έως 30 mm
Διάμετρος ίνας (d)	Έως 0.5 mm
Λόγος διαστάσεων ίνας (d*l)	50-60
Περιεχόμενος όγκος ίνας στην σύνθεση	0.5-1.5%
Πίεση του αέρα κατά την διάρκεια της εκτόξευσης	0.3-0.6 MPa
Εσωτερική διάμετρος της μάνικας	40-50 mm
Ανάκτηση ινών	10-30%
Απόσταση μεταξύ μάνικας και ψεκαζόμενης επιφάνειας	1.0-2.0 m
Γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης της μάνικας και της ψεκαζόμενης επιφάνειας	90°

Σχόλιο:

Οι τιμές που αναφέρονται παραπάνω θα πρέπει να θεωρηθούν ως

τυπικές και μέσες. Το συγκεκριμένο ποσοστό του μείγματος SFRC εξαρτάται κυρίως από τις επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες του υλικού, τον τύπο του ινώδους χάλυβα (κυρίως σχετικά με το μήκος τους, το σχήμα και την αναλογία των πτυχών), το τύπο της μεθόδου εκτόξευσης ("ξηρή" ή την "υγρή" διαδικασία) και το είδος του εξοπλισμού. Για παράδειγμα, όταν η "υγρή μέθοδος" χρησιμοποιείται, το τσιμέντο διαφέρει ανάλογα με το μήκος του σωλήνα που απαιτείται για την επίτευξη της αναλογίας N / T . Όταν γίνεται χρήση πεπιεσμένου αέρα, ο λόγος N / T SFRC δεν διαφέρει σημαντικά σε σύγκριση με την "ξηρή μέθοδο". Αλλά, εάν χρησιμοποιείται η μέθοδος της άντλησης, η περιεκτικότητα σε νερό αυξάνεται σημαντικά με συνέπεια να μειώνεται λόγω της προσθήκης των χαλύβδινων ινών. Ιδιαίτερη μίξη αναλογίας θα πρέπει να επιλέγεται πειραματικά πριν από την εφαρμογή του SFRC. Περισσότερες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στις σχετικές συστάσεις, π.χ., σχ. 3.13 και 3.14.

Η CFP ίνα επιτρέπει να παραληφτεί η χρήση του χάλυβα κατά την οποία συνήθως ψεκάζεται ένα συνηθισμένο κονίαμα. Τα υλικά που έχουν ταξινομηθεί στην ομάδα Γ (δηλαδή, Πολυμερή τσιμεντοκονιάματα) είναι τα υλικά που έχουν ορυκτά (κυρίως τσιμέντο Portland) και πολυμερή (κυρίως ακρυλικά ή στυρόλιο-βουταδιένιο) συνδετικά. Το μείγμα ενός πολυμερούς με κονίαμα που έχει σαν βάση το τσιμέντο, βελτιώνει τις ιδιότητες του κονιάματος, με την παρουσία νερού. Το γαλάκτωμα με μεγάλο αριθμό μικρών σφαιρικών σωματιδίων που προέρχονται από το μείγμα διασπάται στην τσιμεντοκόλα και σφραγίζει τους περισσότερους πόρους στο μείγμα του σκυροδέματος. Επομένως, αυτό οδηγεί στην μείωση της διαπερατότητας του υλικού και τη βελτίωση της χημικής και της μηχανικής αντοχής, τη πρόσφυση και την αντίσταση της τριβής σε σύγκριση με το ακατέργαστο, παραδοσιακό τσιμεντοκονίαμα ή σκυρόδεμα. Για παράδειγμα, η θλιπτική αντοχή των PCC είναι σχεδόν η ίδια με την αντοχή του σκυροδέματος, ενώ η εφελκιστική αντοχή είναι μεγαλύτερη κατά περίπου 30% όταν χρησιμοποιείται latex υλικό για την τροποποίηση και περίπου 60% στην περίπτωση ενός μείγματος τροποποιημένου από ακρυλικό πολυμερές. Το PCC έχει γενικά χαμηλότερο συντελεστή γήρανσης και υψηλότερη συρρίκνωση από τα τσιμεντοκονιάματα.

Το PCC κατασκευάζεται με την ίδια διαδικασία όπως το συνηθισμένο σκυρόδεμα. Το μονομερές ή πολυμερές γαλάκτωμα προστίθεται κατά τη διάρκεια της ανάμειξης. Η αναλογία τσιμέντου-πολυμερούς εξαρτάται κυρίως από το είδος του πολυμερούς συνδετικού. Στην περίπτωση του τροποποιημένου, με λάτεξ, σκυροδέματος ένα από τα πιο γνωστά PCC, η αναλογία λάτεξ-τσιμέντου είναι συνήθως από 0,10 μέχρι 0,20 κατά βάρος και η αναλογία νερού-τσιμέντου 0,30 έως 0,40. Ωστόσο, η ποσότητα του νερού που θα υπάρχει στο γαλάκτωμα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν η αναλογία νερού-τσιμέντου του μείγματος PCC είναι προκαθορισμένη.

Τα PCC υλικά μπορούν να εφαρμοστούν για την επισκευή μελών σκυροδέματος τόσο στην ανωδομή όσο και στην υποδομή. Ωστόσο, σε ορισμένους κανονισμούς για παράδειγμα, στους γερμανικούς, οι ακόλουθες γενικές περιπτώσεις εφαρμογής καθορίζονται ανάλογα με τα στοιχεία της δομής που πρέπει να επισκευαστούν:

- PCC I - επιφάνειες των στοιχείων που υποβάλλονται απευθείας στην κίνηση φορτίων και δυναμικά αποτελέσματα που παράγονται από την κυκλοφορία, για παράδειγμα, τα ανώτερα τμήματα του καταστρώματος της γέφυρας.

- PCC II - επιφάνειες των στοιχείων που υποβάλλονται έμμεσα σε κίνηση φορτίων, αλλά υποβάλλονται σε δυναμικές δράσεις που παράγονται από την κυκλοφορία, για παράδειγμα, το κάτω τμήματα του καταστρώματος της γέφυρας.

- PCC III - επιφάνειες στοιχείων που δεν υπόκεινται στην κίνηση φορτίων και δυναμικών δράσεων που παράγονται από την κυκλοφορία, π.χ., ακρόβαθρα, βάθρα, τοίχοι.

Ως εκ τούτου, η συγκεκριμένη σύνθεση PCC, ως υλικό επισκευής εξαρτάται από το μέρος της εφαρμογής στη δομή. Ωστόσο, οι θεμελιώδεις ιδιότητες του PCC γενικά μπορούν να χαρακτηριστούν ως εξής:

- υψηλής αντοχής σε επιβλαβείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, π.χ., τον παγετό και την υψηλή αντοχή γήρανσης.

- υψηλής αντοχής.

- γρήγορης πήξης (γενικά, περίπου 15-20 λεπτά) και το μικρό χρονικό διάστημα για να επιτευχθεί η πλήρης υλική δύναμη.

- καλή σύνδεση με τα "παλιό" σκυρόδεμα στα δομικά στοιχεία. Λόγω των καλύτερων ιδιοτήτων του υλικού αυτού, από αυτές των τσιμεντοκονιαμάτων, και το σχετικά χαμηλό κόστος σε σύγκριση με τα άλλα σύγχρονα υλικά επισκευών ,(π.χ., PC που παρουσιάζονται παρακάτω), το PCC συνιστάται να χρησιμοποιείται για μεγάλες επιφάνειες της γέφυρας που πρέπει να επιδιορθωθούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ίνες μπορούν να προστεθούν, ειδικά στην PCC PCC I και II, για να βελτιώσουν την αντοχή σε εφελκυσμό του υλικού, σε δυναμική και σε τριβή, για τη μείωση της συρρίκνωσης και να αυξήσουν την ικανότητα του υλικού έναντι ψαθυρής θραύσης.

Τα υλικά που έχουν ταξινομηθεί στην ομάδα Δ (δηλαδή, Πολυμερή σκυροδέματα) είναι τα υλικά με μονομερές, με βάση συνδετικές ρητίνες όπως μονομερές μεθακρυλικό μεθύλιο (κατά τις πρώτες εφαρμογές τους στη δεκαετία του 1970) ή, πιο πρόσφατα, πολυμεθακρυλική PC που μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας σε γενικές γραμμές τον ίδιο εξοπλισμό όπως στο τσιμεντοκονίαμα. Σε γενικές γραμμές, κάθε είδος κανονικών ή ελαφρών αδρανών μπορεί να χρησιμοποιηθούν. Τα αδρανή θα πρέπει να καθαρίζονται και να ξηραίνονται πριν από την ανάμειξη - εάν όχι, ένα ειδικό απορροφητικό υγρασίας θα πρέπει να προστεθεί κατά τη διάρκεια της ανάμειξης. Το νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει το ποσό του 0,1% (κατ 'εξαιρέση, το 0,2%) του συνολικού βάρους ή το 0,5% όταν χρησιμοποιείται ένα φίλτρο, ανάλογα κυρίως με το συνολικό υλικό, το ποσό της συνδετικής ρητίνης κυμαίνεται μεταξύ 6% έως 30% του συνολικού βάρους. Το μέγιστο μέγεθος των αδρανών είναι συνήθως μέχρι 8 mm (κατ 'εξαιρέση περισσότερο) και δεν υπερβαίνει το 1 / 3 από το βάθος ενός μεμονωμένου στρώματος επισκευής. Σε γενικές γραμμές, το PC θα πρέπει να κατασκευάζεται όταν η θερμοκρασία του αέρα δεν είναι χαμηλότερη από 15 ° C και η σχετική υγρασία του αέρα δεν είναι υψηλότερη από το 65%. Τα συστατικά υλικά των PC (π.χ., άμμος, αδρανή και ρητινικά συνδετικά) συνήθως παρέχονται από τους κατασκευαστές στις συσκευασίες με αυστηρά ζυγισμένη την ποσότητα των προϊόντων που είναι αναγκαία για την προετοιμασία μιας καθορισμένης παρτίδας επισκευής με PC . Υπάρχουν πολλά προϊόντα που είναι διαθέσιμα στην αγορά. Επιπλέον το PC μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για την επισκευή δομικών μελών της γέφυρας. Ωστόσο, ανάλογα με τη θέση της επιφάνειας του σκυροδέματος που απαιτείται να επιδιορθωθεί, δύο γενικοί τύποι PC μπορούν να διαφοροποιηθούν μεταξύ τους, δηλαδή - PCP για την επισκευή ελαφρώς επικλινών η οριζόντιων επιφανειών και PCO για την επισκευή των κατακόρυφων ή των πολύ επικλινών επιφανειών που ονομάζονται άνω επιφάνειες . Οι θεμελιώδεις ιδιότητες του PC, ως υλικό επισκευής μπορούν να χαρακτηριστούν ως εξής:

- ανάπτυξη υψηλής αντοχής σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα,
- καλή συμβατότητα με το κανονικό, σκυρόδεμα,
- γρήγορος χρόνος θεραπείας σε χαμηλές θερμοκρασίες,
- υψηλή χημική αντοχή.

Το PC θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε προετοιμασμένη επιφάνεια «παλαιού» σκυροδέματος σε περίπτωση επιδιόρθωσης της δομής της γέφυρας. Η μέση εφελκυστική αντοχή του υποστρώματος του σκυροδέματος πρέπει να είναι ίση με 1,5 MPa και 1.0 MPa ως το ελάχιστο που απαιτείται γενικά. Τα υποστρώματα σκυροδέματος θα πρέπει να είναι καθαρά, απολιπανθέντα, θεμελιωμένα από πολυμερές και η υγρασία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 4%. Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης δεν πρέπει να είναι κατώτερη από 8 ° C και η θερμοκρασία του υποστρώματος του σκυροδέματος , θα πρέπει να 3 ° C υψηλότερη από το σημείο μάρανσης (δηλαδή, του σημείου κορεσμού). Το βάθος της ατομικής επισκευής στρώματος του PC δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50 mm. Όταν απαιτούνται δύο ή περισσότερα στρώματα , η επόμενη στρώση πρέπει να τοποθετηθεί προτού η προηγούμενη έχει σκληρύνει.

Κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και της τοποθέτησης του PC, θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά όλες οι οδηγίες και οι κανονισμοί ειδικότερα αυτές του κατασκευαστή τους, για λόγους τεχνικής, οικονομικής και βιομηχανικής ασφαλείας.

Το μοναδιαίο κόστος του PC για επισκευή γέφυρας μπορεί να εκτιμηθεί ως περίπου πέντε φορές υψηλότερα από το μοναδιαίο κόστος του κανονικού σκυροδέματος, ενώ το μοναδιαίο κόστος PCC είναι

περίπου 1,2-1,5 φορές υψηλότερο από το μοναδιαίο κόστος του σκυροδέματος. Επομένως, η χρήση του PC, συνιστάται για τοπικές, σχετικά μικρές επισκευές (κυρίως για την επισκευή επιφανειών που δεν υπερβαίνουν το 1 m²), ενώ του PCC - σε μεγάλες, όπως προαναφέρθηκε. Εκτός από τα παραπάνω υλικά που έχουν ταξινομηθεί σε ομάδες Α, Β, Γ και Δ, χρησιμοποιούνται επίσης και άλλα είδη υλικών επισκευής. Για παράδειγμα, μια ειδική ομάδα περιλαμβάνει διάφορα μη συρικνώσιμα κονιάματα ταχείας πήξης με προεντεταμένα σκυροδέματα και προσμίξεις που αυξάνουν την αντοχή, τη συνοχή, τη λειτουργικότητα και τη μείωση του χρόνου ωρίμασης. Τα κονιάματα αυτά συνήθως εφαρμόζονται ως επιδιορθωτικά, και παρέχονται κυρίως σε προσυσκευασμένα μείγματα, με το κύριο συστατικό να είναι η άμμος. Χρησιμοποιούνται κυρίως όταν ο χρόνος επισκευής είναι πολύ περιορισμένος ή απαιτείται υψηλή αντοχή, όπως και στην περίπτωση αποκατάστασης των αρμών καταστρώματος, προεξεχόντων εδράνων και μικρών ή λεπτών μερών από σκύρα ή και σε άλλα μέρη της δομής της γέφυρας. Επιπλέον, εποξειδικά κονιάματα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κυρίως για συγκεκριμένες επισκευές, για προστασία του οπλισμού του χάλυβα, για την βελτίωση της πρόσφυσης μεταξύ νωπού και παλαιού σκυροδέματος, καθώς και για επισκευές των αρθρώσεων του καταστρώματος και των κεφαλόδεσμων. Ωστόσο, λόγω του σχετικά υψηλού κόστους, τα εποξειδικά κονιάματα χρησιμοποιούνται κατ'εξάιρεση για την επισκευή ζημιών σκυροδέματος.

Γ.4. Τεχνικές

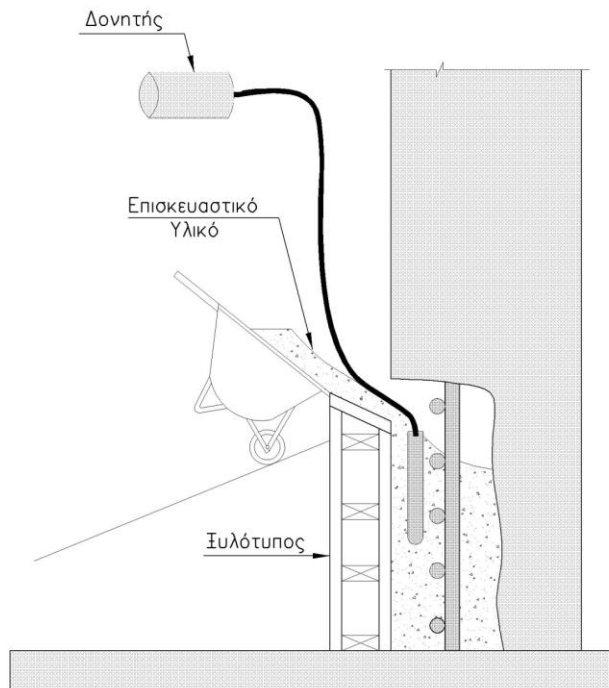
Υπάρχουν πολλές βασικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για την αποκατάσταση των ζημιών σε συγκεκριμένες δομές, δηλαδή (βλ. πίνακα 3.1):

- με τη τοποθέτηση του σκυροδέματος με τεχνικές χειρός ,
 - με βαρυτική χύτευση,
 - με την άντληση,
 - με εκτόξευση

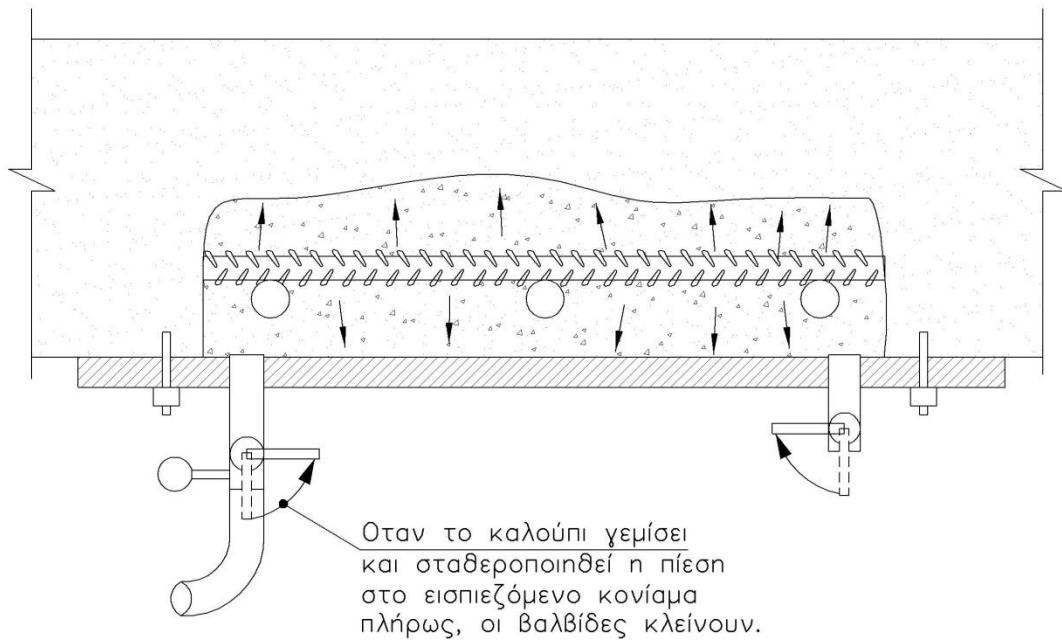
Η επιλογή των τεχνικών εξαρτάται κυρίως από την έκταση της επισκευής, ή την θέση σε τομείς δομικής φύσεως που πρέπει να

επισκευαστούν και το είδος του υλικού επιδιόρθωσης που θα χρησιμοποιηθεί

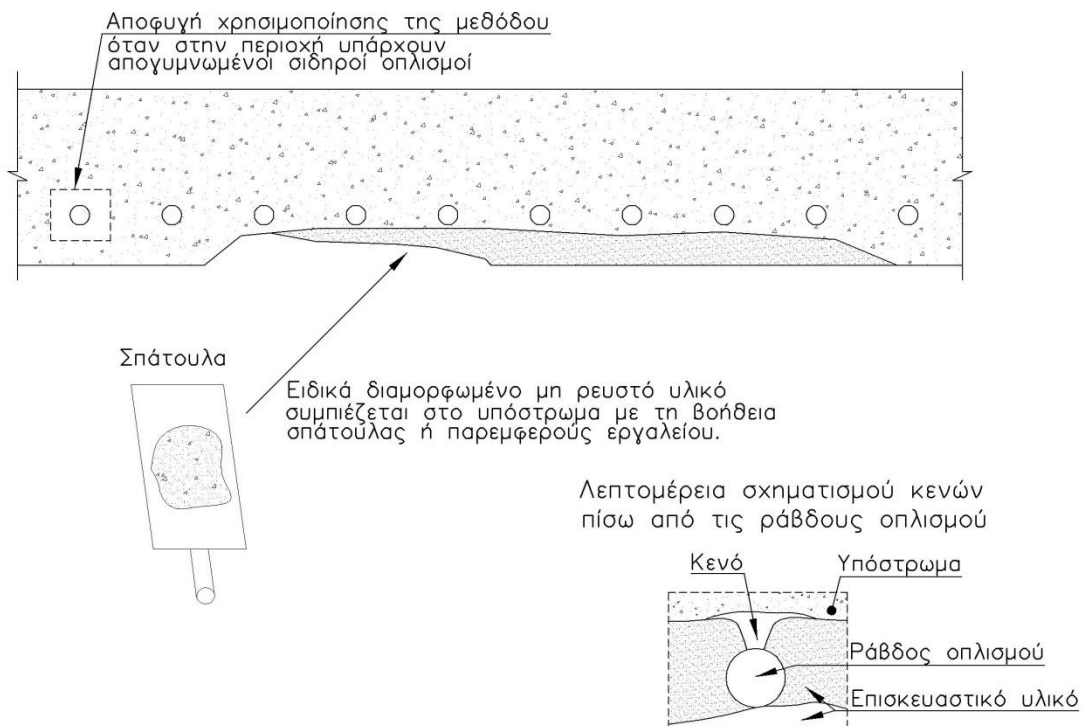
Σε γενικές γραμμές, όταν οι απώλειες του σκυροδέματος είναι ομοιόμορφες αλλά πολλές και σχετικά μικρές, χρησιμοποιείται συνήθως τεχνική χειρός ενώ όταν οι ζημιές του σκυροδέματος βρίσκονται σε μεγάλες περιοχές των δομικών στοιχείων, συνήθως εφαρμόζονται οι άλλες τεχνικές κυρίως εκτόξευσης . Θα πρέπει ωστόσο να παρατηρηθεί, ότι ορισμένα από τα υλικά επισκευής (π.χ., πολυμερές σκυρόδεμα) είναι μάλλον μη εφαρμόσιμα στη χρήση τυπικών τεχνικών εκτόξευσης – όπου απαιτείται ειδικός εξοπλισμός . Η χρήση της βαρυτικής χύτευσης ή άντλησης δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθος των επισκευών, αλλά και από τη θέση των χώρων που πρόκειται να επισκευαστούν. Η βαρυτική μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων σκυροδέματος επισκευής πάνω από το αρχικό σκυρόδεμα (π.χ., στις πλάκες καταστρώματος). Η επισκευή των κάθετων (π.χ., οι τοίχοι ή πλευρικές επιφάνειες των δοκών) ή γενικών επιφανειών (π.χ., στο κάτω μέρος της διαδοκίδας ή στις δοκούς) απαιτεί την σύνδεση των τμημάτων του υγιούς σκυροδέματος που περιβάλλει τα σκύρα .



Η μέθοδος άντλησης συνήθως χρησιμοποιείται όταν ο χώρος για την κατασκευή εξοπλισμού είναι περιορισμένος ή οι βαρυντικές μέθοδοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλους λόγους, π.χ. όταν η επισκευή είναι κάτω από το νερό. Σε γενικές γραμμές, η μέθοδος άντλησης χρησιμοποιείται όταν εφαρμόζονται υλικά επισκευής όπως τσιμεντοκονίαμα ή σκυρόδεμα. Το υλικό αντλείται μέσω άκαμπτων ή εύκαμπτων σωλήνων και εναποτίθεται απευθείας στη θέση που θέλετε. Η πίεση εφαρμόζεται από εμβολοφόρους σωλήνες, πεπιεσμένο αέρα, ή υπό πίεση. Η λειτουργική απόδοση της μεθόδου εξαρτάται από τον τύπο της συσκευής και μπορεί να κυμαίνεται σε ένα ευρύ πεδίο από μερικά έως πολλά κυβικά μέτρα του σκυροδέματος που κανονικά μπορεί να αντλείται από 90 έως 600 m οριζοντίως και 30 έως 90 m κάθετα.



Ωστόσο, μπορεί να διαπιστωθεί ότι, σε μια μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων, η τεχνική χειρός χρησιμοποιείται για τις τοπικές επισκευές και η τεχνική εκτόξευσης για τις μεγάλες επισκευές . Η τεχνική χειρός πραγματοποιείται με την χρήση των διαφόρων εργαλείων, όπως τα διάφορα είδη μυστριών και σπατουλών, οπού είναι κοινώς γνωστά. Επιπλέον, οι οδηγίες του κατασκευαστή συνήθως περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ένα δεδομένο υλικό επισκευής θα πρέπει να τοποθετηθεί και το είδος των εργαλείων που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν.



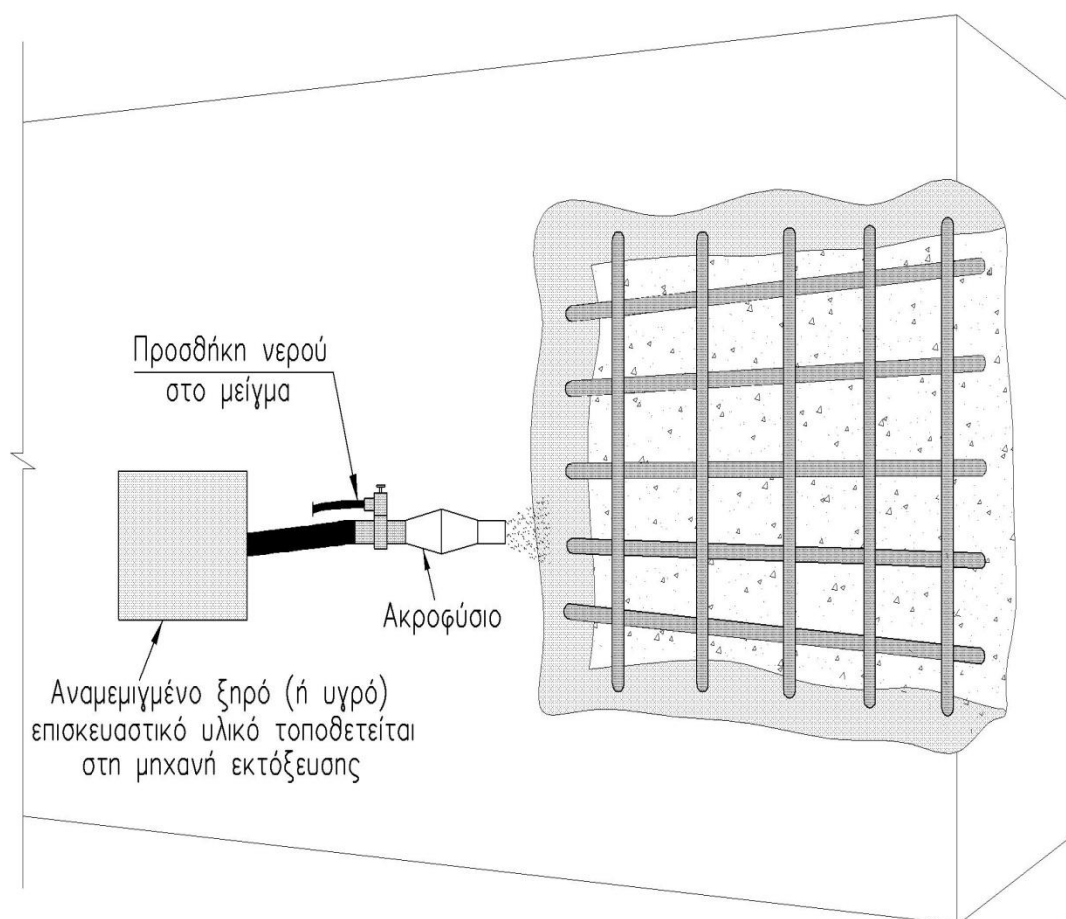
Η τεχνική εκτόξευσης που χρησιμοποιείται ευρέως, αλλά και η συγκεκριμένη μέθοδος που περιγράφεται στο βασικό έντυπο υποβάλλεται σε πολλά άλλα βιβλία. Παρακάτω παρουσιάζεται ειδικότερα ,εστιάζοντας στην διαδικασία χρήσης του ινοπλισμένου σκυροδέματος (FRC) . Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι από τη μια πλευρά, ότι έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια μια εμφανής αύξηση της χρήσης εκτόξευσης του FRC και από την άλλη πλευρά, η γνώση σχετικά με τις διαφορές μεταξύ συμβατικών μεθόδων και εκτόξευσης FRC φαίνεται να είναι μάλλον περιορισμένη μέχρι στιγμής.

Η τεχνική εκτόξευσης συνιστάται γενικά για μεγάλες επισκευές κάθετες και άνω επισκευές με τη χρήση κονιαμάτων , σκυροδέματος και πιο πρόσφατα εκτοξευόμενου FRC , ή ειδικότερα χαλύβδινου ινοπλισμένου σκυροδέματος (SFRC).

Εκτοξευόμενα μπορεί να ορίζονται γενικά ως τα υλικά τσιμεντοκονίας (π.χ., κονιαμάτων, σκυροδέματος, FRC) που εκτοξεύονται σε μία επιφάνεια με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα.

Εκτοξεύσεις μπορούν να εφαρμοστούν με δύο βασικές μεθόδους (μεθόδους ή συστήματα): "διαδικασία ξηρού μίγματος" και "διαδικασία υγρού μίγματος".

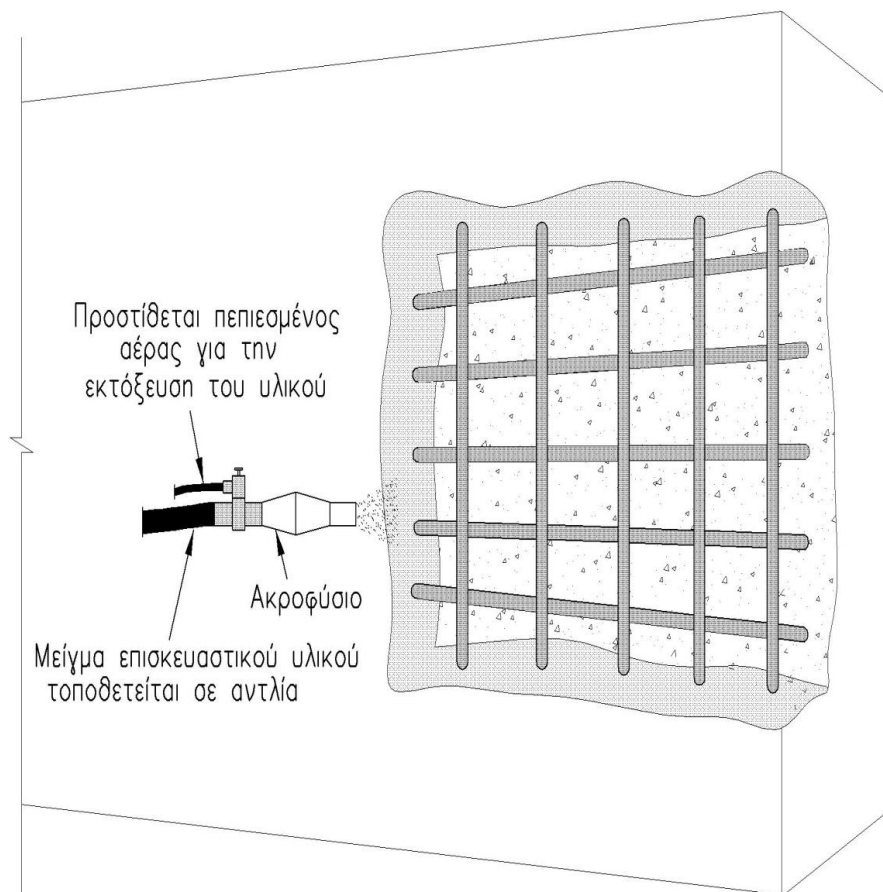
Η διαδικασία ξηρού μίγματος ορίζεται ως μια μέθοδος με την οποία όλα τα "στεγνά" συστατικά υλικά, όπως το τσιμέντο, τα αδρανή και οι ίνες, αναμιγνύονται πλήρως μέσα σε ένα μίκτη, και εκτοξεύονται μέσω της μάνικας διανομής με πεπιεσμένο αέρα, και προστίθεται νερό στο ακροφύσιο, χρησιμοποιώντας το σύστημα υδροδότησης.



Η διαδικασία ξηρού μίγματος

Η διαδικασία υγρού μίγματος ορίζεται ως μια μέθοδος με την οποία όλα τα δομικά υλικά, συμπεριλαμβανομένου και του νερού (εκτός από επιταχυντές) αναμιγνύονται σε ένα μίκτη, και εκτοξεύονται μέσω της

μάνικας διανομής. Όταν ένας επιταχυντής χρησιμοποιείται, θα προστίθεται στο ακροφύσιο με χωριστή μάνικα.

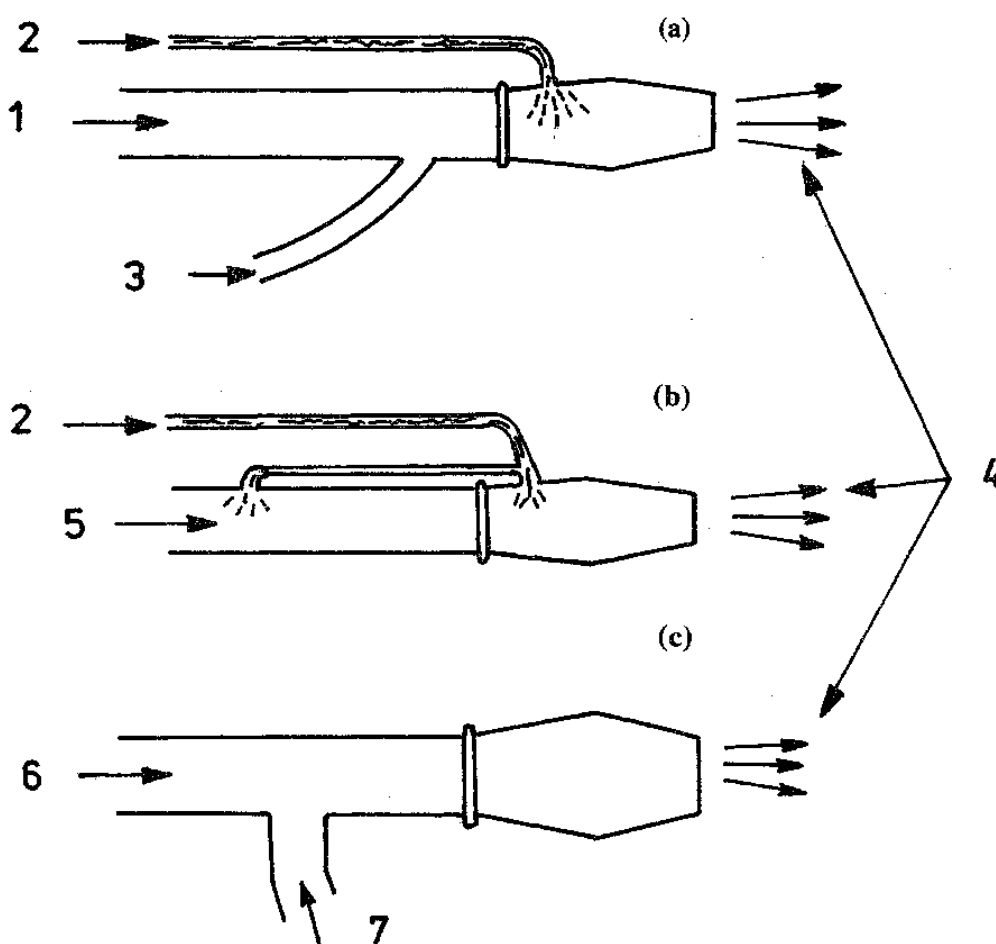


Η διαδικασία υγρού μίγματος

Η διαδικασία ξηρού μίγματος έχει τα πλεονεκτήματα της μετάδοσης σε μέγιστη απόσταση και το μικρό μέγεθος του εξοπλισμού, αλλά η απώλεια ανάκαμψης είναι μεγαλύτερη και τα αποθέματα του νερού διαχειρίζονται από τον χειρίστη της μάνικας και έτσι είναι δύσκολο το εκτοξευόμενο υλικό να αποκτήσει την απαραίτητη ποιότητα συνοχής. Υπάρχουν και μειονεκτήματα της διαδικασίας υγρού μίγματος όπως η μικρή απόσταση μεταφοράς, το μεγάλο μέγεθος του εξοπλισμού, καθώς και το κλείδωμα των εύκαμπτων σωλήνων σε περίπτωση ανεπαρκούς ελέγχου της συνέχειας, αλλά υπάρχει το πλεονέκτημα ότι η ποιότητα του υλικού που ψεκάζεται είναι υψηλή. Επιπλέον, η διαδικασία υγρού μίγματος μερικές φορές δεν ευνοείται από τους αναδόχους, λόγω του

χρόνου που καταναλώνουν για τις εργασίες καθαρισμού του εξοπλισμού εκτόξευσης.

Μία ενδιαμέση μέθοδος μεταξύ των ανωτέρω που παρουσιάζονται ως "στεγνή" και "υγρή" διεργασία ονομάζεται "διαδικασία ημίξηρου μίγματος" κατά την οποία τα ξηρά συστατικά υλικά είναι ελαφρώς νοπά πριν από την κύρια ποσότητα του νερού που προστίθεται. Οι βασικές μέθοδοι εκτόξευσης που εφαρμόζονται με τη χρήση των SFRC φαίνονται σχηματικά στο Σχήμα. 3.5.



Εικ. 3,5 Βασικές μέθοδοι εκτόξευσης με τη χρήση των SFRC. (α) Διαδικασία ξηρού μίγματος, (β) διαδικασία ημίξηρου μείγματος, (γ) διαδικασία υγρού μίγματος. 1 - τσιμέντο και αδρανή, 2 - νερό, 3 - ίνες χάλυβα, 4 - SFRC εκτόξευσης, 5 - τσιμέντο, αδρανή και ίνες χάλυβα, 6 - ίνες χάλυβα, 7 - υγρό μείγμα σκυροδέματος.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, μια άλλη μέθοδος εκτόξευσης για SFRC που αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία, συνδύαζε τα πλεονεκτήματα της

ξηράς και υγρής διαδικασίας,. Η μέθοδος προμήθευε κονιάματος αντί για νερό λίγο πριν από το στόμιο. Τα αδρανή και οι ίνες χάλυβα αναμειγνύονται με έναν αναμικτήρα ενώ το τσιμεντοκονίαμα αναμειγνύεται με ένα άλλο. Ακολούθως, αναπτύσσονται δύο μείγματα που μεταφέρονται και εκτοξεύονται με συμπιεσμένο αέρα ως "συνδυασμός των δύο μειγμάτων". Η μέθοδος αυτή παράγει εκτοξευόμενο SFRC σταθερής ποιότητας.

Κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης, ένα υλικό ανάκαμψης εμφανίζεται ως αποτέλεσμα του χαρακτήρα της μεθόδου. Για το λόγο αυτό, μία "αναλογία μίγματος ξεφορτώνεται" και "τηρείται μια αναλογία μίγματος» που θα πρέπει να καθοριστεί.

Το ποσοστό του μίγματος που απορρίπτεται μπορεί να οριστεί ως μια αναλογία μίγματος που εκτοξεύθηκε από το ακροφύσιο. Το ποσοστό του μίγματος πρέπει να υπολογίζεται από το βάρος των "στεγνών" υλικών και του νερού που προστίθενται στο ακροφύσιο.

Η αναλογία του μίγματος που τηρείται μπορεί να οριστεί ως μια αναλογία μίγματος των κονιαμάτων, σκυροδέματος ή FRC που προσχωρούν στην επιφάνεια.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάκαμψη της εκτόξευσης SFRC καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αντικειμένων και προϋποθέσεων. Οι ερευνητές και οι συσκευές έχουν αναφέρει διάφορα δεδομένα που αφορούν το πρόβλημα της ανάκαμψης.

Γενικά, έχει διαπιστωθεί ότι:

- μεγαλύτερο ποσοστό των ινών από τα αδρανή ανακάμπτουν από τις επισκευασμένες επιφάνειες,
- SFRC δείχνει κανονικά λιγότερη συνολική ανάκαμψη από το καθαρό σκυρόδεμα,
- η συνολική ανάκαμψη είναι μικρότερη όταν χρησιμοποιείται η διαδικασία υγρής εκτόξευσης ενώ δεν είναι στην περίπτωση της ξηρής διαδικασίας.

Διάφορα μέτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της ανάκαμψης της εκτόξευσης SFRC, ειδικά όταν εφαρμόζεται η διαδικασία ξηρού μείγματος. Τα πιο αποτελεσματικά από αυτά είναι παρακάτω:

- η μείωση της πίεσης του αέρα, η ταχύτητα του αέρα, ή η ποσότητα του αέρα στο στόμιο,
- χρήση λεπτότερων και μικρότερων αδρανών,
- χρήση μικρότερων και πιο χονδρών ινών χάλυβα,
- πριν την ύγρανση να πάρετε τη σωστή υγρασία,
- εκτόξευση κατά την πιο σταθερή συνεκτική υγρή μορφή.

Ανάλογα με τη μέθοδο εκτόξευσης που εφαρμόζεται, η σταθερή διατήρηση της κατεύθυνσης του ακροφυσίου σε σχέση με την επιφάνεια που ψεκάζεται (δηλαδή, 90 °) και η διατήρηση της σταθερής απόστασης μεταξύ της άκρης του ακροφυσίου με την επιφάνεια που ψεκάζεται είναι σημαντικές για τη μείωση της ανάκαμψης (βλ. Πίνακας 3.2).

Επιπλέον, η επιφάνεια που πρόκειται να δεχτεί εκτόξευση πρέπει να καθαριστεί επιμελώς από όλα τα χαλαρά υλικά και όλες τις ακαθαρσίες, τις κλιμακώσεις και άλλες μολύνσεις για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των χειριστών, προκειμένου να αποκτήσει καλύτερη πρόσφυση του SFRC στην επιφάνεια και να αποκτήσει την καθορισμένη ποιότητα του υλικού. Ορισμένα περαιτέρω συγκεκριμένα μέτρα, που συνήθως αναφέρονται στις οδηγίες για τους φορείς, θα πρέπει επίσης να τηρηθούν. Είναι προφανές ότι στο σχεδιασμό, η επίδοση του SFRC συνδέεται με το επιτόπου και όχι με το "στεγνό" περιεχόμενο μείγμα ινών.

Με άλλα λόγια, η γνώση σχετικά με το ποσό των ινών που παραμένουν επιτόπου, όπως και της ανάκαμψης, είναι απαραίτητη. Για την αναλογία του ξηρού μίγματος και τον καθορισμό των συνολικών ποσοτήτων των υλικών που απαιτούνται, είναι επομένως αναγκαίο να εκτιμηθεί η ανάκαμψη των ινών.

Σύμφωνα με τον P. J. Robins και S. A. Austin, οι επιτόπου ίνες σκυροδέματος (FC_i), εκφράζεται ως ποσοστό κατά βάρος των ξηρών υλικών που είναι:

$$FC_i = WFC_i (1 + WCR + ACR_i), [\%] \quad (6.1)$$

$$(1 + ACR_i)$$

και η ανάκαμψη των ινών (R_f) από:

$$R_f = 100 - \frac{WFC_i (1 + WCR + ACR_i)}{FCR}, [\%] \quad (6.2)$$

FCR

όπου WFC_i είναι η επι τόπου περιεκτικότητα ινών ([%] υγρών υλικών), το WCR είναι ο λόγος νερού-τσιμέντου, το ACR_i είναι ο επι τόπου λόγος αδρανών-τσιμέντου, και FCR είναι στο «στεγνό μείγμα» ο λόγος ινών - τσιμέντου (όλες οι αναλογίες είναι κατά βάρος).

Κατά την απουσία των επιτόπιων μετρήσεων, θεωρείται λογικό να υποθέσει κανείς τιμές για την αναλογία νερού-τσιμέντου και τη συνολική ανάκαμψη των 0,40 και 17% αντίστοιχα, δίνοντας μια επι τόπου αναλογία αδρανών-τσιμέντου με συνολικό δείκτη 2.5:1.

Οι "επί τόπου" περιεχόμενες ίνες μπορεί να προσδιοριστούν πειραματικά πριν από την εφαρμογή SFRC χρησιμοποιώντας π.χ., τον τρόπο ως εξής: τα δείγματα των 150 χιλιοστών πλάτους που έχουν κοπεί από τα φρέσκα υλικά ψεκάζονται, ζυγίζονται και στη συνέχεια καθαρίζονται από το τσιμέντο πριν μεταφερθούν στο εργαστήριο, όπου στη συνέχεια οι ίνες που προέρχονται από το κάθε δείγμα θα αποκτήσουν την "επι τόπου" περιεκτικότητα ινών, εκφραζόμενη ως το ποσοστό του υγρού βάρους του υλικού.

Γενικά, αν εκτελεστεί σωστά η τσιμεντοεκτόξευση και ελεγχθεί σωστά κατά τη διάρκεια των εργασιών αποκατάστασης που ασκούνται, η ανάκαμψη των ινών του χάλυβα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 30% στην περίπτωση της διαδικασίας ξηρού μίγματος και το 20% στην περίπτωση της διαδικασίας υγρού μίγματος.

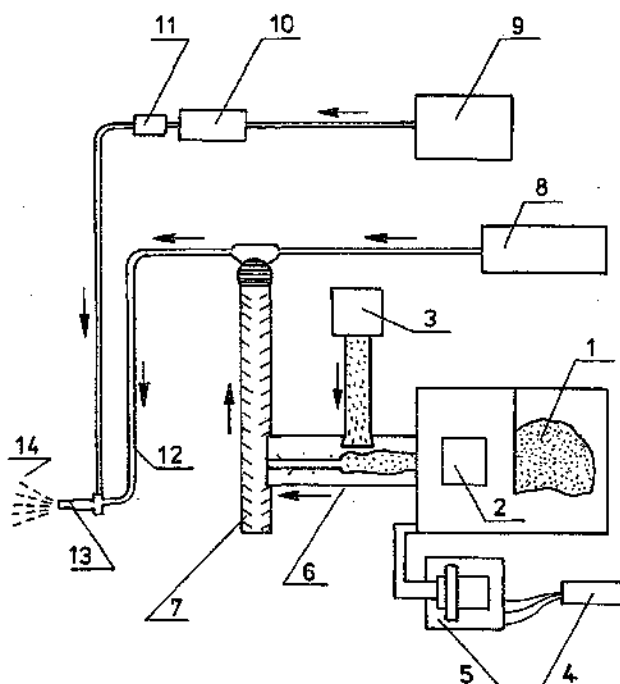
Ένα από τα διακριτικά γνωρίσματα των SFRC εκτόξευσης είναι ότι οι περισσότερες ίνες του χάλυβα τείνουν να είναι προσανατολισμένες προς την κατεύθυνση του επιπέδου (δηλαδή, σε διεύθυνση παράλληλη προς την επιφάνεια της τσιμεντοεκτόξευσης) και ο προσανατολισμός των ινών σε εκτόξευση δείχνει δισδιάστατο προσανατολισμό. Η

τσιμεντοεκτόξευση SFRC παρέχει ισοδύναμη και μάλιστα ανώτερη συμπεριφορά σε σύγκριση με τα συμβατικά ενισχυμένα πλέγματα εκτόξευσης. Επιπλέον, λόγω της φύσης του υλικού, γενικά δεν απαιτούνται πλέγματα όταν εφαρμόζεται εκτόξευση SFRC. Ως εκ τούτου, επιτρέπει την απλούστευση των εργασιών.

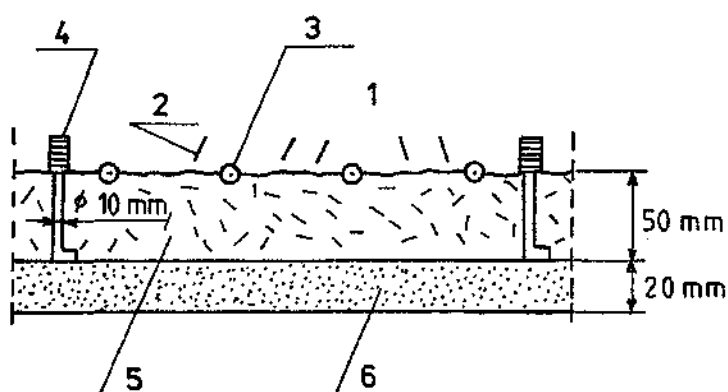
Το κατάλληλο πάχος ενός μόνο στρώματος εκτόξευσης SFRC εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας που πρέπει να τηρείται (π.χ., τη θέση, υγρή ή ξηρή, ομαλή ή μη ομαλή), την κατάσταση των υλικών (π.χ., εάν δεν χρησιμοποιείται επιταχυντής), και την κατεύθυνση εκτόξευσης (π.χ., το διάστημα μεταξύ του ακροφυσίου και της επιφάνειας που πρέπει να καλυφθεί). Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές, το πάχος ενός στρώματος της εκτόξευσης είναι συνήθως 50 mm έως 150 mm για επιφάνεια που εξέχει και 50 mm έως 300 mm για μία κατακόρυφο.

Οι υπάρχοντες εξοπλισμοί εκτόξευσης για τα συμβατικά κονιάματα ή σκυροδέματα έχουν χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή SFRC με μικρές ή καθόλου τροποποιήσεις. Οι τροποποιήσεις, όταν έγιναν, έγιναν σε γενικές γραμμές για τη μείωση συνδέσεων με την κατάργηση των παραμέτρων, όπως αγκώνες 90 °(μούφες,φαλτσογωνίες) ή απότομες αλλαγές στο μέγεθος της μάνικας. Σε γενικές γραμμές, η διάμετρος του σωλήνα θα πρέπει να είναι δύο φορές το μήκος της ίνας. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν είναι γνωστή η εκτόξευση SFRC με μήκος ινών 25 χιλιοστών έχουν εκτοξευθεί τακτικά μέσω 25 mm και 38 mm διαμέτρου μάνικας.

Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, ο εξοπλισμός μέτρησης των ινών και τα μηχανήματα για τη διάθεση SFRC είναι ευρέως διαθέσιμα. Σχεδόν όλα είναι με αέρα, που οδηγούνται με ηλεκτρικούς κινητήρες ή κινητήρες με καύσιμα. Η τεχνική εκτόξευσης SFRC φαίνεται να έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα στη Σουηδία, την Ιαπωνία και τον Καναδά, όπου χρησιμοποιούνται τα ειδικά μηχανήματα. Για παράδειγμα, μια από τις πιο προηγμένες μεθόδους εκτόξευσης είναι το σύστημα BESAB για την παραγωγή υψηλής αντοχής SFRC.



Εικ. 3,6 μέρος της εγκατάστασης και του εξοπλισμού εφαρμόζεται για την επισκευή της δομής της γέφυρας με σιδηροδρομική γραμμή , με τη χρήση της εκτόξευσης SFRC . 1 - λεπτόκοκκα αδρανή (άμμος), 2 - τσιμέντο, 3 - τροφοδοσία ινών , 4 - πίνακας ελέγχου, 5 - μονάδα εφοδιασμού, 6 - αναμικτήρας, 7 - μάντας μεταφοράς, 8 - συμπιεστής, 9 - δεξαμενή νερού, 10 - αντλία νερού, 11 - ροόμετρο, 12 - μάνικα, 13 - ακροφύσιο, 14 - SFRC τσιμεντοεκτόξευτης.



Εικ. 3,7 Απόσπασμα της δομής της σιδηροδρομικής γέφυρας που θα επισκευασθεί και θα ενισχυθεί με τη χρήση της εκτόξευσης SFRC . 1 - "παλιό" σκυρόδεμα με καθαρισμένη επιφάνεια, 2 - ρωγμή, 3 -

εκτεθειμένες και καθαρισμένες ράβδοι ενίσχυσης , 4 - συνδετικό καρφί (4 έως 6 καρφιά / m²), 5 – στρώση SFRC , 6 – επίπεδη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

Ένα παράδειγμα των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού για εκτόξευση SFRC που χρησιμοποιείται για την επισκευή της δομής μιας γέφυρας και ένα παράδειγμα από ένα τμήμα μιας γέφυρας μετά την επισκευή παρουσιάζονται στις εικ. 3,6 και 3,7 αντίστοιχα.

Δ. Επισκευή ρωγμών

Δ.1 Προκαταρκτικές παρατηρήσεις

Οι ρωγμές στο σκυρόδεμα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες που παρουσιάστηκαν προηγούμενος (βλέπε τυπικές φθορές γεφυρών). Όπως έχει αναφερθεί , για την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών επισκευής , είναι αναγκαίο να εντοπιστεί μια θεμελιώδης αιτία για τις ρωγμές που σημειώνονται (π.χ., η συρρίκνωση, θερμικές επιδράσεις, κακή τοποθέτηση ή συμπίεση του σκυροδέματος, άνιση κατανομή θεμέλιων, η εξωτερική υπερφόρτωση , υπερβολική πίεση που προκαλείται από εσωτερικές δυνάμεις, πολύ αδύνατος οπλισμός ή προένταση, η διάβρωση του οπλισμού, πλημμελής υπολογισμός λεπτομερειών, κτλ.) και τη φύση των ρωγμών (δηλαδή, αν είναι ενεργό ή μη, που ταξινομούνται, μερικές φορές ως "ζωντανά" ή "νεκρά"). Επιπλέον, η επιλογή των υλικών και της τεχνικής επισκευής εξαρτάται από το πλάτος της ρωγμής, το βάθος και το μήκος της, τον εντοπισμό των ρωγμών σε σχέση με την ενίσχυση χάλυβα στην δομή της γέφυρας , καθώς και τις συνθήκες εντός της ρωγμής – είτε είναι "υγρή" ή "στεγνή", καθαρή ή μολυσμένη, όπως για παράδειγμα, από το πετρέλαιο και άλλα προϊόντα.

Θα πρέπει , ωστόσο, να δοθεί έμφαση έτσι ώστε οι ρωγμές στο σκυρόδεμα να σχετίζονται με το είδος του υλικού. Ως εκ τούτου, ο αποφασιστικός παράγοντας για τη δομική αντοχή δεν είναι η ύπαρξη των ρωγμών, αλλά το πλάτος τους και η θέση τους. Ορισμένοι κώδικες ή τα πρότυπα σχεδιασμού συνήθως προσδιορίζουν μέγιστο επιτρεπόμενο πλάτος ρωγμής σε συγκεκριμένες δομές γεφυρών, ανάλογα με διάφορες προϋποθέσεις. Οι προδιαγραφές δεν συμφωνούν πάντα μεταξύ τους. Ωστόσο, οι περισσότερες από αυτές προσδιορίζουν ως μέγιστο αποδεκτό

πλάτος ρωγμής 0,2 mm για τις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος και 0,1 mm για τα χημικά επιθετικού χαρακτήρα.

Στην πιο γενική μορφή, τα ρήγματα που απαιτούν επισκευή μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές ομάδες ως εξής:

(α) ρωγμές που προκαλούν μόνο μία διαρροή του δομικού στοιχείου χωρίς την εξασθένηση (δηλαδή, χωρίς μείωση της φέρουσας ικανότητας).

(β) ρωγμές που προκαλούν αποδυνάμωση του δομικού στοιχείου (π.χ., μείωση της ικανότητας μεταφοράς φορτίων).

Στην περίπτωση (α), η επισκευή των ρωγμών γίνεται με τη χρήση επιφανειακής κάλυψης (όταν το πλάτος της ρωγμής είναι μικρότερο από 0,2 mm) ή με σφράγιση των ρωγμών με υλικό πλήρωσης (όταν το πλάτος της ρωγμής είναι μεγαλύτερο από 0,2 mm).

Στην περίπτωση (β), τα δομικά μέρη που χωρίζονται από τη ρωγμή, απαιτείται να ενσωματωθούν με συνδετικό μέσο ή συνδετική ύλη, ανεξάρτητα από το πλάτος της ρωγμής. Σε γενικές γραμμές, απαιτείται μεγαλύτερη κολλητική αντοχή του δεσμού των αρθρώσεων από την αντοχή των υλικών που ενώνονται .

Είναι προφανές ότι η κατάταξη των ρωγμών στις ανωτέρω ομάδες απαιτεί παρατήρηση και διάγνωση της αιτίας.

Ανάλογα με την αιτία και τον χαρακτήρα, οι ρωγμές μπορεί να απαιτείται να επισκευαστούν άμεσα (π.χ., ανάλογα με την κατάσταση της επικινδυνότητας της ασφάλειας των διαρθρώσεων) ή μη.

Θα πρέπει , ωστόσο, να επισημανθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις, η επισκευή των ρωγμών δεν πρέπει να χρησιμοποιείται μόνη της. Αφορά κυρίως τις λεγόμενες ενεργές ρωγμές ή ρωγμές που κατατάσσονται στην ομάδα (β) και προκύπτει από το γεγονός ότι τα αίτια της ρηγμάτωσης δεν έχουν εξαλειφθεί και οι επισκευασμένες ρωγμές μπορεί να ξαναοίξουν ή νέες ρωγμές μπορεί να εμφανιστούν γειτονικά από τις επισκευασμένες. Με άλλα λόγια, όταν εξαλείφονται τα αίτια που προκαλούν ρωγμές στο σκυρόδεμα, η επισκευή των ρωγμών σφραγίζει τα δομικά μέλη κατά της διείσδυσης του νερού και άλλων βλαβερών παραγόντων (π.χ., στη διείσδυση χλωρίου στο σκυρόδεμα) και προστατεύει με αυτό τον τρόπο τον εσωτερικό οπλισμό ή τους τένοντες προέντασης κατά της διάβρωσης.

Επιπλέον, η επισκευή των ρωγμών βελτιώνει την εμφάνιση της γέφυρας και "καθησυχάζει το κοινό από την εμφάνιση ανησυχητικών ρωγμών στη δομή μιας γέφυρας"

Δ.2. Υλικά και τεχνικές

Η επισκευή ρωγμών στο σκυρόδεμα γίνεται με τη χρήση της τεχνικής εγχύσεως. Η τεχνική εγχύσεως αποτελείται από συγκόλληση ή τη σφράγιση τμημάτων ενός δομικού μέλους και χωρίζεται ανάλογα από τις ρωγμές. Αντιστοιχεί στην κατάταξη των ρωγμών σε ομάδες (α) και (β).

Στην περίπτωση της σφράγισης, χρησιμοποιούνται ελαστικές ύλες πλήρωσης. Τα υλικά αυτά θα πρέπει να έχουν σχετικά καλή ικανότητα παραμόρφωσης και υψηλό ποσοστό κατά της διείσδυσης του νερού ή άλλων επιβλαβών παραγόντων, όπως διοξειδίου του άνθρακα ή χλωρίου στην περίπτωση της συγκόλλησης, τα υλικά πλήρωσης θα πρέπει να έχουν υψηλή αντοχή και πολύ καλή συνοχή με το σκυρόδεμα.

Οι τεχνικές εγχύσεως μπορούν να καταταχθούν ανάλογα με τα διάφορα βασικά κριτήρια, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 3.3.

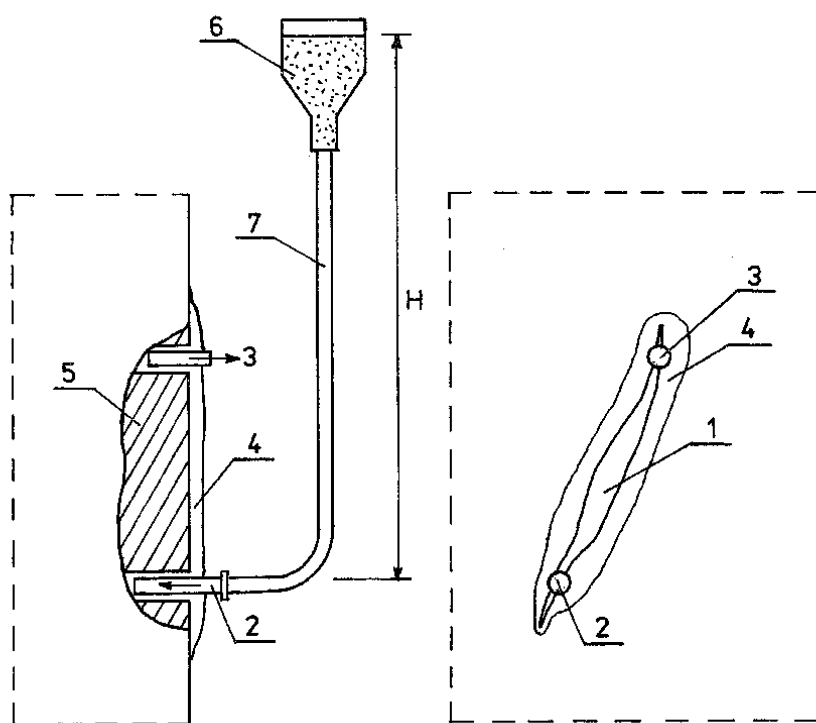
Οι ρωγμές με πλάτος που κυμαίνεται από περίπου 0,1 έως 6,0 χιλιοστά μπορούν να καλυφθούν με επιτυχία με εποξειδικές ρητίνες ποικίλου ιξώδους. Ρωγμές μεγαλύτερες από 6,0 χιλιοστά μπορούν να καλυφθούν είτε με τσιμεντοενέματα ή με εποξειδικά ενέματα που περιλαμβάνουν υλικό πλήρωσης. Οι ρητίνες, ιδίως οι εποξειδικές, συνήθως χρησιμοποιούνται λόγω των υψηλών τους ιδιοτήτων συνοχής. Τα υλικά ενέσεων με βάση το τσιμέντο χρησιμοποιούνται γενικά, αλλά η χρήση τους είναι περισσότερο για την κάλυψη των σχετικά μεγάλων ρωγμών (κυρίως ευρύτερες από 1,0 mm στην περίπτωση του τσιμέντου και κονιαμάτων ευρύτερο από 0,2 mm όταν χρησιμοποιούνται ενέματα μικροτσιμέντου), αλλά και για τη σφράγιση των ρωγμών.

Πίνακας 3.3	Κατάταξη των τεχνικών εγχύσεων ρωγμής		
Τύπος επισκευής της ρωγμής	Τύπος ενέσιμου υλικού		Τύπος της τεχνικής της ένεσης
	Ρητίνη	Με βάση το τσιμέντο	
• επισκευή για την σφράγιση των ρωγμών	• εποξειδική	• τσιμεντένεμα	• βαρυτική
	• πολουρεθανική	ή κονίαμα	• πίεσεως:
	• acrylate	• ένεμα μικροτσιμέντου	— χαμηλή: < 0.8 MPa
• επισκευή για λόγους ενδυνάμωσης	• polyacryloamide		— μέση: 0.8-8.0 MPa
Επαναφορά του δομικού		• πολυμερή	— υψηλή: > 8.0 MPa
μέλους στην προηγούμενη ή στην απαιτούμενη ικανότητα μεταφοράς φορτίου		Τσιμεντένεμα ή κονίαμα	

Ανεξάρτητα από το είδος του υλικού της ένεσης, μπορεί να εφαρμοστεί βαρυτική ή πιεστική ένεση.

Σε γενικές γραμμές, βαρυτική ένεση χρησιμοποιείται όταν οι ρωγμές είναι ευρύτερες από 0,5 mm στην περίπτωση των ρητινών, ή ευρύτερες από 1,0 mm στην περίπτωση των υλικών με βάση το τσιμέντο και βαθύτερη από 300 mm. Επιπλέον, η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί για την πλήρωση των ρωγμών εάν επεκταθούν κάτω από το οριζόντιο

επίπεδο. Μια βασική αρχή της βαρυτικής ένεσης φαίνεται σχηματικά στο Σχήμα. 3.8.



Εικ. 3,8 Βασική αρχή της βαρυτικής ένεσης. 1 - ρωγμή στο σκυρόδεμα, 2 - είσοδος για την πλήρωση των ρωγμών, 3 διέξοδος (για εξαέρωση), 4 - προσωρινή σφράγιση επιφάνειας της ρωγμής, 5 – ρωγμή εντός συγκεκριμένης ζώνης, 6 - δεξαμενή με το υλικό ένεσης, 7 - ευέλικτη μάνικα , συνήθως διαμέτρου 10-20 mm, H - ύψος της θέσης της δεξαμενής σε σχέση με το στόμιο της ένεσης (ένεση πίεσεως εξαρτάται από το μέγεθος του H).

Ρηχότερες ρωγμές ή μικρότερες από αυτές που αναφέρονται παραπάνω είναι που πρέπει να συμπληρώνονται με πιεστική ένεση. Έγχυση χαμηλής πίεσης (βλ. πίνακα 3.3) συνήθως εφαρμόζεται σε σκυρόδεμα αρκετά αδύναμο και εκεί που οι ρωγμές έχουν μεγάλο πλάτος.

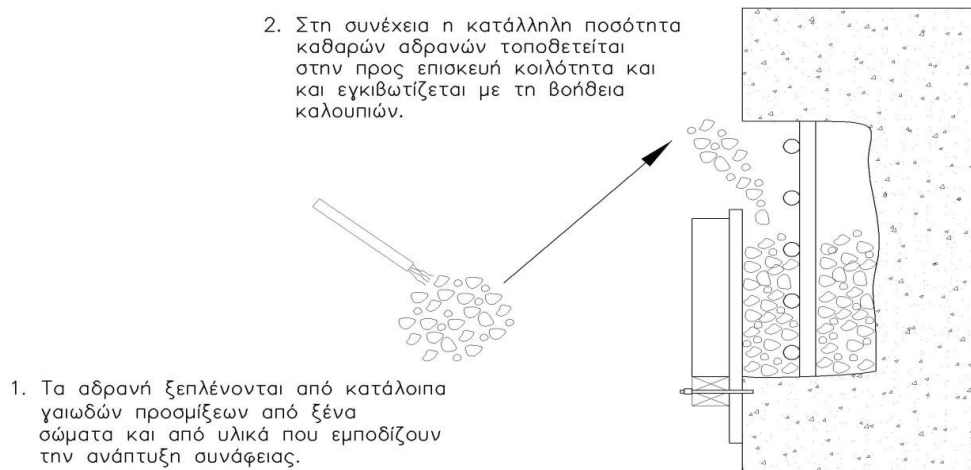
Η μέση πιεστική ένεση (βλ. πίνακα 3.3) συνήθως εφαρμόζεται όταν η ρωγμή είναι πλάτους τουλάχιστον 0,5 mm ή περισσότερο, ώστε να καλυφθούν οι ρωγμές στα μέλη προεντεταμένου σκυροδέματος ή οπλισμένου σκυροδέματος, με υψηλό βαθμό συγκέντρωσης χάλυβα οπλισμού.

Υψηλής πίεσης ένεση (βλ. πίνακα 3.3) συνήθως χρησιμοποιείται για να πληρωθούν οι στενές ρωγμές (0.1-0.3 mm) με σχετικά ισχυρό σκυρόδεμα (π.χ., με υψηλή αντοχή).

Ανεξάρτητα από το αν εφαρμόζεται βαρυτική ή πιεστική ένεση, υπάρχουν ορισμένες βασικές αρχές και πράξεις που πρέπει να τηρούνται και να εκτελούνται με τυπική διαδικασία επισκευής. Μπορούν να διατυπωθούν ως εξής:

(α) η επιφάνεια κατά μήκος των ρωγμών που απαιτείται να επισκευαστεί θα πρέπει να είναι καθαρή (π.χ., καθαρισμός με αμμοβολή κατά μήκος των ρωγμών συνιστάται). Οι ρωγμές θα πρέπει να είναι καθαρές και ξηρές (π.χ., εκτόξευση νερού, πίεση του αέρα ή και φυσητήρας αέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί).

(β) Μετά τον καθαρισμό, την ειδική θέση εισόδου (θηλές ένεσης) είναι εγκατεστημένες σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά μήκος των ρωγμών και η υπόλοιπη ρηγματωμένη επιφάνεια είναι προσωρινά σφραγισμένη χρησιμοποιώντας π.χ. πολυμερή υλικά με βάση ιδιότητες ταχείας σκλήρυνσης ή αδρανή. Η προσωρινή σφράγιση της επιφάνειας είναι συνήθως 2-3 χιλιοστά πάχους και περίπου 100 mm πλάτους.



Πλήρωση με αδρανή

(γ) Υπάρχουν πολλά είδη θηλών ένεσης, κυρίως μεταλλικά ή πλαστικά .

Ωστόσο, είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο γενικές κατηγορίες, ήτοι:

Πλευρικές ενέσιμες θηλές (μεταλλικές ή πλαστικές), η οποίες μπορούν να τοποθετηθούν προσωρινά στην επιφάνεια σκυροδέματος με ένα αυτοκόλλητο,

Βαθιές ενέσιμες θηλές (κυρίως μεταλλικές) που είναι εγκατεστημένες σε μικρές τρύπες ανοιγμένες κατά μήκος των ρωγμών.

Οι πλευρικές ενέσιμες θηλές χρησιμοποιούνται κυρίως όταν υπάρχουν κάποιες δυσκολίες στην εγκατάσταση των βαθέων (π.χ., όταν πολύ πυκνή ενίσχυση χάλυβα βρίσκεται στο στοιχείο που είναι να επισκευαστεί). Επιπλέον, οι πλευρικές ενέσιμες θηλές χρησιμοποιούνται γενικά για την χαμηλή και μέση ένεση πίεσεως (βλ. πίνακα 3.3).

(δ) Η τοποθεσία των πλευρικών ή των βαθέων θηλών είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργία της ένεσης. Στην περίπτωση των πλευρικών ενέσιμων θηλών , η απόσταση κατά μήκος των ρωγμών εξαρτάται κυρίως από το πλάτος w ως εξής (βλ. Σχήμα. 3.9)

$w < 0,2$ χιλιοστά $s = 150$ mm,

$0,2$ mm $< w < 0,5$ χιλιοστά $s = 200-250$ mm,

$0,5$ mm $< w < 1,0$ χιλιοστά $s = 400$ mm,

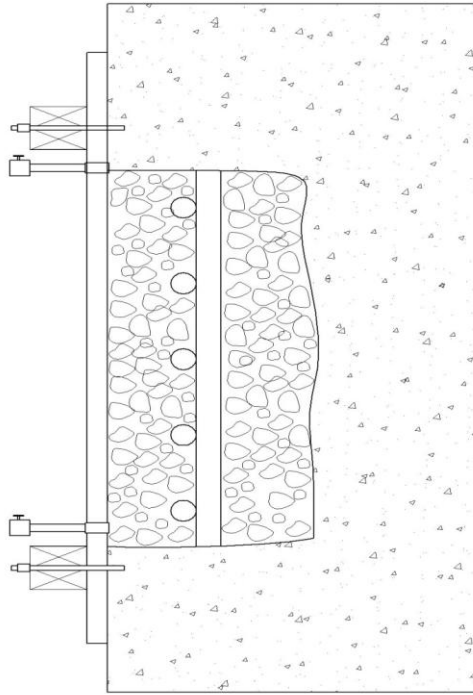
$w > 1,0$ χιλιοστά $s = 500$ mm.

Σε περίπτωση βαθέων ενέσιμων θηλών, οι ακόλουθες συνθήκες γενικά θα πρέπει να τηρηθούν:

- οι οπές θα πρέπει κανονικά να μπορούν να ασκούνται σε γωνία 45° σε σχέση με την κατεύθυνση ρωγμής. Οι τρύπες θα πρέπει να τέμνουν τη ρωγμή περίπου κατά το ήμισυ του βάθους, όπως φαίνεται στο Σχήμα.

3,10, και η διάμετρος τους εξαρτάται απο την διαμέτρο των θηλών που χρησιμοποιούνται (συνήθως 5-20 mm).

3. Σε κατάλληλες θέσεις των καλουπιών διαμορφώνονται ακροφύσια και τοποθετούνται βαλβίδες για την εισπίεση του ενέματος.



Πλευρικές ενέσιμες θηλές

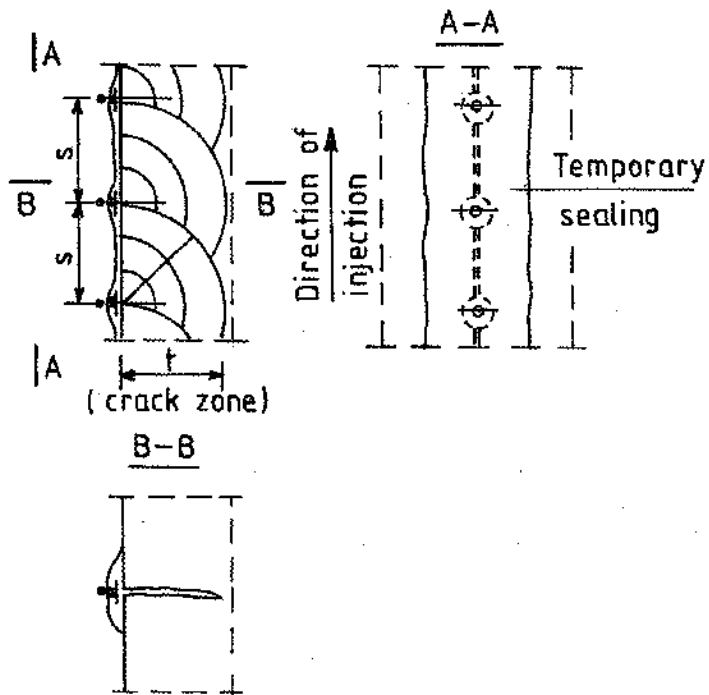
• η απόσταση s μεταξύ των οπών εξαρτάται κυρίως από το πάχος του μέλους. Γενικά, το s είναι περίπου ίσο με το ήμισυ του εν λόγω πάχους.

Πιο λεπτομερείς συστάσεις, μπορεί να διατυπωθούν ως εξής :

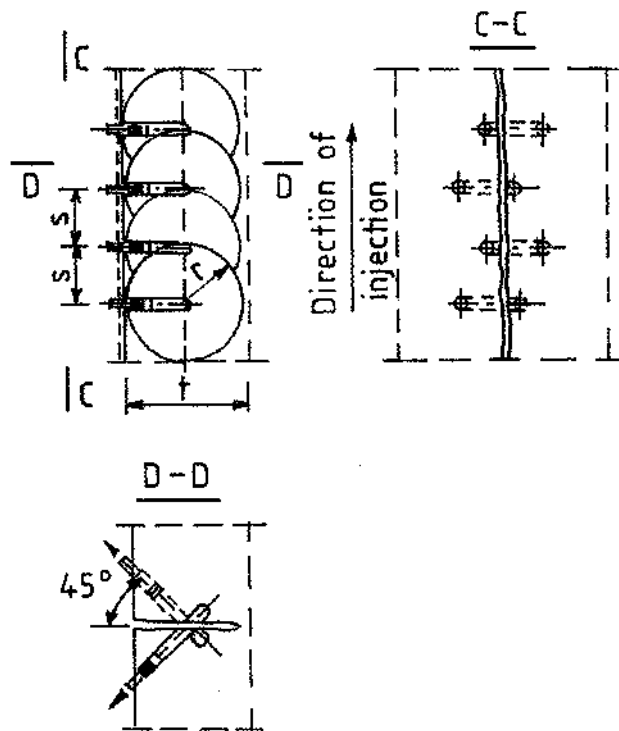
- Όταν τα μέλη είναι περίπου πάχους 25 mm ή λιγότερο, οι οπές θα πρέπει να βρίσκονται μόνο σε μία πλευρά και με απόσταση ίση με το πάχος του μέλους,

- Όταν τα μέλη είναι 25-50 mm σε πάχος, οι οπές θα πρέπει να τοποθετούνται σε όλες τις διαθέσιμες πλευρές, με απόσταση λιγότερη απο το πάχος του μέλους,

- Σε περίπτωση που το πάχος του μέλους υπερβαίνει τα 50 mm ή η άλλη πλευρά δεν είναι διαθέσιμη, οι οπές θα διεισδύουν στο μέσο του



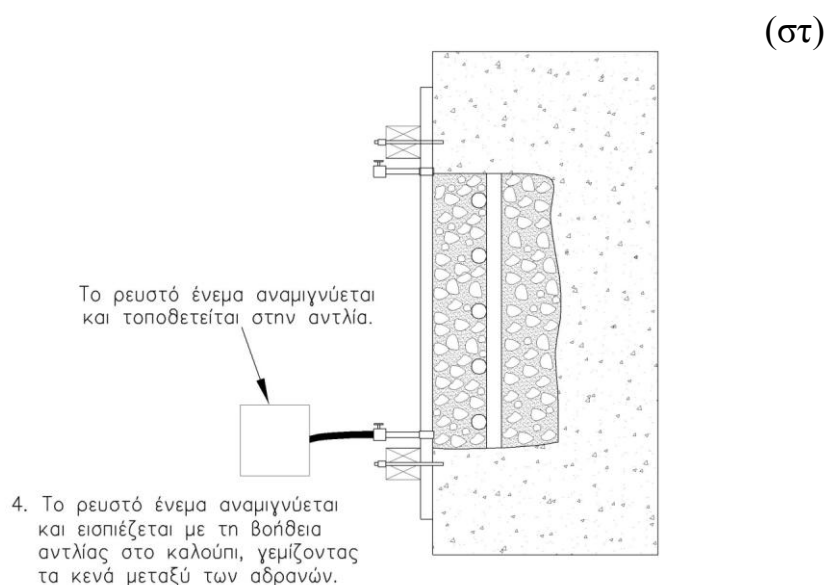
Εικ. 3.9 Τοποθέτηση φλάντζας ένεσης θηλής.



εικ. 3.10 Τοποθέτηση ένεση βαθιάς θηλής.

πάχους του μέλους και θα διατίθενται για την παρακολούθηση της ροής των υλικών πλήρωσης της ένεσης στην ρωγμή.

(ε) Στην περίπτωση των κάθετων ρηγμάτων, η ένεση ξεκινά από την κάτω θηλή (δηλαδή, την είσοδο του στομίου) και συνεχίζεται μέχρι το υλικό της ένεσης (π.χ. τσιμεντενέματα ή εποξειδική ρητίνη) να εμφανίζεται στην επόμενη, "κυνηγώντας τον αέρα στην ρωγμή από στόμιο σε στόμιο, μέχρι το ανώτερο στόμιο να αρχίζει να αιμορραγεί". Παρόμοια διαδικασία χρησιμοποιείται για την έγχυση των οριζόντιων ρωγμών - η διαδικασία ξεκινά από το ένα άκρο της ρωγμής και τελειώνει σε ένα δεύτερο άκρο.



Μετά την ένεση, το υλικό είναι μερικώς ενοποιημένο, οι θηλές και η προσωρινή σφράγιση της επιφάνειας απομακρύνονται, και η ρωγμή της επιφάνειας είτε αφήνεται έτσι είτε τελειοποιείται κοσμητικά, π.χ., από τσιμεντοκονιάματα ή άλλα υλικά προστασίας επιφάνειας. Μια διακύμανση της διαδικασίας της ένεσης που παρουσιάζεται παραπάνω είναι με ένεμα(ονομάζεται επίσης τσιμεντένεση), εφαρμόζεται κυρίως για την επισκευή ρωγμών, κενών ή διάκενων στο εσωτερικό των στύλων της γέφυρας, όπου ειδικού τύπου βαθιές θηλές (potholes) είναι εγκατεστημένες, ακόμα και σε βάθος πολλών μέτρων. Η διαδικασία αυτή, είναι αφιερωμένη στην αποκατάσταση της υποδομής της γέφυρας. Είναι προφανές ότι η ένεση των ρωγμών θα πρέπει να γίνεται από πολύ ειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, καθώς πολλές περισσότερες λεπτομέρειες και συστάσεις από αυτές που παρουσιάζονται ανωτέρω θα πρέπει να τηρούνται, ανάλογα με το συγκεκριμένο υλικό και την τεχνική

ένεσης. Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιούνται εποξυκές ρητίνες, η είσοδος δεν μπορεί να διεξαχθεί κανονικά με θερμοκρασία κάτω από 8 ° C. Οι ιδιαίτερες συνθήκες της χρήση του συγκεκριμένου υλικού ένεσης είναι συνήθως αυστηρά προσδιορισμένες από τον κατασκευαστή. Ο έλεγχος της ποιότητας των επισκευών που διεξάγονται μετά την ένεση της ρωγμής είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικός. Σε γενικές γραμμές, οι ίδιες μέθοδοι επιθεώρησης, όπως αυτοί της ανίχνευσης των ρωγμών σε σκυρόδεμα μπορούν να εφαρμοστούν. Σε ορισμένες σημαντικές υποθέσεις, εκτελούνται επι τόπου δοκιμές υπό στατικά και δυναμικά φορτία.

Α.3. Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός έγχυσης εξαρτάται κυρίως από το είδος της ένεσης (π.χ., με βαρύτητα ή υπό πίεση), καθώς και με τη σχετική απαιτούμενη ποσότητα του ενέσιμου υλικού.

Όταν χρησιμοποιείται ένεση βαρύτητας, χρησιμοποιείται ένα μικρό ντεπόζιτο ή μια χοάνη που συνδέεται με μία εύκαμπτη μάνικα με μικρό στόμιο, που χρησιμοποιείται κυρίως κατά τη λήξη (βλ. Σχήμα. 3.8). Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα όπλο χειρός που φέρει φυσίγγιο ενέματος της ρητίνης, που λειτουργεί με το χέρι ή αυτόματα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε σχετικά μικρά έργα.

Όταν χρησιμοποιείται ένεση με πίεση, πολλοί τύποι αντλιών μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την άντληση των ενέσιμων υλικών των ρωγμών. Τα κυριότερα είδη των αντλιών μπορεί να χαρακτηριστούν ακολούθως:

(α) αντλίες με μεμβράνη, χρησιμοποιούνται κυρίως για την άντληση ενέσιμων υλικών με σχετικά χαμηλό ιξώδες όταν εφαρμόζεται μέθοδος χαμηλής ή υψηλής πίεσης,

(β) αντλίες με εμβολοφόρους (παλινδρόμηση), που χρησιμοποιούνται κατά την άνω περίπτωση,

(γ) αντλίες τύπου εισχώρησης (ή βίδα), χρησιμοποιούνται κυρίως για την άντληση ενέσιμων υλικών με σχετικά υψηλό ιξώδες όταν εφαρμόζεται χαμηλή πίεση.

Επιπλέον, οι αντλίες διαφέρουν ανάλογα με το εάν το ενέσιμο υλικό που αντλείται για τις ρωγμές είναι σύνθετο ή μη . Με άλλα λόγια, το είδος της αντλίας επηρεάζει τη διαδικασία της προετοιμασίας της ένεσης με το υλικό . Η απαιτούμενη ποσότητα του υλικού είναι επίσης μια χαρακτηριστική παράμετρος για τις αντλίες. Σε γενικές γραμμές, η ποσότητα των υλικών της είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με το ένεμα του τσιμέντου. Ως εκ τούτου, ένας σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του τύπου του εξοπλισμού είναι το ποσοστό μετάδοσης των αντλιών που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη .

Για ενέσεις ρητίνης , συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανοκίνητες παλινδρομικές αντλίες αλλά όχι για υψηλή πίεση . Όταν απαιτείται ένεση χαμηλής πίεσης , η χαμηλότερη παραγωγή σε αυτές τις αντλίες είναι πολλαπλάσια της ελάχιστης πίεσης που απαιτείται για τη λειτουργία των αντλιών. Επιπλέον, το κύριο μειονέκτημα της παλινδρομικών αντλιών είναι η διακύμανση της πίεσης, κατά την αλλαγή κατεύθυνσης του εμβόλου . Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κάποιες δυσκολίες που αντιμετωπίζονται με προσκολλούμενα σφραγίσματα, οι οποίες είναι λιγότερο σε θέση να αντιμετωπίσουν τις κυκλικές διακυμάνσεις από ό, τι με σταθερή πίεση. Οι σταθερές υψηλές πιέσεις μπορεί να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας τις περιστροφικές αντλίες. Ωστόσο, είναι σχεδιασμένες για συγκεκριμένα υλικά, εκτός από εκείνες που είναι ενέσιμες και από αυτές με αρκετά υψηλό αριθμό ροής. Παρά το γεγονός αυτό, αυτό το είδος των αντλιών χρησιμοποιείται επίσης για τους σκοπούς των ενέσεων.

Για ενέματα τσιμέντου, το φάσμα του σκοπού σχεδιασμού του εξοπλισμού είναι αρκετά εκτενής. Όλα τα προαναφερθέντα είδη αντλιών (δηλαδή, α, β και γ) χρησιμοποιούνται.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο εξοπλισμός για τα ενέματα τσιμέντου θα πρέπει να είναι σε θέση να αντέξει ένα σχετικά υψηλό επίπεδο εκδορών, ενώ ο εξοπλισμός για την τριβή ρητινικών ενέσεων πρέπει να αντεπεξέλθει με οργανικούς διαλύτες. Είναι πολύ σημαντικό στην πράξη όλος ο εξοπλισμός για τις ενέσεις με ρητίνης , συμπεριλαμβανομένων και των εύκαμπτων σωλήνων παράδοσης , πρέπει να καθαρίζονται αμέσως μετά από κάθε εργασία για την πρόληψη στο μπλοκάρισμα με σκληρυμένη ρητίνη.

Ανάλογα με τη διαδικασία της προετοιμασίας της ένεσης των υλικών που απαιτούνται για ένα συγκεκριμένο τύπο αντλίας, η έγχυση της ίδιας της διαδικασίας μπορεί να εκτελείται συνεχόμενα ή όχι. Όταν οι αντλίες για την άντληση ενός συστατικού υλικού ένεσης χρησιμοποιούνται, όλα τα στοιχεία θα πρέπει να αναμιγνύονται προκαταρκτικά και αμέσως μετά την έκδοση άδειας να χύνονται σε δεξαμενή του εξοπλισμού έγχυσης. Στην περίπτωση αυτή, κάποιες παύσεις στη διαδικασία της ένεσης είναι αναγκαίες για την προστασία του εξοπλισμού, για την παρεμπόδιση από την υγροποίηση ή τη σκλήρυνση του υλικού ένεσης, π.χ. ενέματα ρητίνης. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι η χημική αντίδραση ξεκινά αμέσως μόλις τα συστατικά αναμειγνύονται μαζί. Επιπλέον, όταν ο εξοπλισμός της ένεσης λειτουργεί με αρχική παρτίδα, οι παύσεις στη διαδικασία της ένεσης είναι αναγκαίες για να αναμειχθούν και να τοποθετηθούν διαδοχικές παρτίδες του εξοπλισμού.

Όταν οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την άντληση δύο ή πολλών συστατικών των υλικών ένεσης, όλα τα στοιχεία παραδίδονται ξεχωριστά στον εξοπλισμό και αναμειγνύονται μεταξύ τους λίγο πριν την άντληση τους εντός των ρωγμών. Ως εκ τούτου, η διαδικασία της ένεσης μπορεί τότε να είναι συνεχής.

Ανεξάρτητα από τον τύπο, το μηχάνημα της ένεσης θα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με υψηλής πίεσης μάνικα παράδοσης με ειδικό στόμιο για την σύνδεση με την φλάντζα ή τα βαθειά στόμια έγχυσης να εγκαθίστανται, όπως αναφέρεται ανωτέρω. Επιπλέον, μια ειδική βαλβίδα που επιτρέπει στη διαδικασία της ένεσης να σταματήσει σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα είναι συνήθως εγκατεστημένη στον εξοπλισμό. Είναι προφανές ότι η έγχυση υλικού περιγράφεται σε μία μάλλον γενική μορφή και οι γενικές βασικές αρχές της διαδικασίας της ένεσης παρουσιάζονται. Πιο αναλυτικές πληροφορίες παρέχονται κανονικά από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού, καθώς και στις σχετικές κατευθυντήριες γραμμές και κυρίως πρακτικές οδηγίες και συστάσεις για το συγκεκριμένο είδος ένεσης.

Ε. Γενικές Διαδικασίες Συντήρησης και Αποκατάστασης του τεχνικού

Οι επισκευές που γίνονται σε μία γέφυρα έχουν να κάνουν με το είδος και το μέγεθος των φθορών.

Οι συνήθης επισκευές που λαμβάνουν χώρα είναι:

- Η αντικατάσταση των εξαρτημάτων μίας γέφυρας όπως, αρμοί, εφέδρανα, στηθαία ασφαλείας.
- Συντήρηση ή αντικατάσταση σωλήνων και φρεατίων του συστήματος αποστράγγισης – αποχέτευσης
- Συντήρηση της κοίτης του ποταμού από υποσκαφή. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με συμπλήρωση αδρανών είτε με σκυροδέτηση στα σημεία που χρειάζεται.
- Επισκευή ρωγμών με την έγχυση ρητινών
- Αντικατάσταση διαβρωμένου οπλισμού στους πλακοδοκούς
- Αντικατάσταση διαβρωμένου σκυροδέματος με εκτοξευμένα κονιάματα
- Κατασκευή τοίχου αντιστήριξης από κροκάλες λατομείου για την επισκευή του διαβρωμένου επιχώματος.
- Σε σημεία που το οπλισμένο σκυρόδεμα έρχεται σε επαφή με νερό και έδαφος γίνονται κάποιες επικαλύψεις (π.χ. με ασφαλτώδεις υλικά) για την μείωση του πορώδους και την αποφυγή της διάβρωσης.
- Αντικατάσταση της ασφάλτου του οδοστρώματος της γέφυρας.
- Σε περίπτωση που υπάρχουν σιδερένια εξαρτήματα όπως τα παλιά στηθαία ασφαλείας γίνεται συντήρηση με ειδικά χρώματα.

Ε.1. Αντικατάσταση εφεδράνων

Επειδή τα εφέδρανα παίζουν σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια της ανωδομής μόλις διαπιστωθεί η μη σωστή λειτουργία τους από τον

επιθεωρητή πρέπει να γίνεται η αντικατάσταση τους. Η διαδικασία αντικατάστασής τους έχει ως εξής:

- Προετοιμασία Τεχνικού

Τα τεχνικά (βάθρα, ακρόβαθρα και ανωδομή) πρέπει να έχουν προβλεφθεί ώστε να παρέχουν τον κατάλληλο χώρο για την τοποθέτηση δύο ή περισσότερων γρύλλων (ανάλογα με το φορτίο), που θα επιτρέπει την ανύψωση της ανωδομής κατά 40mm τουλάχιστον. Κατά το στάδιο της μελέτης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι συνθήκες φόρτισης που θα προκύψουν από τις παραμορφώσεις λόγω της ανύψωσης της ανωδομής, εάν βέβαια αυτές δεν είναι ίδιες σε όλα τα σημεία στήριξης.

- Προκαταρκτικές Παρεμβάσεις

Το πρώτο στάδιο ανύψωσης προβλέπει την τοποθέτηση και την σύνδεση των γρύλλων και δίδεται προσοχή στην πρόβλεψη εξοικονόμησης αρκετού χώρου, ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση του εφεδράνου από την έδρασή του χωρίς να εμποδίζεται από τους γρύλλους και από τα προσωρινά εφέδρανα. Στην περίπτωση που απαιτείται μία συμμετρική και ταυτόχρονη ανύψωση είναι προτιμότερο να ελέγχεται μέσω αισθητήρων μετακίνησης (επιμηκυνσιόμετρα) συνδεδεμένων με υπολογιστή, ώστε η ανύψωση να επιτυγχάνεται σταθερά σε όλα τα σημεία.

Ανύψωση, Απομάκρυνση και Αντικατάσταση

1. Περίπτωση Φορέα με επί τόπου Σκυροδέτηση.

Πριν από την ανύψωση απασφαλίζουμε τα άνω βλήτρα ξεβιδώνοντας τους κοχλίες συγκράτησης τους. Τα άνω βλήτρα είναι απλώς εμπηγμένα στην άνω πλάκα του εφεδράνου και επομένως θα αποκαλυφθούν κατά την διάρκεια της ανύψωσης παραμένοντας ενσωματωμένα στο σκυρόδεμα της ανωδομής.

2. Περίπτωση Φορέα με επί τόπου Σιδηροκατασκευή.

Εάν η σύνδεση μεταξύ φορέα και εφεδράνου έχει γίνει με κοχλίες, πριν από την ανύψωση ξεβιδώνουμε τους άνω κοχλίες και τους

απομακρύνουμε. Αν η σύνδεση είναι με πήρους, δεν είναι αναγκαίο να γίνει τίποτα άλλο εκτός από την ανύψωση.

3. Προκατασκευασμένος Φορέας Σκυροδέματος.

Οι δοκοί κατασκευάζονται είτε με ενσωματωμένη την χαλύβδινη πλάκα και η σύνδεση μπορεί να γίνει με κοχλίες, οπότε στην περίπτωση αυτή πρέπει να ξεβιδώσουμε πριν από την ανύψωση, είτε με πήρους, οπότε δεν χρειάζεται τίποτα πριν από την ανύψωση. Κατά την έναρξη της ανύψωσης προχωρούμε μέχρι να φτάσουμε τα 40mm, οπότε το τεχνικό είτε μπορεί να μείνει πάνω στους γρύλλους - αν είναι εφοδιασμένοι με διάταξη κλειδώματος - είτε να στηριχθεί σε προσωρινά εφέδρανα. Για την απομάκρυνση του εφεδράνου, απασφαλίζουμε τα κάτω βλήτρα, ξεβιδώνοντας τους κοχλίες συγκράτησης τους. Ανασηκώνουμε όσο χρειάζεται το εφέδρανο με την βοήθεια κάποιου μοχλού ώστε να ελευθερωθεί το βλήτρο από την εσοχή των χαλύβδινων πλακών, έτσι ώστε το εφέδρανο να είναι ελευθερωμένο και να απομακρυνθεί από την φωλιά του. Τα κάτω βλήτρα θα παραμείνουν ενσωματωμένα στο σκυρόδεμα. Τέλος, το επιδιορθωμένο ή το νέο εφέδρανο θα τοποθετηθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ταιριάζουν τα κάτω βλήτρα που παρέμειναν στο σκυρόδεμα με την έδραση της χαλύβδινης πλάκας. Το εφέδρανο θα πάρει την αρχική του θέση και κατά την διαδικασία κατεβάσματος του φορέα (τεχνικού) τα άνω αγκύρια θα φωλιάσουν στις σωστές αρχικές θέσεις τους.



Αντικατάσταση εφεδράνων

Η αντικατάσταση των υπαρχόντων εφεδράνων γέφυρας ή γενικά οποιοδήποτε τεχνικού, λαμβάνει χώρα με την ανύψωση της ανωδομής με την χρήση υδραυλικών γρύλων σε παράλληλη σύνδεση (χρήση μίας αντλίας), με σκοπό την ομοιόμορφη λειτουργία τους και κατά συνέπεια την ομοιόμορφη και συμμετρική ανύψωση της ανωδομής. Θα πρέπει να έχουν προβλεφθεί εξ' αρχής ειδικές υποδοχές στα στοιχεία της υποδομής για την τοποθέτηση των ειδικών γρύλων ανύψωσης, διαφορετικά η χρήση μεταλλικού ικριώματος (σκαλωσιά) είναι επιβεβλημένη. Η ανύψωση της ανωδομής λαμβάνει χώρα μόνο στα βάθρα όπου απαιτείται η αντικατάσταση των εφεδράνων και σύμφωνα με τις ακόλουθες φάσεις :

Τοποθέτηση της μεταλλικού ικριώματος / κατασκευής

Εάν είναι αναγκαίο, τοποθετείται μεταλλική σκαλωσιά για την εγκατάσταση και λειτουργία των γρύλων. Ο τρόπος εγκατάστασης του μεταλλικού ικριώματος ποικίλει από κατασκευή σε κατασκευή γι' αυτό θα πρέπει να είναι σύμφωνος με τις οδηγίες της εκάστοτε μελέτης.

Τοποθέτηση των γρύλων και παράλληλη σύνδεσή τους.

Τοποθετούνται οι γρύλοι και συνδέονται παράλληλα για τους λόγους που αναφέρονται ανωτέρω. Ειδική μέριμνα θα πρέπει να δοθεί στην παραλληλότητα - καθετότητα των επιφανειών εδράσεως (βάση και έμβολο του γρύλου) με την κατασκευή.

Ανύψωση της ανωδομής.

Οι εργασίες ανύψωσης εξαρτώνται από το πάχος του εφεδράνου το οποίο θα πρέπει να αντικατασταθεί. Εφόσον το μήκος του εμβόλου είναι πεπερασμένο, δύναται να εκτελεσθούν διαδοχικές ανυψώσεις. Μετά από κάθε σταδιακή ανύψωση θα πρέπει να έχει προβλεφθεί η έδραση της ανωδομής σε προσωρινές στηρίξεις. Μόλις αποκτηθεί το απαιτούμενο ύψος ανύψωσης, η ανωδομή θα εδρασθεί σε προσωρινά εφόδρανα έτσι ώστε να είναι δυνατή η αποφόρτιση των γρύλων οι οποίοι όμως δεν θα πρέπει να απομακρυνθούν από την κατασκευή.

Αντικατάσταση των εφεδράνων

Πριν την τοποθέτηση των νέων εφεδράνων προηγείται επιφανειακός "καθαρισμός" της υποδομής (απομάκρυνση στοιχείων του προς αντικατάσταση εφεδράνου, όπως βλήτρων και πλακών αγκύρωσης,

ρυπαρών ουσιών, σκόνης, ελαίων, νερού κτλ. Ακολουθεί καθαρισμός της επιφανείας με την χρήση πεπιεσμένου αέρα και στρώση από μη συρρικνούμενη τσιμεντοκονία τύπου ώστε να επιτευχθεί η απαραίτητη επιπεδότητα / παραλληλότητα της επιφάνειας όπου θα εδρασθεί το νέο εφέδρανο. Για την ορθή συγκόλληση του νέου στρώματος τσιμεντοκονίας με το υπάρχον σκυρόδεμα, προηγείται επάλειψη εποξειδικού συγκολλητικού στις δύο επιφάνειες επαφής. Στην περίπτωση όπου το “βάθος” καθαρισμού της υποδομής είναι μεγαλύτερο από 40 mm απαιτείται ενίσχυση με οπλισμό Φ 8. Ακολουθεί τοποθέτηση των εφεδράνων σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Έδραση ανωδομής

Μετά και την τοποθέτηση των νέων εφεδράνων, ακολουθεί η έδραση (χαμήλωμα) της ανωδομής στα νέα εφέδρανα. Θα πρέπει φυσικά να προηγηθεί ανύψωση της κατασκευής ώστε να ελευθερωθούν τα προσωρινά εφέδρανα και στην συνέχεια επιστροφή των εμβόλων των γρύλων για την τελική έδραση της κατασκευής.

Απομάκρυνση των γρύλων.

Μόλις η ανωδομή εδρασθεί στα νέα εφέδρανα ακολουθεί η εκφόρτηση των γρύλων οι οποίοι και μπορούν πια να απομακρυνθούν από την κατασκευή.

Αντικατάσταση υπολοίπων εφεδράνων.

Ακολουθείται η ανωτέρω περιγραφείσα μέθοδος για την αντικατάσταση των υπολοίπων εφεδράνων της κατασκευής. Για την αντικατάσταση των εφεδράνων χρησιμοποιούνται γρύλοι τύπου F. Τα βασικά χαρακτηριστικά του γρύλλου είναι η απλότητα στην λειτουργία, η ευκολία μετακίνησης λόγω του μικρού μεγέθους, και ταυτόχρονα η δυνατότητα παραλαβής μεγάλων φορτίων.

E.2. Αντικατάσταση αρμών συστολοδιαστολής

Απομάκρυνση παλαιών αρμών

Η απομάκρυνση ενός ήδη τοποθετημένου αρμού γίνεται σύμφωνα με τις ακόλουθες φάσεις:

1. Αφαιρούμε το την τάπα από τις οβάλ οπές του αρμού.

2. Κόβουμε την εγκάρσια λωρίδα προσαρμογής που έχει δημιουργηθεί κοντά στις εξωτερικές στρώσεις της ασφάλτου με σκοπό να δημιουργήσουμε μια λωρίδα ίσου μήκους με αυτήν που απαιτείται για την τοποθέτηση του νέου αρμού.

3. Αφαιρούμε το υλικό της λωρίδας προσαρμογής.

4. Ξεβιδώνουμε τις αγκυρόβιδες από τον αρμό.

5. Μετακινούμε τον αρμό.

6. Καθαρίζουμε την χαμηλότερη επιφάνεια του κονιάματος και εάν απαιτείται την επισκευάζουμε.

Τοποθέτηση νέων αρμών

Εάν το κατάστρωμα χρειάζεται επισκευή (αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να κατασκευάσουμε εκ νέου την ισοπεδωτική στρώση κάτω από τον αρμό) θα ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα:

- Να βρέξουμε με καθαρό νερό καλά το σκυρόδεμα χωρίς να αφήσουμε λιμνάζοντα νερά.

- Να τοποθετήσουμε κατάλληλου πάχους πολυεστέρα στο διάκενο για να το διατηρήσουμε καθαρό.

- Το άνοιγμα του διακένου F και η απόσταση H μεταξύ του υψηλότερου σημείου της τσιμεντοκονίας πρέπει να γίνει σύμφωνα με τα κατασκευαστικά σχέδια του αρμού.

Δεν απαιτείται κανένας οπλισμός εάν το πάχος της ισοπεδωτικής στρώσης είναι ίσο ή μικρότερο από 5cm. Στην περίπτωση όμως που το πάχος είναι μεγαλύτερο, τότε απαιτείται ανάλογος οπλισμός ο οποίος πρέπει να συνδέεται με αυτόν του καταστρώματος της γέφυρας. Εάν η επιφάνεια του καταστρώματος είναι πλέον κατάλληλη για την τοποθέτηση τότε ακολουθούμε τα βήματα που περιγράφονται:

- Τοποθέτηση των τεμαχίων στην ανάλογη θέση.

Κανονικά η τοποθέτηση ξεκινάει από τα πεζοδρόμια. Τα άκρα του αρμού (αρσενικό– θηλυκό) θα πρέπει να καθοριστούν για την ορθή τοποθέτηση.

Αντικατάσταση Αρμών

- Στερέωση αγκυρόβιδων.

Πρίν το βίδωμα πρέπει να γίνει έλεγχος αν οι οπές είναι καθαρές και δεν έχουν νερό ή άλλες ακαθαρσίες και αν τοποθετήθηκε η οβάλ ροδέλλα και το περικόχλιο. Μετά από 36 ώρες περίπου σκλήρυνσης των εποξειδικών ρητινών, πρέπει να σφιχθούν οι αγκυρόβιδες με δυναμόμετρο με ανάλογη ροπή στρέψης. Αφού βιδωθούν οι αγκυρόβιδες και ελεγχθεί η ροπή στρέψης μπορούμε να γεμίσουμε τις οπές με εποξειδική ρητίνη.

Ε.3. Αντικατάσταση διαβρωμένου οπλισμού

(παράδειγμα φορέα μορφής πλακοδοκών)

Η αντικατάσταση διαβρωμένου οπλισμού των πλακοδοκών γίνεται ως εξής:

- Αφαίρεση σκυροδέματος γύρω από τον οπλισμό γιατί πιθανότατα να έχει χάσει την αλκαλική του ιδιότητα
- Κόψιμο και αφαίρεση του διαβρωμένου οπλισμού μέχρι το σημείο που ξεκινάει ο υγιείς οπλισμός
- Τοποθέτηση καινούργιου οπλισμού
- Επανασκυροδέτηση της δοκού

Η ένωση του οπλισμού γίνεται με κάποιες ειδικές μούφες σύνδεσης και στην συνέχεια τεντώνεται με μηχανήμα τάνυσης.



Σύνδεση οπλισμού



Μηχάνημα ρητίνης



Επισκευασμένες ρωγμές



Επανασκυροδέτηση δοκού



Αποκατάσταση διαβρωμένου σκυροδέματος σε μεσόβαθρα με την βοήθεια εκτοξευμένων κονιαμάτων





Μηχάνημα τάνυσης

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Όπως προαναφέραμε στην εισαγωγή ζούμε σε μια εποχή όπου το σκυρόδεμα κυριαρχεί στις κατασκευές. Με την εργασία αυτή προσπαθήσαμε να παρουσιάσουμε, να αναδείξουμε, καθώς και να ταξινομήσουμε τόσο τα υλικά για τις επισκευές φθορών του σκυροδέματος, όσο και κάποιες μεθόδους για την εφαρμογή αυτών. Παράλληλα ελπίζουμε ότι συντάξαμε μια εργασία η οποία θα αποδειχθεί και θα αποτελέσει πολύτιμο στοιχείο για όποιον θελήσει στο μέλλον να ασχοληθεί με την αποκατάσταση φορέων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Κάναμε ό, τι ήταν δυνατό ούτως ώστε η ανάλυση μας να είναι κατανοητή τόσο σε ειδήμονες όσο και σε ανθρώπους που δεν σχετίζονται με το αντικείμενο και επιθυμούν απλά μια ενημέρωση πάνω σε σύγχρονες μεθόδους επισκευής γεφυρών από σκυρόδεμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. F. Leonhardt: Ολόσωμες κατασκευές
2. American Concrete Institute: Repair and Rehabilitation
3. Alberta Infrastructure and Transportation: REPAIR MANUAL FOR CONCRETE BRIDGE ELEMENTS
4. Wojciech Radomski: Rehabilitation of Concrete Bridge Superstructure
5. S. A. Austin: Rehabilitation of Concrete Bridge Superstructure
6. D. E. Tonnias: Rehabilitation of Concrete Bridge Superstructure
7. P. J. Robins: Rehabilitation of Concrete Bridge Superstructure
8. G. P. Mallet: Rehabilitation of Concrete Bridge Superstructure
9. Peter H. Emmons: Concrete Repair and Maintenance Illustrated
10. Αντώνιος Λοΐζος: Γενική γεφυροποιία ολόσωμες γέφυρες Ε.Μ.Π.
11. Παναγιώτης Πανέτσος, Ιωάννης Ρεντζεπέρης, Αστέριος Λιώλιος: Σύστημα Διαχείρισης Κύριας Συντήρησης Οδικών Γεφυρών από Σκυρόδεμα στην ΕΓΝΑΤΙΑ ΟΔΟΣ Α.Ε.
12. Ο.Μ.Ο.Ε ΤΕΥΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
13. ΣΙΚΑ : ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
14. Πηγές INTERNET
15. Σημειώσεις εργαστηρίου οπλισμένου σκυροδέματος ΤΕΙ Πάτρας Δ. Παγανός Καθ. Εφαρμογών
16. Προσωπικές σημειώσεις Ι. Σπινάσας
17. Προσωπικές σημειώσεις Ζ. Χρήστου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ανάλογα με το μέγεθος των βλαβών – φθορών:

Μικρή Βλάβη: τοπική βλάβη, καμία επίδραση στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής

Μέτρια Βλάβη: τοπική έως εκτεταμένη βλάβη, ελαφριά επίδραση στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής

Μεγάλη Βλάβη: εκτεταμένη έως πολύ μεγάλης κλίμακας βλάβη, ισχυρή επίδραση στη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής

A. Ενδεικτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται σε βλάβες - φθορές σκυροδέματος

Ατέλειες / βλάβες σκυροδέματος	Μικρή	Μέτρια	Μεγάλη
1. Ρωγμές στο σκυρόδεμα	Πλήρωση ρωγμών	α) Πλήρωση ρωγμών, β) Μετατροπή ρωγμών σε μηχανισμό αρμού	α) Ενεμάτωση στις ρωγμές, στις οπές και στις κοιλότητες β) Πλήρωση ρωγμών και κοιλοτήτων
2. Αποφλοιώσεις σκυροδέματος λόγω μηχανικής βλάβης	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί, β) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι, γ) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος με	α) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι, β) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος με αντλία

		αντλία	
3. Δομητική βλάβη λόγω υπερφόρτωσης ή σεισμού	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί και β) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί και β) Προσθήκη ή αντικατάσταση εγκιβωτισμένων ή εξωτερικών ράβδων οπλισμού γ) Κονίαμα εφαρμοζόμενο με το μυστρί και δ) Προσθήκη οπλισμού αγκυρωμένου σε προδιαμορφωμένες ή εκ των υστέρων διανοιγμένες οπές	α) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος με αντλία και β) Συγκόλληση ελασμάτων οπλισμού γ) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι, δ) Προένταση (μετένταση), ε) Αντικατάσταση δομικών στοιχείων
4. Απολέπιση λόγω κύκλων Πήξης/Τήξης	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί, β) Επίστρωση (τσιμεντοειδούς βάσης)	α) Επίστρωση (τσιμεντοειδούς βάσης), β) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος	α) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος
5. Βλάβη από χημική προσβολή	α) Επίστρωση (τσιμεντοειδούς βάσης)	α) Επίστρωση (τσιμεντοειδούς βάσης), β) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος	α) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος, β) Έγχυση σκυροδέματος ή κονιάματος, γ) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος με αντλία

Β. Ενδεικτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται σε βλάβες - φθορές οπλισμού λόγω διάβρωσης

Ατέλειες / βλάβες σκυροδέματος	Μικρή	Μέτρια	Μεγάλη
1. Αποφλοιώσεις σκυροδέματος λόγω ενανθράκωσης	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί, β) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι γ) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος με αντλία	α) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι και β) Προσθήκη ή αντικατάσταση εγκυβωτισμένων ή εξωτερικών ράβδων οπλισμού, γ) Εκτόξευση κονιάματος/σκυροδέματος με αντλία και δ) Προσθήκη οπλισμού αγκυρωμένου σε προδιαμορφωμένες ή εκ των υστέρων διανοιγμένες οπές, ε) Αντικατάσταση προσβεβλημένου ή ενανθρακωμένου σκυροδέματος
2. Διάβρωση οπλισμού λόγω χλωριόντων	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί, β) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι, γ) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος	α) Αντικατάσταση στοιχείων, β) Αντικατάσταση μολυσμένου ή εγκυβωτισμένου σκυροδέματος και γ) Προσθήκη ή αντικατάσταση εγκυβωτισμένων ή εξωτερικών ράβδων

		ς με αντλία	οπλισμού, δ) Αντικατάσταση μολυσμένου ή ενανθρακωμένου σκυροδέματος και ε) Συγκόλληση ελασμάτων οπλισμού
3. Προσβολή λόγω τυχαίου διαρρέοντος ηλεκτρικού ρεύματος	α) Εφαρμογή κονιάματος με το μυστρί, β) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματο ς σε καλούπι	α) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματο ς σε καλούπι β) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματο ς με αντλία	α) Έγχυση κονιάματος / σκυροδέματος σε καλούπι και β) Προσθήκη οπλισμού αγκυρωμένου σε προδιαμορφωμένες ή εκ των υστέρων διανοιγμένες οπές γ) Εκτόξευση κονιάματος / σκυροδέματος με αντλία και δ) Προσθήκη ή αντικατάσταση εγκιβωτισμένων ή εξωτερικών ράβδων οπλισμού

Ανάλογα με το επίπεδο προστασίας:

Χαμηλό Επίπεδο: περιορισμένης έκτασης βλάβες και/ή βραχυπρόθεσμη προστασία

Μεσαίο Επίπεδο: μεσαίας έκτασης βλάβες και/ή μεσοπρόθεσμη προστασία

Υψηλό Επίπεδο: εκτεταμένες βλάβες και/ή μακροπρόθεσμη προστασία

Γ. Ενδεικτικές μέθοδοι για προστασία σκυροδέματος

Προστασία Σκυροδέματος

Απαιτήσεις προστασίας	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό
1. Ρωγμές	α) Υδροφοβισμός, β) Βαφή - Επίστρωση	α) Υδροφοβισμός, β) Βαφή (ελαστικές)	α) Υδροφοβισμός και β) Βαφή (ελαστικές), γ) Εφαρμογή προδιαμορφωμένης ή υγρής μεμβράνης
2. Μηχανική Πρόσκρουση	α) Εμποτισμός	α) Βαφή	α) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος
3. Δράση κύκλων Πήξης/Τήξης	α) Υδροφοβισμός, β) Εμποτισμός	α) Εμποτισμός β) Βαφή - Επίστρωση	α) Υδροφοβικός εμποτισμός και β) Βαφή γ) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος
4. Αλκαλοπυριτική Αντίδραση	α) Υδροφοβισμός, β) Βαφή - Επίστρωση	α) Υδροφοβικός εμποτισμός, β) Βαφή (ελαστική)	α) Υδροφοβισμός και β) Βαφή (ελαστική), γ) Εφαρμογή προδιαμορφωμένης ή υγρής μεμβράνης
5. Χημική Προσβολή	α) Εμποτισμός	α) Προσθήκη κονιάματος ή σκυροδέματος	α) Βαφές

Δ. Ενδεικτικές μέθοδοι για προστασία χαλύβδινου οπλισμού

Προστασία χαλύβδινου οπλισμού

Απαιτήσεις προστασίας	Χαμηλό	Μεσαίο	Υψηλό
1. Ενανθράκωση	α) Χρήση αναστολέα διάβρωσης στη μάζα ή στην επιφάνεια του σκυροδέματος	α) Βαφή – Επίστρωση, β) Ηλεκτροχημική επαναλκαλοποίηση του ενανθρακωμένου σκυροδέματος γ) Επαναλκαλοποίηση του ενανθρακωμένου σκυροδέματος με διάχυση	α) Εφαρμογή αναστολέων διάβρωσης στη μάζα ή στην επιφάνεια του σκυροδέματος και β) Βαφή – Επίστρωση, γ) Ηλεκτροχημική επαναλκαλοποίηση του ενανθρακωμένου σκυροδέματος και δ) Βαφή
2. Χλωριόντα	α) Υδροφοβισμός, β) Εμποτισμός	α) Εφαρμογή αναστολέα διάβρωσης στη μάζα ή στην επιφάνεια του σκυροδέματος και β) Υδροφοβισμός, γ) Εφαρμογή αναστολέων διάβρωσης στη μάζα ή στην επιφάνεια του σκυροδέματος και δ) Βαφή - Επίστρωση	α) Ηλεκτροχημική αφαίρεση χλωριόντων και β) Βαφή – Επίστρωση, γ) Ηλεκτροχημική αφαίρεση χλωριόντων και δ) Επίστρωση φράγματος του οπλισμού ε) Εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος
3. Ηλεκτρολυτικ	α) Εμποτισμός	α) Αντιμετώπιση με ηλεκτροχημική	α) Εφαρμογή ηλεκτρικού

<p>ή διάβρωση – Τυχαία διαρρέοντος ρεύματος</p> <p>Σε περίπτωση που είναι ανέφικτη η αποσύνδεση του ηλεκτρικού ρεύματος</p>		<p>μέθοδο, β) Βαφή</p>	<p>ρεύματος</p>
---	--	----------------------------	-----------------