

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΟ ΟΠΛΙΣΜΟ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάβρωση του χάλυβα αποτελεί ένα μόνιμο πρόβλημα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η ενανθράκωση του σκυροδέματος ή η είσοδος χλωριόντων σε αυτό οδηγεί στην δημιουργία της σκωρίας επάνω στον χάλυβα μέσα από ηλεκτροχημικές αντιδράσεις. Η διάβρωση του χάλυβα εντοπίζεται οπτικά από παράλληλες ρωγμές στο στοιχείο, αποφλοιώση του σκυροδέματος, κηλίδες σκουριάς και εκτίναξη της επικάλυψης. Μπορούμε να μετρήσουμε χαρακτηριστικά του σκυροδέματος και του χάλυβα που επηρεάζουν την διάβρωση, με τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης, προκειμένου να έχουμε συγκεκριμένα δεδομένα. Ο τρόπος ενίσχυσης των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με διαβρωμένο οπλισμό θα πρέπει να επιλέγεται με βάση την φάση στην οποία βρίσκεται η διάβρωση, αλλά και με βάση το κόστος.

1. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.

Οι ράβδοι οπλισμού που βρίσκονται στο σκυρόδεμα προστατεύονται από την διάβρωση μέσω ενός λεπτού στρώματος ένυδρου οξειδίου, που δημιουργείται χάρη στην υψηλή αλκαλικότητα του σκυροδέματος που τις περιβάλλει. Η αλκαλικότητα του σκυροδέματος χαρακτηρίζεται από μια τιμή pH περίπου 12,5.[2,3]

Σε αυτές τις συνθήκες ο χάλυβας βρίσκεται σε μια παθητική κατάσταση και για να διαβρωθεί θα πρέπει το παθητικό στρώμα που το περιβάλλει να διασπαστεί ή να διαλυθεί.

➤ Ενανθράκωση σκυροδέματος

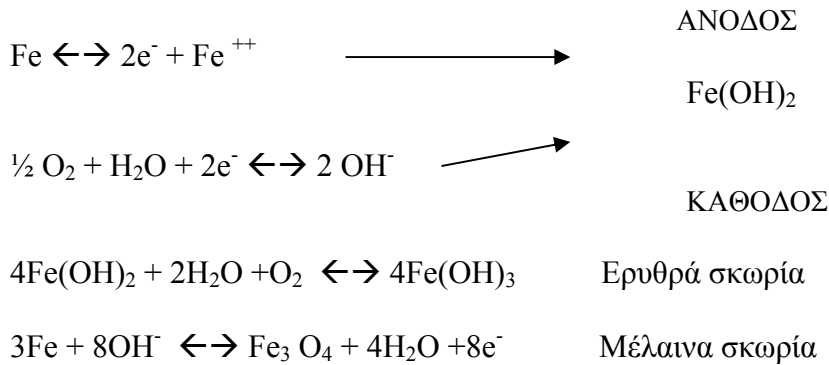
Διάλυση της παθητικής προστασίας μπορεί να συμβεί με την μείωση του pH. Η μείωση του pH είναι αποτέλεσμα της ενανθράκωσης του σκυροδέματος. Η ενανθράκωση προκαλείται από την χημική αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) το οποίο υπάρχει στην ατμόσφαιρα με το υδροξείδιο του ασβεστίου (Ca(OH)₂) του σκυροδέματος. Η ενανθράκωση είναι μια διαδικασία η οποία συμβαίνει σε όλες τις κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Το πορώδες του σκυροδέματος, κυρίως, επιταχύνει ή επιβραδύνει την ενανθράκωση του.[2,3,8]

➤ Είσοδος χλωριόντων στο σκυρόδεμα

Ακόμη, το παθητικό στρώμα που περιβάλλει τον οπλισμό, μπορεί να διασπαστεί λόγω της παρουσίας χλωριόντων στο σκυρόδεμα. Τα χλωριόντα μπορούν να εισέλθουν στο σκυρόδεμα όταν η κατασκευή μας βρίσκεται κοντά στην θάλασσα ή όταν η άμμος ή το νερό ανάμιξης που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του σκυροδέματος ήταν από την θάλασσα. Στην περίπτωση που έχει χρησιμοποιηθεί άμμος ή το νερό ανάμιξης από την θάλασσα για την παρασκευή του σκυροδέματος, έχουμε ταχύτερη διάβρωση του οπλισμού λόγω της ύπαρξης χλωριόντων μέσα στο σκυρόδεμα.[2,7]

Κατά την διάβρωση του χάλυβα δημιουργούνται τόσο περιοχές στις οποίες πραγματοποιείται αποβολή ηλεκτρονίων ή οξείδωση (ανοδικές περιοχές) όσο και περιοχές όπου προσλαμβάνονται ηλεκτρόνια, γίνεται δηλαδή ανάγωση (καθοδικές περιοχές). Παρουσία νερού και οξυγόνου στο χάλυβα έχουμε ροή ηλεκτρικού ρεύματος από τις ανοδικές στις καθοδικές περιοχές. Έτσι έχουμε παραγωγή υδροξυλίωντων (OH⁻) στην κάθοδο. Η επαφή των ανιόντων με την καθοδική περιοχή του χάλυβα έχει ως συνέπεια τον σχηματισμό οξειδίων του σιδήρου.

Η διαδικασία δημιουργίας της σκωρίας φαίνεται παρακάτω με την βοήθεια ηλεκτροχημικών αντιδράσεων [4,5]:



2. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Ο εντοπισμός των αιτιών τρωτότητας των κατασκευών έγκαιρα είναι πολύ σημαντικός για τις ενισχύσεις και τις επισκευές. Στην περίπτωση της διάβρωσης του χάλυβα επιβάλλεται να είμαστε σε ετοιμότητα, διότι μπορεί να δημιουργήσει μεγάλες φθορές στην κατασκευή ή κατάρρευση σε περίπτωση σεισμού. Ο εντοπισμός του διαβρωμένου οπλισμού σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να γίνει είτε οπτικά, είτε ενόργανα.

➤ Οπτικός εντοπισμός

Η διάβρωση των οπλισμών του σκυροδέματος εντοπίζεται από τις συνέπειες της πάνω στο σκυρόδεμα. Τα σημάδια τα οποία μαρτυρούν ύπαρξη διαβρωμένου οπλισμού σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος είναι:

✓ Ρηγμάτωση παράλληλα στους οπλισμούς

Τα προϊόντα της αντίδρασης που συμβαίνει κατά την διάβρωση του χάλυβα παρουσιάζουν σημαντική αύξηση του όγκου, δηλαδή ο όγκος των προϊόντων είναι 40% μεγαλύτερος από τον αρχικό όγκο του χάλυβα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών παράλληλα με τον οπλισμό. [2,5]



Φωτογραφία 1: Μικρορηγματώσεις σε κατακόρυφα στοιχεία κατασκευής.[9]

Εντοπισμός και τρόποι ενίσχυσης των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με διαβρωμένο οπλισμό

✓ Αποφλοιώση σκυροδέματος

Υπάρχει απόσπαση μεγάλου επιφανειακού κομματιού σκυροδέματος (τάξης μεγέθους επιφάνειας 100 cm) σε βάθος ίσο περίπου με την επικάλυψη του οπλισμού.[2]



Φωτογραφία 2: Αποψη δοκού που έχει υποστεί αποφλοιώση [6]

✓ Κηλίδες σκουριάς στην επιφάνεια του σκυροδέματος

Οι κηλίδες σκουριάς έχουν καφέ χρώμα και εμφανίζονται συνήθως στις παρειές ή στον πυθμένα στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα (δοκοί, πλάκες). Οφείλεται στην διάβρωση του χάλυβα και εμφανίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος είτε όταν το εξωτερικό νερό εισδύει στην μάζα του σκυροδέματος και παρασύρει τη σκουριά έξω, είτε από μόνη την εσωτερική πίεση που δημιουργείται λόγω αύξησης του όγκου.[2]



Φωτογραφία 3: Κηλίδες σκουριάς στον πυθμένα δοκού [3]

✓ Εκτίναξη επικάλυψης

Λόγω των μεγάλων εφελυστικών τάσεων που ασκούνται στο σκυρόδεμα από το χάλυβα μπορεί να συμβεί εκτίναξη της επικάλυψης. Αυτό συνήθως συμβαίνει όταν έχουμε χαμηλής ποιότητας σκυρόδεμα και μεγάλη πυκνότητα οπλισμών σε αυτή την περιοχή.



Φωτογραφία 4: Εκτίναξη της επικάλυψης λόγω διάβρωσης του χάλυβα [9]

➤ Ενόργανος εντοπισμός

Μετά τον οπτικό έλεγχο υπάρχουν κάποια ενδεικτικά στοιχεία για την διάβρωση του οπλισμού και μάλιστα για ελάχιστα μέρη της κατασκευής. Χρειάζεται λοιπόν να γίνουν κάποιες συγκεκριμένες μετρήσεις είτε στο σκυρόδεμα, είτε στο χάλυβα, είτε σε ολόκληρη την κατασκευή.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μετρήσεις που γίνονται σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος με διαβρωμένο οπλισμό, καθώς και τα όργανα με τα οποία πραγματοποιείται η κάθε μέθοδος.

Μετρήσεις	Όργανα μέτρησης
Ενανθράκωση	Ψεκασμός με φαινολοφθαλείνη
Πορώδες	Απορρόφηση νερού
Εύρος ρωγμών	Φορητό μικροσκόπιο
Βάθος ρωγμών	Υπέρηχοι
Εμπεριεχόμενη υγρασία	Θερμογράφος
Πάχος επικάλυψης	Παχύμετρο
Διάμετρος ράβδων	Παχύμετρο
Βαθμός διάβρωσης	Μέθοδος του ημι-δυναμικού

✓ Σκυρόδεμα

1. Ενανθράκωση

Το βάθος ενανθράκωσης μετράτε με ψεκασμό με φαινολοφθαλείνη πάνω σε φρεσκοθραυσμένη επιφάνεια σκυροδέματος. Η φαινολοφθαλείνη είναι ένας άχρωμος δείκτης που χρωματίζεται με κόκκινο χρώμα σε αλκαλικό περιβάλλον ($pH > 9$), δηλαδή σε ενανθρακωμένο σκυρόδεμα.[3]

2. Πορώδες

Το πορώδες του σκυροδέματος μετράτε με την μέτρηση της απορροφήσεως του νερού από αυτό. Προσαρμόζεται ένας βαθμονομημένος σωλήνας γεμάτος με νερό στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Μετράται η ποσότητα νερού που απορροφάται από το σκυρόδεμα κατά την διάρκεια κάποιου συμβατικά ορισμένου χρόνου.[3]

3. Εύρος ρωγμών

4. Βάθος ρωγμών

Η μέτρηση γίνεται με την χρήση συσκευής υπέρηχων, αφού εντοπιστεί η ρωγμή.[3]

5. Εμπεριεχόμενη υγρασία

Η υγρασία του σκυροδέματος μπορεί να μετρηθεί με θερμογράφο, ο οποίος λειτουργεί με υπέρυθρες ακτίνες και προσδιορίζει τις 'θερμές'(υγρές) περιοχές και τις 'ψυχρές'(ξηρές) περιοχές του σκυροδέματος.[3]

✓ Χάλυβας

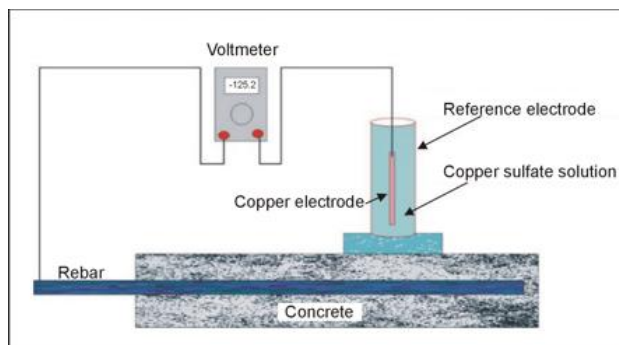
1. Πάχος επικάλυψης

2. Διάμετρος ράβδων

Εντοπισμός και τρόποι ενίσχυσης των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με διαβρωμένο οπλισμό

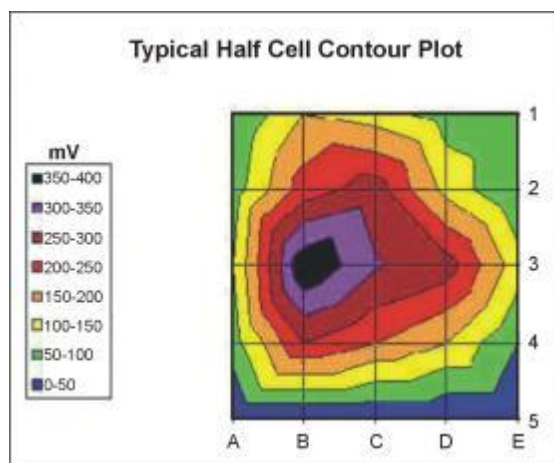
3. Βαθμός διάβρωσης

Στόχος της μεθόδου του ημι-δυναμικού είναι να εντοπισθούν σημεία επάνω στο σκυρόδεμα όπου έχει αρχίσει σημαντικά η διάβρωση του οπλισμού. Αυτό επιτυγχάνεται με την μέτρηση της διαφοράς δυναμικού μεταξύ του οπλισμού και του σκυροδέματος με την χρήση μιας κλασσικής διάταξης φυσικού δυναμικού με «απόλωτα» ηλεκτρόδια θειικού χαλκού. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διάταξη μέτρησης. Μεγάλες αρνητικές τιμές στην διαφορά δυναμικού σε κάποια περιοχή (-350 mV) φανερώνουν ότι στην περιοχή αυτή έχει αρχίσει να διαβρώνεται ο οπλισμός. Τιμές κάτω από -200 mV δείχνουν ότι ο οπλισμός είναι σε καλή κατάσταση και ότι δεν έχει αρχίσει η διάβρωση.[10]



Σχήμα 1: Κύκλωμα ημιδυναμικού για τον έλεγχο της διάβρωσης του οπλισμού στο σκυρόδεμα.[10]

Τα δεδομένα μπορούν να εισαχθούν σε ένα διάγραμμα ισοδυναμικών καμπυλών για πιο εύκολη αναγνώριση των σημείων διάβρωσης. Από εμπειρία έχει εξακριβωθεί ότι τα δυναμικά με μέγεθος μεγαλύτερο από -350 mV αντιστοιχούν σε περιοχές οπλισμού με πιθανότητα 90 % να υπάρχει ενεργή οξείδωση. Δυναμικά με τιμές κατώτερες από -200 mV υποδηλώνουν με πιθανότητα περίπου 90 % ότι δεν υπάρχει οξείδωση. [10]



Σχήμα 2: Παράδειγμα διαγράμματος ημιδυναμικού. [10]

3. ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΟ ΟΠΛΙΣΜΟ.

Την στιγμή που θα εντοπίσουμε είτε οπτικά, είτε με την χρήση κάποιου οργάνου μέτρησης την διάβρωση του οπλισμού σε μια κατασκευή αυτή μπορεί να είναι σε αρχικό στάδιο ή σε προχωρημένο. Παρακάτω φαίνονται οι τρόποι ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος όταν η αιτία διάβρωσης δεν έχει φθάσει ακόμη στον οπλισμό και όταν έχει ξεκινήσει η διάβρωση του.

➤ Η αιτία διάβρωσης στο σκυρόδεμα (δεν έχει ξεκινήσει διάβρωση οπλισμού)

1. Ενέσεις ρητινών στις ρωγμές που έχουν προκληθεί από κάποιο αίτιο (όχι από διάβρωση)

Εγχύεται ρητινοειδής κόλλα στην ρωγμή με ενέσιμο τρόπο. Αυτή η διαδικασία επισκευής εφαρμόζεται σε ρωγμές εύρους 0,1mm έως mm. Από πειραματικά αποτελέσματα έχει προκύψει ότι μπορεί να επιτευχθεί πλήρης επισκευή των ρωγμών και επαναφορά της μονολιθικότητας του στοιχείου.[1]

2. Επιστρώματα

Η κατασκευή επιστρωμάτων από ειδικά σκυροδέματα απαιτεί προσεκτική προετοιμασία της επιφάνειας ώστε να επιτευχθεί καλή πρόσφυση του επιστρώματος με το παλιό σκυρόδεμα. Η επιφάνεια πρέπει να είναι καθαρή και να έχει γίνει και εκτράχυνση της. Τα επιστρώματα προσφέρουν ανθεκτικότητα έναντι διαφόρων επιδράσεων στο σκυρόδεμα.[3]

3. Υδατοστεγής μεμβράνες

Η υδατοστεγής μεμβράνη θα πρέπει να:

- Είναι εύκολη στην τοποθέτηση της.
- Εξασφαλίζει καλή πρόσφυση με το υπόστρωμα.
- Μην αντιδρά με τα συστατικά του σκυροδέματος.
- Εμποδίζει την διείσδυση χλωριόντων.

Μεγάλη σημασία στην τοποθέτηση των μεμβρανών έχουν οι καιρικές συνθήκες και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Θα πρέπει να ξέρουμε ότι οι μεμβράνες δεν είναι ανθεκτικές στο χρόνο και πρέπει να ανανεώνονται.[3]

4. Εμποτισμός του σκυροδέματος με πολυμερή

Ο εμποτισμός με πολυμερή γίνεται με σκοπό την μείωση της διαπερατότητας του σκυροδέματος όταν το περιβάλλον είναι πολύ διαβρωτικό. Πραγματοποιείται η πλήρωση των κενών του σκυροδέματος σε βάθος 35mm έως 50mm. Η διαδικασία είναι η εξής(σύμφωνα με τον L.Kukacka,1975):

- Καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος από ξένες ουσίες.
- Άπλωμα άμμου (εάν είναι εφικτό) για την προετοιμασία του σκυροδέματος για τις υψηλές θερμοκρασίες που θα αναπτυχθούν.
- Ξήρανση του σκυροδέματος
- Σταδιακή απόψυξη του σκυροδέματος , με προσοχή ώστε να μην απορροφηθεί υγρασία από το περιβάλλον.
- Αφαίρεση του αέρα από το σκυρόδεμα με εφαρμογή κενού αέρα.
- Προσθήκη μονομερούς.
- Προσθήκη αδιάβροχων μεμβρανών στην επιφάνεια που θα εμποδίσουν την εξάτμιση του μονομερούς.
- Θερμικός καταλυτικός πολυμερισμός του μονομερούς.[3]

Εντοπισμός και τρόποι ενίσχυσης των στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με διαβρωμένο οπλισμό

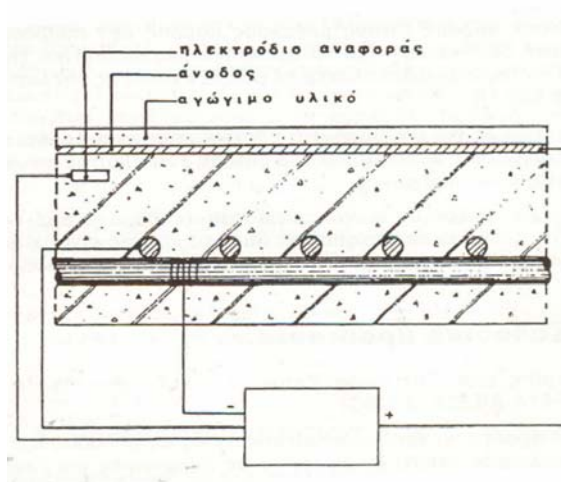
➤ Η διάβρωση έχει προχωρήσει στον οπλισμό

1. Αφαίρεση χλωριόντων από το σκυρόδεμα

Η αφαίρεση χλωριόντων επιτυγχάνεται ηλεκτροχημικά με την χρήση ενός ηλεκτρολύτη, μιας ρητίνης ανταλλαγής ιόντων και ενός μεταλλικού πλέγματος. Το μεταλλικό πλέγμα απλώνεται στην επιφάνεια και δρα ως άνοδος. Στο ηλεκτροχημικό κύκλωμα, ο οπλισμός δρα ως κάθοδος. Με την εφαρμογή δυναμικού, τα χλωριόντα (που είναι αρνητικά φορτισμένα) έλκονται από την θετικά φορτισμένη άνοδο όπου και δεσμεύονται από την ρητίνη. Η μέθοδος εφαρμόστηκε σε κατάστρωμα γέφυρας των Η.Π.Α, όπου και επιτεύχθηκε αφαίρεση 90% των χλωριόντων.[3]

2. Καθοδική προστασία χάλυβα

Ο χάλυβας που βρίσκεται στο οπλισμένο σκυρόδεμα συνδέεται με ένα λιγότερο ευγενές μέταλλο (που έχει, δηλαδή, μικρότερο δυναμικό διαβρώσεως από τον χάλυβα). Αυτό το μέταλλο λειτουργεί ως 'θυσιαζόμενη άνοδος'. Τα μέταλλα αυτά είναι συνήθως κράματα μαγνησίου, ψευδαργύρου ή αλουμινίου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη καθοδικής προστασίας οπλισμού με σύστημα εφαρμοζόμενου ρεύματος. [3]



Σχήμα 3: Διάταξη για την παθητική προστασία οπλισμού με σύστημα εφαρμοζόμενου ρεύματος.[3]

3. Κατασκευή μανδύων

Όταν η διάβρωση του χάλυβα έχει προχωρήσει αρκετά, τότε παρατηρείται μείωση της αντοχής, της πλαστικότητας αλλά και της σκληρότητας του.[6] Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι κάποιες φορές επιβάλλεται η κατασκευή εξωτερικού μανδύα σε στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος με πολύ διαβρωμένο ή 'εξαφανισμένο' οπλισμό.

Ο υπολογισμός του οπλισμού (π.χ. κάμψης) που θα μπει στον μανδύα θα υπολογίζεται από την ροπή:

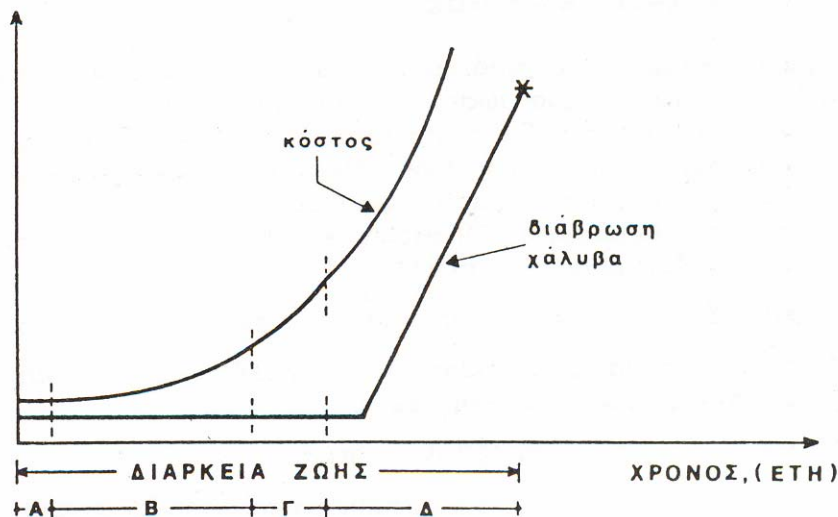
$$\Delta M = M_{\Sigma} - M_{\gamma O}$$

όπου M_{Σ} : η ροπή που προκύπτει από την ανάλυση ότι πρέπει να αναλάβει αυτό το στοιχείο και $M_{\gamma O}$: η ροπή αντοχής των οπλισμών του στοιχείου που εκτιμούμε ότι είναι σε θέση να παραλάβουν ροπή (δεν έχουν πλήρως διαβρωθεί).

Θα πρέπει οπωσδήποτε να ελέγξουμε το κόστος επισκευής του μανδύα διότι μπορεί, αν έχουμε εκτεταμένη διάβρωση των οπλισμών στην κατασκευή, να βολέψει να κτισθεί από την αρχή.

4. ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Σε μια υφιστάμενη κατασκευή που εκτίθεται στις περιβαλλοντικές επιδράσεις, η λήψη έγκαιρων μέτρων ελαχιστοποιεί το γενικευμένο κόστος. Το πότε θα επέμβουμε αλλά και με ποιόν τρόπο έχει μεγάλη σημασία για την πρόληψη της αστοχίας αλλά και την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους. Ο W. de Sitter (1983), κατασκεύασε το παρακάτω διάγραμμα όπου φαίνεται η διάβρωση του χάλυβα και το αντίστοιχο κόστος επισκευής ως συνάρτηση του χρόνου που γίνεται η επισκευή.



Σχήμα 4: Διάβρωση του χάλυβα για το αντίστοιχο κόστος επισκευής ως συνάρτηση του χρόνου κατά τον οποίο θα γίνει η επισκευή.[3]

Φάση Α: Δεν έχει συμβεί διάβρωση οπλισμού (φάση σχεδιασμού, κατασκευής, συντηρήσεως σκυροδέματος).

Φάση Β: Έχει συμβεί ενανθράκωση του σκυροδέματος ή διείσδυση χλωριόντων, χωρίς να έχει συμβεί διάβρωση του οπλισμού. Επαρκή μέτρα μπορεί να είναι π.χ. η αφαίρεση της επικάλυψης και η κατασκευή νέας με μεγαλύτερο πάχος.

Φάση Γ: Έχει αρχίσει η διεργασία διαβρώσεως του οπλισμού και έχει αρχίσει η διαμήκης ρηγματώση και μερική αποφλοιώση της επικάλυψης. Η επέμβαση περιλαμβάνει την αφαίρεση όλου του κατεστραμμένου σκυροδέματος, κατασκευή νέου και επίχριση της επιφάνειας του σκυροδέματος.

Φάση Δ: Ο οπλισμός έχει διαβρωθεί σε εκτεταμένες περιοχές. Πρέπει να αφαιρεθούν και να αντικατασταθούν τμήματα της κατασκευής. [3]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. **Ενισχύσεις /Επισκευές κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα**, Δρίτσος Η.Σ., Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2005
2. **Μαθήματα οπλισμένου σκυροδέματος (Μέρος ΙΙΙ)**. Φαρδής Ν. Μιχαήλ, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 2004
3. **Ανθεκτικότητα οπλισμένου σκυροδέματος έναντι περιβαλλοντικών δράσεων**, Τάσιος Π.Θ., Αλιγιζάκη Κ., Αθήνα 1993
4. **Corrosion of Metals (Physicochemical principles and current problems)**. Kaesche H., Springer, 2003
5. **Η διάβρωση και η προστασία του χάλυβα**, Κουτσούκος Γ. Πέτρος, Ημερίδα:Θέματα τεχνολογίας σκυροδέματος και δομικών χαλύβων με τα νέα ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ, Τ.Ε.Ε., Οκτώβριος 2004
6. **Μηχανική συμπεριφορά διαβρωμένων χαλύβων**, Αποστολόπουλος Χάρης, Ημερίδα:Θέματα τεχνολογίας σκυροδέματος και δομικών χαλύβων με τα νέα ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ, Τ.Ε.Ε., Οκτώβριος 2004
7. **Ανθεκτικότητα σκυροδέματος σε παραθαλάσσιο περιβάλλον**, Μαρίνος Ι., Ημερίδα:Θέματα τεχνολογίας σκυροδέματος και δομικών χαλύβων με τα νέα ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ, Τ.Ε.Ε., Οκτώβριος 2004
8. **Ανθεκτικότητα σκυροδέματος (στοιχεία) και Ελληνικές πρακτικές κατασκευής**, Γεωργίου Κ., Ημερίδα:Θέματα τεχνολογίας σκυροδέματος και δομικών χαλύβων με τα νέα ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ, Τ.Ε.Ε., Οκτώβριος 2004
9. **Επίδραση της διάβρωσης στις ιδιότητες εφελκυσμού και κόπωσης χαλύβων tempcore S500s**, Αποστολόπουλος Αλ.Χάρης , Κερμανίδης Θ. Αλέξης , 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μεταλλικών Υλικών, Νοέμβριος 2004
10. www.geoservice.gr (Ιστοσελίδα Εταιρίας Γεωλογικών & Γεωφυσικών Ερευνών)