

# ASPECTE PRIVIND COROZIUNEA ARMĂTURII ÎN BETON ISSUES ON REINFORCEMENT CORROSION IN CONCRETE

CONSTANTIN BUDAN<sup>1\*</sup>, DANIEL NICOLAE STOICA, ADRĂNEL MARIN COTESCU

<sup>1</sup> Universitatea Tehnică de Construcții București, B-dul Lacul Tei nr. 124, Sect.2, București, România

*Coroziunea armăturilor este datorată, în principiu, diminuării pH-ului soluției apoase din porii betonului și prezenței oxigenului.*

*Mai pot fi luate în considerare și alte cauze posibile, legate de concentrarea sarcinilor exterioare statice sau dinamice asupra elementelor și curenții de dispersie.*

*Timpul de apariție al fenomenului, ca efect distructiv semnificativ asupra caracteristicilor de rezistență mecanică, este în principiu de minimum doi ani.*

*Indiferent de cauze, fenomenele trebuie cunoscute și ținute sub un control minim, deoarece elementele din beton care conțin armături puternic corodate care nu sunt aparente, pot suferi degradări importante (până la colaps), în momentele în care sunt solicitate excepțional.*

*Totodată, cunoașterea desfășurării proceselor de coroziune a armăturii, contribuie la îmbunătățirea metodelor de control a elementelor din beton armat, pentru prevenirea și diminuarea distrugerii acestora.*

*Reinforcement corrosion in principle is due by the slurry pH of concrete pores reduction and the presence of oxygen.*

*Time of occurrence of the phenomenon, as an effect on the strength characteristics, is in principle at least two years. If in the natural corrosion, the elements of monolithic concrete bear the blame is on the coverage with concrete for the reinforcement, at the precast concrete, corrosion may occur mainly due to chloride ions contained in concrete. Can be taken into account other possible causes, related to the concentration of static or dynamic external loads on the elements, the presence of lime in the concrete repair compositions or dispersion currents. Whatever the cause, the phenomena must be known and kept under control at least as concrete elements containing highly corroded reinforcement that are not apparent, can suffer significant degradation (up to collapse) in during exceptional applied loads. However, knowledge deployment of reinforcement corrosion processes contributes to improving the control of reinforced concrete, to prevent and reduce destruction.*

**Keywords:** corrosion, reinforcement, concrete, influence factors, anticorrosive protection.

## 1. Introducere

### 1.1. Coroziunea armăturilor

Protecția barelor în elementele din beton armat împotriva oxidării este obligatorie. Uneori, din motive tehnologice, stratul de protecție este realizat incorect, putând fi subdimensionat, segregat, fisurat sau dislocat parțial.

Armăturile expuse, vin în contact direct cu agenții corozivi: apă, umiditate, aer, agenți chimici sub formă de gaze sau soluții. Volumul produsului de coroziune este de circa 8 ori mai mare decât al metalului din care provine - expansiunea betonului produce fisurarea și desprinderea betonului [1-3].

Mai trebuie amintit faptul că și concentrarea de eforturi din sarcini statice sau dinamice amplifică procesul coroziunii.

Un caz aparte îl constituie coroziunea electrochimică. În prezența sărurilor dizolvate în apă, betonul devine bun conducător de electricitate.

Curenții de dispersie (curenți vagabonzi) sunt cunoscuți dar dificil de depistat și observat, ei fiind accidentali sau chiar provocați (în cazul protecțiilor catodice). Curentul electric poate atinge valori de sute de amperi intensitate și provoacă în

## 1. Introduction

### 1.1. Reinforcements corrosion

The bars protection in concrete elements against oxidation is required. Sometimes, for technological reasons, coating is performed incorrectly, may be undersized, segregated, partially broken or dislocated.

Exposed reinforcements come in direct contact with corrosive agents: water, moisture, air, chemical form of gases or solutions. Volume of corrosion oxide is about eight times higher than the metal from which it originates - the expansion of concrete produce cracking and concrete peeling [1-3].

It should be noted that concentrating the efforts of static or dynamic loads enhances corrosion process.

Electrochemical corrosion constitutes a special case. In the presence of salts dissolved in water, concrete is good conductor of electricity. The dispersion currents (stray currents) are known but difficult to detect and they were accidental or caused (in case of cathode protection). Electric current can reach values of hundreds of amperes

\* Autor corespondent/Corresponding author,  
Tel.: +40722 255 122, e-mail: [c.budan@budanconstructii.ro](mailto:c.budan@budanconstructii.ro)

armături fenomene de electroliză. Produsele de coroziune sunt duble în volum față de volumul metalului din care provin creând eforturi de până la  $300 \text{ daN/cm}^2$ .

intensity and cause electrolysis phenomena in reinforcement. Corrosion products are double in volume then the volume of metal from which are, creating efforts up to  $300 \text{ daN/cm}^2$ . In these areas

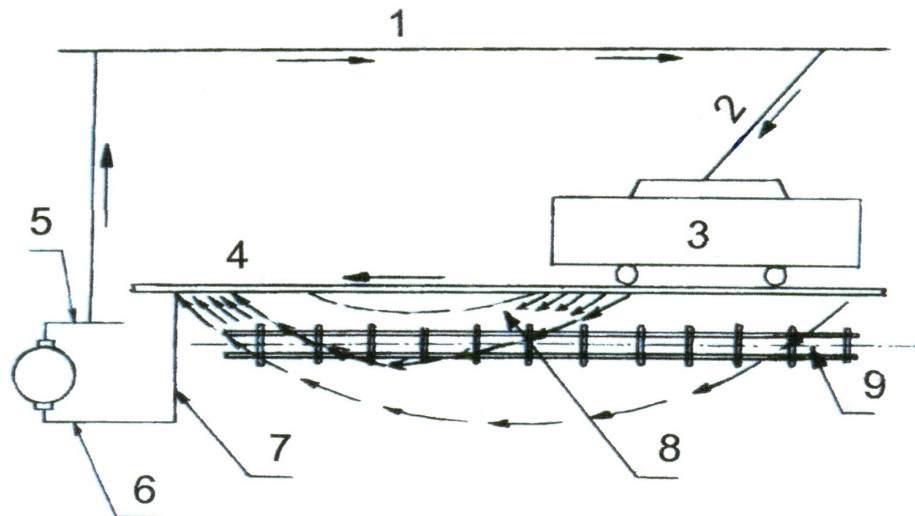


Fig. 1 - Schema de producere a curenților de dispersie, în care / Schedule of current production dispersal, where : 1- cablu de alimentare / power cord, 2- fir contact / contact wire, 3- vagon motor / car engine, 4- șină de rulare / running track, 5- bară pozitivă a substanței / bar of positive substance, 6- bară negativă a substanței / negative rod of substance, 7- cablu de întoarcere / return cable, 8- zonă de captare / the catchment area, 9- conductă metalică subterană / underground metal pipe.

În aceste zone betonul fisurează puternic (în general fundațiile și stâlpii) (fig.1) [2, 4].

appear strong cracks in concrete (in general for the foundations and pillars) (Fig. 1) [2, 4].

### 1.2. Coroziunea betonului

Cauzele apariției degradărilor aflate în medii agresive sunt:

- dizolvarea unor produși de hidratare ai cimentului (hidroxid de calciu);
- formarea produșilor de reacție ușor solubili;
- formarea unor compuși care măresc volumul și pot distruge betonul prin expansiune.

Compușii chimici existenți în natură, în ape, gaze sau sub formă de săruri acționează într-un fel sau altul asupra betonului, ajungând să-l degradeze. Printre cei mai importanți agenți chimici, amintim:

- apa de mare, cu formare de hidroxid de magneziu care scade proprietatea liantă;
- produșii expansivi, prin formarea de cristalohidrați de amoniu, constituie cauza tensiunilor interne care produc fisurarea betonului (micșorarea rezistenței mecanice);
- sulfatii conduc la fisurări și dislocări în masa de beton;
- ionii clorurați corodează armăturile și exfoliază betonul;
- apa dulce spală varul liber din ciment, creând un sistem poros;
- sărurile alcaline cristalizează în compuși care expandează betonul.

În concluzie, se poate spune că semnele unui atac chimic constau în dezagregările suprafețelor elementelor, mărirea fisurilor și a rosturilor, dislocări generale ale maselor de beton, umflări [2,3].

### 2.2. Concrete corrosion

The causes of degradation appearance in aggressive mediums are:

- dissolution of products of cement hydration (calcium hydroxide);
- formation of reaction products easily soluble;
- formation of compounds that can destroy concrete and increase the volume by expansion.

Occurring chemical compounds in nature, water, gas or salt form acting in one way or another on the concrete, bringing it to deteriorate.

The most important chemicals include:

- Seawater, with the formation of magnesium hydroxide which decreases binding property.
- Expansive products by forming ammonium crystal hydrates became the cause of internal stresses that product cracking of concrete (decrease of mechanical strength).
- Sulfates leads to cracking and displacement in mass concrete.
- Chloride ions corrode concrete fixtures and shrugs.
- Wash fresh water free of lime cement, creating a porous system.
- Alkaline salts compound crystallizes in concrete expands.

In conclusion, it appears that the chemical attack signs consist of decaying elements surfaces, increasing the cracks and gaps, overall displacement of masses of concrete, swelling [2,3].

## 2. Coroziunea betonului sub acțiunea apei freatice

În cazul construcțiilor din beton expuse în apa freatică, apar efecte combinate de coroziune ale mai multor factori [4-8].

Agresivitatea depinde nu numai de compoziția chimică a apei și a cimentului dar și de alți factori fizici și biologici. Astfel, coroziunea poate fi redusă sau marită de exemplu de faptul că apa freatică este sau nu curgătoare, de fenomene termice, de capacitatea de evaporare, de dimensiunile elementului de beton, de culturile de bacterii etc.

Proprietățile agresive ale apei capătă o mai mare importanță atunci când apa are acces liber la suprafața unei construcții sau o spală permanent. Efectul agresiv al apei curgătoare este mai important decât apa stătătoare cu aceeași compoziție chimică, în special pentru betonul proaspăt. Reacțiile care au loc între compușii apei și ai betonului sunt influențate în afară de reacția chimică și de condițiile de mișcare a substanțelor și produșilor de reacție (apa freatică curgătoare).

### 2.1. Coroziunea betonului sub acțiunea apei freatice curgătoare. Metode de protecție

În aceste condiții, betonul dens preparat cu ciment portland cu zgură de furnal sau cu trass este indispensabil. De asemenea, finisarea foarte netedă corespunzătoare a suprafeței este importantă. Practica indică și posibilitatea utilizării cimenturilor expansive (ca urmare a expansiunii, volumul porilor poate fi redus la mai puțin de 1), însă numai cu încercări prealabile și cu experiență în punerea în lucrare și protecție ulterioară.

Betonul poate fi protejat împotriva efectului de eroziune la apele necorozive, care curg cu o viteză mare și printr-un control atent al curbelor granulometrice ale agregatelor, prin folosirea de ciment cu trass, compactarea îngrijită a betonului și printr-o finisare netedă a suprafeței [2, 4-8].

Dimensiunea minimă uzuală, considerată pentru elementele care sunt potențial expuse la coroziuni este de 30 cm. La metrouri, ziduri de sprijin sau tuneluri, unde apar presiuni neechilibrate, această dimensiune minimă este de 40 cm. La elementele cu pereți subțiri și sub aceste dimensiuni standard admise, protecțiile împotriva coroziunii sunt abordate cu măsuri și proceduri mai atent proiectate [3].

Un exemplu îl constituie și piloții de beton. Piloții prefabricați, utilizați în medii agresive, pot fi tratați prin aburire sau autoclozire cu  $\text{SiF}_4$  gazoasă. Betonul va fi preparat cu ciment rezistent la sulfați și să atingă un grad de maturizare de minimum 40 zile.

De asemenea, canalele industriale pot fi agresate de substanțe nocive, care pot conduce la degradarea betonului de confecționare și infiltrarea

## 2. Corrosion of concrete under the action of groundwaters

For the concrete buildings exposed to groundwater, the combined effects of corrosion factors occur [4-8].

Aggression depends not only on chemical composition of water and cement but also other physical and biological factors. Thus, corrosion can be reduced or increased such that groundwater is flowing or not, thermal phenomena, the ability of evaporation, the concrete element sizes, cultures of bacteria etc.

Aggressive properties of water become more important when surface water has free access to a building or a permanent wash. Aggressive effect of flowing water is more important than standing water with the same chemical composition, especially for fresh concrete. Reactions occurring between water and the concrete compounds are affected in addition to the chemical reaction and the conditions of movement of substances and products of reaction (flowing groundwater).

### 2.1 Corrosion of concrete under the action of flowing ground water. Protection methods

Under these conditions, dense concrete made with Portland cement with blast furnace slag or trass is essential. Also very smooth proper surface finish is important. Practice indicates the possibility of using expansive cements (due to expansion, pore volume can be reduced to less than one), but only with prior testing and experience the work and subsequent protection. Concrete can be protected against the effect of erosion on non-corrosive water, flowing with great speed and by careful control of granulometric curves of aggregates, trass cement, compacting concrete care and a smooth surface finish [2, 4-8].

The usual minimum size considered for items that are potentially exposed to corrosion is 30 cm. On subways, retaining walls and tunnels, where appear unbalanced pressure, the minimum size is 40 cm. For the thin-walled elements under these standard allowed sizes, protection against corrosion measures and procedures are dealt with more carefully designed [3].

An example is represented also by concrete piles. Precast piles used in hostile environments, can be treated by steaming or autoclaving with  $\text{SiF}_4$  gas. Concrete will be prepared with sulfate resistant cement and attain a degree of maturation of minimum 40 days.

Also, industrial channels can be abused by harmful substances, which can lead to degradation of producing concrete and residues infiltration in soil. Further, agents can attack ground water mixed in building foundations or underground construction.

reziduurilor în sol. Mai departe, agenții amestecați în apa freatică pot ataca fundațiile construcțiilor sau construcțiile subterane.

Și în acest caz, se cere ca amestecul de beton pentru confecționarea tuburilor, să fie dens și suficient de matur (min. 40 zile). În plus, metodele folosite la fabricarea tuburilor asigură ca un minim de apă să fie prezent în beton.

Măsurile de protecție se impun atunci când tubul de beton este în contact direct cu substanțe agresive (acizi, alcooli sau săruri foarte concentrate) [3, 7].

## **2.2. Coroziunea betonului sub acțiunea variațiilor nivelului apei freactice. Metode de protecție**

Zona variațiilor nivelului apei freactice, conduce la combinarea efectelor chimice cu factori fizici: uscarea, saturarea, înghețul etc. Rezultatul este mai întâi descompunerea betonului și degradarea ajunge la maximum sub acțiunea alternantă apă agresivă - aer.

La nivel ridicat al apei freactice, betonul se saturează cu apă. Când nivelul este scăzut o parte din apă se evaporă din beton, iar sărurile rămase pot cristaliza.

Fenomenul se poate repeta și pot apărea concentrații foarte mari de săruri, care pot cauza coroziuni de tipul III. Gelul prezent în piatra de ciment poate suferi, de asemenea, schimbări de volum la saturare, urmarea fiind pierderea de rezistență mecanică.

Protecția poate fi asigurată prin:

- izolarea suprafeței exterioare a zonei de variație a apei freactice cu materiale specifice;
- aplicarea unei umpluturi de protecție din argilă cu o grosime de 15-30 cm.

Dacă în zonele expuse intervin pe lângă coroziuni și fenomene de îngheț-dezghet, este obligatorie utilizarea cimenturilor portland unitare, care conferă betonului rezistențe superioare la influențe fizice.

Protecția canalizării constă în utilizarea unui ciment special sau a unui tratament de suprafață (de exemplu cu silicați sau anumiți polimeri).

## **2.3. Coroziunea betonului sub acțiunea apei freactice calde. Metode de protecție**

Procesele chimice și viteza reacțiilor își măresc intensitatea sub influența temperaturii.

Coroziunea este mult accelerată de izvoarele termice, ape reziduale industriale calde, abur industrial cald, etc.

Măsurile de compoziție ale betonului expus astfel, impun neutilizarea cimenturilor aluminoase și a agregatelor care conțin cuarț. În aceste cazuri trebuie utilizate agregatele care au un coeficient de dilatație termică mic și uniform, cum sunt bazaltul și zgura de furnal [2, 5, 6].

In this case, required the mixing of concrete for making tubes to be dense and mature enough (min. 40 days). In addition, methods used to manufacture tubes ensure a minimum of water to be present in concrete. Protective measures required when concrete tube is in direct contact with aggressive substances (acids, alcohols or highly concentrated salts) [3, 7].

## **2.1. Corrosion of concrete under the action of groundwater level changes. Protection methods.**

Area groundwater level changes, leading to a combination of chemical effects of physical factors: drying, saturation, etc. frost. The result is the first concrete decomposition and degradation reaches a maximum under the action of alternating aggressive water - air.

High groundwater level, the concrete is saturated with water. When the low part of the water evaporates from the concrete and the remaining salts can crystallize. The phenomenon can be repeated and may appear very high concentrations of salts, which can cause corrosion of type III. Currently gel cement stone can also suffer from changes in volume at saturation, the record loss of strength.

Protection can be achieved by:

- Insulation of exterior surface area of variation of groundwater specific materials.
- Application of a protective clay filling of 15-30 cm thick.

If the exposed areas and corrosion phenomena occurring in addition to freeze-thaw cycles, the unit must be used Portland cement, concrete giving superior resistance to physical influences.

Sanitation protections use special cement or a surface treatment (silicate and some polymers).

## **2.3. Corrosion of concrete under the action of hot groundwater. Protection methods**

Chemical processes and reaction speed increase their intensity under the influence of temperature. Corrosion is accelerated by thermal springs, hot industrial wastewater, industrial steam heat, etc.

Composition measures of exposed concrete require non aluminous cements and aggregates containing quartz. Aggregates used in these cases must have a low and uniform thermal expansion coefficient, such as basalt and blast furnace slag [2, 5, 6].

## **3. Corrosion protection of reinforcements**

### **3.1. Corrosion control methods and determination for reinforcements**

The main steps to be taken to achieve control of steel reinforcement corrosion are: determining the reinforcement position and

### 3. Protecția anticorozivă a armăturilor

#### 3.1. Metode de control și determinarea coroziunii armăturilor

Principalele etape care trebuie parcurse pentru realizarea controlului coroziunii armăturii de oțel sunt următoarele: determinarea poziției și diametrului armăturii, determinarea gradului de coroziune a armăturii (prin *determinarea curbei acțiunii clorhidrice, a adâncimii de carbonatare, a rezistivității sau a gradului de permeabilitate a betonului*) și a vitezei de coroziune a armăturilor.

*Determinarea poziției și diametrului armăturii* se pot realiza cu ajutorul următoarelor metode:

- *Metoda radiometrică* - principiul metodei constă în faptul că la trecerea printr-un corp oarecare, fluxul razelor gamma își micșorează intensitatea, fenomen cuantificat prin măsurarea vitezei de numărare a impulsurilor fasciculului atenuat.

Lungimea lor de undă este mai mică decât a razelor X, de aceea puterea lor de pătrundere este foarte mare (elemente groase)[ 2].

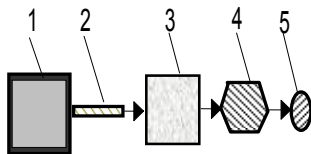


Fig. 2 - Încercarea radiometrică a betonului, în care / *Radiometric Testing of concrete, in which:* 1- container cu izotropi / *isotropic container,* 2- colimator / *collimator,* 3- element de beton / *concrete element,* 4- contor de particule / *particle counter,* 5- radiometru / *radiometer.*

Schematic, aparatul conține o sursă radioactivă într-un container de plumb, care emană un fascicul de raze gamma spre elementul de beton printr-un colimator.

De cealaltă parte a elementului se poziționează un contor Geiger-Müller într-un container de plumb, legat la un numărator de particule. În funcție de variația vitezei de numărare a particulelor se poate determina poziția armăturilor înglobate în beton (fig.2);

- *Metoda radiosopică* – constă în convertirea în imagini vizibile a radiațiilor X sau gamma de înaltă energie, după ce acestea au traversat grosimea betonului controlat (max. 1...1,2m). Aceste imagini sunt analizate de o cameră de luat vederi foarte sensibilă și sunt afișate pe un monitor T.V. (fig.3).

Față de celelalte metode, acestea prezintă unele avantaje precum: mobilitatea instalației, stocarea, analizarea pe loc și editarea (la dorință) a informațiilor (imaginilor) obținute etc. [2];

diameter, determining the degree of corrosion of reinforcement (by determining the action curve hydrochloride, the depth of carbonation, the resistivity and the degree of permeability of concrete) and the corrosion rate of reinforcements.

*Determining the position and diameter of reinforcement* can be achieved through the following methods:

- *Radiometric method* - principle of the method is that the passing of a certain body, the flow decreases its intensity gamma rays, a phenomenon quantified by measuring the speed of counting pulses attenuated beam.

Wave length is less than X-rays, so their power of penetration is very high (thick elements) [2].

Schematically, the device contains a radioactive source in a lead container, which gives off a gamma ray beam to a concrete element collimator.

The other side of the element is positioned a Geiger-Muller counter in a lead container, connected to a number of particles.

For varying particle counting rate can determine the position of reinforcements embedded in concrete (Fig. 2);

- *X-ray method* – consists in X-rays or high energy gamma converted into visible images after they crossed the concrete controlled thickness (max 1 ... 1.2 m). These images are analyzed by a highly sensitive camera and displayed on a TV monitor (Fig. 3).

Compared to other methods, it presents some advantages such as mobility facility, storage, analysis and editing in place (at will) of information (images) obtained etc. [2];

- *Radiographic method* - is to highlight the difference between the densities of materials using a photosensitive film whose image density will be different depending on it (image density is lower in reinforcement - which has a coefficient mitigation mass quantum energy higher than if concrete) (Fig. 4).

- The method is applied to concrete elements of up to 500 mm thick. It is laborious as previously assumed in developing of the film (performed in a specialized laboratory) and then research the images obtained [1,2].

- *Method of using magnetic field* - is used for determining the position and reinforcement diameter and thickness of coatings for concrete. Working principle is based on the closure device through concrete fixtures, lines of force of an open magnetic circuit (Fig. 5).

With this method can detect reinforcement embedded in concrete to a depth exceeding 250 mm. To determine the diameter of the valve is necessary to know the thickness of concrete cover it [1,2].

- *Metoda radiografică* - constă în punerea în evidență a diferenței dintre densitățile unor materiale cu ajutorul unei pelicule fotosensibile (film) a căror densități de imagine vor fi diferite în funcție de acesta (densitatea de imagini este mai mică în cazul armăturii – care are un coeficient masic de atenuare a cuantelor de energie mai mare decât în cazul betonului) (fig.4). Metoda se poate aplica în cazul elementelor de beton armat cu grosimea de maximum 500 mm. Ea este laborioasă întrucât presupune în prealabil dezvoltarea filmului (executată într-un laborator specializat) și apoi

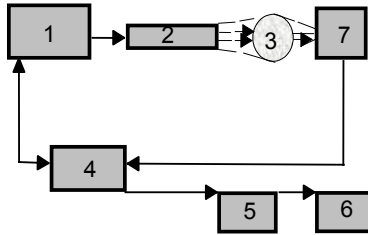


Fig. 3 - Metoda radiosopică, în care / *X-ray method, in which:* 1- sursa radiații „X” / *radiation source "X"*, 2- colimator / *collimator*, 3- element de beton / *concrete element*, 4- microprocesor / *CPU*, 5- Monitor TV / *TV Monitor*, 6- magnetoscop / *recorders*, 7- receptor / *receiver*.

cercetarea imaginilor obținute [1,2].

- *Metoda folosirii câmpului magnetic* - se utilizează pentru determinarea poziției și diametrelor armăturilor și a grosimii straturilor de acoperire cu beton.

Principiul de funcționare a aparatului se bazează pe închiderea, prin armăturile din beton, a liniilor de forță ale unui circuit magnetic deschis (fig.5).

Cu această metodă se pot depista armăturile înglobate în beton până la o adâncime de maximum 250 mm. Pentru determinarea diametrului armăturii este necesar să se cunoască grosimea stratului de acoperire cu beton a acestuia [1,2].

*Determinarea gradului de coroziune a armăturii.* Pentru determinarea gradului de coroziune a armăturilor au fost puse la punct o serie de metode cu scopul de a stabili zonele potențiale de coroziune și viteza de dezvoltare a acestuia, precum: determinarea curbei acțiunii clorhidrice, determinarea adâncimii de carbonatare a betonului, determinarea rezistivității și determinarea gradului de permeabilitate a betonului.

După cum s-a arătat mai înainte, fenomenul declanșării coroziunii armăturilor din oțel include două etape: penetrarea stratului de acoperire cu beton de către agenții agresivi și respectiv declanșarea fenomenului de coroziune a armăturilor, atunci când aceștia ajung la o concentrație critică la nivelul armăturilor [3].

- *Curba sau Profilul de difuzie a ionilor clorură.* Ionii clorură situati în porii stratului de

*Determining the degree of corrosion of reinforcement.* To determine the extent of corrosion of reinforcements have been developed several methods in order to determine potential areas of corrosion and its rate of development, such as determining action hydrochloride curve, determining the depth of carbonation of concrete, determination of resistivity and determination degree of permeability of concrete.

As noted, the phenomenon of triggering corrosion of steel reinforcement includes two stages: penetration of concrete cover layer by

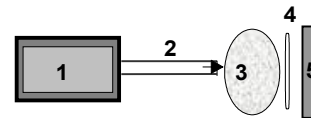


Fig. 4 - Metoda radiografică, în care: / *Radiographic method, in which:* 1- container / *tank*, 2- colimator / *collimator*, 3- element de beton / *concrete element*, 4- film (pelicula fotosensibilă) / *film (photosensitive film)*, 5- ecran împotriva radiațiilor / *screen radiation*

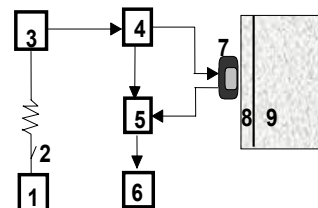
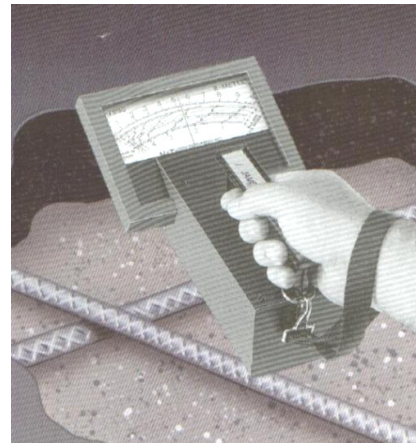


Fig. 5 - Pahometru. Schema de funcționare a pahometrului, în care: / *Pahometer. Pahometer operating schedule, in which:* 1- baterie de alimentare / *Battery power*, 2- întrerupător / *switch*, 3- oscilator cu curent alternativ / *oscillator AC*, 4- defazor / *out of phase*, 5- redresor / *rectifier*, 6- galvanometru / *galvanometer*, 7- sondă de palpate / *touch probe*.

agents that trigger aggressive and fittings corrosion phenomenon when they reach a critical concentration in the fittings [3].



acoperire cu beton pot coroda armăturile atunci când concentrația lor ajunge la o valoare critică, care depinde de pH-ul stratului de acoperire. Conținutul de ioni clorură, variază în funcție de adâncimea din stratul de acoperire cu beton, alura acestei curbe de variație, fiind prezentată în figura 6 [3].

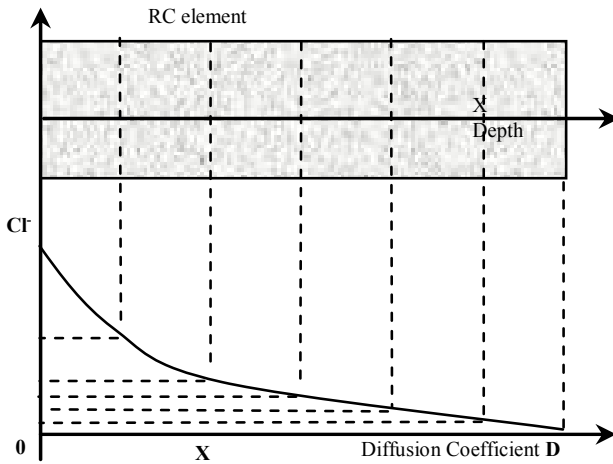


Fig. 6 - Distribuția pe adâncimea elementului de beton a ionului clorură / Distribution in the depth of the concrete element for chloride ion.

- **Adâncimea carbonatării** – dintre agenții cei mai nocivi se menționează dioxidul de carbon care poate micșora pH-ul stratului de acoperire cu beton a armăturii, conducând la declanșarea procesului de carbonatere a betonului și respectiv a procesului de coroziune a armăturii. Este important să se determine până la ce adâncime s-a produs penetrarea dioxidului de carbon.

Adâncimea de carbonatere se poate determina folosind un indicator colorat (fenolftaleina) care își schimbă culoarea în funcție de gradul de carbonatere.

Mărimea adâncimii de carbonatere  $X_c$  se stabilește prin extragerea unei carote. Dacă stratul de acoperire cu beton este în totalitate carbonatat și dacă umiditatea relativă a mediului nu este prea scăzută, înseamnă că procesul de coroziune a armăturilor s-a declanșat.

Folosind legile difuziei și coeficienții măsurai ai difuziei, se pot trasa curbele conținutului ionilor

- **Determination of hydrochloride action curve** - chloride ions located in the pores of the concrete coating may corrode the reinforcement when their concentration reaches a critical value, pH dependent coating. Content of chloride ions, varies depending on the depth of concrete cover layer, the curved shape change, as shown in Figure 6 [3].

- **Determine carbonation depth** - the most harmful agents indicate carbon dioxide that can decrease the pH of coating concrete reinforcement, leading to the beginnings of the carbonation of concrete and that the process of reinforcement corrosion. It is important to determine to what depth of carbon penetration occurred.

Depth of carbonation can be determined using a color indicator (phenolphthalein) which changes color depending on the degree of carbonation. Carbonation depth  $X_c$  size is determined by extracting a core. If the coating is fully carbonated concrete and the environment where relative humidity is too low, it means that the process of corrosion of reinforcements began.

Using laws of diffusion and diffusion coefficients measured can be drawn curves  $Cl^-$  ions and  $OH^-$  content, the depth  $x$  on the time  $t$ . corrosion is triggered at the corresponding time point of intersection of two curves (Fig.7).

- **Determination of resistivity** - is based on the method of determining the electrode's potential existing between the reinforcement and a reference electrode (copper sulfate) located on the surface of concrete. Measurements are made using devices that determine the existence of surface corrosion by scanning tested, resulting in electrical potential product development due to take concrete chloride penetration (this leads to the formation of anodic and cathode areas with large differences in electrical potential between them) (Fig.8) [2].

Devices collect the necessary information to analyze, interpret and displays them in the form of sketches of potential areas of corrosion.

Corrosion potential maps are used only to determine those areas where the reinforcements can register changes in voltage range 350...200 mV.

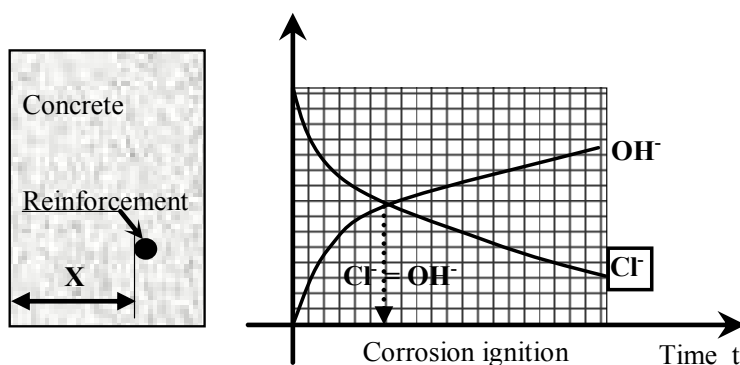


Fig. 7 - Determinarea nivelului  $Cl^-$  sau  $OH^-$  pentru aflarea zonei de corodare a armăturii Determine the level of  $Cl^-$  and  $OH^-$  for finding the area of reinforcement corrosion.

$Cl^-$  și  $OH^-$  la adâncimea  $x$  în funcție de timpul  $t$ . Fenomenul de coroziune se declanșează la intervalul de timp corespunzător punctului de intersecție al celor două curbe (fig.7).

- *Determinarea rezistivității* – se bazează pe metoda determinării potențialului de electrod  $E$  existent între armătură și un electrod de referință (sulfat de cupru) amplasat pe suprafața betonului. Măsurătorile se efectuează cu ajutorul unor aparate care stabilesc existența coroziunii prin scanarea suprafeței supuse încercării, determinând apariția potențialului electric produs datorită penetrării clorurilor din beton (acestea conduc la formarea unor zone anodice sau catodice cu diferențe mari de potențial electric între ele)(fig.8) [2].

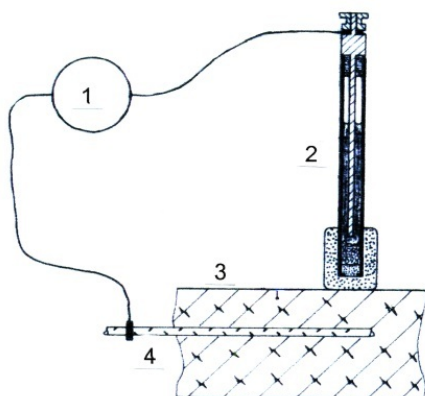


Fig. 8 – Schema de determinare a coroziunii prin măsurarea rezistivității, în care: / *Scheme of determination of corrosion by measuring the resistivity, in which:* 1- micorprocesor / *microprocessor*, 2- dispozitiv pentru măsurarea potențialului de electrod a armăturilor de oțel / *device for measuring the electrode potential of steel fittings*, 3- element de beton / *concrete element*, 4- armatură de oțel/ *steel reinforcement*.

Aparatele colectează informațiile necesare pe care le analizează, le interpretează și le afișează sub forma unor schițe ale zonelor potențiale de coroziune.

Hărțile de coroziune potențială sunt folosite numai pentru determinarea acelor zone ale armăturilor unde se pot înregistra variații ale tensiunii electrice cuprinse între 350... 200 mV.

Este prezentată harta care indică zonele afectate de coroziune (fig.9) [3].

-*Determinarea permeabilității betonului.* Zonele de beton care au un grad de permeabilitate ridicat (pori, fisuri, desprinderi etc.) pot indica riscul apariției fenomenului de coroziune. Aceste zone se determină cu ajutorul unui aparat, aplicat pe suprafața elementului de beton și cu care se măsoară variația presiunii în funcție de timp (fig.10).

Așa cum s-a menționat și mai înainte, dat fiind complexitatea fenomenului de coroziune, pentru analizarea acestuia este bine să se apeleze la două sau mai multe din metodele prezentate. Astfel, se pot obține rezultate mult mai concludente dacă se determină adâncimea de carbonatare și

Is shown above the map which present areas affected by corrosion (Fig.9) [3].

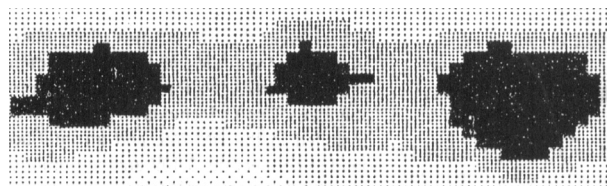


Fig. 9 – Hărți de coroziune stabilite prin determinarea rezistivității / *Maps established by determining the corrosion resistivity.*

-*Determining the degree of permeability* - concrete areas that have a high degree of permeability (pores, cracks, peeling, etc.) may indicate risk of corrosion. These areas are determined using a device applied to the surface of concrete elements with which to measure change in pressure over time (Fig. 10).

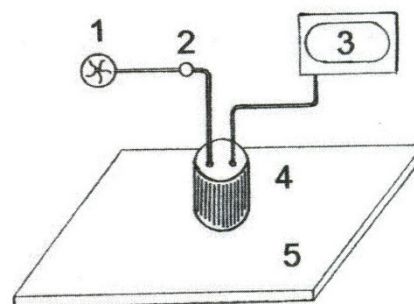


Fig. 10 - Principiul de funcționare a echipamentului de măsurare a gradului de permeabilitate, în care: / *Principle of operation of equipment to measure the degree of permeability, in which:* 1- pompă cu vid / *vacuum pump*, 2- robinet / *valve*, 3- aparat de măsurarea presiunii / *pressure measuring device*, 4- recipient / *container*, 5 - suprafața încercată / *tested surface*.

As mentioned before, given the complexity of corrosion for its analysis is better to use two or more of the methods presented. Thus, more conclusive results may obtain if measured carbonation depth and degree of permeability. The following figure shows that when the thickness of carbonation is low and the degree of permeability is low, corrosion of reinforcements will not trigger. However, if the coating is carbonated and porous fittings will corrode (Fig.11) [2].

#### 4. Conclusions

Concrete corrosion protection begins with a correct choice, based on profound knowledge of concrete correlation type/class of durability, compared with operating parameters of the application environment. Corrosion protection is decisively influenced by the suitability of concrete characteristics in the environment that one statement. Corrosion of reinforcements is due in principle, by the slurry pH of concrete pores



gradul de permeabilitate. În figura 11 se arată faptul că, atunci când grosimea de carbonatare este mică și când gradul de permeabilitate este scăzut, coroziunea armăturilor nu se va declanșa. În schimb, dacă stratul de acoperire este carbonatat și permeabil, armăturile vor coroda [2].

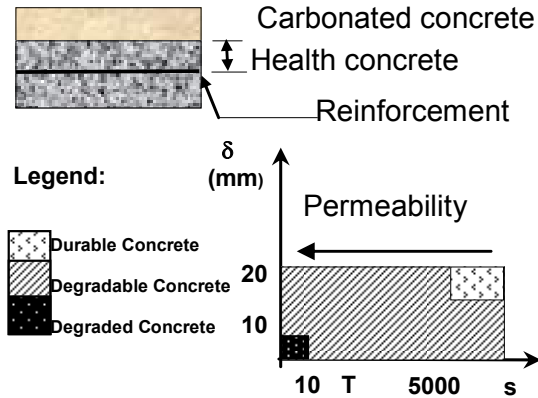


Fig. 11 - Procedura de determinare a coroziunii armăturilor prin intermediul folosirii rezultatelor adâncimii de carbonatare și a gradului de permeabilitate [2] / Procedure for determining the corrosion fittings by using the results of carbonation depth and degree of diffusion [2].

#### 4. Concluzii

Protecția la coroziune a betonului debutează cu o alegere corectă, pe baza cunoașterii profunde a corelației tip beton/clasa de durabilitate, în raport cu parametrii mediului de exploatare a aplicației. Protecția la coroziune este decisiv influențată de adecvarea caracteristicilor betonului la cele ale mediului de expunere. Coroziunea armăturilor este datorată, în principiu, diminuării pH-ului soluției apoase din porii betonului și prezenței oxigenului în condițiile concentrării sarcinilor exterioare statice sau dinamice asupra elementelor de beton armat.

Metodele de control prezentate a evoluției coroziunii armăturii betonului expus în contact cu apa freatică sunt necesare pentru stabilirea soluțiilor tehnice de prevenire și protecție.

reduction and the presence of oxygen concentration under static or dynamic external loads on reinforced concrete elements.

The presented control methods from the development of reinforcement corrosion in concrete exposed to contact with groundwater technical solutions are necessary to establish prevention and protection.

#### REFERENCES

1. M. Teodorescu, and C. Budan, Technology for maintenance, repair and consolidation - UTCB, 1996.
2. C. Budan, Contributions in construction management and engineering processes, the work of maintenance, repair and strengthening of concrete and reinforced concrete, PhD thesis, UTCB, 1998.
3. I. Biczok, Concrete Corrosion and Protection, Technical Publishing House, Bucharest, 1965.
4. U. Angst, B. Elsener, C.K. Larsen, and Ø. Vennesland, Critical chloride content in reinforced concrete - A review Cement and Concrete Research, 2009, **39** (12) 1122.
5. I. Teoreanu, V. Moldovan, and L. Nicolescu, Durability of Concrete, Technical Publishing House, Bucharest, 1982.
6. R. E. Melchers, and Q. Li Chung, Phenomenological Modeling Corrosion of reinforcement in Marine Environments, ACI Materials Journal, 2006, **103** (1), 25.
7. I. Teoreanu, A. Pop, M. Coarnă, D. Năstac and A. Moanță, Acid corrosion with formation of soluble compounds for a type III / B cement, Romanian Journal of Materials, 2009, **39** (1), 14.
8. M. Gheorghe, E. Andreescu, and D. Voinițchi, Aspects regarding the durability of the concretes based on high blast furnace slag content cement, Romanian Journal of Materials, 2006, **36** (1), 29.

\*\*\*\*\*