



A IV –a Sesiune Științifică

CIB 2008

21 - 22 Noiembrie 2008, Brașov

## METODĂ PENTRU DIAGNOSTICAREA STRUCTURILOR DIN BETON ARMAT SUPUSE ATACULUI CHIMIC ÎN MEDII COROZIVE

Petru RĂPIȘCĂ<sup>1</sup>, Nicolae FLOREA<sup>2</sup>, Ioan TUNS<sup>3</sup>, Florin-L. TĂMAȘ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UNITBV, Facultatea de Construcții, Brașov, [rapiscapetru@unitbv.ro](mailto:rapiscapetru@unitbv.ro)

<sup>2</sup>Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Facultatea de Construcții, Iași, [nicuflorea2005@yahoo.com](mailto:nicuflorea2005@yahoo.com)

<sup>3</sup>UNITBV, Facultatea de Construcții, Brașov, [ioan.tuns@unitbv.ro](mailto:ioan.tuns@unitbv.ro)

<sup>4</sup>UNITBV, Facultatea de Construcții, Brașov, [florin.tamas@gmail.com](mailto:florin.tamas@gmail.com)

### Abstract

The aim of this article is to indicate an original method used to analyze the consequences of chemical attacks on reinforced concrete structures and to present some specific tables for a various number of data, obtained on site and from semi-destructive and nondestructive experiments.

**Key words:** corrosion, alkali damage, structural damage, evaluation.

### 1. INTRODUCERE

Lucrarea prezintă o metodă originală pentru a analiza consecințele atacului chimic în structuri a căror durată de serviciu este influențată de mediul corosiv, bazată pe următoarele caracteristici care ne pot furniza o diagnosticare și prognoză a stării tehnice a elementelor de beton armat ale structurii: dimensiunile elementelor proiectate pentru analiza structurii; calitatea materialelor utilizate pentru executarea lor (clasă beton, diametre armături, etc.); informații privind mediul corosiv din exploatare; starea tehnică a utilajelor și instalațiilor pentru care se realizează prognoza și diagnosticarea elementelor din beton armat; apreciere privind investigarea stării de degradare direct pe elementele cercetate, prin examinare vizuală.

O altă metodă de investigare se referă la determinările simple din sistem, direct pe elementul cercetat, privind următoarele aspecte: caracteristicile geometrice ale modificărilor real apărute pe durata de serviciu a structurii; starea de deformare a elementului, natura și gravitatea acesteia; caracteristicile mecanice ale betonului în profunzime, stabilite prin încercări nedistructive; defecte ascunse ale betonului și armăturii cu descrierea acestora; modul de prezentare a acoperirii de beton; particularități ale stării de fisurare a elementului.

### 2. SISTEM DE DIAGNOSTICARE ȘI PROGNOZARE A STĂRII DE DEGRADARE A CONSTRUCȚIILOR

În vederea efectuării unei analize complete a stării de degradare a unei construcții din beton armat, metodologia de evaluare este sintetizată în continuare, sub forma unui sistem unitar, cuprinzând următoarele:

- *analiza documentației tehnice (determinări în situ și laborator):*
  - descrierea structurii și a elementelor din punct de vedere al alcătuirii constructive și al destinației;
  - date esențiale ale proiectului tehnic: calitatea betonului armat și a armăturii, grosimea stratului de acoperire cu beton, starea de finisare în exploatare, modul de realizare (monolit, prefabricat);
  - date privind condițiile de execuție: tipul și compoziția betonului, grosimea reală a stratului de acoperire, caracteristicile materialelor folosite (tip beton, armătură, cofraj), tehnologia de execuție a structurii, condiții de transport și păstrare, sistemul de protecție anticorrosivă aplicat pe suprafață;
  - informații acumulate pe durata exploatarei: anul proiectării, execuției și intrării în funcțiune, modificări constructive efectuate pe parcurs, consolidări sau lucrări de refacere a protecției, cu precizări privind calitatea și/sau ritmicitatea;
- *condiții de exploatare:*
  - caracteristicile mediului agresiv (descriere);
  - particularități ale procesului tehnologic;
  - starea tehnică a utilajelor și instalațiilor în funcțiune;
- *investigarea stării de degradare a betonului și armăturii:*
  - a) direct pe elementul cercetat (în situ) – presupune **examinare vizuală**, cu aprecierea modificării stării betonului (desprinderi, segregări, fisuri, eflorescențe, schimbarea culorii, condens, etc.); prezența defectelor sau degradărilor locale; evidențierea unor modificări în starea protecției secundare (pierderea luciului, bășicarea, înmuierea, etc.); observații privind armătura vizibilă (diametru inițial, tipul armăturii, poziția în cadrul elementului, acoperirea cu beton existentă, alte constări privind armăturile); **determinări simple în situ** (caracteristicile geometrice reale ale elementelor de construcție și modificări ale acestora prin reabilitări pe parcurs; deformarea elementelor, natura și greutatea acestora; caracteristici fizico-mecanice ale betonului în profunzime – rezistența la compresiune, modul de elasticitate, densitate, porozitate; atașarea unor confecții metalice și/sau a unor elemente metalice înglobate în beton; starea în care se află stratul superficial de beton; caracteristicile stării de fisurare – distanță între fisuri, lungime, mărimea deschiderii, adâncime); **evaluări prin probe prelevate** (controlul grosimii stratului de acoperire cu beton; determinarea concentrației ionilor agresivi în stratul de acoperire cu beton; examinarea armăturii în vederea depistării degradărilor și recoltarea de probe în vederea efectuării unor studii de laborator); **determinări indirecte** (determinări pe epruvete păstrate în condiții de laborator; încercări semidistructive, încercări nedistructive); **evaluarea stării de corodare a armăturii** (caracterul coroziunii – generală, uniformă, locală, punctiformă, straturi subțiri sau groase, coroziune fisurată; natura, grosimea și compactitatea produșilor de coroziune; caracteristicile fizico-mecanice ale armăturii, conform proiectului; reducerea procentuală a secțiunii; aprecierea vitezei de dezvoltare a coroziunii);
  - b) determinări de laborator – presupune **încercări fizico-mecanice ale betonului** (rezistența la compresiune, gradul de umiditate, absorbția de apă, porozitatea, gelivitatea); **determinarea alcalinității betonului**; **determinarea concentrației ionilor agresivi în beton**; **determinarea unor caracteristici fizico-chimice ale betonului**; **evaluarea stării de degradare a armăturii** (prin analize fizico-chimice – analize chimice și examen metalograf; și încercări mecanice – rezistența la întindere, alungirea la rupere, limita de curgere, numărul de îndoiri alternative);
- *criterii de apreciere a durabilității (elemente de calcul):*
  - stadiul de dezalcalinizare al betonului;
  - realizarea concentrației limită de cloruri sub aspectul timpului „ $t_{Cl}$ ”;
  - adâncimea de degradare a betonului „ $h_d$ ”;
  - gradul de degradare a armăturii: reducerea procentuală a secțiunii „ $K_A^{CO}$ ”;
  - micșorarea duratei de exploatare „ $T_{ex}$ ”;
  - viteza de dezvoltare a coroziunii; gradul de

reducere a rezistenței „ΔR”; gradul de reducere a alungirii la rupere din cauza coroziunii.

### 3. FIȘE TEHNICE PENTRU DIAGNOSTICAREA ȘI PROGNOZAREA STĂRII DE DEGRADARE A CONSTRUCȚIILOR

Fișa 1

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	a) Alcătuirea constructivă a structurii și destinația acesteia	b) Date ale proiectului tehnic				c) Date de execuție						d) Informații din exploatare			Observații
						I	II	III	IV	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	

Fișa 2

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Condiții dependente de procesul de fabricație			Observații
					a) Prezentarea condițiilor specifice mediului agresiv	b) Particularități ale procesului tehnologic	c) Starea tehnică a instalațiilor și utilajelor în funcțiune	

Fișa 3aI – Investigarea stării de degradare direct pe elementul cercetat – examinare vizuală

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Rezultatele cercetării				Observații
					a) Aprecierea modificării stării betonului	b) Prezența defectelor sau degradărilor locale	c) Modificarea stării protecției secundare	d) Starea armăturii vizibile	

Fișa 3aII – Investigarea stării de degradare direct pe elementul cercetat – determinări simple în sistem

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Rezultatele cercetării							Observații
					a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	

- a) Caracteristici geometrice reale și modificări apărute prin reabilitări efectuate pe parcurs  
 b) Starea de deformare a elementului, natura și gravitatea acesteia  
 c) Caracteristici mecanice ale betonului în profunzime, stabilite prin încercări nedistructive  
 d) Confecții metalice atașate sau înglobate în beton. Efectuarea de spargeri sau reparații neinspirate (găuri, prezența fisurilor)  
 e) Defecte ascunse ale betonului și armăturii (segregări, caverne, fisuri, etc.)  
 f) Modul de prezentare al stratului superficial (de acoperire cu beton)  
 g) Particularități ale stării de fisurare

Fișa 3aIII – Investigarea stării de degradare direct pe elementul cercetat – evaluări prin prelevarea de probe

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Rezultatele cercetării				Observații
					a) Grosimea reală a stratului de acoperire cu beton	b) Determinarea adâncimii betonului care a suferit transformări fizice și chimice	c) Determinarea concentrației ionilor agresivi	d) Examinarea și recoltarea de probe în vederea efectuării studiilor de laborator	

Fișa 3aIV – Investigarea stării de degradare direct pe elementul cercetat – determinări indirecte

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Rezultatele cercetării			Observații
					a) Determinări pe epruvete păstrate în condiții de laborator	b) Încercări semidistructive	c) Încercări nedistructive	

Fișa 3aV – Investigarea stării de degradare direct pe elementul cercetat – evaluarea stării de corodare a armăturii

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Rezultatele cercetării						Observații
					a)	b)	c)	d)	e)	f)	

- a) Caracterul coroziunii
- b) Natura, grosimea, și compactitatea produșilor de coroziune
- c) Caracteristicile fizico-mecanice conform proiectului
- d) Reducerea secțiunii, „%”
- e) Viteza de dezvoltare a coroziunii
- f) Sistemul convențional de apreciere a gradului de corodare

Fișa 3b – Investigarea stării de degradare – determinări de laborator

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	Rezultatele cercetării								Observații		
					I)					II)	III)	IV)		V) Evaluarea stării de degradare a armăturii	
					a)	b)	c)	d)	e)					a) Analize fizico-chimice	b) Încercări mecanice

- I) Încercări fizico-mecanice ale betonului
- II) Determinarea alcalinității betonului
- III) Determinarea concentrației ionilor agresivi
- IV) Determinarea unor caracteristici fizico-chimice ale betonului
- V) Evaluarea stării de degradare a armăturii

Fișa 4 – Criterii de apreciere a durabilității – stadiul de dezalcalinizare al betonului

Obiectivul	Structură	Element	Ax	Nivel	I) Adâncimea de dezalcalinizare a betonului, determinată analitic, [mm]					Factor de corecție, $\delta_{Dez}$ , [%]	II)			III) Timpul suplimentar de carbonatare al betonului, $t_{sup}$ , [ani]			Observații
					$R_b$ , [N/mm <sup>2</sup> ]	c	k	d	t, [ani]		$h_{Dez}$ , [m]	a, [mm]	$t_0$ , [ani]	$t_{Dez}$ , [ani]	$\Phi$ , [mm]	$V_c$ , [mm/ani]	

\*) Adâncimea de dezalcalinizare determinată experimental,  $h_{dez}$ , [%]

II) Perioada de dezalcalinizare a stratului de acoperire

\*\*) Valoarea corectată a duratei de dezalcalinizare,  $t_{cor}$ , [ani]

$R_b$  = rezistența la compresiune a betonului;

c – coeficient de influență a tipului de ciment;

k – coeficient de influență a condițiilor de mediu;

d – coeficient de influență a concentrației de CO<sub>2</sub> (Cl-);

t – durata de acțiune a mediului agresiv;

$h_{dez}$  – valoarea adâncimii de dezalcalinizare stabilită experimental;  $h_{Dez} = \frac{150 \cdot c \cdot k \cdot d}{R_b} \cdot \sqrt{t}$ ;

$\delta_{Dez}$  – factor de corecție;  $\% \delta_{Dez} = \frac{h_{Dez} - h_{dez}}{h_{Dez}} \cdot 100$ ;  $t_{sup} = \frac{0,08 \cdot a}{\Phi \cdot V_c}$ , [ani];  $t_{Dez} = \left( \frac{a}{h_{Dez}} \right) \cdot t_0$ ;

$t_{Dez}$  – durata de dezalcalinizare completă a stratului de acoperire calculată;

a – grosimea inițială a stratului de acoperire;

$t_0$  – durata de exploatare a elementului.  $t_{cor} = \delta_{Dez} \cdot t_{Dez}$ ;

#### 4. CONCLUZII

Diagnosticarea propriu-zisă, respectiv precizarea stării și nivelului de deteriorare și a cauzelor degradărilor constatate, se bazează pe cunoașterea teoretică și experimentală a mecanismelor, a tipurilor și consecințelor provocate de apariția deteriorărilor. Rezultatele investigărilor întreprinse fac posibilă diagnosticarea stării de deteriorare și permit stabilirea măsurilor de intervenție ce se impun, întrucât acestea sunt dependente de natura și amploarea degradărilor constatate care pot fi grupate în trei categorii:

- degradări ce nu afectează durabilitatea, siguranța și stabilitatea construcției, măsurile constând în intervenții pentru refacerea protecțiilor anticorozive;

- degradări ce afectează durabilitatea unor elemente sau zone de îmbinări, fără a influența esențial siguranța construcției, măsurile constând în intervenții pentru repararea elementelor și asigurarea măsurilor de protecție necesare;

- degradări ce periclitează grav rezistența și stabilitatea construcției, caz în care măsurile de intervenție se stabilesc în funcție de gravitatea și amploarea deteriorărilor, putând consta în dezafectarea și demolarea parțială sau totală a construcției; măsuri de reparare sau consolidare a structurii de rezistență și executarea protecțiilor anticorozive ce se impun, în funcție de natura și intensitatea agresivității mediului.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Răpișcă, P., Florea, N., Aspecte ale degradării betonului armat. Ed. Tehnică Științifică și Didactică CERMI, Iași - 2003