

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ-ΜΕΤΡΙΑΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ Ο.Σ.

ΔΡΑΚΑΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Περίληψη

Στην παρακάτω εργασία γίνεται μια νήξη για τα συστήματα επισκευής και μείωσης του φαινομένου της διάβρωσης σε κατασκευές απο οπλισμένο σκυρόδεμα. Αρχικά αναφέρονται και περιγράφονται οι κυριότεροι μηχανισμοί διάβρωσης καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά τους. Στη συνέχεια παρατίθενται τρόποι που συντελούν στην επισκευή φορέων, καθένas με τα δικά του πλεονεκτήματα και προδιαγραφές. Τα συστήματα αυτά ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες που εξετάζονται χωριστά. Τέλος καταλήγουμε σε ένα γενικό συμπέρασμα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΒΑΛΟΥΝ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Πρωτού μεταβούμε στη θεώρηση των μηχανισμών μετρίασης της διάβρωσης, θα ήταν χρήσιμο να αποκτήσουμε μια γενική ιδέα για τις αρχές που διέπουν την διαδικασία διάβρωσης του χάλυβα οπλισμού στο σκυρόδεμα.

Όταν χρησιμοποιείται χάλυβας ως υλικό ενίσχυσης του σκυροδέματος, μια προστατευτική στρώση σκουριάς δημιουργείται εκ φύσεως στην επιφάνεια του χάλυβα εξαιτίας της αλκαλικότητας του σκυροδέματος. Όσο αυτή η λεπτή μεμβράνη διατηρείται, ο οπλισμός θα βρίσκεται σε μια άκρως παθητική κατάσταση.

Μόλις η διαδικασία διάβρωσης ξεκινήσει, είναι απλά θέμα χρόνου πρωτού οι εφελκυστικές πιέσεις του χάλυβα προκαλέσουν ρηγμάτωση και αποφλοίωση του σκυροδέματος. Εάν η συνεχώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα της διάβρωσης δεν αντιληφθεί εγκαίρως, θα προκύψει απώλεια διατομής των οπλισμών με αποτέλεσμα να χρειασθούν σοβαρές επισκευές της κατασκευής.[1]

1.1. ΜΟΛΥΝΣΗ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ

Στις περισσότερες περιπτώσεις η προστατευτική στρώση στον χάλυβα οπλισμού καταστρέφεται απο την παρουσία υψηλών επιπέδων χλωριόντων. Η αναγκαία ποσότητα χλωριόντων που απαιτείται ώστε να προκαλέσει διάβρωση εκτιμάται περίπου 1.0 ως 1.4 lbs υδατικού διαλύματος Cl⁻ ανα κυβική γιάρδα σκυροδέματος (στο επίπεδο του χάλυβα). Η ποσότητα αυτή διαφοροποιείται αναλόγως το pH του σκυροδέματος. Για παράδειγμα, σκυρόδεμα το οποίο έχει χάσει μέρος της αλκαλικότητάς του θα χρειαστεί λιγότερα χλωριόντα ώστε να διαβρωθεί. Φαινόμενα διάβρωσης παρακινούμενης απο χλωριόντα συναντάμε σε κατασκευές εκτιθέμενες σε αποκρυσταλλωμένα άλατα, θαλάσσιο περιβάλλον ή σε συγκεκριμένες βιομηχανικές διεργασίες. Σε ορισμένες κατασκευές, ποσότητα χλωριόντων ικανή να προκαλέσει διάβρωση χρησιμοποιήθηκε στη αρχική φάση της δόμισης υπο την μορφή χλωριούχων μιγμάτων ή μολυσμένων προσμιγμάτων αδρανών. [1]



Σχήμα 1: Διάβρωση χάλυβα οπλισμού απο χλωριόντα [3]

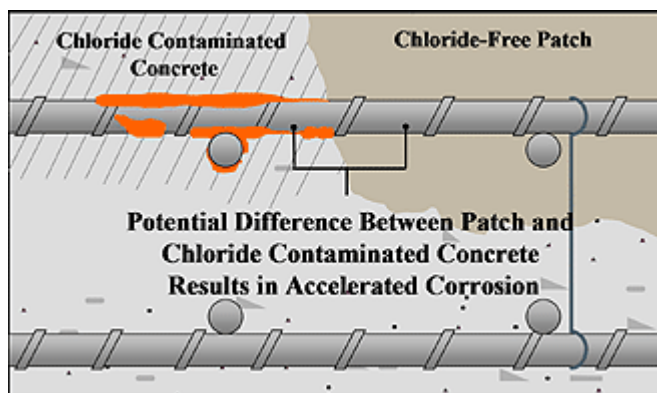
1.2. ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ

Η λεπτή στρώση σκουριάς μπορεί επίσης να καταστραφεί απο την απώλεια αλκαλικότητας του σκυροδέματος που περιβάλλει τον χάλυβα οπλισμού. Η μείωση της αλκαλικότητας συνήθως προκαλείται απο ενανθράκωση, μια αντίδραση μεταξύ του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα και του υδροξειδίου του ασβεστίου παρουσία νερού. Το αποτέλεσμα είναι μια επαναστροφή του υδροξειδίου του ασβεστίου σε ανθρακικό ασβέστιο το οποίο δεν έχει επαρκή αλκαλικότητα ώστε να προστατέψει το στρώμα σκουριάς. Ο χρόνος που χρειάζεται η ενανθρακωμένη ζώνη να φτάσει το επίπεδο του οπλισμού είναι μια συνάρτηση της ποσότητας επικάλυψης σκυροδέματος, του πορόδους σκυροδέματος, των επιπέδων υγρασίας και επιπέδων έκθεσης σε διοξείδιο του άνθρακα. Διάβρωση παρακινούμενη απο ενανθράκωση αποτελεί κίνδυνο κυρίως για παλαιότερες κατασκευές. [1]

1.3. ΤΜΗΜΑΤΙΚΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Η τμηματικά επιταχυνόμενη διάβρωση είναι ένα φαινόμενο που παρουσιάζεται ιδιαίτερα σε εργασίες αποκατάστασης σκυροδέματος. Όταν οι επισκευές σε κατασκευές που έχουν πληγεί απο διάβρωση ολοκληρωθούν, δημιουργούνται απότομες αλλαγές στο σκυρόδεμα που περιβάλλει το χάλυβα οπλισμού. Τυπικές διαδικασίες επισκευής σκυροδέματος απαιτούν την απομάκρυνση του σκυροδέματος γύρω απο την πλήρη περιφέρεια του χάλυβα οπλισμού εντός της περιοχής που επισκευάζεται, τον καθαρισμό των υποπροϊόντων διάβρωσης απο τον χάλυβα και επαναγέμισμα των κοιλοτήτων με νέο απελευθερωμένο απο χλωριόντα, με υψηλό pH σκυρόδεμα. Η διαδικασία αυτή θέτει τον χάλυβα οπλισμού σε γειτονικούς χώρους που χαρακτηρίζονται απο διαφορετική δυνατότητα διάβρωσης. Η διαφορά αυτή στη δυνατότητα διάβρωσης συνιστά την αιτία σχηματισμού νέων περιοχών διάβρωσης στο περιβάλλον

σκυροδέμα. Η απόδειξη αυτής της δραστηριότητας είναι η παρουσία νέας αποφλοώσης σκυροδέματος γειτονικής στην περιοχή που μόλις επισκευάστηκε. [1]



Σχήμα 2: Τμηματικός επιταχυνόμενη διάβρωση σκυροδέματος [1]

2. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

2.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (ICCP)

Τα συστήματα καθοδικής προστασίας λειτουργούν αρχικά με την εγκατάσταση μόνιμων ηλεκτροδίων ανόδου στην κατασκευή. Με τη χρήση μίας εξωτερικής πηγής συνεχούς ρεύματος η άνοδος συνδέεται με τον θετικό (+) ακροδέκτη και ο χάλυβας οπλισμού με τον αρνητικό (-). Τα συστήματα ICCP μπορούν να προσφέρουν μακροχρόνια προστασία στον χάλυβα οπλισμού εφόσον σχεδιαστούν, τοποθετηθούν και διατηρηθούν σωστά.

Επιπλέον τα συστήματα ICCP μπορούν να αποδειχθούν συμφέροντα απο οικονομικής απόψεως όταν χρησιμοποιούνται για την προστασία μεγάλων επιφανειών και τα αρχικά κόστη μοιράζονται σε μεγάλο χρονικό διάστημα. Απαιτείται τακτική επιθεώριση και συντήριση του συστήματος, διαφορετικά πρέπει να ληφθούν άλλα μέτρα μείωσης της διάβρωσης. Τα συστήματα αυτά βρήσκουν εφαρμογή σε αρκετούς τύπους κατασκευών μεταξύ των οποίων είναι γέφυρες, χώροι στάθμευσης, θαλάσσιες κατασκευές και χαλύβδινα πλαισιωτά κτήρια. [2]

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα ICCP

- Μπορούν να εγκατασταθούν κάτω απο ινοπλισμένα πολυμερή FRP
- Δεν προσθέτουν νεκρά φορτία ούτε αυξάνουν τις φυσικές διαστάσεις της κατασκευής
- 25+ χρόνια διάρκεια ζωής
- Αποδεδειγμένη τεχνολογία
- Εγκατάσταση σε μεγάλο βάθος που φτάνει και τις πιο δυσπρόσιτες περιοχές
- Κατάλληλο για χρήση σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα χάλυβα
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε καινούριες κατασκευές ως μέτρο προστασίας [3]



Σχήμα 3: Εγκατάσταση συστήματος ICCP [3]



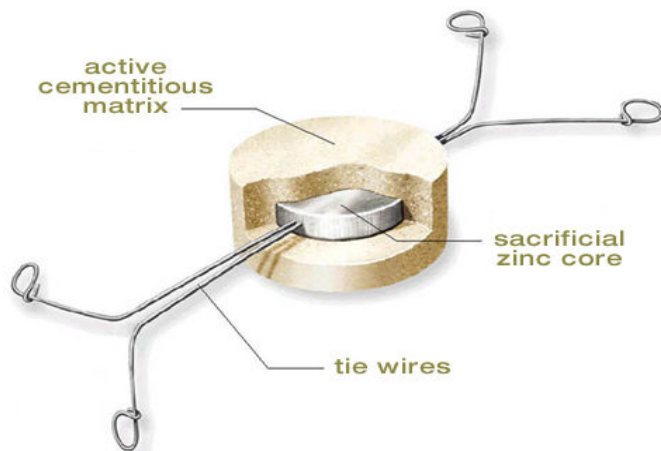
Σχήμα 4: Άνοδοι ICCP [3]

2.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΑΛΒΑΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (GALVANIC PROTECTION)

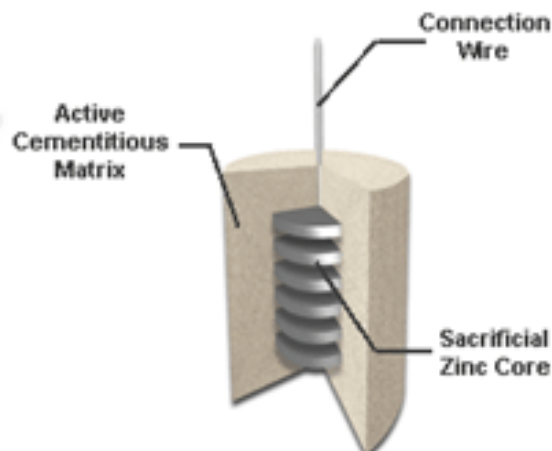
Τα συστήματα γαλβανικής προστασίας χρησιμοποιούν ανόδους που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα ώστε να μετριάσουν τη διάβρωση του χάλυβα οπλισμού. Σε κατασκευές απο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται συνήθως άνοδοι απο ψευδάργυρο. Η γαλβανική προστασία επιτυγχάνεται όταν δυο ανόμοια μέταλλα είναι συνδεδεμένα. Το μέταλλο με την μεγαλύτερη ευαισθησία διάβρωσης (συνήθως ενα σύστημα με βάση τον ψευδάργυρο) θα διαβρωθεί αντί για το πιο ευγενές μέταλλο. Καθώς το μέταλλο που "θυσιάστηκε" διαβρώνεται, παράγει ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο προστατεύει τον χάλυβα οπλισμού. Δυνατές εφαρμογές γαλβανικών συστημάτων περιλαμβάνουν μπαλκόνια, διαδρόμους καταστρώματα γεφυρών και κατασκευές προεντεταμένου σκυροδέματος. Η γαλβανική προστασία σκυροδέματος μπορεί να χωριστεί στις εξής δυο κατηγορίες: α) Διακεκριμένα συστήματα για μεμονομένη προστασία β) Κατανεμημένα συστήματα για καθολική προστασία. [1]

3. ΔΙΑΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Διακεκριμένες άνοδοι χρησιμοποιούνται για να προσφέρουν τοπική προστασία γύρω απο «μπαλώματα» σκυροδέματος ή περιοχές μέσα σε ανοιγμένες τρύπες σε σχήμα πλέγματος παρέχοντας μεμονομένο έλεγχο διάβρωσης σκυροδέματος. [1]

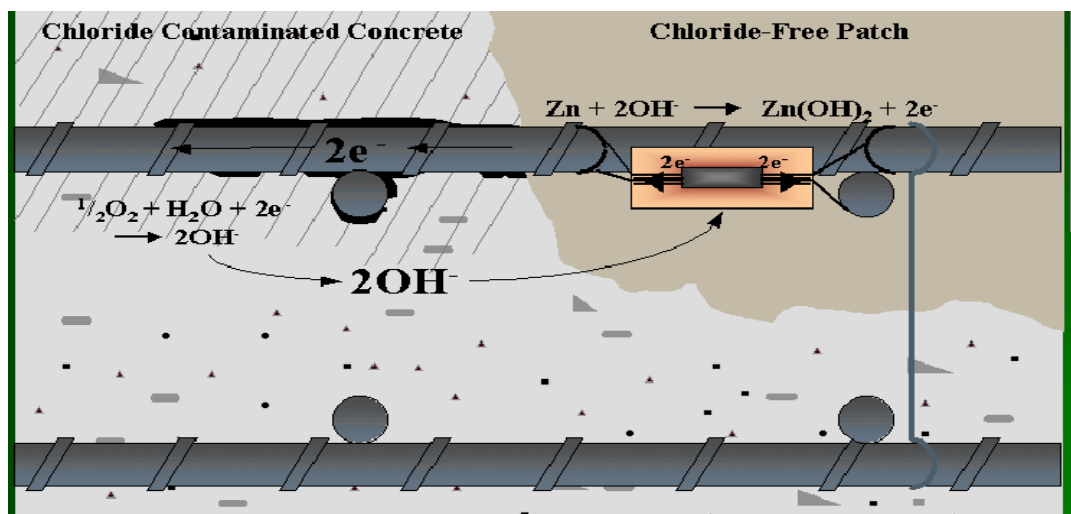


Σχήμα 5: Διακεκριμένη γαλβανική άνοδος [3]



Σχήμα 6: Διακεκριμένη γαλβανική άνοδος [3]

Το σύστημα που εικονίζεται στο σχήμα 5 αποτελείται από έναν πυρίνα ψευδαργύρου ο οποίος ενεργοποιείται από το τσιμεντοκονίαμα που τον περιβάλλει. Η μικρή αυτή άνοδος που έχει σχήμα δίσκου (64mm διάμετρος και 27mm ύψος) εύκολα και γρήγορα προσδένεται στον εκτεθειμένο χάλυβα οπλισμού. Όταν εγκατασταθεί, ο πυρίνας ψευδαργύρου διαβρώνεται αντί της ράβδου, με αποτέλεσμα να προσφέρει προστασία από την διάβρωση στον γειτονικό χάλυβα ενίσχυσης όπως φαίνεται στο σχήμα 7. [3]



Σχήμα 7: Δράση άνοδου προσδεμένης στον χάλυβα οπλισμού [2]

Βρίσκει εφαρμογές σε εκπλατύνσεις γεφυρών, σε αρμούς μεταξύ νέου και υπάρχοντος σκυροδέματος, σε αντικαταστάσεις πλακών, κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος και επισκευές ράβδων οπλισμού με εποξειδική επένδυση. [3]

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα διακεκριμένων συστημάτων

- Επικεντρωμένη προστασία – προσφέρει τοπική διαβρωτική προστασία εκεί όπου χρειάζεται περισσότερο
- Οικονομία – αντιδιαβρωτική μέθοδος χαμηλού κόστους που διευρύνει την περίοδο ζωής του σκυροδέματος
- Πολύπλευρα – είναι αποτελεσματικά έναντι χλωριόντων αλλά και ενανθρακωμένου σκυροδέματος
- Φιλικά προς τον χρήστη – η εγκατάσταση είναι εύκολη και γρήγορη, χωρίς να απαιτείται ειδικός εξοπλισμός ή εκπαίδευση
- Μετρήσιμα – η επίδωση της ανόδου μπορεί εύκολα να ελεγχθεί αν είναι αναγκαίο
- Μεγάλη διάρκεια ζωής – 10 με 20 χρόνια μειώνει την ανάγκη μελλοντικών επισκευών [3]

4. ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

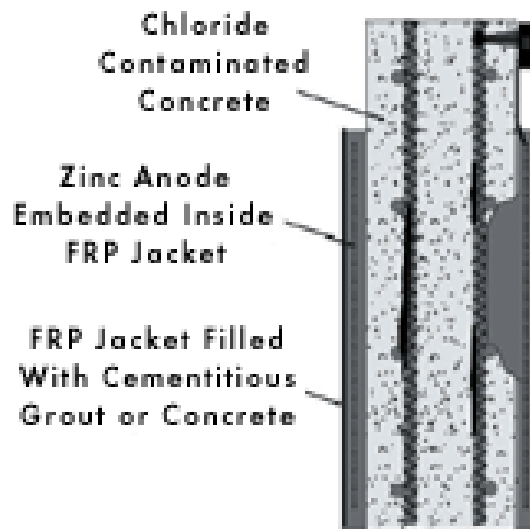
Τα κατανεμημένα συστήματα αποτελούνται από γαλβανικές ανόδους που τοποθετούνται πάνω από μια μεγάλη επιφάνεια προσφέροντας έλεγχο διάβρωσης ή καθοδική προστασία. [1]



Σχήμα 8: λεπτό φύλλο ψευδαργύρου [3]

Το αντιδιαβρωτικό σύστημα που εικονίζεται στο σχήμα 8 αποτελείται από φύλλα καθαρού ψευδαργύρου, ηλεκτρικά αγώγιμου ακρυλλικά αυτοκόλλητου, και από μια προστατευτική ταινία που αφαιρείται. Το φύλλο αυτό παρέχεται σε ρολλό πλάτους 25mm και μήκους 25m. Στις εφαρμογές όπου η άνοδος πρέπει να προστατευθεί από το περιβάλλον, το φύλλο ψευδαργύρου και το περιβάλλον σκυρόδεμα προστατεύονται από ένα ενισχυμένο ελλαστομερικό αδιάβροχο σύστημα επένδυσης.

Μεταξύ των εφαρμογών που βρίσκει είναι και οι εξής: γέφυρες και διάδρομοι, υποστηλώματα και δοκοί, καταστρώματα γεφυρών, χώροι στάθμευσης, άκρες και αρμοί πλακών από σκυρόδεμα, προεντεταμένο σκυρόδεμα, προστασία μετεντατικών αγκυρώσεων. [3]



Σχήμα 9: αντιδιαβρωτικός μανδύας [3]

Ο μανδύας που φαίνεται στο σχήμα 9 ως εξωτερικός φλοιός έχει σχεδιαστεί ώστε να προσφέρει μια χαμηλού κόστους αξιόπιστη μέθοδος επέκτασης της διάρκειας ζωής υποστηλωμάτων και πασσάλων θαλάσσιου ή μη περιβάλλοντος που έχουν προσβληθεί από διάβρωση. Το σύστημα αυτό περιάμβανει μανδύα από ίνες γυαλιού και γαλβανικές ανόδους ψευδαργύρου που τοποθετούνται γύρω από την κατασκευή που πρόκειται να προστατευτεί, με τις ανόδους να τίθενται σε τσιμέντο Portland ή σε σκυρόδεμα ή σε κονίαμα. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς μανδύες σκυροδέματος, εποξειδικούς μανδύες και περιτυλίγματα, ο συγκεκριμένος μανδύας παρέχει συνεχές γαλβανικό ρεύμα το οποίο αντιμετωπίζει την ενεργή διάβρωση.

Το σύστημα είναι αυτοτροφοδοτούμενο και ρυθμίζει την παραγωγή ρεύματός του σύμφωνα με το ρυθμό διάβρωσης του χάλυβα και του περιβάλλοντός του. Η εγκατάστασή του είναι απλή και το μεγαλύτερο μέρος αυτής μπορεί να ολοκληρωθεί καθώς η κατασκευή χρησιμοποιείται. Το σύστημα δεν απαιτεί συντήρηση, ούτε εκτενής προετοιμασία υποστηλώσεως πριν την εγκατάσταση, και αποκαθιστά την απώλεια σκυροδέματος που οφείλεται στην διάβρωση του χάλυβα και στην αποφλοιώση του σκυροδέματος. Ο μανδύας αυτός παρέχεται σε σχήματα κατάλληλα για κάθε περίπτωση.

Βρίσκει εφαρμογή σε κατασκευές που έχουν υποβληθεί σε μόλυνση από χλωριόντα, έντονη χημική έκθεση, πασσάλους από χάλυβα διατομής τύπου Η και βάθρα γεφυρών. [3]

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα καταναμημένων συστημάτων

- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προστατέψουν κατασκευές από χάλυβα ή σκυρόδεμα
- Δεν χρειάζονται εξωτερική πηγή ενέργειας ή έλεγχο
- Γρήγορη και εύκολη εγκατάσταση, επισκευάζουν το αποφλοιωμένο σκυρόδεμα και προσφέρουν προστασία μονομιάς
- Μεγάλη διάρκεια ζωής, 10 με 35 χρόνια [3]

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γεγονός είναι ότι υπάρχει μια αρκετά μεγάλη ποικιλία συστημάτων μείωσης της διάβρωσης που προσφέρονται για κατασκευές από σκυρόδεμα, καθεμία με τα πλεονεκτήματά της και τους περιορισμούς της. Η ανάπτυξη βασικής κατανόησης του μηχανισμού της διάβρωσης και των διαθέσιμων τεχνολογιών μετριάσής της παρέχει μια ισχυρή βάση για την ανάπτυξη μακροπρόθεσμων στρατηγικών που αυξάνουν τη διάρκεια ζωής των κατασκευών ενώ ταυτόχρονα καλύπτουν τις ανάγκες και την τσέπη του ιδιοκτήτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] J. Christopher Ball and David W. Whitmore "Corrosion Mitigation Systems for Concrete Structures", Concrete repair bulletin July/August 2003
- [2] David W. Whitmore, P. Eng. "Impressed Current and Galvanic Discrete Anode Cathodic Protection for Corrosion Protection of Concrete Structures", Vector Corrosion Technologies 2002
- [3] Δυκτιακός τόπος www.vector-corrosion.com