

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

**ΜΑΜΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΞΑΝΘΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να καταγράφουν τα αίτια και οι μηχανισμοί διάβρωσης ,τα αποτελέσματα και τρόποι αντιμετώπισης αυτής.Η διάβρωση ως φαινόμενο , πλήττει μεγάλο αριθμό κατασκευών, ειδικά στη χώρα μας λόγω κλιματολογικών συνθηκών.Είναι σημαντικό λοιπόν,να προσεγγίσουμε το πρόβλημα από τη θεωρητική του πλευρά ,όπως και να γνωρίζουμε το πλήθος των τεχνικών πρόληψης και επισκευής που υπάρχουν για την αντιμετώπισή του.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο διάβρωση εννοούμε μια σειρά φυσικοχημικών δράσεων που λαμβάνουν χώρα στα στοιχεία της κατασκευής και έχουν ως αποτέλεσμα την ελάττωση της επιτελεστικότητας (αντοχή , λειτουργικότητα , αισθητική εμφάνιση).Μιλώντας για διάβρωση σε κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα αναφερόμαστε στην ουσία στη διάβρωση του οπλισμού.Αποτελεί μεγάλο πρόβλημα παγκοσμίως μια και,σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες,δαπανώνται 200-500 εκ. ετησίως,στις ΗΠΑ ,για καταγραφή διαβρώσεων και επισκευές του χάλυβα οπλισμού.[1]

ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Στις περισσότερες των περιπτώσεων το φαινόμενο της διάβρωσης προκαλείται από την είσοδο νερού στο σκυρόδεμα.Οι συνήθεις προελεύσεις του νερού είναι:

- **Υγρασία από φυσικά φαινόμενα** (βροχή, χιόνι , χαλάζι)
- **Υπέργεια νερά** (λιμνάζοντα και ρέοντα)
- **Υγρασία του εδάφους**
- **Υπόγεια νερά** (πηγές και διείδυση θαλασσιων νερών)
- **Υγρασία των εσωτερικών χώρων** (συμπύκνωση υδρατμών αέρα ,νερά σωληνώσεων)

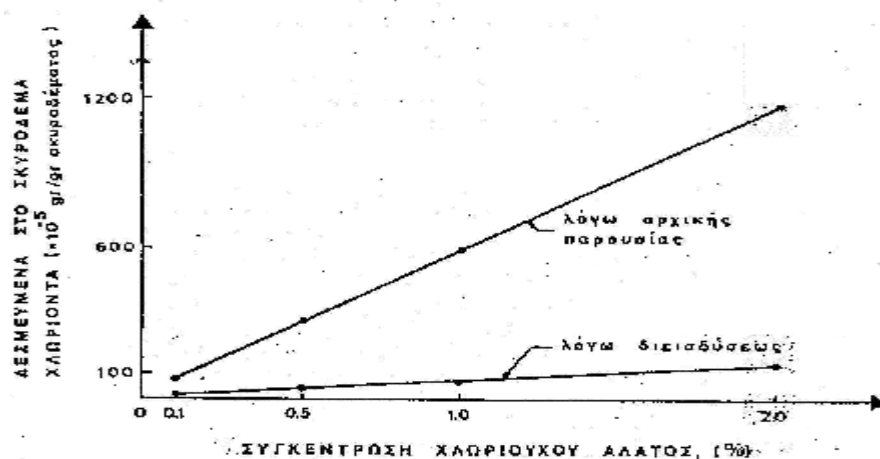
Η είσοδος του νερού γίνεται μέσω ρωγμών ,οποιασδήποτε αιτίας, στο σώμα του σκυροδέματος ή λόγω αύξησης του πορώδους.Στη δεύτερη περίπτωση εξαιτίας της γήρανσης κυρίως, της κακής ποιότητας και αναλογίας των συστατικών του ή κακής συντήρησης το πορώδες του σκυροδέματος αυξάνεται.Επομένως το νερό μπορεί να κινηθεί εύκολα μέσα από τους πόρους και να δημιουργήσει κυψέλες κατακράτησης νερού.

Εξαιτίας της υψηλής αλκαλικότητας του σκυροδέματος,δημιουργείται ένα πολύ λεπτό στρώμα ένυδρου οξειδίου του σιδήρου στις επιφάνειες των ράβδων οπλισμού.Αυτό το

στρώμα τις προστατεύει από τη διάβρωση και τις διατηρεί ανέπαφες για μεγάλο χρονικό διάστημα από οποιαδήποτε εξωτερική προσβολή, φαινόμενο γνωστό ως **παθητικοποίηση** του χάλυβα. Η αλκαλικότητα αυτή αντιστοιχεί σε τιμή pH από 12,5 έως 13,2 και οφείλεται στη συγκέντρωση ισορροπίας του $\text{Ca}(\text{OH})_2$ στο νερό των πόρων. Η ύπαρξη του $\text{Ca}(\text{OH})_2$ οφείλεται στα αλκαλικά προϊόντα ενυδάτωσης του τσιμέντου, παρουσία υγρασίας και οξυγόνου.

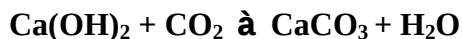
Το προστατευτικό στρώμα γύρω από τους οπλισμούς μπορεί να καταστραφεί (αποπαθητικοποίηση του χάλυβα) με τους εξής τρόπους:

- **Τοπικά από ιόντα χλωρίου.** Τα χλωριόντα είναι δυνατόν να προέρχονται από συλλεκτά αδρανή από παραλίες και θαλασσινό νερό ανάμιξης, από πρόσμικτα βελτιωτικά του σκυροδέματος, περιέχοντα χλωριούχα άλατα ή από τον ατμοσφαιρικό αέρα (σε παράκτιες περιοχές κυρίως). Έχει παρατηρηθεί ότι σταγονίδια που περιέχουν χλωριόντα μπορεί να επηρεάσουν κατασκευή σε απόσταση μέχρι 10km! από τη θάλασσα. Πιο ασυνήθης περίπτωση, για τα ελληνικά δεδομένα, είναι αυτά τα χλωριόντα να προέρχονται από άλατα που χρησιμοποιούνται για την τήξη χιονιού και πάγου στους δρόμους. Έχει βρεθεί πειραματικώς ότι σε σκυρόδεμα που περιέχει χλωριόντα απαρχής, ο χάλυβας διαβρώνεται λιγότερο απ'ότι αν βρισκόταν σε σκυρόδεμα στο οποίο η ίδια ποσότητα χλωριόντων διεισδύει απέξω (σχ. 1)[2]. Τα χλωριόντα εισέρχονται μέσω του νερού των πόρων και φτάνουν στους οπλισμούς. Εάν η συγκέντρωσή τους ξεπεράσει το 0.4-0.6% του βάρους του τσιμέντου, έχουμε τοπική (βελονοειδή) διάτρηση του προστατευτικού στρώματος.



Σχ. Ποσότητα δεσμευμένων στο σκυρόδεμα χλωριόντων λόγω α) αρχικής παρουσίας των χλωριόντων στο σκυρόδεμα και β) διεισδύσεως (με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα των C. Døhganlian - C. Locke, 1982).

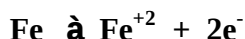
- **Γενικά από ενανθράκωση του σκυροδέματος.** Η ενανθράκωση του σκυροδέματος προκαλείται από τη χημική αντίδραση του οξειδίου του άνθρακα που υπάρχει διάχυτο στην ατμόσφαιρα με το υδροξείδιο του ασβεστίου του σκυροδέματος.



Για την πραγματοποίηση της αντιδράσεως απαιτούνται μικρές ποσότητες νερού (σχετική υγρασία αέρα 50-70%). Το ξηρό σκυρόδεμα δε θα ενανθρακωθεί λόγω απουσίας της απαιτούμενης υγρασίας ενώ σε κορεσμένο με νερό σκυρόδεμα εμποδίζεται η διάχυση του αερίου CO₂ στους πόρους του σκυροδέματος. Άμεση συνέπεια της ενανθράκωσης είναι η πτώση του pH σε τιμές κάτω από 9 που οδηγεί στην καταστροφή του προστατευτικού στρώματος.

Η ενανθράκωση και η δράση των χλωριόντων είναι αλληλένδετες διαδικασίες διότι η δεύτερη επιταχύνεται από την πρώτη. Το υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)₂ του σκυροδέματος αντιδρά με τα χλωριόντα (0.4-0.6% κ.β. του τσιμέντου) και τα δεσμεύει σχηματίζοντας άλας FRIEDEL [3CaO.Al₂O₃.CaCl₂.10H₂O], το οποίο είναι αβλαβές για το σιδηροπλισμό. Όταν όμως το Ca(OH)₂ μετατραπεί με την ενανθράκωση σε CaCO₃ αποδεσμεύει τα χλωριόντα τα οποία προσβάλλουν πλέον τον οπλισμό.[2]

Η αποπαθητικοποίηση του χάλυβα οδηγεί στην διαδικασία **οξειδωσής** του. Η οξείδωση είναι μια ηλεκτροχημική αντίδραση με ηλεκτρολύτη το νερό των πόρων και ηλεκτρική σύνδεση την ίδια τη χαλύβδινη ράβδο. Το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως μπορεί να διακριθεί σε δύο απλές διαδικασίες, της ανόδου και της καθόδου. Ως **άνοδος** συμπεριφέρεται η περιοχή του χάλυβα όπου έχει καταστραφεί το προστατευτικό στρώμα οξειδίων του σιδήρου. Σ' αυτή την περιοχή, τα άτομα του σιδήρου ερχόμενα σε επαφή με το νερό, μετατρέπονται σε ιόντα ενώ ελευθερώνονται ηλεκτρόνια:



Με την απελευθέρωση των ηλεκτρονίων δημιουργείται διαφορά δυναμικού. Υπό την επίδραση αυτής τα ηλεκτρόνια κινούνται προς την κάθοδο. Ως **κάθοδος** συμπεριφέρεται το τμήμα εκείνο του χάλυβα όπου υπάρχει νερό και οξυγόνο. Να σημειωθεί ότι εκεί δεν είναι απαραίτητο να έχει καταστραφεί το στρώμα των οξειδίων και πως η απόσταση μεταξύ ανόδου και καθόδου μπορεί να είναι σχετικά μεγάλη. Σε αυτή την περιοχή ενώνονται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια με το νερό και το οξυγόνο δίνοντας υδροξυλιόντα:



Τα υδροξυλιόντα κινούνται μέσω του νερού των πόρων στην άνοδο όπου εκεί θα ενωθούν με τα ιόντα του σιδήρου και θα σχηματίσουν τη σκουριά:



Μετά την παραπάνω αντίδραση είναι δυνατόν να σχηματιστούν διάφορα οξείδια του σιδήρου π.χ. **FeO**, **Fe₂O₃**. Παρατηρώντας τις αντιδράσεις οξειδώσεως φαίνεται ότι οι ποσότητες νερού πριν και μετά παραμένουν σταθερές ενώ το οξυγόνο είναι αυτό που

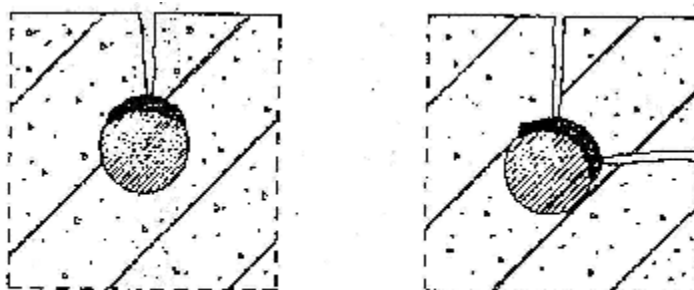
καταναλώνεται τελικά για τη διάβρωση του χάλυβα.Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για το σχηματισμό Fe_3O_4 απαιτείται 1,5lt O_2 ανά 1 gr σιδήρου.Η μεγάλη ποσότητα οξυγόνου που χρειάζεται εξηγεί το γεγονός ότι στοιχεία εντελώς βυθισμένα στο νερό δεν παρουσιάζουν φαινόμενα διάβρωσης(το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο είναι πολύ λίγο).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Επιπτώσεις της ενανθράκωσης στο σκυρόδεμα.Μολονότι η ενανθράκωση οδηγεί στην αποσύνθεση των συστατικών του σκυροδέματος, η θλιπτική και καμπτική αντοχή του αυξάνει.Για σκυροδέματα που έγιναν από πολυθευικά τσιμέντα η ενανθράκωση μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θλιπτικής αντοχής από 30-100% όταν τα δοκίμια βρίσκονται σε χώρους με πλούσια περιεκτικότητα σε CO_2 .Επίσης τα προϊόντα της ενανθράκωσης εναποτίθενται στους τριχοειδείς πόρους του σκυροδέματος μειώνοντας έτσι το πορώδες .Άλλη επίπτωση είναι η αύξηση του ερπυσμού και της ταχύτητας ερπυσμού του σκυροδέματος.Λόγω της αποβολής νερού,αυξάνεται η συστολή του σκυροδέματος .Βέβαια το πιο σοβαρό αποτέλεσμα της ενανθράκωσης είναι η μείωση της αλκαλικότητας του σκυροδέματος με τις γνωστές συνέπειες για τον οπλισμό.Αξιζει ν'αναφέρουμε ότι σε μεγάλες ηλικίες,το φαινόμενο της ενανθράκωσης παρουσιάζεται πιο έντονο.

Επιπτώσεις της διάβρωσης στον οπλισμό.Κύριες επιπτώσεις της διάβρωσης των οπλισμών είναι η ελάττωση της διάτομής των ράβδων κατά ποσότητα ίση μ'αυτή που μετατρέπεται σε σκουριά και η δυσανάλογη μείωση της ολκιμότητας του χάλυβα.Λόγω της ελάττωσης της διατομής δημιουργούνται προβλήματα φέρουσας ικανότητας ενώ η μείωση της ολκιμότητας εγκυμονεί κινδύνους για τη σεισμική συμπεριφορά του μέλους.

Επιπτώσεις της διάβρωσης των οπλισμών στο σκυρόδεμα.Τα προϊόντα της διάβρωσης (Fe_3O_4 , FeO , Fe_2O_3) έχουν όγκο 2 έως 6 φορές μεγαλύτερο απ'αυτόν του σιδήρου.Κατά συνέπεια η εναπόθεση σκουριάς στην επιφάνεια της ράβδου προκαλεί μεγάλες εσωτερικές πιέσεις στο περιβάλλον σκυρόδεμα,προκαλώντας τελικά ρηγμάτωση αυτού.Η ρηγμάτωση επιδρά αρνητικά στη συνάφεια μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος και αφήνει εκτεθειμένο τον οπλισμό σε περαιτέρω διάβρωση.Οι χαρακτηριστικές ρωγμές λόγω διάβρωσης εμφανίζονται κατά μήκος του οπλισμού(σχ. 2)[2]



Σχ. Ρηγμάτωση του σκυροδέματος λόγω διαβρώσεως του ενσωματωμένου χάλυβα.

ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ

Σε κάθε πιθανό πρόβλημα, ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισής του είναι αναμφισβήτητη η πρόληψη. Η άποψη αυτή συνάδει και με το υπό εξέταση θέμα της διάβρωσης, τόσο από οικονομικής όσο από λειτουργικής και αισθητικής πλευράς. Όσον αφορά το οικονομικό

μέρος, το κόστος λήψης μέτρων κατά την μελέτη και κατασκευή είναι μιας τάξης μεγέθους μικρότερο από το αντίστοιχο των μέτρων επισκευής. Έτσι γίνεται κατανοητή η ανάγκη για έγκαιρη προστασία έναντι της διάβρωσης.

Προληπτικά μέτρα. Απλούστερος τρόπος προστασίας αποτελεί η τήρηση των σύγχρονων κανονισμών (π.χ. Ευροκώδικας 2) όσον αφορά τα **πάχη επικάλυψης** των ράβδων. Στον πίνακα Α δίνονται οι ελάχιστες προτεινόμενες τιμές επικάλυψης ράβδων οπλισμού κατά τον Ελληνικό Κανονισμό. Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως, είναι η χρήση πλαστικών ροδέλλων ορισμένης διαμέτρου στους γωνιακούς οπλισμούς , κατά την κατασκευή του ξυλότυπου, για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους επικάλυψης.

Εξίσου σημαντική, αλλά δυσκολότερη να επιτευχθεί, είναι η **ποιότητα** της επικάλυψης. Αυτό διότι στην επιφάνεια του σκυροδέματος η συμύκνωση είναι δυσκολότερη και η εξάτμιση του νερού κατά τις πρώτες μέρες μετά τη σκυροδέτηση ευκολότερη.

Το **πορώδες** του σκυροδέματος έχει αρνητικό ρόλο στην διάβρωση. Η μείωσή του λοιπόν είναι επιθυμητή. Γι αυτό το σκοπό θα πρέπει ο λόγος νερού προς τσιμέντο w/c να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Η τιμή 0,4 με 0,5 θεωρείται ικανοποιητική, κατά C.E.B. (Ευροδιεθνής Επιτροπή Σκυροδέματος) [2]. Επίσης , η χρήση χημικών πρόσμικτων για τη βελτίωση της εργασιμότητας πρέπει να μην είναι αλόγιστη.

Η προσφορά των παραπάνω προληπτικών μέτρων δεν περιορίζεται μόνο στην αντιμετώπιση του προβλήματος της διάβρωσης αλλά επεκτείνεται στην καλή συμπεριφορά ολόκληρης της κατασκευής.

Ένας τρόπος άλλος τρόπος αντιμετώπισης της διάβρωσης είναι η χρήση **ανασταλτικών**. Αυτά είναι οργανικά ή άοργανα άλατα, πρόσμικτα του σκυροδέματος που χρησιμοποιούνται με σκοπό την προστασία του οπλισμού. Τέτοια άλατα είναι το διχρωμικό κάλιο, το βενζοϊκό νάτριο, το νιτρώδες νάτριο κ.α. Ο μηχανισμός επίδρασης των πρόσμικτων αυτών, είναι πολύπλοκος και διαφέρει ανάλογα με το άλας. Επίσης, η χρήση τους παρουσιάζει, ως βασικό μειονέκτημα την μεταβολή ορισμένων φυσικών ιδιοτήτων του σκυροδέματος (μείωση θλιπτικής αντοχής, επιβράδυνση σκληρύνσεως του τσιμέντου) και η μη αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητά τους.

Τα **επιχρίσματα στον οπλισμό** εμποδίζουν επίσης τη διάβρωση. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα **μεταλλικά** και τα **μη μεταλλικά** επιχρίσματα. Τα μη μεταλλικά, ανόργανες ή οργανικές ενώσεις όπως εποξειδικές ρητίνες ή το χλωριούχο πολυβινύλιο, έχουν μικρή διαπερατότητα στο νερό, τα αέρια, τους ηλεκτρολύτες και μεγάλη αντοχή στα οξέα και τις βάσεις. Μειονεκτήματα τους η εύκολη καταστροφή τους κατά τις συνήθεις και αναγκαίες οικοδομικές εργασίες (κάμψη ράβδων), η αντικοινομοικότητα τους, η μικρή αντοχή τους σε πυρκαγιά και το ότι εάν εφαρμόστούν σε μεγάλο πάχος (>0,2mm) επιδρούν αρνητικά στη συνάφεια χάλυβα – σκυροδέματος. Τα μεταλλικά επιχρίσματα ανήκουν σε δύο, κατηγορίες

ανάλογα με τον τρόπο δράσης τους.Στη μια,το μέταλλο που χρησιμοποιείται ως επίχρισμα ,έχοντας μεγαλύτερο δυναμικό από το χάλυβα,δρα ως προστατευτικό περίβλημα,όσο αυτό

υπάρχει.Στην άλλη ,το μέταλλο έχοντας μικρότερο δυναμικό, καταστρέφεται αυτό αντί του σιδήρου.Σ αυτή την κατηγορία ανήκουν οι γαλβανισμένοι χάλυβες (με επίχρισμα ψευδαργύρου).Μειονέκτημά τους είναι ότι αν έρθουν σε επαφή με μη γαλβανισμένους μπορεί να επέλθει διάβρωση του ασθενέστερου από πλευράς δυναμικού.

Η χρήση **ανοξειδωτων χαλύβων** αποτελεί ένα πρόσθετο προστατευτικό μέτρο.Οι ανοξειδωτοι χάλυβες αποτελούνται από κράματα με κύριο συστατικό το σίδηρο και χρώμιο 11-12% κ.β..Επίσης ενδέχεται να περιέχονται κι άλλα μέταλλα (μολυβδένιο, νικέλιο,τιτάνιο κ.ά.).Μειονέκτημα η εξωφρενική τιμή τους, δεκαπλάσια του κοινού χάλυβα.[2]

Εστιάζοντας στην αποφυγή εισόδου υγρασίας στο σώμα της κατασκευής , ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος πρόληψης είναι η **στεγανοποίηση** με τη χρήση στεγανοποιητικών υλικών.Κύρια ιδιότητά τους είναι να μην αφήνουν το νερό να διαπερνά τη μάζα τους.Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση διακρίνονται σε: ασφατικές ενώσεις, πλαστικές και ελαστομερείς ενώσεις, υλικά δύο συστατικών, σιλικόνες ,υλικά ανόργανων συστατικών.

Τα πιο συνήθη στεγανοποιητικά υλικά ,οι **ασφατικές ενώσεις**, έχουν ως βάση την πίσσα και την άσφαλτο-φυσική ή τεχνητή.Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τα άμορφα ασφατικά υλικά, τα σχηματοποιημένα ασφατικά προϊόντα και τα ρευστά ασφατικά υλικά.και είναι ευρέως διαδεδομένα διότι παρουσιάζουν μεγάλα πλεονεκτήματα: είναι εύχρηστες και βρίσκουν πολλές εφαρμογές ,ενώ παρουσιάζουν επίσης σημαντικές συγκολλητικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.Τα δύο βασικότερα μειονεκτήματά τους είναι ότι είναι θερμοπλαστικές,δηλαδή ρευστοποιούνται με την άνοδο της θερμοκρασίας αλλά μπορούν και επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση και πως εύκολα δημιουργούνται φυσαλίδες αέρα στη μάζα τους.

Μεγάλη εφαρμογή έχουν και οι **πλαστικές και ελαστομερείς ενώσεις**.Παράγωγα του πετρελαίου, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την εφαρμογή τους: τα άμορφα πλαστικά , τα σχηματοποιημένα πλαστικά και τα ρευστά πλαστικά.Είναι κατά κανόνα θερμοπλαστικά , ανθεκτικά στη φωτιά και σε πολλούς οργανικούς διαλύτες.Αλλά επειδή είναι σχετικά σύγχρονα υλικά δεν έχει καθοριστεί με ακρίβεια η διάρκεια ζωής τους και η αντοχή τους στις διάφορες καταπονήσεις.Εφαρμόζονται δύσκολα ενώ είναι λιγότερο ευέλικτα από τα ασφατικά υλικά , έχουν μεγάλη θερμική διαστολή και μεγάλο κόστος.[5]

Ένας άλλος τρόπος στεγανοποίησης είναι ο **εμποτισμός του σκυροδέματος με πολυμερή**.Σκοπός της αποτελεί η πλήρωση των κενών του σκυροδέματος με πολυμερή σε βάθος 30-50 mm συνήθως.Η κατεργασία περιλαμβάνει τα εξής στάδια :

- καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος
- ξήρανση με υψηλές θερμοκρασίες για αρκετό χρόνο
- αφαίρεση του αέρα από το σκυρόδεμα με εφαρμογή κενού
- προσθήκη μονομερούς
- θερμικός πολυμερισμός του μονομερούς

Ο εμποτισμός με πολυμερή εφαρμόζεται σε όλα τα σκυροδέματα με μόνιμα αποτελέσματα ενώ βελτιώνει όλες τις ιδιότητές τους.Ενδεικτικά αναφέρεται η εκτόξευση της θλιπτικής αντοχής συμβατικού σκυροδέματος από 36Μpa σε 124 Μpa μετά τον εμποτισμό.Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το υψηλό κόστος ενώ απαιτείται επίσης ειδικός εξοπλισμός ,ειδικευμένο προσωπικό και προσοχή κατά την εφαρμογή.

Προληπτικά μέτρα πρέπει να λαμβάνονται κατά την εμφάνιση ρωγμών, που δεν προέρχονται από διάβρωση, τόσο για την αποφυγή εισόδου νερού στο σκυρόδεμα όσο και διότι στο βάθος των ρωγμών εμφανίζεται μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωριόντων[2]. Η επισκευή τους γίνεται με την τεχνική των ρητινενέσεων ή των τσιμεντενέσεων.

Επισκευές Περνώντας στο στάδιο της επισκευής των διαβρωμένων μελών , τίθενται τα εξής ερωτήματα :

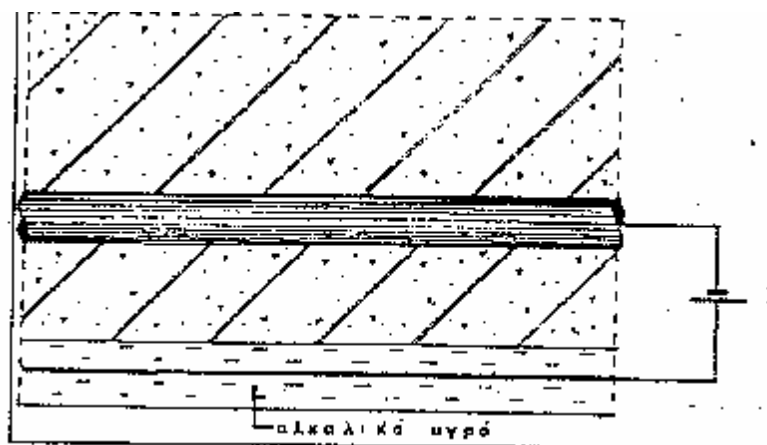
- Ποια η αιτία και το ποσοστό της βλάβης ;
- Ποια είναι η χρονικά αναμενόμενη εξέλιξή της ;
- Ποια η επίδραση στη στατική συμπεριφορά της κατασκευής ;

Με ένα συνδυασμό παραμέτρων όπως το **κόστος** ,τα **διαθέσιμα υλικά** και η **τεχνογνωσία** ,η **λειτουργικότητα** της κατασκευής μετά την επισκευή , ο **χρόνος ζωής** της κατασκευής και ο **σκοπός λειτουργίας** της κατασκευής,αποφαινόμαστε πρωτίστως για την αναγκαιότητα ή όχι της επισκευής και ακολούθως για τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουμε.[4]

Ο τομέας των επισκευών χωρίζεται σε δύο κατηγορίες,τις ήπιες και τις ενεργές επεμβάσεις.Οι πρώτες αποτελούν συντηρητικούς τρόπους επέμβασης που σκοπό έχουν να άρουν την αίτια που προκαλεί το πρόβλημα και οι δεύτερες,ριζικές επεμβάσεις που ενισχύουν την φέρουσα ικανότητα των προσβεβλημένων μελών.Μερικές από τις **ενεργές επεμβάσεις** είναι η ολική ή τοπική καθαίρεση του παλαιού σκυροδέματος,ενίσχυση του οπλισμού και αντικατάσταση του σκυροδέματος,η επικόλληση λεπτών μεταλλικών ελασμάτων μέσω εποξειδικών ρητινών,η χρήση μανδύων,η προσθήκη εξωτερικών συνδετήρων κ.ά

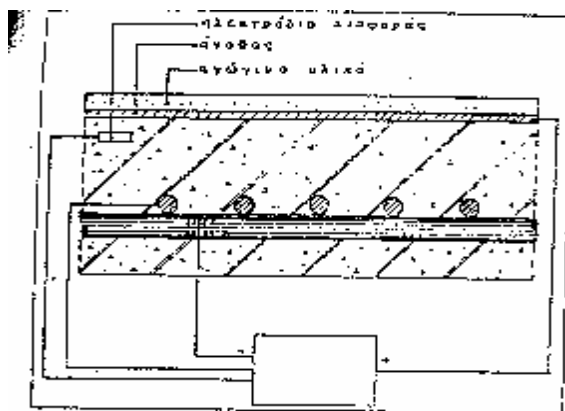
Οι **ήπιες επεμβάσεις** στοχεύουν είτε στο σκυρόδεμα είτε στον οπλισμό.Μερικές επεμβάσεις στο σκυρόδεμα είναι η ηλεκροχημική επαναλκαλοποίηση του και η ηλεκροχημική αφαίρεση χλωριόντων.

Επαναλκαλοποίηση του σκυροδέματος.Σκοπός της είναι η αύξηση της αλκαλικότητας του σκυροδέματος όταν αυτή έχει μειωθεί ως αποτέλεσμα της ενανθρακώσεως.Κατά τη μέθοδο αυτή απλώνεται ένα αλκαλικό υγρό στην επιφάνεια του σκυροδέματος και ένα ηλεκτρόδιο μιας πηγής DC ενώνει το αλκαλικό υγρό με το χάλυβα.Με την εφαρμογή τάσης το αλκαλικό υγρό διεισδύει στους πόρους ,αυξάνοντας το pH.Εναλλακτικά η επαναλκαλοποίηση γίνεται χωρίς την επιβολή εξωτερικού ηλεκτρικού δυναμικού αλλά με αυξομείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας.Αποτελεί μια σχετικά καινούρια μέθοδο με αβέβαια μακροχρόνια αποτελέσματα και υψηλό κόστος , ανάλογα της έκτασης της ενανθρακώσεως.Επίσης μπορεί να υπάρξουν περιοχές που δεν αλκαλοποιήθηκαν.



Απομάκρυνση των χλωριδίων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί έναν ηλεκτρολύτη, μια ρητίνη ανταλλαγής ιόντων και ένα μεταλλικό πλέγμα που λειτουργεί ως άνοδος ενώ ο χάλυβας λειτουργεί ως κάθοδος. Με την επιβολή ηλεκτρικού ρεύματος τα χλωριόντα κινούνται προς την άνοδο και απομακρύνονται από το σκυρόδεμα. Αν και πολύ αποτελεσματική και σχετικά νέα μέθοδος, είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Επίσης μπορεί να προκαλέσει ασυνάφεια στο χάλυβα-σκυρόδεμα και ο σχηματισμός υδρογόνου ενέχει κινδύνους για το σκυρόδεμα λόγω πίεσης και μειώνει την ολκιμότητα σε χάλυβες υψηλής αντοχής.

Καθοδική προστασία οπλισμού. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι το μέρος του οπλισμού που θέλουμε να προστατέψουμε, το μετατρέπουμε σε κάθοδο η οποία δεν επιτρέπει το σχηματισμό μεταλλικών ιόντων. Συνίσταται στη σύνδεση του θετικού πόλου μιας πηγής συνεχούς ρεύματος με την επιφάνεια του σκυροδέματος και του αρνητικού με τους οπλισμούς. Έτσι τα ιόντα του υδροξυλίου κινούμενα προς την άνοδο εξουδετερώνονται στην εξωτερική επιφάνεια του σκυροδέματος αντί για τους οπλισμούς (σχ.3). Μαζί παρασύρονται και τυχόν χλωριόντα της μάζας του σκυροδέματος. Εναλλακτικά ο θετικός πόλος της πηγής συνδέεται με μεταλλικό υλικό το οποίο τοποθετείται στην επιφάνεια του προς προστασία στοιχείου και καλύπτεται με στρώσεις τσιμεντοειδούς υλικού. Το μέταλλο αυτό πρέπει να έχει μικρότερο ηλεκτροστατικό δυναμικό από το χάλυβα οπότε παρατηρείται η οξειδωση του



σχ.3

ασθενέστερου υλικού. Η σύνδεση των ράβδων οπλισμού με ένα συνεχές κύκλωμα δεν είναι εντελώς απαραίτητη. Η επαφή τους ή η συνδεσή τους μέσω ασυρμάτων αρκεί. Αντίθετα πρέπει να μην υπάρχουν στοιχεία μεταξύ οπλισμού και επιφανειακού στρώματος, προς αποφυγή βραχυκύκλωσης. Είναι ένα πλήρες σύστημα προστασίας αλλά για τη μακροχρόνια και σωστή λειτουργία της καθοδικής προστασίας πρέπει να γίνονται συχνοί έλεγχοι.[3]

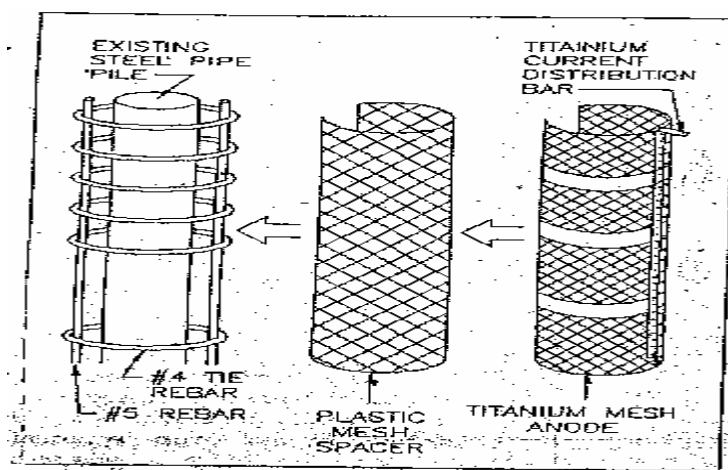


Fig. 6 - Cathodic protection system for the concrete piles at Diego Garcia.

· Σύστημα καθοδικής προστασίας για υποστηλώματα σκυροδέματος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] E. LEONIDOY “Protection of metal surfaces” 1992
- [2]Θ.Π. ΤΑΣΙΟΣ – Κ. ΑΛΙΓΙΖΑΚΗ «Ανθεκτικότητα οπλισμένου σκυροδέματος »
- [3] Back to the basics repair of concrete
- [4] Draft recommendation for repair strategies for concrete structures damaged by reinforcement corrosion. Materials and Structures ,1994
- [5]Philip H. Perkins Concrete structures:Repair,Waterproofing and Protection,Applied Science Publishers