

**ACADEMIA ROMÂNĂ  
FILIALA TIMIȘOARA**

---

**ZILELE ACADEMICE TIMIȘENE**

**Ediția a VIII-a**

**22-23 mai 2003**

**TIMIȘOARA, ROMÂNIA**

**Simpozion**

**MATERIALE, ELEMENTE ȘI STRUCTURI  
COMPOZITE PENTRU CONSTRUCȚII  
PREZENT ȘI PERSPECTIVE**

---

---



**Editor: Corneliu BOB**

**Publicat de Editura MIRTON  
Timișoara 2003**

## ASPECTE PRIVIND DETERMINAREA NIVELELOR DE COROZIUNE ALE ARMATURILOR STRUCTURILOR DE BETON ARMAT

### ASPECTS REGARDING THE DETERMINATION OF THE LEVEL OF CORROSION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Petru Rapisca – s.l. dr. ing. UNIV. "TRANSILVANIA" BRASOV, FAC. de CONSTRUCTII  
Ioan Tuns – s.l. dr. ing. UNIV. "TRANSILVANIA" BRASOV, FAC. de CONSTRUCTII

**ABSTRACT.** The paper dwells on methods of permanent surveillance of the danger of corrosion of the reinforcements of the structures of the reinforced concrete.

The corrosion of the reinforcements in the structures attacked by the environmental agents engenders problems due to the durability of the structural elements in the sense of the amelioration, as well as methods of investigation and monitoring of the corrosion level for concrete and reinforcement.

By using the "scalar sensors" and "annular anode extendible sensors" systems in the concrete covering or in the points or areas exposed which are to be under surveillance we can find out the depth of the depassivation front of the concrete and the corrosion level of the reinforcement.

We present the way of acting of the surveillance systems of corrosion, the measurement and interpretation of the data.

#### 1. INTRODUCERE

Întreținerea și prevenirea riscurilor de deteriorare a structurilor sunt probleme permanente și foarte importante ale beneficiarilor. Cele mai frecvente cazuri de degradare provocate de medii agresive și deci situația cea mai îngrijorătoare din punct de vedere al durabilității și siguranței în exploatare se întâlnesc la structurile de beton armat din industria chimică în special dar și la alte industrii. În aceste condiții asigurarea durabilității și siguranței în exploatare a structurilor de beton armat nu depind numai de măsuri de protecție primară (acoperire constructivă, acoperire de beton, etc.) sau măsuri de protecție secundară (protecții anticorozive aplicate pe beton și armătură) ci de monitorizarea ei, vizând betonul și armătura.

Interdependența, respectiv condiționarea reciprocă dintre durata de exploatare și gradul de deteriorare al unei structuri de beton armat sunt prezentate în fig.1:

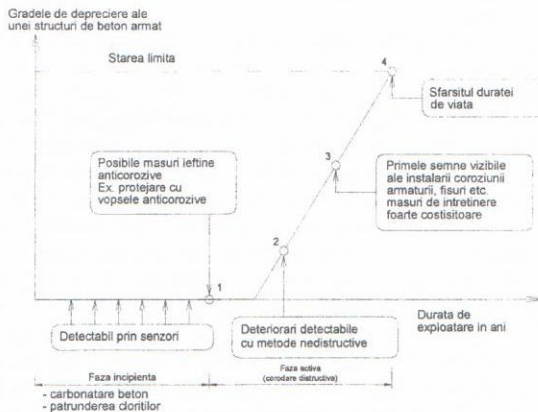


Fig. 1 Graficul raportului dintre gradul de deprecieri al unei constructii si durata de exploatare

În ceea ce privește coroziunea elementelor de beton armat se disting două faze:

- într-o primă fază au loc reacții ce produc carbonatarea betonului deci se creează condiții propice de apariție a pericolului de începere a coroziunii armăturii. În această fază se produce microfisurarea datorată condițiilor de mediu în general cu favorizarea pătrunderii clorurilor într-o fază incipientă.
- iar faza următoare este faza de corodare distructivă în armătură cu efecte dezastruoase asupra betonului ca material care conduce la fisuri și microfisuri, dislocări ale betonului de acoperire, diminuări critice ale secțiunilor și diminuări vizibile ale diametrelor armăturii.

Aceste două faze sunt vizibile în fig. 1.

Costurile pentru asigurarea măsurilor de protecție și întreținere curentă sunt rezonabile până în momentul apariției fenomenului de coroziune.

Din momentul apariției primelor fisuri și exfolieri sunt necesare costuri importante de reparații și remedieri. Dacă prin examinări vizuale, inspectări sau măsurători se constată prezența pericolului de coroziune a armăturii când coroziunea s-a instalat senzorii propuși pentru supravegherea pericolului de corodare fac posibilă depistarea apariției și controlul permanent al evoluției în timp al fazei incipiente de coroziune a armăturii. Utilizarea acestor senzori este indicată mai ales la structurile de beton armat amplasate în diferite industrii chimice, celuloză și hârtie etc., cu medii agresive și durate de exploatare îndelungate sau atunci când controlul vizual sau potențiometrul, trebuie efectuat în zone sau puncte inaccesibile.

## 2. CONSIDERAȚII TEORETICE

Este știut că de regulă armatura de oțel din beton este protejată prin pasivizarea (neutralizarea) suprafeței oțelului în masa puternic alcalină a betonului ( $\text{PH beton} = 12,5 \dots 13,5$ ). Această protecție se poate pierde prin cele două mecanisme distincte:

- carbonatarea betonului, cu alte cuvinte prin realizarea reacției chimice dintre componentele alcaline cu  $\text{CO}_2$  din aer, reacție ce are ca rezultat scăderea valorii  $\text{PH}$ -ului sub 9.
- depășirea concentrației critice de clor, astfel declanșându-se corodarea suprafețelor armăturii din beton.

Cele două substraturi depasivante  $\text{CO}_2$  și  $\text{Cl}^-$  pătrund în mod normal de la suprafața betonului spre interior, traversând stratul de acoperire de beton, al armăturii, realizând astfel faza incipientă de introducere a coroziunii armăturii. Coroziunea începe în momentul când la nivelul armăturii s-a atins concentrația critică, condiționată de umiditate și prezența oxigenului – condiții îndeplinite de regulă la elementele exterioare construcției dar înțelegându-se și la elementele de structură din interior unde procesele tehnologice favorizează apariția acestor condiții. Putem vorbi în această situație de instalarea fazei corozive. Zona de trecere de la betonul necarbonat la betonul carbonat respectiv de la betonul în care concentrația critică de clor se situează sub, respecti peste concentrația ce declanșează fenomenul de coroziune, se mai numește și front de depasivare. Acest front se contitue imediat după betonare, la suprafața betonului. În timpul perioadei de exploatare a structurii acest front de depasivare pătrunde tot mai adânc în beton, condiționat de caracteristicile tehnice ale betonului, tehnologiile de betonare, parametrii mediului înconjurator. Pe când la construcțiile vechi acoperirea din beton este adesea foarte mică, la construcțiile noi aceasta se dimensionează astfel ca frontal de depasivare să nu poată ajunge la nivelul armăturii pe durata perioadei de exploatare proiectate, respectiv să nu fie posibilă apariția coroziunii armăturii. La construcțiile amplasate în

medii puternic agresive îndeplinirea acestei cerințe este dificilă, astfel încât se impune luarea de măsuri suplimentare de protecție anticorozivă care la nivelul lor trebuie să aibă durabilitate cel puțin egală cu durata de exploatare a structurilor de beton armat.

### 3. MODUL DE FUNCȚIONARE AL SISTEMELOR DE SUPRAVEGHERE A COROZIUNII

Apariția și dezvoltarea producției de senzori de supraveghere a armăturii din betoane se bazează pe o îndelungată și laborioasă muncă de cercetare a mecanismelor și influențelor coroziunii oțelului din beton datorată atacului cu ioni de clor.

Senzorii de supraveghere a coroziunii sunt compuși din mai mulți senzori independenți care sunt înglobați în stratul de beton de acoperire a armăturii în punctele sau zonele mai expuse care se cer supravegheate. În acest mod se poate urmări pâna la ce adâncime a patruns frontal de depasivizare din beton. Aceasta se realizează practic prin măsuratori ale parametrilor curentului electric.

Senzorii independenți sunt implantați de regulă scalar, la distanțe egale cca 10 mm unul de altul pe toată grosimea stratului de acoperire.

În figura 2 se poate observa modul de implantare a senzorilor scalari independenți.

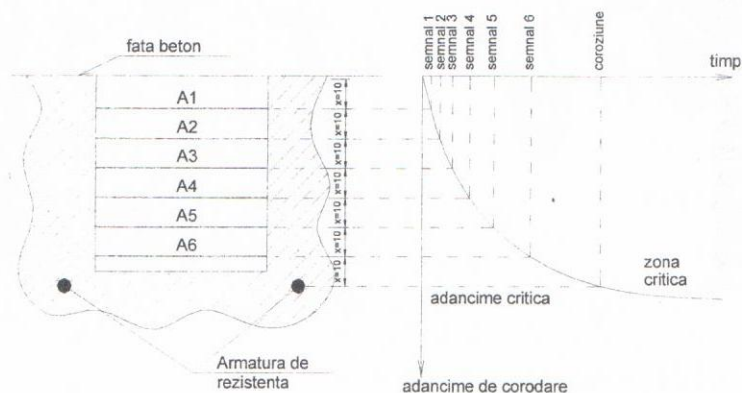


Fig. 2 Reprezentarea grafica a principiului de masurare pentru aprecierea timpului ramas pana la inceperea coroziunii armaturii (Frontul de depasivizare)

### 4. SISTEMUL ANODIC SCALAR

Principiul de funcționare a senzorilor individuali se bazează pe proprietățile chimice ale fenomenului de coroziune a oțelului în beton. O bară de oțel înglobată în beton este legată printr-un conductor ce iese la suprafața betonului cu bară din metal inoxidabilă rezistent la coroziune de asemenea înglobată în beton.

După depasivizarea barei de oțel beton se formează un element galvanic între bara de oțel beton și cea de oțel inoxidabil, care produce un curent electric a cărui parametri pot fi măsurați la suprafața și interpretați.

Într-un sensor scalar sunt legați mai mulți senzori independenți deasupra unor implanturi din oțel inoxidabil, izolați electric și senzori individuali. Conductorii electrici sunt fixați pe implanturi cu rășini epoxidice și conduși dincolo de suprafața betonului fig. 3. Elementele scalare înglobate sunt înclinate față de suprafața betonului și așezate pe armătura, astfel încât senzori individuali de această scară înclinată, au acoperiri diferite la beton. Drept electrod perche (catod) pentru măsurarea curentului spre bara de oțel beton (anod) se folosesc bare din titan acoperite cu oxid de platină, care au un potențial pozitiv foarte mare. Din punct de vedere fizico-chimic acest potențial pozitiv specific materialelor nobile, inoxidabil generează în cazul repasivizării anodului cu curenți galvanici foarte puternici (fig. 3 și fig. 4).

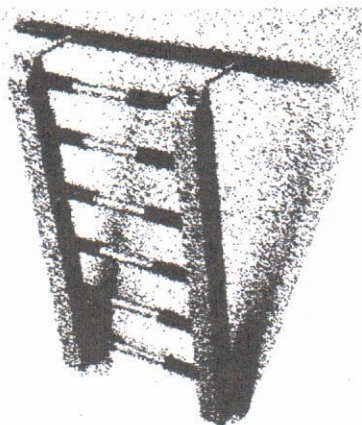


Fig. 3

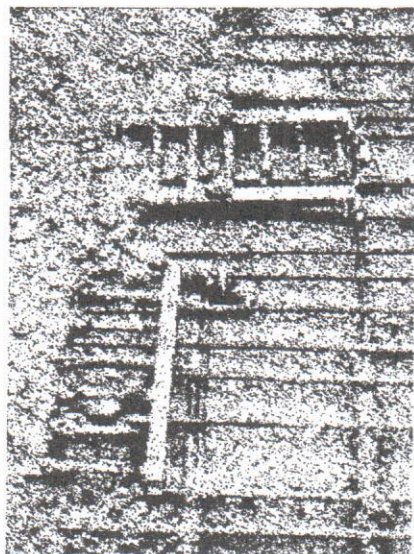


Fig. 4

##### 5. SISTEMUL ANOD INELAR EXTENSIBIL

Sistemul se compune dintr-un inel extensibil (anod) și o bară (catod). Ambii senzori se introduc în găuri date cu burghiul și se fixează printr-un mecanism extensibil special. În fig. 5 se poate vedea modul de instalare și funcționare a sistemului.

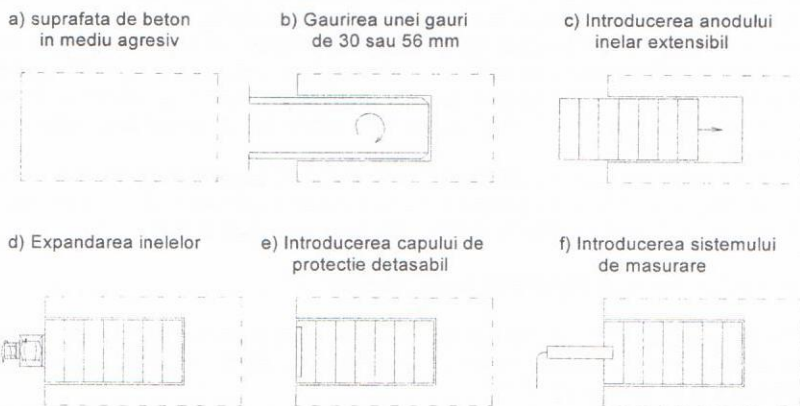


Fig. 5 Modul de instalare si functionare a sistemului: anod inelar extensibil

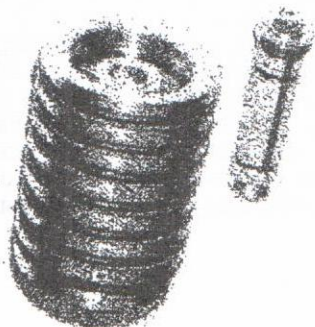


Fig. 6

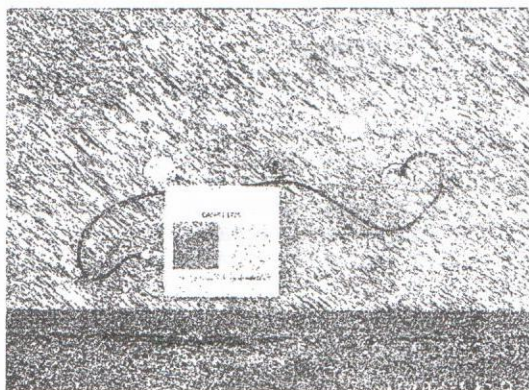


Fig. 7

Comparativ cu cele 6 trepte ale sistemului precedent (scalar), inelul extensibil este alcătuit din 6 inele de măsurare, dispuse echidistant (1cm) de la fața betonului către armătura, (fig. 6). Deasupra și între aceste inele metalice sunt 7 inele izolatoare, care izolează inelele metalice unele de altele, astfel încât nici apa și nici alte lichide agresive nu pot pătrunde în găuri pe direcția betonării.

Instalarea inelelor anod se face aplicându-se un moment de rotire (cuplul) dat, timp în care contactul dintre inelele de măsură și beton poate fi controlat prin măsurarea rezistenței electrolitice dintre inele.

Senzorul este astfel conceput, ca la depășirea cuplului (moment) admisibil, să nu se producă fisuri în beton. Pentru a îndeplini această condiție, senzorul la depășire a cuplului admisibil, se rotește "în gol", astfel încât nu mai solicită betonul. Din motive de securitate se recomandă păstrarea unei distanțe minime față de marginile elementelor din beton.

În cazul anodului inelar este intergrată o doză metalică pentru măsurători în care se poate introduce ulterior un cablu de la aparatura de măsură (fig.7).

Această doză este protejată de un capac înșurubat pe timpul măsurătorilor în capul senzorului, astfel încât senzorul se află la nivelul suprafeței betonului pe care nu o depășește.

Toate spațiile goale ale senzorului sunt umplute cu rășină epoxidică (părțile fixe), sau volvalină anticorozivă (părțile mobile), astfel încât cloriții să nu poată pătrunde în beton prin interiorul senzorului.

În acest mod se face că pătrunderea frontului de depasivizare nu este influențată de prezența senzorului, știut fiind că cloriții pot pătrunde numai prin betonul existent (vechi).

Măsurătorile în cazul ambelor sisteme se face cu același aparat.

## 6. MASURAREA ȘI INTERPRETAREA DATELOR.

Pentru a putea măsura adâncimea până la care pătrunde frontul de depasivizare, se măsoară curenții electrici, tensiunea electrică, precum și temperature cu ajutorul unor senzori termici introduși în senzorii propriu-ziși.

Aceste măsurători se efectuează de regulă 1-4 ori/an cu un aparat portabil. Este posibil ca măsurătorile să fie făcute permanent, fără întrerupere, prin racordarea senzorilor la un calculator, lucru care nu se recomandă, dat fiind variațiile mici în timp, ale parametrilor măsurați.

Prin măsurarea temperaturii se controlează și se poate elimina influența temperaturii asupra curenților. În plus, se poate măsura rezistența curentului alternativă dintre senzori, care ne dă implicit informații privind conținutul de apă al betonului în zona marginală. Totodată se poate aprecia viteza de derulare a unui eventual proces de corodare.

Pentru controlul și înregistrarea măsurătorilor efectuate prin sistemele de supraveghere a coroziunii, se folosește aparatul portabil CANIN-LTM (fig.7). Acest aparat, acționat de o baterie electrică permite măsurarea și memorarea prin apăsarea unui buton a curenților electrici, tensiunii curentului, rezistențe, temperaturi. De asemenea, se poate controla contactul dintre inele și beton, în cazul sistemului de anod inelar. Valorile critice sunt marcate și afișate automat pe display. Aparatul are capacitatea de a măsura, înregistra și memora datele furnizate de 1000 de senzori. Aceste date pot fi transferate la un calculator. Pentru evaluarea în timp a datelor se pot întocmi bănci de date pentru fiecare zenzor în parte.

## BIBLIOGRAFIE:

1. Raupach, M.: Zur chloridinduzierten Makroelementkorrosion von Stahl in Beton. Berlin (1992).
2. Schießl, P., Raupach, M.: Chloridinduzierten Korrosion von Stahl in Beton (1988).
3. Schießl, P., Raupach, M.: Einfluß der Betonzusammensetzung und der Umgebungsbedingungen auf die chloridinduzierte Korrosion von Stahl in Beton (1990).
4. Schießl, P., Breit, W., Raupach, M.: Sensortechnik: Schutz statt Instandsetzung - Überwachung von Betonbauwerken (1996).
5. Schießl, P., Raupach, M.: Monitoring System for the Corrosion Risk for steel in Concrete (1992).
6. Schießl, P.: New Approaches to Monitoring and Repair of Concrete Structures (1995).
7. Bob, C.: Monitorizarea și strategia de întreținere a construcțiilor - materialele conferinței naționale a XII-a ediție a schimbului de experiența Buziaș 1-3 octombrie 1998