

# METODE EXPERIMENTALE ÎN PROIECTAREA DURATEI DE SERVICIU A CONSTRUCȚIILOR DIN BETON SUPUSE ACȚIUNII DE ÎNGHEȚ-DEZGHEȚ.

## PARTEA I. PREZENTAREA ȘI ANALIZA METODELOR.

### EXPERIMENTAL METHODS IN DESIGN OF THE SERVICE LIFE OF CONCRETE CONSTRUCTIONS SUBMITTED TO THE FREEZE/THAW ATTACK.

#### PART I. PRESENTATION AND ANALYSIS OF THE METHODS.

DAN GEORGESCU<sup>1</sup>, ADELINA APOSTU<sup>1</sup>, RADU GAVRILESCU<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>S.C. Carpatcement Holding S.A., Șos. București – Ploiești nr. 1A, Bucharest Business Park, București, România

Acțiunile mediului pot cauza deteriorări ale betonului având drept consecință o reducere accentuată a performanței elementelor/structurilor de construcții. Proiectarea duratei de serviciu a unor structuri se efectuează având în vedere metode de diferite complexități care trebuie să aibă în vedere atât o riguroasă selectare a materialelor cât și factori importanți legați de execuție, inspecția execuției, întreținere, evaluarea stării pe timpul duratei de serviciu. Indiferent de complexitatea metodei adoptate, procesul de proiectare a duratei de serviciu trebuie să aibă la bază rezultatele unor cercetări experimentale, necesare pentru evaluarea evoluției caracteristicilor materialelor funcție de diferitele condiții de mediu. Atacul prin îngheț-dezgheț, cu/și fără agenți de dezghețare constituie una dintre acțiunile cu o apariție frecventă și care provoacă deteriorări importante ale betonului.

Lucrarea prezintă o analiză a principalelor metode experimentale legate de acțiunea de îngheț-dezgheț (Partea 1) și rezultatele obținute de autori prin aplicarea diferitelor metode de determinare a rezistenței la îngheț-dezgheț asupra unor betoane preparate cu cimenturi produse de CARPATCEMENT HOLDING S.A. – HEIDELBERGCEMENT GROUP ce vor fi prezentate în Partea a II-a.

The environmental actions can cause deteriorations of concrete having as consequence an intensified reduction of the elements/construction structures' performance. The design of the service life of certain structures is performed considering methods with different complexities which must consider a rigorous selection of materials as well as important execution, execution inspection, maintenance factors and status assessment during service life. No matter the complexity of the method used, the design process of the service life must be based on the results obtained from certain experimental researches, necessary for the assessment of the evolution of materials' characteristics, depending on different environmental conditions. The freeze/thaw attack with /and without de-icing agents represents one of the actions with frequent occurrence, causing important deteriorations of concrete.

The paper presents an analysis of the main experimental methods related to the freeze/thaw action (Part 1) and the results of certain experimental researches performed by authors in order to determine the freeze/thaw resistance of concretes manufactured with different types of cement produced by CARPATCEMENT HOLDING S.A. – HEIDELBERGCEMENT GROUP which will be presented in Part II.

**Keywords:** concrete, freeze /thaw attack, service life, experimental methods

## 1. Introducere

Prima parte a lucrării prezintă principalele metode experimentale necesare în procesul de proiectare a duratei de serviciu a construcțiilor din beton armat supuse atacului prin îngheț-dezgheț precum și metodele adoptate pe plan european pentru determinarea rezistenței la îngheț-dezgheț a diferitelor tipuri de betoane.

Trebuie făcută precizarea că între cele două categorii de metode există deosebiri majore de abordare. Proiectarea duratei de viață a construcțiilor este similară ca abordare cu cea privind siguranța structurală și se efectuează având în vedere schema prezentată în figura 1 [1]

## 1. Introduction

The paper presents the main experimental methods, necessary for the process of designing the service life of reinforced-concrete constructions submitted to the freeze/thaw attack, as well as the methods adopted in Europe to determine the freeze/thaw resistance of different types of concretes.

We must mention that between the two categories of methods there are major approach differences. The service life design is similar in its approach to that regarding structural safety and it's performed considering the chart presented in Figure 1 [1].

\* Autor corespondent/Corresponding author,  
Tel.: 0040 21 242 12 91, e-mail: danpaulgeorgescu@yahoo.com

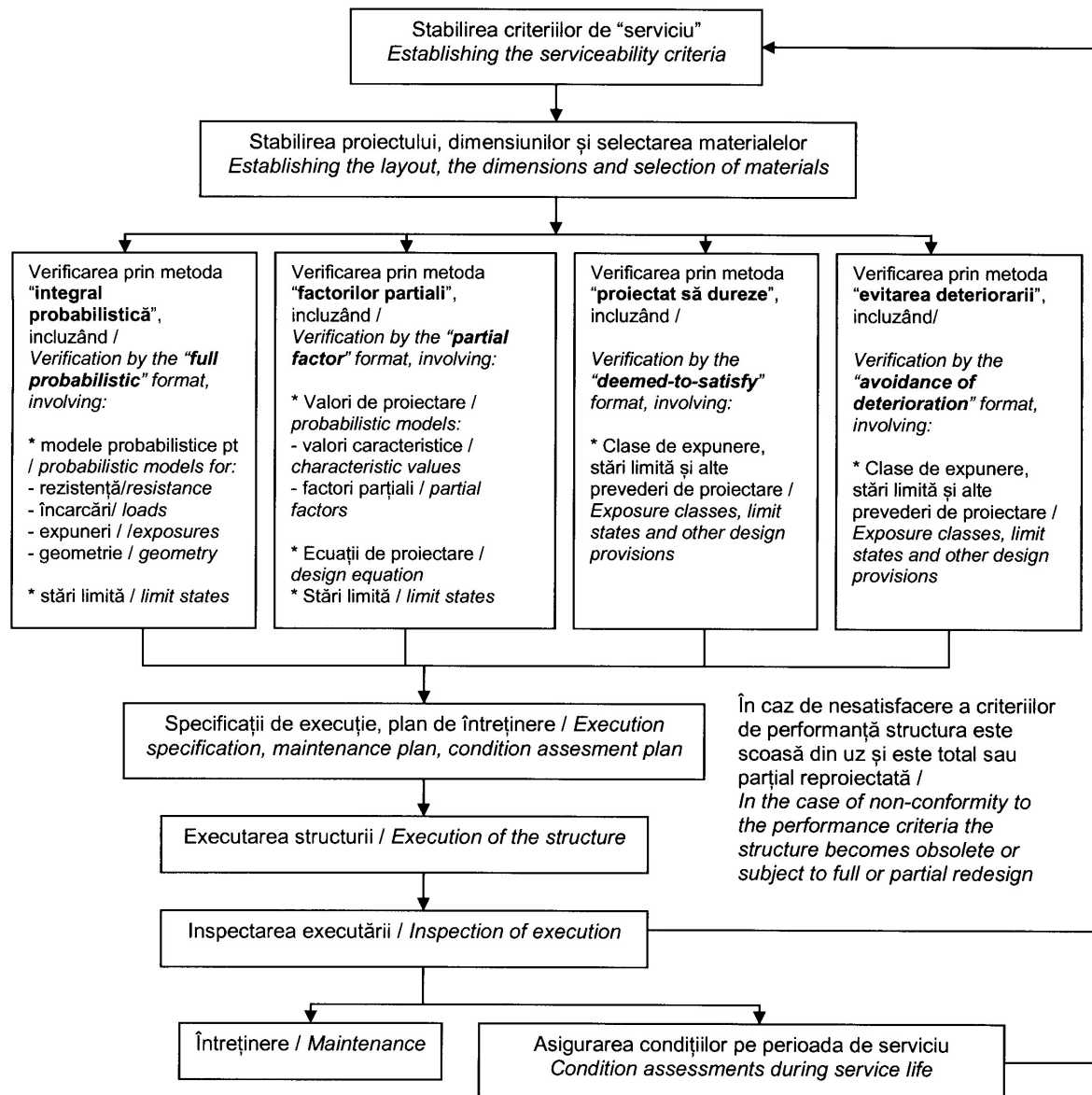


Fig.1 - Schema de proiectare a duratei de serviciu / Flow chart for Service Life Design.

Metodele prin care se determină rezistența la îngheț-dezghet a diferitelor compoziții de betoane au rolul de a selecta materialele potrivite în funcție de caracteristicile mediului, fiind de fapt o componentă în lanțul activităților necesare proiectării duratei de serviciu a structurilor din beton.

## 2. Proiectarea duratei de viață a structurilor din beton armat supuse acțiunii de îngheț-dezghet cu/și fără agenți de dezghetare.

Metodele de proiectare specifice acestei acțiuni au fost dezvoltate și prezentate de diverși cercetători [2 - 3]. Fagerlund [2] dezvoltă o metodă preluată în diferite publicații tehnice ([1,4] etc.

Metoda integral probabilistică, se bazează pe o stare limită descrisă de ecuația (1), în care gradul critic de saturare  $S_{CR}$  este comparat cu gradul real de saturare  $S_{ACT}(t)$  la un timp  $t$ , pentru o

The methods used to determine the freeze/thaw resistance of different concrete compositions have the role to select the proper materials depending on the environmental characteristics, actually being a component in the chain of activities necessary to design the service life of concrete structures.

## 2. The service duration design of reinforced concrete structures submitted to the freeze/thaw action without de-icing agents

The specific design methods for this action were developed and presented by different researchers [2-3]. Fagerlund [2] develops this method, used also in different technical publications ([1,4] etc.

The entirely probabilistic method is based on a limit status described by the Equation (1) where the critical degree of saturation  $S_{CR}$  is

durata de serviciu  $t_{SL}$ .

$$g(S_{CR}, S_{ACT} (t < t_{SL})) = S_{CR} - S_{ACT} (t < t_{SL}) \quad (1)$$

în care  $S_{CR}$  - gradul critic de saturare ;  
 $t_{SL}$  - perioada proiectată de serviciu (ani) ;  
 $S_{ACT} (t)$  - gradul de saturare determinat la timpul  $t$  ;  
 $t$  - timpul ( ani).

## 2.1. Cuantificarea parametrilor

### 2.1.1 Gradul critic de saturare $S_{CR}$

Se consideră că gradul critic de saturare este o constantă a proprietăților materialului și se determină în laborator printr-o metodă în care o serie de probe sunt saturate în vacuum și uscate la diferite grade de saturație între 0,7 și 1,0. Probele sunt impermeabilizate pentru a menține o umiditate constantă și sunt supuse la unul sau mai multe cicluri de îngheț-dezgheț. Se determină valoarea modulului de elasticitate dinamic  $E$  pentru fiecare probă, înainte și după efectuarea ciclurilor de îngheț-dezgheț.

Gradul critic de saturație se determină în conformitate cu figura 2 [1] și reprezintă valoarea de la care modulul de elasticitate începe să scadă accentuat.

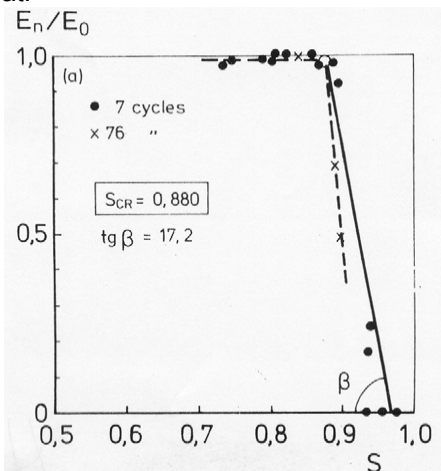


Fig.2 -Determinarea gradului critic de saturare prin masurarea modulului de elasticitate dinamic. Beton preparat cu CEM I, aer antrenat 4,5%, A/C=0,45 / Determination of the critical degree of saturation from measurement of dynamic E modulus. OPC-concrete. Air content 4.5%. w/c=0.45

Fagerlund [2] a demonstrat că în cazul probelor izolate împotriva umidității numărul de cicluri și vârsta betoanelor mai mare de 30 de zile a betonului nu influențează valoarea lui  $S_{CR}$ .

### 2.1.2. Gradul real de saturare $S_{ACT}$

Pentru calculul gradului de saturare real se consideră absorbția apei în beton, inclusiv absorbția apei în sistemul de pori cu aer. Valoarea lui  $S_{ACT}$  se calculează cu relația (2):

$$S_{ACT} (t < t_{SL}) = S_n + e t_{eq}^d \quad (2)$$

în care  $t_{eq}$ : timpul echivalent de suțione ( zile) ;  
 $S_n, e, d$ : parametrii de material, exponenți

compared to the actual degree of saturation  $S_{ACT}(t)$  at a time  $t$ , for a service life  $t_{SL}$ .

$$g(S_{CR}, S_{ACT} (t < t_{SL})) = S_{CR} - S_{ACT} (t < t_{SL}) \quad (1)$$

where  $S_{CR}$  is critical degree of saturation;  
 $t_{SL}$  - designed service life (years) ;  
 $S_{ACT} (t)$  - the degree of saturation determined at time  $t$  ;  
 $t$  - time (years).

## 2.1. Quantification of parameters

### 2.1.1 Critical degree of saturation $S_{CR}$

It is considered that the critical degree of saturation is a constant of the material's properties and is determined in the laboratory by a method in which a series of samples are saturated in vacuum and dried at different degrees of saturation between 0.7 and 1.0. The samples are sealed in order to preserve a constant humidity and are submitted to one or more freeze/thaw cycles. The value of the elasticity module  $E$  is determined for each sample before and after performing the freeze/thaw cycles. The critical saturation degree is determined in accordance with figure 2 [1] and represents the value on which the dynamic E-modulus begins to decrease persistently.

Fagerlund [2] proved that, in the case of isolated samples against humidity, the number of cycles and the age of concrete higher than 30 days, do not influence the value of  $S_{cr}$ .

### 2.1.2. Actual degree of saturation $S_{ACT}$

In order to calculate the actual degree of saturation, it is considered the water absorption within the concrete, including the water absorption in the air pores system. The value  $S_{ACT}$  is calculated with the Equation (2):

$$S_{ACT} (t < t_{SL}) = S_n + e t_{eq}^d \quad (2)$$

Where  $t_{eq}$  is the equivalent time of wetness (days)  
 $S_n, e, d$  - material parameters, exponents, respectively

#### 2.1.2.1. Equivalent time of suction $t_{eq}$

The equivalent time of suction depends on the microclimate at the concrete surface. The important parameters are: exposure of the surface to rain and splash, the frequency and duration, and the conditions for drying. In table 1 are presented the provisional times of wetness depending on these parameters.

#### 2.1.2.2. Material parameters $S_n, e$ și $d$

The material parameters  $S_n, e$  and  $d$  describe the characteristics of water absorption by the real concrete from the structure and are determined using a method which takes into consideration the capillary water suction in time.

➤  $S_n$  represents the concrete status for

### 2.1.2.1. Timpul echivalent de sucțiune $t_{eq}$

Timpul echivalent de sucțiune este dependent de microclimatul la nivelul suprafeței. Parametrii importanți sunt: expunerea suprafeței la ploaie sau stropiri, frecvența și durata condițiilor de umezire.

În tabelul 1 se prezintă valorile timpului echivalent de sucțiune în funcție de acești parametri.

which the capillary pores are filled with water and the isolated pores are filled with air and has the signification of the degree of saturation at the knick point in a  $t^{-1}$  scale (fig.3)

- $e$ , from the relation (2) represents a characteristic of the material which can be calculated according to a coefficient  $c$  depending on the dissolved air diffusion

**Tabelul 1**

Timpul echivalent de expunere/ Provisional equivalent times of wetness

Expunere / Exposure	$t_{eq}$	Observație / Observation
Suprafețe imersate / Submerged surfaces	$t_{sl}$	
Suprafețe orizontale / Horizontal surfaces	4 luni / months	Suprafețe umezite în timpul iernii / Surfaces, wet during winter
Suprafețe verticale / Vertical surfaces	1 săptămână / week	Suprafețe expuse ploii care apoi se pot usca / Rain exposed surfaces than can dry out

### 2.1.2.2. Parametrii $S_n$ , $e$ și $d$

Parametrii materialului  $S_n$ ,  $e$  și  $d$  descriu caracteristicile absorbției apei de către betonul real din structură și sunt determinați utilizând o metodă care are în vedere fenomenul de sucțiune capilară a apei în timp.

- $S_n$  reprezintă starea betonului pentru care porii capilari sunt umpluți cu apă iar porii izolați sunt umpluți cu aer și are semnificația unui grad de saturație corespunzător punctului de schimbare de pantă a drepte care reprezintă variația absorbției în timp, a unei probe de beton (fig.3)

and the water content on complete saturation, with the Equation (3) :

$$e = \frac{c}{W_{SAT}} \quad (\text{Kg/m}^3) \quad (3)$$

$e$  – depends on the distribution and air pores size.

The parameters  $s$  and  $d$  describes the slope of the water absorption after the knick point, in a log-scale diagram.

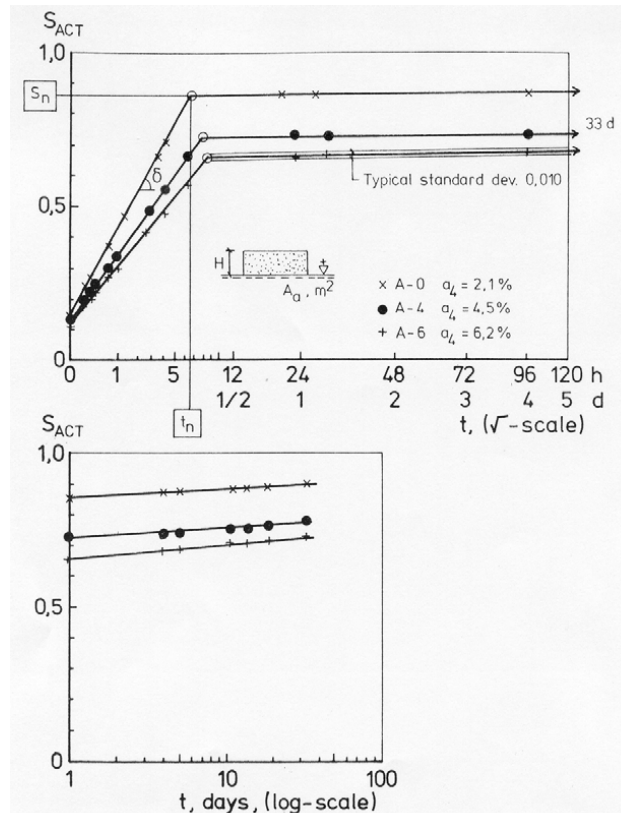


Fig.3 - Rezultatele testului de absorbție capilară. Fâșii de 30mm grosime. Beton preparat cu CEM I, A/C=0,45, conținut diferit de aer în diferite fâșii. Partea superioară și inferioară a figurii arată absorbția de după primele 5 zile și respectiv în ultima săptămână. / Results of a capillary absorption test. 30 mm thick slices. OPC-concrete, w/c=0.45, different air contents in different slices. The upper and the lower part of the figure show the first 5 days and the last weeks of water uptake, respectively.

- e, din relația (2) reprezintă o caracteristică a materialului care poate fi calculată în funcție de un coeficient c care depinde de difuzivitatea aerului dizolvat și conținutul de apă la saturație completă, cu relația:

$$e = \frac{c}{W_{SAT}} \text{ (KG/m}^3\text{)} \quad (3)$$

e – depinde de distribuția și mărimea porilor cu aer.

Parametrii s și d sunt descriși de panta dreptei absorbție, funcție de timp, într-o scară logaritmică.

### 3. Metode experimentale de determinare a rezistenței la îngheț –dezghet

Metodele experimentale prin care se determină rezistența la îngheț-dezghet au o importanță deosebită, în special în cazul selectării unor materiale, de exemplu cimenturi, adecvate. Principalele metode de determinare evaluează rezistența la îngheț-dezghet a betonului prin reducerea valorilor unor caracteristici fizico-mecanice ale materialelor (modulul de elasticitate, rezistența la compresiune, masa probei prin calcularea cantității de material exfoliat).

Spre deosebire de testele utilizate pentru determinarea valorii lui  $S_{CR}$ , în care probele sunt "izolate" împotriva pierderii umidității, în cazul testelor "clasice" probele sunt neizolate.

Fagerlund [2] face o analiză privind utilizarea celor două tipuri de probe. În cazul probelor "neizolate" având în vedere că gradul de umiditate diferă de la exteriorul către interiorul probelor, degradările se dezvoltă progresiv odată cu creșterea umidității și se manifestă în mod diferit în funcție de distanța față de suprafața probei.

La primele cicluri, conținutul inițial de umiditate al probelor,  $S_0$  este sub valoarea critică și din această cauză nu se produc degradări ale betonului. Odată cu creșterea numărului de cicluri, se atinge valoarea  $S_{cr}$  a umidității, valoarea lui  $N_{cr}$  la care se atinge umiditatea critică depinzând de cantitatea de apă absorbită la fiecare ciclu, astfel încât un beton mai compactat are nevoie de un număr mai mare de cicluri pentru a se atinge  $S_{cr}$ . După atingerea punctului critic, cantitatea de apă absorbită crește iar degradările betonului depind nu numai de cantitatea de apă absorbită dar și de numărul de cicluri.

Fagerlund propune următoarea relație de calcul pentru degradările produse de îngheț-dezghet:

$$\Delta = [A \Delta N^2 / (B + \Delta N)] \bullet (\Delta S_1 + C \Delta N) \quad (4),$$

în care A, B, C coeficienți funcție de tipul de beton;

$\Delta N$  – numărul de cicluri peste cel corespunzător lui  $N_{cr}$ ;

$\Delta S_1$  – absorbția de apă în timpul fiecărui nou

### 3. Experimental methods for determination of the freeze/thaw resistance

The experimental methods through which is determined the freeze/thaw resistance have a great importance, especially in the case of selecting certain materials, for example proper cements. The main determination methods assess the freeze/thaw resistance of concrete by reducing the values of certain physical-mechanical characteristics of the materials (the dynamic E-modulus, compression strength, sample mass by calculating the scaled material quantity).

As opposed to the tests used to determine the value of  $S_{CR}$  where the samples are "isolated" against loss of humidity, in the case of "classical tests" the samples are not isolated.

Fagerlund [2] performs an analysis regarding the use of two methods. In the case of non-isolated samples, considering that the humidity degree is different from the exterior to the interior of the samples, the degradations are progressively developed with the increase of humidity and is manifested differently depending on the distance to the sample's surface.

In the first cycles, the initial humidity content of the samples  $S_0$  is under the critical value, and due to this fact no concrete degradations occur. With the increase of the number of cycles, the value of humidity  $S_{cr}$  is reached, the value of  $N_{cr}$  on which is reached the critical humidity depends on the quantity of absorbed water on each cycle so that a compacted concrete needs a higher number of cycles in order to reach  $S_{cr}$ . After reaching the critical point, the quantity of absorbed water increases and the concrete's degradations depend not only on the quantity of absorbed water but also on the number of cycles.

Fagerlund suggests the following calculation relation for degradations produced by frost- defrost:

$$\Delta = [A \Delta N^2 / (B + \Delta N)] \bullet (\Delta S_1 + C \Delta N) \quad (4),$$

A, B, C are coefficients depending on the type of concrete;

$\Delta N$  – number of cycles over the one, corresponding to  $N_{cr}$ ;

$\Delta S_1$  – water absorption during each new freeze/thaw cycle, before the intervention of degradation due to frost.

In the expression (4),  $\Delta S_1 + C \Delta N = \Delta S_2$ , represents the quantity of absorbed water considered to increase with the number of cycles over the one corresponding to  $N_{cr}$ .

In the case of non-isolated samples, the results obtained essentially depend on the tests performance conditions and especially humidity.

If the following expression is considered:

ciclu de îngheț-dezghet, înainte să intervină degradarea produsă prin îngheț.

În expresia (4),  $\Delta S_1 + C\Delta N = \Delta S_2$ , reprezintă cantitatea de apă absorbită care se consideră că crește odată cu numărul de cicluri peste cel corespunzător lui  $N_{cr}$ .

În cazul probelor "neizolate," rezultatele care se obțin depind în mod esențial de condițiile de efectuare a testelor și în special de umiditate.

Dacă se consideră expresia:

$$t_{durată, test} = N_{cr} \cdot t_{ciclu} \quad (5)$$

în care:

$t_{durată, test}$  este durata totală a testului

$$N_{cr} = (S_{cr} - S_0) / \Delta S_1 \quad (6)$$

$S_0$  – umiditatea inițială a probei;

$t_{ciclu}$  – se consideră 12 ore (0,5 zile).

se observă că se pot obține valori ale lui  $N_{cr}$  (pentru același material) complet diferite dacă condițiile de umiditate sunt diferite (valori diferite ale lui  $\Delta S_1$ ). De asemenea, durata de efectuare a testului diferă de durata de serviciu a unui element de beton aflat în exploatare.

Din acest motiv, acest gen de teste nu pot fi utilizate pentru determinarea duratei de serviciu a construcției.

Stabilirea duratei de serviciu a unei structuri este o problemă complexă care, așa cum s-a prezentat, necesită parcurgerea mai multor etape, în mare parte de investigații asupra unor betoane de compoziții cunoscute și în cazul unor construcții speciale.

În anumite cazuri, intervin probleme legate de analiza posibilității utilizării unor materiale noi [5] în compoziția unor betoane rezistente la îngheț-dezghet. În aceste situații este necesară aplicarea unor metode [6 - 7] și criterii [8] care să poată evalua rezistența la îngheț-dezghet a acestor materiale. Acestea trebuie să fie aplicate în orice caz chiar înainte de a se proceda la o analiză complexă de tip probabilistic a determinării duratei de serviciu a unei structuri de construcție.

#### 4. Concluzii

- Evaluarea duratei de viață a construcțiilor din beton armat supuse acțiunii de îngheț-dezghet este o activitate complexă care trebuie să aibă în vedere în principal selectarea unor materiale adecvate, aplicarea unor metode experimentale de determinare a unor caracteristici ale betoanelor din lucrare, execuția, inspecția execuției, întreținerea, evaluarea stării construcției pe perioada de serviciu.

- Aplicarea unor metode probabilistice de proiectare a duratei de serviciu a construcțiilor din beton armat implică utilizarea unor relații care se bazează pe determinări experimentale ale unor caracteristici fizico - mecanice ale betonului (gradul critic de saturație, absorbția în timp a apei).

$$t_{durată, test} = N_{cr} \cdot t_{ciclu} \quad (5)$$

where:

$t_{durată, test}$  represents the total duration of the test

$$N_{cr} = (S_{cr} - S_0) / \Delta S_1 \quad (6)$$

Where  $S_0$  is sample's initial humidity;

$t_{ciclu}$  – considered 12 hours (0.5 days).

is observed that values of  $N_{cr}$  can be obtained (for the same material) completely different if the humidity conditions are different (different values of  $\Delta S_1$ ). Also, the duration of each test performance is different from the service life of a concrete element in exploitation.

For this reason, this type of tests cannot be used to determine the construction's service life.

The determination of the service life of a structure is a complex issue that needs several stages, mostly experimental, on concretes with familiar compositions and in the case of special constructions.

In certain cases, issues occur related to the analysis of the possibility to use new materials [5] in the composition of concretes resistant to freeze/thaw. In these situations it is necessary to apply methods [6-7] and criteria [8] that can assess the resistance to frost-defrost of the materials. These must be applied before proceeding to a complex probabilistic analysis to determine the service life of a construction structure.

#### 4. Conclusions

- The assessment of the service life of reinforced concrete structures submitted to the freeze/thaw action is a complex activity which must consider mainly the selection of proper materials, the application of experimental methods to determine certain characteristics of concretes, execution process, execution inspection, maintenance, the assessment of the construction during service life.

The application of probabilistic design methods for the service life of reinforced concrete constructions implies the use of relations based on experimental determinations of certain physical-mechanical characteristics of concrete (critical degree of saturation, water absorption in time, etc).

No matter the complexity degree for designing the service life of concrete constructions, the selection of materials must be a fundamental stage which must be performed by applying proper methods and criteria.

The use of proper materials represents a mandatory condition in all the cases and in the case of certain special constructions is necessary a probabilistic analysis to determine the service life, depending on particular environment conditions.

In the second part of the article will be presented

- Indiferent de gradul de complexitate al proiectării duratei de serviciu a construcțiilor din beton, selectarea materialelor reprezintă o etapă fundamentală care trebuie să se efectueze prin aplicarea unor metode și criterii adecvate.

- Utilizarea unor materiale adecvate reprezintă o condiție obligatorie în toate cazurile, iar în cazul unor construcții speciale, este necesară o analiză de tip probabilistic pentru determinarea duratei de serviciu, în funcție de condiții particulare de mediu.

În partea a doua a lucrării se vor prezenta rezultatele obținute de autori prin aplicarea diferitelor metode de determinare a rezistenței la îngheț-dezgheț asupra unor betoane preparate cu cimenturi produse de CARPATCEMENT HOLDING S.A. – HEIDELBERGCEMENT GROUP precum și concluziile privind aplicarea metodelor în contextul general al proiectării duratei de serviciu a construcțiilor din beton armat supuse la îngheț-dezgheț.

#### REFERENCES

1. xxx, Model Code for service Life Design, fib, Bulletin 34, February 2006.

the results obtained by the authors by applying different methods to determine the freeze/thaw resistance of certain concretes manufactured with cements produced by CARPATCEMENT HOLDING S.A. – HEIDELBERGCEMENT GROUP and the conclusions regarding the application of these methods in the general context of designing the service life of concrete constructions submitted to the freeze/thaw attack.

\*\*\*\*\*

2. G.Fagerlund, - A service life model for internal frost damage of concrete, Lund Institute of technology, Lund University, TVMB-3119, Lund 2004, Sweden
3. P.-E. Petersson, A service life model for scaling resistance of concrete- reflections. Contribution to fib task group 5.6 Lund, October 2004.
4. xxx, ISO/CD 16204, Durability – Service Life Design of Concrete Structures.
5. A. Bădanoiu, and G.Voicu, Freeze-thaw resistance of mortars based on Portland cement with slag, volcanic tuff and limestone filler additions, Romanian Journal of Materials 2010, 40(4), 286.
6. xxx, European Committee for Standardization, CEN / TS 12390-9 "Testing hardened concrete - Part 9: Freeze-thaw resistance. Scaling", 2006.
7. xxx, European Committee for Standardization, CEN/TR 15177 "Testing the freeze-thaw resistance of concrete - Internal structural damage", 2006.
8. C.Müller, "Durability of concrete with CEM X cements", VDZ Germany, Düsseldorf, 2008.

\*\*\*\*\*

## MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE / SCIENTIFIC EVENTS



### Spring 2012 — The Art of Concrete March 18-22, Hyatt Regency Dallas, Dallas, TX

ACI conventions are dedicated to improving the design, construction, maintenance, and repair of concrete structures. Conventions provide a forum for networking and education and the opportunity to provide input on concrete industry codes, specifications, and guides.

At each of these conventions, committees meet to develop the standards, reports, and other documents necessary to keep abreast of the ever-changing world of concrete technology. Committee meetings are open to all registered convention participants to attend.

Approximately 35 sessions with over 200 speakers allow attendees to learn the latest in concrete technology and practices.

Additionally, ACI conventions offer numerous forums to network and connect with some of the most well-informed individuals in the concrete industry. Expect to meet with engineers, architects, contractors, educators, manufacturers, and material representatives from all over the world.

**CONTACT :** <http://www.concrete.org/Convention/Spring-Convention/Front.asp>

\*\*\*\*\*