

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ.

ΛΕΝΤΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η εξέταση του φαινομένου της διάβρωσης του χάλυβα σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σημαντικό παράγοντα μελέτης, για την προστασία μεγάλου αριθμού κτιρίων, λόγω των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην Ελλάδα. Έτσι, αρχικά γίνεται καταγραφή των αιτιών και των μηχανισμών διάβρωσης, καθώς και των αποτελεσμάτων αυτών. Ενώ στην συνέχεια ακολουθούν αρχικά μέτρα προστασίας και πρόληψης των σιδηροπλισμών από την διάβρωση, όπως και οι τεχνικές επεμβάσεων και επισκευών για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάβρωση ερμηνεύεται σήμερα ως ένα σύνθετο χημικό και ηλεκτροχημικό φαινόμενο, που προσβάλλει τα στοιχεία της κατασκευής και που προκαλεί ρηγμάτωση του σκυροδέματος που περιβάλλει τον χάλυβα με συνέπεια την καταστροφή της επικάλυψης. Έννοιες, όπως της ανθεκτικότητας και της επιτελεστικότητας (ασφάλεια, λειτουργικότητα, αισθητική εμφάνιση) των κατασκευών εξαρτάται άμεσα από το φαινόμενο αυτό. [1]

2. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα παρέχει στον χάλυβα προστασία έναντι της διάβρωσης την ονομαζόμενη “παθητική” προστασία. Αιτία είναι η αλκαλικότητα του σκυροδέματος εξαιτίας του υδροξειδίου του ασβεστίου $\text{Ca}(\text{OH})_2$, υποπροϊόντος της ενυδατώσεως του τσιμέντου. Έτσι, για μεγάλες τιμές του pH (από 9 έως 12.8) σχηματίζεται στην επιφάνεια του μετάλλου ένα πολύ λεπτό και σφικτά προσκολλημένο στρώμα οξειδίων του σιδήρου. Το στρώμα αυτό σχηματίζεται μόνο σε καθαρή επιφάνεια του μετάλλου. Όσο υπάρχει το προστατευτικό στρώμα, δεν θα συμβεί διάβρωση του χάλυβα, ακόμα και αν υπάρχουν οι παράγοντες που απαιτούνται για την εξέλιξη του φαινομένου. Διάβρωση του χάλυβα συμβαίνει στις εξής περιπτώσεις :

-Το σκυρόδεμα είναι κακής ποιότητας και παύει να παρέχει παθητική προστασία στον χάλυβα π.χ υψηλή διαπερατότητα του σκυροδέματος που επιτρέπει την διείσδυση χλωριόντων.

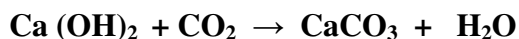
-Αλλαγή του περιβάλλοντος κατά την διάρκεια χρήσεως της κατασκευής π.χ αύξηση υγρασίας

-Ο χάλυβας έρχεται σε επαφή με υλικά τα οποία δεν παρουσιάζουν αλκαλικότητα όπως έδαφος, ξύλο ή νερό. Τα υλικά αυτά είτε είναι μέρος της κατασκευής είτε ήρθαν σε επαφή με τον χάλυβα λόγω ρηγμάτωσης του σκυροδέματος

-Ο χάλυβας έχει κατασκευαστικές ατέλειες, ή είναι εξαιρετικά ευαίσθητος, ή έρχεται σε επαφή με άλλα μέταλλα. [1]

Το προστατευτικό στρώμα γύρω από τους οπλισμούς μπορεί να καταστραφεί (αποπαθητικοποίηση του χάλυβα) με τους εξής τρόπους :

→ **Ενανθράκωση του σκυροδέματος.** Η ενανθράκωση του σκυροδέματος προκαλείται από την χημική αντίδραση του οξειδίου του άνθρακα το οποίο υπάρχει στην ατμόσφαιρα, με το υδροξείδιο του ασβεστίου του σκυροδέματος.

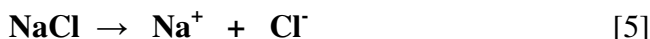


Για την πραγματοποίηση της αντιδράσεως απαιτούνται μικρές ποσότητες νερού. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενανθράκωσης παρατηρείται σε αέρα με σχετική υγρασία 50 έως 70%. Το ξηρό σκυρόδεμα δεν θα ενανθρακωθεί, λόγω απουσίας της απαιτούμενης υγρασίας, ενώ σε κορεσμένο με νερό σκυρόδεμα εμποδίζεται η διάχυση του αερίου CO₂ στους πόρους του σκυροδέματος. Το νερό που δημιουργείται μετά την αντίδραση, διαχέεται προς το εσωτερικό του σκυροδέματος και η διαδικασία συνεχίζεται σε μεγαλύτερα βάθη, ενώ παράλληλα το pH μειώνεται, σε πλήρως δε ενανθρακωμένο σκυρόδεμα παίρνει περίπου την τιμή 8.3.

Παράμετροι που επηρεάζουν την ενανθράκωση του σκυροδέματος είναι :

- **Οι συνθήκες περιβάλλοντος** (Σχετική υγρασία)
- **Ποιότητα και πάχος επικάλυψης.** (Επικάλυψη με χαμηλή διαπερατότητα μειώνει ή και αναστέλλει τη διείσδυση του CO₂. Η ύπαρξη ρωγμών επιταχύνει την διαδικασία, ενώ για μικρές τιμές του λόγου N/T περιορίζεται η διείσδυση της υγρασίας λόγω μείωσης των τριχοειδών πόρων.)
- **Είδος τσιμέντου.** (Τα τσιμέντα που περιέχουν σκωρίες υψικαμίνων, ποζολάνες, ιπτάμενη τέφρα ή πυριτική παιπάλη ενανθρακώνονται πιο γρήγορα από το τσιμέντο Portland.) [1],[5]

→ **Επίδραση χλωριόντων.** (Διάβρωση κατά βελονισμό .Χαρακτηριστικό της διάβρωσης κατά βελονισμό είναι ότι ο χάλυβας διαβρώνεται σε πολύ μικρές περιοχές της επιφάνειάς του.). Τα ιόντα χλωρίου (Cl⁻) μπορεί να βρεθούν στο σκυρόδεμα είτε εξ αρχής με την παρασκευή του σκυροδέματος ,είτε να διεισδύσουν από το περιβάλλον αργότερα σύμφωνα με την αντίδραση :



-Ως τυχαίο συστατικό σε αδρανή π.χ άμμος που προέρχεται από την θάλασσα, είτε ως πρόσθετα που επιταχύνουν τη σκλήρυνση του σκυροδέματος και τέλος σε θαλάσσιο νερό αναμίξεως.

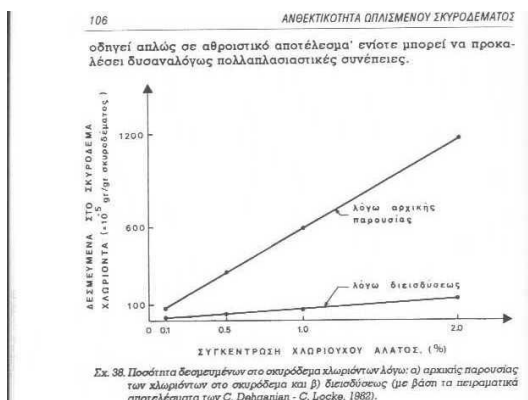
Διείσδυση χλωριόντων γίνεται :

-Με χρήση αντιπαγωτικών αλάτων, από βιομηχανικά αλμυρά ύδατα, είτε από άμεση επαφή θαλάσσιου νερού με κατασκευές, και τέλος από σταγονίδια θαλάσσιου ύδατος που μεταφέρονται με τον αέρα.

Από τα χλωριόντα που υπάρχουν στο σκυρόδεμα ,μια ποσότητα δεσμεύεται χημικά από τον τσιμεντοπολτό ,ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν ελεύθερα ,από τα οποία προκαλείται η διάβρωση

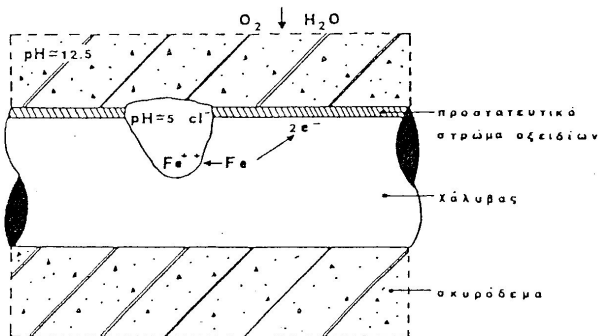
ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ

του χάλυβα. Έχει βρεθεί πειραματικώς ότι σε σκυρόδεμα το οποίο περιέχει χλωριόντα απαρχής, ο χάλυβας διαβρώνεται λιγότερο απ' ό,τι αν ο χάλυβας είναι σε σκυρόδεμα στο οποίο η ίδια ποσότητα διεισδύει απ' έξω.



Ο μηχανισμός διαβρώσεως λόγω επίδρασης χλωριόντων δεν έχει διασαφηνισθεί πλήρως. Αρχικά οι ερευνητές είχαν θεωρήσει ότι τα χλωριόντα μειώνουν το pH των πόρων, καταστρέφοντας έτσι την παθητική προστασία που παρέχει το σκυρόδεμα στον χάλυβα. Πρόσφατες έρευνες όμως έδειξαν ότι η τιμή του pH στο σκυρόδεμα μετά την προσθήκη χλωριούχου άλατος εξαρτάται από το κατιόν του. Έτσι διατυπώθηκε η άποψη ότι σημασία έχει ο λόγος Cl^-/OH^- και όχι το pH του νερού στους πόρους. Για τιμές του λόγου Cl^-/OH^- μεγαλύτερες από 0.6 συμβαίνει διάβρωση στον χάλυβα. Μεταγενέστερες θεωρίες λένε ότι τα χλωριόντα δρουν ως καταλύτες στην αντίδραση του σιδήρου με τα υδροξύλια. Η επικρατέστερη όμως σύγχρονη θεωρία που περιγράφει την επίδραση των χλωριόντων στη διάβρωση του χάλυβα, είναι αυτή του μεταβατικού συμπλόκου. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή, τα χλωριόντα μπορούν να διαπεράσουν το προστατευτικό στρώμα οξειδίων μέσα από τους πόρους του στρώματος με μεγαλύτερη ευκολία από άλλα ιόντα, μειώνοντας στην περιοχή αυτή το δυναμικό του χάλυβα (άνοδος), ενώ παραπλήσιες περιοχές έχουν μεγάλο δυναμικό (κάθοδος).

[1]



Σχ. 39. Απλοποιημένο προσομοίωμα της διαβρώσεως του χάλυβα λόγω επίδρασεως χλωριόντων (CEB. Bull.148).

3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Η “ευστάθεια” του χάλυβα μέσα στο σκυρόδεμα εξαρτάται από το ηλεκτρικό δυναμικό, από το pH και από την θερμοκρασία του σκυροδέματος. Πρέπει επίσης να συντρέχουν οι εξής 4 προϋποθέσεις:

- Στον χάλυβα πρέπει να βρίσκεται ένας ηλεκτρολύτης(υγρασία-νερό των πόρων).
- Μεταξύ ανόδου και καθόδου πρέπει να υπάρχει διαφορά δυναμικού.
- Στην άνοδο πρέπει να είναι δυνατή η έκλυση σιδήρου.
- Στην κάθοδο του στοιχείου (ενδεχομένως και κάπως μακρύτερα στην ίδια ράβδο) πρέπει να υπάρχει οξυγόνο.

Όταν λείπει μια από αυτές τις προϋποθέσεις, π.χ νερό ή το οξυγόνο, τότε η διάβρωση δεν είναι δυνατή. Επομένως ,για το οπλισμένο σκυρόδεμα υπό μόνιμη παραμονή σε ξηρό ή υγρό περιβάλλον, δεν υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης.[2]

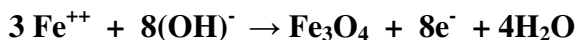
Το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως μπορεί να διακριθεί σε δύο απλές διαδικασίες : της ανόδου και της καθόδου. Για να μπορεί να γίνει ηλεκτρόλυση ,η άνοδος και η κάθοδος πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρικά και ηλεκτρολυτικά. Η ράβδος του χάλυβα προσφέρει την ηλεκτρική σύνδεση, ενώ το νερό των πόρων του σκυροδέματος δρά ως ηλεκτρολύτης. Ως άνοδος συμπεριφέρεται το τμήμα του χάλυβα που έχει καταστραφεί το προστατευτικό στρώμα οξειδίων. Σ’ αυτή την περιοχή, τα άτομα του σιδήρου μετατρέπονται σε ιόντα, ενώ ελευθερώνονται ηλεκτρόνια.



Το δυναμικό του αδιάβρωτου σιδήρου, είναι ίσο με $E_A = -440\text{mV}_H$. Στην άνοδο το δυναμικό μικραίνει σημαντικά. Υπό την επίδραση αυτής της διαφοράς δυναμικού, τα ηλεκτρόνια τα οποία ελευθερώνονται στην άνοδο μεταφέρονται στην κάθοδο. Ως κάθοδος συμπεριφέρεται εκείνη η περιοχή του χάλυβα όπου υπάρχει νερό και οξυγόνο, χωρίς να είναι απαραίτητο να έχει καταστραφεί το λεπτό στρώμα οξειδίων. Σ’ αυτήν την περιοχή ενώνονται τα ηλεκτρόνια με το νερό και το οξυγόνο, παράγονται δε ιόντα υδροξυλίου :



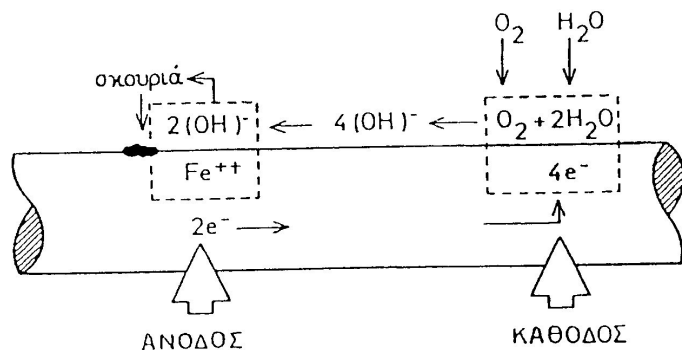
Αν τα ιόντα υδροξυλίου κινηθούν μέσα στο νερό των πόρων, από την περιοχή της καθόδου προς την περιοχή της ανόδου, θα ενωθούν με τα ιόντα σιδήρου και θα σχηματίσουν σκουριά :



Με την αντίδραση αυτή είναι δυνατόν να σχηματισθούν διάφορα οξείδια του σιδήρου ,όπως FeO , Fe_2O_3 . Στο σκυρόδεμα σχηματίζεται FeO ή Fe_3O_4 ,που έχουν μικρότερο όγκο ,λόγο του ότι δεν επιτρέπεται μεγάλη διόγκωση του μετάλλου εξαιτίας της πίεσεως που ασκεί το σκυρόδεμα.

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ

Από τις αντιδράσεις οξειδώσεως φαίνεται ότι όσο νερό συνδυάζεται στην κάθοδο, τόσο αποδίδεται μετά τον σχηματισμό της σκουριάς. Επομένως, μόνο το οξυγόνο καταναλώνεται για την διάβρωση του χάλυβα, ενώ το νερό χρειάζεται απλώς για να βοηθήσει την διαδικασία της ηλεκτρολύσεως.



Σχ. 37. Απλοποιημένο προσομοίωμα της ηλεκτροχημικής διαδικασίας διάβρωσης του σιδηροπλισμού.

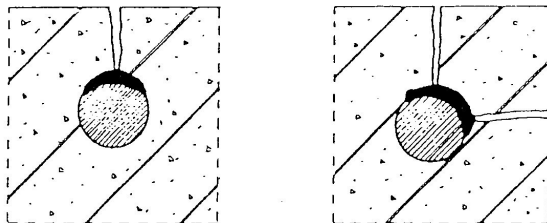
Οι περιοχές του χάλυβα που δρουν ως άνοδος και ως κάθοδος, μπορεί να είναι γειτονικές ή απομακρυσμένες σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Είναι λοιπόν δυνατόν να συμβεί διάβρωση του χάλυβα και σε περιοχή που εμποδίζεται η πρόσβαση του οξυγόνου, αρκεί το σκυρόδεμα να είναι αρκετά υγρό ώστε να πραγματοποιηθεί η ηλεκτρόλυση. [1]

Διάβρωση λόγω αναπτύξεως διαφορής δυναμικού

α) Γαλβανική δράση. Η γαλβανική διάβρωση είναι ηλεκτροχημική δράση η οποία αναπτύσσεται όταν δύο διαφορετικά μέταλλα έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Όταν γίνεται αυτό, παρουσία μικρών ποσοτήτων υγρασίας, σχηματίζουν ένα μικρό ηλεκτροστοιχείο διάβρωσης. Το μέταλλο με το μικρότερο δυναμικό διαβρώνεται.

β) Ηλεκτρολυτική διάβρωση. Η ηλεκτρολυτική διάβρωση είναι το αποτέλεσμα άμεσης εφαρμογής ρεύματος στην κατασκευή από κάποια εξωτερική πηγή. Στην περιοχή εισόδου του ρεύματος το Ο.Σ δεν επηρεάζεται, όμως στην περιοχή εξόδου ο χάλυβας υφίσταται διάβρωση. Αυτή η μορφή διάβρωσης ονομάζεται διάβρωση λόγω τυχαίων ρευμάτων. [1]

Κύριες **επιπτώσεις** της διάβρωσης στον οπλισμό είναι η μείωση της διατομής των ράβδων σε ίση ποσότητα με αυτή που μετατρέπεται σε σκουριά, με αποτέλεσμα την μείωση της φέρουσας ικανότητας. ενώ οι επιπτώσεις της διάβρωσης των οπλισμών στο σκυρόδεμα είναι ότι λόγω της αύξησης του όγκου (από 2 έως 5 φορές) των προϊόντων της διάβρωσης –σκουριά- δημιουργούνται εσωτερικές πιέσεις στο σκυρόδεμα προκαλώντας την αποφλοίωση, διόγκωση, ρηγμάτωση του. Τέτοιες ρωγμές φαίνονται στο παρακάτω σχήμα : [1],[3]



Σχ. 59. Ρηγμάτωση του σκυροδέματος λόγω διαβρώσεως του ενσωματωμένου χάλυβα.



4. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Ο χάλυβας του σκυροδέματος μπορεί να προστατευτεί είτε μειώνοντας την διαπερατότητα του σκυροδέματος για να εμποδιστεί η διείσδυση επιβλαβών ουσιών ,είτε με άμεση προστασία του χάλυβα εμποδίζοντας την προσβολή του μετάλλου.Το απλούστερο όμως και το βασικότερο όλων είναι η τήρηση των κανονισμών για τα πάχη επικαλύψεων των ράβδων,και που ενώ τα παλαιότερα χρόνια ο οπλισμός τοποθετούνταν επάνω στο καλούπι,τώρα γίνεται χρήση πλαστικών ροδέλλων, συγκεκριμένης διαμέτρου στους οπλισμούς,για την επίτευξη του πάχους της επικάλυψης.[2]

Τα μέτρα προστασίας είναι τα εξής :

-Στο σκυρόδεμα γίνεται χρήση **ανασταλτικών διάβρωσης** .Τα ανασταλτικά διαβρώσεως είναι ουσίες –οργανικά ή ανόργανα άλατα (αιθυλική ανιλίνη ,βενζοϊκό νάτριο ,διχρωμικό κάλιο κ.α)-που προστίθενται στο σκυρόδεμα κατά την παρασκευή του, με σκοπό να προστατεύσουν τον ενσωματωμένο χάλυβα από την διάβρωση.Ο μηχανισμός είναι σύνθετος και διαφέρει ανάλογα με το είδος του χρησιμοποιούμενου άλατος.Έχει παρατηρηθεί ,ότι ορισμένα ανασταλτικά διαβρώσεως μπορεί να επηρεάσουν δυσμενώς τις φυσικές ιδιότητες του σκυροδέματος,όπως μείωση της θλιπτικής αντοχής, επιβράδυνση στην σκλήρυνση του τσιμεντοπολτού κ.α.

-Έχει παρατηρηθεί ότι η προστασία με τα πρόσθετα μέτρα στο σκυρόδεμα ή τα επιχρίσματα στην επιφάνεια του περιορίζεται όταν αυτό ρηγματωθεί .Γι'αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε **επιχρίσματα** πάνω στον οπλισμό με σκοπό να τον εμποδίσουν να έρθει σε επαφή με οξυγόνο,υγρασία ή χλωριόντα. Έχουμε μεταλλικά και μη μεταλλικά επιχρίσματα.

Τα **μεταλλικά** εφαρμόζονται στον χάλυβα είτε με εμβάπτιση,είτε με επιμετάλλωση ή ψεκασμό σε τηγμένο μέταλλο.Είναι δύο ειδών,αυτά που δρουν ως περίβλημα και έχουν μεγαλύτερο δυναμικό διάβρωσης από αυτό του χάλυβα,και αυτά που προστατεύουν τον χάλυβα με

την δική τους καταστροφή, και έχουν μικρότερο δυναμικό διάβρωσης από αυτό του χάλυβα. Τα **μη μεταλλικά** επιχρίσματα μπορεί να είναι οργανικά ή ανόργανα, όπως οι εποξειδικές ρητίνες και το χλωριούχο πολυβινίλιο (PVC). Το χλωριούχο πολυβινίλιο παρουσιάζει μικρή διαπερατότητα έναντι νερού, αερίων και ηλεκτρολυτών, καθώς και μεγάλη ανθεκτικότητα έναντι χημικής προσβολής από οξέα και βάσεις. Οι εποξειδικές ρητίνες παρουσιάζουν καλή πρόσφυση στον χάλυβα και μεγάλη ανθεκτικότητα σε αλκαλικό περιβάλλον. Εφαρμόζονται με ηλεκτροστατικό ψεκασμό ή με υγρή εμβάπτιση. Μειονεκτήματα τους είναι η εύκολη καταστροφή τους, είτε κατά την μεταφορά τους, είτε όταν εκτίθενται στον ήλιο, ή ακόμα και κατά την κάμψη τους σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπου ρηγματώνονται.

-Χρήση **ανοξειδωτού χάλυβα**, που είναι κράμα που περιέχει ως κύριο συστατικό σίδηρο και ως πρόσθετο μέταλλο χρώμιο σε ποσοστό 11-12% (**όχι πάνω από 15%**). Το χρώμιο προσδίδει μεγάλη παθητικότητα στον χάλυβα, αυξάνοντας έτσι την ανθεκτικότητά του σε διάβρωση. Εκτός από το χρώμιο χρησιμοποιείται το μολυβδαίνιο, το νικέλιο, το τιτάνιο και το άζωτο. Οι ανοξειδωτοί χάλυβες υπόκεινται σε γενική διάβρωση μόνο σε πολύ όξινο ή πολύ αλκαλικό περιβάλλον. Έχουν υψηλό ηλεκτρικό δυναμικό και άρα σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να συμβεί διάβρωση λόγω γαλβανικής δράσεως. Γενικά δεν επιτρέπεται συγκόλληση χαλύβων και κραμάτων. Το τιτάνιο χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που το περιβάλλον είναι εξαιρετικά διαβρωτικό, ώστε οι ανοξειδωτοί χάλυβες να μην έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα. Η κατηγορία αυτή του οπλισμού έχει εξαιρετικά μεγάλο κόστος. [1]

5. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Εδώ παραθέτουμε τις **συντηρητικές (ήπιες)** επεμβάσεις που κυρίως **αναστέλλουν** μια εξελισσόμενη διαδικασία φθοράς χωρίς να επιδιορθώνουν αυτήν που έχει ήδη συμβεί :

-Προστασία σκυροδέματος από την είσοδο διαβρωτικών ουσιών.

i) Με την χρήση υδατοστεγών μεμβρανών. Οι συνηθέστερες μορφές τους είναι τα έτοιμα βιομηχανοποιημένα φύλλα, και ορισμένα υγρά υλικά, τα οποία αν και είναι ακριβότερα παρουσιάζουν ευκολία στην τοποθέτηση. Θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζεται καλή πρόσφυση με το υπόστρωμα, να μην αντιδρά με τα συστατικά του σκυροδέματος και φυσικά να εμποδίζει την διείσδυση χλωριόντων και υγρασίας. Κύριο μειονέκτημα τους είναι η φθορά στο χρόνο και η αναγκαστική ανανέωση τους ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

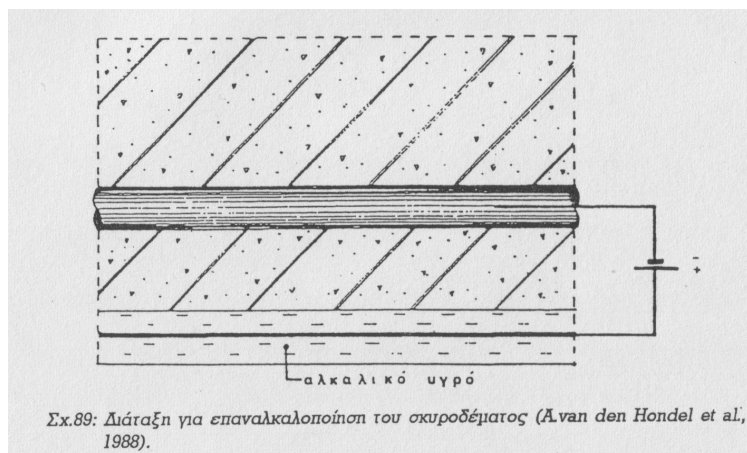
ii) Με χρήση σκυροδέματος αποτελούμενο από πρόσθετα πολυμερή. Ως πρόσθετο χρησιμοποιείται ένα γαλάκτωμα πολυμερών το οποίο μειώνει την τιμή του λόγου N/Τα, ενώ δίνει χαμηλή διαπερατότητα και μεγάλη αντίσταση σε διείσδυση χλωριόντων. Το γαλάκτωμα είναι κολλοειδές διάλυμα συνθετικού ελαστικού μέσα σε νερό, σε ποσότητα 15% κ.β τσιμέντου. Μειονέκτημα του η πρόωρη ξήρανση σε υψηλές θερμοκρασίες.

iii) Εμποτισμός του σκυροδέματος με πολυμερή. Αυτό γίνεται με σκοπό την μείωση της διαπερατότητας του σκυροδέματος όταν το περιβάλλον είναι πολύ διαβρωτικό. Η κατεργασία του χάλυβα περιλαμβάνει τα εξής στάδια : α) Καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος από ξένες ουσίες, (έλαια, σκόνες κ.α). β) Άπλωμα άμμου στο σκυροδέμα, γ) Ξήρανση του σκυροδέματος σε υψηλές θερμοκρασίες για αρκετό χρόνο δ) Σταδιακή απόψυξη σκυροδέματος, ε) Αφαίρεση του αέρα από το σκυροδέμα στ) Προσθήκη μονομερούς (μεθακρυλικό μεθύλιο) ζ) Προσθήκη αδιάβροχων μεμβρανών στην επιφάνεια, για την εμπόδιση της εξάτμισης του μονομερούς

η)Θερμικός καταλυτικός πολυμερισμός του μονομερούς.Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη σε όλα τα σκυροδέματα, ανεξαρτήτα από την ποιότητα του .Μειονέκτημα της είναι ότι απαιτείται προσοχή κατά την ξήρανση του σκυροδέματος γιατί πολλές φορές προκαλείται εκτεταμένη ρηγματώση.

-Επαναλκαλοποίηση του σκυροδέματος

Η επαναλκαλοποίηση είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται στο σκυρόδεμα με σκοπό να αυξήσει την αλκαλικότητα του σκυροδέματος, όταν αυτή έχει απολεσθεί από διάφορες αιτίες (ενανθράκωση του σκυροδέματος κ.α).Η μέθοδος στηρίζεται στην αρχή της ηλεκτροωσμωσεως,παρουσία εξωτερικού δυναμικού.Πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος απλώνεται ένα αλκαλικό υλικό και ένα ηλεκτρόδιο το ποίο λειτουργεί ως άνοδος.Ο χάλυβας του σκυροδέματος χρησιμοποιείται ως κάθοδος.Με την εφαρμογή εξωτερικού ηλεκτρικού δυναμικού το αλκαλικό υγρό διεισδύει στους πόρους του σκυροδέματος,αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το pH του.



Μειονέκτημα της είναι ότι μπορεί να μείνουν ενανθρακωμένες περιοχές του σκυροδέματος χωρίς θεραπεία.

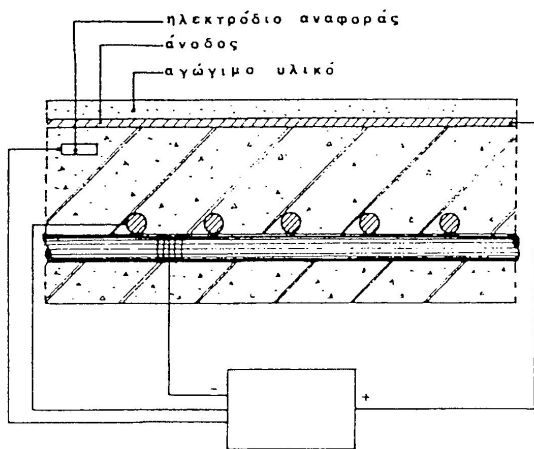
-Αφαίρεση χλωριόντων από το σκυρόδεμα

Η μέθοδος στηρίζεται στην αρχή της ηλεκτροωσμωσεως,για την αφαίρεση των χλωριόντων που επιτυγχάνεται ηλεκτροχημικώς,χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο ηλεκτρολύτη,μια ρητίνη ανταλλαγής ιόντων και ένα μεταλλικό πλέγμα που απλώνεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος ,δρώντας ως άνοδος.Στο ηλεκτροχημικό κύκλωμα ο σπλισμός δρα ως κάθοδος.Με την εφαρμογή δυναμικού τα χλωριόντα(που είναι αρνητικά φορτισμένα) ελκύονται από την θετικά φορτισμένη άνοδο όπου και δεσμεύονται από την ρητίνη. Μειονεκτήματα της είναι,αρχικά οτι είναι δαπανηρή και απαιτεί την εφαρμογή υψηλού δυναμικού που όμως αναπτύσσει υψηλές θερμοκρασίες στο σκυρόδεμα με ενδεχόμενη την εμφάνιση ρηγματώσεων. Επιπλέον,αυξάνεται η διαπερατότητα του σκυροδέματος και τέλος στην περίπτωση χρήσεως μεγάλων πυκνοτήτων ρεύματος,έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα μείωσης της αντοχής συνάφειας. [1]

-Καθοδική προστασία

Η καθοδική προστασία χρησιμοποιείται ευρέως ως μέθοδος προστασίας των οπλισμών. Αρχή της μεθόδου είναι η αναίρεση της διαφοράς δυναμικού μεταξύ ανοδικής και καθοδικής περιοχής του χάλυβα, ώστε να εμποδίζεται η μεταφορά ηλεκτρονίων από την άνοδο προς την κάθοδο και να αναστέλλεται η διαδικασία διαβρώσεως. Η καθοδική προστασία μπορεί να εφαρμοσθεί σε ένα μέταλλο με τα εξής συστήματα :

i) Σύστημα γαλβανικής ανόδου. Το προς προστασία μέταλλο συνδέεται με ένα λιγότερο ευγενές μέταλλο (δηλαδή με μέταλλο που το δυναμικό διαβρώσεως του είναι μικρότερο από το δυναμικό διαβρώσεως του προς προστασία μετάλλου). Αυτό το λιγότερο ευγενές μέταλλο δρά ως “θυσιαζόμενη άνοδος” (συνήθως κράματα μαγνησίου, ψευδαργύρου ή αλουμινίου).



Σχ.90: Διάταξη για την καθοδική προστασία οπλισμού με σύστημα εφαρμοζόμενου ρεύματος (ACI 222 R-85).

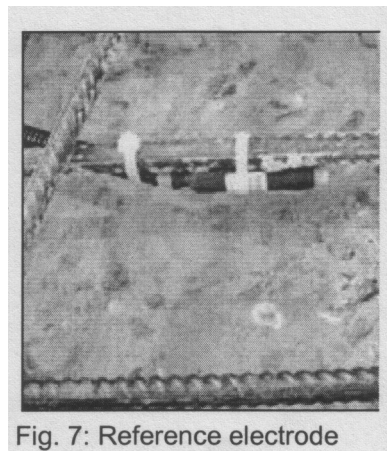


Fig. 7: Reference electrode

Πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι η εγκατάσταση της είναι εύκολη και με ασήμαντη συντήρηση. Έχει όμως τα μειονεκτήματα ότι οι άνοδοι έχουν μικρή διάρκεια ζωής (αντικατάσταση τους σε λίγα χρόνια), απαιτείται δε μεγάλος αριθμός ανόδων για να εξασφαλίσουμε προστασία σε όλους τους οπλισμούς.

ii) Σύστημα με εφαρμοζόμενο ρεύμα. Οι οπλισμοί συνδέονται με τον αρνητικό πόλο μιας εξωτερικής πηγής ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ χρησιμοποιείται μια άνοδος από αγωγίμο υλικό, καθώς και ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς για έλεγχο του συστήματος. Με την εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος, το ηλεκτρικό δυναμικό του υπό προστασία μετάλλου μετατοπίζεται σε αρνητικές τιμές και έτσι αναστέλλεται η διαδικασία διαβρώσεως. Η μέθοδος καθοδικής προστασίας με εφαρμοζόμενο ρεύμα έχει το πλεονέκτημα ότι μπορούν να δοθούν ποικίλες τιμές ρεύματος ώστε να αναστείλουμε πλήρως την διάβρωση του χάλυβα. Οι άνοδοι έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Όμως παρουσιάζει το μειονέκτημα ότι για υψηλές πυκνότητες ρεύματος χάνεται η συνάφεια του σιδηροοπλισμού με το σκυρόδεμα, ενώ μπορεί να συμβεί ψαθυροποίηση του χάλυβα λόγω εκλύσεως υδρογόνου. Απαραίτητος είναι επίσης ο συχνός και τακτικός έλεγχος και ρύθμιση του συστήματος. [1] , [4]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Θ.Π ΤΑΣΙΟΣ – Κ. ΑΛΥΓΙΖΑΚΗ : “Ανθεκτικότητα οπλισμένου σκυροδέματος “
- [2] Rudolf Rybicki : “Βλάβες δομικών έργων. Κατασκευές οπλισμένου μπετόν”
- [3]http://projects.bre.co.uk/dme5_1/ : “Concrete corrosion”
- [4]http://www.kks-beton.de/e/anwendyng_e.htm
- [5] P.H PERKINS : “Repair, Protection and waterproofing of concrete structures”