

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

PARTEA A II-A. PREZENTAREA ȘI ANALIZA REZULTATELOR CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

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

PART II. PRESENTATION AND ANALYSIS OF THE RESEARCH RESULTS

DAN GEORGESCU^{1*}, ADELINA APOSTU¹, RADU GAVRILESCU², TUDOR SEBA³

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

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

³A.A.S. Construct S.R.L., Alexandria, 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 de îngheț – dezgheț cu/și fără agenți de dezghețare reprezintă una dintre acțiunile cu apariție frecventă, cauzând importante deteriorări ale betonului.

În prima parte a lucrării s-a prezentat o analiză a principalelor metode experimentale de studiere a solicitării de îngheț-dezgheț. În partea a doua a lucrării se prezintă 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.

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.

In the first part was presented an analysis of the main experimental methods related to the freeze/thaw action. In this part will be presented 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.

Keywords: concrete, cements, experimental methods, freeze/thaw attack

1. Introducere

Atacul prin îngheț-dezgheț, cu/și fără agenți de dezghețare constituie una dintre acțiunile cu apariții frecvente și care provoacă deteriorări importante ale betonului [1].

În prima parte a lucrării s-au prezentat 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.

Metodele prin care se determină rezistența la îngheț-dezgheț a diferitelor compoziții de betoane au rolul de a selecta materialele potrivite în funcție de caracteristicile mediului, fiind de fapt, o com-

1. Introduction

The freeze/thaw attack with /and without de-icing agents represents one of the actions with frequent occurrence, causing important deteriorations of concrete [1].

In the first part were presented 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.

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 charac-

* Autor corespondent/Corresponding author,
Tel. +40 21 242 12 91, e-mail: danpaulgeorgescu@yahoo.com

ponentă în lanțul activităților necesare proiectării duratei de serviciu a structurilor din beton.

În această lucrare se prezintă rezultatele obținute de autori prin aplicarea diferitelor metode de determinare a rezistenței la îngheț-dezghet asupra unor betoane preparate cu cimenturi produse de CARPATCEMENT HOLDING S.A. – HEIDELBERGCEMENT GROUP.

2. Cercetări experimentale pentru determinarea rezistenței la îngheț-dezghet a unor betoane preparate cu cimenturi de tip II/B-M (S-LL)

Programul experimental a constatat în determinarea rezistenței la îngheț-dezghet a diferitelor compoziții de beton prin aplicarea unor standarde europene.

Rezistența la îngheț-dezghet a fost evaluată prin determinarea cantității de material exfoliat și prin reducerea valorii modulului de elasticitate dinamic.

2.1. Condiții și proceduri experimentale

2.1.1. Compoziții realizate

La prepararea betoanelor s-au utilizat:

- Tipuri de cimenturi și compoziții (aceeași sursă de clincher):
 1. CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R – zgură 14%, calcar 11,4% – cimentul va fi prescurtat CEM 1;
 2. CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R – zgură 16%, calcar 14,1% – cimentul va fi prescurtat CEM 2;
 3. CEM III/ B-M (S-LL) 32,5R – zgură 16%, calcar 18,1% – cimentul va fi prescurtat CEM 3.
- agregate de râu, sorturi 0-4mm, 4-8mm, 8-16mm, zona 3 de granulozitate, favorabilă, în conformitate cu CP 012-1/2007 [2];
- aditiv superplastifiant și respectiv aditiv antrenor de aer.

Compozițiile betoanelor sunt prezentate în tabelul 1.

teristics, actually being a component in the chain of activities necessary to design the service life of concrete structures.

In the article are presented 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.

2. The experimental researches to determine the resistance to freeze/thaw of certain concretes prepared with cements type II/B-M (S-LL).

The experimental program consisted in determination of compressive strength and freeze-thaw resistance for different concrete mixes by using distinct standard methods on European level. The freeze-thaw resistance was evaluated through: determination of scaled material quantity and by reducing the dynamic elastic modulus.

2.1. Conditions, experimental procedures and results

2.1.1 Achieved concrete mixes

For preparation of concrete mixes it was used:

- cement types and compositions (clinker from the same source):
 1. CEM II/ B-M (S-LL) 32.5R – slag 14%, limestone 11.4% – code CEM 1;
 2. CEM II/ B-M (S-LL) 32.5R – slag 16%, limestone 14.1% – code CEM 2;
 3. CEM II/ B-M (S-LL) 32.5R – slag 16%, limestone 18.1% – code CEM 3.
- river aggregates 0-4mm, 4-8mm, 8-16mm, 16-32mm, granularity area no. 3 favorable, according to CP 012-1/2007 [2];
- superplasticizer and air-entraining admixtures cement types and compositions (clinker from the same source).

Concrete mixes are shown in Table 1.

Tabelul 1

Compozițiile betoanelor preparate cu CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R / - Concrete mixes prepared with CEM II/ B-M (S-LL) 32.5R

| Dozaj ciment Cement dosage (kg/m ³) | A/C Water/ Cement ratio | Aditivi Admixtures (l) | Agregate Aggregates (kg) | sort 0-4 mm (kg) | sort 4-8 mm (kg) | sort 8-16 mm (kg) | sort 16-32 mm (kg) |
|--|----------------------------------|---|--------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 300 | 0.6 | superplastifiant superplasticizer 2.5 | 1855 | 649 | 278 | 389 | 538 |
| 320 | 0.5 | superplastifiant superplasticizer 2.7 | 1890 | 662 | 283 | 397 | 548 |
| 320 | 0.5 | antrenor de aer air-entraining 4.4 | | | | | |

2.2 Caracteristici determinate, metode și condiții de încercare

Determinările s-au efectuat respectând standardele în vigoare la data efectuării încercărilor. În continuare se prezintă caracteristicile determinate, metodele și condițiile de încercare, pentru:

a) *betonul proaspăt*: s-au determinat valorile tasării conform SR EN 12350-2 [3];

b) *betonul întărit*:

- *rezistența la compresiune a betonului* - s-au determinat valorile rezistenței la compresiune conform SR EN 12390-3 [4] la 2 și 28 de zile, probele fiind menținute în apă până la 28 de zile - pentru determinarea clasei betonului.

- *durabilitatea betonului*, s-a apreciat prin determinări ale rezistenței la îngheț - dezgeț conform:

a. CEN/TS 12390-9 [5] - "*test pe cuburi*" - probele de beton (cuburi cu latura de 100 mm) au fost supuse la 7, 14, 28 și 56 cicluri standardizate timp-temperatură, după care s-a determinat raportul dintre cantitatea de material exfoliat și masa inițială a probelor (în procente).

După efectuarea ciclurilor standardizate se calculează pierderea de masă, P în procente, aplicând următoarea relație:

$$P = \frac{m_{s,n}}{m_o} \cdot 100 \%$$

unde: m_o reprezintă masa inițială a cuburilor în grame, iar $m_{s,n}$ reprezintă masa cumulată de material exfoliat.

b. CEN/TR 15177 [6] - "*test pe prisme*" - probele de beton (prisme de 150x150x50 mm) au fost supuse la 7, 14, 28 și 56 cicluri standardizate timp-temperatură, după care s-a determinat reducerea procentuală a modulului de elasticitate dinamic.

Modulul de elasticitate dinamic relativ după n cicluri de îngheț - dezgeț se determină cu formula:

$$RDM_{UPTT,n} = \left(\frac{t_{s,0}}{t_{s,n}} \right)^2 \times 100 [\%]$$

în care:

$RDM_{UPTT,n}$ reprezintă modulul de elasticitate dinamic relativ după n cicluri de îngheț-dezgeț, în %;

$t_{s,0}$ reprezintă timpul de propagare a ultrasunetelor inițial prin fâșie, în μs ;

$t_{s,n}$ reprezintă timpul de propagare a ultrasunetelor prin fâșie după aplicarea a n cicluri de îngheț-dezgeț, în μs . Detalii referitoare la modalitățile de efectuare a determinărilor se prezintă și în [7].

2.3 Rezultate. Interpretări

2.3.1 Caracteristici ale betonului proaspăt

În tabelul 2 se prezintă unele caracteristici compoziționale și valorile tasării și ale densității

2.2. Defined characteristics, methods and testing conditions

The experimental program was performed according to current standards at testing date. Hereinafter it is presented the determined characteristics, methods and testing conditions for:

a) *fresh concrete*: determination of slump values according to SR EN 12350-2 [3]

b) *hardened concrete*:

- *concrete compressive strength* - it was determined the values of compressive strength according to SR EN 12390-3 [4] for 2 and 28 days, the samples were stored in water up to 28 days – for strength class determination.

- *concrete durability*, was evaluated by concrete freeze-thaw resistance, according to:

a. CEN/TS 12390-9 [5]: - "*cube test*" – samples (100 mm cubes edge) were tested at 7, 14, 28, 56 and 100 standard time-temperature cycles .

For each measurement was calculated the loss of two cubes in each container as a percentage by mass to the nearest 0.1% by the equation:

$$P = \frac{m_{s,n}}{m_o} \cdot 100 \%$$

where: m_o is the mass of two air dry cubes (for one container) at 27 days, in grams; $m_{s,n}$ is the cumulative mass of the dried scaled material.

b. CEN/TR 15177 [6] - "*slab test*" - the concrete slabs (50 x 150x150 mm samples) were tested at 7, 14, 28 and 56 standard time-temperature cycles, after which it was determined the percentage reduction of dynamic elastic modulus.

The relative dynamic modulus of elasticity was calculated in percentage according to Equation:

$$RDM_{UPTT} = \left(\frac{t_o}{t_n} \right)^2 \times 100 [\%]$$

where:

RDM_{UPTT} is the relative dynamic modulus of elasticity in % determined by using UPTT;

t_o is the initial transmit time, in μs ;

t_n is the transmit time measured after n freeze-thaw cycles, in μs . Details regarding the modality of doing the tests are also presented in [7].

2.3 Presentation and completion of results

2.3.1 Fresh concrete characteristics

Table 2 presents some fresh concrete characteristics, slump and density values obtained for fresh concretes prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32.5R cement types.

2.3.2 Compressive strength

In Tables 3, 4 and 5 are presented the

obținute pentru betoanele proaspete, preparate cu cimenturi de tip CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R.

2.3.2 Rezistența la compresiune

În tabelele 3, 4 și 5 se prezintă rezultatele obținute pentru rezistența la compresiune a betoanelor

results obtained for concretes compressive strength prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32.5R with superplasticizer and air-entraining admixtures for 2 and 28 days, samples stored in water until testing date.

Tabelul 2

Caracteristicile betoanelor proaspete preparate cu CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R
Characteristics of fresh concretes prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32.5R

| Notăție ciment Cement code | Dozaj ciment Cement dosage (kg/m ³) | Aditivi / Admixtures | A/C W/C ratio | Tasare Slump (mm) | Densitate Density (kg/m ³) |
|-------------------------------|--|---|------------------|----------------------|---|
| CEM 1 | 300 | 1% superplastifiant superplasticizer | 0.6 | 210 | 2373 |
| CEM 2 | | | | | |
| CEM 3 | | | | | |
| CEM 1 | 320 | 1% superplastifiant superplasticizer | 0.5 | 210 | 2383 |
| CEM 2 | | | | | |
| CEM 3 | | | | | |
| CEM 1 | 320 | 1.5% antrenor de aer air-entraining | 0.5 | 187 | 2364 |
| CEM 2 | | | | | |
| CEM 3 | | | | | |

Tabelul 3

Caracteristicile de rezistență ale betoanelor preparate cu CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R, dozaj de ciment 300 kg/m³, A/C=0,6
Compressive strength for concretes prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32.5R, 300 kg/m³ cement dosage and 0.6 W/C ratio

| Notăție ciment Cement code | Aditiv Admixture | Rezistența medie la compresiune la 2 zile Compressive strength at 2 days (MPa) | Rezistența medie la compresiune la 28 zile Compressive strength at 28 days (MPa) | Clasa de beton obținută Obtained concrete class |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|---|--|
| CEM 1 | superplastifiant superplasticizer | 11.5 | 27.5 | C16/20 |
| CEM 2 | | 10.0 | 28.0 | C16/20 |
| CEM 3 | | 8.5 | 24.0 | C16/20 |

Tabelul 4

Caracteristicile de rezistență ale betoanelor preparate cu CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R, dozaj de ciment 320 kg/m³, A/C=0,5 / Compressive strength for concretes prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32.5R, 320 kg/m³ cement dosage and 0.5 W/C ratio, superplasticizer admixture

| Notăție ciment Cement code | Aditiv Admixture | Rezistența medie la compresiune la 2 zile Compressive strength at 2 days (MPa) | Rezistența medie la compresiune la 28 zile Compressive strength at 28 days (MPa) | Clasa de beton obținută Obtained concrete class |
|-------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|
| CEM 1 | superplastifiant superplasticizer | 15.0 | 37.0 | C25/30 |
| CEM 2 | | 13.5 | 35.0 | C25/30 |
| CEM 3 | | 11.5 | 31.0 | C20/25 |

Tabelul 5

Caracteristicile de rezistență ale betoanelor cu aer antrenat preparate cu CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R, dozaj de ciment 320 kg/m³, A/C=0,5
 Compressive strength for concretes prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32.5R, 320 kg/m³ cement dosage and 0.5 W/C ratio, air-entraining admixture

| Notăție ciment Cement code | Aditiv Admixture | Rezistența medie la compresiune la 2 zile Compressive strength at 2 days (MPa) | Rezistența medie la compresiune la 28 zile Compressive strength at 28 days (MPa) | Clasa de beton obținută Obtained concrete class |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|
| CEM 1 | antrenor de aer air-entraining | 10.5 | 20.0 | C12/15 |
| CEM 2 | | 10.0 | 21.0 | C12/15 |
| CEM 3 | | 8.0 | 18.0 | C8/10 |

betoanelor preparate cu CEM II/ B-M (S-LL) 32,5R cu aditiv superplastifiant și respectiv antrenor de aer, la 2 și 28 de zile, probele fiind menținute în apă până la termenul de încercare.

2.3.3. Rezistența la îngheț-dezghet

2.3.3.1. Metoda conform CEN/TS 12390-9

- Testul pe cuburi

S-a determinat cantitatea de material exfoliat pe cuburi cu latura de 100 mm, pentru betoanele preparate cu cele trei tipuri de cimenturi, dozaj de ciment de 300 kg/m³ și raport A/C=0,6 (Tabelele 6 și 7, figura 1).

2.3.3. Freeze-thaw resistance

2.3.3.1. Method according to CEN/TS 12390-9

- «Cube test»

According to this method it was necessary to measure the quantity of scaled material for 100 mm cubes edge, for concrete mixes having 300 kg/m³ cement dosage (Table's 6 and 7 and Fig.1) and W/C=0.6.

For the evaluation of concrete behavior for freeze-thaw existing evaluation criteria in some international regulations or technical literature [8] were used.

Tabelul 6

Cantitatea de beton exfoliat după n cicluri de îngheț-dezghet
 Quantity of scaled concrete after n freeze-thaw cycles

| Notăție ciment Cement code | Cantitatea de beton exfoliată după: Quantity of scaled concrete after: (g) | | | | Cantitatea totală de beton exfoliată, pentru 56 cicluri Total quantity of scaled concrete, for 56 cycles (g) | Reducerea masei probei de beton Reduction of concrete sample mass P (%) | |
|-------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|--|-------------------------|
| | 7 cicluri 7 cycles | 14 cicluri 14 cycles | 28 cicluri 28 cycles | 56 cicluri 56 cycles | | P (%) | P, media P, average (%) |
| CEM 1 | 9.64 | 7.94 | 49.76 | 27.12 | 94.46 | 3.11 | 1.0 |
| CEM 2 | 4.28 | 8.78 | 46.34 | 25.48 | 84.88 | 2.85 | 0.9 |
| CEM 3 | 9.32 | 8.76 | 127.54 | 521.20 | 666.82 | 18.58 | 6.2 |

Tabelul 7

Cantitatea de beton exfoliat după 100 cicluri de îngheț-dezghet
 Quantity of scaled concrete after 100 freeze-thaw cycles

| Notăție ciment Cement code | 100 cicluri | Cantitatea totală de beton exfoliată, pentru 100 cicluri Total quantity of scaled concrete, for 100 cycles (g) | Reducerea masei probei de beton Reduction of concrete sample mass P (%) | |
|-------------------------------|--|---|--|-------------------------|
| | Cantitatea de beton exfoliată Quantity of scaled concrete (g) | | P (%) | P, media P, average (%) |
| CEM 1 | 107.36 | 201.82 | 6.67 | 2.2 |
| CEM 2 | 35.70 | 120.58 | 4.10 | 1.4 |
| CEM 3 | 411.62 | 1078.44 | 29.19 | 9.7 |

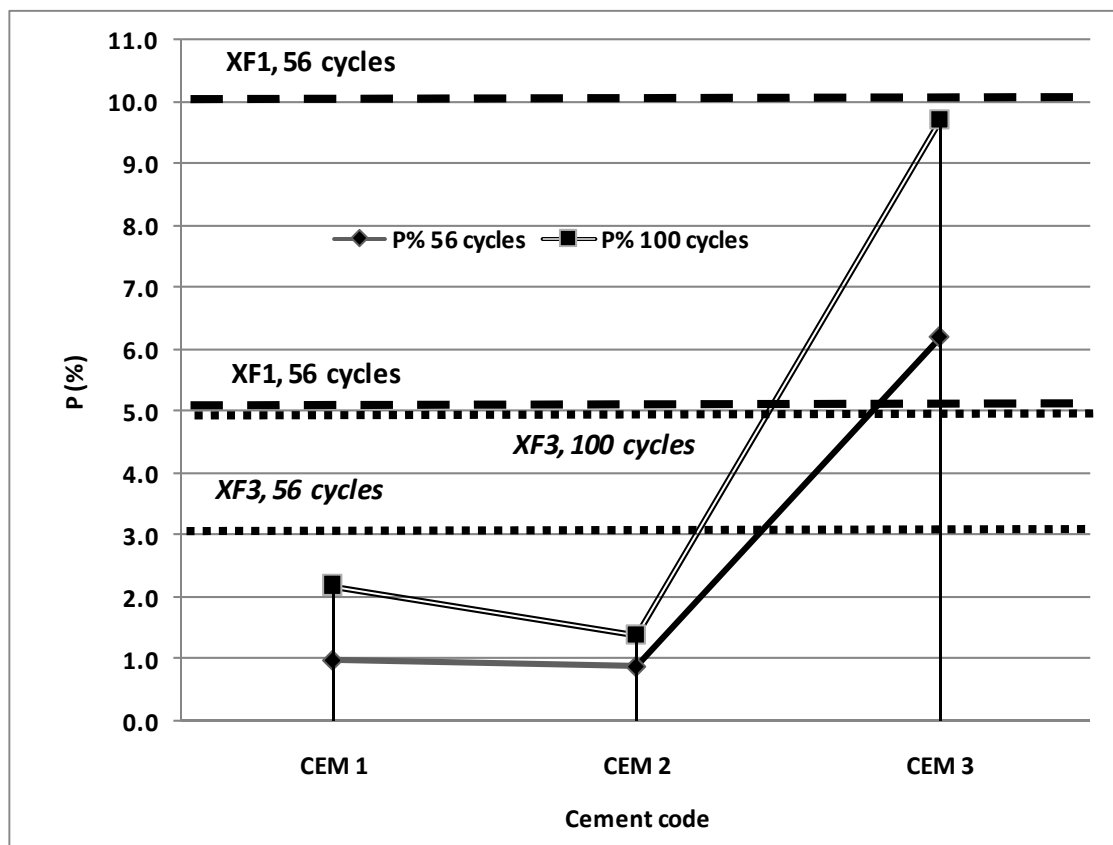


Fig. 1 - Variația reducerii masei probei de beton P (%) în funcție de tipul de ciment / Variation of the reduction of concrete sample mass P (%) according to cement type.

În cazul acestei metode de testare există propuneri privind o cantitate maximă de material exfoliat pentru ca betonul să poată fi considerat utilizabil într-o anumită clasa de expunere, în cazul de față XF1 și XF3.

Criteriile de evaluare propuse în literatura tehnică de specialitate [8] sunt :

- *Clasa de expunere XF1* (dozaj de ciment 300 kg/m^3 și raport A/C = 0,6): cantitatea de material exfoliat trebuie să determine o reducere mai mică de 5% a masei probei de beton după aplicarea a 56 de cicluri și respectiv mai mică de 10% după 100 de cicluri.

- *Clasa de expunere XF3* (dozaj de ciment 300 kg/m^3 și raport A/C = 0,6): cantitatea de material exfoliat trebuie să determine o reducere mai mică de 3% a masei probei de beton după aplicarea a 56 de cicluri și respectiv mai mică de 5% după 100 de cicluri.

2.3.3.2. Metoda conform CEN/TR 15177- testul pe prisme

Această metodă implică determinarea modulului de elasticitate dinamic.

Criteriu aplicat a fost acela privind reducerea modulului de elasticitate cu un procent de maximum 25% după 28 de cicluri, în cazul încadrării în clasa de expunere XF3 (dozaj ciment 320 kg/m^3 , raport A/C=0,50) [8]. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelele 8 și 9 și în figura 2.

In order to use the cement in exposure class XF3 (cement dosage 320 kg/m^3 , superplasticizer admixture W/C ratio =0.50), the concrete composition has to perform the following criterion:

After 28 freeze-thaw cycles, the concrete sample does not have to show a reduction of dynamic elastic modulus more than 25% [8]

The proposed criteria for using this method are:

- *Exposure class XF1*: The quantity of scaled material does not have to produce a reduction more than 5% of concrete sample mass for 56 cycles and respective more than 10% for 100 cycles (cement dosage 300 kg/m^3 , superplasticizer admixture and W/C ratio=0.6)

- *Exposure class XF3*: The quantity of scaled material does not have to produce a reduction more than 3% of concrete sample mass for 56 cycles and respective more than 5% for 100 cycles (cement dosage 300 kg/m^3 , superplasticizer admixture and W/C ratio =0.6).

2.3.3.2. Method according to CEN/TR 15177 - "Slab test"

This method assumes determination of dynamic elastic modulus.

The obtained values for ultrasonic pulse speed, respective for dynamic elastic modulus are shown in Tables 8 and 9 and Figure.2.

Tabelul 8

Valorile obținute pentru viteza de propagare a ultrasunetelor după n cicluri de îngheț-dezgheț
Ultrasonic pulse speed values after n freeze-thaw cycles

| Notăție ciment Cement code | Viteza ultrasunetelor valori medii / Ultrasonic pulse velocity (m/s) | | | |
|-------------------------------|--|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | initial | 7 cicluri 7 cycles | 14 cicluri 14 cycles | 28 cicluri 28 cycles |
| CEM 1 | 4249.33 | 4227.00 | 4196.33 | 3953.67 |
| CEM 2 | 4233.00 | 4221.67 | 4058.33 | 3962.33 |
| CEM 3 | 4241.00 | 4237.67 | 4023.67 | 3779.67 |

Tabelul 9

Valorile obținute pentru modulul de elasticitate al betonului la n cicluri de îngheț-dezgheț
The values obtained for dynamic elastic modulus of concrete for n freeze-thaw cycles

| Notăție ciment Cement code | Modul de elasticitate dinamic $RDM_{UPTT,n}$ (%) după: <i>Relative dynamic elastic modulus $RDM_{UPTT,n}$ (%) after:</i> | | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| | 7 cicluri 7 cycles | 14 cicluri 14 cycles | Reducerea pentru 14 cicluri Reduction for 14 cycles | 28 cicluri 28 cycles | Reducerea pentru 28 cicluri Reduction for 28 cycles |
| CEM 1 | 98.94 | 97.52 | 2.48 | 86.58 | 13.42 |
| CEM 2 | 99.52 | 91.92 | 8.08 | 87.62 | 12.38 |
| CEM 3 | 99.87 | 90.09 | 9.91 | 79.45 | 20.55 |

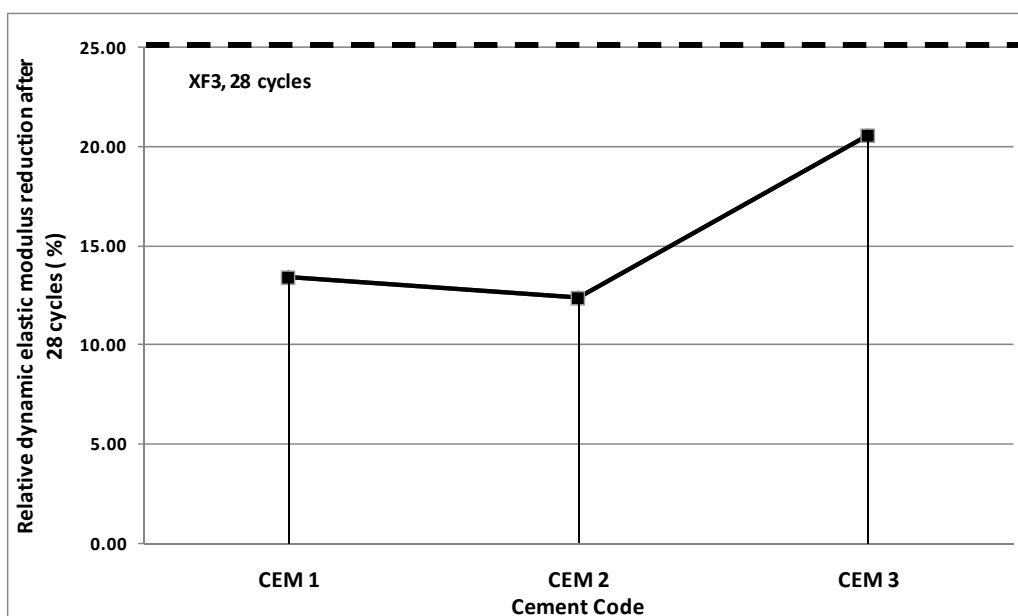


Fig.2 - Reducerea modulului de elasticitate dinamic în funcție de tipul de ciment %
Relative dynamic elastic modulus reduction after 28 cycles (%) according to cement type.

2.4 Sinteza rezultatelor obținute

În tabelul 10 se prezintă sinteza rezultatelor obținute privind aplicarea criteriilor pentru încadrarea în diferite clase de expunere XF.

2.4. Synthesis of the obtained results

Centralization of the experimental results regarding the acceptance in different exposure classes of the concrete prepared with CEM II/B-M(S-LL) using different methods and freeze-thaw evaluation criteria is presented in Table 10.

Tabelul 10

Centralizarea aplicării criteriilor pentru încadrarea în clase de expunere XF a cimenturilor experimentate
The acceptance of different concretes prepared with different cements in XF exposure classes

| Clasa de expunere <i>Exposure class</i> | | XF1 | XF3 | XF3 |
|--|-------|---|-----|---|
| Metoda <i>Method</i> | | Cube test <i>Exfoliere / Scaling</i> | | Slab test <i>Modul de elasticitate dinamic Dynamic elastic modulus</i> |
| Notatie ciment Cement code | CEM 1 | X | X | X |
| | CEM 2 | X | X | X |
| | CEM 3 | O | O | X |

X = criteriu îndeplinit / *fulfilled criteria*
 O = criteriu neîndeplinit / *not-fulfilled criteria*

3. Concluzii

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.

Rezultatele cercetărilor experimentale scot în evidență necesitatea și importanța aplicării unor metode experimentale de determinare a rezistenței la îngheț-dezgeț a betoanelor preparate cu diferite tipuri de cimenturi. Astfel, pentru aceeași sursă de clincher, betoanele preparate cu CEM II/B-M (S-LL) 32,5R au comportări diferite la îngheț-dezgeț în funcție de procente de adaosuri (zgură și calcar). Se constată că același tip de ciment poate să îndeplinească sau nu criteriile de încadrare în clasele de expunere XF ceea ce conduce la concluzia că acest gen de determinări sunt obligatorii pentru evaluarea rezistenței la îngheț-dezgeț în vederea selectării unor materiale adecvate și reprezintă o etapă esențială în procesul de evaluare, a duratei de serviciu a construcțiilor supuse acțiunii de îngheț-dezgeț.

3. Conclusions

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.

The results of the experimental researches evidence the necessity and importance of applying experimental methods to determine the resistance to freeze/thaw of concretes prepared with different types of cements. Therefore, for the same source of clinker, the concretes prepared with CEM II/B-M (S-LL) 32,5R have different behaviors to freeze/thaw depending on admixtures percentages (slag and limestone) and can fulfill or not the acceptance criteria in different exposure classes XF, depending on admixtures amount.

It is observed that this type of determinations are mandatory for the assessment of the freeze/thaw resistance, in order to select proper materials and represent an essential part in the assessment process, of the service life of constructions.

REFERENCES

1. A. Bădănoiu, 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.
2. xxx, Romanian Standards Association, CP 012/1-2007 „Code of practice for the manufacturing of concrete”
3. xxx, Romanian Standards Association, SR EN 12350-2 „Testing fresh concrete. Part 2. Slump test”
4. xxx, Romanian Standards Association, SR EN 12390-3 „Testing hardened concrete. Part 3. Compressive strength of test specimens”
5. xxx, European Committee for Standardization, CEN / TS 12390-9 “Testing hardened concrete - Part 9: Freeze-thaw resistance. Scaling”, 2006.
6. xxx, European Committee for Standardization, CEN/TR 15177 “Testing the freeze-thaw resistance of concrete - Internal structural damage”, 2006.
7. D. Georgescu, A. Apostu, and G. Miron, Experimental research for the evaluation of concrete freeze-thaw resistance, Romanian Journal of Materials 2010, **40** (2), 122.
8. C.Müller, “Durability of concrete with CEM X cements”, VDZ Germany, Düsseldorf, 2008.
