

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΔΙΑΒΡΩΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΠΑΡΜΑΞΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Περίληψη

Γενικά ο χάλυβας στο σκυρόδεμα επηρεάζεται από την διάβρωση, διότι στο υγρό σκυρόδεμα ο χάλυβας βρίσκεται εκτεθειμένος στην προσβολή της υγρασίας των πόρων, η οποία κανονικά μπορεί να αντιμετωπιστεί με ένα κορεσμένο διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου, το οποίο προκύπτει μέσω υδρόλυσης πυριτικών αλάτων ασβεστίου και αλουμινίου με PH 12,6.

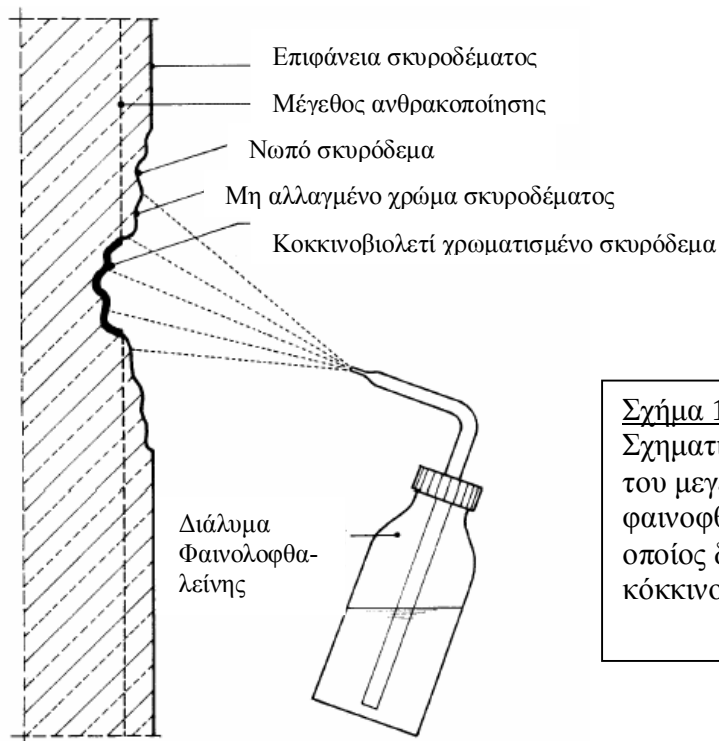
Με την διέλευση μιας επαρκούς ποσότητας νερού και αερίου στο σκυρόδεμα μέσω των πόρων και των ρηγματώσεων διοχετεύεται ανεμπόδιστα στο χάλυβα διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Το διαλυμένο υδροξείδιο του ασβεστίου ανθρακοποιείται. Έτσι η τιμή του PH του νερού των πόρων πέφτει στο 9 έως 10. Η προστασία σε διάβρωση η οποία εξασφαλίζεται μέσω της υψηλής τιμής του PH (αλκαλική προστασία) και μέσω της αδρανοποίησης του χάλυβα (μέσω πυριτικών αλάτων) χάνεται. Το πάχος της επικάλυψης του σκυροδέματος πρέπει να αυξηθεί από 20 σε 25 mm. Σημαντικό ρόλο παίζουν το είδος του τσιμέντου και η συμπεριφορά της ανάμειξης. Για να αυξηθεί η πυκνότητα του σκυροδέματος πρέπει να δοθεί στο τσιμέντο Puzzling συμπλήρωμα (π.χ Portlandzementklinker und Flugasche).

Έτσι μειώνονται οι πορώδεις θέσεις του σκυροδέματος όμως μειώνεται και η αλκαλικότητα με την προσθήκη συμπληρώματος SiO₂, πράγμα το οποίο ευνοεί την διάβρωση. Τα χλωρίδια, τα οποία συμβάλλουν στην γρήγορη σκλήρυνση ή στο να εμποδίσουν την ψύξη κάτω από τους 0 °C του με χλώριο σε περιεκτικότητα νερού, προκαλούν κατάργηση της αδρανοποίησης της επιφάνειας του χάλυβα. Ο κίνδυνος διάβρωσης του οπλισμού στο σε περιεκτικότητα με χλωρίδια σκυρόδεμα οφείλεται επίσης στην καταστροφή της αδρανείας ή την καθυστέρηση της αδρανοποίησης του μετάλλου. Αυτή η κατάργηση επιτυγχάνεται περισσότερο τοπικά, συχνά αυτή ορίζεται μέσω ασήμαντων διαφορετικών δομών του αδρανειακού στρώματος

1. Εισαγωγή στο πρόβλημα

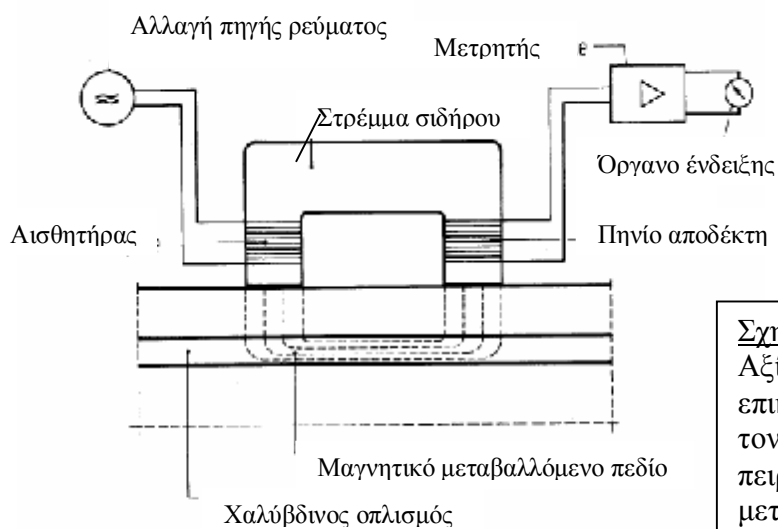
Στο πλαίσιο των μελετών που έγιναν για την αποκατάσταση των διατομών από οπλισμένο σκυρόδεμα διεξήχθησαν οι παρακάτω δόκιμες.

- Προσδιορισμός των απαιτήσεων, δηλ. το μέγεθος της ανθρακοποίησης (σχήμα 1.1) ή το προφίλ του μεγέθους της ποσότητας σε χλωρίδια.
- Εξακρίβωση της διάβρωσης του οπλισμού.



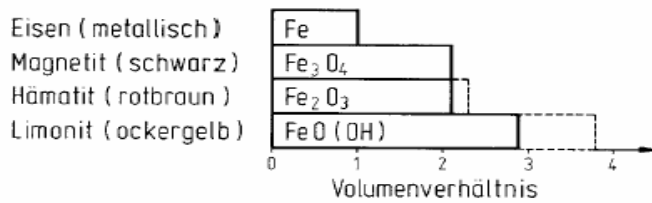
Σχήμα 1.1

Σχηματική παράσταση για τον προσδιορισμό του μεγέθους της ανθρακοποίησης με διάλυμα φαινοφθαλεινης σαν χημικός δείκτης, ο οποίος δείχνει επαρκή αλκαλικότητα με το κόκκινο-βιολετί χρώμα.

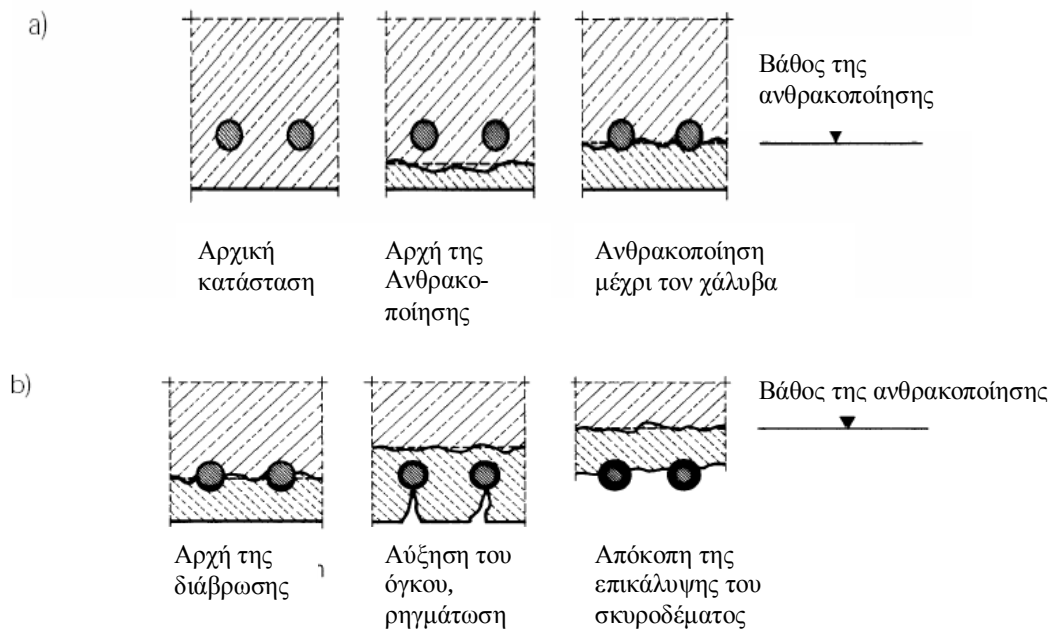


Σχημα1.2

Αξίωμα για τον υπολογισμό της επικάλυψης με την βοήθεια του από τον οπλισμό πειραγμένου μαγνητικού μεταβαλλόμενου πεδίου.

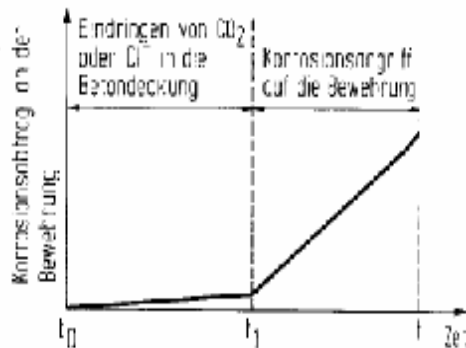


Σχήμα 1.3 Όγκοι μερικών διαβρωμένων σιδηρών, οι οποίοι λαμβάνονται από τον αρχικό όγκο των σιδηρών



Σχήμα 1.4

Παράσταση της ανθρακοποίησης και της διάβρωσης μιας διατομής οπλισμένου σκυροδέματος
 α) Αρχή της ανθρακοποίησης χωρίς διαβρωμένο χάλυβα (δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό με γυμνό μάτι ούτε με χτύπημα στην επιφάνεια του σκυροδέματος).
 β) Ανθρακοποίηση με διαβρωμένο χάλυβα (αντιληπτό με γυμνό μάτι και με χτύπημα στην επιφάνεια του σκυροδέματος)

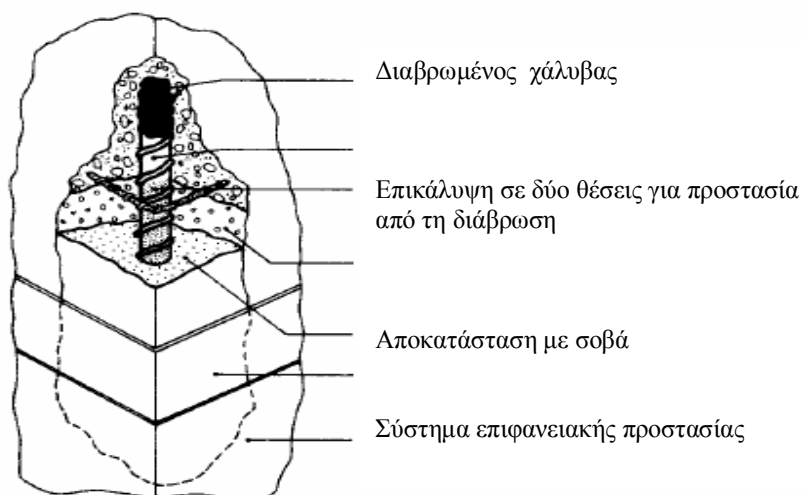


Σχήμα 1.5

Σχηματική παράσταση της ζημίας που προκαλεί η διάβρωση του χάλυβα στο σκυρόδεμα. Από το σημείο t_0 έως το σημείο t_1 , όπου εισβάλλουν η ανθρακοποίηση και τα χλωρίδια στον χάλυβα, μόλις που αρχίζει να διαφαίνεται η διάβρωση, από εκεί και έπειτα η διάβρωση αρχίζει να επιταχύνεται.

Για καλύτερη κατανόηση της όλης μελέτης προκύπτουν κάποια ερωτήματα

- Σε ποιες διατομές μπορεί να γίνει ένα επιφανειακό σύστημα προστασίας και αυτό να είναι επαρκές.
- Ποιες διατομές έχουν πάθει τόση ζημία ώστε να είναι αναγκαία μια ολική αποκατάσταση του σκυροδέματος (σχήμα 1.6)



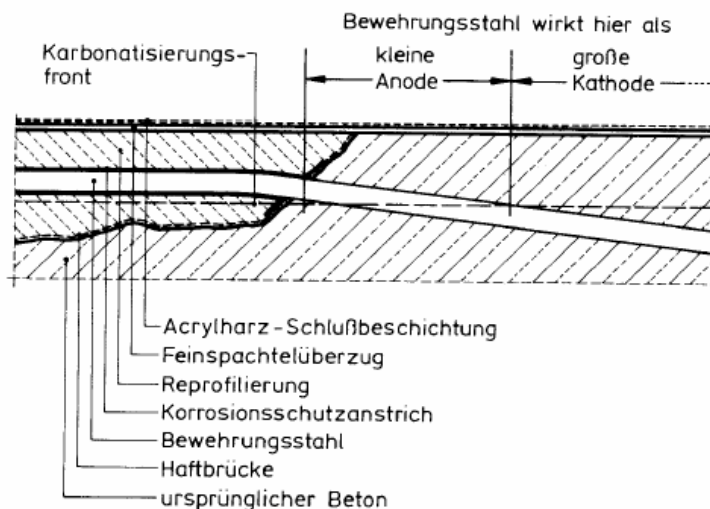
Σχήμα (1.6)
Αποκατάσταση
σκυροδέματος με
σοβά από τσιμέντο

Ο προσδιορισμός των βλαμμένων περιοχών από διαβρωμένο οπλισμό σε διατομές από οπλισμένο σκυρόδεμα γινόταν παλιά

-με γυμνό μάτι

-με χτύπημα με σφυρί

Με αυτές τις απλές πειραματικές μεθόδους υπήρχε μεγάλη πιθανότητα περιοχές όπου βρίσκονταν στα αρχικά στάδια διάβρωσης να μην επισημανθούν και έτσι να μην επιδιορθωθούν. Έτσι ο χάλυβας ο οποίος βρίσκεται στην περιοχή με το ανθρακοποιημένο σκυρόδεμα, σχηματίζει μια μικρή επιφάνεια ανόδου, σε αντίθεση με τον καθοδικό χάλυβα που βρίσκεται σε ένα επαρκές βάθος μέσα στο σκυρόδεμα. Αυτή είναι μια από τις συχνές αιτίες που παρουσιάζονται στο μέλλον ζημιές λόγω διάβρωσης.



Σχήμα (1.7)

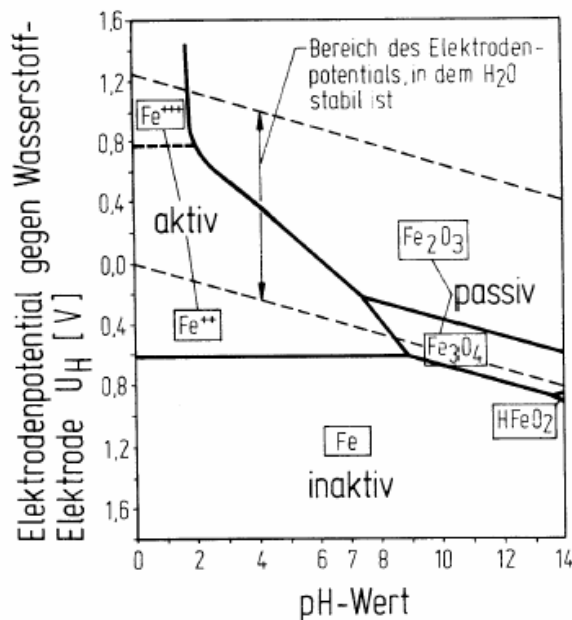
Σχηματική παράσταση ηλεκτροχημικά διαβρωμένου οπλισμού. Διάβαση από το επισκευασμένο στο αρχικό σκυρόδεμα.

1 Μετρήσεις του δυναμικού για τον προσδιορισμό του διαβρωμένου οπλισμού σε διατομές οπλισμένου σκυροδέματος

1.1 Ηλεκτροχημική διάβρωση του χάλυβα στο σκυρόδεμα

Μια επαρκής επικάλυψη με σκυρόδεμα και καλή συμπίκνωση του σκυροδέματος είναι αρκετά για την προστασία του οπλισμού από την διάβρωση. Αυτή η προστασία από την διάβρωση οφείλεται στην υψηλή αλκαλικότητα των πετρωμάτων του τσιμέντου ($\text{PH}=12,5$), τόσο που η επιφάνεια του χάλυβα αδρανοποιείται. Η αδρανοποίηση της επιφάνειας του χάλυβα είναι δυνατή μόνο στις περιοχές του PH, οι οποίες υπολογίζονται από το διάγραμμα του Pourbaix (σχήμα 2.1). Περιοχή του PH 9-13. Η παρουσία αλάτων στο νερό μπορεί να

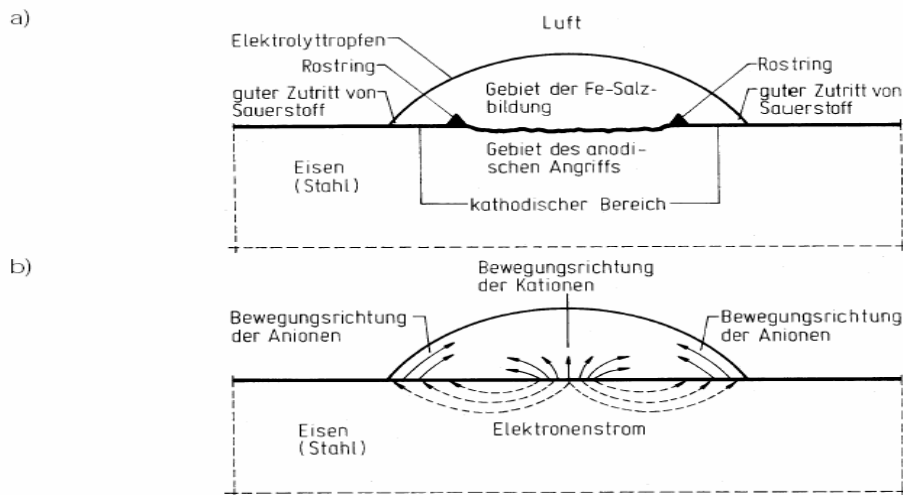
αλλάζει αυτή την περιοχή, σε σημείο όπου σε οπλισμένο σκυρόδεμα ελεύθερο από χλωρίδια να υπάρξει στην χειρότερη περίπτωση αδρανοποίηση με $\text{PH} = 9,5$



Σχήμα 2.1

Pourbaix-διάγραμμα για σίδηρο σε νερό με θερμοκρασία 25 C

Στην Ευρώπη η υγρασία του αέρα είναι περίπου $\phi=65-90\%$, έτσι το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι αρκετά υγρό, για να είναι δυνατή και η ηλεκτροχημική διάβρωση. Αυτή η ηλεκτρολυτική διάβρωση παριστάνεται στο παράδειγμα ενός τοπικού στοιχείου στο σχήμα 2,2. Στο παράδειγμα διακρίνονται οι ανοδικές και οι καθοδικές περιοχές του οπλισμού.

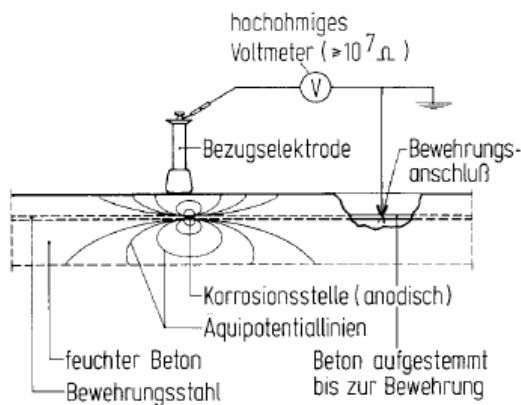


Σχήμα 2.2

Επίδραση ηλεκτρολυτικών σταγόνων στο χάλυβα

1.2 Αρχή της ηλεκτροχημικής μέτρησης του δυναμικού

Οι ανοδικές και οι καθοδικές περιοχές του οπλισμού είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους (σχήμα 1,7), έτσι που προκύπτουν διαφορετικές Μετρήσεις ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ ηλεκτροδίων που βρίσκονται στην επιφάνεια του σκυροδέματος και του οπλισμού.

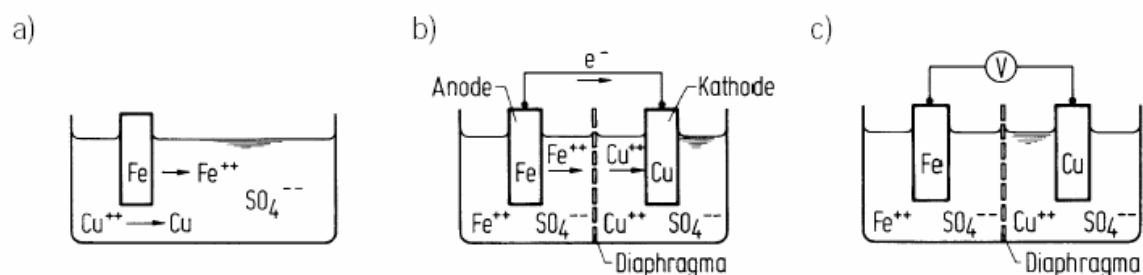


Σχήμα 2.3

Παράσταση της αρχής των ηλεκτροχημικών μετρήσεων δυναμικού σε μια επιφάνεια οπλισμένου σκυροδέματος

Η Αρχή της μέτρησης της διαφοράς δυναμικού με την βοήθεια ενός περικαλυμμένου ηλεκτροδίου εξηγείται παρακάτω:

Χρησιμοποιούμε ένα σιδερένιο ηλεκτρόδιο βυθισμένο σε διάλυμα αλάτων σιδηρού και ένα χάλκινο ηλεκτρόδιο βυθισμένο σε διάλυμα αλάτων χαλκού. Τα δυο διαλύματα διαχωρίζονται με μια πορώδες μεμβράνη(Diaphragm). Με αυτό τον τρόπο προκύπτει ένας γαλβανισμένος πυρήνας, στον οποίο ρέει ηλεκτρικό ρεύμα. Εγκαθίσταται μεταξύ των δυο ηλεκτροδίων ένα βολτόμετρο, το οποίο μετράει μια ηλεκτρική διάφορα δυναμικού (τάση του πυρήνα).



Σχήμα 2,4

Γαλβανισμένοι πυρήνες

- Αντιδράσεις της βυθισμένης σε διάλυμα αλάτων χαλκού σιδερένιας ράβδου
- Γαλβανισμένοι πυρήνες από σιδηρο\διάλυμα αλάτων σιδηρού και χαλκο\διάλυμα αλάτων χαλκού
- Μέτρηση της διαφοράς δυναμικού σε ένα γαλβανισμένο πυρήνα

Ο γαλβανισμένος πυρήνας του σχήματος 2,4b και 2,4a λαμβάνεται από δυο μισους πυρήνες :

- ένα από σιδερένιο πυρήνα
- ένα από χάλκινο πυρήνα

οι οποίοι διαχωρίζονται από μια πορώδες μεμβράνη. Ανάλογα με την επιλογή των μετάλλων καθώς και των μεταλλικών αλάτων όπως και της συγκέντρωσης τους στο διάλυμα, το βολτόμετρο διαβάζει διαφορετικές τιμές της διαφοράς δυναμικού, όταν γίνεται ένωση δυο μισών πυρήνων.

Για τον έλεγχο της ύπαρξης διαβρωμένου οπλισμένου σκυροδέματος μας ενδιαφέρει μόνο η προέλευση των αλάτων σιδηρού στον σίδηρο, δηλ. το μέρος της διαφοράς δυναμικού που προκύπτει αριστερά του μισού πυρήνα στα σχήματα 2,4b και 2,4c. Για να παρατηρήσουμε τυχών αλλαγή της συμπεριφοράς του διαβρωμένου χάλυβα στο σκυρόδεμα φέρνομαι σε επαφή το μισό πυρήνα από χαλκό με το διαβρωμένο μισό πυρήνα από σίδηρο και αν μετρηθεί μια αλλαγή στην τιμή της διαφοράς δυναμικού τότε υπάρχει και αλλαγή συμπεριφοράς του διαβρωμένου οπλισμού.

Βιβλιογραφία

Prof. Dr.-Ing. Helmut Marquardt (marquardt@fhnon.de, www.fhnon.de/fbab/marquardt)
Institut für Baustoffe und Bauphysik an der Fachhochschule Nordostniedersachsen, Buxtehude
(www.fhnon.de/ifbb)

- [1.1] Grube, H.; Kern, E.; Quitmann, H.-D.: Instandhaltung von Betonbauwerken. In : Franz, G. (Hrsg.): Beton-Kalender 79 (1990), Teil II. Berlin: Ernst & Sohn 1990, S. 681 - 805 (ISBN 3-433-01108-7, ISSN 0342-7617).
- [1.2] DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Hrsg. vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb), Oktober 2001. Berlin: Beuth 2001.
- [1.3] Grube, H.; Krell, J.: Zur Bestimmung der Carbonatisierungstiefe von Mörtel und Beton. Beton 36 (1986), H. 3, S. 104 - 108 (ISSN 0005-9846).
- [1.4] Schmitz, H.; Böhning, J.; Krings, E. u.a.: Verfahren und Geräte zur Erfassung von Bauschäden. Hrsg. vom Landesinstitut für Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (LB), Heft Nr. 2.3-2000. 2. Aufl. Aachen: LB 2000.
- [1.5] Schickert, G.; Krause, M.; Wiggenshauser, H.: Studie zur Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren bei Ingenieurbauwerken - ZfPBau-Kompendium. BAM-Forschungsbericht 177, hrsg. von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1991 (ISBN 3-89429-090-0, ISSN 0938-5553).
(Vergriffen, aber aktualisiert unter URL: http://www.bam.de/service/publikationen/zfp_kompendium/welcome.htm)
- [1.6] Gusia, P. J.; Hörner, H.-J.: Kombinierte Bestimmung Chlorid-Gehalt und Karbonatisierungstiefe. Beton 48 (1998), H. 9, S. 550 - 556 (ISSN 0005-9846).
- [1.7] Dillmann, R.: Herstelltoleranzen der Betondeckung. Kurzberichte aus der Bauforschung Nr. 58 (1991), H. 5, S. 439 - 453.
- [1.8] Merkblatt für die Durchstrahlungsprüfung von Stahlbeton und Spannbeton (April 1990). Merkblatt B 1 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP), Ausschuss für Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (*auch abgedruckt in [1.5c]*).
- [1.9] Merkblatt für Bewehrungsnachweis und Überdeckungsmessung bei Stahl- und Spannbeton (April 1990). Merkblatt B 2 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP), Ausschuss für Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (*auch abgedruckt in [1.5c]*).
- [1.10] Bunke, N. Prüfung von Beton - Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048. Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), Heft 422. Berlin: Beuth 1991 (ISBN 3-410-65622-7, ISSN 0171-7197).
- [1.11] Schaab, A.; Flohrer, C.; Hillemeier, B.: Die zerstörungsfreie Prüfung der Betondeckung der Bewehrung. Beton- und Stahlbetonbau 84 (1989), H. 11, S. 275 - 279, und H. 12, S. 324 - 327 (ISSN 0005-9900).
- [1.12] Hillemeier, B.; Müller-Run, U.: Bewehrungssuche mit der Thermographie. Beton- und Stahlbetonbau 75 (1980), S. 83 - 85 (ISSN 0005-9900).
- [1.13] Hosser, D.; Gensel, B.: Kriterien zur Beurteilung und Prüfung der Betondeckung von Stahlbetonbauteilen. Beton- und Stahlbetonbau 88 (1993), H. 4, S. 89 - 95 (ISSN 0005-9900).